

БИБЛИОТЕЧКА ТОКАРЯ

3

*ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ
НА ТОКАРНЫХ
И КАРУСЕЛЬНЫХ
СТАНКАХ*

Библиотечка токаря

**В. А. БЛЮМБЕРГ, М. А. СЕРГЕЕВ,
И. С. АМОСОВ, В. А. СКРАГАН**



ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ И КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ

Издание третье, переработанное и дополненное

Под редакцией канд. техн. наук В. А. Блюмберга



**Издательство „Машиностроение“
Ленинград 1969**

Обработка деталей на токарных и карусельных станках. Блюмберг В. А., Сергеев М. А., Амосов И. С., Скраган В. А. Изд-во «Машиностроение». Табл. 35. Илл. 246. Библ. 21 назв.

Библиотечка токаря состоит из трех выпусков. Каждый выпуск включает три раздела, в которых изложены последние достижения в области оборудования, инструмента и технологии токарной обработки.

Со времени выхода в свет второго издания библиотечки (1958 г.) в практику токарной обработки внесено много усовершенствований: применение автоматизированных станков, в частности станков с программным управлением, использование новых типов приспособлений и прогрессивных конструкций режущих инструментов, применение групповых методов обработки деталей и т. д. Поэтому материал библиотечки подвергся коренной переработке. Несколько изменился и состав выпусков библиотечки, а также их компоновка. Вновь написаны разделы: «Автоматизация токарных станков» и «Научная организация рабочего места токаря».

В первом разделе настоящего выпуска в систематизированном виде рассмотрена технология обработки типовых деталей на токарных станках. Широко использованы примеры, заимствованные из новейшей практики работы токарей-новаторов производства. В отличие от предыдущих изданий значительное внимание уделено обработке деталей на токарных станках, установленных в групповых поточных линиях. Во втором разделе рассмотрены точность токарной обработки, жесткость технологической системы и ее влияние на точность обработки деталей и возникновение вибраций. Указываются пути повышения точности и факторы, влияющие на шероховатость поверхности.

В третьем разделе выпуска рассмотрены вопросы, связанные с рациональной обработкой деталей на токарно-карусельных станках. Приведены описания инструментов, приспособлений и технологических процессов обработки типовых деталей. Даны также краткие сведения о распространенных моделях токарно-карусельных станков.

Библиотечка рассчитана на токарей различной квалификации. Она может также служить пособием для слушателей курсов повышения квалификации и учащихся профессионально-технических училищ.

Рецензенты: инж. В. Г. Ситко,
канд. техн. наук Ю. Г. Тычинский, инж. Ш. З. Плягов

В. А. БЛЮМБЕРГ, М. А. СЕРГЕЕВ

ОБРАБОТКА ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

	Введение
Глава I	Обработка основных поверхностей на токарных станках
Глава II	Нарезание резьбы на токарных станках
Глава III	Обработка деталей типа валов
Глава IV	Обработка деталей типа втулок, гильз и дисков
Глава V	Обработка деталей со сложной установкой

ВВЕДЕНИЕ

Задача повышения производительности труда токаря неразрывно связана с уровнем технологии токарной обработки. Этот уровень в значительной степени зависит от типа производства.

В *единичном производстве* технология токарной обработки характеризуется применением универсальных инструментов и приспособлений, а также и тем, что в большинстве случаев установка инструмента на заданный размер осуществляется путем пробных проходов.

В *серийном производстве* технология токарной обработки характеризуется тем, что в большинстве случаев обработка производится на настроенных станках с использованием, наряду с универсальными, более производительных инструментов и приспособлений. Установка инструмента на размер при этом осуществляется по упорам или лимбам, а в некоторых случаях при помощи копиров или других специальных устройств.

Само собой разумеется, что технологический процесс токарной обработки, применяемый в серийном производстве, обеспечивает более высокую производительность труда.

Помимо рассмотренных факторов, на производительность при работе на токарных станках большое влияние оказывают также и другие факторы:

- 1) конструкция станка, на котором производится обработка;
- 2) типы и конструкции приспособлений для установки и закрепления обрабатываемых деталей;
- 3) материал и геометрия режущих инструментов;
- 4) принятые режимы резания.

Подробное рассмотрение этих факторов приведено в соответствующих выпусках библиотечки токаря, посвященных конструкции станков, конструкции и методам использования приспособлений, режущим инструментам и режимам резания.

В настоящем же выпуске библиотечки рассматриваются лишь вопросы, связанные с усовершенствованием собственно технологии токарной обработки.

Ниже приводится краткая характеристика основных методов совершенствования технологии токарной обработки. Более подробное описание этих методов дано во втором издании этого выпуска библиотечки¹.

Выбор общего плана построения процесса токарной обработки. Одним из основных вопросов, которые технолог или токарь должен

¹ В. А. Блюмберг, М. А. Сергеев. Обработка деталей на токарных станках. М.—Л., Машгиз, 1958.

разрешить во время предварительного продумывания общего плана построения процесса токарной обработки, является вопрос определения последовательности и количества отдельных операций и установок детали, необходимых для выполнения заданной обработки. На рабочее место детали обычно поступают партиями. При этом их можно обрабатывать различными методами.

В одном случае деталь обрабатывается за одну или две установки полностью, т. е. токарь вначале обрабатывает одну деталь (на черنو и начисто), затем другую, третью и т. д. Это *метод укрупненной обработки*. В другом случае обработка этой же детали может быть разбита на ряд установок, при выполнении которых инструмент заранее настраивается на заданный размер, и эта настройка его сохраняется для всей партии обрабатываемых деталей.

Такой метод в отличие от предыдущего называется *методом расчлененной обработки*.

При работе по первому методу токарь должен часто сменять инструмент и производить установку его на заданный размер.

Естественно, что при этом требуется и более высокая квалификация рабочего.

Обработку по второму методу могут производить рабочие более низкой квалификации, так как в этом случае станок настраивается один раз для всей партии деталей и технология обработки становится более простой. Различные приспособления, применяемые при простых, т. е. расчлененных операциях, также проще, чем при сложных операциях. Наконец, что особенно важно, настройка станка при уменьшении числа переходов, выполняемых на этом станке, значительно упрощается.

В отличие от метода укрупнения, при расчлененной обработке могут возникнуть погрешности в связи с ошибками, появляющимися при каждой установке детали. Сам по себе процесс частых установок и закрепления деталей, даже при сравнительно простых методах их закрепления, увеличивает затраты вспомогательного времени и может вызвать повышение утомляемости рабочего. Это последнее обстоятельство почти исключает возможность применения расчлененного метода при обработке крупных и тяжелых деталей. В этом случае, кроме резкого повышения времени на собственно установку, могут увеличиться часто трудно устранимые в производственных условиях затраты времени на вызов и ожидание крана.

Когда же следует отдавать предпочтение методу расчлененной обработки и когда, наоборот, целесообразнее укрупнять токарные операции?

Сравнивая оба метода, можно сделать следующие предварительные выводы:

1) в индивидуальном и мелкосерийном производстве при обработке единичных деталей, а также небольшими партиями более целесообразен метод укрупненной обработки;

2) крупные и тяжелые детали тоже целесообразно обрабатывать по укрупненному методу;

3) при наличии простых зажимных приспособлений, когда закрепление детали вызывает необходимость значительных физических усилий рабочего, например при обработке, связанной со снятием крупных стружек, т. е. когда требуется очень прочно закрепить деталь в четырехкулачковом патроне, а также когда установка детали требует слож-

ной выверки, целесообразно укрупнить операцию с тем чтобы уменьшить число установок детали;

4) при обработке деталей сериями, в массовом производстве, при наличии совершенных средств закрепления, не требующих значительных физических усилий рабочего, как, например, при использовании пневматических, гидравлических, электрических, магнитных и других быстродействующих патронов, более целесообразен метод расчлененной обработки;

5) при наличии рабочих сравнительно невысокой квалификации также целесообразно производить работу по заранее сделанной простой настройке, т. е. по расчлененному методу.

Учитывая дальнейшее развитие механической обработки и, в частности, токарного дела, можно считать, что наиболее эффективным способом повышения производительности оборудования и труда является совершенствование укрупненных операций на базе применения автоматизированных токарных станков, при обслуживании которых затраты физических усилий рабочего будут наименьшими, а процесс настройки для квалифицированного рабочего — крайне простым.

Наивысшего развития идея укрупнения технологических операций достигла в работе агрегатных станков и автоматических поточных линий.

В практике работы новаторов производства встречаются оба рассмотренные выше метода. В каждом отдельном случае выбор того или иного метода основывается на конкретных условиях производственной обстановки с учетом указанных достоинств и недостатков укрупненной и расчлененной обработки.

Внедрение групповых технологических процессов. Из предыдущего должно быть ясно, что главным признаком, отличающим в технологическом отношении единичное, серийное и массовое производства, является переналадка станков. В массовом производстве переналадка вообще отсутствует; в серийном — период работы станка без переналадки значительно больше, чем в единичном. Естественно, что при этом (в единичном, да и в серийном производстве) невозможно применять высокопроизводительные станки, так как они мало универсальны, требуют больших затрат времени при переналадке и очень дороги, а полностью загрузить их часто бывает невозможно. Точно такие же затруднения возникают и при применении в этих производствах высокопроизводительных (дорогостоящих) специальных приспособлений.

Между тем имеется возможность использовать методы и средства массового производства в серийном производстве. Такая возможность появляется при изготовлении деталей по групповым технологическим процессам.

Групповой технологический процесс разрабатывается не на каждую деталь, а на группу специально подобранных деталей. Сущность метода групповой технологии состоит в последовательном решении следующих задач.

1. Обрабатываемые детали разбиваются по геометрическим формам и габаритам, а также по сходности обрабатываемых поверхностей на отдельные классы, а затем и группы.

2. В одну группу объединяются такие детали, которые можно обрабатывать на одном станке с применением единой настройки и характерных для данной группы деталей приспособлений и инструментов.

3. В каждой группе выбирается некоторая комплексная деталь, состоящая, как и все детали данной группы, из ряда простых элементов — поверхностей. Комплексная деталь, содержащая все признаки отдельных простых деталей, является наиболее сложной деталью данной группы. Все другие детали группы состоят из сочетания, в той или иной последовательности, отдельных элементов комплексной детали.

4. Для комплексной детали разрабатывается групповой технологический процесс, который предусматривает и обработку всех других деталей группы без существенных отклонений от принятой технологической схемы с использованием общих приспособлений и инструментов.

5. Обработка всех деталей, входящих в группу, производится на одном или на нескольких станках, настроенных на выполнение отдельных операций в соответствии с групповым технологическим процессом и оснащенных приспособлениями и инструментами, допускающими быструю переналадку.

Если для обработки какой-либо детали данной группы весь комплекс инструментов не нужен, то используются лишь необходимые. В отдельных случаях возможна замена одного инструмента другим.

Применение метода групповой технологии позволяет унифицировать станочную оснастку и открывает широкие возможности использования автоматов, специализированных и агрегатных станков, а также быстронастраиваемых многопредметных (групповых) поточных линий.

Все это приводит к значительному повышению производительности труда (на токарных станках — на 30—35%).

Одновременная обработка нескольких деталей. Способ одновременной обработки нескольких деталей (*многостаночная обработка*) применяют преимущественно для однопереходных токарных операций. Например, — при обработке деталей типа колец, шайб часто применяют специальные *многоместные оправки* или специальные патроны.

В этих случаях удается добиться заметного сокращения вспомогательного времени, приходящегося на одну деталь (на закрепление деталей управление станком, подвод и отвод инструмента).

Другим примером множественной обработки деталей на токарном станке является *изготовление их из одной заготовки*. В этом случае также удается добиться снижения затрат вспомогательного времени.

И наконец, третьим примером может служить обработка сложных деталей в *многоместных специальных приспособлениях*. В качестве приспособлений на токарных станках применяются специальные планшайбы и патроны, позволяющие закреплять одновременно несколько деталей. К этому способу множественной обработки на токарных станках прибегают реже, чем к другим. Здесь достигается экономия как по вспомогательному, так и по машинному времени. Однако специальные приспособления часто оказываются сложными, что снижает эффективность их применения.

Одновременная обработка деталей несколькими инструментами. Наиболее высокой производительности труда удается достигнуть при *совмещении принципа множественной обработки с принципом многоинструментной обработки деталей*. В этом случае значительно сокращаются затраты как машинного, так и вспомогательного времени.

Многоинструментная обработка осуществляется различными способами. Многие токари прибегают к установке на суппорте нескольких резцов, каждый из которых обрабатывает разные поверхности, либо же —

разные участки одной поверхности детали. Такие многорезцовые настройки дают заметное повышение производительности, но требуют иногда значительных затрат времени на наладку.

Наилучших результатов удается добиться при совмещении работы инструментов, установленных на суппорте, с инструментами, смонтированными на задней бабке. Часто в пиноль задней бабки устанавливается револьверная головка, позволяющая последовательно сменять инструменты, например, для обработки отверстий. Этот принцип *револютизации токарных работ* получает наибольшее распространение при обработке деталей типа втулок.

При работе по групповому технологическому процессу в практику токарной обработки успешно внедряются групповые наладки в виде *многоинструментных (многорезцовых) блоков*, допускающих сравнительно легкую и быструю переналадку, осуществляемую вне станка по специальному приспособлению. Такие блоки монтируются на суппорте, непосредственно на пиноле задней бабки или — в револьверной головке.

Применение многоинструментной обработки, как правило, приводит к осуществлению принципа *совмещения переходов*, который обеспечивает заметное сокращение затрат основного (машинного) времени.

Применение фасонных и комбинированных режущих инструментов. Другим весьма эффективным средством осуществления принципа совмещения переходов является применение фасонных и комбинированных инструментов. Эта область совершенствования процесса токарной обработки весьма разнообразна.

Наиболее широкое распространение имеет *комбинированный инструмент* для обработки отверстий (различного типа сверла-зенкеры). Многие токари применяют специальные резцы, позволяющие одновременно производить обтачивание (или растачивание) и подрезание торца, снятие фаски и пр. В ряде случаев оказывается целесообразным и использование комбинированных правых и левых резцов, позволяющие исключить возврат суппорта в исходное положение.

Само собой разумеется, что применение фасонных резцов взамен нескольких простых приводит к значительному повышению производительности обработки. При этом, однако, следует иметь в виду, что фасонные резцы сложны и дороги в изготовлении. По этой причине часто обтачиванию фасонными резцами предпочитают обработку простым и дешевым инструментом, направляемым по копиру или же с помощью специальной системы программного управления.

Автоматизация обработки деталей на токарных станках. Среди мероприятий, направленных на повышение производительности труда, наиболее эффективными часто оказываются мероприятия, связанные с механизацией и автоматизацией процесса обработки. Их осуществление вызывает резкое сокращение затрат вспомогательного времени. Уменьшение же доли ручного труда (вспомогательное время затрачивается, главным образом на ручные приемы работы) снижает утомляемость токаря и это, в свою очередь, активно влияет на повышение производительности его труда.

Практика автоматизации процесса токарной обработки чрезвычайно многообразна. Много оригинальных приспособлений и автоматизирующих устройств разработано токарями-новаторами производства; видное место среди них принадлежит устройствам, предложенным известным Киевским новатором В. К. Семинским.

Все более широкое применение находят за последние годы токарные станки, оснащенные гидрокопировальными суппортами, а также различными системами автоматического управления, например системами программного управления. Весьма успешно сочетается система программного управления с гидрокопировальными суппортами. Подробно об этом см. во 2-м выпуске библиотеки.

В гл. I и II этого раздела Библиотеки токаря дается описание прогрессивных методов обработки основных поверхностей деталей, изготавливаемых на токарных станках (обтачивание наружных поверхностей, подрезание торцов, прорезание канавок, обработка отверстий, конических и фасонных поверхностей и нарезание резьбы). В гл. III—V рассматриваются прогрессивные процессы обработки типовых деталей (валов, втулок, дисков, кронштейнов, рычагов, тройников и др.). При этом излагаются технологические процессы, в которых, как правило, в той или иной мере, нашли применение описанные выше методы совершенствования технологии токарной обработки.

В зависимости от требований, предъявляемых к поверхностям деталей, они должны обрабатываться различными методами. В данной главе приводятся разные методы обработки поверхностей и даются основания для выбора наиболее производительного метода обработки.

В качестве обрабатываемых поверхностей рассматриваются: наружные и внутренние цилиндрические, конические, торцевые и фасонные поверхности. Нарезанию резьбы посвящена гл. II.

1. Обработка наружных цилиндрических и торцевых поверхностей

Основные методы обработки. Приведем краткую характеристику применяемых методов обработки.

Черновое обтачивание применяется для грубой и предварительной обработки. При черновом обтачивании срезаются основная часть припуска на обработку. Шероховатость поверхности после чернового обтачивания получается в пределах 1—3-го классов. Точность размеров не превышает 5-го класса.

Получистовое обтачивание характеризуется чистой обработанной поверхностью, соответствующей 4—5-му классам. Припуск на обработку при получистовом точении обычно равен 3—8 мм на диаметр.

Точность размеров обрабатываемых поверхностей при получистовом обтачивании находится в пределах 4—5-го классов.

Чистовое обтачивание обеспечивает чистоту поверхности в пределах 5—7-го классов; точность размеров детали — до 2-го класса. Припуски на обработку при чистовом обтачивании колеблются от 1,0 до 3 мм на диаметр.

Существуют два принципиально различных метода чистового обтачивания:

- 1) обтачивание с мелкой подачей;
- 2) обтачивание широкими резцами с большой подачей.

Наибольшее распространение имеет первый метод, так как при работе обычными чистовыми резцами с мелкой подачей не возникает больших усилий резания и лучше обеспечивается высокая точность обработки.

Недостатком чистового обтачивания с мелкой подачей является сравнительно низкая его производительность.

Обтачивание широкими резцами с большими подачами применяется главным образом в тяжелом машиностроении при обработке крупных валов.

Тонкое (алмазное) обтачивание характеризуется незначительной глубиной резания ($t = 0,05 \div 0,3$ мм) и малыми подачами ($s = 0,02 \div 0,2$ мм/об), но высокими скоростями резания ($v = 100 \div 1000$ м/мин).

Шероховатость поверхности после алмазного обтачивания соответствует 8—9-му классам.

Тонкое обтачивание осуществляется как алмазными резцами, так и тщательно доведенными резцами из твердых сплавов.

В зависимости от заданной точности обработки, размеров и конфигурации обрабатываемых деталей применяют следующие способы обтачивания:

в патроне — для жестких деталей при $\frac{l}{d} < 1,5$;¹

в центрах без люнета — для жестких деталей при $\frac{l}{d} < 12$;

в патроне с неподвижным люнетом — для нежестких ступенчатых ($\frac{l}{d} > 12$) и особо тяжелых деталей;

в центрах с подвижным люнетом — для нежестких гладких цилиндрических деталей ($\frac{l}{d} > 12$) при обработке на станках с высотой центров менее 500 мм.

Подготовка поверхности под тонкое обтачивание сводится к чистовой обработке с точностью 3—4-го класса. Весь припуск при тонком обтачивании обычно снимают за один проход.

¹ Здесь l и d — соответственно длина и диаметр поверхности обрабатываемой детали в мм.

При тонком обтачивании достигается: точность обработки, соответствующая 1—2-му классу ОСТ;

отклонения геометрической формы обрабатываемой детали (овальность, конусность, корсетность) не более 0,003—0,005 мм;

чистота обработанной поверхности — 7 ÷ 9-й класс.

Опыт ряда заводов показывает, что во многих случаях применение тонкого обтачивания может успешно заменить шлифование деталей. Качество поверхности при тонком точении получается не менее высоким, чем при шлифовании.

Станки, применяемые для тонкого точения, должны отличаться высокой точностью и жесткостью. На этих станках не следует выполнять другие операции.

Зачистка [полирование] абразивным полотном применяется для отделки поверхностей, к которым не предъявляются особых требований по точности размеров. Шероховатость поверхности после полирования, в зависимости от шероховатости предварительно обработанной резцом поверхности, соответствует 6—9-му классам. Полирование (зачистка) обычно производится при помощи деревянных жимков, в которые закладывается шлифовальная шкурка или насыпается абразивный порошок, смачиваемый машинным маслом.

Полирование производится при легком нажиме жимков и при больших числах оборотов обрабатываемой детали.

В ряде случаев полирование осуществляется с помощью специальных полировальных паст (например, паст ГОИ), применение которых повышает производительность и улучшает качество поверхности.

Притирка (доводка) является операцией окончательной (отделочной) обработки, которую применяют для получения высокой точности размеров и большой чистоты обработанной поверхности.

Доводка и притирка широко применяются при изготовлении калибров, а также особо точных деталей машин и приборов.

Цилиндрические поверхности доводятся чугунами, медными, бронзовыми или свинцовыми притирами, представляющими собой втулки с разрезом и винтом для регулирования размера. Рабочую поверхность притира шаржируют мелкозернистым абразивным порошком путем его

вдавливания. Шаржирование притиров производится заранее (при помощи стальных роликов) или в процессе полирования, когда на обрабатываемую поверхность подается смазывающая жидкость со взвешенным в ней абразивным порошком.

Предварительная обработка поверхности под притирку должна быть точной, а припуск минимальным (обычно 0,005—0,01 мм на диаметр).

Накатывание осуществляется на токарных станках с помощью специальных рифленых роликов, так называемых накаток, вводимых в соприкосновение (при значительном давлении) с накатываемой поверхностью.

Для получения перекрестного рифления накатывание производится одновременно двумя роликами (с правым и левым направлениями рифлей) в специальной оправке.

Обкатывание поверхностей роликом или шариком является отделочной операцией, основанной на пластической деформации металла в холодном состоянии. Обкатывание осуществляется свободно вращающимися роликами или шариками, соприкасающимися с обрабатываемой поверхностью под давлением.

Обкатывание поверхностей производится после чистового обтачивания и вполне заменяет зачистку их шлифовальной шкуркой или обработку шлифованием. Шероховатость поверхности после обкатывания соответствует 8—11-му классам. Перед обкатыванием шероховатость поверхности должна быть на два класса ниже той шероховатости, которую нужно иметь после обкатывания.

Основными преимуществами обкатывания поверхностей роликами или шариками являются следующие:

повышение производительности обработки, так как на обкатывание поверхностей требуется примерно в два раза меньше времени, чем на зачистку их шлифовальной шкуркой;

улучшение условий труда;

отсутствие расхода абразивных материалов;

получение наклепанного поверхностного слоя металла на обработанной поверхности на глубину до 3 мм и повышение его твердости приблизительно на 30%, что повышает усталостную прочность детали и износоустойчивость ее рабочей поверхности, а следовательно, и срок службы детали.

Державки, применяемые для обкатывания шариком, имеют небольшие размеры и закрепляются в резцедержателях токарных станков так же, как и резцы.

Благодаря малому радиусу шарика рабочие усилия величиной меньше 100 кг оказываются достаточными для смятия микронеровностей на обкатываемой поверхности.

На рис. 1 показана шариковая накатка, предложенная токарем П. Исаковым. С помощью державки 12, приварен-

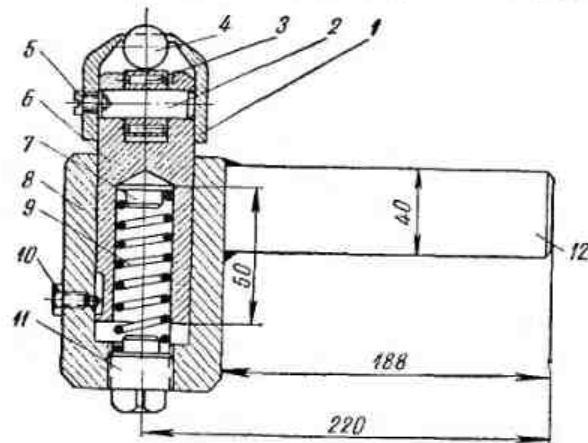


Рис. 1. Шариковая накатка для обкатывания наружных поверхностей вращения

ной к корпусу 8, накатка закрепляется в резцедержателе токарного станка. Шарик 4 упирается в наружную обойму роликового подшипника 3, посаженного на ось 2, и удерживается колпачком 1 от выпадания. Колпачок надевается на пиноль 6 и крепится винтом 5. Цилиндрическая пиноль 6 входит в корпус 8 с небольшим зазором; с одной стороны пиноль имеет подшипник 3, с другой — гнездо, в котором помещены пружина 9 и подпятник 7. Пробкой 11 регулируется сила натяжения пружины. Болт 10 удерживает пиноль 6 от разворота.

При диаметре шарика 30 мм скорость обкатывания $v = 145$ м/мин, подача $s = 0,23$ мм/об, сила нажатия пружины $P = 70 \div 75$ кг. Охлаждение производится веретенным маслом.

Обкатывание наружных поверхностей подобными накатками производят следующим образом. Предваритель-

тельно обрабатывают деталь с чистотой, соответствующей 4—6-му классам шероховатости, по размеру, учитывающему изменение диаметра после обкатки. Затем подводят державку до соприкосновения шариков с обрабатываемой поверхностью и дают соответствующий условиям обработки натяг, замеряя его по лимбу поперечной подачи. Далее, сообщив шпинделю станка необходимое число оборотов, при продольной подаче делают 1—3 продольных прохода.

На некоторых предприятиях применяется одновременная обработка резцом и обкатывание шариком. Резец при этом располагается как обычно спереди, а шарик в специальной державке по другую сторону детали или же рядом с резцом.

На токарных станках средних размеров (высота центров 200—300 мм) применяется также обкатывание роликами при помощи нормализованных державок.

На рис. 2, а приведена конструкция нормализованной державки для однорольковой головки (рис. 2, б), применяемой при обкатывании поверхностей с давлением до 500 кг.

В корпусе 1 державки, закрепляемой на суппорте токарного станка, смонтирована роликовая головка 4. Шток 2 оправки, в которой крепится головка по диаметру d , подпружинен пружиной 3. Ролик 5 смонтирован в головке 9 на оси 8, вращающейся в игольчатом 6 и роликовом 7 подшипниках.

Суперфиниширование (притирочное шлифование) обеспечивает наиболее высокую чистоту поверхности. Суперфиниширование осуществляется с помощью мелкозернистых абразивных брусков при весьма малых скоростях резания и давлениях инструмента на обрабатываемую поверхность. Припуски на суперфиниширование не превышают 0,01 мм.

При обработке стали суперфинишированием рекомендуются следующие режимы обработки:

Удельное давление в кг/см^2	2—4
Скорость колебательного движения $v_{\text{кол}}$ в м/мин	5—7
Амплитуда колебаний в мм	До 6
Скорость вращательного движения n в м/мин: в начале обработки	$(2 \div 4) \cdot v_{\text{кол}}$
в конце обработки	$(8 \div 11) \cdot v_{\text{кол}}$
Скорость возвратно-поступательного движения $v_{\text{в-п}}$ в м/мин	1—2

В качестве рабочей жидкости может применяться керосин, веретенное масло и смеси керосина и веретенного масла, а также сульфопрезол.

На рис. 3 показана конструкция специальной головки для суперфиниширования валов. Головка весьма ком-

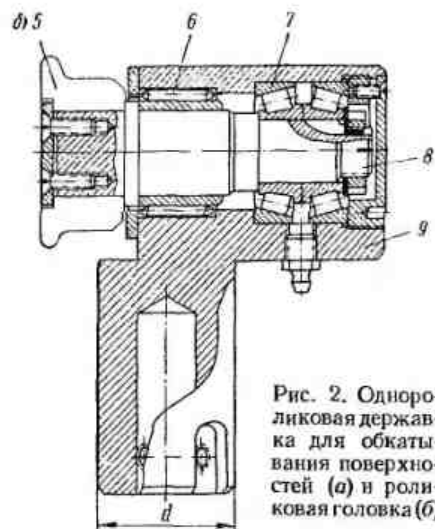
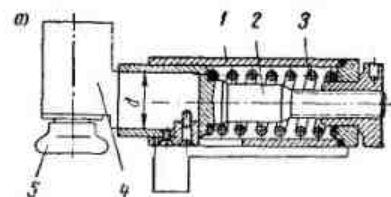


Рис. 2. Однорольковая державка для обкатывания поверхностей (а) и роликовая головка (б)

пактна (вес 25—50 кг) и может быть установлена на суппорте универсального токарного станка. Рабочее давление 3—6 атм, частота колебаний до 3000 в минуту при амплитуде от 1 до 5 мм.

Рациональная последовательность обработки отдельных поверхностей ступенчатых деталей. Обработка отдельных поверхностей (цилиндрических, торцевых, уступов и пр.) ступенчатых деталей предусматривает следующую рациональную последовательность:

выполнение всей обработки при минимальной длине рабочих и холостых перемещений резца; проведение необходимых измерений в процессе обработки;

возможность работы при высоких режимах резания; максимальное сокращение вспомогательного времени (на смену инструмента, изменение режима резания и т. п.).

Правильный выбор последовательности обработки отдельных ступеней детали при черновом обтачивании обеспечивает возможность значительного сокращения рабочих и холостых перемещений инструмента.

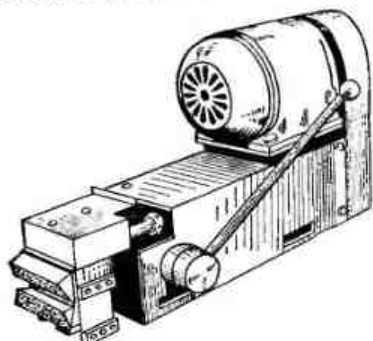


Рис. 3. Специальная головка для суперфиниширования наружных цилиндрических поверхностей

Общая длина рабочего хода резца L_p так же, как и длина холостых перемещений L_x , в зависимости от принятого метода обработки колеблется от 400 до 800 мм. Наименьшая длина как рабочего, так и холостого ходов инструмента получается при обработке вала по схеме, показанной на рис. 4, б; глубина резания при этом колеблется от 11 до 3,5 мм. Следовательно, эта схема обеспечивает наибольшую производительность.

При обработке вала по схеме, приведенной на рис. 4, в, общая длина холостого хода составляет 550 мм, а длина рабочего хода за счет введения дополнительного прохода по ступени диаметром 78 мм увеличивается до 550 мм; глубина резания при обработке по этой схеме колеблется от 6 до 3,5 мм.

При работе по схеме, представленной на рис. 4, г, общая длина холостого хода увеличивается до 700 мм, а длина рабочего хода — до 650 мм. Наибольшие длины рабочего и холостого ходов резца, равные 800 мм, получаются при обработке вала по схеме, приведенной на рис. 4, д.

Рассмотрим, например, обработку одного конца ступенчатого вала, изготовляемого из заготовки диаметром 100 мм (рис. 4, а). Возможные варианты последовательности обработки этого вала показаны на рис. 4, б—д.

Общая длина рабочего

Токари-новаторы уделяют большое внимание вопросу сокращения числа перемещений инструмента. Изменяя ранее принятый порядок обработки отдельных поверхностей, ведя счет на секунды и не пренебрегая «мелочами», они устанавливают свой порядок обработки, обеспечивающий сокращение как машинного, так и вспомогательного времени.

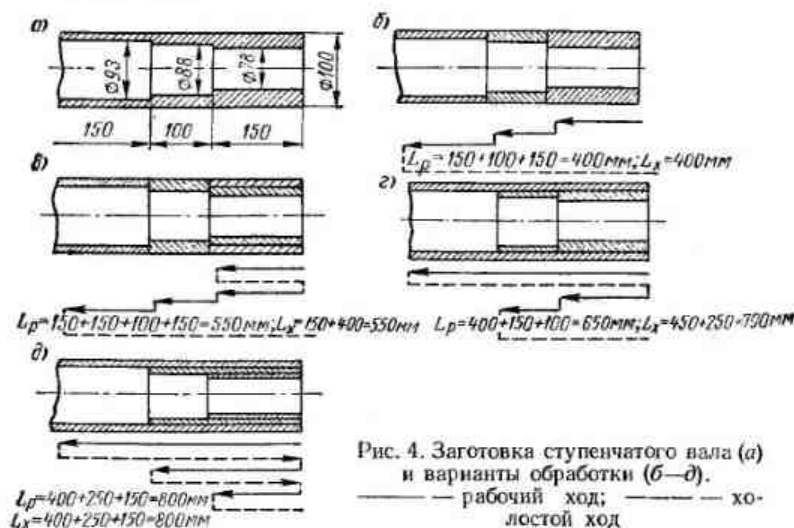


Рис. 4. Заготовка ступенчатого вала (а) и варианты обработки (б—д). — рабочий ход; — холостой ход

На рис. 5 приведены два варианта черновой обработки фланца. При обтачивании по схеме, показанной на рис. 5, б, продолжительность обработки за счет резкого сокращения холостых перемещений резца будет меньше, чем при обтачивании по схеме, приведенной на рис. 5, а.

На последовательность обработки отдельных ступеней и уступов при полустовом и чистовом обтачивании решающее влияние оказывает выбор измерительных баз и способов измерения длин вала.

Из различных вариантов возможной последовательности обработки отдельных ступеней вала токари-новаторы стараются выбрать такой, который обеспечивал бы также и наибольшее сокращение длины рабочих и холостых перемещений суппорта.

На рис. 6, а дана схема перемещений резца при обработке средней части вала электрической машины по при-

нятому ранее на заводе технологическому процессу, а на рис. 6, б — перемещения резца при обработке этой же части вала по технологическому процессу, предложенному токарем завода «Электросила» имени С. М. Кирова тов. Пантелеевым. Сопоставление этих схем обработки показывает, что при обработке средней части вала по технологическому процессу, предложенному Пантелеевым, рабочий ход суппорта L_p сокращается с 2400 до 1430 мм, а холостой ход L_x — с 4270 до 790 мм.

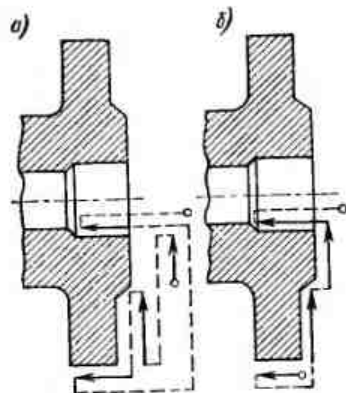


Рис. 5. Два варианта обработки фланца: а — нерациональная; б — рациональная.
— рабочий ход;
— холостой ход

По схеме, приведенной на рис. 6, а, обработка началась с обтачивания наибольшего диаметра вала, с тем чтобы обеспечить равномерное распределение припусков на обработку его торцевых поверхностей (буртиков). Тов. Пантелеев ввел предварительную разметку всех ступеней вала, что дало возможность вести обработку его поверхностей в любой последовательности.

Известный токарь-новатор Г. С. Борткевич при обработке ступенчатых деталей добился значительного сокращения времени на холостые перемещения резца. Обработывая ступенчатые детали, он обратил внимание на то, что ручные продольные перемещения резца совершаются быстрее (примерно в 2,5—4,5 раза) поперечных и менее утомительны. Учитывая это, Борткевич ступенчатые детали с большими торцевыми поверхностями и короткими цилиндрическими ступенями предложил обрабатывать по схеме, показанной на рис. 7, а, а детали с небольшими торцевыми поверхностями и длинными цилиндрическими ступенями — обычным порядком (рис. 7, б). Применяя новый порядок обработки, Г. С. Борткевич добился значительного сокращения вспомогательного времени.

Такой порядок обработки с успехом используется токарями и при обработке деталей с фланцами и ступенчатыми наружными поверхностями.

На рис. 8 приведены три варианта чистовой обработки цилиндрических поверхностей и уступов ступенчатых валов.

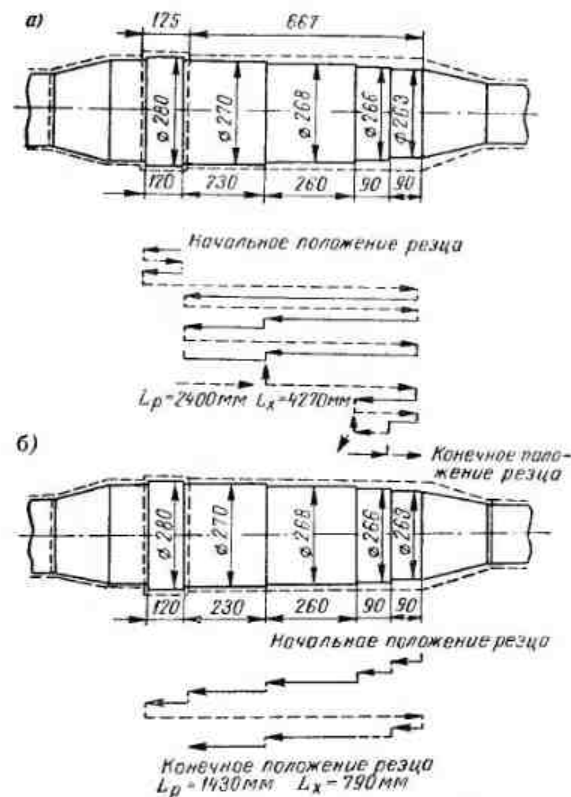


Рис. 6. Схемы перемещений резца при обработке центральной части вала электрической машины: а — по старой технологии; б — по новой технологии, предложенной токарем Пантелеевым.

— рабочий ход; — холостой ход

Наиболее распространенной является схема, приведенная на рис. 8, а. При обтачивании по этой схеме чистовая обработка уступов производится после обтачивания всех цилиндрических поверхностей. Резцы на размер устанавливают путем пробных проходов, используя для

этого припуски, еще не снятые на торцах и уступах.

При использовании комбинированных резцов, пригодных как для обтачивания цилиндрических поверхно-

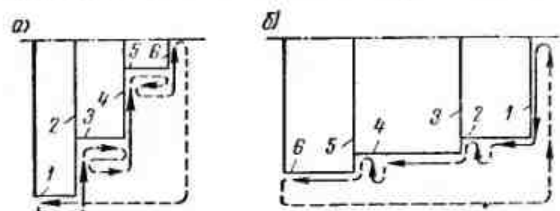


Рис. 7. Два варианта обработки деталей ступенчатой формы на токарном станке [цифры (1—6) обозначают последовательность обработки].

— рабочий ход; — — — холостой ход

стей, так и для подрезания уступов и протачивания каналов, чистовая обработка ступенчатых валов производится по схемам, изображенным на рис. 8, б и в и отличающимся

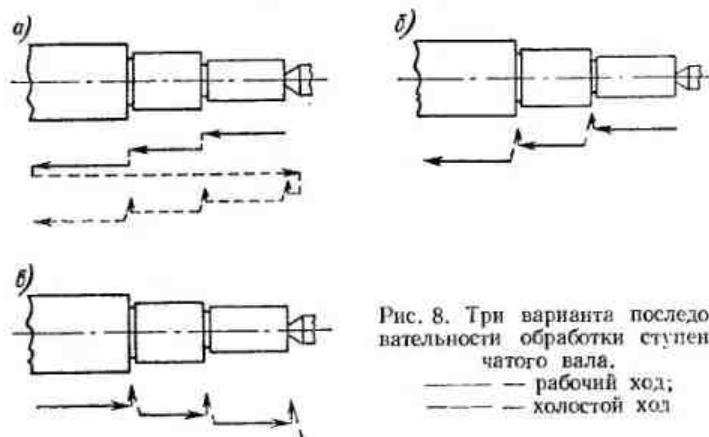


Рис. 8. Три варианта последовательности обработки ступенчатого вала.

— рабочий ход;
— — — холостой ход

друг от друга только направлением подачи. Установка резцов на размер при работе по этим схемам осуществляется по упорам или лимбам, без пробных проходов. По схеме, приведенной на рис. 8, б, обработка может производиться и с применением гидрокопировального суппорта.

На рис. 9, а, б и в приведены основные формы уступов ступенчатых валов, образующихся после чернового или полуступенчатого обтачивания, по схемам, показанным на рис. 9, г, д, е.

Небольшие уступы (до 5—6 мм) подрезаются упорно-проходным резцом с углом в плане $\varphi = 90^\circ$, установленным на всю высоту уступа (рис. 9, г и д). При этом резец

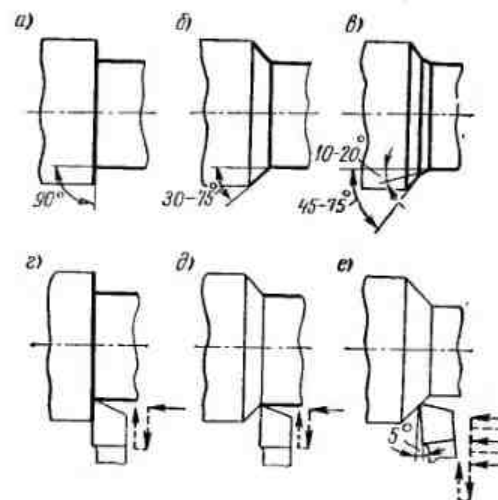


Рис. 9. Формы уступов на валах и схемы их образования

подается в продольном направлении, зачистка торца производится путем отвода резца в поперечном направлении. Уступы большей высоты обрабатываются обычно за несколько проходов при сочетании продольной и поперечной подачи резца. Сначала упорно-проходным резцом, установленным под углом 5° (рис. 9, е), производится обработка уступа с продольной подачей резца в несколько проходов, затем тем же резцом производится чистовое подрезание уступа с подачей, направленной от центра к периферии обрабатываемой детали. При таком направлении подачи сила, действующая на резец, стремится отжать его от обрабатываемой поверхности. Благодаря этому обработанная поверхность уступа получается более чистой, чем при работе с подачей резца, направленной от периферии к центру обрабатываемой детали.

Недостатком такого способа подрезания торцевых поверхностей является невозможность установки резца на требуемый размер путем пробного прохода. Вследствие этого чистовое подрезание торцевых поверхностей часто производится при подаче резца от периферии к центру обрабатываемой детали, так как при таком направлении подачи резца установка его на размер и измерение длин уступов осуществляются без затруднений.

Значительной экономии вспомогательного времени токарни-новаторы в отдельных случаях добиваются, работая по *методу цикличности переходов*.

Этот метод состоит в том, что при обработке партии простых деталей переходы не повторяются, а идут у каждой двух деталей в обратной последовательности. Так, если при обработке первой детали из партии последним (третьим) переходом является растачивание отверстия, то обработка второй детали начинается именно с этого перехода, затем подрезается торец и снимается фаска. Обработка же третьей детали начинается со снятия фаски и т. д. Такое чередование порядка обработки отдельных поверхностей дает возможность значительно сократить вспомогательное время.

Рационализация установки инструмента на размер и измерений деталей при обработке наружных цилиндрических и торцевых поверхностей. Значительную часть вспомогательного времени составляет время, затрачиваемое на подвод и установку резцов на размер, измерение и отвод инструмента от обрабатываемой детали.

Наибольшее время на установку инструмента на размер и измерения расходуется при работе на станках без упоров, когда требуемые размеры достигаются путем пробных проходов и измерений универсальными инструментами. Меньше времени расходуется при работе по упорам, т. е. при отсутствии пробных проходов. Минимальное время на установку инструмента на размер и измерения затрачивается при работе на настроенных станках, приспособленных для многорезцовой или револьверной обработки, либо же при использовании заранее настроенных вне станка инструментальных блоков.

Следовательно, для сокращения времени установки резцов на размер и измерения при обработке наружных цилиндрических и торцевых поверхностей необходимо: применение упоров, работа по лимбам, работа на настроен-

ных станках и использование автоматических устройств, в частности гидрокопировальных суппортов и пр.

Применение упоров. Одним из основных путей сокращения времени, затрачиваемого на установку резцов на размер и измерения, является применение упоров.

Правильное применение поперечных упоров позволяет экономить на каждом переходе от 0,26 до 1 мин, в зависимости от требуемой точности обработки, габаритов станка и используемого измерительного инструмента.

Продольными упорами пользуются в двух случаях: для установки суппорта в положение, обеспечивающее правильные размеры при подрезании уступов, и для ограничения продольного перемещения суппорта.

В первом случае суппорт подводится до упора, закрепляется в этом положении, и обработка ведется с поперечной подачи. Во втором случае упоры обычно служат для автоматического выключения продольной подачи.

Установка резца по упору требует вдвое меньше времени, чем установка по измерительной линейке (8 и 16 сек).

Для повышения точности при обработке партии деталей по упорам необходимо, чтобы сила нажатия на упор сохранялась постоянной.

Как показали опыты, точность для уступов при работе с продольными жесткими упорами достигается в пределах 0,05—0,20 мм.

Для обеспечения высокой точности необходимо, чтобы все детали одной партии при установке в патронах или в центрах занимали одно и то же положение по оси.

Применение упоров облегчает и упрощает работу токаря, так как у него появляется уверенность в получении требуемых размеров.

На рис. 10 показан простейший упор, позволяющий с наименьшей затратой времени обеспечить постоянство осевых размеров детали. Упор 2 вставляется в коническое отверстие шпинделя 1 станка и регулируется при

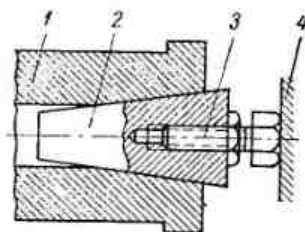


Рис. 10. Простейший упор, обеспечивающий постоянство осевых размеров деталей, устанавливаемых в патроне

помощи болта 3. Деталь 4 при установке в патроне доводится торцом по упору в болт 3. Более точной, однако, следует считать установку деталей в упорный заплечик, расточенный в сырых кулачках патрона.

Имеются упоры и более совершенных конструкций, например шариковые, роликовые и индикаторные продольные и поперечные упоры.

Для обеспечения точных диаметральных размеров при обработке ступенчатых деталей многие токари-новаторы

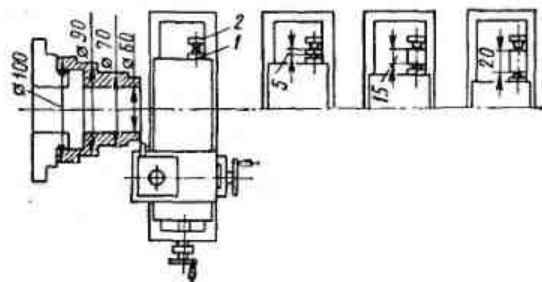


Рис. 11. Применение поперечных упоров в сочетании с мерными плитками для получения точных диаметральных размеров (метод П. Б. Быкова)

применяют жесткие поперечные упоры в сочетании с мерными плитками. Так, например, известный московский токарь П. Б. Быков успешно использует этот метод при обработке деталей с четырьмя уступами диаметрами 60, 70, 90 и 100 мм (рис. 11).

Установив для обработки первую деталь и работая со снятием пробных стружек и измерениями, он обеспечивал получение поверхности диаметром 60 мм. Затем, не изменяя положения резца, устанавливал и подводил поперечный упор 2 до соприкосновения с неподвижным упором 1 на нижних салазках суппорта и закреплял его. Таким образом фиксировалось положение упора для обтачивания уступа диаметром 60 мм у других деталей данной партии.

Для обработки следующего уступа диаметром 70 мм между подвижным и неподвижным упорами устанавливалась плитка размером 5 мм. Для обработки уступа диаметром 90 мм устанавливалась плитка размером $\frac{90-60}{2} = 15$ мм, а при обработке уступа диаметром

100 мм — плитка размером $\frac{100-60}{2} = 20$ мм. У обработанных таким образом деталей уступы всегда имели достаточно точные размеры, при этом значительно сократилось число контрольных промеров обрабатываемых поверхностей.

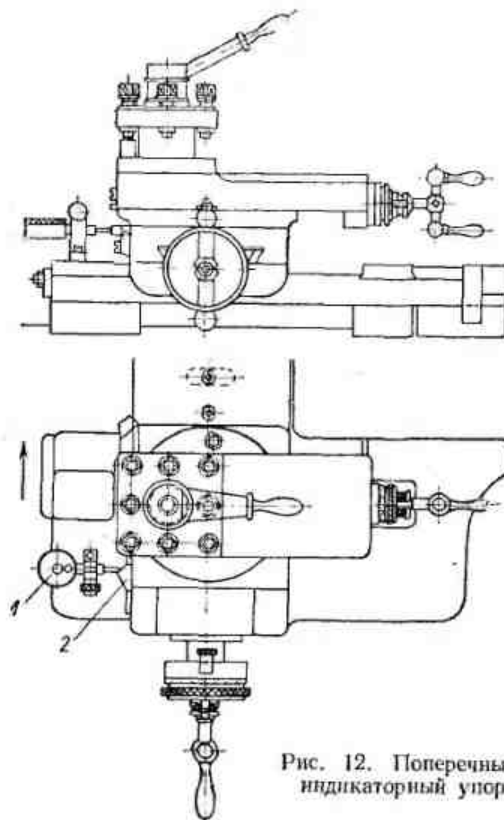


Рис. 12. Поперечный индикаторный упор

Значительное повышение точности обработки может дать применение *индикаторных упоров*. В этом случае оказывается возможным устанавливать резец на требуемый размер с точностью до 0,01 мм при минимальных затратах времени.

На рис. 12 изображен поперечный индикаторный упор, обеспечивающий постоянство диаметральных размеров.

Здесь индикатор 1, установленный на продольных салазках суппорта, не мешает перемещению поперечного суппорта. При черновом и получистовом проходе индикатор закрывают кожухом, и резец на размер устанавливается по лимбу станка. Перед чистовым проходом рабочий, откинув кожух, замечает показание индикатора при получистовом проходе и, заметив это показание, точно устанавливает резец на требуемую глубину по индикатору. Планка 2 с клиновидным выступом устанавливается и закрепляется барашком на направляющей линейке, прикрепленной к суппорту. Изменяя угол наклона клиновидного выступа планки 2, можно увеличить или уменьшить точность и диапазон отсчетов перемещения суппорта по индикатору.

Работа по лимбам. Другим способом сокращения времени установки резцов на размер как в поперечном, так и в продольном направлениях является работа по лимбам, т. е. установка резцов по соответствующим делениям круговых шкал на винтах поперечной и продольной подач.

Ряд конструкций современных токарных станков имеет поперечные лимбы большого диаметра с высокой точностью отсчета (до 0,01 мм).

Работа по лимбам требует большего внимания рабочего, чем работа по упорам. Несмотря на это, значительное число токарей, особенно наиболее квалифицированных, работающих в цехах индивидуального и мелкосерийного производства, предпочитают работать по лимбам.

Работу по лимбам иногда успешно сочетают с работой по упорам.

Специальные устройства для установки резцов на размер в продольном направлении. Кроме упоров и лимбов, для установки резцов на размер многие токари применяют следующие устройства:

линейки, прикрепляемые к станине или устанавливаемые в специальных линейкодержателях, облегчающие установку резца в требуемом положении по длине;

измерители длин, показывающие на специальных шкалах расстояние, пройденное суппортом;

механизмы и приспособления для автоматического выключения подачи в заданном положении резца в продольном направлении.

Наиболее просто устанавливаются резцы на заданные размеры как в поперечном, так и в продольном направлениях при использовании различного рода *копировальных приспособлений и устройств*. Описание работы этих приспособлений приведено в пп. 3, 9 и 14.

2. Обработка отверстий

Основные методы обработки отверстий. Приведем краткую характеристику основных методов обработки отверстий.

Сверление и рассверливание на токарных станках в большинстве случаев служат подготовкой отверстия для последующей его обработки растачиванием или развертыванием.

Практика показывает, что при сверлении отверстий диаметром до 10 мм достигается 4-й класс точности, а при больших размерах отверстия — 5-й класс точности. При правильной заточке сверла и правильной его установке на станке 4-й класс точности может быть достигнут и при сверлении отверстий диаметром до 30 мм. Обработка отверстий большего диаметра обычно производится двумя сверлами. Диаметр первого сверла принимается равным примерно половине диаметра обрабатываемого отверстия.

Отверстия, полученные отливкой или штамповкой, рассверливать не рекомендуется, так как центр таких отверстий обычно не совпадает с осью сверла. При сверлении таких отверстий в результате неравномерного распределения припуска сверло сильно «уводит», и оно может сломаться.

Зенкерование является процессом более производительным, чем рассверливание. Зенкерование обычно успешно применяется как предварительная операция для обработки литых и штампованных отверстий.

Благодаря лучшему направлению зенкера в отверстие (у зенкера имеются три или четыре направляющих ленточки вместо двух ленточек у сверла) и большей его жесткости после зенкерования отверстие получается более точным (4—5-й класс), чем после обработки сверлом.

Вследствие большего числа режущих кромок, при одинаковом припуске на обработку, толщина стружки, снимаемой каждой режущей кромкой зенкера, меньше толщины стружки при сверлении. В результате этого поверх-

ность отверстия обработанного зенкером, получается чище, чем поверхность рассверленного отверстия.

Зенкерование отверстий значительно производительнее, чем растачивание резцами.

Скорости резания для зенкеров из быстрорежущей стали примерно равны скоростям резания при сверлении, а подачи — в 2,5—3 раза больше подачи при сверлении.

Растачивание на токарных станках является наиболее универсальным и распространенным способом обработки отверстий. Оно производится в следующих случаях:

- 1) когда рассверливание и зенкерование не обеспечивают требуемой точности обработки отверстия;
- 2) при обработке отверстий большого диаметра;
- 3) при обработке коротких отверстий;
- 4) при обработке ступенчатых отверстий.

В табл. 1 приведены основные способы растачивания отверстий на токарных станках.

Таблица 1

Основные способы растачивания отверстий на токарных станках

Способ выполнения	Область применения
Растачивание резцом, закрепленным в суппорте	Для отверстий $d < 70$ мм, $l < 150$ мм, при $l : d < 5$
Растачивание резцом, закрепленным в консольной оправке	Для отверстий $d > 70$ мм, $l > 150$ мм, при $l : d < 5$
Растачивание резцом, закрепленным в оправке с дополнительной опорой	Для отверстий $l : d > 5$
Примечание. Здесь l — длина обрабатываемого отверстия; d — его диаметр.	

Точность, достигаемая чистовым растачиванием на токарных станках обычных типов, не превышает 4—3-го класса.

Тонкое растачивание применяется при обработке отверстий 2—3-го класса точности, с высоким классом чистоты поверхности.

Тонкое растачивание осуществляется высокостойкими твердосплавными, а также алмазными расточными резцами.

Развертывание является процессом получистовой или чистовой обработки отверстий диаметром преимущественно до 100 мм. Точность отверстий после развертывания соответствует 3—2-му классу.

Отверстия диаметром до 10 мм развертываются после сверления; при больших диаметрах отверстие обрабатывается зенкером или резцом и затем развертывается одной или двумя развертками. Шероховатость поверхностей, достигаемая развертыванием, находится в пределах 6—8-го классов чистоты.

Шлифование, как метод чистовой обработки отверстий на токарных станках, осуществляемый при помощи переносных шлифовальных головок, применяется сравнительно редко.

Притирка или доводка имеет применение при изготовлении некоторых особо точных деталей в машиностроении. Доводка отверстий производится специальными чугунами или медными притирами. Точность предварительной обработки отверстий под притирку должна быть как можно выше (до 2-го класса), а чистота поверхности должна быть не ниже 7—9-го классов. Это необходимо для того, чтобы сократить время притирки и обеспечить получение отверстий правильной геометрической формы.

Для доводки отверстий применяются те же абразивные материалы, что и для доводки наружных поверхностей.

При *обкатывании или развальцовывании отверстий* может быть достигнут 2-й класс точности отверстия и 8-й класс чистоты. Необходимая точность диаметра отверстия должна быть обеспечена до обкатывания или развальцовывания, после которых диаметр отверстия за счет уплотнения материала увеличивается на 0,02—0,03 мм.

Последовательность и способы выполнения отдельных переходов при обработке отверстий. На качество и производительность при обработке отверстий на токарных станках, так же как и при обработке наружных поверхностей, большое влияние оказывают:

- 1) способ и последовательность переходов при обработке отверстия и
- 2) способ выполнения отдельных переходов.

Количество и последовательность переходов при обработке отверстия устанавливаются в зависимости от требуемой точности и размеров, а также от вида заготовки (сплошной материал, отлитые или штампованные отверстия).

Последовательность переходов при обработке отверстий 2—4-го классов точности приведена в табл. 2.

Ниже приводятся способы выполнения отдельных переходов при обработке отверстий на токарных станках.

Сверление. Основными направлениями рационализаторской деятельности токарей-новаторов по усовершенствованию технологии сверлильных работ, выполняемых на токарных станках, являются:

1) усовершенствование конструкции и заточки сверл;

2) установление правильной последовательности сверления ступенчатых отверстий;

3) замена ручной подачи сверла механической.

Усовершенствование конструкции и заточки сверл. Токари-новаторы не только широко используют опыт передовых сверловщиков, проделавших большую работу по усовершенствованию конструкции и заточки сверл, но и проводят собственные работы в этом направлении.

Основными мероприятиями по совершенствованию конструкции спиральных сверл являются мероприятия, обеспечивающие повышение жесткости и динамической прочности сверл, улучшение стружкоотвода и охлаждения режущих кромок сверла, а также наиболее рациональная геометрия заточки режущих поверхностей сверла.

Повышение жесткости спирального сверла всегда содействует более устойчивой работе инструмента и позволяет интенсифицировать режимы резания. В этом направлении внесен ряд эффективных предложений. Новые сверла стараются изготавливать с длиной рабочей части, не превышающей десяти, а в ряде случаев и пяти диаметров сверла, увеличивается размер перемычки, что повышает прочность сверла, устраняется шейка между рабочей частью и хвостовиком сверла.

Для увеличения поверхности контакта сверла с изделием применяют сверла не с двумя, а с четырьмя ленточками (рис. 13). В этом случае помимо повышения устойчивости улучшается теплоотвод в тело сверла, что делает

Таблица 2

Последовательность переходов при обработке отверстий 2-го и 4-го классов точности

Диаметр отверстия в мм	Вид заготовки	Последовательность переходов		
		Класс точности		
		2-й и 2а	3-й и 3а	4-й
До 10	Сплошной материал	Сверление, развертывание, получистовое, развертывание чистовое	Сверление, развертывание	Сверление
От 10 до 30	Отлитое или проштампованное отверстие с припуском до 4 мм на диаметр	Растачивание или сверление, развертывание, получистовое, развертывание чистовое	Растачивание или сверление, развертывание	Растачивание или сверление, развертывание
	То же с припуском свыше 4 мм на диаметр	Растачивание или сверление, развертывание, получистовое, развертывание чистовое	Растачивание или сверление, развертывание, получистовое, развертывание чистовое	Растачивание или сверление, развертывание, получистовое, развертывание чистовое
	Сплошной материал	Сверление, развертывание или (вместо рассверливания) растачивание, сверление, развертывание, получистовое, развертывание чистовое	Сверление, рассверливание, сверление или (вместо рассверливания) растачивание, сверление, развертывание	Сверление, рассверливание или (вместо рассверливания) растачивание

Диаметр отверстия в мм	Вид заготовки	Последовательность переходов			
		Класс точности			
		2-й и 2а	3-й и 3а	4-й	
От 30 до 100	Олитое или проши- тое отверстие с припу- ском до 6 мм на диа- метр	Растачивание или зенкерование, развер- тывание получистовое, развертывание чистовое	Растачивание или зенкерование, развер- тывание	Растачивание или зенкерование	или зенкерование
	То же с припуском свыше 6 мм на диаметр	Растачивание или зенкерование черновое, зенкерование или рас- тачивание получисто- вое, развертывание по- лучистовое, разверты- вание чистовое	Растачивание или зенкерование черновое, зенкерование или рас- тачивание получисто- вое, развертывание	Растачивание или зенкерование черновое или растачивание полу- чистовое	или зенкерование черновое или растачивание полу- чистовое
Свыше 100	Олитое или проши- тое отверстие с припу- ском 6 мм на диаметр	Растачивание черно- вое, растачивание по- лучистовое, растачива- ние чистовое или раз- вертывание специаль- ной разверткой	Растачивание черно- вое, растачивание по- лучистовое, растачива- ние чистовое или раз- вертывание специаль- ной разверткой	Растачивание черно- вое, растачивание чи- стовое	

лучше условия его работы, особенно при сверлении титана и других металлов с низкой теплопроводностью.

В целях *создания лучших условий для отвода стружки* прибегают к увеличению стружечной канавки, увеличению угла наклона спирали до 30 и даже 45° и созданию стружколомающего уступа в спиральной канавке. Так, напри- мер, в конструкции сверла, показанной на рис. 13, пре- дусмотрены две дополнительные канавки *a* (сеч. *A—A*), как показал опыт, препятствующие пакетированию стружки и улучшающие стружколомание.

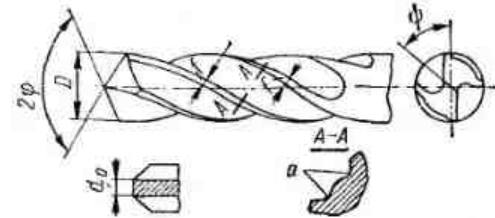


Рис. 13. Сверло с четырьмя ленточками и дополнительными канавками, улучшающими стружколомание

Улучшению стружкоотвода содействуют и спиральные отверстия, образованные в стержне сверла при его изго- товлении. Через эти отверстия в зону резания под боль- шим давлением подается охлаждающая жидкость, вымы- вающая стружку из отверстия и активно охлаждающая режущие поверхности сверла.

Усовершенствование геометрии заточки сверла направ- лено главным образом на создание двойной заточки (при обработке стали) и подточке передней поверхности в целях уменьшения осевого усилия при сверлении.

Так, например, многие токари успешно применяют кон- струкцию высокопроизводительного быстрорежущего сверла (рис. 14), предложенного сверловщиком Средне- волжского станкостроительного завода тов. Жировым. Это сверло изготавливается с двойной заточкой и специаль- ной подточкой перемычки, что устраняет поперечную режущую кромку. Такая подточка перемычки в 3—4 раза уменьшает осевое усилие при сверлении, что, в свою оче- редь, позволяет увеличить подачу и сократить машинное время сверления в два раза.

Резкое уменьшение осевых усилий при работе сверлами Жирова часто позволяет сверлить отверстия большого диаметра за один проход вместо двух проходов, необходимых при сверлении обычными сверлами.

На ряде заводов получило успешное распространение кольцевое сверление, осуществляемое специальными кольцевыми сверлами, вырезающими сердечник из сплошного металла.

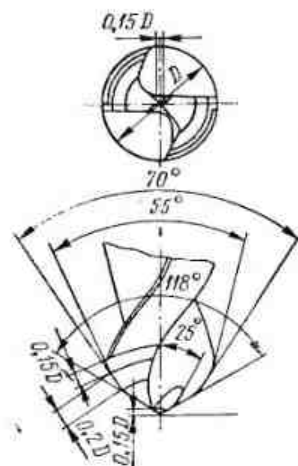


Рис. 14. Спиральное сверло с двойной заточкой и подточенной перемычкой

Остающийся после прохода сверла сердечник направляет сверло; для этого, а также для предотвращения защемления сердечника в цилиндре, предусмотрены подпружиненные шарики 5.

До начала сверления кольцевым сверлом целесообразно расточить на торце детали кольцевое углубление (на глубину 7—10 мм), соответствующее диаметру кольцевого сверла для придания ему большей жесткости и надежного направления.

Кольцевыми сверлами можно сверлить отверстия диаметрами от 60 до 200 мм и длиной до 500 мм. При этом увод сверла на всей длине не превышает 0,6 мм, а разбивка отверстия по диаметру колеблется в пределах от 0,4 до 0,8 мм. Достигается также значительная экономия металла и трудовых затрат на сверление.

Кольцевое сверло (рис. 15) имеет вид пустотелого цилиндра, на торце корпуса 2 которого закреплены резцы 1. Эти резцы образуют корончатую торцевую головку, врезающуюся в торец сплошной заготовки. Стружка, снимаемая резцами, направляется по спиральным канавкам на наружной поверхности цилиндра.

На резьбовой конец цилиндра 2 навинчена оправка 4 с коническим хвостовиком. В корпусе смонтирован водоприемник 3 для подачи охлаждающей жидкости в полость трубчатого сверла и далее — к режущим поверхностям резцов.

Последовательность сверления ступенчатых отверстий. Приведем простой пример, показывающий возможность существенного повышения производительности за счет рациональной последовательности сверления ступенчатых отверстий.

На рис. 16, а показана втулка со ступенчатым отверстием, а на рис. 16, б и в — два варианта обработки этого отверстия.

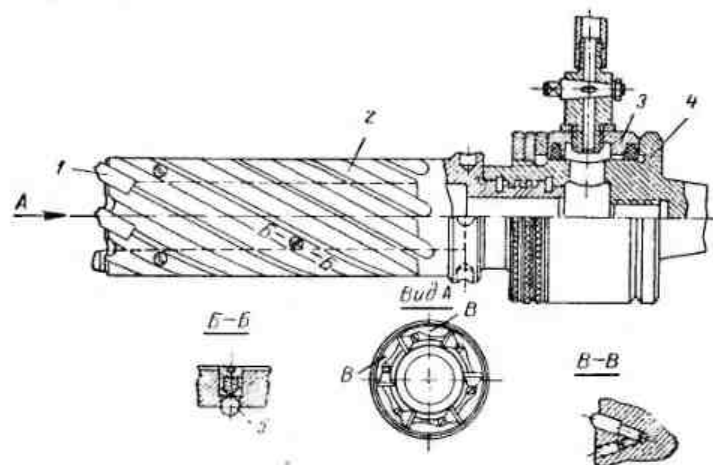


Рис. 15. Кольцевое сверло

По первому варианту (рис. 16, б) вначале сверлится отверстие диаметром 10 мм на всю длину втулки, затем другим сверлом — отверстие на длине 30 мм до диаметра 20 мм. Общая длина сверления при этом составляет (не считая врезания) $50 + 30 = 80$ мм. По второму варианту (рис. 16, в) раньше сверлят отверстие сверлом диаметром 20 мм на длину 30 мм, затем продолжают сверление другим сверлом диаметром 10 мм на оставшуюся длину втулки. Общая длина сверления при этом составляет уже всего 50 мм. Такой метод сверления ступенчатых отверстий позволяет сократить машинное время.

Замена ручной подачи сверла механической. Как правило, все сверлильные работы на токарных станках производятся при ручной подаче инструментами, устанавливаемыми в пиноли задней бабки.

Такой метод работы не дает возможности правильно использовать режущий инструмент и получить требуемую чистоту обрабатываемой поверхности; ручная подача утомляет рабочего, занимает его руки.

Недостатком такого метода работы является также необходимость каждый раз вручную подвигать и отодвигать обратно заднюю бабку, что отнимает много времени, а на более крупных станках, кроме того, весьма утомительно.

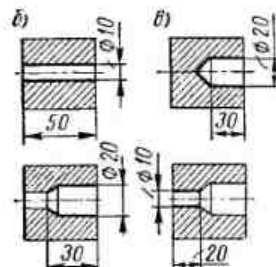
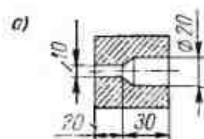


Рис. 16. Последовательность сверления ступенчатого отверстия: а — втулка со ступенчатым отверстием; б — сверление по первому варианту; в — сверление по второму варианту

Сущность нового способа заключается в том, что сверло или другой инструмент (например, зенкер) устанавливается в конусное отверстие приспособления (рис. 17, а), ось которого при установке суппорта в определенном положении (по риску) совпадает с осью шпинделя станка. Совпадение оси конусного отверстия с осью шпинделя станка обеспечивается при изготовлении приспособления тем или иным методом в зависимости от его конструкции.

Токарь тов. Мехонцев изготовил приспособление, показанное на рис. 17, а, следующим образом: обточил цилиндрическую гильзу 1 с конусным отверстием для хвостовика инструмента; край бруска 2, закрепленного в резцедержателе, обработал резцом, установленным в державке (на рис. 17, а справа), по размеру наружного диаметра

гильзы; после приварки гильзы к бруску установил приспособление в резцедержателе и развернул отверстие конусной разверткой, закрепленной в шпинделе станка. Такой способ изготовления обеспечил полную соосность гильзы и шпинделя станка.

На рис. 17, б показана другая конструкция — державка 1 с буртом 2, позволяющим точно фиксировать положение сверла.

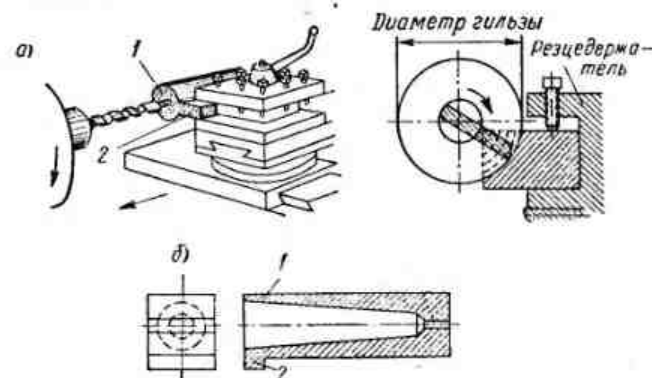


Рис. 17. Приспособления для установки сверла на суппорте токарного станка

Положение резцедержателя в поперечном направлении отмечается riskой на салазках суппорта станка.

В тех случаях, когда сверло или зенкер устанавливается не на суппорте, а в пиноли задней бабки, многие токари-новаторы с помощью специальных устройств связывают заднюю бабку с суппортом и сообщают ей таким образом автоматическую подачу.

В конструкциях некоторых токарных станков, например моделей 1К62 и 1М620 и др., предусмотрена такая возможность соединения задней бабки с суппортом. В этом случае плита, на которой установлена задняя бабка, отсоединяется от станины и с помощью специального захвата, расположенного на суппорте, и скобы, прикрепленной к плите, соединяется с суппортом. При включении механической подачи последнего процесс сверления будет осуществляться механически.

Растачивание. Основными направлениями рационализаторской работы токарей-новаторов по совершенство-

ванию технологии растачивания отверстий на токарных станках являются: изыскание новых, более производительных режущих инструментов и применение рациональных методов настройки инструмента на размер.

Повышение жесткости расточных резцов. Как известно, при растачивании режимы резания ниже, чем при наружном обтачивании. Причиной этого является недостаточная жесткость расточных резцов, большой их вылет из резцедержателя и сравнительно

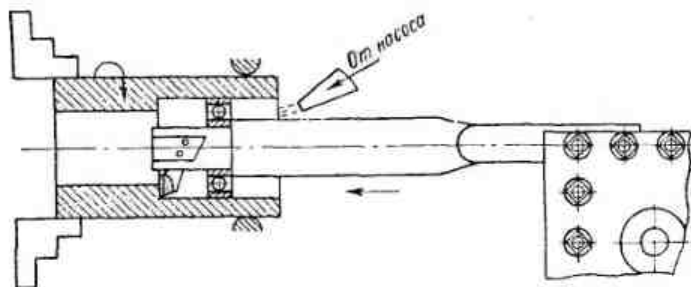


Рис. 18. Консольная расточная оправка с опорным подшипником, повышающим жесткость системы

малые поперечные размеры стержня, вызывающие появление вибраций при работе.

В целях повышения жесткости токари, производящие растачивание при большом вылете резца, прибегают к установке на оправке, или стержне резца опорного шарикоподшипника (рис. 18). Это мероприятие позволяет без вибраций растачивать весьма длинные отверстия с интенсивными режимами резания.

Повышению виброустойчивости расточных резцов уделили много внимания токари-новаторы В. К. Семинский и К. В. Лакур. Им предложены оригинальные конструкции виброустойчивых резцов, одна из которых (разработанная К. В. Лакуром) внесена в ГОСТ. Особенностью этого резца (рис. 19) является расположение режущей кромки по нейтральной оси стержня.

Применение комбинированных и многолезвийных расточных инструментов. Комбинированные резцы позволяют производить растачивание, прорезание канавок, подрезание

торцов и снятие фасок. Имеются также резцы, с помощью которых осуществляется и сверление.

На рис. 20, а показан выпускаемый московским инструментальным заводом «Фрезер» резец-сверло, оснащенный тремя неперетачиваемыми четырехгранными твердосплавными пластинками 2. Пластинки свободно надеваются на штифты 3 и 4, запрессованные в корпусе 1. Центральная пластинка закрепляется специальным винтом 7, а две крайние — клином 5 и винтом 6.

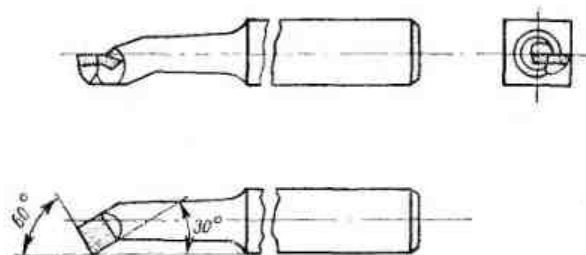


Рис. 19. Виброустойчивый расточной резец (ГОСТ 6743—61)

Для замены или поворота центральной пластинки необходимо отвернуть винт на несколько оборотов и тем самым освободить пластинку. Для замены крайних пластинок требуется отвернуть винт на два-три оборота и приподнять клин.

Необходимые для резания задние углы получаются при соответствующей установке призматических пластинок в корпусе резца-сверла.

На рис. 20, б показана схема распределения припуска между режущими пластинками 1, 2 и 3.

Помимо сверления в сплошном металле, с помощью этого резца можно растачивать обработанные отверстия (при поперечном смещении каретки суппорта).

Значительное повышение производительности труда при растачивании на токарных станках обеспечивается при замене однорезцового растачивания *растачиванием многолезвийными инструментами*: многорезцовыми блоками, оправками, расточными головками, фрезами и т. п.

На рис. 21 показано черновое растачивание ступенчатого отверстия многолезвийным инструментом (из опыта Ленинградского металлического завода). Для этой

обработки применены: зенкер диаметром 133 мм и оправка с пятью резцами и направляющим шарикоподшипником 1. Оправка имеет пять гнезд для крепления резцов сечением 20×20 мм, которые расположены под углом 72° друг к другу. Резцы 2, 3, 4, 5 и 6 одновременно растачивают пять отверстий диаметрами от 160 до 225 мм.

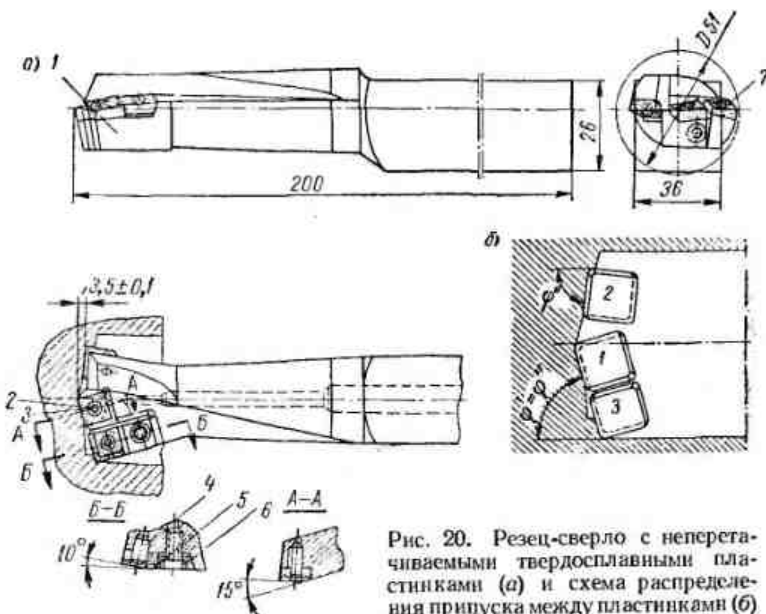


Рис. 20. Резец-сверло с неперегачиваемыми твердосплавными пластинками (а) и схема распределения припуска между пластинками (б)

Обработка начинается со сверления отверстия диаметром 70 мм, которое затем зенкеруется за один проход с диаметра 70 до 133 мм и растачивается за один проход многолезвийной оправкой. Припуск на растачивание резцовой оправкой составляет 5 мм на диаметр.

Чистовое растачивание этого отверстия производится оправкой с одним резцом.

При такой технологии трудоемкость токарной обработки ступенчатого отверстия уменьшилась на 5 ч, по сравнению с временем обработки его однорезцовой оправкой.

Установка инструмента на размер и измерения деталей при обработке отверстий. Так же, как при обработке

цилиндрических наружных поверхностей, для сокращения затрат времени на установку резцов на размер и измерения при обработке внутренних поверхностей приме-

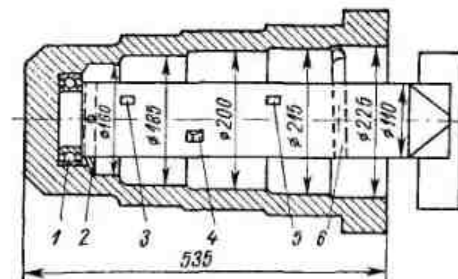


Рис. 21. Схема растачивания ступенчатого отверстия многорезцовым блоком

няются упоры, лимбы, автоматизирующие устройства; производится обработка и на настроенных станках. Значительно сокращается время на установку инструмента на

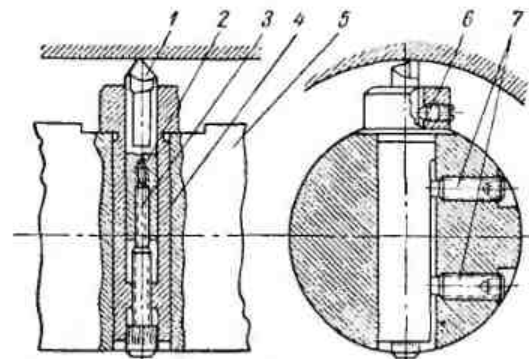


Рис. 22. Приспособление для точной установки резца на размер

размер и измерения при обработке отверстий мерным инструментом (сверлами, зенкерами, развертками, расточными блоками и т. д.).

Для установки на размер расточных резцов часто применяют специальные приспособления.

На рис. 22 изображено приспособление, которым пользуется токарь завода «Ленстанколит» тов. Захаров для точной установки в оправке резца на размер.

Резец 1 закрепляется в цилиндрической державке 4 винтом 6. Державка 4 крепится двумя винтами 7 в расточной скалке 5. В хвостовой части державки имеется резьбовое отверстие, в которое ввинчивается ступенчатый стержень 3. Тонкий конец этого стержня ввинчен в тол-

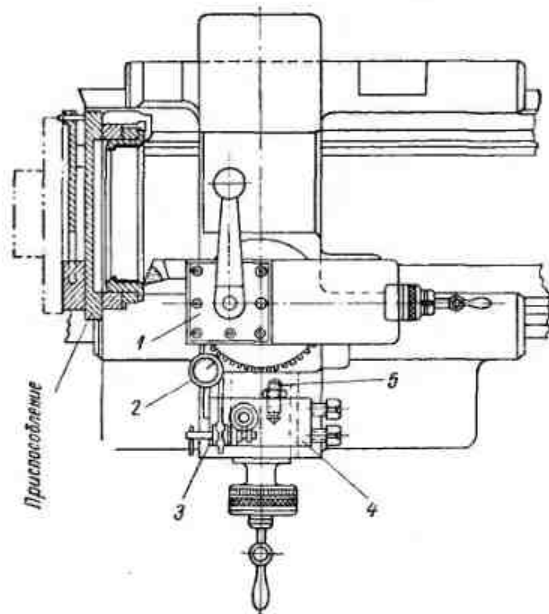


Рис. 23. Индикаторный упор, применяемый при растачивании точных отверстий

катель 2. Шаг резьбы этого участка стержня отличается от шага резьбы на другом его участке, следовательно, при поворачивании стержня 3 на один оборот толкатель 2 с резцом переместится на величину, равную разности шагов резьбы винта большого и малого диаметров. На головке стержня 3 по ее окружности нанесены деления (цена деления 0,01 мм), а на торце державки 4 имеется отсчетная риска.

Применение этого устройства значительно сокращает время и повышает точность установки резца.

Применение индикаторных упоров. На рис. 23 изображена схема индикаторного устройства,

примяемого токарем-новатором Свердловского завода транспортного машиностроения тов. Целиковым при растачивании точных отверстий. По этой схеме положение резца по отношению к оси центров станка контролируется при помощи индикатора 2, закрепляемого неподвижно на направляющих поперечного суппорта и упирающегося своей ножкой в резцедержатель 1. Индикаторная стойка 3 смонтирована на плите 4. Для ограничения перемещения суппорта служит регулируемая шпилька 5.

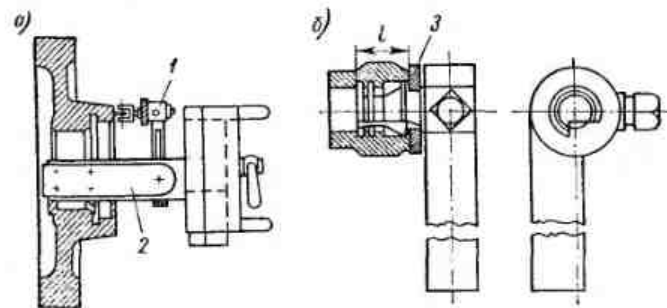


Рис. 24. Схемы установки специальных продольных упоров: а — роликового; б — с мерной шайбой

При растачивании с указанным устройством могут быть получены размеры с точностью до 0,01—0,02 мм. Периодический контроль диаметра растачиваемого отверстия пассиметром позволяет определить величину износа резца и необходимую в связи с этим поправку на показание индикатора.

Применение продольных упоров. При необходимости получения точных размеров в направлении оси обрабатываемого отверстия пользуются лимбами, мерными плитками и режущими индикаторами. Надежные результаты получаются также при применении специальных упоров.

На рис. 24, а изображен роликовый упор 1, укрепленный на двухрезцовой державке 2. На рис. 24, б показан круглый фасонный резец, устанавливаемый на требуемом расстоянии 1 при помощи съемной мерной шайбы 3, которую помещают между оправкой и торцом обрабатываемой детали.

Применение глубиномерных приспособлений. На машиностроительных заводах находит применение глубиномерное приспособление, которое монтируется на стойке, прикрепленной к задней направляющей станины. На этой стойке закреплена державка с нониусом. На салазках суппорта закреплены прокладка и планка, в пазу которой устанавливается (в любом положении) масштабная линейка.

Это устройство позволяет измерять осевые размеры с точностью до 0,02 мм.

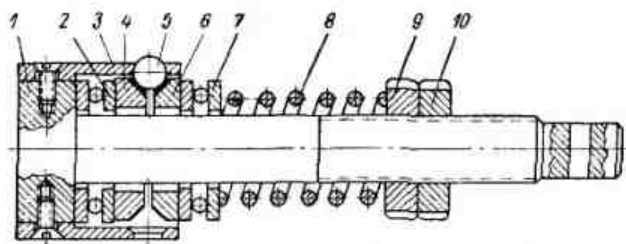


Рис. 25. Шариковая раскатка для отверстий диаметром 30—60 мм

Приспособление для растачивания канавок в отверстиях настраивается следующим образом. Установленный в суппорте резец подводится к базовой поверхности торца детали, при этом лимб верхнего суппорта устанавливается в нулевое положение. В нулевое положение устанавливается также и нониус на линейке. Затем резец перемещают влево по оси отверстия на расстояние, равное размеру от торца детали до канавки. Контролируется этот размер по указаниям линейки и нониуса.

Раскатывание отверстий. Раскатывание — процесс чистовой обработки, при котором достигается не только повышение чистоты поверхности, но и упрочнение поверхностного слоя.

Раскатывание осуществляется специальным инструментом — шариковыми или роликовыми раскатками.

На рис. 25 изображена раскатка для раскатывания отверстий диаметром 30—60 мм. Она состоит из оправки 1 и двух надетых на нее конусных колец 4 и 6. Одно из колец через упорный подшипник 2 упирается в бурт оправки,

второе — свободно перемещается вдоль нее и находится под постоянным воздействием пружины 8. Между кольцом и пружиной расположен упорный подшипник 7. При вращении раскатки три шара 5, являющиеся рабочими деформирующими элементами, катятся по обрабатываемой поверхности отверстия под некоторым давлением, которое регулируется сжатием тарированной пружины 8 с помощью гайки 9 и контргайки 10. Угловое расстояние 120° между шарами обеспечивается латунным сепаратором 3, удерживающим шары от выпадения, когда раскатка находится в нерабочем положении. Крепление раскатки в станке осуществляется посредством хвостовика оправки.

Конструкция раскатки для обработки отверстий диаметром от 130 до 400 мм показана на рис. 26.

Эта раскатка состоит из корпуса 1, в который вставлены две одинаковые раскатывающие головки. Каждая головка состоит из стакана 3, в котором перемещается вилка 9, поджимаемая тарированной пружиной 10. Винт 2 ограничивает ход вилки и предохраняет ее от проворота вокруг оси. Шарикоподшипник 6, установленный на оси 7, служит опорой для шарика 5. Колпачок 4, удерживающий шарик от выпадения, контрится гайкой 8.

Настройка раскатки осуществляется в такой последовательности: отпускаются винты, закрепляющие раскатывающие головки в корпусе, вынимаются головки и вращением пробки 11 устанавливают требуемое усилие раскатывания; затем головки вставляются в корпус, устанавливаются на необходимый диаметр раскатывания по

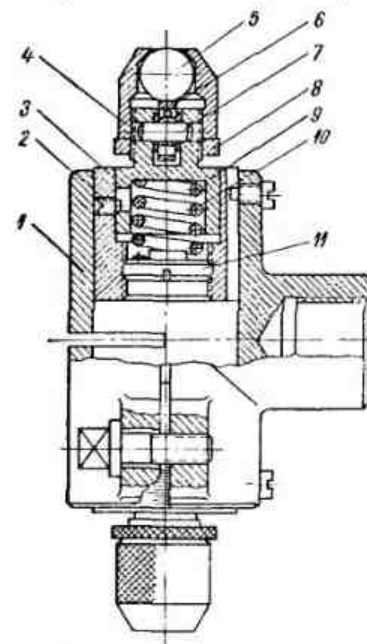


Рис. 26. Шариковая раскатка для отверстий диаметром 130—400 мм

шкале, нанесенной на наружной поверхности стакана 3, и закрепляются в корпусе винтами.

Во всех случаях при раскатывании в зависимости от конструкции и габаритов обрабатываемой детали вращается либо деталь, либо раскатка. Соответственно крепление раскатки осуществляется с помощью оправки в задней бабке, в суппорте либо в шпинделе токарного станка.

В табл. 3 приведены значения основных параметров раскаток и режимов работы ими.

Таблица 3
Основные параметры и режимы работы раскаток

Показатели	Пределы раскатываемых отверстий в мм			
	30—60	60—130	130—165	165—400
Тип раскатки	см. рис. 25	—	см. рис. 26	см. рис. 26
Усилие раскатывания в кг	30	60	60	80
Подача в мм/об	0,15—0,25	0,2—0,3	0,2—0,3	0,3—0,5
Скорость раскатывания в м/мин	50—60	50—60	50—60	50—60
Шероховатость поверхности:				
исходная	▽5—▽6	▽5—▽6	▽5—▽6	▽5—▽6
достигаемая	▽8—▽9	▽8—▽9	▽8—▽9	▽8—▽9

Благодаря малым усилиям раскатывания при работе шариковыми раскатками оказывается возможным обрабатывать маложесткие детали без их деформации.

3. Обработка конических поверхностей

Основные методы обработки конических поверхностей. Краткая характеристика основных методов обработки конических поверхностей приведена в табл. 4.

Обработка конических поверхностей широкими резцами. Основными направлениями рационализаторской деятельности токарей-новаторов по развитию и совершен-

Таблица 4

Основные методы обработки конических поверхностей (общая характеристика)

Способ обработки	Область применения	Краткая характеристика способа
Широким резцом (главная режущая кромка резца установлена под требуемым углом по отношению к оси конуса)	При обработке конических поверхностей на жестких деталях с длиной образующей конической поверхности не более 15—20 мм; при больших углах уклона и невысоких требованиях к точности и чистоте поверхности	Способ весьма производительен. При obtачивании конусов, длина образующих которых больше 15—20 мм, возникают вибрации. Появляются вибрации и при недостаточной жесткости детали и ее закрепления
При поперечной верхней части суппорта	При обработке конических поверхностей небольшой длины с любыми углами уклонов	Недостатком способа является то, что обработка в большинстве случаев производится с ручной подачей, при этом снижается производительность труда, а также чистота поверхности
При смещенной задней бабке	При обработке конических поверхностей с небольшими углами уклонов	Преимущество этого способа обработки — возможность применения его на любом токарном станке. Основные недостатки: неравномерный износ центровых отверстий, затраты дополнительного рабочего времени на перестановку задней бабки
Путем одновременного включения подачи продольной и верхней суппорта	При обработке конических поверхностей на станках, допускающих одновременное включение продольной подачи и подачи верхних резцовых салазок	Способ весьма универсальный, но требующий применения специальной оснастки

Продолжение табл. 4

Способ обработки	Область применения	Краткая характеристика способа
При помощи конусной линейки и специальных копиров	При обработке конических поверхностей с углом уклона не более 10—12°	Способ этот весьма удобен и производителен, так как не требует переналадки станка. Недостатком его является необходимость отсоединения салазок суппорта от поперечного винта
При помощи гидрокopировального суппорта	При обработке конических поверхностей с любым углом уклона (обратная конусность на спад не более 30—45°)	Наиболее производительный способ. Применяется на токарных станках, снабженных гидрокopировальным суппортом (подробнее см. на стр. 148—158 и 204—206)

ствованию технологии обработки конических поверхностей широкими резцами являются:

1) применение широких резцов для обработки конических поверхностей с длиной образующей более 15—20 мм;

2) совмещение переходов при обработке нескольких конических поверхностей за счет применения специальных комбинированных резцов.

Приведем два примера.

В мелкосерийном производстве черновое обтачивание заготовок конических шестерен обычно производится при закреплении заготовки в патроне, а обработка конусов ведется с ручной подачей при помощи верхних салазок суппорта, повернутых на требуемый угол.

При таком способе обтачивания приходится затрачивать много времени на установку и выверку детали, а также на многократное возвратно-поступательное перемещение верхних салазок суппорта.

По методу, предложенному В. К. Семинским (рис. 27), заготовка шестерни 2 крепится между рифленой оправкой 1 и вращающимся центром 3; обтачивание производится специальными резцами 4 и 5. Угол в плане каж-

дого резца должен быть равен заданному углу наклона конуса обрабатываемой им поверхности. Резцы устанавливаются в резцедержателе суппорта станка под прямым углом друг к другу. Обтачивается последовательно сначала правая, а потом — левая сторона заготовки (на рисунке последовательность обтачивания показана заштрихованными слоями снимаемого металла).

Применение в этом случае широких резцов, а также усовершенствованного способа закрепления заготовки

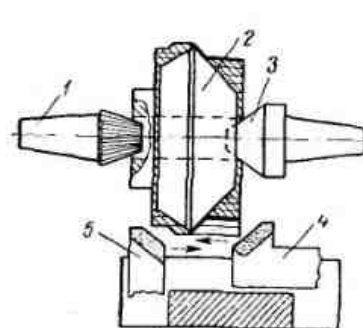


Рис. 27. Схема чернового обтачивания конических поверхностей широкими резцами

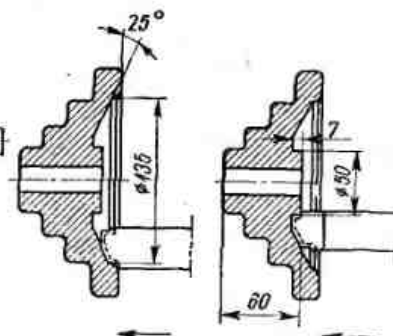


Рис. 28. Схема растачивания внутренних конических поверхностей широким комбинированным резцом

позволило в несколько раз повысить производительность труда по сравнению со старым методом обработки.

На рис. 28 приведена схема обработки внутренней конической поверхности шкива широким комбинированным резцом, предложенным токарем тов. Подвезько.

Обработка конических поверхностей при попернутой верхней части суппорта. Предложения токарей-новаторов по рационализации обработки конических поверхностей с поворотом верхней части суппорта направлены на сокращение вспомогательного времени, затрачиваемого на точную установку суппорта станка.

Обычно при серийной обработке конических поверхностей сравнительно небольших деталей для сокращения вспомогательного времени на перестановку суппорта станка обработку их ведут в несколько установок. При этом для обработки каждой конической поверхности станок настраивается на всю партию деталей один раз. Однако

при рациональном построении процесса можно добиться еще лучших результатов и при концентрированном методе обработки. Так, например, токарь Свердловского завода транспортного машиностроения тов. Яковлев выполняет обработку конических шестерен за одну установку детали, работая по схеме, приведенной на рис. 29.

Он разделяет все переходы на черновые, получистовые и чистовые. При первых переходах тов. Яковлев производит черновое обтачивание всех конических поверхностей,

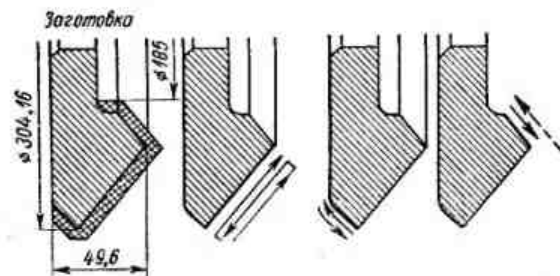


Рис. 29. Схема обработки заготовки конической шестерни по концентрированному методу:
— — — рабочий ход; — — — холостой ход

применяя одновременно два движения резца: продольное механическое и поперечное ручное.

Далее обрабатываются последовательно: главная, вспомогательная и внутренняя конические поверхности с перестановкой в каждом случае верхней части суппорта по лимбу.

Применяя комбинированные резцы, тов. Яковлев в большинстве случаев использует обратные перемещения резца как рабочие и, следовательно, процесс обработки ведется без непроизводительных потерь на холостые перемещения резца.

Такой процесс следует применять в тех случаях, когда время, требуемое на перестановку детали, больше, чем время, затрачиваемое по поворот верхней части суппорта станка.

На рис. 30 приведена последовательность переходов, осуществленная токарем московского завода «Станкоконструкция» тов. Черепановым, для обработки за одну установку простой конической шестерни.

До начала обработки верхняя часть суппорта устанавливается под углом, равным углу уклона конической поверхности заготовки. Обработка шестерни начинается с подрезания торца 1, далее подрезается второй торец 2, затем обтачивается верх шестерни и наносится круговая риска 3, фиксирующая положение основания конуса шестерни. После снятия фаски и обтачивания поверхности по малому диаметру 4 обтачивается конус 5 до ранее нанесенной риски.

Вся обработка шестерни производится одним комбинированным резцом без поворота резцовой головки. Отсчет

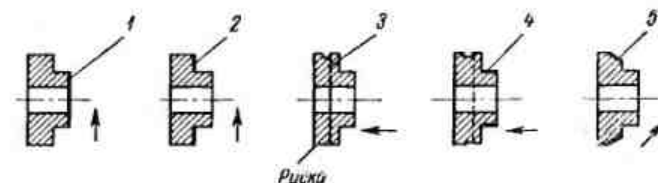


Рис. 30. Последовательность обработки заготовки конической шестерни комбинированным резцом

всех продольных и поперечных перемещений резца осуществляется по лимбам.

Правильность установки (поворота) верхней части суппорта проверяют по делениям на опорном фланце поворотной части, по контрольному конусному валику и индикатору, при помощи угломеров и специальных синусных приспособлений.

Наиболее успешно обработка конусов осуществляется при повернутой верхней части суппорта на станках, располагающих автоматической подачей верхнего суппорта. Иногда для этой цели осуществляют модернизацию станков, снабжая их специальным устройством для осуществления автоматической подачи верхнего суппорта.

Обработка конических поверхностей при смещенной задней бабке. Этот весьма часто применяемый способ обработки конических поверхностей имеет существенный недостаток — интенсивное и неправильное срабатывание центровых углублений на торцах деталей. После обработки конической части точное обтачивание цилиндрических поверхностей детали на таких центровых углублениях уже невозможно.

Для устранения этого недостатка рекомендуется разделять обработку конических поверхностей на черновую и чистовую, которая осуществляется в самом конце операции. Перед чистовым обтачиванием следует произвести подправку неправильно сработанных центровых углублений.

При необходимости получения точных конусов следует использовать вместо обычного специальный шаровой центр. В этом случае неравномерного износа центровых отверстий можно избежать.

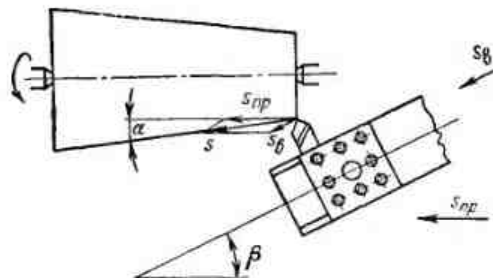


Рис. 31. Схема настройки станка для обработки конической поверхности путем одновременного включения подач продольной и верхних резцовых салазков

Правильность смещения задней бабки контролируют по делениям на линейке, прикрепленной к торцевой части корпуса задней бабки, с помощью лимбов продольной и поперечной подач, по индикатору и эталонной детали.

Обработка конических поверхностей методом одновременного включения продольной подачи и подачи салазков верхнего суппорта. Этот метод наиболее универсальный; он позволяет осуществлять обработку деталей практически любых размеров с наружными и внутренними коническими поверхностями без применения специальной оснастки. При правильной настройке станка метод обеспечивает высокую точность получения конической поверхности. Использование этого метода возможно только на станках, располагающих автоматической подачей верхних резцовых салазков (модели 1660, 1660Г, 163 и др.).

Настройка станка в этом случае осуществляется соответственно схеме, приведенной на рис. 31. В результате

сложения двух движений — продольной подачи суппорта s_{np} и подачи верхних салазков s_v — действительное перемещение суппорта будет осуществляться по вектору s , направление которого составляет с осью центров станка угол α .

Расчет угла поворота верхних салазков суппорта β ведется по формуле

$$\sin \beta = \frac{D-d}{2l} \left(\frac{s_{np}}{s_v} + 1 \right) = \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{s_{np}}{s_v} + 1 \right). \quad (1)$$

Следует отметить, что при обработке конических поверхностей с большими углами уклона приведенная формула дает значительную погрешность. В этих случаях более точные результаты могут быть получены при использовании формулой

$$\sin \beta = \sin \alpha \left(\frac{s_{np}}{s_v} + \sqrt{1 - \frac{s_{np}^2}{s_v^2} \sin^2 \alpha} \right). \quad (2)$$

Обработка конических поверхностей при помощи конусной линейки и специальных копиров. Как уже указывалось, обработка конических поверхностей с углами уклона не выше 10—12° при помощи конусных (копирных) линеек является наиболее прогрессивной и производительной.

Наладка таких линеек, имеющих у большинства современных универсальных токарных станков, очень проста и осуществляется достаточно быстро. При правильной установке линейки размеры конусов получаются точными и без повторных наладок.

Благодаря возможности работы с продольной автоматической подачей, при таком способе обработки может быть достигнута высокая производительность труда.

Этот способ может быть применен и для обработки деталей с большой конусностью, например конических шестерен. Для этой цели токарный станок снабжается специальной конусной линейкой, позволяющей вести обработку при поперечной подаче. Схема настройки токарного станка для обработки конической шестерни с применением копирной линейки приведена на рис. 32. Здесь линейка 3 закреплена на каретке суппорта; верхний суппорт 5 связан с кронштейном 1, палец 2 которого перемещается в пазу 4 линейки 3.

Весьма эффективным оказывается применение *специализированных приспособлений для обработки конических поверхностей*, которыми по инициативе новаторов производства дополнительно оснащаются токарные станки.

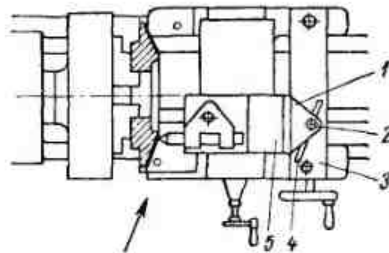


Рис. 32. Схема настройки станка для обработки заготовки конической шестерни с помощью копирной линейки

На рис. 33 показано копировальное приспособление для одновременного обтачивания двухсторонних конусов, предложенное В. К. Семиным. Оно состоит из плиты 8, двух подпружиненных резцедержателей 2, копиродержателя 9 с копиром 6, стойки 7, двух пружин 1 и эксцентрика 10. Приспособление устанавливается на место поворотной части верхних салазок суппорта токарного станка.

При включении механической поперечной подачи приспособление и закрепленные в нем резцы 3 и 4 движутся вместе с верхними салазками суппорта. В это время копи-

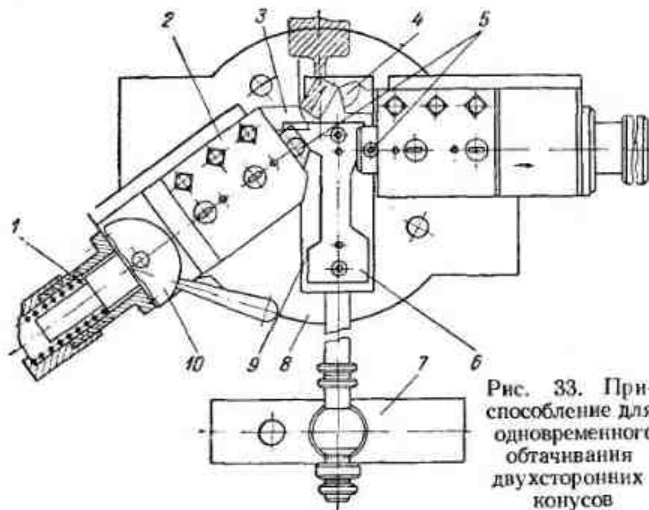


Рис. 33. Приспособление для одновременного обтачивания двухсторонних конусов

При включении механической поперечной подачи приспособление и закрепленные в нем резцы 3 и 4 движутся вместе с верхними салазками суппорта. В это время копи-

родержатель 9 с копиром остаются неподвижны. Сухари 5, закрепленные в подпружиненных резцедержателях, двигаясь вместе с приспособлением, скользят по торцевым поверхностям копира 6 и заставляют резцедержатели с закрепленными в них резцами двигаться параллельно торцевым плоскостям копира и производить одновременную обработку обоих конусных поверхностей шестерни под углами, заданными копиром.

Другое специальное копировальное приспособление, также предложенное В. К. Семиным, используется как для наружного обтачивания, так и для растачивания точных конических поверхностей. При этом обеспечивается быстрая установка копировальной линейки на заданный угол с точностью 1—2', что полностью устраняет необходимость в пробных проходах.

Приспособление (рис. 34) устанавливается на место резцедержателя токарного станка. В корпусе 7 по скользящей посадке 2-го класса точности установлена пиноль 8 с закрепленным в ней сухарем 10; две пружины 6, упирающиеся одним концом в штифт 1, а другим в пробку 5, ввинченную в пиноль 8, создают постоянный контакт между сухарем 10 и копировальной линейкой 12.

При включении продольной подачи суппорт вместе с приспособлением движется в направлении передней бабки станка. Сухарь 10 скользит при этом по копировальной линейке 12, закрепленной на ползуне 4, который, в свою очередь, посредством тяги 13 и гаек 15 наглухо соединен со специальным кронштейном 14, установленным на станине станка со стороны задней бабки. Резец закрепляется в резцедержателе 9, который прикреплен к срезанной плоскости пиноли 8. При скольжении сухаря 10 по копировальной линейке 12 резец будет двигаться параллельно образующей копировальной линейки 12 и протачивать на детали конус под углом, заданным установкой линейки.

Для точной установки копировальной линейки на заданный угол применяют мерные плитки, которые устанавливают между упором 2 и штифтом 3. После установки линейки по плиткам она крепится гайками 11 к ползуну 4, а плитки затем вынимают.

При первоначальной настройке приспособления в патроне токарного станка закрепляют валик и, протачивая его, выверяют линейку 12 до тех пор, пока валик на длине

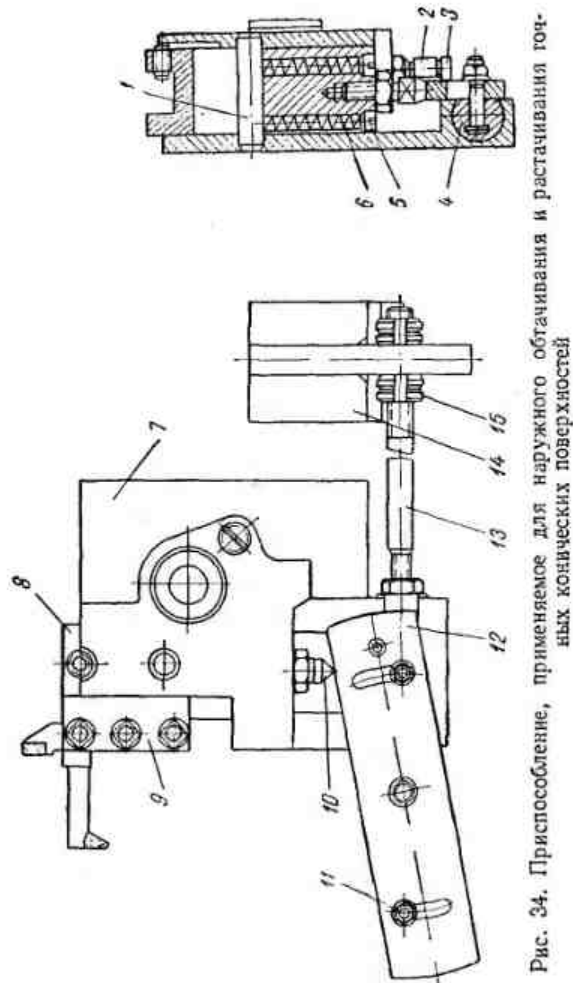


Рис. 34. Приспособление для наружного обрабатывания и растачивания горячих конических поверхностей

100 мм будет иметь отклонение от цилиндричности не более 0,005 мм. Затем регулируют упор 2 так, чтобы между ним и штифтом 3 без зазора помещалась мерная плитка какого-либо размера, например 25 мм. После этого приспособление подготовлено для настройки на заданный угол уклона.

С помощью гидрокопировального суппорта обрабатывают как наружные, так и внутренние конические поверхности. При этом угол уклона конуса в направлении, противоположном продольной подаче (на спаде), не должен превышать 30—45°. В направлении продольной подачи возможна обработка конусов как с большими, так и с малыми углами уклона. Подробно об использовании гидросуппорта см. на стр. 148—158 и 204—206.

Этот способ обеспечивает высокую точность обработки конических поверхностей и большую производительность труда.

4. Обработка фасонных поверхностей

Основные методы обработки фасонных поверхностей.

Краткая характеристика основных методов обработки фасонных поверхностей на токарных станках приведена в табл. 5.

Первый из указанных в табл. 5 способов не имеет практического значения. Он не обеспечивает получения правильного профиля поверхности и крайне непроизводителен.

Свою рационализаторскую деятельность в деле усовершенствования обработки фасонных поверхностей токари-новаторы направляют главным образом на расширение области применения четырех других способов и улучшение конструкции применяемых приспособлений и инструментов.

Применение фасонных резцов. Для обработки фасонных поверхностей небольшой длины токари широко используют фасонные резцы разных типов.

Плоские фасонные резцы (рис. 35, а) обычно применяются для обработки небольших партий деталей; в серийном и крупносерийном производстве применяются призматические (рис. 35, б) и дисковые (рис. 35, в) фасонные резцы, допускающие большое количество переточек без искажения их профиля.

Таблица 5

Основные методы обработки фасонных поверхностей на токарных станках

Метод обработки	Область применения	Основные недостатки и преимущества
Нормальными резцами без копира (с комбинированием продольной и поперечной ручной подачи)	При небольшом количестве обрабатываемых деталей, когда не оправдываются расходы на изготовление фасонного резца или копировального приспособления	Способ малопроизводительный, требует от токаря высокой квалификации и внимательности. Точность обработки невысокая
Фасонными резцами	Обработка фасонных поверхностей вращения небольшой длины (шириной не более 40—50 мм)	Способ весьма производительный. Однако требует изготовления фасонных резцов, что является сложной и трудоемкой работой
Нормальными резцами при помощи приспособлений с круговой подачей или поводковых устройств	Обработка сферических и радиусных поверхностей средних размеров. Сферические поверхности небольших размеров обычно обрабатываются фасонными резцами, а поверхности больших размеров — по копиру	Способ простой и универсальный. Применяется при наличии приспособлений, изготовление которых связано со значительными расходами
Специальными кольцеобразными и подобными им режущими инструментами	Обработка сферических поверхностей	Способ простой, но не универсальный
Нормальными резцами при помощи копирных приспособлений	Обработка различных фасонных поверхностей	Способ весьма производительный, кроме того, он обеспечивает высокое качество поверхностей и точность обработки. При наличии на станке копирного приспособления возникает необходимость лишь в изготовлении копира

Обычно ширина фасонных резцов не превышает 40—60 мм, и лишь в отдельных случаях применяются более широкие плоские резцы (шириной до 150 мм).

Ширина фасонных резцов ограничивается жесткостью обрабатываемой детали; при обработке широким резцом возникает значительное радиальное усилие на деталь, которое при недостаточной ее жесткости может вызвать вибрации и привести к необходимости прекратить обработку.

В табл. 6 приведены данные о наибольшей допустимой ширине фасонных резцов в зависимости от диаметра обра-

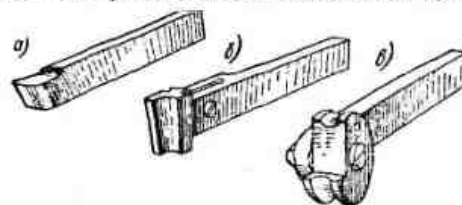


Рис. 35. Фасонные резцы: а — плоский; б — призматический; в — дисковый

батываемой детали (в наиболее опасном сечении) и требуемой точности обработки.

Основные преимущества обработки фасонных поверхностей фасонными резцами состоят в следующем:

- 1) отсутствие необходимости в специальных приспособлениях;
- 2) возможность обтачивания фасонной поверхности любого профиля при использовании одной поперечной подачи;
- 3) большая производительность по сравнению с другими способами обработки фасонных поверхностей;
- 4) отсутствие необходимости в измерениях всех размеров профиля, так как достаточно проверить только один из обрабатываемых диаметров профиля детали.

Повышение производительности труда при работе фасонными резцами может быть достигнуто разделением обработки фасонной поверхности на черновую и чистовую (при этом на чистовую обработку, выполняемую фасонными резцами, оставляются минимальные припуски), а также применением твердосплавных фасонных резцов.

Разделение обработки фасонной поверхности на черновую и чистовую, как показывает опыт, часто способствует

Таблица 6

Наибольшая допустимая ширина фасонных резцов в зависимости от диаметра обрабатываемой детали и точности обработки

Характер обработки (класс точности)	Диаметр детали в опасном сечении в мм			
	До 5	5—10	10—20	Св. 20
	Отношение ширины резца к диаметру детали			
Грубая (5-й)	2,0	2,4	2,8	3,0
Средняя (4-й)	1,8	2,0	2,3	2,5
Точная (3-й)	1,5	1,6	1,8	2,0

существенному повышению производительности труда и расширению области применения фасонных резцов.

Обычно черновая обработка выполняется при высоких режимах резания. На окончательную же обработку, выполняемую наиболее дорогими чистовыми фасонными резцами, оставляется минимальный припуск, благодаря чему значительно повышается стойкость резцов, что дает возможность обрабатывать ими большее количество деталей.

Простая форма черногового фасонного резца облегчает и удешевляет изготовление его, а наличие у него переднего угла $\gamma > 0^\circ$ дает возможность работать таким резцом со скоростью резания и подачи большими, чем это допускается для фасонных резцов.¹

Фасонные резцы, оснащенные твердосплавными пластинками, широко применяются для обработки галтелей и радиусных канавок. Примеры таких резцов приведены на рис. 36.

Галтели и канавки радиусом до 20 мм на стальных деталях, а также галтели и канавки любых радиусов на чугунных деталях обрабатываются всем профилем режущей части резца, радиус закругления которой равен радиусу галтели или канавки. При этом резец подается только в поперечном (радиальном) направлении вручную.

При обработке галтелей радиусом свыше 20 мм на стальных деталях сочетают продольную механическую

¹ Как известно, в целях устранения искажений профиля у фасонных резцов передний угол γ обычно принимается равным 0° . Такая геометрия резца часто затрудняет резание.

подачу с ручной радиальной подачей резца, радиус закругления которого в 1,5—2 раза меньше радиуса галтели.

Галтели радиусом от 30 до 80 мм, имеющие припуск на обработку 3—10 мм, обрабатываются за 2—5 проходов с подачей 0,55—0,85 мм/об.

При обработке деталей из стали с пределом прочности $\sigma_s = 60 \div 90 \text{ кг/мм}^2$ скорость резания принимается равной 45—80 м/мин; обтачивание чугунных деталей с твердостью HB170 ÷ 210 производится со скоростью резания 30—55 м/мин.

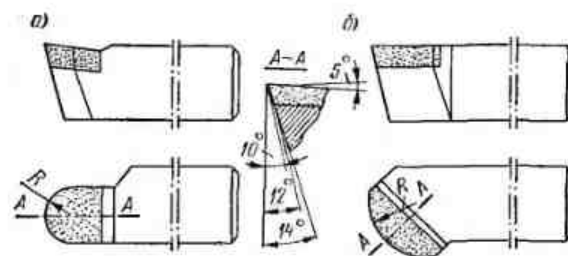


Рис. 36. Твердосплавные резцы для обработки галтелей и радиусных канавок: а — для $R < 20 \text{ мм}$; б — для $R > 20 \text{ мм}$

В ряде случаев новаторы производства применяют и более интенсивные режимы резания. Так, например, токарь завода «Электросила» им. С. М. Кирова тов. Фокин обрабатывал детали на валах крупных электрических машин твердосплавными фасонными резцами со скоростью резания 180 м/мин.

Обработка сферических и радиусных поверхностей при помощи поворотных приспособлений. Обработка средних по размерам сферических и радиусных поверхностей (рис. 37) осуществляется с помощью специальных поворотных и поводковых приспособлений, а также при помощи специальных кольцеобразных режущих инструментов.

Сферические и радиусные поверхности небольших размеров и другие фасонные поверхности таких же размеров могут обрабатываться, как указывалось выше, фасонными резцами. Сферические и радиусные поверхности больших размеров обрабатываются по копирам.

Поворотные приспособления, применяющиеся для обработки сферических поверхностей, разделяются на

стационарные типа поворотных столов и съемные типа специальных резцедержателей и оправок.

Стационарные поворотные приспособления представляют собой специальные или универсальные поворотные столы с перемещающимися по ним в поперечном направлении резцедержателями. Такие столы устанавливаются вместо поперечных суппортов на каретках суппортов или непосредственно на станинах станков.

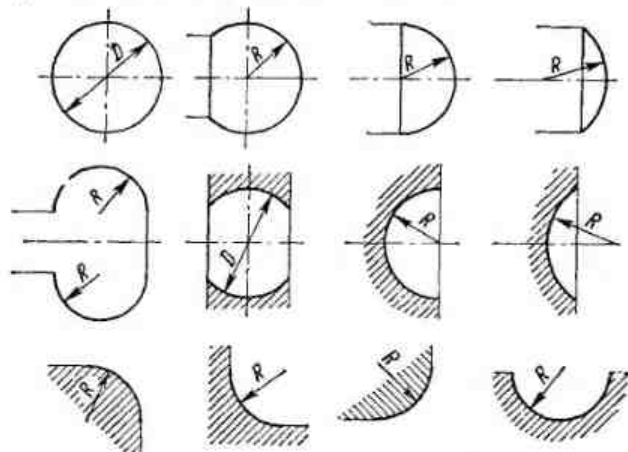


Рис. 37. Основные типы сферических и радиусных поверхностей, обрабатываемых на токарных станках

При вращении такого стола вокруг своей оси вершина резца перемещается по дуге окружности. Величина радиуса этой окружности регулируется перемещением резцедержателя или же вылетом резца.

Круговая подача резца в таких приспособлениях может быть как ручной, так и механической. Для осуществления механической круговой подачи валик червяка круглого стола обычно соединяется ременной передачей с ходовым валиком токарного станка. При установке такого приспособления непосредственно на станине станка вращение столу обычно сообщается при помощи зубчатой рейки, передвигающейся поперек станины и соединенной с механизмом ручной и механической поперечной подачи станка.

В зависимости от положения центра O вращения поворотного стола (рис. 38) по отношению к линии центров

станка (на рис. 38, *а* и *б* это расстояние равно нулю, а на рис. 38, *в* — обозначено буквой K) и к положению вершины резца можно обрабатывать различные сферические поверхности.

В. К. Семинским предложено и внедрено в производство высокопроизводительное приспособление для чистовой обработки сферических поверхностей небольших диаметров, работающее при механической подаче суппорта в продольном направлении.

Основными деталями приспособления (рис. 39) являются: основание 1, устанавливаемое на место снятых верх-

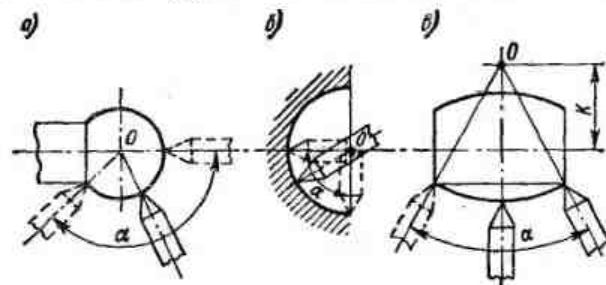


Рис. 38. Схемы образования сферических поверхностей (α — угол поворота вершины резца)

них салазок; головка 4, соединенная с основанием посредством ласточкина хвоста; стол 5, установленный в расточенное отверстие головки 4; упор 3, упорная стойка 2, упор 9, закрепленный на основании 1; рейка 8, пружина 10, шестерня 7 и резцедержатель 11.

Приспособление работает следующим образом. При пуске станка включается продольная подача и суппорт начинает двигаться в направлении к передней бабке; при этом упор 3, двигаясь вместе с приспособлением, установленным на суппорте, встречает на своем пути упорную стойку 2, закрепленную на станине станка, и останавливает продвижение головки 4. Основание 1, продолжая двигаться вместе с суппортом, посредством упора 9 сообщает продольное движение рейке 8, которая пружиной 10 постоянно прижимается к упору 9. Рейка 8, перемещаясь, поворачивает шестерню 7, а вместе с ней и стол 5 с закрепленным на нем резцедержателем 11. При этом резец 12,

закрепленный в резцедержателе, обтачивает сферу по заданному радиусу.

Приспособление должно быть установлено точно по оси станка, что достигается с помощью центра, который вставляется в конусное гнездо стола 5.

Для настройки резца по заданному радиусу служит калибр 6, устанавливаемый так же, как и центр, в конусное гнездо стола.

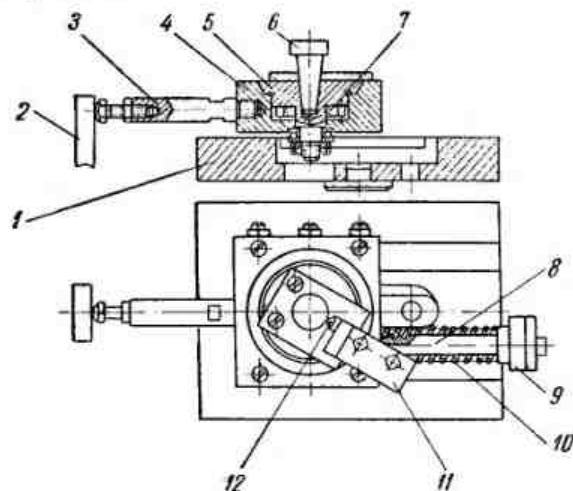


Рис. 39. Приспособление с приводным вращающимся столом для обработки сферических поверхностей

Приспособление обеспечивает высокую производительность при чистовом обтачивании сферических поверхностей. Например, при обтачивании шарового пальца диаметром 30 мм машинное время составляет 8—10 сек.

На рис. 40 показан универсальный суппорт, применяемый для обработки сферических и радиусных поверхностей.

Основание универсального суппорта изготовлено в виде полуколыска 1, в котором выполнена кольцевая направляющая типа «ласточкин хвост». В кольцевой направляющей помещается ползун 2, перемещающийся по кольцевой направляющей червяком 4 с помощью червячной рейки, нарезанной на наружной поверхности ползуна. Плавность хода ползуна регулируется за счет поджатия полуколыска 3.

Универсальный суппорт устанавливается на площадку поперечного суппорта на место поворотной каретки и крепится теми же болтами, что и каретка. Суппорт устанавливается в двух положениях: перпендикулярно оси станка и вдоль оси станка.

Установив суппорт по высоте центров, его затем устанавливают по оси станка в горизонтальной плоскости.

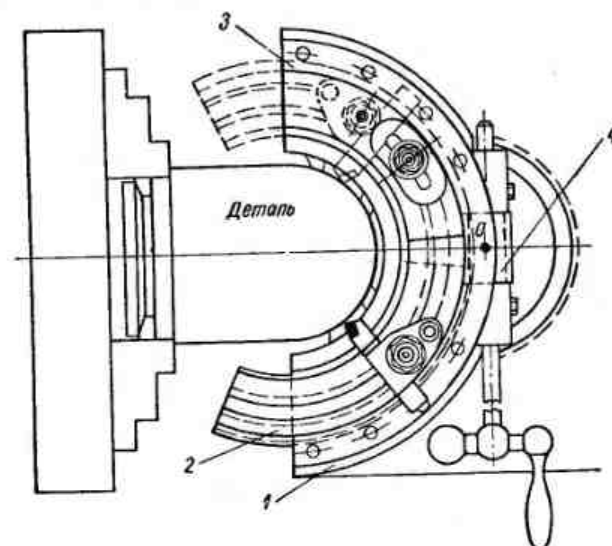


Рис. 40. Универсальный суппорт для обработки сферических и радиусных поверхностей

Установка ведется перемещением поперечного суппорта до требуемого положения, когда ось вращения поворотного стола 0 будет лежать на осевой линии центров станка, после чего суппорт закрепляется фиксирующим устройством. Затем устанавливается резец (на конце ползуна) на определенный радиус и начинается обработка сферической поверхности. При этом подача осуществляется за счет перемещения ползуна, а глубина резания — за счет перемещения продольного суппорта до образования сферы. В этом случае глубина резания, так же как и скорость резания, будет переменной. Имеется два вида подачи:

а) ручная, когда суппорт установлен вдоль оси станка, в этом случае с помощью ручки, насаженной на конец

червяка, ему придается вращение, вследствие чего ползун перемещается по кольцевой направляющей;

б) механическая, когда суппорт устанавливается перпендикулярно к оси станка (этот случай показан на рисунке); в этом случае вместо ручки надевается шестерня, которая через паразитную шестерню получает вращение от шестерни, насаженной на валик, вставленный вместо поперечного винта и получающий вращение от механизма фартука станка.

При помощи универсального суппорта можно выполнять также и другие виды обработки: прорезание, растачивание, подрезание и отрезание. Универсальный суппорт позволяет обрабатывать детали по 3 и 2-му классам точности.

Применение стационарных приспособлений обеспечивает высокую производительность и хорошее качество обработанных поверхностей.

К *съемным поворотным приспособлениям* относятся сложные резцедержатели для обработки небольших радиусных выточек, галтелей и др.

На рис. 41, а показано простейшее приспособление, состоящее из державки 3, в проушине которой расположено червячное колесо 4, сцепляющееся с червяком 6. Червячное колесо вращается на пальце 2, а червяк — в подшипниках 5. Вращая червяк при помощи рукоятки 7, поворачивают червячное колесо и вместе с ним резец 1. При этом растачивается внутренняя сферическая поверхность, радиус которой регулируется величиной вылета резца 1. Приспособление закрепляется в резцедержателе станка за хвостовик 8.

На рис. 41, б приведен общий вид съемного приспособления для растачивания внутренних сферических поверхностей, применяемое на заводах бумагоделательного оборудования.

Приспособление устанавливается в резцедержателе токарного станка за хвостовик корпуса 1. Резец 3 закрепляется в поворотном резцедержателе 2 борштанги.

Для точной установки, что очень важно для получения правильного шара, у резцедержателя сделана специальная площадка а, расположенная на строго определенном расстоянии б от центра вращения резцедержателя борштанги. Учитывая расстояние от оси вращения до площадки а, с помощью измерительных плиток можно точно

установить резец для обработки шаровой поверхности заданного радиуса. Сама борштанга при этом устанавливается так, чтобы ось вращения детали находилась строго на оси вращения поворотного резцедержателя 2.

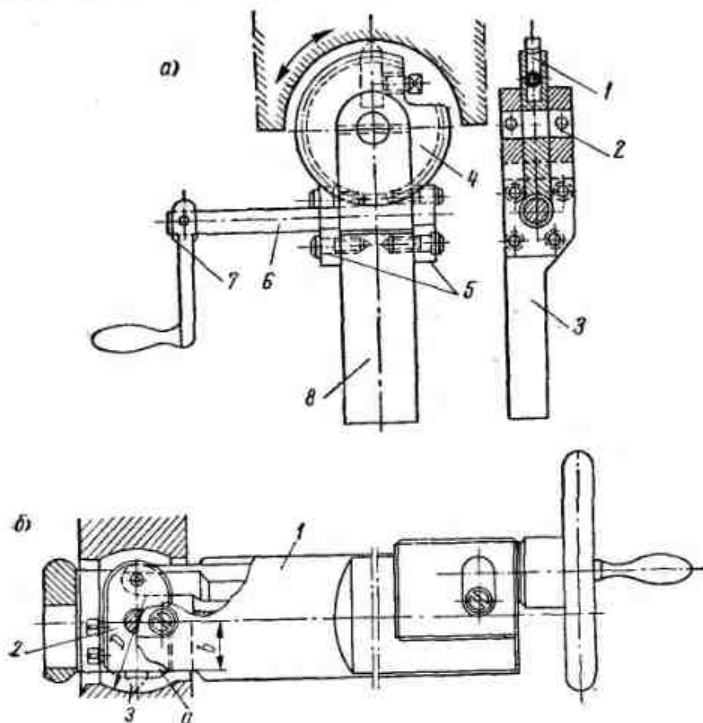


Рис. 41. Съемные поворотные приспособления для обработки радиусных и сферических поверхностей

С помощью подобного приспособления, как показал опыт, можно растачивать сферические поверхности по 3-му классу точности.

Две конструкции съемных поворотных приспособлений, устанавливаемых в центрах и в пиноли задней бабки, приведены на рис. 42.

На рис. 42, а показано приспособление, предложенное тов. Захаровым. Обрабатываемая деталь 1 закрепляется в патроне или на планшайбе токарного станка. В предва-

рительно расточенное цилиндрическое отверстие детали вводится оправка 4, одним концом закрепленная в конусе пиноли задней бабки, а другим — опирающаяся на вращающийся центр передней бабки. Расточной резец 2 устанавливается в державке 3, шарнирно закрепленной в пе-

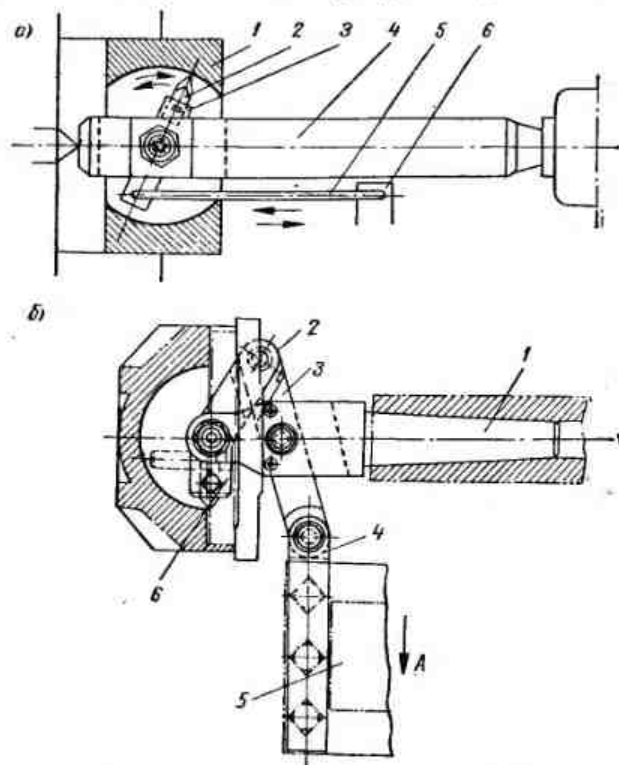


Рис. 42. Съемные поворотные приспособления для обработки внутренних сферических поверхностей

редней части оправки 4. К державке прикреплена тяга 5, связанная с колодкой 6, установленной на суппорте.

При вращении шпинделя станка включают автоматическую продольную подачу суппорта, тяга 5 поворачивает державку 3 с резцом вокруг ее оси, при этом режущая кромка резца перемещается по радиусу, величина которого определяется расстоянием от оси вращения державки

до вершины резца и регулируется установкой резца в державке. Равномерное вращение резца обеспечивает хорошую чистоту внутренней сферической поверхности.

Аналогичное приспособление, применяемое на одном машиностроительном заводе, приведено на рис. 42, б. В отличие от предыдущего приспособления, здесь круговая механическая подача резца сообщается резцу не от механической поперечной подачи станка. Державка 1 устанавливается в пиноли задней бабки. При перемещении

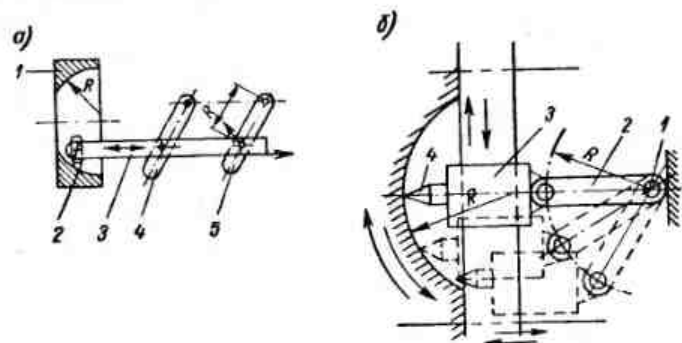


Рис. 43. Простые поводковые (рычажные) приспособления для обработки сферических и радиусных поверхностей

поперечного суппорта 5 в направлении стрелки А рычажная система, состоящая из вилки 4 и тяг 3 и 2, перемещает по радиусу резцедержатель 6 с резцом.

Это приспособление обеспечивает плавный эластичный ход резца; обрабатываемая поверхность получается чистой без рисок и царапин, а размер обрабатываемой поверхности находится в пределах 3-го класса точности.

Для обработки не очень точных сферических поверхностей, описанных значительными радиусами, успешно применяют простые по своей конструкции *поводковые (рычажные) устройства*.

Принципиальные схемы поводковых устройств показаны на рис. 43. Схема поводкового устройства, приведенная на рис. 43, а, представляет собой шарнирный параллелограмм с подвижными звеньями 3, 4 и 5.

Если длина звеньев 4 и 5 равна R , то при повороте их на угол α любая точка звена 3, а следовательно, и резец 2, закрепленный на конце звена 3, будет описывать дугу

с углом α и радиусом R . Соответственно и в детали 1 будет расточена сферическая поверхность радиуса R .

При другой схеме (рис. 43, б) поводок 2 связывает верхнюю часть суппорта 3 с неподвижной осью 1. Расстояние между отверстиями поводка $l = R$.

Если отключить продольную подачу и перемещать только верхнюю часть суппорта, то резец 4 будет растачивать сферу радиуса R .

В обоих случаях криволинейное перемещение режущей кромки производится не вращением резца вокруг оси,

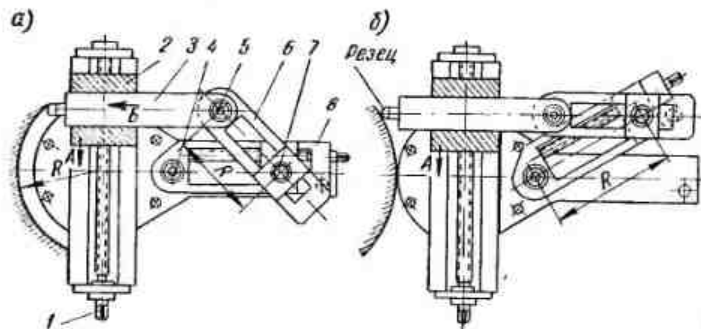


Рис. 44. Универсальное поводковое устройство шарнирно-рычажного типа для обработки сферических и радиусных поверхностей

проходящей через центр кривой, описываемой режущей кромкой, а путем параллельного перемещения резца (см. последовательные положения резца на рис. 43, б). При таком перемещении резец работает разными точками своей режущей кромки, поэтому для обеспечения правильного профиля он должен быть заточен по правильной окружности (с радиусом r). При этом для устранения появившихся искажений вследствие наличия радиуса r закругления вершины резца необходимо увеличивать или уменьшать длину поводка l (на величину радиусов закругления: $l = R \pm r$).

Знак «+» берется при обработке наружных, а знак «-» при обработке внутренних поверхностей.

На рис. 44 приведено универсальное (регулируемое) поводковое устройство шарнирно-рычажного типа. Оно предназначено для токарных станков с высотой центров 200—300 мм и позволяет обрабатывать как вогнутые, так и выпуклые сферические поверхности с различными

радиусами (в пределах определяемых конструкцией приспособления).

Приспособление жестко крепят на месте поворотной части суппорта. Корпус приспособления имеет направляющие, по которым с помощью винта 1 передвигается каретка 2, имеющая квадратное отверстие. В отверстие каретки устанавливается квадратная штанга 3, с закрепленным в ней резцом. Штанга может свободно перемещаться по стрелке Б. Штанга связана с корпусом приспособления шарнирной системой, состоящей из двух направляющих 6 и 8. Расстояние между шарнирами 4, 5 и 7 этой системы может изменяться.

При обработке вогнутой сферической поверхности (рис. 44, а) направляющую 8 с помощью стопора неподвижно закрепляют на корпусе приспособления. При вращении винта 1 каретка передвигается по направляющим корпуса к центру сферической поверхности по стрелке А, а вершина резца описывает дугу, радиус которой равен расстоянию между осями шарниров 5 и 7. Радиус обрабатываемой сферы регулируют перемещением шарнира 7 вдоль направляющей 6.

При обработке выпуклой сферической поверхности (рис. 44, б) направляющую 6 жестко закрепляют в среднем положении и лишают возможности поворота вокруг оси шарнира 5. Направляющую 8 освобождают от стопора и она получает возможность вращаться вокруг оси шарнира 4. При вращении винта 1 каретка приспособления движется к центру сферической поверхности по стрелке А, но квадратная штанга, с закрепленным в ней резцом, будет двигаться не вперед, как при обработке вогнутой сферы, а назад, и вершина резца будет описывать дугу радиусом R , равным расстоянию между осями шарниров 4 и 7.

Приспособление имеет шкалу для установки величины радиуса обрабатываемой сферы.

При обработке наружных и внутренних сферических поверхностей больших радиусов ($R > 100$ мм) без копиров и специальных устройств прибегают к использованию простых поводковых устройств с мерными стержнями (штихмасами). Способ этот принципиально не отличается от описанных выше способов обработки сферических поверхностей при помощи мерных (сменяемых) поводков. Вместо сменного поводка, расстояние между отверстиями

которого равно радиусу обрабатываемых поверхностей, в устройствах рассматриваемого типа применяются мерные остроконечные стержни, длина которых равна заданному значению радиуса.

Специальные кольцообразные режущие инструменты для обработки сферических поверхностей. Обработка сферических поверхностей специальными кольцообразными

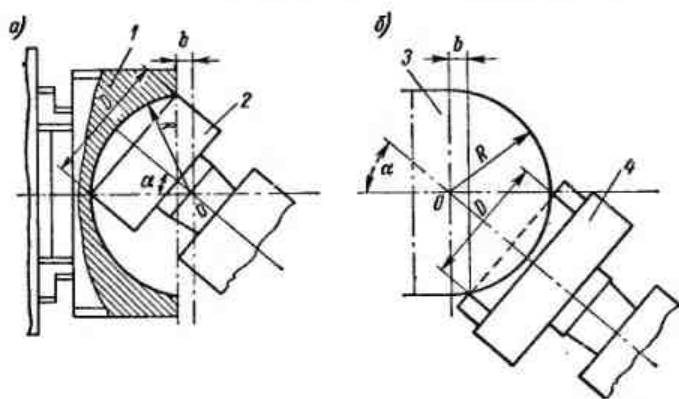


Рис. 45. Схемы образования сферических поверхностей при помощи кольцообразных режущих инструментов (резцовых головок)

режущими инструментами основана на известном положении, что сечение шара плоскостью представляет собой круг. По такому принципу можно обрабатывать как внутренние сферические (шаровые) поверхности, так и наружные. Инструментом для обработки служат специальные резцовые головки.

Схема обработки внутренней сферической поверхности таким инструментом на токарном станке приведена на рис. 45, а. При взаимном вращательном движении резцовой головки 2 и детали 1 происходит формирование шаровой поверхности радиусом R .

Шпиндель резцовой головки устанавливается под углом α , величина которого определяется из построения, приведенного на рисунке,

$$\sin \alpha = \frac{1}{2R} \sqrt{2R(R-b)}; \quad (3)$$

$$D = \sqrt{2R(R-b)}, \quad (4)$$

где R — радиус обрабатываемой поверхности в мм;
 b — расстояние от центра сферы до плоскости разреза в мм;

D — диаметр резцовой головки в мм.

Так, например, при радиусе сферы $R = 60$ мм и $b = 10$ мм угол α и диаметр резцовой головки D будут иметь следующие значения:

$$\sin \alpha = \frac{1}{2 \cdot 60} \sqrt{2 \cdot 60 (60 - 10)} = 0,6455,$$

следовательно,

$$\alpha = 40^\circ 12';$$

$$D = \sqrt{2 \cdot 60 (60 - 10)} = 77,46 \text{ мм.}$$

На рис. 45, б приведена аналогичная схема обработки наружной сферической поверхности 3 кольцообразным инструментом 4.

Для обработки сферических поверхностей на Люберецком заводе им. Ухтомского, по предложению тов. Абрамова, внедрен указанный метод обработки. До внедрения этого метода обтачивание шаров диаметром 60 мм выполнялось токарями 6—7-го разряда по шаблонам на универсальных токарных станках. После внедрения нового метода производительность труда увеличилась в 6—7 раз, а работа стала выполняться токарями 3—5-го разряда.

Для осуществления этого метода обработки шаровых поверхностей необходимо изготовить несложное устройство, сообщаемое вращение резцовой головке. Устройство это монтируется на поперечном суппорте. Оно состоит из шпиндельной бабки с резцовой головкой и электродвигателя, смонтированных на одной плите. Обрабатываемая деталь закрепляется в патроне токарного станка, шпинделю которого сообщается медленное вращение.

Возможна и другая схема установки: резцовая головка крепится на шпинделе станка, а обрабатываемая деталь — в шпиндельной бабке устройства.

Резцовая головка имеет четыре твердосплавных проходных резца с углами в плане $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$. Резцы устанавливаются по калибру, диаметр которого определяется по формуле (4).

В зависимости от размеров и положения обрабатываемой поверхности, резцовая головка устанавливается под углом α , определяемым по формуле (3).

Подача при работе осуществляется поперечным суппортом до упора. Каретка суппорта станка, во избежание перемещений ее во время работы, закрепляется.

Величина применяемой подачи и достигаемая чистота поверхности зависят от скорости вращения и диаметра обрабатываемой детали. При предварительной, грубой обработке сферы детали сообщается большее число оборотов, чем при окончательном чистовом обтачивании.

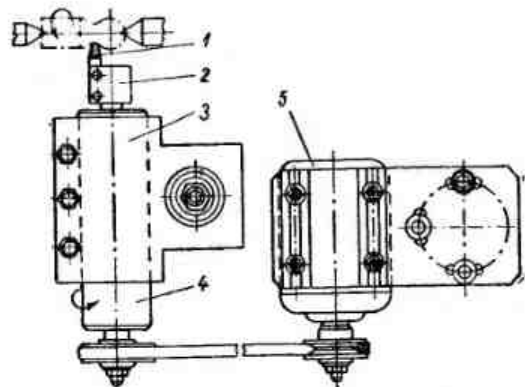


Рис. 46. Приспособление для обработки сферических поверхностей вращающейся односторонней головкой

На рис. 46 показано предложенное и внедренное В. К. Семиным приспособление для обработки сферических поверхностей одним резцом, установленным во вращающейся головке.

Приспособление работает следующим образом. С помощью лимба верхних салазок суппорта станка, повернутых на 90° по направлению движения часовой стрелки, устанавливают необходимую глубину резания. Затем включают электродвигатель 5, приводящий в движение шлифовальный шпиндель 4, вмонтированный в корпус 3, и резцедержатель 2 с резцом 1. Одновременно сообщают вращение детали, сферическая поверхность которой предварительно обработана. Чистовая обработка завершается после того, как деталь сделает немного больше, чем один оборот (обработка ведется при наименьшем из возможных чисел оборотов). Иногда прибегают даже к специальным

мероприятиям, позволяющим понизить нижний предел чисел оборотов на станке.

По аналогичной схеме обработка сферических поверхностей ведется и двухрезцовой вращающейся головкой.

Обработка фасонных поверхностей по копиру. Наиболее производительным и точным способом обработки фасонных поверхностей на токарных станках является обработка их при помощи копирных приспособлений.

Исключения составляют:

1) небольшие по длине фасонные поверхности вращения, обрабатывать которые целесообразно фасонными резцами;

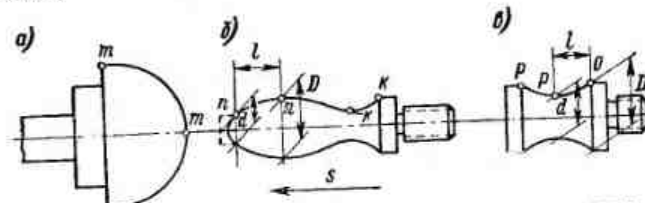


Рис. 47. Примеры деталей с фасонными поверхностями, обрабатываемыми с помощью гидрокпировального суппорта

2) сферические и радиусные поверхности средних размеров, точная и производительная обработка которых возможна при использовании универсальных поворотных приспособлений или других поворотных устройств.

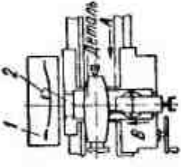
Схемы и характеристики основных типов копирных приспособлений приведены в табл. 7.

Из таблицы следует, что наиболее рациональной является обработка фасонных поверхностей на токарных станках, оборудованных гидросуппортами. В связи с этим ниже приводятся некоторые сведения о практике использования гидросуппортов для этих целей. Данные об устройстве гидросуппорта см. на стр. 148—150.

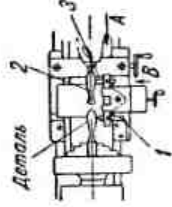
На рис. 47 приведены примеры трех деталей с фасонными поверхностями, обрабатываемыми с помощью гидросуппортов ГС1, ГСП-41, КСТ-1 и УП-240.

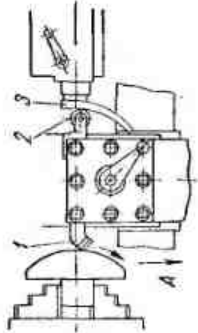
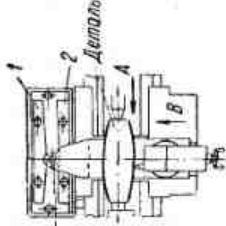
В том случае, когда диаметры обрабатываемой детали в разных сечениях по ее длине возрастают в направлении обтачивания, т. е. к передней бабке, с помощью гидросуппорта могут обрабатываться детали с любым радиусом сферы (участки *mm*, *kn* и *pp* (рис. 47, а, б, в).

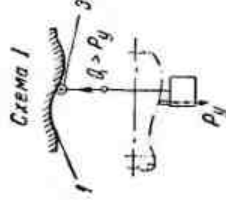
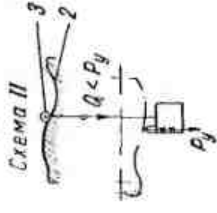
Схемы и характеристики основных типов копирных приспособлений, применяемых на токарных станках

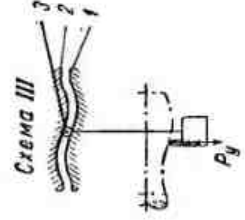
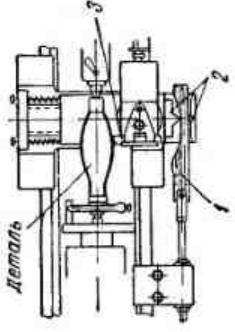
Тип копирного приспособления	Схема	Область применения. Устройство и работа
1. Простейшие копирные приспособления — шаблоны (копир)		В опытном и индивидуальном производстве для обработки фасонных поверхностей сложного профиля Шаблон 1 представляет собой металлический лист с начерченным на нем профилем фасонной поверхности. По контуру шаблона перемещается острый конец чертилки 2. Таким образом, суппорт, с которым связана чертилка, передвигается по той же траектории, что и острый чертилки. В процессе работы острые чертилки должны находиться в постоянном соприкосновении с шаблоном. Работа производится при автоматической подачей (по стрелке А) и ручной поперечной (по стрелке В) подаче. Такой способ обработки требует хорошего навыка и внимания токаря
		Более совершенной является обработка по жесткому копир, по которому перемещается жесткий шуп или ролик. В качестве такого копира может быть использована и одна из деталей обрабатываемой партии (наиболее точно обработанная).

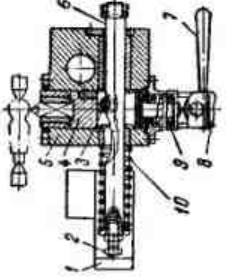
Продолжение табл. 7

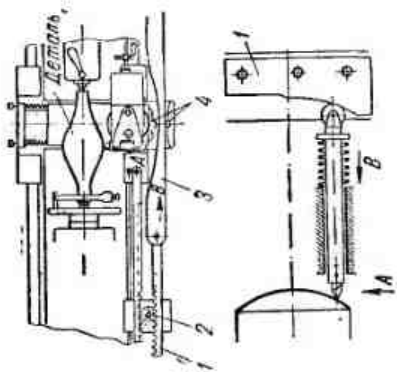
Тип копирного приспособления	Схема	Область применения. Устройство и работа
1. Простейшие копирные приспособления — шаблоны (копир)		При этом способе копир 2 закрепляется в задней бабке; по нему перемещается шуп 3, расположенный в одной державке с резцом 1, который обрабатывает деталь. Совмещая вручную продольную (по стрелке А) и поперечную (по стрелке В) подачи, токарь все время поддерживает шуп в соприкосновении с копиром, и благодаря этому резец 1 воспроизводит на детали поверхность, соответствующую профилю копира. Вершины шупа и резца должны лежать точно на высоте центров и иметь строго одинаковую форму в плане, иначе обработанная поверхность получится с искажениями. Достоинство этого приспособления состоит в том, что оно может быть быстро изготовлено самим токарем без значительных затрат. Недостаток его — необходимость работать ручной подачей, вследствие чего таким устройством можно пользоваться только при небольших партиях деталей
		В простейшем копирном приспособлении, применяемом при автоматической поперечной подаче, копир 3 устанавливается в пинולי задней бабки, а копирный ролик — шуп 2, как и резец 1, закрепляется в резцедержателе. Для обозначения сфери-

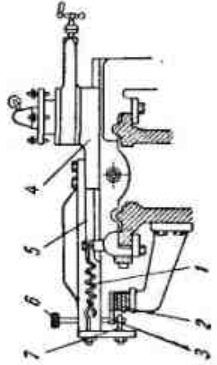
Тип копирного приспособления	Схема	Область применения. Устройство и работа
I. Простейшие копирующие приспособления — шаблоны (копиров)		ческой поверхности на заготовке маховичка достаточно включить поперечную подачу (по стрелке A). Суппорт станка должен при этом иметь возможность свободно перемещаться по направляющим станины станка. Прижимаясь к вогнутой поверхности копира 3, ролик обкатывается по ней и отводит суппорт с резцом так, что режущая кромка последнего копирует путь ролика. Если радиус при вершине реза не равен радиусу ролика, то при проектировании формы копира это учитывается
II. Механические копирующие приспособления		При обработке относительно длинных фасонных поверхностей применяют механические копирующие приспособления с принудительным направлением копирного ролика по профилю копирной линейки. Копирные линейки 1 и 2, связанные со станиной станка, закрепляются на специальном кронштейне (обычно за направляющими). Ролик 3 прижимается к одной из копирных линеек. Расстояние между роликом и резцом остаются постоянными. При выключенном винте поперечных салазок, во время продольной подачи, ролик 3, находящийся в постоянном контакте с копирной линейкой, сообщает резцу дополнительную подачу в поперечном направлении. Возможны три схемы поддержания контакта ролика с копиром.

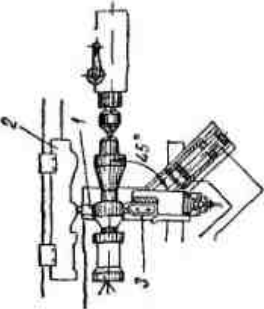
Тип копирного приспособления	Схема	Область применения. Устройство и работа
II. Механические копирующие приспособления	 	Схема I — ролик 3 прижимается к задней копирной линейке 1 с силой $Q > P_y$. Такая схема применима только для операций с небольшой радиальной составляющей силы резания P_y, например для чистового обтачивания деталей из цветных сплавов. Для тяжелых работ эта схема не применяется. Схема II — ролик 3 прижимается к передней копирной линейке 2. В этой схеме радиальная составляющая силы резания P_y прижимает ролик к копирной линейке, а не отталкивает его, как по схеме I. Такая схема является наилучшей для чистовой обработки

Тип копирного приспособления	Схема	Область применения. Устройство и работа
II. Механические копирующие приспособления	 Схема III	Схема III — ролик 3 свободно перемещается между задней 1 и передней 2 копируемыми линейками; такая схема применяется при тяжелых неточных работах. Копирные приспособления с роликом, как показывает опыт, непригодны для обработки точных деталей вследствие наличия неизбежных зазоров между роликом и направляющими линейками. Кроме того, при использовании роликов более или менее значительных диаметров невозможно получить фасонные поверхности с малыми радиусами сопряжений.
III. Копирные приспособления для обработки точных фасонных поверхностей	 Деталь	Для обработки точных фасонных поверхностей используются устанавливаемые спереди станной копирные устройства с ножевым контактом вместо роликового. При продольном перемещении суппорта копир 1 проходит между ножами 2 и сообщает резцу 3 дополнительное поперечное перемещение. Для получения наиболее точных размеров радиус закругления вершины ножа должен быть равным радиусу закругления вершины реза. При различных радиусах закругления реза и ножа в профиль копира вносятся необходимые поправки.

Тип копирного приспособления	Схема	Область применения. Устройство и работа
IV. Копирные приспособления для обработки сложных фасонных поверхностей с малыми радиусами закруглений		В этих случаях применяют приспособления с роликами малого диаметра (до 4 мм). Подобное приспособление предложено В. К. Семинским. Основными деталями этого приспособления являются: корпус 5, пинцет 4, копир 6, ролик 3. Приспособление работает следующим образом. При включении автоматической подачи суппорт станка вместе с приспособлением движется в направлении передней бабки. При этом копир 6, с закрепленным в нем регулировочным винтом 2, встречает на своем пути упор 1 и останавливается. Ролик 3, вращающийся в шариковых подшипниках, начинает при этом скользить по контуру копира 6, вращаясь вокруг своей оси. Одновременно с этим начинается обтачивание контура детали. Вращение ролика облегчает переход его с одной кривой копира на другую, а малый радиус ролика (2 мм) обеспечивает обработку сложных поверхностей с крутыми переходами кривых и малыми радиусами сопряжения в местах переходов. После обтачивания приспособление отводят от детали на 15—20 мм. С помощью рукоятки 7 поворачивают влево эксцентрик 8, который перемещает пинцет 4 в корпусе 5 по направлению к детали, освобождая тем самым копир 6, который с помощью пружины 10 возвращается в исходное положение.

Тип копирующего приспособления	Схема	Область применения. Устройство и работа
V. Копирующие приспособления для обработки фасонных поверхностей с большими углами подъема		При помощи копирующих приспособлений типов II и III обрабатывать фасонные поверхности с углами подъема более 35° невозможно. Поэтому для обработки таких поверхностей применяются так называемые растянутые копирующие линейки, т. е. копирующие линейки, увеличенные по длине в 2 раза. При продольном перемещении суппорта по стрелке A посредством реек 1 и реечной шестерни 2 копирующая линейка 3 перемещается (по стрелке B) навстречу суппорту с ножами 4. Наибольший допустимый угол подъема при применении растянутых копиров составляет 55°. При обрабатывании протяженных торцевых фасонных поверхностей копирующие линейки 1 устанавливаются не вдоль, а поперек направляющих станка. В этом случае основной является автоматическая поперечная подача (по стрелке A), а дополнительное продольное перемещение сообщается резцу от копира (по стрелке B). Угол подъема профиля детали (и копира) в направлении оси станка не должен превышать 55°.

Тип копирующего приспособления	Схема	Область применения. Устройство и работа
VI. Усовершенствованные копирующие приспособления		Одно из приспособлений усовершенствованной конструкции было разработано и внедрено по предложению толяра-новатора В. Н. Трутнева. На нем возможна одновременная установка не одного, а нескольких (не более пяти) копиров. Это дает возможность быстро (в течение 5 мин) перенастроить станок при обработке разных деталей. Приспособление состоит из следующих деталей: натяжной пружины 1, копиров 2, пальца 3, суппорта 4, ползуна 5, винта 6 для установки пальца и поддерживающей планки 7. Пружины сильно прижимают поперечный суппорт пальцем 3 к копирующей линейке, расположенной на станине станка. Суппорт 4 жестко связан с ползуном 5.

Тип копирующего приспособления	Схема	Область применения. Устройство и работа
VII. Гидрокопировальные суппорты		При использовании гидросуппорта обрабатываются детали с фасонными и сферическими поверхностями с диаметрами, возрастающими в направлении от задней бабки к передней бабке токарного станка. Детали с фасонными поверхностями с диаметрами, убывающими в направлении обтачивания, должны иметь угол спада не более 30°—40°. При обработке шуп l скользит по копиру 2, а резец 3 автоматически повторяет все движения шупа 1. На гидроконтролируемом суппорте обрабатываются любые сложные по конфигурации и точные фасонные поверхности. Этот способ обработки фасонных поверхностей является наиболее производительным

Детали же, имеющие сферические поверхности, диаметры которых убывают в направлении обтачивания (участки nn , kk и op), могут быть обработаны с помощью гидросуппорта и копиров обычной конструкции только в том случае, когда разность между наибольшим D и наименьшим d диаметрами данного участка сферической поверхности не превышает длины самого участка l , т. е. когда $D - d \leq l$ (рис. 47, б и в).

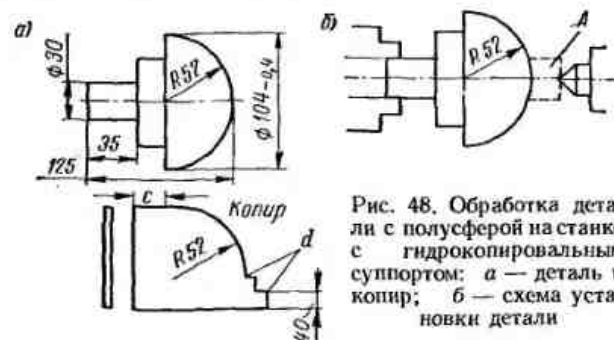


Рис. 48. Обработка детали с полусферой на станке с гидроконтролируемым суппортом: а — деталь и копир; б — схема установки детали

Припуски при обработке сферических поверхностей часто бывают весьма значительными. В таких случаях прибегают к обработке в несколько проходов. Желательно предварительно обточить сферическую поверхность, оставив цилиндрические участки уступами. Припуск на окончательную обработку не должен быть более 3—4 мм.

На рис. 48, а изображена деталь (корпус командо-аппарата) со сферической поверхностью радиусом $R = 52$ мм, которую обрабатывают с помощью гидросуппорта. В качестве копира в этом случае, как и вообще при работе с помощью гидросуппорта, может быть применена деталь, изготовленная обычным способом (с подгонкой по шаблону или фасонным резцом) и принятая за эталон.

В серийном производстве более целесообразно применять специальные копиры. Копиры могут быть круглыми и плоскими. На рис. 48, а внизу изображен плоский копир с участками d , предусмотренными для захода и с участками c — для выхода шупа после окончания обработки сферической поверхности.

Обработка этой детали осуществляется проходным резцом за три прохода. При первых двух проходах деталь

закреплена в кулачках патрона с поджимом центром задней бабки (рис. 48, б). При последнем проходе центр задней бабки отводится, бугель *A* срезается и окончательно обтачивается вся сферическая поверхность радиусом $R = 52_{-0,2}^{+0,2}$ мм.

Обработка полных сферических поверхностей может быть осуществлена с двух установок. При этом требуется зачистить место стыка, получившееся в конце прохода при первой установке и в начале прохода при второй установке.

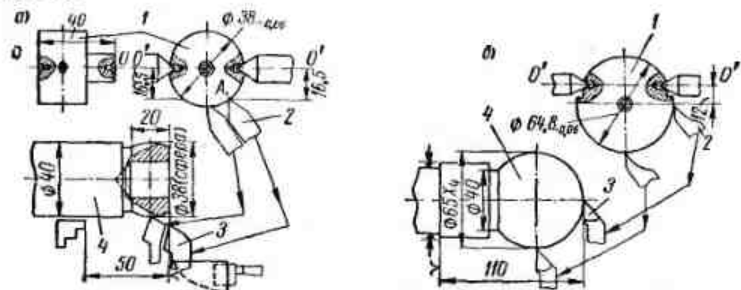


Рис. 49. Обработка сферических поверхностей с помощью цилиндрических копиров

На рис. 49 приведены схемы обработки сферических поверхностей при помощи весьма простых в изготовлении цилиндрических копиров. Копир 1 (рис. 49, а) имеет четыре центровых углубления: по оси OO для изготовления копира, по оси $O'O'$ — для установки в центрах копиродержателя. Копирный палец — щуп 2 — перемещается параллельно оси $O'O'$ на расстоянии 16,5 мм от нее. Касаясь копира в точке *A*, он направляется дальше цилиндрической поверхностью $\varnothing 38$, а связанный с ним резец 3 обтачивает сферическую поверхность на детали 4.

Положения щупа и соответствующие им положения резца указаны на схеме стрелками.

На рис. 49, б показана обработка сферической поверхности 4 с помощью копира 1, имеющего также четыре центровых углубления, но расположенных так, что ось копиродержателя $O'O'$ смещена относительно оси симметрии копира на 12 мм. В этом случае начало слежения совпадает с осью центров копира и благодаря этому становится возможной обработка более полной сферы (см. начальное положение щупа 2 и резца 3).

Нарезание резьбы на различного рода деталях является одной из весьма распространенных и вместе с тем трудоемких технологических операций. Поэтому усовершенствование этой операции является важной задачей в технологии машиностроения.

Известны следующие методы изготовления резьбы:

- 1) нарезание резцами;
- 2) нарезание многолезвийными инструментами (гребенками, плашками, метчиками, резьбовыми фрезами, профильными шлифовальными кругами);
- 3) шлифование предварительно нарезанной резьбы;
- 4) накатывание резьбы.

Каждый из этих методов имеет определенные области применения.

Нарезание резьбы многолезвийными инструментами, как правило, более производительнее, чем резцами. Однако эти инструменты сложны в изготовлении, дороги и требуют тщательного ухода. Они непригодны для обработки материалов повышенной твердости.

Накатывание является одним из наиболее производительных методов изготовления резьбы. В последние годы освоено и получило распространение накатывание не только треугольных, но и трапецидальных резьб с крупным шагом. Разработано и внедрено в производство накатывание точной резьбы (1 и 2-го классов точности) на деталях из углеродистой и легированной сталей. Освоены способы изготовления резьбонакатных роликов методом накатки. Однако накатывание резьб, как правило, требует специального оборудования, в связи с чем этот метод применяется лишь в массовом и крупносерийном производстве и, главным образом, при изготовлении крепежных болтов и деталей арматуры.

Нарезание резьбы посредством шлифования дисковыми и многоиточными кругами является малопродуктивным

ной и дорогой операцией и применяется, в основном, в инструментальном производстве при изготовлении резьбовых калибров и точных метчиков.

Наиболее широко применяется *метод нарезания резьбы резцами на токарных станках*. Это универсальный метод; он почти всегда используется при нарезании резьбы на ответственных деталях.

Практика работы токарей новаторов производства позволяет назвать следующие основные направления, по которым развивается совершенствование операции резьбо-нарезания:

- 1) выбор рационального способа нарезания резьбы;
- 2) выбор рациональных резьбонарезных инструментов и оптимальных режимов резания;
- 3) механизация и автоматизация процесса нарезания резьбы.

5. Рациональные способы нарезания резьбы

Способы формирования профиля треугольной резьбы.

Нарезание треугольной резьбы производится способами, различающимися направлениями перемещения (углубления) резца за каждый проход и числом резцов, участвующих в формировании профиля резьбы.

Наиболее часто прибегают к способу, при котором резец устанавливают перпендикулярно к оси детали. Перед каждым новым проходом резцу дают поперечное перемещение на некоторую глубину. Резьба в этом случае нарезается равномерно обеими режущими кромками.

Такой способ подачи резца применяется для нарезания резьб с шагом меньше 2 мм как на черновых, так и на чистовых проходах; резец подается за каждый проход на глубину $t = 0,05 \div 0,2$ мм.

При нарезании резьб с шагом более 2 мм поперечное перемещение совмещают с небольшими по величине продольными перемещениями в одном направлении (рис. 50, а), или — поочередно вправо и влево продольной подачей (по стрелке В) салазок (рис. 50, б). Резец работает при этом, в основном, только одной режущей кромкой. Углубление резца при последних (чистовых) проходах (рис. 50, в) осуществляется только поперечной подачей (по стрелке А).

Если шаг резьбы больше 2 мм, то нарезание может производиться и резцом, установленным в верхней части

суппорта, повернутой на угол, равный половине угла профиля резьбы (рис. 51). В этом случае подача осуществляется боковым врезанием при перемещении верхней части суппорта под углом к оси детали в направлении,

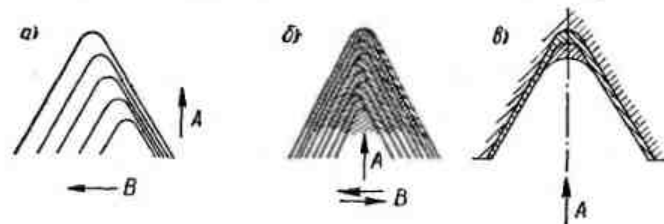


Рис. 50. Схема нарезания треугольной резьбы при перемещении резца в поперечном и продольном направлениях

указанном стрелкой. При такой установке резца резание осуществляется в основном левой режущей кромкой, правая режущая кромка снимает очень тонкую стружку и поэтому незначительно изнашивается.

При последнем проходе углубление резца осуществляется поперечной подачей его (перемещением поперечных салазок суппорта).

Такой способ подачи резца применяют при нарезании резьбы на деталях из легированных и вязких сталей, когда условия образования и схода стружки становятся неблагоприятными. Установка резьбового резца относительно обрабатываемой детали при этом показана на рис. 52.

На рис. 52, а приведено положение прямого резца с прямой главной режущей кромкой, заточенной под углом 30° к его оси. Резец устанавливается в резцедержателе верхних салазок суппорта, повернутых (от исходного положения) на угол, равный половине угла профиля резьбы, и подается на глубину в направлении, показанном стрелкой А.

На рис. 52, б показан правый отогнутый резец, при использовании которым резцедержатель К устанавливается

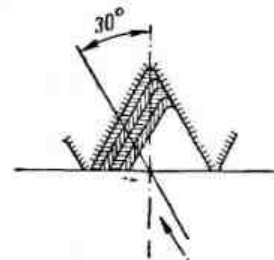


Рис. 51. Схема нарезания треугольной резьбы при подаче резца под углом к радиусу детали

прямо (как при обычном точении) и подается в том же направлении, что и в предыдущем случае (по стрелке А). Преимущество такой установки заключается в том, что резец имеет малый вылет и, следовательно, более высокую жесткость и виброустойчивость.

В случае необходимости повышения точности изготовления резьбы, а также при нарезании резьб с крупным шагом работу выполняют сначала черновым, а затем чистовым резцом. Применение чернового и чистового резцов позволило на одном из заводов повысить производительность резьбонарезания на ряде деталей в пять раз.

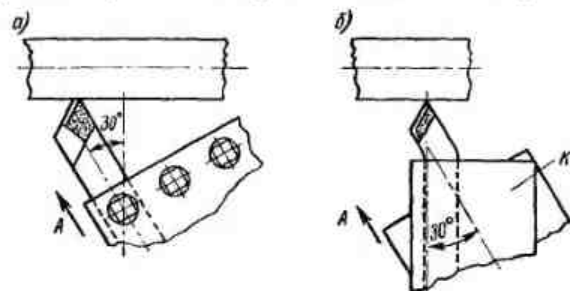


Рис. 52. Нарезание резьбы при подаче резца под углом к оси детали, равным половине угла профиля резьбы: а — схема настройки с поворотом резцедержателя; б — схема настройки без поворота резцедержателя

В некоторых случаях при разделении работы между черновым и чистовым резьбовыми резцами черновое нарезание производят по второму способу (рис. 51 и 52), а чистовое — по первому (рис. 50). Так, в частности, нарезают точные резьбы на большой длине. Разделение на две операции в данном случае необходимо для того, чтобы деталь после предварительного нарезания резьбы успела охладиться. При нарезании резьбы в одну операцию (без перерыва) из-за нагрева детали не обеспечивается необходимая точность шага.

Значительного повышения производительности труда удается добиться в тех случаях, когда вместо одного резца для нарезания резьбы применяют *резьбовые гребенки* или *многорезцовые державки*.

Так, например, при нарезании наружной резьбы с шагом от 1,5 до 3 мм на проход В. К. Семинский применяет

блок из двух резцов. Первый резьбовой резец (рис. 53, а) затачивается под углом 90° ; он снимает предварительный слой, оставляя для второго чистового резца (рис. 53, б)

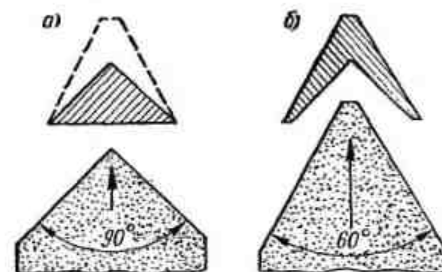


Рис. 53. Схема нарезания резьбы блоком из двух резцов

минимальный припуск. Так, при нарезании резьбы с шагом 2 мм при общей глубине профиля равной 1,2 мм первый резец углубляется на 0,8 мм, а второй — на 0,4 мм.

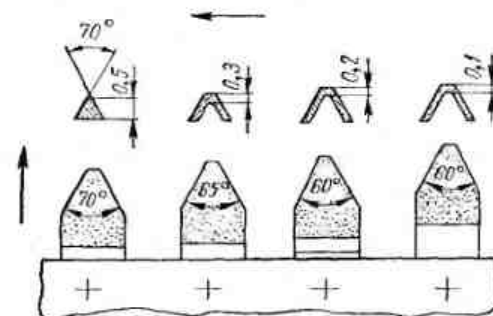


Рис. 54. Схема нарезания резьбы блоком из четырех резцов

Такое распределение работы по формированию резьбы между двумя резцами обеспечивает благоприятные условия резания для обоих резцов.

На рис. 54 приведен другой пример из практики В. К. Семинского — нарезание резьбы (с шагом до 3 мм) за один проход блоком из четырех резцов. Резцы имеют разные по величине углы профиля (на рисунке показаны резцы и схема, иллюстрирующая снимаемые ими слои

металла). Угол профиля первого резьбового резца равен 70° , второго 65° , третьего и четвертого 60° . Первый и второй резцы, обладающие большей жесткостью, снимают основную часть припуска, в то время, как третий и четвертый резцы производят окончательное формирование профиля резьбы, снимая стружки незначительного сечения.

При шаге 2 мм глубина резания для первого резца 0,5 мм, для второго — 0,3 мм и для третьего и четвертого — по 0,2 мм.

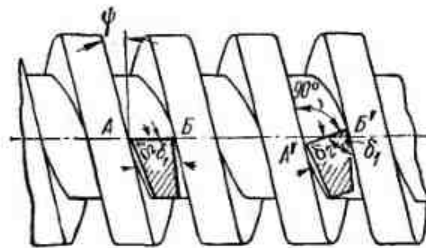


Рис. 55. Установка резца при нарезании прямоугольной резьбы

Следует отметить, что нарезание резьбы многорезцовыми блоками и гребенками всегда связано с некоторым снижением точности резьбовой нарезки. Точные резьбы, как правило, нарезаются с окончательным формированием профиля резьбы одиночным чистовым резцом.

Способы формирования профилей прямоугольной, трапецидальной и модульной резьбы. Нарезание прямоугольной и трапецидальной резьб является более сложной работой в сравнении с нарезанием треугольных резьб. Эти резьбы часто бывают двух- и многозаходными, поэтому угол ψ подъема винтовой линии (рис. 55) у прямоугольных и трапецидальных резьб обычно значительно больше, чем у треугольных, что вызывает известные трудности при заточке и установке резцов.

При нарезании прямоугольных и трапецидальных резьб применяется два способа установки резца.

При первом способе главную режущую кромку резца AB устанавливают параллельно оси детали (на рис. 55, слева). В этом случае профиль нарезаемой резьбы точно совпадает с профилем резца. Однако углы резания у правой и левой боковых кромок оказываются неодинаковыми. Угол резания у правой боковой кромки δ_1 получается тупым, и этой частью резец будет скоблить, а не резать металл. Левая же боковая кромка получается ослабленной, так как угол резания у левой кромки δ_2 значительно

меньше 90° . Такой резец имеет невысокую стойкость и его часто приходится перетачивать.

При установке резца по второму способу (на рис. 55, справа) главную режущую кромку резца $A'B'$ поворачивают на угол подъема винтовой линии, т. е. устанавливают перпендикулярно к винтовой линии (к боковым стенкам резьбы). В этом случае обе боковые режущие кромки режут одинаково хорошо, но профиль нарезаемой резьбы будет отличаться от профиля резца, а дно резьбовой канавки получится не плоским, а вогнутым. Это искаже-

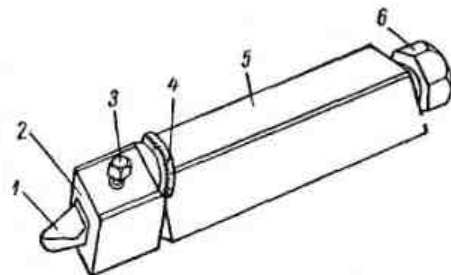


Рис. 56. Державка, позволяющая поворачивать резьбовой резец на требуемый угол подъема винтовой линии

ние будет тем большим, чем больше угол подъема винтовой линии. И если при однозаходных винтах, когда угол $\psi \leq 25^\circ$, величина искажения сравнительно небольшая, то при нарезании многозаходных резьб, когда $\psi > 40^\circ$, искажение профиля нарезки получается весьма значительным.

Поэтому наиболее распространено сочетание двух рассмотренных способов: предварительное прорезание канавки — по второму способу, а чистовое нарезание — по первому способу.

Установка резца с наклоном его главной режущей кромки на угол подъема винтовой линии (способ второй) представляет некоторые трудности. В связи с этим обычно прибегают к установке резьбового резца в державке, которая позволяет поворачивать его на требуемый угол.

На рис. 56 изображена одна из державок такой конструкции, применяемая токарем завода «Уралэлектростроитель» Л. Ф. Мехонцевым. Державка состоит из кор-

пуса 5, поворотной части 2 и гайки 6. Резец 1 вставляется в поворотную часть 2 и закрепляется в ней болтом 3. Хвостовик поворотной части 2 проходит через отверстие в корпусе 5 и своим резьбовым концом ввинчивается во внутреннюю резьбу гайки 6. Гайка 6, кроме внутренней нарезки, имеет наружную, которой она ввинчивается в корпус державки. Обе резьбовые нарезки гайки имеют разные шаги (шаг внутренней резьбы — 2,5 мм, на-

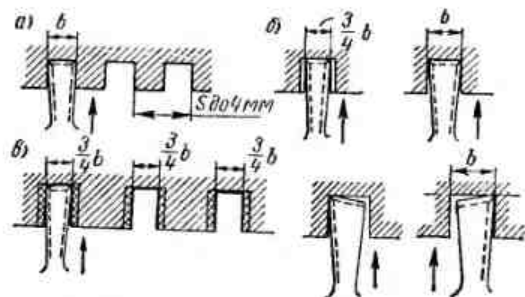


Рис. 57. Схемы нарезания прямоугольной резьбы

ружной — 1,5 мм). Такое устройство предотвращает ослабление резьбового соединения державки при вибрационной нагрузке.

Установка поворотной части на необходимый угол производится по лимбу 4, после чего поворотная часть фиксируется при помощи гайки 6.

В зависимости от типа, размеров и точности резьбы применяется та или иная технология формирования ее профиля.

Нарезание прямоугольной резьбы. Мелкие прямоугольные резьбы с шагом до 4 мм нарезаются одним резцом с поперечной режущей кромкой, равной ширине b канавки резьбы (рис. 57, а).

Обычные резьбы с шагом больше 4 мм, а также точные резьбы сначала прорезаются прорезным резцом, ширина которого равна $3/4$ ширины канавки b (рис. 57, б и в), а затем окончательно — мерным резцом (рис. 57, г).

При необходимости нарезать особо точную и чистую резьбу после предварительного прорезания канавки шириной $3/4 b$ подрезным правым и левым резцами зачищается поочередно каждая боковая поверхность резьбовой

канавки (рис. 57, в). Этот способ дает хорошие результаты, однако требует большей квалификации токаря и большей затраты времени.

Нарезание трапецеидальных и модульных резьб. Резьбы с шагом до 4 мм (модуль

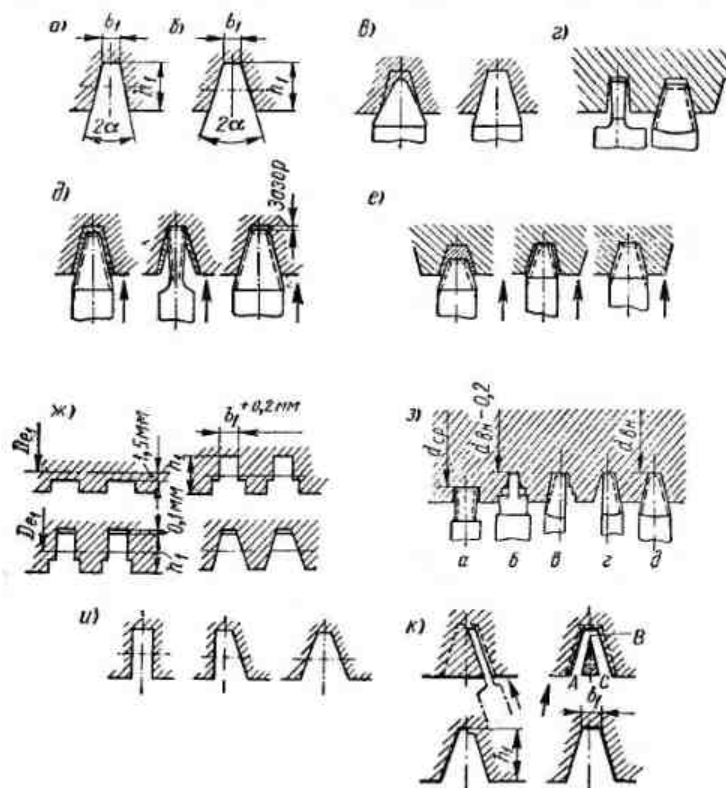


Рис. 58. Схемы нарезания трапецеидальных и модульных резьб

до 1,5 мм) нарезаются одним резцом с поперечной режущей кромкой b_1 , равной ширине канавки резьбы.

Точные резьбы таких же размеров, как правило, нарезаются двумя резцами: черновым с углом профиля несколько меньшим, чем 2α (рис. 58, а), и чистовым с углом профиля, равным 2α (рис. 58, б). Дно резьбовой канавки в этом случае окончательно формируется черновым рез-

цом, и таким образом условия работы чистового резца облегчаются.

Резьбы с шагом от 4 до 12 мм (модуль от 1,5 до 4 мм) нарезаются двумя или тремя резцами. Первым резцом прорезается канавка не на полную глубину, а вторым (чистовым) она формируется окончательно (рис. 58, в). По второй схеме (рис. 58, г) — первым (прорезным) резцом прорезается канавка на полную глубину резьбы, а вторым (чистовым) она формируется окончательно. Эти схемы наиболее просты и используются преимущественно в условиях единичного производства.

В серийном производстве обычно применяют три резца: первые два для предварительного и третий — для окончательного нарезания. При этом возможны разные схемы обработки:

1-я схема (рис. 58, д). В этом случае первым резцом (профильным) предварительно прорезается резьбовая канавка примерно на 85% ее окончательной глубины, затем вторым резцом (прорезным) — дно канавки прорезается окончательно и, наконец, третьим (профильным) резцом зачищаются боковые стороны.

Иногда вместо первого (профильного) резца используется широкий прорезной резец, которым производится предварительное прорезание канавки на глубину, соответствующую середине профиля резьбы. Дальнейшая обработка ведется так же, как и в предыдущем случае.

2-я схема (рис. 58, е). В данном случае профильным резцом с поперечной кромкой более широкой, чем ширина канавки резьбы, прорезается впадина примерно на 70% ее окончательной глубины, затем вторым профильным резцом, поперечная кромка которого уже ширины впадины примерно на 1 мм, впадина углубляется на величину несколько больше заданной (примерно на 0,1 мм) и, наконец, третьим — мерным профильным резцом — окончательно зачищаются боковые стороны.

Этот способ предотвращает появление вибраций при окончательных проходах и поэтому его часто применяют при нарезании резьбы твердосплавными резцами на больших скоростях.

Точные резьбы нарезаются не только по 1 и 2-й схемам, но четырьмя (рис. 58, ж) и даже пятью резцами (рис. 58, з).

При работе четырьмя резцами (рис. 58, ж) первым резцом прорезается впадина на глубину меньшую (на

1,5 мм), чем середина профиля. Вторым прорезным резцом, поперечное лезвие которого шире, чем ширина канавки b_1 на 0,2 мм, прорезается канавка на полную глубину; третьим прорезным резцом зачищается дно впадины h_1 , при этом оно углубляется на 0,1 мм по отношению к заданной величине. Четвертый резец — профильный; им зачищаются боковые стороны впадины. Закрепляется этот резец в пружинной державке.

При работе пятью резцами (рис. 58, з) первый резец a производит предварительное нарезание резьбы, второй b — прорезание канавки ступенчатой формы, третий $в$ и четвер-

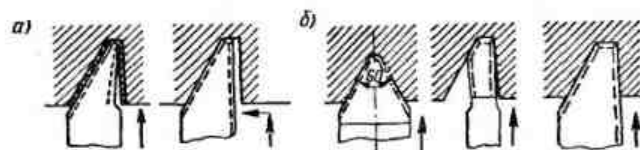


Рис. 59. Схемы нарезания упорных резьб

тый $г$ — профилирование соответственно одной и второй сторон витка; пятый $д$ — калибрование всего профиля.

Крупные резьбы с шагом от 10 до 60 мм (модуль от 4 до 20 мм) нарезаются тремя резцами, первый из которых прорезной, а второй и третий — правый и левый односторонние резцы с прямолинейной режущей кромкой (рис. 58, и).

Особо крупные резьбы с модулем более 20 мм нарезаются после предварительного вырезания из заготовки спирали сечением ABC (рис. 58, к). Спираль вырезается сначала одним прорезным резцом, а затем — другим. После этого отводится задняя бабка и спираль свинчивается с заготовки.

Формирование сторон профиля производится сначала с одной стороны правым односторонним резцом, а затем со второй стороны — левым резцом.

Н а р е з а н и е у п о р н о й р е з ь б ы. Резьбы средних размеров нарезаются двумя резцами (рис. 59, а). После предварительного прохода на окончательный остается 0,04—0,06 мм. Второй профильный резец вначале работает с радиальной подачей и формирует сторону канавки, расположенную перпендикулярно к оси винта. Затем при осевой подаче этим резцом окончательно обра-

бываются дно и наклонная боковая сторона резьбовой канавки.

Резьбы крупных размеров нарезаются тремя резцами (рис. 59, б). Первый резец с углом при вершине 60° предварительно прорезает канавку, второй резец, имеющий неполный профиль, заканчивает формирование канавки, а третий мерный (профильный) резец — при радиальной подаче окончательно зачищает канавку.

Для нарезания прямоугольных трапецидальных и модульных резьб весьма эффективным оказывается при-

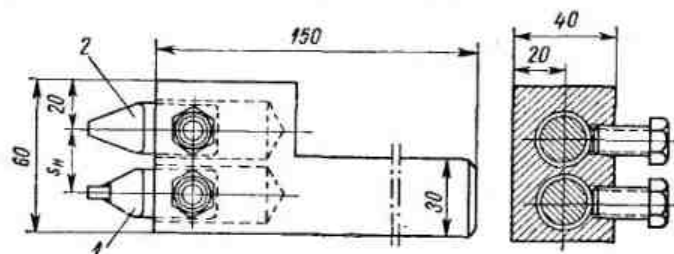


Рис. 60. Двухрезцовая державка для нарезания трапецидальной резьбы

менение многорезцовых блоков. Так, например, известный токар-новатор Г. С. Нежевенко при нарезании однозаходных червяков применяет державку с двумя быстро-режущими резцами (прорезным 1 и профильным 2), установленными друг от друга на расстоянии, равном шагу нарезаемой резьбы s_n (рис. 60).

Оба резца работают одновременно: первый — прорезает канавку; второй — образует заданный профиль.

За счет применения таких державок Г. С. Нежевенко повысил производительность труда в 2—4 раза. Так, например, он нарезает за рабочую смену 20 червяков длиной 120 мм, диаметром 120 мм, с шагом 31,4 мм. До применения указанной державки Нежевенко удавалось нарезать не более 9 червяков.

Значительного повышения производительности труда при нарезании внутренних резьб добился и В. К. Семинский, применяющий сконструированное им приспособление для нарезания резьбы в гайках блоком из нескольких резцов.

Блок резцов закреплен в резцедержателе, который установлен на верхних салазках суппорта, повернутых на 90° по сравнению с обычным их положением. В блоке установлены расточной резец, который растачивает отверстие и снимает фаски, и четыре резьбовых резца.

Опорные поверхности резьбовых резцов шлифованы, а их режущие грани образуют различные углы при вершине: у первого резца 70° , у второго — 65° и у третьего и четвертого резцов 60° . Такая заточка обеспечивает повышенную прочность черновых резцов (первый и второй).

Установка резцов в блоке на глубину резания осуществляется с помощью специального индикаторного устройства. При этом для нарезания резьбы с шагом, например, 2 мм, первый резец устанавливается на нулевое положение индикатора, второй — выдвигается на 0,3 мм, третий — на 0,5 мм и четвертый — на 0,6 мм по отношению к первому резцу.

Вследствие сравнительно небольшой нагрузки на четвертый резец он дольше других сохраняет свой профиль. Нарезание резьбы осуществляется за один проход.

Методы нарезания резьб. Помимо рассмотренных выше мероприятий, связанных с выбором метода формообразования профиля резьбы, токар-новаторы прибегают и к другим мероприятиям, позволяющим усовершенствовать технологический процесс изготовления деталей.

В ряде случаев оказывается целесообразным *нарезание резьбы одновременно на нескольких деталях (множественная обработка)*. Так, например, усовершенствовал процесс изготовления червяков Г. С. Нежевенко. Червяки изготавливались из штучных заготовок; после полной токарной обработки на оправке производилось нарезание трапецидальной резьбы на каждом червяке. Чистота поверхности после чистовых проходов быстрорежущим резцом не удовлетворяла требованиям чертежа, и это вызывало необходимость трудоемкой операции шлифования резьбы. Общее время обработки детали составляло 220 мин.

По предложению Г. С. Нежевенко технология обработки червяков была коренным образом изменена. Прежде всего использовали новую заготовку длиной 750 мм, из которой получали 11 червяков. Был принят следующий технологический процесс:

1) отрезание заготовки длиной $l = 750$ мм;

2) обтачивание заготовки поверху, нарезание трапецидальной резьбы на всей ее длине и надрезание до диаметра 38 мм;

3) сверление отверстия диаметром 38,5 мм на всю длину заготовки; при этом отдельные червяки остаются на сверле;

4) окончательное растачивание и развертывание отверстия диаметром 40А мм и подрезание торца в сырых кулачках.

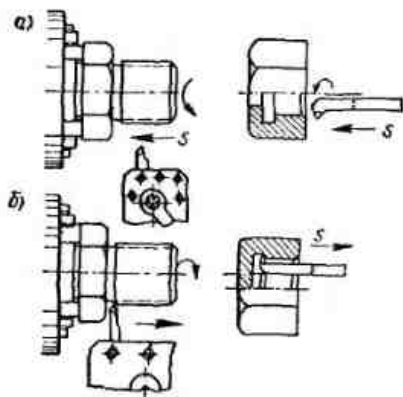


Рис. 61. Нарезание наружной и внутренней резьбы в упор правыми и левыми резцами

необходимость в трудоемкой операции — шлифовании резьбы. Штучное время обработки одной детали по новому технологическому процессу уменьшалось до 31 мин.

Многие токари стремятся усовершенствовать операцию *нарезания резьбы в упор*. При выполнении этой операции даже с заведомо малой скоростью продольного перемещения суппорта не всегда удается избежать ударов и поломок резца. В целях повышения безопасности работы в этих случаях часто прибегают к нарезанию резьбы левыми резцами. На рис. 61, а изображены схемы нарезания наружной и внутренней резьбы в упор обычными правыми резцами, а на рис. 61, б — левыми резцами при измененных направлениях вращения шпинделя и перемещения суппорта.

Так как в начале нарезания резец вводится в канавку, а затем перемещается направо, не встречая на пути выступающих частей детали, то оказывается возможным рабо-

Нарезание резьбы на длинной заготовке позволило Г. С. Неженко значительно сократить затраты вспомогательного времени (установка детали, пуск станка, переключение с прямого хода на обратный, отвод резца от детали и т. п.). Применение твердосплавных резцов, работающих при высокой скорости резания, содействовало повышению чистоты поверхности резьбы. Таким образом, отпала не-

тать твердосплавными резцами с высокими скоростями резания.

При нарезании резьбы в упор применяют и специальные приспособления, позволяющие почти мгновенно остановить перемещение суппорта с резцом. На рис. 62 приведено такое приспособление конструкции В. К. Семинского.

Приспособление предназначено для нарезания наружной и внутренней резьбы в упор. Настраивают его следую-

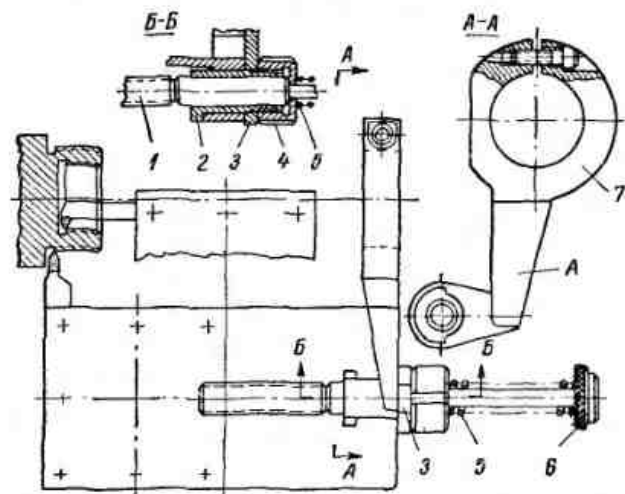


Рис. 62. Приспособление для нарезания резьбы в упор

щим образом: оставляя верхние салазки суппорта станка в обычном положении, вынимают винт верхних салазок и на его место монтируют узел, состоящий из винта 1, втулки 2, упорной планки 3, гайки 4 и пружины 5. На пиноли задней бабки закрепляется кольцо-хомут 7. Перед началом работы резьбовой резец подводится вплотную к торцу обрабатываемой детали. Затем, поворачивая пиноль задней бабки, подводят кольцо-хомут 7 до упора его лапки А в планку 3.

После этого отводят резец в исходное положение и начинают нарезать резьбу. В процессе работы можно не смотреть на нарезаемую деталь, достаточно лишь следить за пружиной 5. Как только упорная планка 3 подойдет к кольцу 7 и пружина 5 начнет сжиматься, надо отвести резец от детали и включить обратный ход шпинделя.

Применение этого приспособления позволяет нарезать нечетные резьбы с шагом 1,75; 2,25; 2,75 мм и т. п. при очень высоких скоростях резания ($n = 800—1200$ об/мин).

Маховичок 6 служит для точной установки верхних салазок суппорта в требуемом положении. Надобность в этом возникает после переточки резца, затупившегося в тот момент, когда нарезание резьбы еще не закончено.

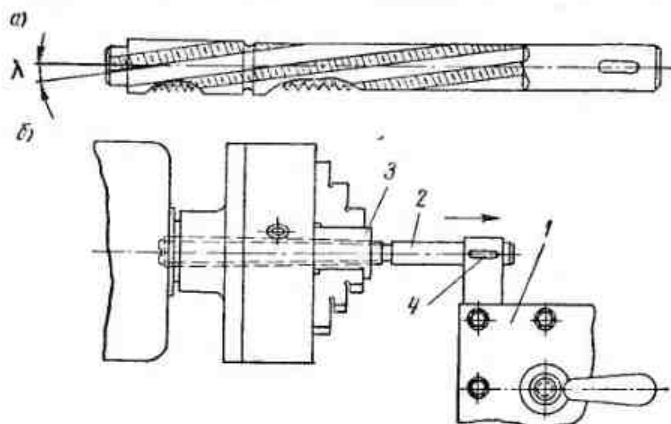


Рис. 63. Метчик-протяжка (а) и схема нарезания внутренней трапецеидальной резьбы метчиком-протяжкой (б)

В практике новаторов производства находят применение и принципиально новые методы нарезания резьб, существенно отличающиеся от известных методов.

Известным токарем-новатором московского завода «Знамя труда» Б. Ф. Даниловым для нарезания внутренней резьбы любого профиля, числа заходов и шага при большой длине нарезки предложен новый тип метчика — метчик-протяжка (рис. 63, а). Новый инструмент представляет собой метчик, у которого хвостовик находится впереди режущей части. Принцип работы этого инструмента показан на рис. 63, б.

В резцедержатель суппорта 1 зажимают державку, имеющую отверстие, соответствующее хвостовику метчика-протяжки 2. Деталь 3 отверстием, расточенным по внутреннему диаметру, надевается на хвостовик метчика-протяжки, который затем вставляют в отверстие державки и крепят клином 4. Далее, движением продольного суп-

порта, метчик-протяжку с надетой на него деталью вводят в раскрытые кулачки патрона и закрепляют деталь в кулачках. Станок настраивают на нарезание резьбы с шагом, равным ходу резьбы детали, если резьба многозаходная, или — шагу резьбы, если резьба однозаходная. Затем включают обратное вращение шпинделя, если резьба правая, или же — прямое, если резьба левая. Метчик-протяжка проходит сквозь деталь и за один проход нарезает резьбу заданного размера и профиля.

Метчик-протяжку можно использовать на любом универсальном токарном станке, имеющем минимально 18—40 об/мин с тем, чтобы скорость резания не превышала 2—3 м/мин.

С каждым оборотом метчик-протяжка снимает в детали средней длины слой металла глубиной до 0,14 мм при обработке стали, до 0,40 мм при обработке чугуна и до 0,48 мм при обработке латуни и бронзы.

Зубья метчика-протяжки, имея постепенное нарастание размера среднего диаметра, последовательно виток за витком зачищают стороны резьбы и резьба получается чистой и точной по профилю.

На метчиках-протяжках продольные канавки делают спиральными, что по сравнению с прямыми канавками облегчает процесс резания и одновременно увеличивает стойкость инструмента против поломок. Угол подъема спиральной канавки выбирают соответственно углу подъема винтовой линии резьбы и ее направлению.

Для правой резьбы направление спирали канавок принимают левое, а для левой резьбы — правое.

Точные резьбы с высокой производительностью успешно нарезают вращающимися резьбовыми резцами (метод вихревого нарезания резьбы). В этом случае необходимо применение специального устройства (вращающейся резцовой головки), устанавливаемого на суппорте станка. Подробные сведения об этом методе имеются в специальной литературе.

Нарезание многозаходных резьб. При нарезании многозаходных резьб возникает необходимость деления заготовки с тем, чтобы было обеспечено равное расстояние витков друг от друга.

Необходимо, чтобы деление было выполнено точно и с наименьшей затратой времени. Решение этой задачи осуществляется различными путями.

На станках старой конструкции деление осуществлялось с помощью гитары сменных колес.

В ряде новых моделей станков предусмотрено специальное делительное устройство, позволяющее точно и быстро осуществлять деление.

Удобными для этой цели оказываются *специальные поводковые патроны с фиксатором*. Несколько менее производительны — *универсальные делительные поводковые патроны*.

Для нарезания наружной трапецеидальной двухзаход-

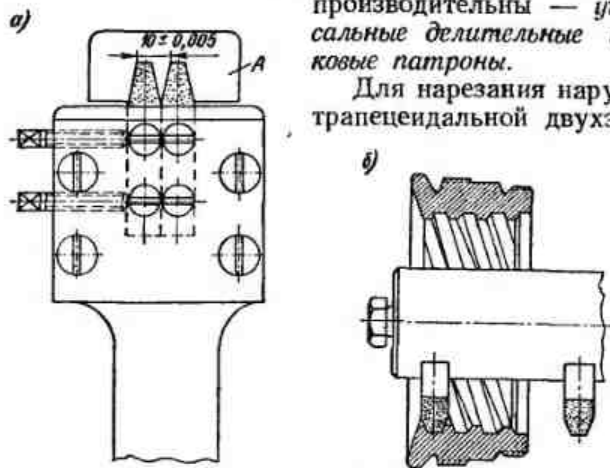


Рис. 64. Двухрезцовая державка (а) и борштанга (б) для нарезания двухзаходных резьб

ной резьбы токарь-новатор Горьковского завода фрезерных станков Н. Г. Смирнов применил специальный резцедержатель (рис. 64, а), в который два резца устанавливаются по специальному шаблону А. Расстояние между резцами равно шагу. Оба резца нарезают одновременно две канавки.

По предложению Н. Г. Смирнова были изготовлены два таких резцедержателя. Одним из них он пользовался при прямом ходе, а вторым, установленным на задней части салазок суппорта, — при обратном ходе. В результате применения этих мероприятий ему удалось в пять раз перевыполнить установленную норму.

На рис. 64, б изображена двухрезцовая борштанга, предназначенная для нарезания двухзаходной внутренней резьбы.

Наиболее производительным методом деления заготовки на заходы является метод *деления при помощи переключения гайки ходового винта*, разработанный К. В. Лакуром.¹

Высокая точность деления может быть обеспечена при использовании способа *перемещения верхнего суппорта*, разработанного новатором Н. Г. Смирновым.

При нарезании точных многозаходных резьб он пользуется мерными плитками, размеры которых отличаются

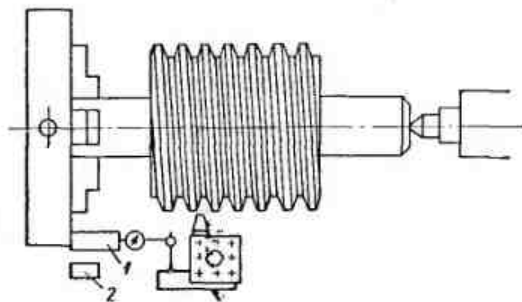


Рис. 65. Схема настройки для деления при нарезании двухзаходных червяков

на величину шага резьбовой нарезки. Для обеспечения при этом одинаковой степени нажатия суппорта на плитки используется индикатор, стойка которого зажата в резцедержателе (рис. 65). После того как выполнен один заход и станок остановлен, токарь, перемещая верхние салазки, подводит штифт индикатора до соприкосновения с мерной плиткой 1, упирающейся в торец планшайбы. Затем на место плитки 1 ставится плитка 2, размер которой отличается от размера предыдущей плитки ровно на величину шага. После этого верхний суппорт перемещается до соприкосновения индикатора с плиткой 2. Показания индикатора при соприкосновении с первой и второй плитками должны быть одинаковыми.

¹ Подробно об этом методе см. В. А. Блюмберг и К. В. Лакур. Нарезание резьбы на токарных станках. Библиотечка токарного новатора. Вып. 6, Изд. второе, М.—Л., Машгиз, 1957.

6. Механизация и автоматизация процесса нарезания резьбы

Применение твердосплавных резьбовых резцов позволяет значительно повысить скорости резьбонарезания. Это приводит к тому, что заметно уменьшается удельное значение затрат машинного (основного) времени в общем (штучном) времени обработки детали и, следовательно, возрастает доля вспомогательного времени. Естественно, что с увеличением объема ручных работ растет и физическая утомляемость токаря, а это, в свою очередь, отражается на производительности его труда.

Таким образом, одновременно с интенсификацией режимов резания, как правило, возникает и проблема сокращения затрат вспомогательного времени, расходуемого на установку и закрепление детали и управление станком (пуск, выключение, отвод резца, перевод суппорта в исходное положение, подвод резца к детали, включение подачи и пр.).

Помимо этого, при скоростном нарезании резьбы возникают большие трудности, связанные с необходимостью очень быстрого отвода резьбового резца в конце каждого прохода, при очень высокой скорости продольного перемещения суппорта. Так, например, при нарезании резьбы 3М195×2 длиной 20 мм со скоростью резания 270 м/мин шпиндель станка делает 440 об/мин. При шаге резьбы, равном 2 мм, суппорт проходит за каждый оборот шпинделя 2 мм, а всю длину резьбы 20 мм, соответственно, за 10 оборотов шпинделя. Следовательно, каждый проход резца продолжается всего 1,5 сек. Иногда длительность прохода составляет десятки доли секунды. Очевидно, что такая работа требует от токаря напряженного внимания и весьма точно отработанных движений для своевременного вывода резца. Указанное обстоятельство нередко вызывает необходимость снижения скорости резания. Поэтому вопрос об упрощении быстрого отвода резца имеет при скоростном нарезании резьбы большое значение.

В ряде случаев удается облегчить условия работы за счет изменения конструкции детали. Так, например, по инициативе токаря тов. Александрова, конструкторы Московского завода шлифовальных станков на одной из деталей увеличили канавку для выхода резца с 12 до 25 мм, что значительно облегчило вывод резца из канавки.

В другом случае, при скоростном нарезании внутренней резьбы на кольце мотовоза не оставалось места для выхода резца, так как резьба доходила до торца токарного патрона, а установка детали в кулачках не до упора была связана с длительной выверкой. После того как по предложению новаторов Калужского машиностроительного завода между патроном и торцом детали было помещено промежуточное кольцо, образовалось пространство для вывода резца, и скоростное нарезание резьбы на этой детали стало возможным.

Приведенные примеры показывают, что за счет тех или иных мероприятий иногда удается облегчить отвод резца в конце нарезаемой резьбы.

При обычном нарезании резьбы токари часто применяют реверсирование (изменение направления вращения) шпинделя и ходового винта без предварительного вывода резца. При скоростном же нарезании этот метод не дает хороших результатов, так как для реверсирования требуется разгон, которого нельзя достигнуть при обычных размерах зарезьбовых канавок.

Возможен другой путь преодоления трудностей управления станком при скоростном нарезании резьбы. Он заключается в *быстром выключении гайки ходового винта* в конце каждого прохода резца, на что требуется значительно меньше времени, чем на вывод резца из канавки; выключение подачи при этом производится мгновенно и точно.

Однако этим способом пока еще широко не пользуются, причиной чего являются трудности попадания резца в нитку резьбы при последующих проходах. Это бывает при некратности шагов резьбы ходового и нарезаемого винтов, например, когда на станке с дюймовым ходовым винтом нарезается метрическая резьба или, наоборот, когда на станке с метрическим ходовым винтом нарезается дюймовая резьба, и в других случаях.

В современном отечественном машиностроении детали с дюймовыми резьбами встречаются очень редко. Все токарные станки, выпускаемые нашей станкостроительной промышленностью, имеют метрические ходовые винты преимущественно с шагами 4; 6; 8 и 12 мм. На таких станках при нарезании большинства метрических резьб, кроме резьб с некратными шагами (1,25; 1,75; 2,5; 3,5; 4,5; 5 мм) и некоторых специальных резьб, можно выключать гайку

в конце прохода и вручную отводить суппорт, так как при новом включении гайки резец обязательно попадает точно в нитку.

Метод нарезания резьбы с выключением гайки ходового винта имеет ряд преимуществ:

1) исключается необходимость реверсирования шпинделя и устраняются нежелательные явления с точки зрения износа станка и перегрузки мотора при реверсировании;

2) устраняются потери времени на разгон шпинделя при переходе на рабочий ход суппорта;

3) не требуется увеличения зарезьбовых канавок при нарезании резьб, оканчивающихся у буртика детали или у кулачков патрона станка.

Тем не менее и при таком методе от рабочего требуется напряженное внимание и четкость движений.

Значительно облегчается работа, когда для быстрого отвода резца используются специальные приспособления.

На рис. 66 приведена конструкция резцедержателя токарного станка с ручным эксцентриковым отводом резца 4 от детали. Опорная плита 6 резцедержателя перемещается по направляющим верхнего суппорта 7 при помощи рукоятки 2. Ось этой рукоятки 5 выполнена в виде кривошипа с эксцентриситетом $e = 2 - 5$ мм. Кривошип оси входит в сухарь 3, скользящий в пазу прилива 1 плиты резцедержателя.

На рис. 67 изображена конструкция механизма для ускоренного отвода поперечных салазок суппорта.

Винт 5 поперечной подачи суппорта установлен во втулке 3; его продольные перемещения относительно втулки 3 ограничиваются двумя упорными подшипниками.

Для отвода и подвода поперечного суппорта втулка 3 может перемещаться вместе с винтом 5 в осевом направлении. Перемещение втулки 3 осуществляется поворотом кольца 2 при помощи рукоятки 4. В кольцо 2 закреплен палец 1, который входит в криволинейный (винтовой) паз втулки 3. При повороте кольца 2 палец 1, двигаясь по криволинейному пазу, перемещает втулку вместе с винтом 5.

На рис. 68 изображено приспособление, предложенное токарем-новатором В. Н. Трутневым, которое позволяет нажатием на рукоятку 8 быстро отвести резец, устраняя более длительное вращение рукоятки поперечного винта 3.

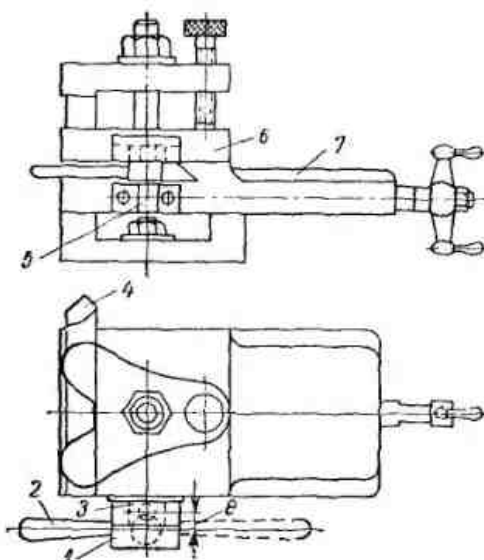


Рис. 66. Резцедержатель с ручным ускоренным отводом резца от детали

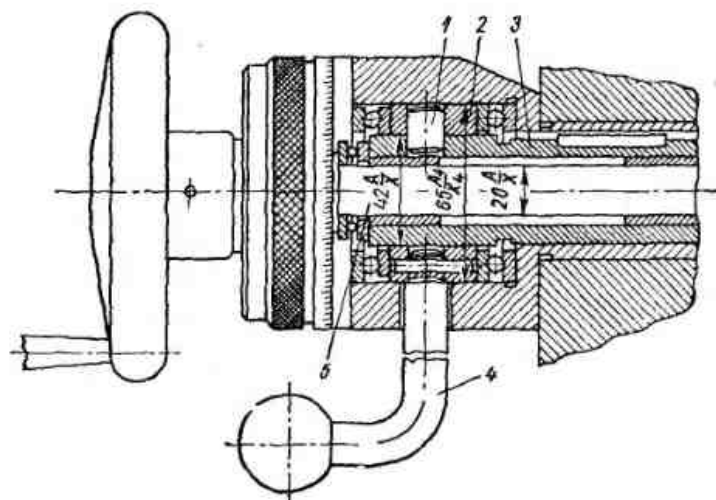


Рис. 67. Механизм для ускоренного отвода поперечных салазок суппорта

Приспособление неподвижно крепится на поперечных направляющих суппорта с помощью скобы-струбины 1.

В корпусе 5 установлен эксцентриковый валик 7, фиксируемый от осевых перемещений установочным винтом 6. На одном конце валика насажена рукоятка, а на другом — шарикоподшипник 4. Ось шарикоподшипника и ось валика имеют эксцентриситет, равный 15 мм.

В выемке суппорта с задней стороны с помощью металлического стержня устанавливают сильную пружину,

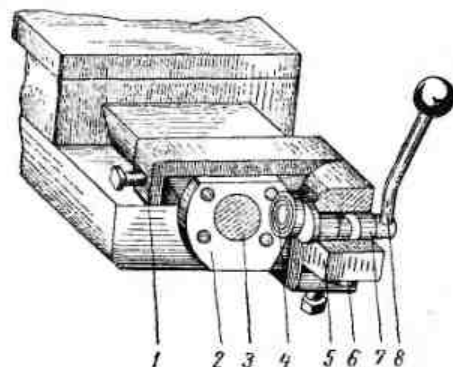


Рис. 68. Приспособление для быстрого отвода резца

упирающуюся в торец винта 3. Под давлением пружины винт с салазками поперечного суппорта стремится переместиться в сторону рабочего. Болты, крепящие передний фланец 2 к суппорту, вывинчивают и на их место ставят шпильки.

При резании коленчатый валик через подшипник 4 оказывает давление на фланец 2 и жестко соединенные с ним салазки суппорта. Сжимая при этом пружину, подшипник удерживает в рабочем положении салазки поперечного суппорта.

Как только резание окончено и возникает необходимость отвода резца, достаточно нажать на рукоятку, чтобы салазки суппорта под действием пружины переместились в сторону токаря, одновременно отводя резец.

Такая конструкция приспособления для отвода резца имеет и еще одно преимущество: при перемещении суппорта в исходное положение (в продольном направлении), когда

резец отжат, можно установить винт по лимбу на глубину следующего прохода. Установив суппорт, рукоятку возвращают в исходное положение. Фланец и салазки поперечного суппорта, сжимая пружину, перемещаются в исходное положение, устанавливая резец на заданный размер.

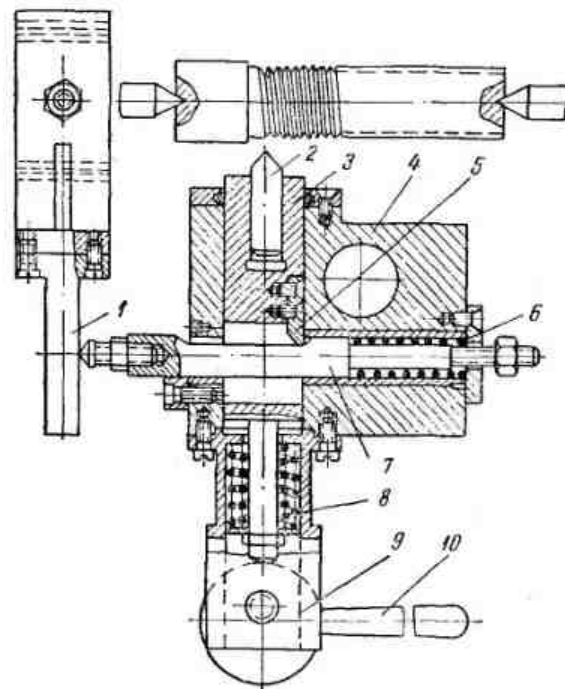


Рис. 69. Приспособление для автоматического отвода резца в конце прохода

Описанное приспособление может быть установлено на всех токарных станках, где винт поперечной подачи крепят к суппорту через переходной фланец.

Усовершенствованию способов отвода резьбового резца посвящены поиски многих новаторов производства. Лучшие конструктивные решения получили широкое признание и эти приспособления в течение ряда лет успешно используются на производстве.

На рис. 69 изображено приспособление для автоматического отвода резца в конце прохода при нарезании

резьбы. Оно устанавливается на верхнем суппорте станка взамен снятого резцедержателя, для чего в корпусе 4 предусмотрено посадочное отверстие под палец резцедержателя. Резьбовой резец 2 закрепляется в скалке 3, через паз которой проходит управляющий стержень 7 с лыской, позволяющей скалке, при определенном положении стержня, отойти назад до упора сухаря 5 в лыску. Перед началом каждого прохода при помощи рукоятки 10 и эксцентрика 9 резец устанавливается в переднее (выдвинутое) положение, которое фиксируется стержнем 7, занимающим под действием пружины 6 крайнее левое положение. В процессе резания неподвижный упор 1 останавливает стержень 7 и заставляет его перемещаться в корпусе приспособления в направлении, обратном направлению движения суппорта, и сжимать пружину 6.

В момент, когда скос на стержне 7 войдет в контакт с сухарем 5, резьбовой резец 2 начнет плавно выходить из резьбы. На выход резца из резьбы требуется всего 0,02—0,05 сек при продольной подаче суппорта в направлении к передней бабке со скоростью 40—100 мм/сек.

После выхода резца из резьбы, не трогая лимба поперечного суппорта, возвращают приспособление в исходное положение. Затем с помощью рукоятки 10 и эксцентрика 9, сжимая пружину 8, подают скалку 3 вперед до тех пор, пока сухарь 5 не перестанет касаться стержня 7. Этот момент характеризуется легким щелчком, пружина 6 возвращает стержень 7 в начальное положение. Резец при этом занимает положение, в котором он находился при предыдущем проходе. Далее при помощи рукоятки поперечной подачи суппорта подают резец в направлении детали на величину, равную глубине резания, после чего операция повторяется снова.

На рис. 70 приведено другое приспособление того же назначения конструкции В. Н. Трутнева. Оно состоит из корпуса 9, боковой выступ которого закрепляется в резцедержателе токарного станка. В корпусе расположен ползун-державка 2 с резцом 1. К упору 3 прилегает сильная пружина 4.

На направляющих станины станка справа и слева от каретки суппорта установлены упоры с роликами, ограничивающие ход суппорта с резцом. При рабочем перемещении суппорта ролик упора нажимает на запорный рычаг и поворачивает его вокруг оси *a* так, что конец

его левого плеча опускается вниз и выходит из контакта с державкой 2. В этот момент под действием пружины 4 державка отходит и выводит резец из резьбовой канавки. После этого резец устанавливается по лимбу на нужную глубину для следующего прохода. Затем поворачивают рукоятку 8 так, что рычаг-досылатель 6, преодолевая сопротивление пружины 4, быстро перемещает ползун 2 с резцом в рабочее положение. В это время плоская пружина, расположенная в нижней части корпуса 9, подни-

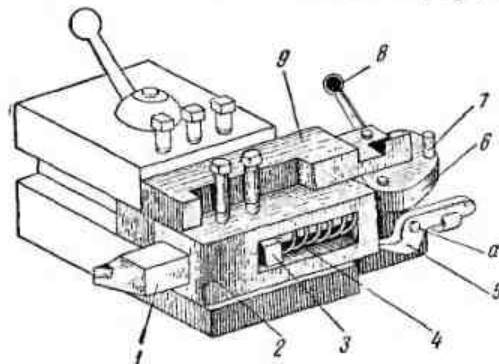


Рис. 70. Приспособление для автоматического отвода резца, устанавливаемое в резцедержателе

мает левое плечо рычага 5 и приводит его в контакт с державкой 2, фиксируя механизм в рабочем положении.

Перевод резца в рабочее положение может происходить и автоматически. При движении каретки суппорта слева на упор нажимает штифт 7, который приводит в движение рычаг-досылатель 6 и ставит механизм в рабочее положение.

Приспособление для автоматического отвода резца в конце каждого прохода, внедренное на Одесском заводе холодильного машиностроения по предложению В. Кратцера, представляет собой резцедержатель, закрепляемый в резцовой головке станка (рис. 71). Оно состоит из двух основных частей: хвостовика 4 и поворотной части 3, в которой закреплен резьбовой резец 2. Поворотная часть снабжена осью 14, входящей в отверстие втулки 13. Втулка эта представляет собой головку хвостовика (от нее отходит собственно хвостовик — стержень прямоугольного сечения).

Для приведения резца в рабочее горизонтальное положение служит тяга 8, заканчивающаяся рукояткой. В не-рабочем положении поворотная часть резцедержателя удерживается под действием пружины 9, сидящей на тяге. При этом хвостовик поворотной части упирается в штифт 11. Перед началом каждого рабочего прохода одно-

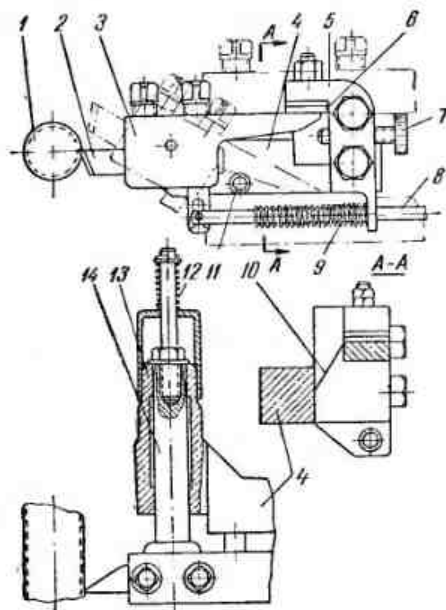


Рис. 71. Приспособление — резцедержатель для автоматического отвода резца в конце прохода

временно с включением ходового винта поворотная часть вручную, посредством тяги 8, приводится в горизонтальное положение, при котором хвостовик поворотной части упирается в накладку 6 кронштейна 5, прикрепленного к стержню хвостовика. Тяга опускается, как только резец внедрится в металл, так как тангенциальная составляющая силы резания на протяжении всего прохода удерживает резец от поворота вокруг оси 14. Однако, как только резец выйдет в выточенную за резьбой канавку, поворотная часть с резцом принимает положение, показанное на

рисунке пунктиром, чем достигается отвод резца от детали 1.

Одновременно под действием пружины 12 осуществляется и осевое перемещение резца вместе с поворотной частью в направлении, противоположном движению суппорта. Хвостовик поворотной части, отойдя от накладки 6, скользит по скосу 10 кронштейна 5, что и приводит к перемещению резца параллельно оси детали. При этом устраняется возможность удара резца о борт нарезаемой детали, так как благодаря отводу резца в осевом направлении значительно увеличивается время, имеющееся в распоряжении токаря для отключения ходового винта.

Процесс нарезания резьбы на высоких скоростях при помощи такого приспособления не требует от рабочего излишнего напряжения. Вручную выполняется лишь отвод суппорта в направлении задней бабки при отключенном ходовом винте, подача резца в радиальном направлении на глубину резания при помощи лимба и рукоятки поперечного перемещения суппорта и, наконец, повторное включение ходового винта для очередного прохода. Одновременно с этим, токарь свободной рукой тянет на себя тягу 8. При этом пружина 9 сжимается, а поворотная часть с резцом не только приходит в горизонтальное положение, но и преодолевая сопротивление пружины 12, перемещается вдоль оси на свое место вследствие того, что хвостовик поворотной части скользит по скосу 10 кронштейна 5 до тех пор, пока не упрется в накладку 6. Это соответствует рабочему положению резца. Винт 7 с накатанной головкой служит для удержания резца в рабочем положении при установке приспособления на станке и настройке его на первый проход.

Еще более эффективными являются приспособления, позволяющие вести резьбонарезание по полуавтоматическому циклу.

В. К. Семинский разработал и внедрил такое приспособление, осуществляющее не только отвод резца, но и автоматический перевод его в исходное положение и подвод к детали для следующего прохода.

Приспособление устанавливают на винт крепления резцедержательной головки и закрепляют гайкой.

В корпусе 1 (рис. 72) приспособления установлены пиноль 2 с роликом 10 и специальный валик 8 с бараба-

ном 9. Под действием пружины 3 ролик 10 прижат к барабану 9.

При нарезании резьбы суппорт вместе с приспособлением перемещается в сторону передней бабки; осевое перемещение валика 8, с закрепленными на нем гайками 11, останавливается упором 12, а ролик 10 продолжает двигаться по грани барабана 9.

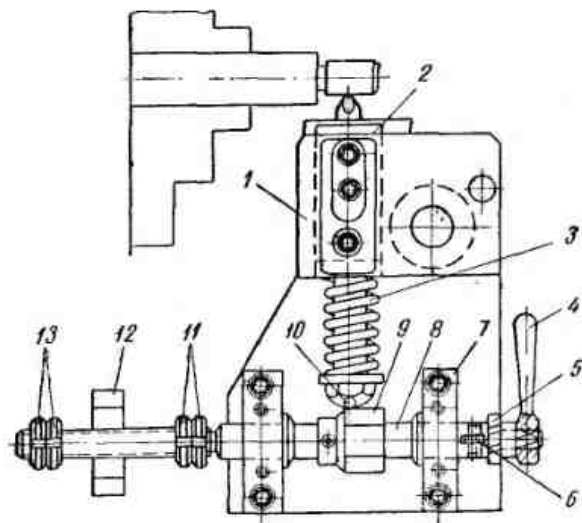


Рис. 72. Приспособление для нарезания резьбы по полуавтоматическому циклу

В момент, когда ролик 10 достигнет скоса на барабане 9, резец начнет плавно выходить из резьбы. Как только кончается отвод резца от детали, токарь переключает шпиндель станка на обратный ход.

При обратном ходе суппорта валик 8 с гайками 13 останавливается упором 12. При возврате приспособления в исходное положение собачка 6, шарнирно закрепленная на кронштейне 7, попадает в расположенный под углом 30° паз шестерни 5 и поворачивает валик 8 с барабаном 9 на соответствующий угол.

Грани на барабане 9 изготавливаются с таким расчетом, чтобы разность расстояний смежных граней от оси валика (считая размер по радиусу вписанной окружности), рав-

нялась требуемой глубине резания. Так, при нарезании резьбы с шагом 2 мм на части окружности барабана 9 делают четыре грани, причем этот размер у второй грани больше, чем у первой на 0,3 мм. При первом проходе ролик 10 находится на первой грани, а резец настраивается по лимбу станка на снятие стружки 0,4 мм; при втором проходе ролик 10 находится на второй грани и резец автоматически снимает 0,3 мм на сторону и т. д. При нарезании резьбы с шагом 3 мм требуется шестигранный

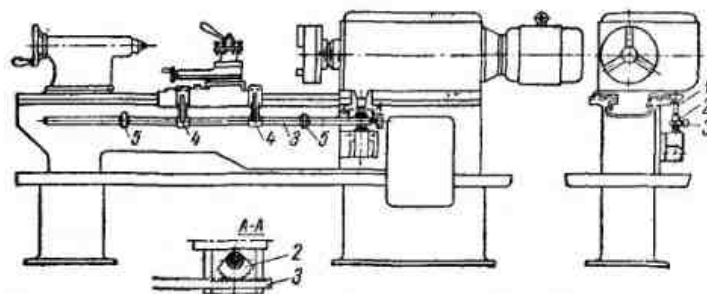


Рис. 73. Механизм для автоматического реверсирования шпинделя токарного станка

барабан. Рукоятка 4 служит для поворота валика 8 и барабана 9 в исходное положение.

Весьма эффективно протекает процесс нарезания резьбы в тех случаях, когда осуществляют *непрерывное нарезание резьбы при прямом и обратном ходах суппорта станка с автоматическим реверсированием шпинделя*.

Этот метод может быть с успехом применен при наличии на нарезаемой детали значительных по размерам канавок для выхода резца, а также при нарезании резьбы на гладких деталях. В этом случае обычно используют два резца, из которых один работает при прямом, а второй — при обратном ходе суппорта. Пользуясь таким методом, токарь Горьковского завода фрезерных станков Н. Г. Смирнов нарезает четырнадцатиметровые ходовые винты с трапецеидальной резьбой.

Как уже указывалось, при таком методе работы необходимо автоматизировать процесс реверсирования шпинделя. В качестве одного из примеров такой автоматизации можно указать на модернизацию токарного станка, осуществленную на Одесском заводе радиально-сверлиль-

ных станков по предложению токаря-новатора Г. С. Неженко. Для этой цели токарный станок был снабжен специальным устройством (рис. 73). На вертикальном валике 1, выходящем из коробки скоростей и управляющем переключением фрикционных муфт привода шпинделя, установлен зубчатый сектор 2. Сектор сцепляется с зубчатой рейкой, расположенной на конце штанги 3, проходящей через отверстия в кронштейнах 4, связанных с суппортом. На штанге 3 установлены два стопорных кольца-упора 5, отрегулированных на определенную длину нарезаемой резьбы.

При выходе резца в канавку кронштейн 4, нажимая на стопорное кольцо 5, передвигает штангу 3, зубчатая рейка которой заставляет поворачиваться сектор 2 и связанный с ним валик 1. При повороте валика происходит переключение фрикционной муфты и реверсирование шпинделя. Применяются и другие конструкции реверсивных устройств.

В крупносерийном и массовом производствах, а также и в специализированном серийном производстве часто осуществляют нарезание резьбы на станках, работающих по автоматическому циклу.

В полуавтоматах для скоростного нарезания резьбы подача на глубину, рабочий и ускоренный ход, отвод резца и подача его в исходное положение осуществляются системой кулачковых, а также храповых и рычажных механизмов.

Применяются как специальные полуавтоматы для нарезания резьб, так и специально для этой цели модернизированные токарные станки.

Представляют интерес и предложения новаторов по созданию съемных приспособлений для автоматического нарезания резьбы. Такие приспособления обычно монтируются на суппорте токарного станка (аналогично тому, как это предусмотрено для приспособления на рис. 72). Весь процесс нарезания резьбы (резьбовые резцы или гребенки подаются на глубину и выводятся из канавки в конце прохода, реверсируется вращение шпинделя и ход суппорта, прекращается подача по мере достижения заданного размера) осуществляется автоматически. Таким образом, на долю рабочего остается только установка и снятие обрабатываемой детали, а также контроль качества резьбовой нарезки.

В зависимости от конструктивных особенностей вала и его жесткости технология обработки его существенно изменяется. В данной главе рассматривается обработка валов трех типов: гладких, ступенчатых и нежестких.

7. Выбор рациональной заготовки

Зависимость трудоемкости механической обработки и ее себестоимости от вида заготовки. От правильного выбора заготовки и припусков на обработку зависит трудоемкость обработки детали. Вид заготовки в большинстве случаев предопределяет последовательность ее обработки.

Установление вида и размера заготовок должно производиться с учетом стоимости изготовления их в заготовительных цехах и последующей обработки в механических цехах.

Рациональный выбор вида и размеров заготовок предусматривает:

1) применение наиболее прогрессивных методов получения заготовок с учетом имеющегося оборудования, особенно: кузнечно-прессового, литейного, сварочного и штампо-прессового;

2) максимальное приближение формы и размеров заготовки (или профиля сортового или калиброванного металла) к форме и размерам детали; перенесение центра тяжести работ по первичному формообразованию детали с участков механической обработки на заготовительные участки является наиболее прогрессивным направлением современного машиностроения;

3) уменьшение размеров поверхностей обработки;

4) снижение себестоимости готовой детали.

Некоторое представление о влиянии вида заготовки на себестоимость готовой детали дает табл. 8, в которой

Таблица 8

Средняя стоимость 1 т готовых деталей, изготавливаемых из различных заготовок (по данным Ленинградского Кировского завода)

Вид заготовки	Средняя стоимость 1 т готовых деталей в руб.	Средний коэффициент использования металла
Трубы стальные	500	0,80
Отливки чугунные	600	0,80
Сварные заготовки из нескольких деталей	800	0,65
Листовая заготовка, вырезанная газом	900	0,45
Горячий прокат крупный	1000	0,40
Отливки стальные обычные в землю	1000	0,70
Волоченый калиброванный металл	1100	0,65
Горячий прокат средний	1200	0,45
Горячий прокат мелкий	1500	0,50
Горячая штамповка	1800	0,40
Точные стальные отливки по выплавляемым моделям	1900	0,99
Свободная ковка	3600	0,25

приведены средние данные Ленинградского Кировского завода о фактической себестоимости 1 т готовых деталей, изготавливаемых из разных заготовок.

Как правило, вопрос о выборе заготовки разрешается предварительно во время конструкторской и технологической подготовки производства конструктором и технологом. Однако цеховые работники также могут вносить предложения по изменению вида и размеров заготовок. Станочник, мастер и цеховой технолог, непосредственно испытывающие трудности при обработке той или иной детали, могут дать ценные предложения по улучшению заготовок.

Заготовки для валов. Основными видами заготовок для деталей типа валов являются: черный прокат, калиброванная сталь, поковки (свободной ковки) и заготовки, полученные горячей штамповкой или высадкой.

Изготовление валов из черного проката, как правило, наименее рациональный способ. Гладкие валы целесо-

образно изготавливать из калиброванной стали. Во многих случаях при этом удастся вообще избежать обработки резанием. На Люберецком заводе сельскохозяйственного машиностроения раньше изготавливали главную ось косилки из черного проката диаметром 45 мм. Заготовка длиной 4600 мм обтачивалась до диаметра 40 мм. После замены черного проката калиброванной сталью диаметром 40 мм достигнута экономия нескольких тонн металла, перешедшего раньше в стружку.

Наибольший эффект в отношении уменьшения расхода металла и снижения трудоемкости токарной обработки при изготовлении ступенчатых валов может дать применение заготовок, полученных горячей высадкой на горизонтально-ковочных машинах.

Существенным является вопрос о припусках на обработку при изготовлении валов. Величина припуска

Таблица 9

Операционные припуски на обтачивание валов в мм (по РТМ—588)

Интервалы диаметров	Полуцистовое обтачивание термически необработанных и обработанных материалов		Чистовое обтачивание			
			термически необработанных материалов		термически обработанных материалов	
	Припуск на диаметр при длине вала					
	До 200	Св. 200 до 400	До 200	Св. 200 до 400	До 200	Св. 200 до 400
3—6	—	—	0,5	—	0,8	—
6—10	1,5	1,7	0,8	1,0	1,0	1,3
10—18	1,5	1,7	1,0	1,3	1,3	1,5
18—30	2,0	2,2	1,3	1,3	1,3	1,5
30—50	2,0	2,2	1,4	1,5	1,5	1,9
50—80	2,3	2,5	1,5	1,8	1,8	2,0
80—120	2,5	2,8	1,5	1,8	1,8	2,0
120—180	2,5	2,8	1,8	2,0	2,0	2,3
180—260	2,8	3,0	2,0	2,3	2,3	2,5
260—360	3,0	3,3	2,0	2,3	2,3	2,5

зависит от способа получения заготовки и качества предшествующей обработки.

В табл. 9 приведены рекомендуемые величины припусков для полустогового и чистового обтачивания.

Припуски на черновое обтачивание (обдирку) даются в зависимости от вида заготовки. Припуски на обтачивание под шлифование выбираются по графе для полустогового обтачивания.

8. Обработка гладких валов

Выбор технологической схемы обработки. В предыдущем параграфе было указано, что наиболее экономичным и производительным методом получения гладких валов является изготовление их из калиброванной стали без

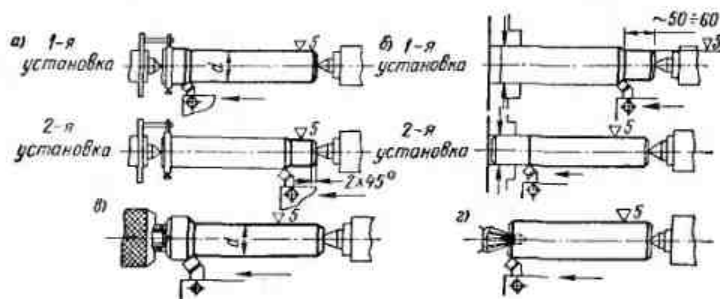


Рис. 74. Схемы обработки гладких валов

всякой дополнительной обработки по наружной цилиндрической поверхности.

Однако во многих случаях в качестве заготовок для гладких валов применяется сортовой прокат. В таких случаях задача усовершенствования процесса обработки сводится к выбору рациональной схемы обтачивания. Наилучшие результаты дает применение для обработки гладких валов специальных бесцентровых валообточных станков.

При обтачивании на обычных токарных станках стремятся построить план обработки так, чтобы по возможности уменьшить число установок детали.

На рис. 74 приведены основные схемы обработки жестких гладких валов ($l \leq 10d$). Предварительно в заготовках

валов обрабатываются их торцы — фрезеруются и затем зацентрируются на двухстороннем фрезерно-центровочном станке.

Наиболее распространенная схема обработки гладких жестких валов показана на рис. 74, а. В этом случае валик обрабатывается за две установки в центрах с хомутиком и поводковой планшайбой.

При обработке по второй схеме (рис. 74, б) за первую установку обтачивается один конец валика на длине 50—60 мм. Затем заготовку переворачивают и, зажав обточенный конец в патроне, обрабатывают остальную часть валика. Такая установка, хотя и обеспечивает более надежное и жесткое крепление детали и вследствие этого возможность вести обработку при более высоких режимах резания, все же далеко не всегда применима, так как при креплении конца вала в кулачках патрона неизбежна неконцентричность участков вала, обработанных при разных установках. Эта схема применяется главным образом для предварительной обработки.

На рис. 74, в показана третья схема обработки таких же валов за одну установку с помощью поводкового центра с креплением по торцу (подробно см. на рис. 76). Эта схема применяется преимущественно при полустоговом обтачивании. За счет уменьшения числа установок детали обеспечивается заметное сокращение затрат вспомогательного времени.

На рис. 74, г показана схема обработки гладких цилиндрических валов в одну установку на рифленном центре. Такой способ крепления позволяет обрабатывать валик на проход, включая снятие фасок с обоих торцов, на высоких режимах резания. Однако и эта схема не всегда приемлема, так как зубья рифленного центра врезаются в поверхность центрального углубления на торце вала и часто портят ее, делая невозможной точную повторную установку детали на центры.

Помимо указанных схем обработки валов, встречаются и другие схемы, отличающиеся от изображенных на рис. 74 лишь конструкцией зажимных приспособлений (например, обработка за две установки в самозажимном поводковом патроне и др.). Некоторые конструкции таких зажимных устройств приводятся ниже, а также во 2-м выпуске 3-го издания Библиотечки токаря.

Из приведенного анализа видно, что основное отличие технологического процесса обработки гладких валов по разным схемам сводится к применяемым в этих случаях способам закрепления деталей на станке.

Способы установки и закрепления обрабатываемых деталей. Затраты времени на установку, выверку, закрепление и снятие обрабатываемых деталей при работе на токарных станках в серийном производстве составляют в среднем 19% от вспомогательного и 10,2% от штучного (общего) времени обработки.

Как показывает изучение опыта работы токарей, благодаря рационализации методов установки и закрепления обрабатываемых деталей можно не только сократить вспомогательное время, но и создать необходимые условия для уменьшения основного (машинного) времени.

С момента установки и закрепления детали начинается процесс ее обработки. Правильно выбранный метод установки и закрепления детали обеспечивает необходимую точность ее обработки при многократных перестановках и требуемую жесткость для возможного повышения режима резания. Кроме того, правильный метод установки предопределяет возможность изменения и совершенствования всего технологического процесса обработки деталей.

Установка деталей в центрах — одна из наиболее распространенных при обработке на токарных станках. Преимущество такой установки заключается в сохранении постоянства базы — деталь может быть снята со станка и поставлена на другой станок без последующей выверки.

Существующие обычные конструкции поводковых патронов и хомутиков, применяемых для передачи вращения детали, обрабатываемой в центрах, обладают рядом недостатков.

Кроме общеизвестных конструкций поводковых патронов и хомутиков, существуют и другие, при применении которых удастся рационализировать процесс установки детали и повысить безопасность обработки.

Имеются также специальные патроны и приспособления, позволяющие обойтись без хомутиков и допускающие в отдельных случаях установку и снятие детали на ходу станка.¹

¹ Подробно об этом см. во 2-м выпуске Библиотечки токаря-новатора.

Удельное значение времени на установку и снятие детали в общем времени обработки деталей достаточно велико. В табл. 10 приведены данные, характеризующие затраты времени на установку и снятие пятиступенчатого валика с большим диаметром 48 мм, длиной 252 мм для трех различных вариантов обработки.

Из таблицы видно, что время на установку и снятие такого валика составляет от 12,7 до 32,8% от вспомогательного времени и от 6,4 до 7% от общего времени обработки.

Приведенные цифры убедительно свидетельствуют о том, что сокращение времени на установку и снятие детали может привести к значительному повышению производительности труда.

Анализ данных табл. 10 позволяет сделать следующие выводы:

Таблица 10

Время на установку и снятие пятиступенчатого валика

Метод обработки	Штучное общее время в мин	Вспомогательное время в мин		Время установки и снятия детали в %	
		всего	в том числе время установки и снятия детали	от вспомогательного времени	от штучного времени
Обработка на токарно-винторезном станке за две установки	8,07	4,40	0,56	12,7	6,8
То же за шесть установок при работе на настроенном станке	7,07	3,66	1,20	32,8	17,0
Обработка за одну установку на токарном станке, приспособленном для многорезцового точения	2,34	0,65	0,15	23,0	6,4

1) время на установку и снятие валика при обработке его по первому методу, т. е. за две установки, составляет 0,56 мин, следовательно, на одну установку расходуется 0,28 мин;

2) время на установку и снятие того же валика при обработке его по второму методу, т. е. за шесть установок, составляет 1,20 мин, следовательно, на одну установку (операцию) расходуется 0,20 мин. Уменьшение этого времени с 0,28 до 0,20 мин является результатом рационализации процесса установки (перекрытия отдельных приемов машинным временем); если бы продолжительность установки и снятия валика оставалась по-прежнему равной 0,28 мин, то общее время обработки по второму методу увеличилось на $(0,28 - 0,20) \times 6 = 0,48$ мин и вместо 7,07 было бы равным 7,55 мин. Таким образом, в данном случае в результате рационализации процесса установки и снятия валика общее время обработки уменьшилось на 6,4%;

3) время установки и снятия этого же валика при обработке по третьему методу в одну установку составляет уже всего 0,15 мин; в этом случае уменьшение времени установки и снятия валика с 0,28 до 0,15 мин объясняется также рационализацией зажимных приспособлений — заменой хомутка и поводковой планшайбы специальным поводковым центром, который позволил выполнить всю обработку валика за одну установку вместо двух.

Из сказанного совершенно ясна необходимость принятия мер для сокращения времени на установку деталей в центрах.

Основными путями сокращения времени на установку деталей при обработке в центрах являются следующие:

- а) рациональное применение нормальных и специальных хомутиков;
- б) применение специальных устройств, позволяющих обойтись без хомутиков;
- в) применение специальных патронов и приспособлений;
- г) повышение жесткости и надежности закрепления детали и т. д.

Нормальные и специальные хомутки. При обработке в центрах время на надевание, закрепление и снятие хомутка составляет довольно значительную часть общего времени установки детали (табл. 11).

Пользуясь данными таблицы, рассмотрим следующий пример. Допустим, что токарь обрабатывает в смену 100 деталей весом около 1 кг каждая и устанавливает их на станок два раза; следовательно, общее число установок за

Таблица 11

Время, затрачиваемое на установку и снятие деталей в центрах, в мин

Содержание работы	Вес детали в кг, до									
	0,25	1	3	5	8	12	16	20	25	30
Установить и снять деталь с надеванием хомутка	0,22	0,26	0,32	0,38	0,46	0,55	0,60	0,65	0,72	0,80
В том числе, надеть, закрепить и снять хомутки	0,08	0,10	0,12	0,14	0,17	0,21	0,23	0,25	0,30	0,33

смену равно 200. Затрачивая на установку каждой детали с надеванием обычного хомутка 0,26 мин, токарь расходует на установку и снятие всех деталей в течение смены $0,26 \times 200 = 52$ мин, т. е. почти 11% своего рабочего времени; в том числе $0,10 \times 200 = 20$ мин, т. е. 4,2% общего времени затрачивается только на надевание, закрепление и снятие хомутка.

Если иметь не один, а два хомутка и второй хомутки надевать заранее на следующую деталь во время обработки предыдущей, то общие затраты на установку и снятие деталей составят $52 - 20 = 32$ мин; это означает, что вместо 100 деталей токарь сумеет обработать в смену 105 деталей, т. е. увеличит производительность на 5%. Иногда реализация такого простейшего мероприятия при использовании обычного хомутка невозможна из-за длительности времени, требуемого на надевание, закрепление и снятие его при сравнительно небольшом машинном времени обработки.

Применение специальных самозажимных хомутиков дает возможность значительно сократить время на надевание и снятие их.

На рис. 75 изображен самозажимной быстродействующий хомутки. При закреплении на валу хомутки 1 надевают на конец вала 2, который с помощью рычага 4 поджимают к призме хомутка. Рычаг имеет секторную насечку на рабочей части; пружина 3 поджимает и фиксирует

рычаг на детали. При установке хомутика поводок 5 планшайбы должен находиться со стороны пружины 3.

Во время обтачивания под влиянием сил резания хомутик еще сильнее закрепляется на детали.

Иногда при наличии у детали отверстия на торце, или зуба на цилиндрической поверхности (шестерня-валик) работа ведется с помощью специального поводка, устанавливаемого на переднем центре. В этом случае обработка ведется без хомутика.

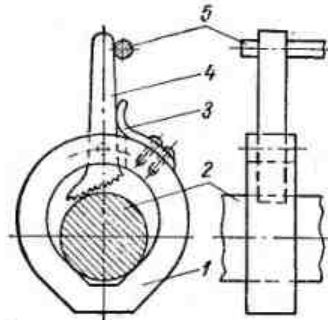


Рис. 75. Самозакимной хомутик

Применение поводковых устройств, не требующих хомутика. Такие устройства изображены на рис. 74, в, г. Их применение весьма эффективно при обтачивании валов.

Токарь-новатор В. К. Семинский обрабатывает без применения обычных центров мелкие гладкие валики, колонки и пальцы, что при достаточно высокой точности

дает ему возможность повысить производительность токарной обработки этих деталей на 20—30%.

Таких же хороших результатов добивается и токарь завода «Уралэлектростроитель» тов. Мехонцев. Он устанавливает гладкие валики на обратном центре и на конусной пробке.

На рис. 76 изображена усовершенствованная конструкция поводкового центра с торцевым креплением (см. также рис. 74, в). В левый конец корпуса 3 ввернут хвостовик 1, который регулирует упругую деформацию пружины 2, отжимающей вправо плавающий центр 10. При передаче осевого усилия от поджатия пинноли задней бабки торец втулки 6 нажимает на цангу 5, которая зажимает плавающий центр.

Стопорное резьбовое кольцо 8, накрученное на втулку 6, закрепляет сменный поводок 9. Этот поводок имеет сборную конструкцию: в четыре прорези на торце поводка забиты рифленные ножи, изготовленные из пластин наборных быстрорежущих фрез. Ножи-зубья поводка врезаются в торцы детали и надежно передают ей крутящий момент.

Вращение от шпинделя передается поводку 9 через штифты 7, запрессованные во втулку 6. Необходимое продольное перемещение поводка со втулкой обеспечивается винтом-шпонкой 4, ввернутым в корпус 3.

Для обработки деталей различных диаметров используется комплект сменных поводков 9.

При такой установке обтачивание ведется на проход. Недостатком этого устройства (так же как и устройств на рис. 74, г) является необходимость больших осевых

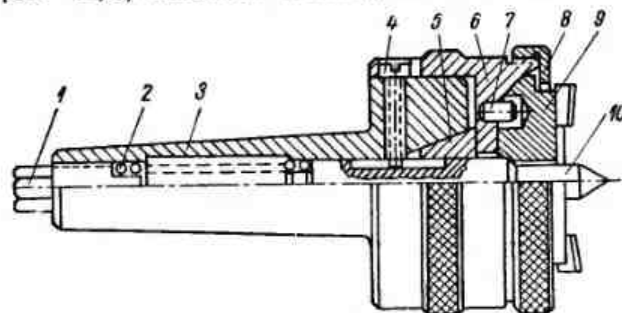


Рис. 76. Поводковый центр

усилий со стороны заднего центра, без чего нельзя обеспечить надежную передачу крутящего момента. Точность обтачивания вполне удовлетворяет требованиям полустойвой обработки под шлифовку.

В Ленинградском инженерно-экономическом институте было проведено исследование, имеющее целью сравнить различные способы установки деталей, обрабатываемых в центрах, по производительности и точности обработки. Сравнивались способы установки деталей на гладких центрах с хомутиком, на обратных центрах и на центрах-поводках, аналогичных рассмотренному.

Исследование показало, что производительность обработки на гладком обратном и поводковом центрах значительно выше, чем при обработке на центре с хомутиком. Так, если принять время, расходуемое на установку детали в центрах с хомутиком, за 100%, то при работе на обратном центре и центре-поводке время установки уменьшается более чем в 2 раза и составляет всего лишь 36%.

Точность получения диаметральных размеров (по биению и эллиптичности) при работе с хомутиком и обратным

центром практически одинакова (примерно 0,03—0,04 мм). Это значительно точнее, чем при закреплении с помощью поводкового центра, когда биение детали достигает 0,07—0,09 мм.

Поводковый центр, приведенный на рис. 76, обладает хорошей универсальностью. Однако он не пригоден для обтачивания валиков при больших силах резания. В таких

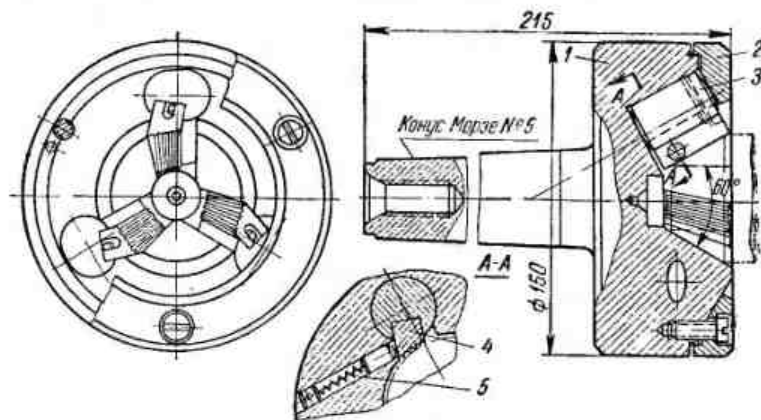


Рис. 77. Поводковый патрон с эксцентриковым зажимом

случаях целесообразно пользоваться поводковым патроном с эксцентриковым зажимом (рис. 77).

Корпус 1 этого патрона имеет конусный хвостовик (конус Морзе № 5) и головку с конусным отверстием, по которому центрируется обрабатываемая деталь. На рабочей поверхности головки имеются три паза, в которых смонтированы ролики 3 с эксцентриковыми рифлеными кулачками 4. Ролики с кулачками удерживаются в гнездах патрона крышкой 2.

Поворот кулачков в положение для закрепления детали осуществляется с помощью штифтов 4 и пружин 5.

Обработка деталей в этом патроне ведется за две установки. Предварительно зацентрованный вал устанавливается одним концом в головку патрона и поджимается задним центром. Под действием силы резания вал поворачивается и, врезаясь при этом в насечку кулачков, закрепляется с еще большей силой. После поворота детали обрабатывается второй конец. При этом сохраняется необхо-

димая concentricity оси центров и наружной цилиндрической поверхности.

Патроны этого типа изготавливаются в двух диапазонах размеров: для валов диаметром от 20 до 60 мм и для валов диаметром от 50 до 100 мм.

В цехах индивидуального и мелкосерийного производства, не располагающих патронами рассмотренной конструкции, черновое обтачивание при глубине резания более 5 мм и подаче более 0,25 мм/об следует производить по схемам, изображенным на рис. 74, а или б.

Повышение жесткости при установке и закреплении деталей в центрах. При работе деталь, обрабатываемая на токарном станке, находится под действием нескольких сил: усилия резания, собственного веса и центробежной силы.

Правильно выполненная установка детали не должна допускать возможности каких-либо ее перемещений под действием сил, возникающих в процессе обработки.

Особое значение приобретает вопрос о жесткости установки детали при обработке с большими скоростями резания. Изучение опыта работы токарей показывает, что увеличение жесткости крепления детали позволяет повысить режим резания, а следовательно, и производительность труда. Так, например, закрепление вала в патроне и на центре вместо крепления его на двух центрах позволило токарю-новатору Средневолжского станкозавода тов. Иванову увеличить подачу с 0,5 до 1 мм/об, что дало сокращение машинного времени в два раза.

Известно, что применение метода скоростной обработки с большими подачами при точении ступенчатых деталей затрудняется в связи с необходимостью точного и своевременного выключения продольной подачи по достижении заданного размера. При обработке гладких валов «на проход», т. е. за одну установку, необходимости в точном выключении продольной подачи нет, и это позволяет снизить напряженность внимания токаря, что положительно влияет на производительность труда и позволяет надежно внедрить скоростную обработку с большими подачами.

Весьма эффективной оказывается обработка гладких валов круглым вращающимся резцом.¹ В этом случае необходима высокая жесткость крепления детали.

¹ См. 1-й выпуск 3-го издания Библиотечки токаря.

9. Обработка ступенчатых валов

Существуют три основных метода обработки ступенчатых валов на универсальных токарных станках:

- 1) без применения специального технологического оснащения;
- 2) на настроенных станках с применением специального технологического оснащения;
- 3) на станках, оснащенных устройствами или суппортами для копировальной обработки¹.

Как правило, токарная обработка ступенчатых валов производится не менее чем за две установки. При благоприятных условиях, когда ведется обтачивание под шлифование жестких ступенчатых валов нормальной точности из хорошо выправленных и зацентрированных заготовок при небольших припусках, вполне можно обойтись только двумя установками. При этом за первую установку полностью обрабатывается один конец вала, а за вторую — другой.

Токарная обработка валов с повышенной точностью, а также изготавливаемых из заготовок с большими неравномерными припусками, производится за три-четыре установки.

При четырех установках за первые две установки производится черновая обработка вала, а за две последние — чистовая. Во время чистовой обработки устраняются искривления оси вала, появившиеся в результате перераспределения внутренних напряжений в материале после обдирки.

В отдельных случаях, главным образом при обработке ступенчатых валов несимметричной формы, обтачивание их может быть выполнено за три установки: за первые две установки производится черновая обработка вала и чистовая обработка его длинной части; за третью установку окончательно обтачивается короткая часть вала.

При разделении токарной обработки валов на самостоятельные черновые и чистовые операции необходимо между черновой и чистовой операциями дать возможность валам некоторое время «вылежаться» для уравнивания возникших в заготовке внутренних напряжений.

¹ На заводах крупносерийного и массового производства ступенчатые валы обрабатываются на многолезцовых станках автоматического и полуавтоматического действия.

Большое значение имеет также правильный выбор места вала, с которого следует начать обработку. В этом случае руководствуются следующими соображениями:

1) если вал более или менее симметричен и разница в диаметрах шеек на разных его концах сравнительно невелика, то обработка такого вала может быть начата с любого конца;

2) при значительной разнице в диаметрах ступеней на разных концах вала обработку его следует начинать с более толстого конца; этим уменьшается опасность искривления вала при обработке его второго конца;

3) если обе концевые шейки вала тонкие, то окончательное их обтачивание следует выполнять после обработки всех остальных ступеней.

Обработка ступенчатых валов на универсально-токарных станках (без специальной настройки). Этот метод по сравнению с другими методами обработки этих же валов является наименее производительным и выполняется рабочими высокой квалификации.

Установка резцов на размер (по диаметру и по длине) при таком методе работы в большинстве случаев осуществляется путем пробных проходов и измерений универсальными инструментами и только в отдельных случаях для установки резцов на заданные размеры используются имеющиеся на станках лимбы и универсальные упоры.

Такой способ обработки ступенчатых валов применяется в единичном и мелкосерийном производстве, когда расходы на изготовление технологической оснастки и на предварительную настройку станка не окупаются достигаемым повышением производительности труда.

Обработка ступенчатых валов на настроенных токарных станках. Применение для изготовления ступенчатых валов высокопроизводительных специальных станков является рациональным лишь в серийном и массовом производстве. В условиях мелкосерийного производства для обработки ступенчатых валов применяются обычные универсальные токарные станки.

Наиболее рациональным методом работы на универсальных станках в серийном производстве является работа на настроенных станках, т. е. на станках, специально подготовленных для выполнения определенной технологической операции.

Производительность обработки детали на заранее настроенном станке значительно выше, чем на обычном станке. Это объясняется тем, что благодаря оснащению станка специальными приспособлениями отпадает необходимость в пробных проходах и измерениях, появляется возможность сокращения времени на установку деталей и т. д.

Предварительная настройка универсального токарного станка для выполнения той или иной технологической операции по обработке ступенчатого вала предусматривает:

1) оснащение станка надежными и быстродействующими приспособлениями для установки и крепления обрабатываемой детали;

2) подготовку необходимых инструментов и установление рационального режима резания для обработки отдельных поверхностей вала;

3) оснащение станка необходимыми приспособлениями и устройствами для облегчения или автоматизации установки резцов и обеспечения заданных диаметральных и линейных размеров отдельных ступеней обрабатываемого вала;

4) наличие подготовленного заранее комплекта инструментов, устанавливаемого взамен затупившихся инструментов.

Наибольшее влияние на продолжительность обработки вала оказывает принятое количество и расположение резцов.

В зависимости от количества и расположения резцов, а также от количества, конструкции и расположения резцедержателей для их крепления, различают следующие три основные схемы обработки ступенчатых валов на настроенных универсальных токарных станках:

1) с использованием только одного поворотного (четырехгранного) резцедержателя;

2) с использованием, кроме основного универсального поворотного резцедержателя, также специальных дополнительных резцедержателей;

3) с применением специальных многорезцовых резцедержателей.

Обработка ступенчатых валов при использовании только одного поворотного резцедержателя. При такой настройке токарного станка все резцы, необходимые для

выполнения заданной операции, устанавливаются в четырехгранном поворотном резцедержателе. Расположение резцов в резцедержателе при этом согласовывается с принятой последовательностью обработки отдельных поверхностей вала.

На рис. 78, а приведено расположение резцов в поворотном резцедержателе, применяемое токарем Ленинградского завода подъемно-транспортного оборудования

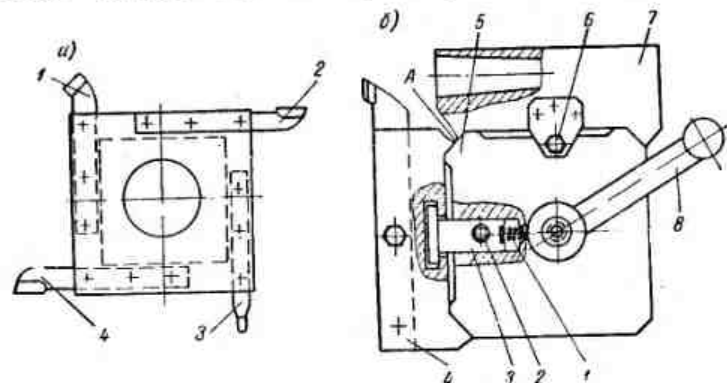


Рис. 78. Использование резцедержателей при обработке ступенчатых валов: а — поворотного; б — с быстропереналаживаемыми сменными державками

им. С. М. Кирова тов. Алексеевым при обработке валов ходовых колес мостовых кранов.

В этом случае четыре резца установлены в такой последовательности: 1 — резец проходной, применяемый при первых проходах по корке; 2 — резец упорно-проходной, применяемый при продольном обтачивании ступеней вала; 3 — резец канавочный со скругленными кромками для обработки канавок, выточек и галтелей; 4 — резец резервный подрезной. Такая настройка резцов часто встречается в практике токарей, обрабатывающих ступенчатые валы.

Следует однако заметить, что получение ступеней точных диаметров при использовании поворотного резцедержателя затруднено. Это связано с тем, что благодаря наличию зазоров в фиксирующем механизме и подвижных соединений резцедержателя, при повороте его в следующую позицию неизбежно возникает погрешность расстояния от вершины резца до оси центров станка. В связи

с этим, нередко после поворота приходится прибегать к корректировке размера.

В некоторых усовершенствованных конструкциях резцедержателей удается избежать или же, во всяком случае, уменьшить эти погрешности.

На рис. 78, б изображен четырехгранный резцедержатель с быстропереналаживаемыми державками.

Особенностью конструкции резцедержателя является наличие на корпусе 5 и державках 4 и 7 призматических посадочных мест А и надежное крепление державок эксцентриковым зажимом. Призматические посадочные места на корпусе и державках тщательно пригоняются по шаблонам и контршаблонам, что обеспечивает их полную взаимозаменяемость. А так как обработка, как правило, ведется при использовании одновременно только двух державок и без поворота резцедержателя, то удается добиться и высокой точности обработки.

Резцедержатель устанавливается на верхнем суппорте вместо основного четырехгранного резцедержателя. Державки, набор которых зависит от числа переходов при обработке детали, закрепляются при повороте размещенных в корпусе эксцентриковых валиков 2. При этом перемещаются тяги 3 и их Т-образные головки надежно притягивают державки 4 и 7 к корпусу. При освобождении зажима пружина 1 выдвигает тяги в крайнее левое положение и державки легко вынимаются.

Винты 6 служат для установки вершины резца по центру. Надобность в применении прокладок отпадает. Рукояткой 8 корпус резцедержателя жестко прикреплен к суппорту.

Смена державки занимает несколько секунд.

Быстропереналаживаемые державки позволяют закреплять не только резцы разного назначения, но и инструмент для обработки отверстий. Резцедержатель с наладками удобен в работе; его целесообразно применять при групповом методе обработки деталей в серийном и мелкосерийном производстве. При этом значительно сокращаются затраты вспомогательного времени. Снижается утомляемость токаря. Производительность труда в отдельных случаях мелкосерийного производства повышается на 10—12%.

Повышения производительности труда при использовании одного поворотного резцедержателя удается до-

биться и за счет прочих мероприятий, в частности за счет усовершенствованных способов закрепления детали. Подробно этот вопрос рассмотрен в предыдущем параграфе.

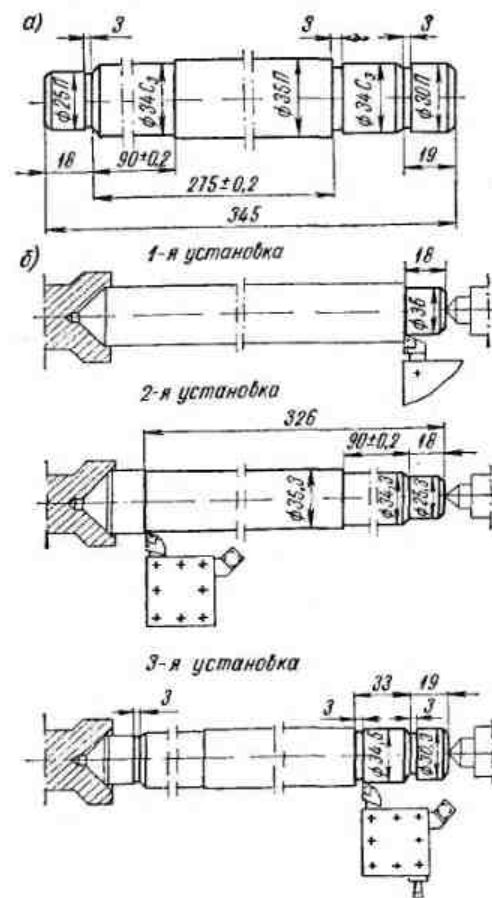


Рис. 79. Технология обработки ступенчатого валика

Ниже приводится пример из опыта работы токаря Средневолжского станкостроительного завода тов. Громо-вой. Токарная полуступенчатая обработка (под шлифование) валика, изображенного на рис. 79, а, производилась за две установки. При этом применялись три резца, уста-

новленные в поворотном резцедержателе. Данные о последовательности обработки поверхностей и о применяемых при этом режимах резания приведены в табл. 12.

Токарь тов. Громова, сохранив количество и расположение резцов в поворотном резцедержателе, усовершенствовала обработку этих валиков за счет следующих мероприятий:

1) изменения метода крепления валика; вместо крепления в центрах при помощи хомутка валик закреплялся при помощи обратного центра с поджимом задним вращающимся центром (рис. 79, б).

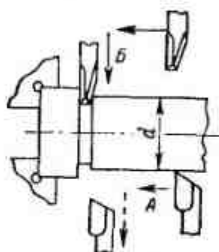


Рис. 80. Схема настройки токарного станка с применением дополнительного резцедержателя

2) применения проходных резцов конструкции токаря Колосова и увеличения продольной подачи с 0,5 до 1,5 мм/об.

Реализация этих мероприятий позволила уменьшить продолжительность токарной обработки валика под шлифование с 3,75 до 2,06 мин, т. е. повысить производительность на 82%.

Обработка ступенчатых валов с применением дополнительных резцедержателей. Значительное сокращение затрат вспомогательного, а иногда и машинного времени при обработке ступенчатых валов на универсальных станках дает применение дополнительных резцедержателей.

Дополнительные резцедержатели устанавливаются главным образом на задней стороне станка и используются для крепления резцов, предназначенных для протачивания канавок, подрезания уступов и т. п. Установка таких резцов в дополнительных резцедержателях позволяет уменьшить затраты рабочего времени на замену инструмента, холостые перемещения и повороты резцедержателя.

Простейшая схема, показывающая применение дополнительного резцедержателя при обработке ступенчатого валика, приведена на рис. 80. В дополнительном резцедержателе установлен канавочный резец для подрезания уступа и протачивания канавки.

Таблица 12

Данные о технологии обработки ступенчатого вала (рис. 79, а) по старому и новому технологическим процессам

№	установ- ки	перехода	Обработка	и в об/мин	и в м/мин	l в мм	s в мм/об	l в мм	t в мм	Время в мин		
										вспомогател- ное	машин- ное	общее
По технологическому процессу, действовавшему на заводе												
1	—		Установить деталь и снять	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—
	1		Обточить Ø 35П до Ø 35,5	800	96	333	0,5	2,25	—	}	0,84	—
	2		Обточить Ø 30П до Ø 30,3	800	88	20	0,5	2,6	—		0,05	—
	3		Обточить Ø 34,5	800	88	35	0,5	0,5	—		0,09	—
	4		Снять две фаски 1×45°	800	88	1,5	Ручная	0,5	—	0,1	—	
2	—		Установить деталь и снять	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—
	1		Обточить Ø 34С до Ø 34,3	800	96	110	0,5	2,75	—	}	0,27	—
	2		Обточить Ø 25П до Ø 25,3 (2 прохода)	800	88	20	0,5	$4,5 : 2 = 2,25$	—		0,1	—
	3		Снять две фаски 1×45°	800	88	1,5	Ручная	0,5	—		0,3	0,1
	4		Проточить три канавки	800	88	1	»	3	—	0,6	—	
			Всего							1,6	2,15	3,75

№ установ-ки	переходы	Обработка	мм/до и	мм/к и а	мм и 1	до/мм а s	т в м	Время в мин		
								вспомогат.-техническое	машинное	общее
По технологическому процессу, предложенному и внедренному токарем тов. Громовой										
1	1	Установить деталь и снять Обточить Ø 30П до Ø 36 и снять фаску 1×45°	— 800	— 96	— 19	— 1,5	— 2,0	0,1 0,05	— 0,01	— —
2	1 2 3 4	Установить деталь и снять Обточить Ø 35П до Ø 35,3 Обточить Ø 34С до Ø 34,3 Обточить Ø 25П до Ø 25,3 Снять две фаски 1×45°	— 800 800 800 800	— 96 88 88 88	— 330 110 18 1	— 1,5 1,5 1,5 Ручная	— 2,35 0,5 2,7 0,5	0,1 0,05 0,05 0,05 0,04	— 0,28 0,14 0,02 0,1	— — — — —
3	1 2 3 4	Установить деталь и снять Обточить Ø 34С до Ø 34,5 Обточить Ø 30П до Ø 30,3 Снять две фаски 1×45° Проточить три канавки	— 800 800 800 800	— 88 88 88 88	— 60 20 1 1	— 1,5 1,5 Ручная 2	— 0,75 2,1 0,5 3	0,1 0,05 0,05 0,04 0,06	— 0,05 0,02 0,1 0,6	— — — — —
Всего								0,74	1,32	2,06

Вместо того, чтобы при работе с одним резцедержателем обтачивать поверхность по диаметру d , а затем отводить резцедержатель, откреплять, поворачивать, закреплять его вновь и подводить к детали канавочный резец, наличие заднего резцедержателя в этом случае позволяет значительно упростить процесс обработки. Вначале упорно-проходным резцом (по стрелке А) обтачивают поверхность по диаметру d , а затем, отводя резец, одновременно канавочным резцом, заранее установленным в заднем резцедержателе, прорезают канавку и подрезают торец уступа (по стрелке Б).

Обработка ступенчатых валов с применением многорезцовых резцедержателей. В крупносерийном и массовом производстве обработка ступенчатых валов производится на высокопроизводительных многорезцовых полуавтоматах и автоматах.

Для многорезцовой обработки ступенчатых валов могут быть использованы и обычные токарные станки, оснащенные многорезцовыми передним и задним резцедержателями. Следует однако сказать, что настройка многорезцовых резцедержателей требует значительного времени, что снижает эффективность этого метода обработки.

Обработка ступенчатых валов комбинированными резцами. Некоторые токари новаторы производства успешно применяют при обработке ступенчатых валов комбинированные инструменты, исключающие необходимость в смене резцов. Примером такой рационализации процесса может служить применение токарем А. И. Воробьевым комбинированного резца для обработки семиступенчатого вала.

По старой технологии обработка вала производилась так, как это показано на рис. 81, а; при этом в поворотном резцедержателе закреплялись два резца: 1 — упорно-проходной для обтачивания наружных поверхностей ступеней и 2 — отрезной для подрезания торцов уступов и прорезания канавок. На схеме стрелками показаны соответствующие этим резцам перемещения.

По новому технологическому процессу обработка этих валков осуществлялась комбинированным резцом (рис. 81, б), совмещающим левый проходной и прорезной. При этом вначале производится подрезание торца и врезание с поперечной подачей, затем резец выводится из

канавки и при подаче в направлении от передней к задней бабке производится обтачивание ступеней.

Этот метод обработки имеет и другие преимущества, помимо уменьшения числа инструментов. При точении в направлении задней бабки выходу резца ничто не пре-

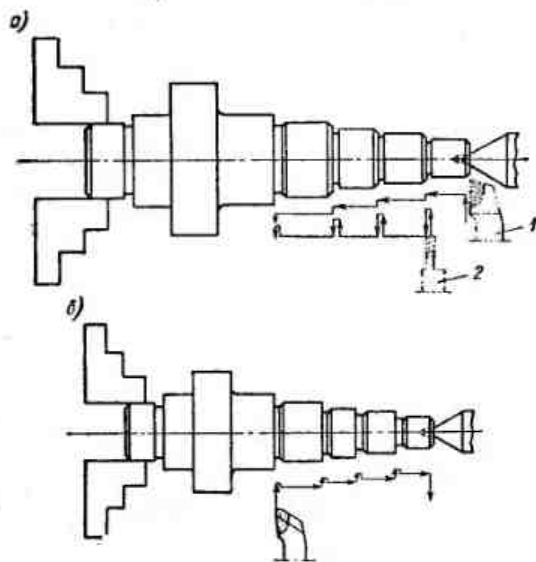


Рис. 81. Схема обработки ступенчатого вала (резцы показаны в исходном положении): а — с применением двух резцов (упорно-проходного и канавочного); б — с применением одного комбинированного резца

пятствует и это позволяет увеличить подачу, не опасаясь брака при несвоевременном выключении механизма подачи.

Обработка ступенчатых валов на универсальных токарных станках, оснащенных копировальными устройствами. При серийной обработке ступенчатых валов на универсальных токарных станках значительное повышение производительности труда может дать применение специальных механических и гидравлических копировальных устройств.

При обработке ступенчатых валов по копиру настройка инструмента на размер производится только по одной

обрабатываемой шейке вала. Остальные размеры (диаметральные и линейные) выдерживаются автоматически за счет копировального устройства.

Обработка ступенчатых валов при помощи механических копировальных устройств. В отдельных случаях даже однорезцовая обработка при помощи копировального устройства на универсальном токарном станке может быть более выгодной, чем обработка тех же деталей на многорезцовых станках.

Например, чистовая токарная обработка под шлифование конца полуоси трактора выполнялась на Челябинском тракторном заводе на многорезцовом станке МЗРС-116. Одновременно в работе участвовало четыре резца. Режим обработки был следующий: $n = 42 \text{ об/мин}$; $v = 12 \text{ м/мин}$; $s = 0,3 \text{ мм/об}$. Припуск $h = 1,1 \text{ мм}$ на сторону.

Общая продолжительность операции по машинному времени составляла 7 мин.

Недостатком этой операции, кроме сравнительно большой ее продолжительности, являлось и то, что на обработанной поверхности, в местах переходов от одного резца к другому, получились «зарезы». На точную установку всех резцов затрачивалось много времени и, несмотря на это, не удавалось полностью устранить «зарезы». Наличие последних приводило к необходимости увеличения припусков на последующее шлифование.

По предложению токаря-наладчика тов. Замараева и токарей тт. Сурова и Углева, выполнение этой операции было переведено с многорезцовых станков на универсальные токарные станки ДИП-300, модернизированные для однорезцовой копировальной обработки с высокой скоростью резания и большой подачей.

После внедрения нового процесса обтачивание всех шеек вала ведется одним резцом сечением $25 \times 40 \text{ мм}$ с пластиной твердого сплава Т15К6. Резец имеет дополнительную (зачистную) режущую кромку шириной 2 мм, что позволяет вести точение при следующих режимах резания: $n = 480 \text{ об/мин}$; $v = 130 \text{ м/мин}$; $t = 1,1 \text{ мм}$; $s = 1 \text{ мм/об}$.

Продолжительность операции по машинному времени составляет всего 0,7 мин, что в 10 раз меньше, чем при обработке на многорезцовом станке.

Качество обработанной поверхности при этом улучшилось, а точность повысилась, что позволило уменьшить припуск на последующее шлифование на 0,3 мм.

На рис. 82 изображено механическое копировальное устройство, сконструированное В. К. Семинским для обработки ступенчатых валов. Оно устанавливается вместо

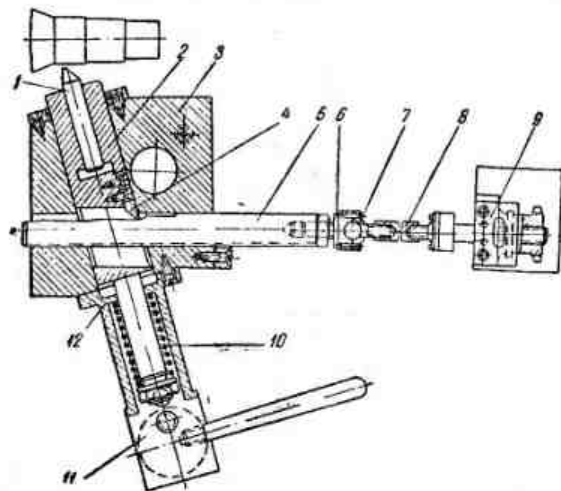


Рис. 82. Копировальное приспособление конструкции В. К. Семинского для обработки ступенчатых валов на токарном станке

резцедержателя на суппорте токарного станка и перемещается вместе с ним.

В корпус 3 по скользящей посадке 2-го класса точности вставлена пиноль 2 с резцом 1 и с закрепленным на ней сухарем 4. Пружина 10, упирающаяся одним концом в дно стакана 12, а другим — в шайбу, надетую на конце пиноли, создает постоянный контакт между сухарем 4 и копировальным роликом 5.

При включении рабочей подачи суппорт станка вместе с приспособлением движется по направлению к передней бабке станка. Резец 1, установленный в приспособлении, протачивает при этом первую шейку вала, а сухарь 4 скользит по копировальному ролику, закрепленному с помощью шарнирной пары 6 и 7 и регулировочного винта 8

в специальном кронштейне 9, установленном на станине станка со стороны задней бабки.

Встречая на своем пути ступеньку копировального валика 5, сухарь 4 соскальзывает на эту ступеньку, а резец 1 вместе с пинолью 2 под действием пружины 10 оттягивается в горизонтальном направлении (под углом 15° по отношению к оси поперечного суппорта) на величину, равную глубине ступеньки копировального валика, и начинает обтачивать вторую ступень вала. Таким же образом производится обработка остальных ступеней вала.

Для сохранения прямого угла между ступенями вала применяется резец с углом в плане 75° . Пиноль в корпусе 3 устанавливается под углом 15° , вследствие чего при переходе резца с обточки одной ступени на другую резец отходит от детали в направлении, обратном движению суппорта.

Но так как отход резца с пинолью происходит в направлении, обратном движению суппорта, за сотые доли секунды, то он значительно опережает скорость движения суппорта, и тогда прямой угол между ступенями вала полностью сохраняется.

После проточки вала поперечный суппорт с резцом отводят на 20—30 мм от детали и с помощью эксцентрика 11 подают пиноль вперед вместе с резцом с таким расчетом, чтобы при возвращении суппорта в первоначальное положение сухарь 4 не касался копировального валика.

Затем опускают эксцентрик 11 и пиноль с резцом устанавливается в рабочее положение, после чего весь процесс обработки продолжается в прежнем порядке.

Таким образом, при применении этого приспособления токарь освобождается от необходимости включения и выключения подачи при обработке каждой ступени валика, а также освобождается от необходимости делать промеры диаметра и длины каждой ступени. Все это дает весьма значительную экономию вспомогательного времени.

С помощью описанного приспособления при смене копировального валика возможна обработка валов различных профилей: ступенчатых, конических, сферических и т. д.

В тех случаях, когда имеется возможность на одном или нескольких станках производить обточку только ступенчатых валов, целесообразно смонтировать приспособление на специальной подставке, устанавливаемой взамен по-

перечного суппорта, а резцедержатель поперечного суппорта станка установить на той же подставке против приспособления. При этом резцедержатель может быть использован для ряда операций, выполнение которых невозможно при помощи автоматического приспособления (протачивание канавок для выхода резца при нарезании резьб, нарезание резьб, протачивание шеек с большим перепадом ступеней и т. д.).

Чем больше партия обрабатываемых валов, тем больший эффект получается от применения рассматриваемого приспособления (его применение оправдывает себя при партии деталей не менее 20 шт.).

Эффективность применения приспособления возрастает и при увеличении количества шеек обрабатываемого вала и уменьшении величины перепадов между ступенями.

Копировальное приспособление спроектировано для применения на станках типа 1А62; оно допускает работу с перепадом между ступенями до 5 мм и с общей разницей диаметров между крайними шейками до 30 мм.

Обработка ступенчатых валов при помощи гидрокопировальных суппортов. На заводах массового и крупносерийного производства для обработки ступенчатых валов применяются высокопроизводительные специальные гидрокопировальные станки, работающие методом копирования. Наряду с производством таких станков, станкостроительными заводами изготавливаются гидрокопировальные устройства к универсальным токарным станкам. В настоящее время выпускаются копировальные суппорты ГСП-41 к токарному станку 1К62. Многие предприятия используют и ранее изготавливавшиеся гидросуппорты КСТ-1, ГС-1 и др.

Гидросуппорт ГСП-41 устанавливается на место поворотной части суппорта станка 1К62 (рис. 83). Его основными частями являются суппорт с резцедержателем, цилиндр, в корпусе которого размещен шуп, и поворотная часть, устанавливаемая при обтачивании и растачивании под углом 60° к направлению продольной подачи, а при поперечном точении — под углом 60° к направлению поперечной подачи.

На рис. 84 изображена гидравлическая схема этого гидросуппорта, по которой можно проследить принцип его действия. Масло из бака 8 подается насосом 6 по трубопроводу через фильтр 5 в меньшую полость 1 цилиндра,

а оттуда через отверстие в поршне — в большую полость цилиндра, площадь которой примерно вдвое больше первой.

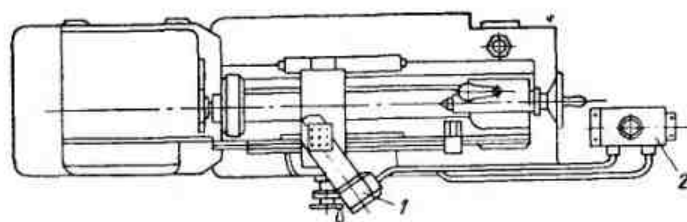


Рис. 83. Схема установки гидрокопировального суппорта ГСП-41 на токарном станке 1К62:

1 — гидросуппорт; 2 — бак с гидроустановкой

Под действием пружины золотник 2 шупа в свободном состоянии опускается вниз, и выход масла из большей полости гидроцилиндра в бак закрыт. Из-за отверстия

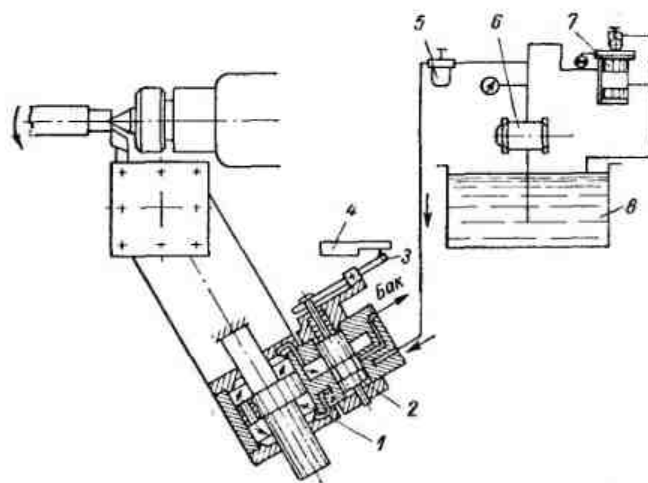


Рис. 84. Гидравлическая схема гидросуппорта ГСП-41

в поршне давление масла в меньшей и большей полостях гидроцилиндра одинаково и определяется настройкой предохранительного клапана 7, но так как рабочие площади двух полостей цилиндра не равновелики, то в результате

действия результирующей силы гидросуппорт перемещается к обрабатываемой детали до соприкосновения ножа гидрощупа 3 с шаблоном 4.

Если нажать на нож рычага щупа и поднять золотник в крайнее верхнее положение, сжимая пружину, то масло из большей полости цилиндра будет свободно сливаться в бак. При этом благодаря сопротивлению в отверстии поршня давление в меньшей полости гидроцилиндра будет значительно превосходить давление в большей полости и суппорт отойдет назад от обрабатываемой детали.

При обтачивании цилиндрической поверхности золотник щупа занимает по отношению к корпусу положение, при котором копировальный суппорт остается неподвижным. При переходе от цилиндрической поверхности к конусной и с увеличением угла конуса на подъеме до 90° (т. е. до прямоугольного торца) нож рычага отклоняется и, нажимая на золотник, увеличивает проходное сечение щупа, вследствие чего гидросуппорт начинает отходить по своим направляющим от детали. В результате сложения движений суппорта в поперечном и продольном направлениях, образуется угол подъема на детали, соответствующий углу подъема шаблона. При копировании других профилей, благодаря сложению двух движений суппорта, на детали образуется форма шаблона.

Точность гидрокопирования при чистовой обработке поверхности по диаметру и длине — $0,1 \text{ мм}$, при обдирке — $0,2 \text{ мм}$.

При центровой обработке партия деталей длина и глубина их зацентровки должны быть точно выполнены. При закреплении детали в патроне с упором в торец глубина зацентровки может быть произвольной.

Для получения малой шероховатости обработанной поверхности рабочую поверхность шаблона следует доводить, так как неровности шаблона переносятся на обрабатываемую деталь. Шаблон изготавливают из листовой стали толщиной $2\text{--}3 \text{ мм}$, шириной 60 и длиной до 600 мм при обтачивании и до 220 мм при торцевой обработке.

При торцевом копировании гидросуппорт снимается с поворотной части и устанавливается на два фиксирующих отверстия, имеющих в нижней части суппорта, под углом 60° к направлению поперечной подачи. Торцевое копирование выполняется с автоматической поперечной подачей гидросуппорта в направлении «на себя».

При черновом обтачивании ступенчатых валов применяют проходной резец с главным углом в плане $\phi = 75^\circ$, при чистовом обтачивании по шаблону — с $\phi = 90^\circ$.

При растачивании отверстий применяют левый расточной резец или расточную державку со вставным правым резцом.

Схемы обработки деталей с применением гидросуппорта показаны на рис. 85.

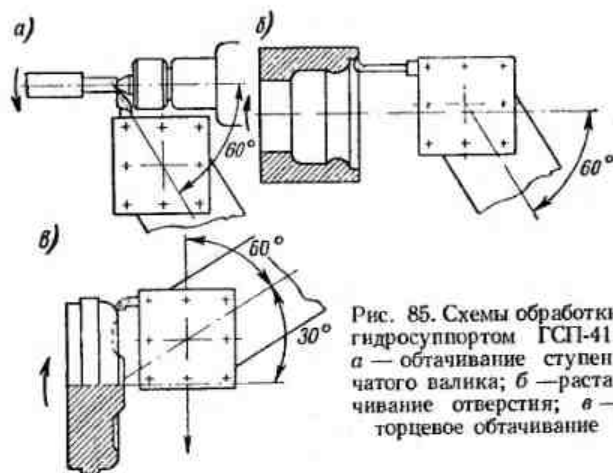


Рис. 85. Схемы обработки гидросуппортом ГСП-41: а — обтачивание ступенчатого валика; б — растачивание отверстия; в — торцевое обтачивание

Строгая установка резцов по центру обязательна во избежание отклонения перепадов диаметров деталей от заданных чертежом. При обработке нежестких валов резец устанавливается выше центра на $1,5\text{--}2 \text{ мм}$, но профиль шаблона соответственно корректируется.

Нож щупа устанавливается так, чтобы его боковые стороны не терлись о профиль шаблона.

Если задана строгая перпендикулярность торцов детали к ее оси, подача при чистовой обработке не должна превышать 1000 мм/мин .

При выборе режимов резания необходимо учитывать, что при обработке деталей с конусными или фасонными участками результирующая подача, полученная в результате сложения автоматической продольной (или поперечной) подачи суппорта с подачей в направлении салазок гидросуппорта, на этих участках будет отличаться от по-

дачи на цилиндрических участках. На участках контура с подъемом она будет уменьшаться, а на участках со спадом — увеличиваться.

Результирующая подача одинакова и равна продольной подаче при обработке цилиндрических и торцевых поверхностей. На участках, где профиль имеет подъем, т. е. когда диаметральные сечения увеличиваются по направлению к передней бабке, результирующая подача уменьшается. На участках, имеющих спад, т. е. когда диаметральные сечения уменьшаются по направлению к передней бабке, результирующая подача увеличивается и достигает максимума при угле наклона касательной к профилю $\alpha = -45^\circ$. При отрицательных углах ($\alpha > -45^\circ$) обработка с гидроконтрольным суппортом ГСП-41 нецелесообразна вследствие резкого возрастания результирующей подачи. С помощью гидросуппортов КСТ-1 и ГС-1, устанавливаемых под углом 45° к направлению подачи, по той же причине нельзя обрабатывать детали с углом спада $\alpha > -30^\circ$.

Точно также при обтачивании ступенчатых валов на станке с гидросуппортом не могут быть получены обычной формы канавки, предусматриваемые между ступенями для выхода шлифовального круга при шлифовании. С учетом этого обстоятельства иногда прибегают к установке дополнительного заднего резцедержателя, в котором может быть расположено несколько прорезных резцов. На рис. 86 изображена такая настройка при обработке ступенчатого вала.

С помощью гидросуппорта обрабатываются ступенчатые валы разнообразных форм и размеров. При этом работа обычно выполняется за две установки: при первой установке резец перемещается от правого конца заготовки вдоль образующей, обтачивая цилиндрические и конические шейки и подрезая уступы и торцы; при второй установке (после переворачивания детали на 180°) обрабатываются шейки и подрезаются уступы и торцы на другом конце вала.

В табл. 13 приведены данные о режимах резания и продолжительности обработки двухступенчатого валика с наибольшим диаметром 32 мм и длиной 427 мм с применением гидроконтрольного суппорта и без него. Как видно из этих данных, производительность труда возросла больше, чем в два раза. При обработке с гидросуп-

портом более сложных ступенчатых валов производительность по сравнению с обычной обработкой валов еще больше увеличивается.

На рис. 87 и 88 приведены схемы, иллюстрирующие последовательность обработки ступенчатых валиков при помощи гидросуппорта, выпускавшегося Магдебургским станкостроительным заводом в Германской Демократической Республике.

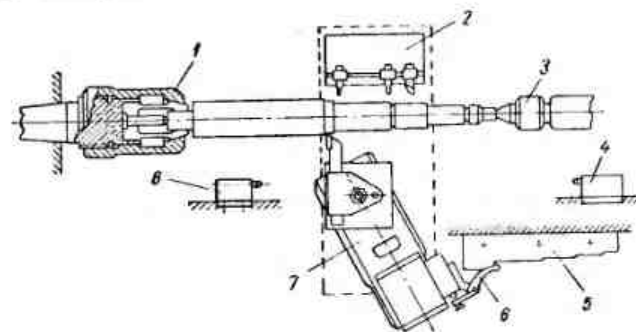


Рис. 86. Схема настройки станка при обработке ступенчатого валика:

1 — цанговый патрон; 2 — дополнительный резцедержатель; 3 — вращающийся центр; 4 и 8 — упоры; 5 — копир; 6 — шуп; 7 — гидросуппорт

В табл. 14 приведены данные о режимах резания и продолжительности обработки этих деталей.

В качестве заготовки для ступенчатого валика (рис. 87) применяется прокат диаметром 60 мм. Вся обработка валика под шлифование выполняется за четыре установки общей продолжительностью 8,5 мин.

1 и 2-я установки осуществляются на центре-поводке с поджимом вращающимся центром задней бабки. При 3 и 4-й установках деталь крепится в трехкулачковом патроне и поддерживается вращающимся центром задней бабки.

При обработке валика применяются два копира: один для чернового, другой для чистового обтачивания.

При 3-й установке участок вала на длине 35 мм обрабатывается резцом гидроконтрольного суппорта сначала на диаметр 40 мм (остальные участки вала этим же проходом доводятся до окончательных размеров), а при следую-

Таблица 13

Режим резания и продолжительность обработки двухступенчатого валика ($\varnothing 32 \times 25$ мм и $L = 427$ мм) с применением гидрокопировального суппорта и без него

Наименование показателей	Без применения гидро-суппорта	С применением гидро-суппорта
Режим обработки		
Скорость резания в м/мин	104	115
Подача в мм/об	0,45	0,40
Глубина резания в мм	2,50	2,50
Продолжительность обработки (штучное время) в мин	4,10	1,90
в том числе:		
установить деталь, закрепить и снять	0,45	0,45
машинное время	1,25	1,15
вспомогательное время (без установки и снятия детали)	2,40	0,30
Производительность труда в %	100	216

щем проходе участок длиной $l = 35$ мм обрабатывается до диаметра 32 мм без смены копира (за счет подачи гидро-суппорта на позиционный упор).

При чистовой обработке производится и окончательное формирование канавок соответственно измененной их форме.

Ступенчатый валик более сложной формы (рис. 88) перед копировальной обработкой подвергается обдирке для удаления основной части припуска. Вся последующая обработка по копиру осуществляется за четыре установки, из которых первые две — для чернового и последние — для чистового обтачивания. Установка валика во всех случаях производится с помощью трехкулачкового патрона (с упором в буртик валика) и вращающегося центра задней бабки.

Не следует однако считать, что обработка ступенчатых валов и других деталей на станке, оснащенном гидрокопировальным суппортом, во всех случаях целесообразна. Существует какое-то минимальное количество деталей

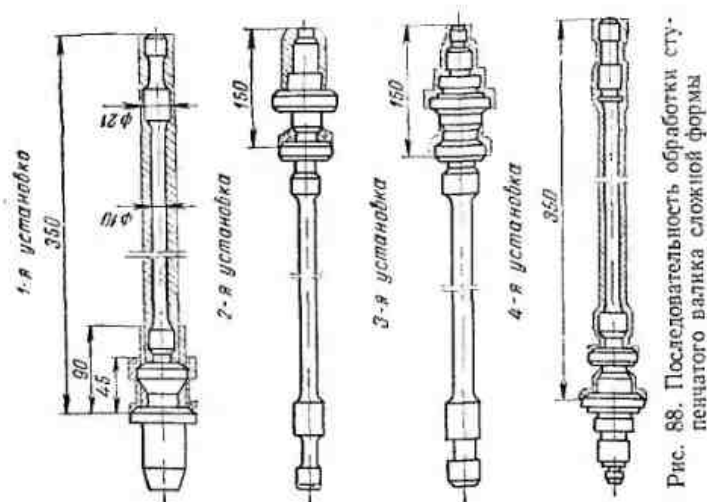


Рис. 88. Последовательность обработки ступенчатого валика сложной формы

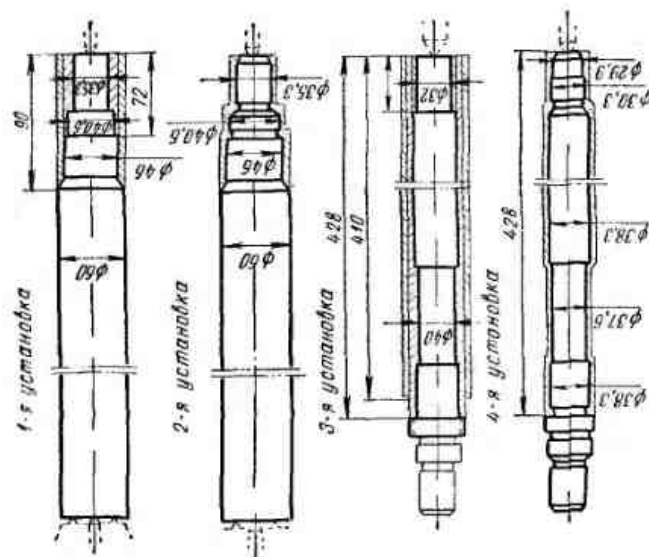


Рис. 87. Последовательность обработки ступенчатого валика простой формы

Последовательность переходов, режимы резания и время обработки ступенчатых валков на токарных станках с применением гидросуппорта конструкции Магдебургского завода (ГДР)

№ установ- ки	перехода	Обработка	мм/об/мин	с в л/мин	l в мм	s в мм/об	t в мм	Время в мин			
								Вспомо- гательное	Маши- ное	Штучное	
Обработка ступенчатого валика (рис. 87)											
1	—	1	Установить деталь	—	—	—	—	0,2	—	—	—
			Обточить одновременно:	500	95	90	0,25	6,5	0,2	0,7	—
			а) с переднего суппорта	500	95	72	0,25	5	—	—	—
			б) с гидросуппорта	—	—	—	—	—	0,2	—	—
			Снять деталь	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	1	Итого	—	—	—	—	0,6	0,7	1,3	—
			Установить деталь	1000	160	90	0,32	0,5	0,2	—	—
			Обточить гидросуппортом	—	—	—	—	0,2	0,3	—	—
			Снять деталь	—	—	—	—	0,2	—	—	—
3	—	1	Итого	—	—	—	—	0,6	0,3	0,9	—
			Установить деталь	—	—	—	—	0,2	—	—	—
			Обточить одновременно:	500	95	410	0,32	6	0,3	2,6	—
			а) с переднего суппорта	500	95	428	0,32	3,3	0,1	0,4	—
			б) с гидросуппорта	500	65	35	0,32	4	0,3	—	—
			Обточить гидросуппортом	—	—	—	—	—	—	—	—
			Снять деталь	—	—	—	—	—	—	—	—
			Итого	—	—	—	—	1,0	3,0	4,0	—

4	—	1	Установить деталь	—	—	—	—	—	0,3	—	—
			Обточить гидросуппортом	1000	160	428	0,32	0,5	0,3	1,4	—
			Снять деталь	—	—	—	—	—	0,3	—	—
			Итого	—	—	—	—	—	0,9	1,4	2,3
Обработка ступенчатого валика сложной формы (рис. 88)											
1	—	1	Установить деталь	—	—	—	—	—	0,2	—	—
			Обточить гидросуппортом	710	115	45	0,2	5	0,2	0,3	—
			То же	710	90	45	0,2	5	0,2	0,3	—
			»	710	75	90	0,2	5	0,2	0,6	—
			»	1000	70	350	0,2	6	0,2	2,0	—
			Снять деталь	—	—	—	—	—	0,2	—	—
			Итого	—	—	—	—	—	1,2	3,2	4,4
2	—	1	Установить деталь	—	—	—	—	—	0,2	—	—
			Обточить гидросуппортом	1000	125	20	0,2	5	0,2	0,1	—
			То же	1000	125	150	0,2	5	0,1	0,8	—
			Снять деталь	—	—	—	—	—	0,2	—	—
			Итого	—	—	—	—	—	0,7	0,9	1,6
3	—	1	Установить деталь	—	—	—	—	—	0,2	—	—
			Обточить гидросуппортом	1400	210	150	0,2	0,5	0,1	0,6	—
			Снять деталь	—	—	—	—	—	0,2	—	—
			Итого	—	—	—	—	—	0,5	0,6	1,1
4	—	1	Установить деталь	—	—	—	—	—	0,2	—	—
			Обточить гидросуппортом	1400	110	340	0,2	0,5	0,2	1,2	—
			Снять деталь	—	—	—	—	—	0,2	—	—
			Итого	—	—	—	—	—	0,6	1,2	1,8

в партии, при котором изготовление копира становится экономически эффективным, т. е. затраты на изготовление копира перекрываются экономией, достигаемой в результате замены обработки на универсальном станке обработкой на станке с гидросуппортом. При определении эффективности применения гидросуппорта можно пользоваться указаниями, приведенными для случая расчета эффективности применения приспособлений в 1-м выпуске данного издания Библиотечки токаря.

Обработка ступенчатых валов на станках с программным управлением. Наибольшей производительности труда удастся достигнуть при обработке ступенчатых валов на станках с программным управлением.

Во 2-м выпуске настоящего 3-го издания Библиотечки токаря описаны устройство и способы настройки токарно-винторезных станков 1К62ПУ и СВПУ, снабженных системами цифрового программного управления.

Наладка этих станков сводится к установке в резцедержателе резцов, соответствующих заданной детали, установке этих резцов в исходное положение и к смене программносителя, т. е. перфокарты. После этого все размеры обрабатываемой детали получаются автоматически. Функция рабочего-оператора ограничивается лишь установкой и снятием детали, пуском станка и выборочным контролем размеров обработанной детали.

В качестве примера составления карты технологического процесса обработки детали на станке СВПУ приведена табл. 20.

10. Обработка нежестких валов

Обработка нежестких валов, т. е. валов, длина которых в 10—12 раз больше их диаметра, представляет значительные трудности, так как под действием собственного веса и сил резания такие валы легко прогибаются. Удовлетворительные результаты в отношении качества поверхности и точности формы и размеров при обработке таких валов возможны лишь в случае дополнительного закрепления (поддержки) их с помощью различного рода подвижных и неподвижных люнетов.

Основные схемы установки нежестких валов на токарных станках с применением люнетов приведены на рис. 89.

На рис. 89, а показана установка вала с применением неподвижного люнета с тремя соответствующим образом отрегулированными кулачками.

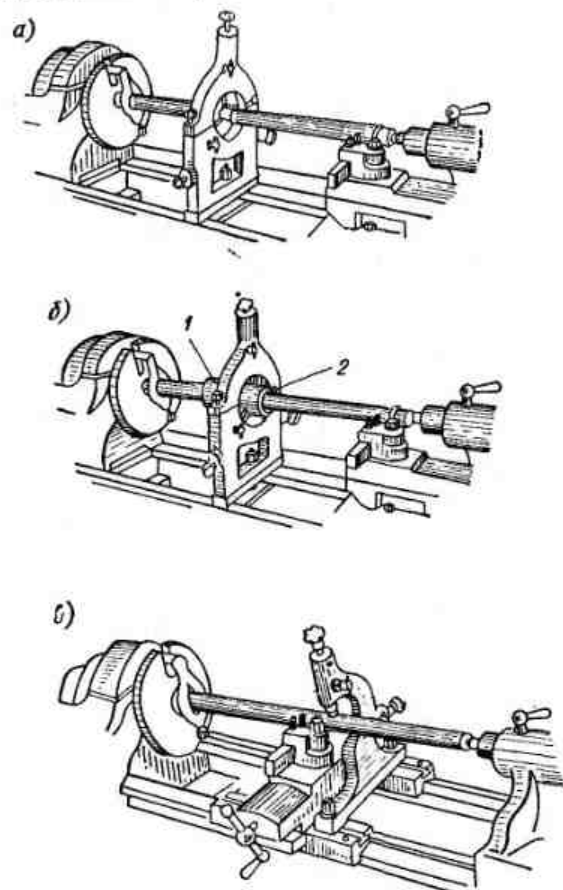


Рис. 89. Основные типы люнетов, применяемых при обработке нежестких валов

В тех случаях, когда по различным причинам не удастся отточить шейки под люнет, применяют способ, показанный на рис. 89, б. На среднюю часть вала надевают втулку 1, закрепленную обычно восемью болтами 2 (по четыре

с каждой стороны). Заготовку с надетой втулкой устанавливают в центрах и, медленно вращая ее, проверяют положение втулки по наружной поверхности при помощи рейсмуса или индикатора.

Регулируя болты 2, добиваются concentричности наружной поверхности втулки относительно оси центров станка. Затем устанавливают люнет и регулируют его кулачки по втулке 1.

При обтачивании длинных валов постоянного сечения применяются подвижные люнеты (рис. 89, в).

Недостатком неподвижных люнетов является то, что при установке их, как правило, можно обрабатывать только правую часть вала. Как только суппорт дойдет до люнета, вал необходимо перевернуть или переменить место установки люнета. Этого недостатка не имеет подвижный люнет, который дает возможность вести обтачивание вала по всей его длине.

Преимуществом неподвижного люнета по сравнению с подвижным является то, что он обеспечивает лучшую поддержку обрабатываемого вала.

Основными путями повышения производительности при обработке нежестких валов являются следующие:

- 1) применение резцов специальной геометрии и рациональных способов их установки, обеспечивающих безвибрационное обтачивание;
- 2) применение способов обработки нежестких валов без люнетов;
- 3) усовершенствование конструкции люнетов и замена их специальными приспособлениями;
- 4) использование рациональных способов обработки шеек под люнеты;
- 5) применение способов обработки нежестких валов, обеспечивающих уменьшение количества перестановок как валов, так и люнетов.

Резцы специальной геометрии и рациональные способы их установки, обеспечивающие безвибрационное обтачивание нежестких валов. Описание резцов для безвибрационного обтачивания нежестких валов дано в 1-м выпуске Библиотечки токаря данного издания.

Особенностью геометрии этих резцов являются относительно большие значения углов в плане ($\varphi = 75^\circ - 90^\circ$ и $\varphi_1 = 30^\circ - 45^\circ$).

Так, например, для обработки валов диаметром 56 мм и длиной 1200 мм токари ремонтно-механического цеха Харьковского тракторного завода применяли специальный резец с большими углами в плане. Этот резец устанавливался на 7,5 мм выше линии центров станка. Такая установка резца в сочетании с его геометрией, как показывает опыт, обеспечивает безвибрационную обработку валов при режимах: $v = 60 - 90$ м/мин; $t = 2 - 4,5$ мм и $s = 0,6$ мм/об. Общая продолжительность обработки вала по новому методу снизилась с 1 ч 30 мин до 6—8 мин.

Другой пример: шейки под люнеты у трансмиссионных валов диаметром 150 мм и выше с отношением l/d меньше

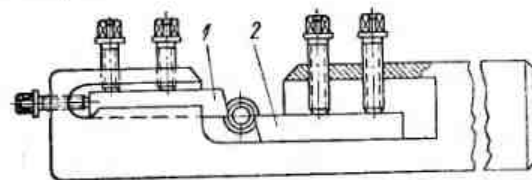


Рис. 90. Обтачивание нежесткого вала с помощью двух резцов, установленных в специальном резцедержателе

20 токарь УЗТМ Е. А. Ефимов обтачивал без установки промежуточной муфты и люнета. Безвибрационная обработка в этом случае достигалась за счет обтачивания при обратном вращении шпинделя станка. Обработка производилась при следующих режимах резания: черновое обтачивание со скоростью резания $v = 5,8$ м/мин; глубиной резания $t = 1,5$ мм и подачей $s = 1,5$ мм/об и чистовое обтачивание — с $v = 14,4$ м/мин; $t = 0,1 - 0,5$ мм, $s = 0,3$ мм/об.

На рис. 90 показан специальный резцедержатель, применяющийся на одном из предприятий Чехословацкой Социалистической Республики при обтачивании длинных валов небольшого диаметра ($l/d \approx 20$). Этот резцедержатель закрепляется на суппорте взамен основного резцедержателя. В нем устанавливают сразу два резца: 1 (передней гранью вниз) и обычный 2. Оба резца устанавливают примерно на одинаковую глубину резания ($t \approx 1$ мм). Таким образом весь припуск на обработку делится здесь между двумя резцами. Резцы заточены с углами $\varphi = 90^\circ$.

Радиальные составляющие силы резания P_y , возникающие при работе резцов 1 и 2, равны и противоположно направлены, что обеспечивает равномерное обтачивание без следов вибраций даже при интенсивных режимах резания.

На Липецком трубном заводе токарь В. А. Загороднов при обтачивании валов диаметром 50 мм и длиной 3200 мм применяет специальную плавающую четырехрезцовую державку. Обрабатываемый вал закрепляется в трехкулачковом патроне и поджимается центром задней бабки. Концы его предварительно протачиваются до окончательного диаметра на длину, примерно равную длине направляющей втулки, запрессованной в корпус головки. На проточенный конец надевается плавающая резцовая головка, связанная шарнирно с резцедержателем станка.

Такая связь позволяет исключить влияние погрешностей перемещающегося суппорта на обрабатываемую деталь. Для уравнивания радиальных сил резания резцы установлены симметрично по диаметру. Первые два из них — черновые, остальные два — чистовые.

Применение плавающей резцовой головки позволило повысить производительность труда почти на 50%.

Применение специальных методов обработки нежестких валов без люнетов. При особых способах установки и крепления обрабатываемых деталей в отдельных случаях можно обеспечить безвибрационную обработку нежестких валов и без применения люнетов.

На рис. 91, а показана установка длинного (нежесткого) вала, осуществленная токарем Семинским. Приспособление для такой установки состоит из обратного центра 1, который может быть закреплен в любом месте отверстия шпинделя, т. е. там, где это требуется в зависимости от длины обрабатываемого вала, трехкулачкового самоцентрирующего патрона 2 с выверенными (шлифованными) кулачками и вращающегося заднего центра 3.

На заготовке вала, предназначенной к обработке в таком приспособлении, предварительно обрабатывается шейка Б длиной 50—60 мм на расстоянии от торца примерно равном половине длины вала; затем под углом 45° обтачивается фаска А. Подготовленная таким способом заготовка вставляется в обратный центр 1, прижимается к нему вращающимся центром задней бабки 3 и зажимается за обточенную шейку кулачками самоцентрирующего патрона.

При обработке первой половины вала обтачивается вторая фаска, по которой центрируется вал при последующей его установке для обработки второй половины.

На рис. 91, б показано это же приспособление, примененное для скоростной обработки длинной трубы; в этом

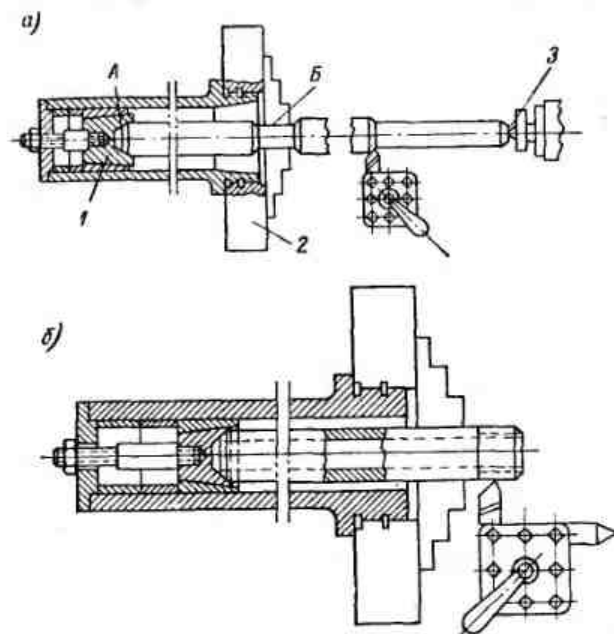


Рис. 91. Приспособление для обработки нежестких длинных валов: а — при поджиме задним центром; б — при консольном закреплении

случае также обеспечивается устойчивое положение детали в процессе ее обработки.

На рис. 92, а изображена деталь, изготавливаемая на Рижском дизелестроительном заводе по следующей технологии. Зажав прутки в патроне, подрезали торец и центровали, а затем проводили всю обработку, выдвинув заготовку из патрона на 130 мм и поджав ее вращающимся центром задней бабки.

При таком способе трудно было обеспечить требуемую цилиндричность детали. Кроме того, имели место частые искривления и поломки детали и резца.

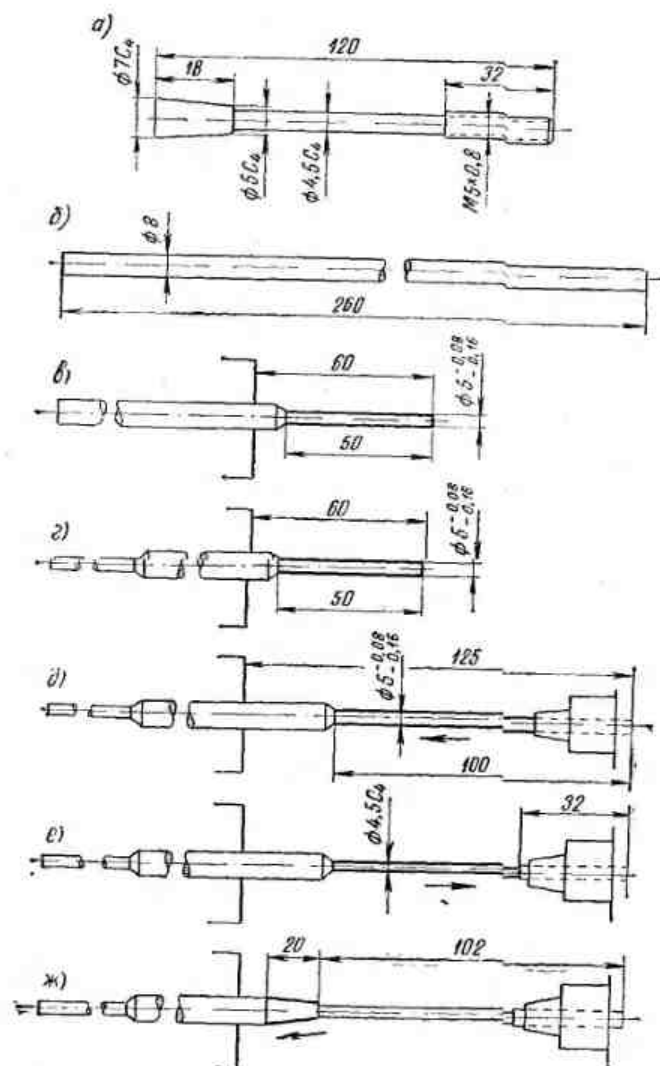


Рис. 92. Рациональная технология обработки длинного валика малого диаметра

По предложению токаря тов. Антипенко, для обеспечения требуемого качества эту деталь стали обрабатывать в следующем порядке:

1) отрезается заготовка диаметром 8 мм и длиной 260 мм сразу на две детали (рис. 92, б);

2) устанавливается и закрепляется заготовка в патроне при вылете 60 мм и затем обтачивается конец на длине 50 мм до диаметра $5_{-0.16}^{+0.08}$ мм (рис. 92, в);

3) так же обтачивается второй конец заготовки у всей партии деталей (рис. 92, г);

4) затем заготовка закрепляется в патроне с вылетом 125 мм, а ее свободный обточенный конец вставляется в отверстие специальной насадки, установленной в корпусе вращающегося заднего центра. При такой установке проходной резец подводится до обточенной поверхности, включается автоматическая подача и обтачивается конец заготовки на длину 100 мм (рис. 92, д). Затем еще раз обтачивают этот конец в направлении к задней бабке до диаметра 4,5 C₄ на длине до риски, отмечающей размер 32 мм от торца (рис. 92, е). Далее, подрезав буртик в размер 102 мм, обтачивают конус длиной 20 мм (рис. 92, ж);

5) перевернув заготовку другим концом, обрабатывают таким же образом вторую ее половину, а потом разрезают и получают две готовые детали.

Усовершенствование конструкции люнетов и замена их специальными приспособлениями. На рис. 93 показан специальный люнет для скоростной обработки нежестких валов, предложенный В. К. Семиным. Конструкция этого люнета значительно отличается от обычных люнетов распространенных конструкций, поставляемых вместе со станками.

Основной частью люнета является корпус 1 с роликоподшипником 2, во внутренней обойме которого запрессована втулка 3. В плавающем кольце 5 смонтированы регулируемые кулачки 8 и зажимной винт 7.

Плавающее кольцо 5 прикреплено к втулке 3 специальными винтами 4 с некоторым зазором и может быть жестко соединено с ней болтами 9. Корпус 1 устанавливается на станину станка и закрепляется на ней поворотом рукоятки 6.

Принцип работы этого люнета заключается в следующем: посредством зажимного болта 7 закрепляют плавающее кольцо 5 на обрабатываемом валу, а так как кольцо

смонтировано между головками винтов 4 и втулкой 3 по скользящей посадке, то при закреплении оно самоустанавливается по валу и смещается в зависимости от имеющегося в месте установки люнета эксцентриситета наружной поверхности необработанного вала. После этого болтами 9 соединяют плавающее кольцо 5 со втулкой 3 и начинают обработку вала.

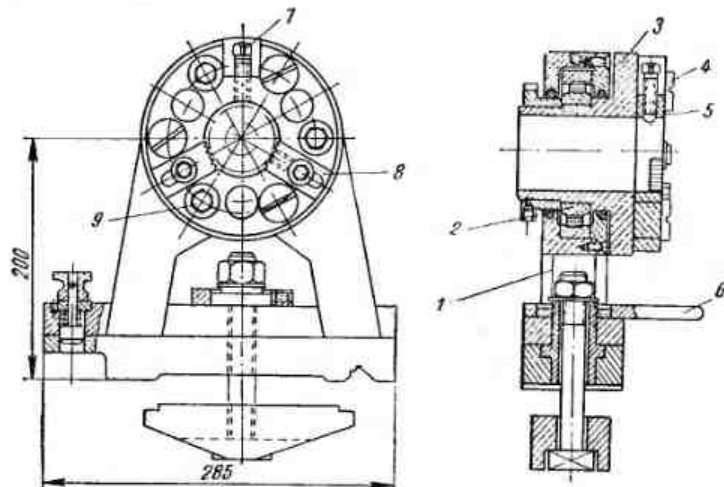


Рис. 93. Неподвижный люнет для обработки жестких валов

При таком способе крепления вал находится в ненапряженном состоянии, и после обтачивания его первой половины и освобождения от люнета он не имеет биения.

Обработав первую половину вала у всей партии, устанавливают кулачки 3 по диаметру проточенной части вала, и, закрепляя на ней плавающее кольцо 5, обрабатывают вторую половину вала.

Применение люнета с самоустанавливающимся плавающим кольцом устраняет необходимость предварительного обтачивания шейки под люнет и дает возможность производить скоростную обработку жестких валов (с соотношением l/d до 30).

На рис. 94, а изображено приспособление — люнет, предложенное токарем тов. Федоровым для обтачивания длинных тонких деталей, которое может быть установлено на любом токарном станке.

Приспособление представляет собой резцовую державку 1, в специальной головке которой запрессован шариковый подшипник 2 со сменной втулкой 3. Обрабатываемый пруток пропускается через эту втулку. Для предохранения от загрязнения подшипник закрыт крышкой 4.

Схема установки люнета на токарном станке показана на рис. 94, б. Меняя направляющие втулки, можно обрабатывать детали разных диаметров.

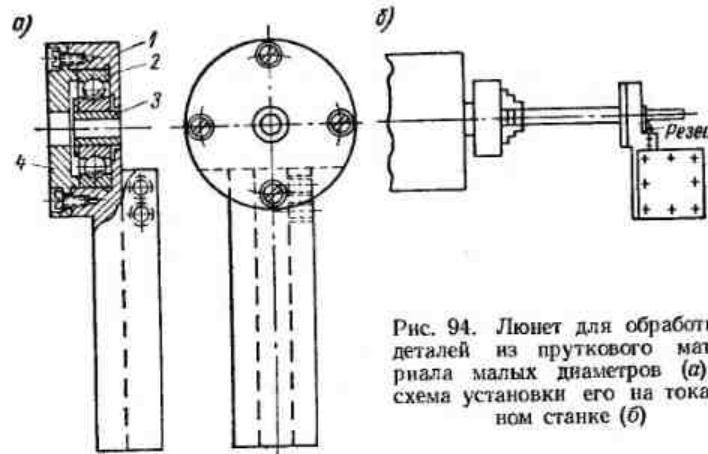


Рис. 94. Люнет для обработки деталей из пруткового материала малых диаметров (а) и схема установки его на токарном станке (б)

Применение этого приспособления дает возможность обрабатывать тонкие длинные детали за один проход. Благодаря этому при обработке деталей диаметром 6 мм, длиной 118 мм и — диаметром 5 мм, длиной 90 мм токарю Федорову удалось довести сменную выработку до 400 шт., тогда как без применения этого приспособления он обрабатывал за смену не более 30—40 деталей.

На рис. 95 изображена последовательность обработки длинного конусного валика (рис. 95, а) из калиброванного прутка диаметром 14 мм (сталь 50ХФА) с применением люнета, аналогичного изображенному на рис. 94.

Последовательность обработки этого валика можно проследить по рис. 95, б.

1-й переход (после зацентровки) с двух сторон. Обтачивание шейки диаметром 9,6 мм на длину около 50 мм.

2-й переход. Обтачивание по диаметру 9,6 мм с применением люнета (по рис. 94).

3-переход. Обтачивание конца длиной 5 мм до диаметра 9,6 мм, не обточенного в предыдущем переходе.

4-й переход. Обтачивание конуса на длину 540 мм и цилиндрического участка диаметром 6 мм. Обработка конусной части валика с диаметрами 9,6 и 3,5 мм и длиной 915 мм разбита на два прохода.

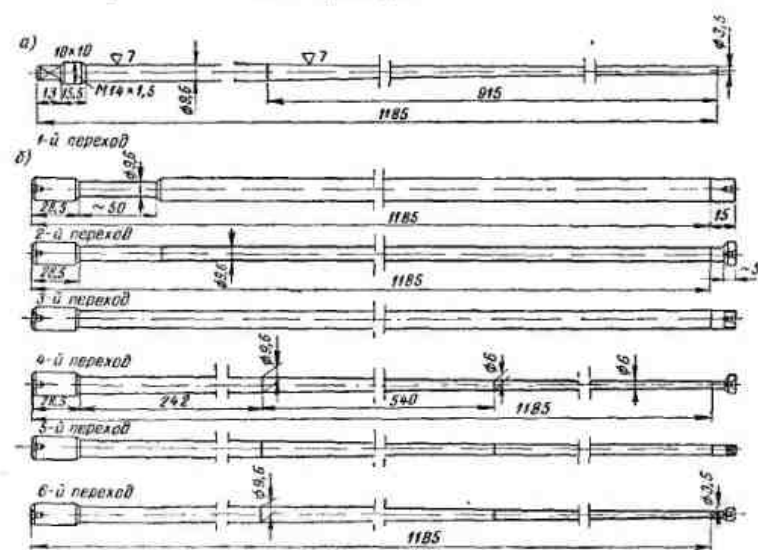


Рис. 95. Рациональная технологическая последовательность обработки нежесткого вала

5-й переход. Обтачивание конца валика до диаметра 6 мм.

6-переход. Обтачивание тонкой части конуса с диаметрами 6 и 3,5 мм.

Способы обработки шеек под люнеты. Правильность базовой шейки под люнет оказывает большое влияние на точность обработки.

При обработке длинных и тонких валов для обтачивания шейки под люнет в средней части вала предварительно обтачивают одну или две временные шейки, расположенные ближе к передней бабке. Обточив одну такую шейку, устанавливают люнет и обтачивают другую шейку.

Практический интерес представляет новый способ устранения эллиптичности при обтачивании шеек под лю-

неты, предложенный токарями УЗТМ гг. Проволовичем и Шабалиным. При обтачивании шеек на длинных валах обычным способом в большинстве случаев при первых проходах не удается избавиться от эллиптичности. Только после нескольких повторных проходов с низкими режимами резания удается частично устранить эллиптичность.

Устранения эллиптичности шеек под люнеты новаторы добились при помощи следующих мероприятий: после обтачивания обычным способом на обточенную поверхность устанавливается люнет, и кулачки его поджимаются. В резцедержателе закрепляется резец с таким расчетом, чтобы он проходил между кулачками люнета; суппорт при обтачивании шейки не доходит до люнета. Шейка обтачивается при обратном вращении шпинделя за два-три прохода. После каждого прохода кулачки поджимаются.

Как показал опыт, таким способом можно уменьшить эллиптичность до 0,03 мм.

В тяжелом машиностроении успешно применяется способ шлифования шеек валов для устранения их эллиптичности. В этом случае вал устанавливается на кулачки люнета и с помощью шлифовального приспособления кругом, расположенным над кулачками люнета, производится шлифование шеек. Способ этот дает наиболее точные результаты и требует сравнительно небольших затрат времени.

Технология обработки нежестких валов. Рациональная технология обработки нежестких валов должна предусматривать в первую очередь уменьшение количества перестановок как самих валов, так и люнетов (см., например, последовательность обработки вала по рис. 95).

Обычно длинные тонкие валы, требующие применения нескольких люнетов, обрабатываются следующим способом. На вал надеваются две втулки, которые устанавливаются в люнеты, на валу протачиваются две шейки под люнеты, люнеты переставляются на эти шейки, затем производится обработка вала между люнетами с многократными перестановками люнетов и валов.

На рис. 96 показана последовательность обработки валов диаметром около 100 мм и длиной около 6 м, предусматривающая минимальное количество перестановок люнетов и обрабатываемых деталей.

При обработке по этой схеме вал устанавливается в центрах и конец его зажимается кулачками планшайбы. В середине вала устанавливаются два люнета А и Б,

не касающиеся вала. Со стороны заднего центра обтачивается конец вала на длину 180 мм. Затем под люнет *Б* подкладываются деревянные подкладки *Д* и кулачки люнета слегка поджимаются. При длине вала более 6 м таким способом зажимаются оба люнета *А* и *Б*. На суп-

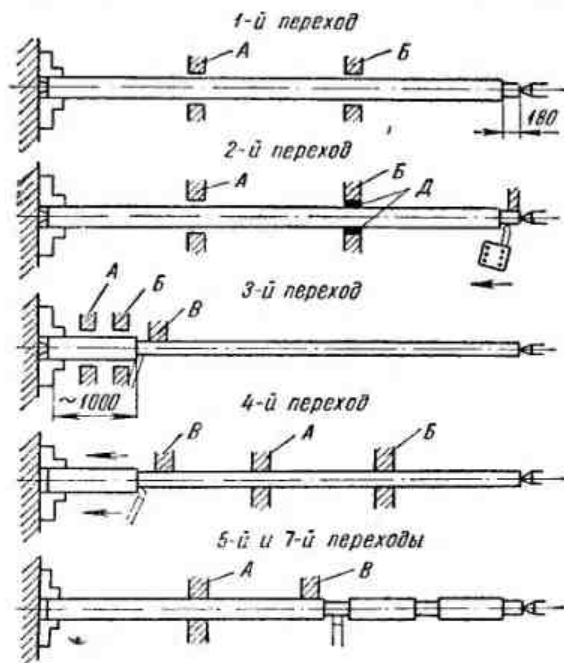


Рис. 96. Рациональная технологическая последовательность обработки нежесткого вала

порт устанавливается подвижной люнет *В*, а левее его, как можно ближе к кулачкам люнета, закрепляется подрезной резец с вылетом из резцедержателя, равным приблизительно 100 мм. Такой значительный вылет нужен для того, чтобы резец имел возможность несколько пружинить при обработке.

При обтачивании по мере приближения резца к люнетам *А* и *Б* их освобождают и сдвигают по станине в направлении к планшайбе. Таким образом, вал обтачивается почти на всю длину; необработанной остается только часть вала длиной около метра от планшайбы.

После этого суппорт отводится в крайнее правое положение, и по рейсмусу или индикатору проверяется биение вала. Затем суппорт передвигается к планшайбе, люнеты *А* и *Б* устанавливаются справа от него на обточенную часть вала, и производится обработка остальной части до кулачков патрона. В 5 и 7-м переходах у перевернутого вала, установленного в неподвижных люнетах, обтачиваются ранее необработанный конец и шейки вала.

Глава

IV

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ТИПА ВТУЛОК, ГИЛЬЗ И КОЛЕЦ

Основными путями рационализации технологических процессов обработки деталей типа втулок, гильз и колец являются:

- 1) выбор рациональной заготовки;
- 2) рационализация методов установки и закрепления обрабатываемых деталей;
- 3) выбор рациональной схемы обработки, а также последовательности и количества установок и переходов;
- 4) применение наиболее производительных способов и приемов обработки отдельных поверхностей;
- 5) автоматизация процесса обработки.

11. Выбор рациональной заготовки

Основными видами заготовок при изготовлении деталей типа втулок являются: прокат, трубы, отливки, горячая штамповка и поковки.

Наименьшую себестоимость имеют детали, изготовляемые из труб. Это объясняется тем, что стоимость труб значительно ниже стоимости поковок и заготовок, полу-

чаемых горячей штамповкой, а коэффициент использования металла при изготовлении деталей из труб, как правило, значительно выше, чем при изготовлении деталей из других видов заготовок.

Наибольшую же себестоимость, как показывают данные, приведенные в табл. 15 и 16, имеют детали, изготавливаемые из поковок с большими припусками на механическую обработку. Поэтому естественно стремление к замене поковок другими более рациональными видами заготовок.

Таблица 15

Сопоставление стоимости заготовки для втулки при изготовлении ее из кововой заготовки и из горячекатаного проката

Наименование расходов	Стоимость одной заготовки в руб.	
	Свободная ковка	Из проката
Цена проката за 1 кг	0,21	0,21
Стоимость проката для одной заготовки	6,18	5,96
Зарплата на рубку и ковку	0,66	—
Зарплата на отрезку и сверление отверстия диаметром 70 мм	—	0,23
Цеховые и общезаводские расходы	5,55	0,88
Стоимость топлива для нагрева	0,27	—
Стоимость одной заготовки	12 руб. 87 коп.	7 руб. 28 коп.

Для втулки с диаметром наружной поверхности 125 мм, длиной 250 мм и трехступенчатым отверстием $\varnothing 100 \times 89 \times 100$ мм, наиболее рациональной заготовкой явилась бы труба с наружным диаметром 130 мм и внутренним — 84 мм. Однако по стандарту изготовление таких труб не предусмотрено.

В табл. 15 приведено сопоставление стоимости заготовки для этой втулки при условии изготовления ее из поковки размерами $\varnothing 140 \times 62$ и $L = 270$ мм и из горячекатаного проката размерами $\varnothing 130 \times 70$ и $L = 255$ мм.

Таблица 16

Изменение себестоимости втулки (рис. 97) при изготовлении ее из заготовок различных видов

Показатель	Значение показателей при различных видах заготовки			
	Свободная ковка	Горячая штамповка	Сварная конструкция	Точное литье
Вес заготовки в кг	30,0	20,0	8,0	2,0
Стоимость изготовления детали в руб.	25,0	18,0	8,2	3,0
В том числе стоимость:				
поковки	15,0	—	—	—
горячей штамповки	—	10,0	2,0	—
заготовки сварной конструкции	—	—	1,16	—
механической обработки и сварки	2,0	1,6	1,0	—
цеховых и общезаводских расходов	8,0	6,4	4,0	—
Стоимость 1 т готовых деталей в руб.	12 500	9000	4100	1500

Из данных табл. 15 видно, что стоимость заготовки, полученной свободной ковкой, почти в два раза выше стоимости заготовки из горячекатаного проката. Кроме того, трудоемкость последующей механической обработки поковки также значительно больше, чем заготовки из проката.

Большой эффект в отношении уменьшения трудоемкости механической обработки и расхода металла может дать применение в качестве заготовок для деталей сложной формы отливок, полученных методом точного литья. По этому способу можно изготавливать сложные отливки из любых сплавов как черных, так и цветных. Опыт работы ряда заводов показал возможность получения методом точного литья отливок весом от десятых долей грамма до 100—150 кг. Чистота поверхностей отлитой детали при точном литье соответствует 4—5-му классам, а точность размеров находится в пределах допусков 3—

5-го классов. Благодаря этому большинство отливок, полученных методом точного литья, не требует последующей механической обработки, и только детали с высокими требованиями к размерам и чистоте поверхности подвергаются небольшой отделочной обработке.

Во многих случаях получение заготовок для втулок по методу точного литья позволяет сократить объем механической обработки на 80—90%, уменьшить расход

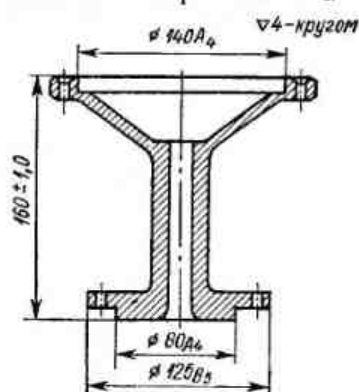


Рис. 97. Втулка сложной формы

металла в 1,5—2 раза и снизить себестоимость деталей в 2—3 раза. Необходимо, однако, иметь в виду, что получение точного литья требует применения специальной оснастки, расходы на изготовление которой не окупаются при изготовлении небольших партий деталей. Этот процесс рекомендуется применять при изготовлении деталей из цветных сплавов, дорогих и труднообрабатываемых сталей и их сплавов, а также в тех случаях, когда экономия в результате сокращения механической обработки и уменьшения расхода металла при переводе на точное литье будет превышать затраты, связанные с осуществлением процесса точного литья.

На рис. 97 изображена втулка сложной формы, а в табл. 16 приведены основные данные о себестоимости этой детали при условии изготовления ее из заготовок различных видов.

Приведенные примеры далеко не полностью иллюстрируют возможности значительного снижения трудоемкости механической обработки и себестоимости детали путем рационального выбора заготовки. Значительную экономию может дать также применение заготовок, рассчитанных на несколько деталей, и изготовление деталей (или заготовок) методом вырезания.

Многие детали типа втулок изготавливаются из круглого проката. При этом размеры заготовок часто рассчитывают на три, две и даже на одну деталь. Новаторы произ-

водства стремятся увеличить размеры заготовок и обрабатывать одновременно несколько деталей.

Рис. 98 иллюстрирует новую технологию обработки втулки $\varnothing 96 \times 76$; $L = 70$ мм, принятую на Харьковском заводе дорожных машин.

Раньше каждая такая втулка вытачивалась из одиночных заготовок диаметром 120×75 мм. По предложению токаря тов. Коваленко эти втулки стали изготавливать из длинной заготовки, рассчитанной на 15 втулок. При этом был принят новый, более производительный процесс обработки втулки.

По новому процессу заготовка обтачивалась (1-й переход) до диаметра 110 мм на длину 1130 мм, затем (2-й переход) канавочным резцом прорезались канавки шириной 5 мм до диаметра 50 мм и упорно-проходным резцом обтачивались (3-й переход) поверхности $\varnothing 97$ мм. Затем производилось сверление отверстия сверлом диаметром 20 мм и рассверливание перовым сверлом $\varnothing 60$ мм, при котором от прутка отделялись заготовки в виде втулок (4-й переход). Дальнейшая (чистовая) обработка втулок производилась из полученных таким образом заготовок по одной детали.

Применяя новый порядок обработки, тов. Коваленко затрачивал 39 мин на каждую деталь, в то время как раньше на это требовалось почти в 2 раза больше времени. Помимо повышения производительности труда, токарь добился и экономии в расходе металла.

Рассмотренный процесс обработки является характерным; он часто применяется при изготовлении деталей типа втулок, шестерен, гаек, колец и дисков.

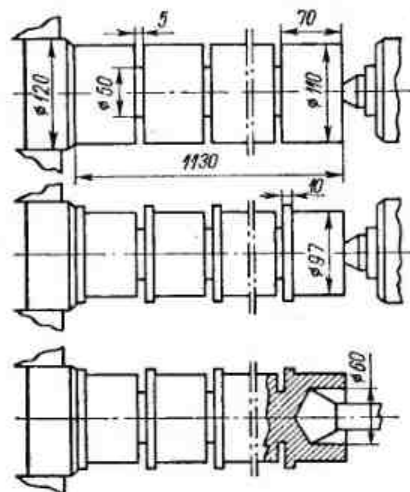


Рис. 98. Технологическая последовательность обработки при изготовлении нескольких втулок из одной заготовки

Вырезание заготовок применяется при изготовлении нешироких деталей с большими отверстиями. Например, заготовки для шлицевых гаек $\varnothing 120 \times 80$ $L = 12$ мм изготавливались из проката диаметром 130 мм путем высверливания отверстия диаметром 50 мм и последующего отрезания деталей резцом шириной 5—6 мм.

При такой технологии из прутка $\varnothing 130 \times 590$ мм получалось 30 деталей; при этом около 60% металла уходило в стружку.

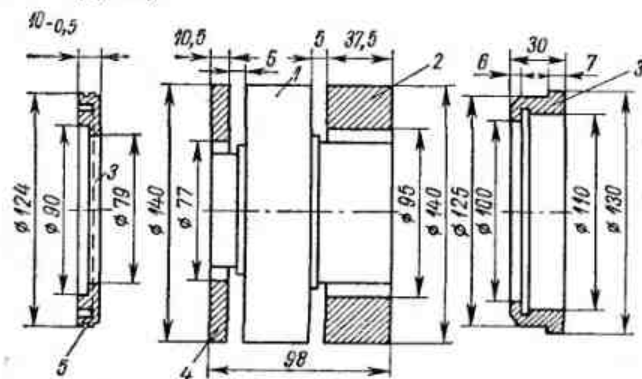


Рис. 99. Изготовление трех различных деталей методом вырезания из одной заготовки

По предложению токаря Н. И. Эглита, выполнявшего эту операцию, была внедрена новая технология, по которой для вырезания из заготовки $\varnothing 130$ мм гаек $\varnothing 120 \times 80$ и высотой 12 мм применяется специальный изогнутый резец. При этом остается целой сердцевина прутка диаметром 65 мм, из которой затем получают другие детали соответственно $\varnothing 62 \times 38$ и $\varnothing 34 \times 20$ мм.

При работе по новой технологии из одного прутка $\varnothing 130 \times 590$ мм получается: 33 заготовки гаек $\varnothing 120 \times 80$, $L = 12$ мм; 58 упорных колец $\varnothing 62 \times 8$, $L = 5$ мм и 19 втулок $\varnothing 36 \times 20$, $L = 25$ мм.

Внедрение новой технологии позволило не только сократить расход металла, но и существенно уменьшить трудоемкость изготовления деталей.

На рис. 99 изображены заготовки и вытачиваемые из них токарем В. П. Подкопаевым детали. При изготовлении деталей двигателя мелкими сериями на токарный

станок поступает заготовка из сортового материала ($\varnothing 140$ мм; $L = 98$ мм). В. П. Подкопаев вырезает из нее изогнутым резцом два кольца: $\varnothing 140 \times 95$; $L = 37,5$ мм (деталь 2) и $\varnothing 140 \times 77$; $L = 10,5$ мм (деталь 4). При этом остается заготовка 1 со сравнительно небольшими припусками, из которой затем изготавливается корпус форсунки. Из большого кольца 2 изготавливается гнездо подшипника 3 (вторая деталь), а из меньшего кольца 4 — шайба чехла 5 (третья деталь). Реализация предложения В. П. Подкопаева позволила сэкономить на одном комплекте, состоящем из трех деталей, 7 кг стали. Объем токарных работ по изготовлению этих деталей сократился почти вдвое.

12. Методы установки и закрепления обрабатываемых деталей

Правильно выбранный метод установки и закрепления детали должен обеспечить необходимую точность при многократных переустановках и требуемую жесткость для возможного повышения режимов резания. Изменяя принятый метод установки детали, можно добиться и уменьшения числа ее установок. Вместо двух установок, необходимых для выполнения какой-либо обработки, иногда возможно применить такой метод, который, не усложняя самого процесса установки, дает возможность выполнить всю обработку детали в меньшее время за одну установку. И, наконец, применяя специальные приспособления, можно производить одновременную обработку нескольких деталей, что также значительно снижает общую трудоемкость.

Подробно вопрос о конструкциях приспособлений для закрепления деталей типа втулок, гильз, шестерен и колец изложен во 2-м выпуске 3-го издания Библиотечки токаря. Здесь рассматриваются лишь отдельные вопросы, связанные с выбором и эксплуатацией универсальных патронов и оправок для обеспечения наибольшей производительности труда и повышения точности обработки.

Установка и закрепление деталей в универсальных патронах. Основными направлениями рационализаторской деятельности токарей по усовершенствованию установок

и закрепления деталей в универсальных патронах являются:

1) рациональное использование и расширение области применения универсальных патронов;

2) усовершенствование рабочих приемов по выверке деталей;

3) повышение жесткости при установке и закреплении деталей.

Наибольшее применение в индивидуальном и мелко-серийном производстве имеют универсальные трехкулачковые самоцентрирующие патроны с ключевым приводом.

Большое количество причин, отрицательно влияющих на точность центрирования этими патронами, не позволяет получать строгой concentричности поверхностей детали, если они обрабатываются при разных ее установках. Только благодаря специальной подготовке патрона, заключающейся в выверке, растачивании или шлифовании кулачков, можно обеспечить необходимую concentричность установки детали.

Для новых патронов допускаемое биение зажатой в патрон оправки принимают от 0,06 до 0,12 мм (в зависимости от диаметра патрона). В процессе эксплуатации точность патрона понижается. Вследствие этого в большинстве случаев кулачковые патроны используются только для первых операций (черновые работы) или для обработки детали за одну ее установку.

Токари П. Б. Быков, В. К. Семинский и другие новаторы, применив усовершенствованные методы подналадки и эксплуатации универсальных патронов, добились высокой точности обрабатываемых деталей при многократных установках и расширили область применения универсальных патронов. Так, например, П. Б. Быков в обычном универсальном трехкулачковом патроне при многократных установках получал concentричные поверхности с биением, не превышающим 0,03 мм, причем на перестановку деталей затрачивалось времени не больше, чем на поворачивание резцедержателя.

Для достижения этих результатов тов. Быков осуществил ряд мероприятий.

1. Благодаря тщательному уходу, хорошей смазке и правильному регулированию подшипников он обеспечил точное вращение шпинделя и снизил его биение в осевом и радиальном направлениях до 0,01 мм.

2. Выбрал патрон с точным (без качки) перемещением кулачков, а для повышения его износоустойчивости закалил спиральный диск (улитку), который поступает обычно от завода-изготовителя незакаленным.

3. Для зажима обрабатываемых деталей применил сырые кулачки, которые при каждой наладке на заданный размер растачивал или обтачивал (в зависимости от метода закрепления детали); растачивание кулачков

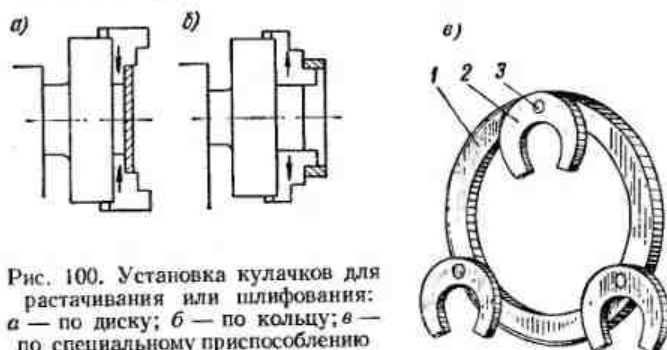


Рис. 100. Установка кулачков для растачивания или шлифования: а — по диску; б — по кольцу; в — по специальному приспособлению

Быков производил с зажатым диском (рис. 100, а), а обтачивание — с кольцом (рис. 100, б). Сила, прилагаемая к рукоятке ключа для зажима диска и кольца при настройке для растачивания кулачков, была приблизительно такой же, как при зажатии соответствующих деталей; таким образом, между кулачком и спиралью диска создавались напряжения, соответствующие напряжениям при последующих установках деталей, чем обеспечивалась точность установки детали.

На рис. 100, в показано специальное приспособление, применяемое для растачивания или шлифования кулачков в напряженном состоянии патрона. Оно состоит из кольца 1 и трех подковообразных серег 2, шарнирно прикрепленных к кольцу на осях 3. Приспособление устанавливают на кулачки патрона так, чтобы в каждую сергу входили их скосы. Затем кулачки перемещают так же, как и при зажиме обрабатываемой заготовки. Серьги, вращаясь на осях, самоустанавливаются и кулачки принимают рабочее положение, при котором внутренние поверхности их больших призм доступны для шлифования и растачивания.

4. При последующих установках деталей П. Б. Быков точно воспроизводит условия зажима. Это достигалось простым способом: нанося мелом риску на кулачке патрона и против нее риску на детали, он совмещал их при последующих установках.

На рис. 101 приведены две схемы закрепления детали в трехкулачковых самоцентрирующих патронах с закаленными и незакаленными кулачками.

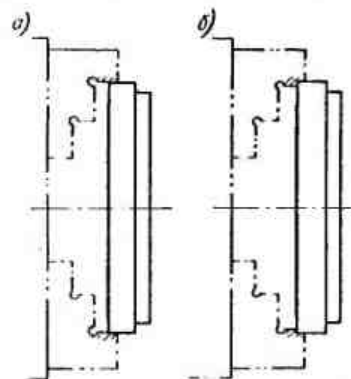


Рис. 101. Закрепление деталей в закаленных и сырых кулачках

На рис. 101, а показан обычный способ закрепления цилиндрической детали в прямых закаленных кулачках патрона. При относительно небольшом вылете детали из патрона подобное крепление довольно надежно. Но при серийной обработке такой способ крепления требует излишних затрат времени на выверку детали, так как деталь не имеет упора в торец.

На рис. 101, б показано закрепление этой же детали в незакаленных кулачках, предварительно расточенных так, что возможен упор деталей в буртик.

Целесообразность применения незакаленных кулачков объясняется также и повышенным точности центрирования. Известно, что точная установка без биения в закаленных кулачках невозможна. Для повышения точности установки требуется дополнительное время на выверку детали. Кроме того, недостаточная надежность крепления заставляет вести обработку с пониженными режимами резания.

При закреплении деталей в незакаленных кулачках отпадает необходимость в выверке, а при многократных переустановках деталей обеспечивается вполне определенное положение их в осевом направлении. Благодаря этому обработка, осуществляемая по упорам или лимбам, обеспечивает получение точных размеров у всей партии деталей.

Расширению области применения универсальных патронов способствует также возможность применения их со специальными съемными кулачками. Нормальными кулачками самоцентрирующего патрона можно зажимать деталь только за цилиндрическую поверхность. Поэтому такие кулачки рекомендуется применять для закрепления уже обточенных деталей или заготовок с более или менее правильными цилиндрическими поверхностями. Правильное и надежное крепление заготовок с литейными или штамповочными уклонами при применении нормальных кулачков невозможно.

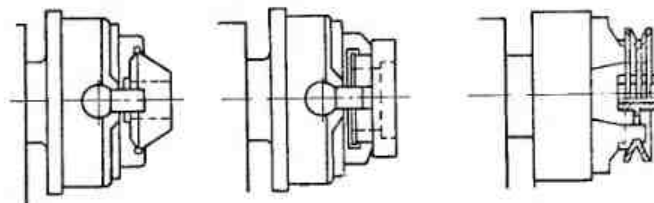


Рис. 102. Закрепление деталей в патронах со специальными кулачками

Применение специальных съемных кулачков, приспособленных к конфигурации и размерам обрабатываемых деталей и их базовым поверхностям, позволяет сократить время установки и выверки детали, а также обеспечить более надежное закрепление не только при обработке отливок и поковок, но и в случаях необходимости закрепления в патроне деталей с обработанными фасонными поверхностями.

На рис. 102 изображены патроны со специальными кулачками для установки деталей со сложными базовыми поверхностями. Установка этих деталей в патронах с обычными кулачками была бы невозможна без применения специальных подкладок.

Широкое применение съемные кулачки могут найти и при обработке мелких деталей сложной формы в двухкулачковых самоцентрирующих патронах.

При обработке в патронах много времени занимает выверка устанавливаемых заготовок. Так, например, при установке отливок и поковок с неправильными базовыми поверхностями, а также при необходимости соблюдения

особых требований к установке деталей вдоль оси шпинделя приходится прибегать к выверке.

Однако во многих случаях выверку заготовок можно исключить применением простейших устройств.

Приведем два примера, показывающие возможность исключения выверки при установке заготовки в патроне.

Пример 1. При обтачивании втулки, изображенной на рис. 103, а, для возможности обработки торцевой

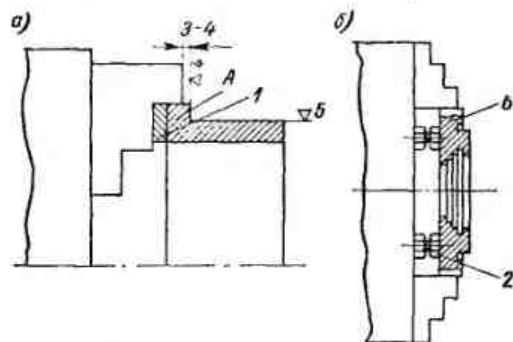


Рис. 103. Установка втулки с буртиком в патроне без выверки

поверхности уступа *A* необходимо было устанавливать втулку в кулачках патрона таким образом, чтобы уступ ее находился от торцевой поверхности кулачков не менее, чем на расстоянии 3—4 мм. Это обстоятельство усложняло установку детали и требовало выверки ее.

Токарь Уральского завода тяжелого машиностроения М. И. Задорин сократил время на установку, выверку и крепление детали с 1,6 до 0,4 мин. Он достиг этого при помощи специального упорного кольца *1*, устанавливаемого между обрабатываемой втулкой и ступеньками кулачков. Прижимая торец втулки к кольцу, он исключил перекос детали и необходимость ее выверки.

Пример 2. При установке в кулачках крышки (рис. 103, б) для обработки торцевой поверхности *B* необходимо было производить точную выверку по оси, на что затрачивалось лишнее время. Применение специальных упоров *2* позволило сократить время на установку детали.

Имеется ряд конструкций универсальных упоров, предложенных токарями-новаторами для обеспечения правильной установки обрабатываемых деталей в кулачках патронов. Некоторые из таких конструкций приведены на рис. 24.

На повышение жесткости закрепления обрабатываемых деталей, как на одно из мероприятий, способствующих

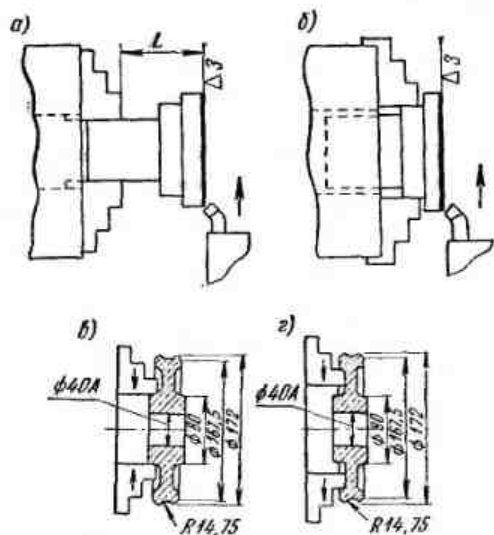


Рис. 104. Примеры повышения жесткости при закреплении деталей в патроне

щих увеличению производительности, уже указывалось выше. Приведем несколько наиболее характерных примеров из опыта токарей-новаторов, показывающих основные способы повышения жесткости при установке и закреплении деталей в патронах. При креплении в патроне стараются установить деталь таким образом, чтобы вылет *L* (рис. 104, а), т. е. выступающий из патрона конец ее, был как можно меньше. Чем больше при одном и том же диаметре вылет обрабатываемой детали, тем больше и влияние опрокидывающих моментов.

На рис. 104, а изображена неправильная, а на рис. 104, б — правильная установка ступенчатой отливки.

Чем больше диаметр поверхности детали, на которую действуют кулачки патрона, по сравнению с диаметром обрабатываемой поверхности, тем надежнее закрепление и меньше вероятность проворота детали в патроне (рис. 104, в и г).

Изменив поверхности прижима и применив специальные кулачки для закрепления шкива, токарь-новатор Таганрогского завода комбайнов тов. Креузов увеличил производительность обработки в несколько раз.

Для дополнительной поддержки свободного конца сравнительно длинной детали, зажатой в патроне, используется центр задней бабки. При этом часто применяются специальные вращающиеся задние центры, прижимающие обрабатываемую деталь к опорным стенкам кулачков патрона. Такой способ следует рекомендовать при закреплении деталей большого диаметра короткими губками кулачков.

В отдельных случаях, особенно при обработке крупных деталей, жесткость закрепления может быть повышена путем устройства специальных дополнительных прижимов на кулачках патрона.

При обработке втулки диаметром 975 мм токарь завода «Красный пролетарий» тов. Марков, установив на кулачках патрона специальные прижимные планки, повысил жесткость закрепления детали и, работая на скоростных режимах, добился значительного увеличения производительности.

Установка и закрепление деталей в специализированных патронах. Выше рассматривались вопросы, связанные с установкой деталей только в универсальных патронах. Однако в практике токарей новаторов производства встречаются многочисленные случаи рационального применения *специализированных патронов*. Различные конструкции подобных патронов (кулачковых, цанговых, роликовых, с гидропластом, с тарельчатыми пружинами и др.), а также примеры их использования при обработке втулок рассмотрены во 2-м выпуске 3-го издания Библиотечки токаря.

Для обработки гильз обычно изготавливают специализированные патроны в виде труб, при необходимости применяют и поддерживающие гильзу люнеты.

Тонкие кольца успешно обрабатываются в магнитных патронах, обеспечивающих точную и быструю установку деталей.

На рис. 105 изображена установка тонкого кольца на зеркало магнитного патрона. Здесь закрепление осуществляется поворотом ключа за счет энергии магнитного поля, создаваемой постоянными магнитами. Подробное описание и принцип действия устройства магнитных приспособлений этого типа дано во 2-м выпуске Библиотечки токаря.

Установка и закрепление деталей на оправках. Оправки применяются при изготовлении деталей не только с точно обработанными, но и с необработанными или грубо обработанными отверстиями.

На установку, закрепление и снятие одной и той же детали, в зависимости от конструкции применяемой оправки, затрачивается различное время. Например, нормативное время на установку, закрепление на оправке и снятие детали весом 5 кг колеблется от 0,14 до 0,7 мин в зависимости от применяемой конструкции оправки.

Сокращение времени на установку и снятие детали при обработке ее на оправке достигается в основном за счет правильного выбора конструкции оправки и более рационального ее использования.

Выбор конструкции оправки. При выборе конструкции оправки для обработки той или иной детали необходимо руководствоваться следующими соображениями: конструкция оправки должна обеспечивать точное центрирование, возможность получения требуемой точности обработки, устойчивое положение детали во время обработки. Конструкция должна быть наиболее простой и вместе с тем обеспечивать максимальное сокращение времени на установку, закрепление и снятие детали.

Опыт работы лучших токарей-новаторов показал, что наибольший эффект в отношении возможности сокращения вспомогательного времени дают консольные шпиндельные оправки, которые и следует применять во всех случаях, когда это допускается конструкцией и размерами обраба-

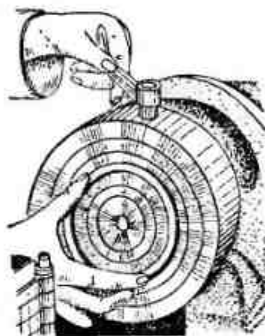


Рис. 105. Установка кольца для обработки торца на магнитном патроне

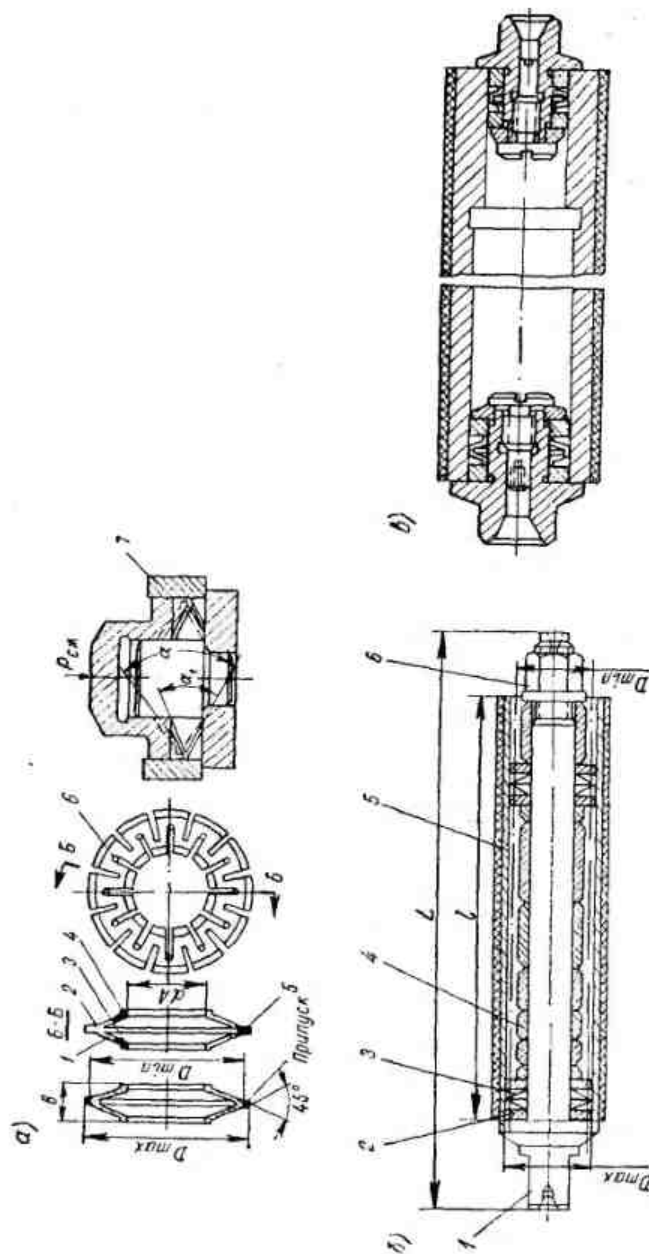


Рис. 106. Универсальные оправки с упругими шайбами: а — упругая шайба и схема работы; б — центровая оправка для обработки гильзы; в — наладка при обработке крупной втулки на фланцевой оправке

Таблица 17

Размеры деталей (в мм), изготавливаемых на универсальных оправках (рис. 106, б)

Характеристика	Номер комплекта оправки						
	1	2	3	4	5	6	7
Наибольший диаметр $D_{\max}$	28	35	45	50	60	65	70
Наименьший диаметр $D_{\min}$	25	28	35	45	50	60	65
Длина оправки L	195	232	290	335	385	430	470
Длина детали l	135	165	212	145	285	330	335

При необходимости обтачивать гильзы и втулки с диаметрами отверстий от 70 до 100 мм рекомендуется применять универсальные фланцевые оправки аналогичной конструкции (рис. 106, в).

Следует отметить, что при применении оправок рассмотренного типа необходимо стремиться к тому, чтобы торец детали был перпендикулярен к отверстию, в противном случае точность центрирования снижается.

Рациональное использование оправок. Уменьшение времени на установку, снятие и закрепление деталей при обработке на оправках может быть достигнуто не только за счет выбора наиболее рациональной для каждого частного случая конструкции оправки, но и за счет рационального использования их. В качестве примера рассмотрим вопрос о правильной работе с центровыми оправками.

В табл. 18 приведено время на установку, закрепление и снятие деталей при обработке их на центровых оправках.

Если обработка производится на центровой оправке, то время затрачиваемое на установку, закрепление и снятие детали, может быть уменьшено путем реализации такого простейшего мероприятия, как, например, работа с двумя оправками. Как видно из табл. 18 (последняя графа), в этом случае удастся добиться почти трехкратного снижения затрат времени. Однако применение метода работы с двумя оправками возможно только при совме-

Таблица 18

Время (в мин), затрачиваемое на установку, закрепление и снятие деталей, обрабатываемых на центровых оправках

Тип оправки	Вес детали в кг			
	1	3	5	8
Жесткая центровая оправка (без закрепления гайкой)	0,27	0,31	0,35	0,4
Жесткая центровая оправка с дополнительным закреплением гайкой и простой шайбой	0,6	0,65	0,7	0,75
То же с применением быстросменной шайбы	0,41	0,44	0,5	0,55
Центровая оправка с разжимной (цанговой) втулкой	0,43	0,48	0,5	0,6
Центровая оправка с роликовым зажимом	0,24	0,27	0,32	0,35
При работе с двумя оправками	0,18	0,2	0,24	0,26

щении процесса закрепления и снятия детали с машинным временем. Такое совмещение возможно если продолжительность машинного времени заметно больше времени, потребного на снятие детали и установку другой заготовки на оправку.

Сокращение времени на установку, закрепление и снятие детали при обработке на оправках может быть достигнуто и за счет других мероприятий, например путем использования специальных поводковых устройств, не требующих применения хомутиков и т. п.

13. Выбор рациональной схемы и последовательности обработки деталей типа втулок, гильз и колец

Количество и последовательность технологических переходов при обработке деталей типа втулок зависят от многих факторов, из которых главнейшими являются: размеры и конфигурация детали, требования к точности размеров, взаимному расположению и чистоте обрабатываемых поверхностей, материал и вид заготовки, а также количество подлежащих обработке деталей.

Все встречающиеся в практике технологические процессы обработки втулок осуществляются по одной из схем, показанных на рис. 107.

По схеме, приведенной на рис. 107, а, обработка внутренних и наружных поверхностей производится за одну установку, по схеме (рис. 107, б) сначала обрабатываются наружные поверхности (1-я установка), а затем — внутренние от наружных поверхностей как от базы (2-я

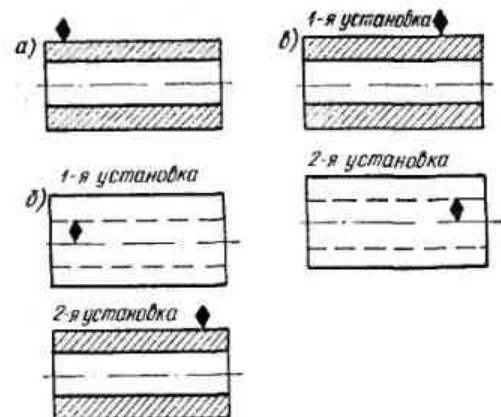


Рис. 107. Основные технологические схемы обработки втулок

установка); по схеме (рис. 107, в) сначала обрабатываются внутренние поверхности (1-я установка), а затем от них, как от базы — наружные поверхности (2-я установка).

Обработка втулок и колец за одну установку. Такая схема обработки втулок и колец принципиально является наиболее желательной, так как позволяет простым путем обеспечить concentricity внутренних и наружных поверхностей детали.

При обработке за одну установку жестких втулок concentricity наружных и внутренних поверхностей зависит только от точности работы станка и инструмента.

Приведем процессы обработки втулок, принятые на заводах.

Пример 1. По технологическому процессу, принятому на костромском заводе «Рабочий металлист», чугунные втулки $\varnothing 90 \times 72$ мм; $L = 60$ мм изготовлялись за одну

установку из заготовки, рассчитанной на две детали. При этом заготовка с припуском по длине 40 мм (для крепления в кулачках) закреплялась в патроне и с одной установкой производились обтачивание, подрезание торца, растачивание и затем разрезка втулок.

Вследствие недостаточной жесткости крепления заготовки в патроне обработка втулок производилась на низких режимах резания. Максимальная производительность в смену не превышала 20 деталей.

По предложению новаторов был принят новый технологический процесс изготовления этих втулок. По новому процессу выбрана заготовка, рассчитанная не на две, а на четыре детали. Из этой заготовки втулки изготавливаются за две установки.

При первой установке производилась прорезка трех канавок и наружное обтачивание заготовки, закрепленной на переднем зубчатом и заднем грибковом вращающемся центрах. При второй установке втулка обрабатывалась окончательно по наружной и внутренней поверхностям. При этом применялся патрон с удлиненными (специальными) незакаленными кулачками, расточенными по диаметру заготовки.

После растачивания отверстия каждая втулка отделяется от заготовки и остается на резце. Сняв втулку с резца, выдвигают заготовку и подрезают торец, обтачивают и растачивают следующую втулку и т. д.

Благодаря более жесткому креплению заготовок в этом случае оказалось возможным вести обработку на высоких режимах резания. Внедрение нового технологического процесса позволило повысить производительность труда при обработке втулок в 5 раз.

Если по прежнему технологическому процессу токарь обрабатывал в смену 20 втулок, то после внедрения новой технологии за смену каждый токарь изготавливает по 100 втулок¹.

Пример 2. Стальная втулка (рис. 108, а) изготавливается из кольцеобразной заготовки размерами 60×22 мм, $L = 36$ мм. Вся обработка выполняется за одну установку. Деталь устанавливается в незакаленных кулачках самоцентрирующего патрона, расточенных по диаметру за-

готовки (60 мм) на глубину 5 мм. Необходимые для обработки резцы устанавливаются в поворотном резцедержателе.

Последовательность обработки отдельных поверхностей детали показана на рис. 108, б. Все диаметральные и линейные размеры детали получаются за счет установки

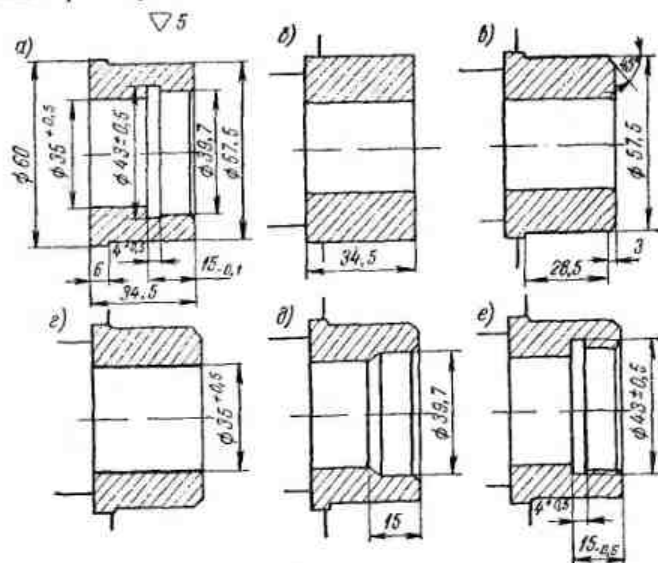


Рис. 108. Втулка (а) и технологическая последовательность обработки втулки за одну установку (б—е)

резцов на требуемые размеры по лимбам поперечной и продольной подачи.

В табл. 19 приведены данные, подробно характеризующие технологию обработки этой втулки.

Обработка втулок от наружной поверхности. Закрепление деталей за наружную поверхность отличается тем, что, во-первых, крепление осуществляется надежно и быстро и, во-вторых, кулачки, удерживающие деталь по поверхности большого диаметра, могут передавать большой крутящий момент без каких-либо поводков.

Однако при креплении за наружную поверхность возникают неточности, и поэтому детали, в которых требуется соблюсти concentricity наружной и внутрен-

¹ При изготовлении этих втулок на револьверных станках производительность труда может быть еще более высокой.

Содержание обработки	Режим обработки				Время в мин		
	n в об/мин	v в м/мин	t в мм	s в мм/об	i (число проходов)	машин- ное	вспомо- гатель- ное
Установить заготовку в самоцентрирующем патроне (в сырых кулачках, расточенных по диаметру заготовки). Подрезать торец с $\varnothing 60$ до $\varnothing 29$ мм (рис. 108, б) Обточить наружную цилиндрическую поверхность с $\varnothing 60$ до $\varnothing 57,5$ мм (рис. 108, в) Обточить фаску $3 \times 45^\circ$ на $\varnothing 57,5$ мм Расточить отверстие с $\varnothing 29$ до $\varnothing 35 \pm 0,5$ на длине 34,5 мм (рис. 108, г) Расточить отверстие с $\varnothing 34$ до $\varnothing 39,7 \pm 0,5$ мм на длине 15 мм (рис. 108, д) Расточить фаску на $\varnothing 39,7$ мм Расточить канавку с $\varnothing 39,7$ до $\varnothing 43 \pm 0,5$ (рис. 108, е) Снять деталь	—	—	—	—	—	—	0,15
	1800	340	1,5	Ручная ~0,19	0,018	0,05	0,084
	1800	340	1,25	0,2	0,018	0,084	0,084
	1800	326	2	Ручная ~0,13	0,018	0,008	0,025
	1800	198	3	0,1	0,018	0,216	0,25
	1800	224	2,4	0,1	0,018	0,084	0,15
	1800	224	2	Ручная ~0,13	0,018	0,008	0,025
	555	75	2	Ручная ~0,13	0,018	0,05	0,317
	—	—	—	—	—	—	0,25
	Всего						0,5

ней поверхностями с большой точностью, обычно не обрабатываются по этой схеме.

Приведем примеры построения технологических операций обработки втулок, в которых базирование ведется от наружной поверхности.

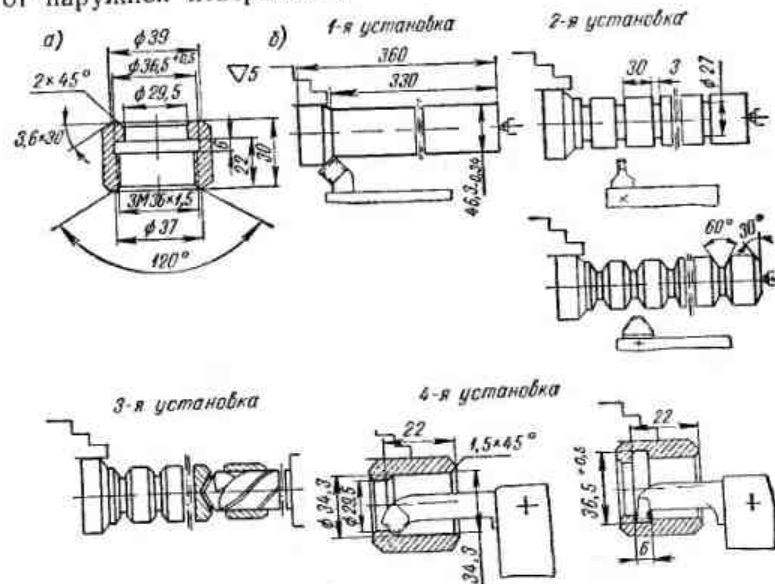


Рис. 109. Технологическая последовательность обработки гайки: а — накидная гайка; б — последовательность обработки гайки по новому методу

Пример 1. Обработка гайки, изображенной на рис. 109, а, может служить примером, когда невысокие требования по concentricity наружных и внутренних поверхностей позволяют производить растачивание отверстия при закреплении детали в кулачках патрона за наружную цилиндрическую поверхность.

По существовавшей технологии на конце цилиндрического прутка вытачивалась заготовка в виде втулки размерами $\varnothing 46,3 \times 28$ мм; $L = 30,5$ мм.

Затем на том же станке токар производил окончательную обработку гайки, затрачивая при этом на всю обработку 26,7 мин.

На основе анализа приемов работы трех токарей (М. Ф. Широкова, Н. И. Эглита и Н. И. Емельянова) был разработан новый процесс обработки гайки. Он предусматривал изготовление детали за пять установок (рис. 109, б).

При 1-й установке заготовка обтачивается до $\varnothing 46,3_{-0,34}^{+0,34}$ мм на длине 330 мм. При 2-й установке производится прорезание канавок шириной 3 мм до диаметра 27 мм и снятие фасок при поперечной подаче фасонного резца. Затем заготовка зажимается в патроне (3-я установка) и сверлом $\varnothing 28$ мм сверлится отверстие. При этом втулка $\varnothing 28$ и $L = 30$ мм остается на сверле. При 4-й установке деталь зажималась в патроне до упора в уступ на кулачке и расточным резцом растачивалось отверстие $\varnothing 29,5$ мм, затем — соосное с ним отверстие $\varnothing 34,3$ мм, снимались внутренние фаски и после поворота резцедержателя — канавочным резцом прорезалась канавка. Нарезание резьбы было вынесено в самостоятельную операцию на настроенном станке¹.

При построении этого процесса хронометрировалось время, затрачиваемое на операцию тремя токарями. Так оказалось, что на предварительную обработку (1—3-я установки) они затрачивают примерно одинаковое время. Окончательная же обработка (4-я установка) требует у токарей: Широкова 1,609 мин, Эглита 1,907 мин и Емельянова 2,096 мин на одну деталь. Анализ приемов работы М. Ф. Широкова и их популяризация позволили и другим токарям освоить рациональные приемы обработки и добиться повышения производительности труда на 60% по сравнению с ранее существовавшей технологией обработки этой детали.

Пример 2. По существовавшей на заводе «Красный маяк» технологии токарная обработка корпуса вибратора (рис. 110, а) из трубчатой заготовки производилась за три установки. За первую установку осуществлялось черновое растачивание (рис. 110, б) с припуском 1,5—2 мм на чистовую обработку, а за вторую установку — чистовое растачивание, проточка канавки и нарезание резьбы (рис. 110, в). При последней, третьей установке производилась обработка выточки и подрезание торца с другой стороны корпуса. Заготовка при трех установках

закреплялась в самоцентрирующем патроне за необработанную наружную поверхность. При этом не обеспечивались плотное прилегание кулачков и равномерность

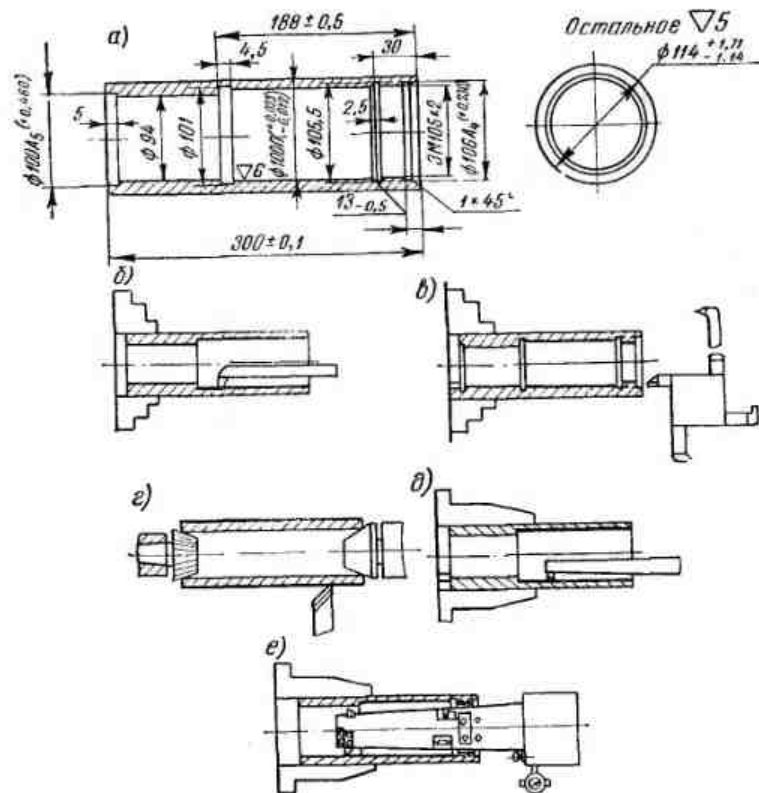


Рис. 110. Обработка корпуса вибратора: а — корпус вибратора; б — черновое растачивание; в — чистовое растачивание и нарезание резьбы; г — обтачивание наружной поверхности; д — черновое растачивание; е — чистовое растачивание и нарезание резьбы

зажима ими, что приводило к биению и вибрациям детали и препятствовало применению скоростных режимов резания. Кроме того, такая установка требовала больших затрат времени на трехкратную выверку детали по внутреннему диаметру.

¹ Эскиз установки при нарезании резьбы на рис. 109, б не показан.

По предложению В. К. Семинского была принята и внедрена в производство новая технология обработки этой детали (рис. 110, *з, д и е*), основным отличием которой является введение дополнительной операции по обработке наружной поверхности, являющейся технологической базой при последующих установках.

Использование обработанной наружной поверхности в качестве базы и применение специальных удлиненных незакаленных кулачков, расточенных по диаметру заготовки, позволило обеспечить быстрое и достаточно жесткое крепление детали без выверки.

Повышение жесткости крепления детали дало возможность работать с более высокими режимами резания, а применение несложных приспособлений (специальная многолезцовая борштанга и упоры) позволило значительно сократить вспомогательное время, затрачивавшееся ранее на подводы и отводы резцедержателя и промеры.

В результате внедрения нового технологического процесса производительность труда при обработке втулок увеличилась более чем в два раза. Вместо 25 деталей за смену каждый токарь стал изготавливать по 55 деталей.

Имеются примеры токарной обработки по методу «от наружной поверхности» и таких ответственных деталей, как шестерни. Так, например, П. Б. Быков предложил и осуществил обработку точной цилиндрической шестерни по принципу дифференциации (расчленения) технологического процесса.

Чистовая обработка шестерни расчленена на 5 простых установок и осуществляется по схеме «от наружной поверхности». При первой установке в самоцентрирующем патроне обрабатывается наружная цилиндрическая поверхность и торец, а при последующих установках в незакаленных кулачках эти поверхности используются как базовые.

Упрощение обработки при осуществлении расчлененной технологии дало возможность Быкову более чем в три раза повысить производительность труда.

При изготовлении шестерни по старой технологии (за две установки) на каждую деталь затрачивалось 3 ч 45 мин; после перехода на работу по новой технологии время на обработку одной детали составляет 1 ч 12 мин. Подготовка к работе при этом занимает лишь на 7 мин больше, чем при старом способе обработки.

Обработка втулок от отверстия. Эта схема обработки применяется при необходимости обеспечения точной концентричности наружных и внутренних поверхностей детали, обрабатываемых не за одну установку.

Более высокая точность обработки в этом случае объясняется тем, что отверстия вообще обрабатываются с большей точностью, чем наружные поверхности: точность размеров большинства наружных поверхностей деталей типа втулок обычно не превышает 3—4-го класса, в то время как отверстия в этих же деталях часто обрабатываются по 2-му классу точности; кроме того, при одном и том же классе точности допуски на диаметр и овальность наружных поверхностей всегда больше, чем для отверстий.

Большая работа по рационализации процесса обработки деталей типа втулок выполнена В. К. Семинским. Предложенный им технологический процесс изготовления втулок получил широкое распространение.

На рис. 111, *а* изображена одна из распространенных схем обработки точных деталей типа втулок средних размеров.

Основными недостатками приведенной схемы являются: необходимость выверки заготовки по сверленому отверстию при установке ее для 2-й операции и недостаточная жесткость крепления детали на 2 и 3-й операциях.

Новая технология обработки таких втулок, предложенная В. К. Семинским (рис. 111, *б*), не имеет указанных недостатков. Обработка втулки в этом случае так же, как и по старой технологии, начинается со сверления центрального отверстия на сверлильном станке (1-я операция), но при этом припуск под расточку составляет только 2—3 мм на диаметр вместо 10—12 мм по старому процессу. Уменьшение припуска позволило сократить число проходов при растачивании отверстия и уменьшить время обработки в 5—7 раз. После сверления в заготовке с одной стороны отверстия с помощью ручного пресса специальным пуансоном выдавливаются базовые гнезда (2-я операция). Это обеспечивает жесткое крепление детали при последующей обработке. При 3-й операции (подрезание торца и черновое обтачивание) заготовка устанавливается этими гнездами на зубчатый передний центр, а с другой стороны — на вращающийся грибовидный задний центр. Затем последовательно производится черно-

ложенного и внедренного токарем свердлового завода «Уралэлектроаппарат» Л. Я. Мехонцевым.

Заготовкой для этой гильзы служит стальная отливка с припусками от 14 до 20 мм на сторону. Вся обработка втулки осуществляется за пять операций. Схема технологической последовательности обработки этой гильзы приведена на рис. 112, б.

Общая продолжительность обработки одной детали составляет 5 ч. Из наиболее интересных технологических решений и приемов работы Л. Я. Мехонцева при обработке гильзы следует отметить:

1) черновое растачивание отверстия 8 (2-я операция — 1-я установка) при обратном вращении шпинделя резцом, передняя поверхность которого повернута вниз; такое положение резца обеспечивает повышенную виброустойчивость детали при резании;

2) предварительное растачивание выточки 10 (2-я операция — 2-я установка), что обеспечивает свободный выход резцу при последующей обработке точных поверхностей 9 и 11 (3-я операция);

3) применение левых подрезных резцов для получистой (4-я операция) и чистовой (5-я операция) обработки левой части наружной поверхности гильзы с подачей от передней к задней бабке; применение таких резцов избавляет от необходимости дважды переставлять гильзы.

4) разделение окончательной обработки наружной поверхности на две операции — получистовую (поверхности 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) и чистовую (поверхности 1, 3, 5, 6). Это вызвано тем, что деталь во время получистового обтачивания нагревается, а для обеспечения точных размеров при чистовой обработке она должна остыть.

Обработка колец и дисков. Кольца, равно как и диски без отверстия, вырезают из цилиндрической заготовки, изготовляют из штампованных единичных заготовок, а также вырезают из листа.

В зависимости от жесткости диска (кольца) при изготовлении его из единичной заготовки, деталь закрепляют в патроне или на магнитной планшайбе.

При вырезании резцом 4 тонких колец и дисков из листа (обычно заготовка квадратной формы) в патроне 1 (рис. 113, а) зажимают планшайбу 6 с тремя закаленными штифтами 5 с острыми головками. Эти штифты располагаются по окружности, диаметр которой немного меньше

диаметра обрабатываемого диска (кольца). Закрепление заготовки 2 осуществляют, используя прижим трения 3, поджимаемый к заготовке центром задней бабки.

Вместо планшайбы 6, закрепленной в патроне, в конусное отверстие шпинделя может быть вставлена оправка с заостренными штифтами на торце.

На рис. 113, б—д показан рациональный технологический процесс обработки колец из пруткового проката.

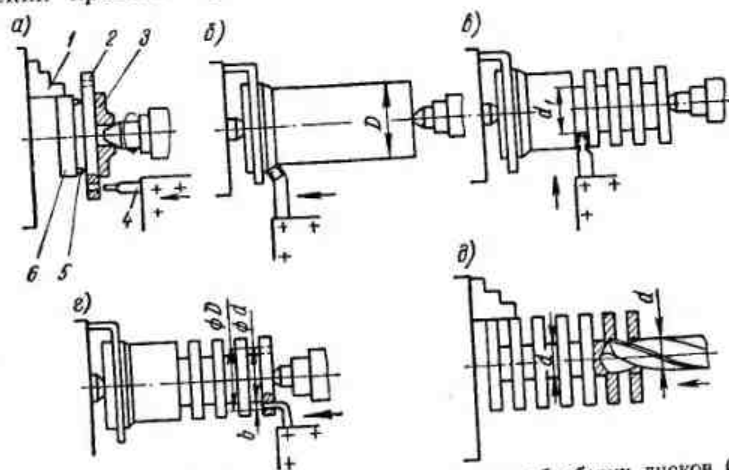


Рис. 113. Технологическая последовательность обработки дисков (колец): а — из листовой заготовки; б, в, г и д — из прутковой заготовки

Вначале заготовку обтачивают по размеру наружного диаметра кольца D (рис. 113, б). Затем прорезным резцом через определенные промежутки, равные толщине кольца (рис. 113, в), прорезают канавки до диаметра d_1 . Диаметр d_1 получившихся при этом перемычек должен быть равен диаметру отверстия в кольце d , уменьшенному на две ширины отрезного резца b ($d_1 = d - 2b$).

Если кольцо должно быть точно обработано, то по диаметру и торцам оставляют припуски.

Затем при той же установке вырезают кольцо изогнутым отрезным резцом (рис. 113, г). Более производительно высверливать сердцевину кольцевым сверлом. Если диаметр отверстия небольшой, то целесообразнее высверлить перемычку спиральным сверлом (рис. 113, д); при этом отделенные от заготовки кольца останутся на сверле.

Для чистового обтачивания торцев диски (кольца) закрепляются по одной штуке в сырых кулачках патрона, расточенных по наружному диаметру диска. После подрезания первого торца диск переставляют для обработки второго торца. Если требуется получить точное отверстие, то оно растачивается после подрезания торцев. Чистовое обтачивание наружной поверхности (если требуется обеспечить концентричность ее с отверстием) осуществляют при установке нескольких колец на оправке.

14. Механизация и автоматизация технологического процесса обработки втулок

При механизации и автоматизации технологического процесса обработки деталей типа втулок приходится решать, как правило, те же вопросы, что и при обработке валов. Дополнительно, в данном случае возникает, иногда требующая специальных решений, задача автоматизации процесса обработки отверстий. Основными путями решения этих задач является применение гидроконтрольных суппортов и токарных станков с программным управлением.

Обработка втулок на токарных станках с гидросуппортами. Как уже указывалось, применение гидросуппорта оказывается наиболее целесообразным при обработке деталей со ступенчатыми и фасонными поверхностями. В этом случае значительно упрощается настройка станка. При обработке каждой новой детали из партии требуется установить резец на размер только при обтачивании (расточивании) одной поверхности; размеры всех остальных поверхностей будут получаться автоматически.

При обработке отверстий детали устанавливаются до упора в патроне и закрепляются в кулачках или в цанге.

Обработка обычно ведется по плоскому копиру; применяются и круглые копии.

На рис. 114 показана втулка со ступенчатым отверстием и копир для ее обработки.

Копир должен иметь выступ А или шейку для захода щупа и выступ Б для выхода резца. Если деталь имеет двустороннюю ступенчатость, то средний выступ копира должен быть удлинен по сравнению с соответствующим выступом на детали.

Обработка внутренних поверхностей на гидросуппортах ГС-1 и ГСП-41 не требует ни специального инстру-

мента, ни особо сложной настройки станка. При использовании для этих же целей гидросуппорта КСТ-1 приходится применять специальные державки для расточки резцов.

На рис. 115, а показана схема настройки токарного станка, оборудованного гидросуппортом КСТ-1, на обработку фасонного отверстия во втулке 2, закрепленной в кулачках 1 самоцентрирующего патрона. Салазки гидросуппорта 4 расположены с задней стороны станка. Щуп 5 направляется по копиру 6, а резец, установленный в специальной Г-образной державке 3, повторяет его движения.

Контуры, которые должна иметь деталь 2 после обработки, обозначены на рисунке штриховыми линиями.

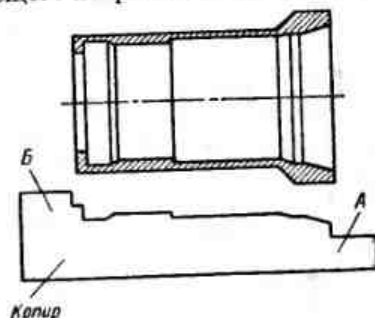


Рис. 114. Втулка и копир для ее обработки на станке с гидросуппортом

На рис. 115, б показана технологическая последовательность обработки отверстия в этой детали. В этом случае растачивание ведется в три прохода. Вначале в три прохода подрезается внутренний торец отверстия. Глубина каждого прохода устанавливается перемещением поперечного суппорта. Щуп касается копира и резец отводится по стрелке В только при подходе резца к торцу, после чего суппорт выводится из отверстия вручную. Затем также в три прохода растачивается отверстие по профилю (рис. 115, в). Глубина каждого прохода устанавливается либо перемещением поперечного суппорта, либо же при наличии приспособления для многопроходной работы, растачивание ведется по трем копирам — двум предварительным и одному воспроизводящему заданные по чертежу контур и размеры.

Время обработки отверстия в этой втулке на станке с гидросуппортом в 3,8 раза меньше, чем при обработке на обычном токарном станке.

Наиболее целесообразно осуществлять обработку на токарном станке с гидросуппортом по групповой технологии. Так, например, группа втулок с наружными диаметрами от

100 до 200 мм, длиной от 15 до 40 мм, с точностью диаметральных размеров класса 3а и линейных размеров 4-го класса точности обрабатывается по единому групповому технологическому процессу за три операции.

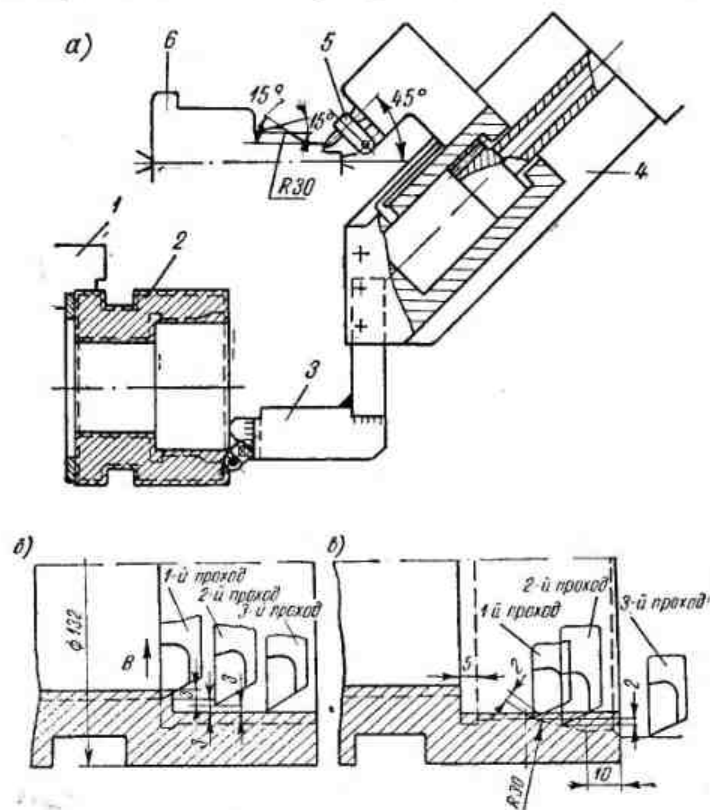


Рис. 115. Обработка втулки на станке с гидросуппортом КСТ-1

Первая операция — растачивание отверстия с подрезкой базового торца. Деталь при этом закрепляется в патроне с насадными кулачками, растачиваемыми на месте. Вторая операция — обработка торцевой и наружных поверхностей с одной стороны. Третья операция — то же с другой стороны. При двух последних операциях деталь закрепляется на оправке.

При переналадке на другую партию деталей данной группы требуется расточить кулачки патрона (если это необходимо по условиям обработки) и сменить копир.

Обработка деталей типа втулок и колец на токарном станке с программным управлением. На токарных станках с цифровым программным управлением могут обрабатываться детали типа втулок, в которых требуется совмещать обтачивание наружных поверхностей с подрезанием торцов и растачиванием отверстий.

При настройке станка всякий раз в соответствии с формой и размерами обрабатываемых поверхностей деталей приходится решать вопрос о целесообразном типе резцов и их расположении на станке.

На рис. 116 представлены некоторые детали из группы втулок и целесообразные типы резцов, применяемых при их обработке на станке СВП конструкции завода «Ленполиграфмаш», исходные положения этих резцов, а также размеры, необходимые при расчете рукописи программы. Здесь показаны два резца, которые обычно применяются на станках этого типа.

Значительное расширение технологических возможностей токарных станков с цифровым программным управлением

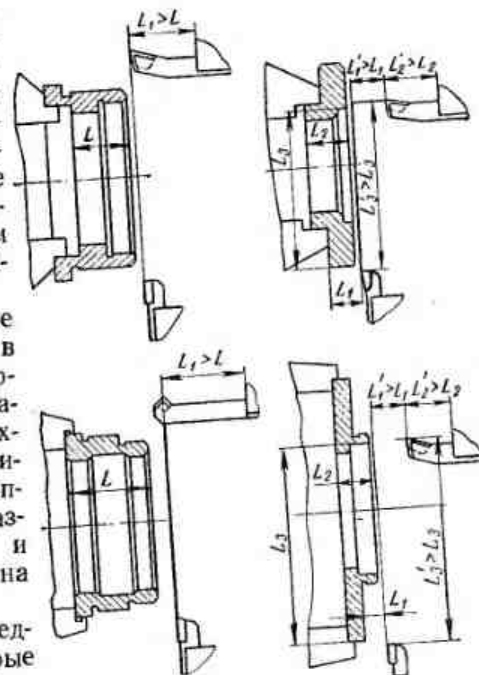


Рис. 116. Втулки, обрабатываемые на токарном станке с программным управлением (системы СВП и СВПУ); здесь L_1 , L_2 и т. д. установочные размеры для применяемых при этом резцов

лением может быть достигнуто при условии использования не двух, а большего числа инструментов и, в частности, инструментов для обработки отверстий. С этой целью

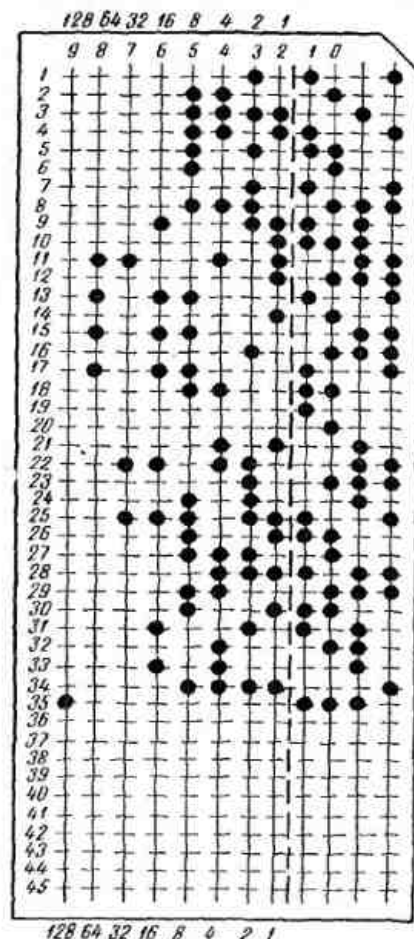


Рис. 117. Перфокарта для обработки втулки (эскиз см. в табл. 20)

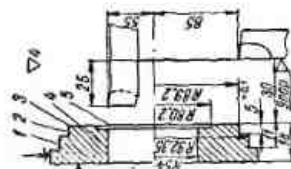
работ (в среднем — около 80% всех работ, осуществляемых на токарных станках), в том числе, конечно, и обработка втулок и дисков разных конфигураций.

станки с программным управлением снабжают револьверной головкой. Такая головка к токарным станкам СВП и СВПУ создана Северо-западным заочным политехническим институтом. Она может быть установлена и на других станках с высотой центров не менее 160 мм. Головка имеет компактную и жесткую конструкцию. Закрепляется она в переднем или заднем резцедержателе. В поворотной части головки имеются четыре гнезда для установки резцов, сверл, зенкеров и других инструментов. Поворот головки осуществляется отдельным, встроенным в нее, электродвигателем по командам, фиксированным на программноносителе — перфокарте.

На токарном станке с программным управлением, оснащенный револьверной головкой, может быть выполнено большое количество разнообразных токарных

Таблица 20
Технологическая расчетная карта

Технологическая расчетная карта обработки детали на станке с программным управлением		Шифр карты		Лист	
		Листов		1	
Станок	1А62 с ПУ				
Изделие	РМ-500				
Шифр группы	Д-05-140				
Наименование	Деталь				
Номер	Крышка проходная				
Материал	Чугун СЧ 15-32				
Операция	10-я токарная				
Инструменты	Шифр				
Передний	ВК2				
Задний	ВК2				
Изменения					
№ извещ.	Дата извещ.	Индекс	Подпись	Дата	



Выбор подачи				Выбор числа оборотов шпинделя											
№ п/п	№ поверхности	Глубина реза- ния в мм	Радиус при пер- пине реза в мм	Требующие подачи в мм/об		№ п/п	№ поверхности	Диаметр обра- ботки в мм	Глубина реза- ния в мм	Подача в мм/об	Угол в плане	Рекомендуемая скорость реза- ния в м/мин	Число оборотов шпинделя в минуту		
				продоль- ная	попереч- ная								требуется	принято	
1	5	4	0,5	0,5	0,5	1	5	193	4	0,5	90°	120	184	184	
2															
3															
Принятые величины подач	Продольная		Поперечная				№ п/п	№ поверхности	Глубина ре- зания в мм	Подача в мм/об	Скорость резания в м/мин	Потребная мощность в кВт	Мощность двигателя в кВт		
	в мм/мин	в мм/об	подрезка		отрезка										
			в мм/об	в мм/мин		в мм/об								в мм/мин	
Черновая	0,5	92	0,5	92	0,25	46,5									
Чистовая	0,2	37	0,2	37	0,1	18,5									
Количество перфорат на деталь							1	Общее время обработки в мин			3,86	В том числе время резания в мин		2,22	
Составил:							Проверил:							Гл. технолог:	

Технологическая расчетная карта обработки детали на станке с программным управлением (продолжение)										Шифр изделия		№ детали		Лист		2	
										РМ-500		42388		Листов		4	
Содержание перехода	№ строки перфо- карты	Цикловая технологиче- ская команда	Путь перемещения в мм	Количество импуль- сов	Длина рабочего хода в мм	Расстояние от баз						Время в сек					
						упора	Продольное		Поперечное		заднее	Рабочего хода	Остаточное	Для расчета цикла			
							в мм		в мм								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Установить и закрепить деталь		Карта № 1					—30	—30/—5	85	55		25,0	25,0	25,0			
	1	Резец назад быстро	1	2			—30	—30/—5		54		0,3	0,3	0,3			
А Расточить поверхность 4	2	Упор влево + рабочий ход	24	12	24	24	—6	—6/19		54	17,0	—	17,0	17,0			
	3	Резец точно	0,15	15			—6	—6/19				1,5	1,5	1,5			
	4	Резец назад быстро	6,5	13			—6	—6/19	92,35			1,4	—	—			
	5	Упор точно	1	10				—	—	92,35			1,6	—			

Продолжение табл. 20

Содержание перехода	№ строки перфокарты	Цикловая технологическая команда	Путь перемещения в мм	Количество импульсов	Длина рабочего хода в мм	Расстояние от базы				Время в сек			
						упора	Продольное	поперечное		Рабочего хода	Остаточное	Для расчета цикла	
								переднее	заднее				
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Обточить поверхность /	6	Упор влево + рабочий ход	16	8	17	11	11/36	92,35		10,5	—	10,5	
	7	Резец назад быстро	1	2		11		93,35	46,65		0,3	0,3	
	8	Суппорт влево быстро	42	14		11	—31/—6		46,65		0,9	0,9	
	9	Упор вправо	38	19		27			46,65		3,5	3,5	
	10	Рабочий ход с ожиданием упора	—	—	4	—27	—27/—2		46,65	2,7	—	2,7	
Подрезать торец 3 предварительно	11	Резец вперед—подрезка	50,5	101	50,4	—27	—27/—2		97,15	35,0	—	35,0	
	12	Суппорт вправо быстро	3	1		—27	—27/—2		97,15		0,1	0,1	
	13	Резец назад быстро	44	88		—27	—27/—2		53,15		7,0	7,0	
	14	Упор влево + рабочий ход	2	1		—25	—25/0		53,15	1,4	—	1,4	

Продолжение табл. 20

Содержание перехода	№ строки перфо- карты	Цикловая тех- нологическая команда	Путь перемещения в мм	Количество импуль- сов	Длина рабочего хода в мм	Расстояние от базы				Время в сек			
						упора	Продольное	поперечное		Рабочего хода	Остаточное	Для расчета цикла	
								переднее	заднее				
													1
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
А	15	Резец вле- ред—подрезка	44	88	44	-25	-25/0		97,15	30,0	—	—	30,0
	16	Суппорт вправо быстро	6	2		-25	-31/-6		97,15		0,1	0,1	0,1
	17	Резец назад быстро	44	88		-25	-31/-6		53,15		7,0	7,0	7,0
	18	Упор точно	1,2	12		-23,8			53,15		1,9	—	—
	19	Упор влево	—	—		-23,8	-29,8/1,2		53,15		—	—	—
	20	Упор влево + рабочий ход	—	—	7,2	-23,8	-29,8/1,2		53,15	4,9	—	—	1,9

1	2	3	4	5	6	7	Расстояние от базы				Время в сек						
							Цикловая технологическая команда	Путь перемещения в мм	Количество минуть-сов	Длина рабочего хода в мм	упора	резцов			Рабочего хода	Остаточное	Для расчета пункта
												Продольное	Поперечное				
													перпенд.	закреп.			
		21	Резец точно	0,05	5		—23,8	8	9	10	11		12	13	14		
		22	Резец впер.-ред.—подрезка	27	54		—23,8		—29,8/1,2	59,8	80,2		19,0	—	19,0		
А	Подрезать торец 3	23	Суппорт вправо быстро	6	2		—23,8		—35,8/—4,8	59,8				0,1	0,1		
		24	Резец точно	0,1	10		—23,8			59,8				1,0	—		
		25	Резец назад быстро	29,5	59					89,2				4,7	4,7		
		26	Упор точно	0,9	9					89,2				1,4	—		

Продолжение табл. 20

Содержание перехода	№ строки перфо-карты	Цикловая тех-нологическая команда	Путь перемещения в мм	Количество импульсов	Длина рабочего хода в мм	Расстояние от баз				Время в сек							
						упора	Продольное		Поперечное		Рабочего хода	Остаточное	Для расчета цикла				
							переднее	заднее									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
Обточить поверхность 2	27	Упор влево + рабочий ход		28	14	41	5,1	5,1/30,1	89,2		28,0	—	28,0				
	28	Резец назад — подрезка		3,5	7	3,5	5,1	5,1/30,1	92,7		4,8	—	4,8				
А Возврат рабочих органов в исходное положение	29	Суппорт вправо быстро		36	12		5,1	—30,9/5,9	92,7			0,7	0,7				
	30	Упор точно		0,9	9							1,4	—				
	31	Упор вправо		36	18		—30	—30,4/5,9				3,2	3,2				
	32	Стоп шпинделя		—	—		—30	—30,9/—5,9	92,7			—	—				
	33	Резец точно		0,2	20							2,0	2,0				
	34	Резец вперед быстро		7,5			—30	—30,9/5,9	85	55		1,6					
Б Снять деталь	35	Стоп									152,3	20,0	20,0				
Составил:														Проверил:		Гл. технолог:	
												20,0	220,6				

Как уже упоминалось в гл. III, программа работы станка СВП или СВПУ¹ фиксируется пробивкой отверстий на перфокарте. На рис. 117 приведена такая программа, предусмотренная для обработки втулки с тремя уступами на наружной поверхности (см. табл. 20).

Программа, записанная на перфокарте, состоит из команд двух типов: цикловых и количественных. Цикловая команда определяет рабочий орган, которому должно быть сообщено движение, а также направление и скорость этого движения.

Например: «суппорт вправо быстро», «резец назад быстро» и т. д. Количественная команда обуславливает ту длину перемещения, которую должен пройти рабочий орган станка в процессе обработки.

Для того чтобы получить программу на перфокарте, необходимо предварительно составить технологическую расчетную карту, в которой фиксируются все необходимые размеры, цикловые и количественные команды. В качестве примера в табл. 20 приведена такая карта для обработки втулки.

В таком виде карта еще не является рукописью программы. Необходимо кодировать команды и числовые значения перемещений рабочих органов. Это осуществляется на основе паспорта станка и специальных таблиц кодирования.

По рукописи программы, в которой указаны коды чисел и коды команд, пробиваются отверстия в 45-колоноковой перфокарте. Имеются удачные конструкции перфораторов, которые не только пробивают отверстия, но и производят перевод чисел из десятичной системы в двоичную систему счислений, на основе которой и построены станки с программным управлением.²

Из приведенных сведений видно, что процесс подготовки производства при применении станков с программным управлением несколько усложняется. Однако эти дополнительные затраты времени многократно компенсируются за счет интенсификации процесса изготовления деталей при его автоматизации на базе программного управления станками.

Рассмотренные в гл. III и IV способы обработки деталей типа валов, втулок и колец, как правило, отличаются относительно простой установкой этих деталей (в центрах, в патроне, на оправке). Детали этих типов являются телами вращения и обычно все их поверхности обрабатываются на токарных станках. Обработка подобного рода деталей составляет основную загрузку токаря.

Между тем в практике встречаются многочисленные группы деталей, обрабатываемых на токарных станках и не являющихся телами вращения. К ним относятся: корпусные детали, кронштейны, детали арматуры, рычаги и др., в которых токарной обработке подлежат лишь отдельные цилиндрические поверхности (внутренние или наружные). Токарю приходится сталкиваться и с изготовлением деталей тел вращения, существенно отличающихся от рассмотренных валов, втулок и колец. Такими деталями являются литые детали со сложными формами, неудобными для установки, а также валы и втулки с эксцентрично расположенными шейками и отверстиями.

Обработка всех этих деталей на токарных станках отличается двумя особенностями. Во-первых, в технологический процесс каждой из рассмотренных групп включена, как правило, лишь одна токарная операция, выполняемая обычно с одной установки. Во-вторых, установка подобных деталей на станке обычно отличается большей сложностью, чем рассмотренные выше способы установки деталей в центрах, обычных патронах и на оправках. Это последнее обстоятельство позволило объединить токарную обработку деталей таких групп в одной главе, характеризующей обработку разных деталей со сложной установкой.

Ниже рассматриваются процессы выполнения токарных операций отдельных групп деталей. *Отличительной*

¹ См. также 2-й выпуск 3-го издания Библиотечки токаря.

² Подробно см. во 2-м выпуске Библиотечки токаря.

особенностью этих операций, построенных по групповому методу, является наличие универсального или группового наладочного приспособления. Обработка деталей различных конфигураций, входящих в технологическую группу, с помощью одного группового (или универсального) наладочного приспособления обеспечивается за счет сменных наладок, изготавливаемых для каждой детали. Групповые приспособления могут выполняться и с регулируемыми элементами, с помощью которых производится переналадка приспособления.

Таким образом, групповые (или универсальные) приспособления состоят из двух частей: базовой (постоянной) и наладки (сменной).

15. Обработка втулок сложной формы и эксцентричных деталей

Обработка втулок сложной формы. Среди сложных деталей современных машин встречаются такие, которые можно отнести к классу втулок. Детали эти изготавливаются из отливок, штамповок и поковок. Они имеют сложную форму (конусные или фасонные базирующие поверхности, литейные уклоны), что затрудняет их установку и закрепление. Обычно подобного рода детали составляют самостоятельную группу, обрабатываемую на токарном станке с перенастраиваемыми трех- или двухкулачковыми патронами.

Наладочная часть такого универсально-наладочного приспособления представляет собой специальные кулачки с формой зажимных поверхностей, соответствующей форме базовых поверхностей детали (см. рис. 102). Изменять форму зажимных поверхностей основных кулачков патрона нецелесообразно, так как кулачки подгоняются к патрону с большой точностью, что очень затрудняет их изготовление. Поэтому в качестве наладочных элементов применяют сменные дополнительные кулачки, которые крепятся к основным кулачкам.

На рис. 118, а показан дополнительный кулачок 5, закрепляемый на основном кулачке с помощью шпонки 1 и двух винтов через отверстия 2. Деталь устанавливается до упора в торец кулачка и крепится винтами 4, позволяющими регулировать положение детали в радиальном направлении при необходимости ее точной выверки. После

установки и закрепления винты 4 стопорятся стопорами 3. При обработке относительно менее точных деталей применяют подобные же кулачки, располагающие не регулируемые винты, а постоянными закаленными штифтами.

На рис. 118, б показаны два дополнительных кулачка, применяющихся при закреплении втулок с литейными уклонами и конусными базовыми поверхностями. Первый кулачок 1 имеет качающуюся на оси 2 губку 3, самоустанавливающуюся по конусной поверхности детали. На зажимных поверхностях губки нанесены рифления. Вторым кулачком (справа) применяется при закреплении деталей, заметно отличающихся величиной конусности. В этом случае регулировка правильности установки детали осуществляется винтом 4.

Втулки со ступенчатой формой наружных (базовых) поверхностей закрепляются в двух жестких кулачках 1 (рис. 118, в) и одном — с качающейся губкой 3. При растачивании или шлифовании кулачков эту губку закрепляют временным штифтом 2, затем штифт вынимают и губка 3 качается на оси 4.

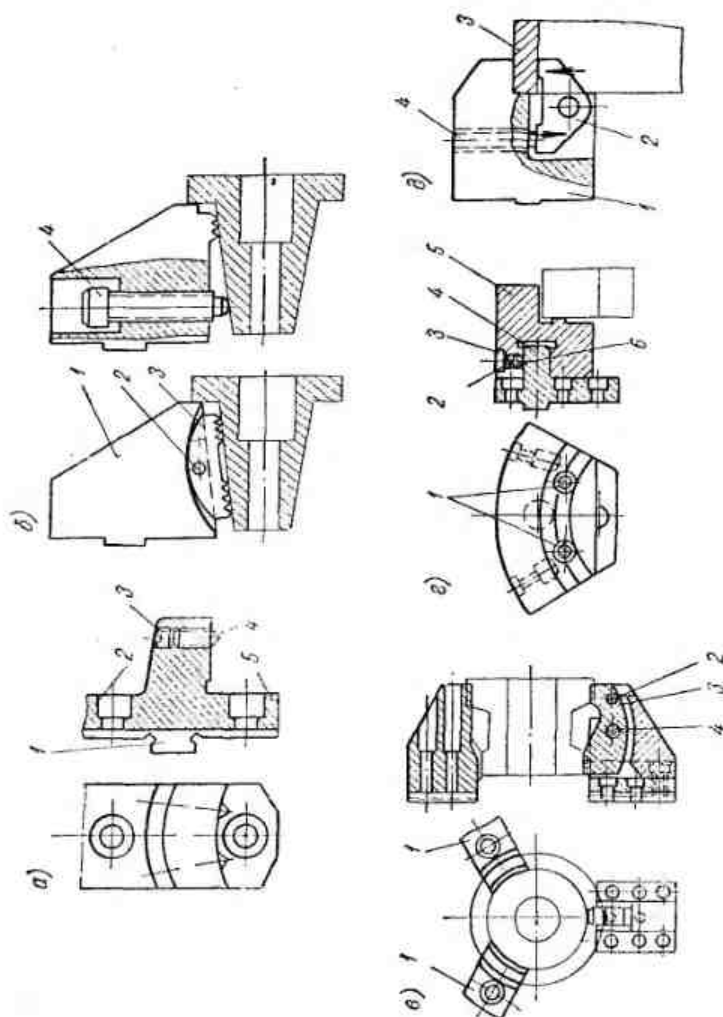
Для закрепления крупных по размерам деталей применяются дополнительные кулачки, один из которых жесткий, а два других (рис. 118, г) — с качающимися губками. Качающаяся губка 5 центрируется цилиндрическими выступами дополнительного кулачка 4; узлы качения губки ограничивают винты 1. В губке имеется фиксатор, состоящий из шарика 6, пружины 2 и винта 3; фиксатор удерживает губку в симметричном относительно оси рейки положении. Фиксатором также закрепляют губки при растачивании или шлифовании кулачков.

На рис. 118, д показан дополнительный кулачок 1, в пазах которого размещается качающаяся губка 2. Деталь 3 устанавливается до упора в торцевую поверхность на кулачке, центрируется его расточенной или прошлифованной зажимной поверхностью и закрепляется с помощью винта 4, действующего на левый конец качающейся губки 2.

Тонкостенные втулки и кольца закрепляются в дополнительных сырых кулачках с широкой зажимной поверхностью.

Показанные на рис. 118 в качестве типовых примеров способы закрепления втулок и колец используются,

Рис. 118. Применение специальных дополнительных кулачков для закрепления деталей сложной формы



в основном, для первой операции изготовления этих деталей. После того, как обработана надежная базовая поверхность, например отверстие, дальнейшая обработка ведется обычными методами от этой поверхности как от базы, например на оправке.

Переналадка универсальных наладочных приспособлений, применяемых для рассматриваемых операций, достаточно проста. Она сводится к установке дополнительных кулачков и растачиванию или шлифованию на месте их зажимных поверхностей.

Обработка эксцентричных деталей. В практике машиностроения встречаются детали типов валов и втулок с эксцентрично расположенными поверхностями (отдельными шейками или отверстиями). Особенности обработки таких деталей на токарных станках заключаются в принятом способе установки и закрепления их.

В единичном производстве короткие детали с эксцентрично расположенными поверхностями часто обрабатываются в четырехкулачковых патронах. При этом деталь предварительно размечается, затем после обычной выверки детали на биение, обрабатывается большая поверхность (первая установка). Вторая установка осуществляется по разметке со смещением кулачков до положения, при котором центр размеченной эксцентрично расположенной поверхности, совпадает с осью вращения патрона. Такая установка требует значительных затрат времени опытного токаря. Более точной может оказаться обработка при установке подобных же деталей в универсальном трехкулачковом патроне.

В этом случае надобность в разметке отпадает, а нужное смещение детали относительно центра станка достигается посредством подкладывания между деталью и одним из кулачков мерной пластинки 1. Толщина t этой пластинки находится следующим образом. Сначала находится величина A по формуле

$$A = \frac{e}{d}, \quad (5)$$

где e — заданный эксцентриситет в мм;

d — диаметр поверхности, за которую деталь закрепляется в патроне, в мм.

Затем находится толщина пластинки

$$t = kd, \quad (6)$$

где t — толщина пластинки в мм;

d — диаметр поверхности, за которую зажимается деталь, в мм;

k — коэффициент, соответствующий найденной величине A .

Величина коэффициента k , необходимого для расчета настройки при обработке эксцентричных деталей в трехкулачковом патроне, приведена в табл. 21.

Таблица 21

Значения коэффициента k

A	k	A	k	A	k	A	k
0,005	0,008	0,055	0,084	0,105	0,149	0,155	0,215
0,010	0,015	0,060	0,090	0,110	0,156	0,160	0,221
0,015	0,023	0,065	0,095	0,115	0,163	0,165	0,227
0,020	0,030	0,070	0,102	0,120	0,169	0,170	0,234
0,025	0,038	0,075	0,109	0,125	0,176	0,175	0,241
0,030	0,045	0,080	0,116	0,130	0,182	0,180	0,248
0,035	0,053	0,085	0,122	0,135	0,189	0,185	0,254
0,040	0,060	0,090	0,129	0,140	0,195	0,190	0,260
0,045	0,066	0,095	0,136	0,145	0,202	0,195	0,269
0,050	0,073	0,100	0,143	0,150	0,208	0,200	0,276

Длинные детали с эксцентричными поверхностями, например коленчатые валы, обрабатываются на токарных станках при установке в центрах. Естественно, что для этого они должны располагать двумя парами центровых отверстий, смещенных относительно друг друга на величину эксцентриситета.

При больших эксцентриситетах может оказаться так, что смещенные центровые отверстия не разместятся на торцах детали, в этих случаях на концах детали закрепляют специальные приспособления типа фланцев, планок, планшайб, называемые центросместителями. На рис. 119

приведен пример такого центросместителя, представляющего собой специальную планшайбу 1, на которой обрабатываемая деталь 3 устанавливается следующим образом: один конец детали закрепляется в центросместителе 1, а другой — подпирается центром задней бабки.

Отверстия в планшайбе — центросместителе расположены на окружности, описанной радиусом 70 мм (равным величине эксцентриситета) из центра планшайбы. В планшайбе имеется два отверстия соответствующих размеров, так как один конец детали (коленчатой оси)

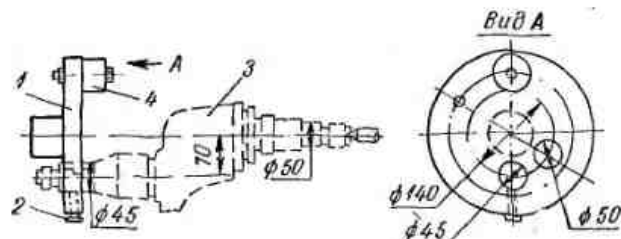


Рис. 119. Установка коленчатого вала в центросместителе

имеет диаметр 50 мм, а другой — 45 мм. Шейки оси закрепляются в планшайбе винтом 2.

Для балансировки системы деталь — планшайба на последней ставится противовес 4.

Более производительна обработка эксцентричных деталей осуществляется при установке их в специальных патронах.

Токарь-новатор Ягодкин предложил для обработки деталей с эксцентрично расположенными поверхностями специальный патрон (рис. 120), успешно применяемый многими станочниками. На планшайбе 3 патрона установлена подвижная плита, на которой тремя болтами 5, входящими в Т-образный кольцевой паз подвижной плиты 7, крепится поворотный диск 8. На цилиндрической наружной поверхности этого диска нанесено 360 делений. На диск устанавливается трехкулачковый патрон.

Планшайба 3 имеет сухарь 10 и две втулки 4 и 9, в которых ходовой винт 1 с установочными гайками соединен с маточной гайкой 2 подвижной плиты. Винт снабжен кольцом 6 с делениями, позволяющими осуществлять передвижение подвижной плиты с точностью до 0,05 мм.

Для отсчета заданного эксцентриситета на планшайбе установлена линейка 14 с миллиметровыми делениями. Регулировка хода и выборка зазора между пазом подвиж-

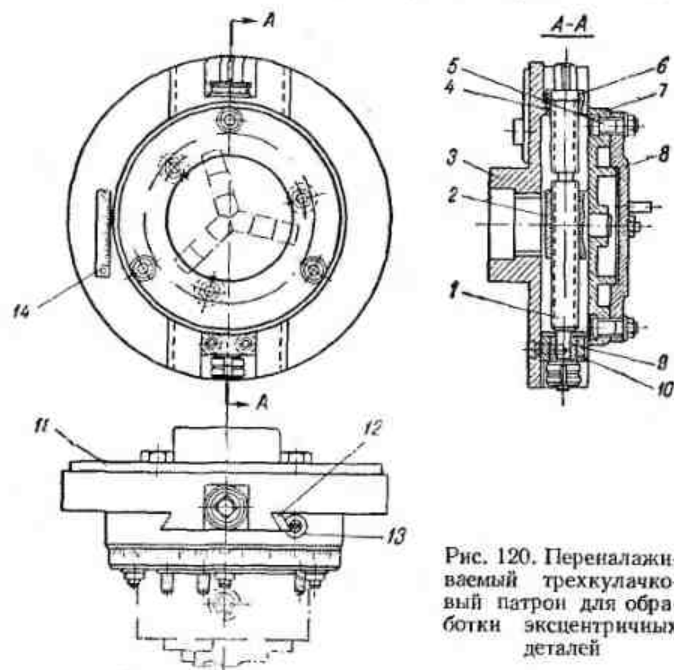


Рис. 120. Переналаживаемый трехкулачковый патрон для обработки эксцентричных деталей

ной плиты и направляющими выступами планшайбы производятся клином 12 и стопорным винтом 13.

Для балансирования зажимного устройства к обратной стороне планшайбы крепится набор балансирных сегментов 11, количество которых устанавливается в процессе балансировки.

16. Обработка деталей некруглой формы

Обрабатываемые на токарных станках детали, имеющие некруглую форму, можно разделить на следующие укрупненные группы:

а) различного рода кронштейны, корпусные детали (в приборостроении), сухари, планки и пр., в которых обычно обрабатывается одно отверстие;

б) детали арматуры — тройники, патрубки и пр., в которых обрабатываются поверхности, взаимно расположенные под разными углами;

в) детали типа рычагов, шатунов и других форм с двумя или большим числом точно расположенных отверстий.

Несмотря на различные конфигурации детали этих групп связаны между собой общностью технологических задач и их обработку на токарных станках удобно проследить после классификации их по группам на основе группового технологического процесса.

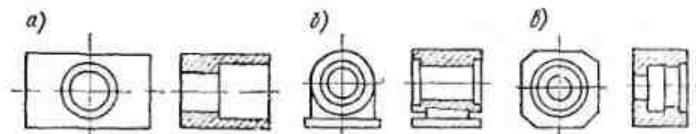


Рис. 121. Группа деталей некруглой формы, у которых обрабатывается одно отверстие

Обработка кронштейнов, планок и других деталей некруглой формы, у которых обрабатывается одно отверстие. Одна из групп таких деталей показана на рис. 121 (здесь а — планка со ступенчатым отверстием; б — корпус подшипника и в — сухарь со сложным отверстием).

Для обработки отверстий в этих деталях применяется переналаживаемый двухкулачковый патрон со сменными наладками для каждой из деталей группы.

Патрон (рис. 122, а) состоит из планшайбы 1 с Т-образными пазами, верхнего 3 и нижнего 5 передвигных кронштейнов, перемещаемых независимо друг от друга с помощью винтов 2 и 7, входящих своими выточками в пазы втулки 6.

На рис. 122, б в качестве примера показана наладка для обработки планки со ступенчатым отверстием (деталь а по рис. 121). Наладка состоит из сменного вкладыша Б в виде планки — угольника с базирующим элементом — штифтом и прижимной губки А.

Сменный вкладыш фиксируется своими установочными отверстиями на цилиндрическом и ромбическом штифтах 8 и 11 (рис. 122, а), а прижимная губка с помощью винтов 4 закрепляется на кронштейне 3.

После установки и фиксации обрабатываемой детали на вкладыше производится установка нижнего и верхнего

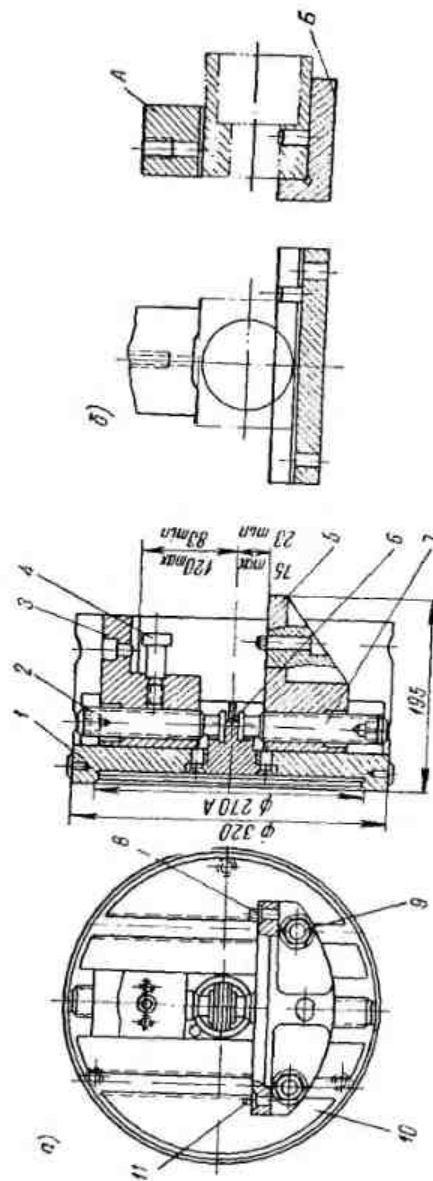


Рис. 122. Групповой переналаживаемый двухкулачковый патрон (а) и наладка для обработки некруглых деталей (б)

кронштейнов в положение, обеспечивающее удобное закрепление детали.

Положение нижнего кронштейна окончательно фиксируется болтами 9. Закрепление и освобождение обрабатываемой детали происходят за счет вертикального перемещения верхнего кронштейна 3 с прижимной губкой. Патрон снабжен кожухом 10, обеспечивающим безопасность работы.

Для обработки деталей, подобных изображенным на рис. 121, применяют и другие конструкции специальных и групповых переналаживаемых приспособлений, например типа универсальных и специальных планшайб с угольниками, на которых монтируются установочные и зажимные элементы (сменные наладки). Подобного рода приспособления позволяют при условии изготовления соответствующих наладок обрабатывать самые разнообразные детали сложных форм.

Обработка деталей арматуры. Обработка патрубков и фланцев в тройниках, клапанах и других деталях арматуры, изготавливаемой крупными сериями, осуществляется в специальных приспособлениях. При малых сериях для этой цели применяют переналаживаемые приспособления типа двухкулачковых патронов со специальными дополнительными кулачками (см. рис. 118), а также планшайбы с угольниками.

В этом последнем случае деталь размещается на угольнике так, чтобы обрабатываемая поверхность была расположена параллельно планшайбе и при вращении планшайбы не наблюдалось бы недопустимого биения детали. Для уравнивания обрабатываемой детали и угольника на противоположной стороне планшайбы закрепляют груз — противовес.

В серийном производстве для обработки деталей сложной формы применяют усовершенствованные конструкции угольников, в частности угольник, в горизонтальной полке которого закреплен перпендикулярно к ней поставленный центрирующий палец. По этому пальцу и плоскости горизонтальной полки базируется угловой клапан одним из фланцев при обработке перпендикулярного к нему второго фланца.

На рис. 123 показано переналаживаемое позиционное приспособление типа угольника, предназначенное для обработки на токарном станке боковых патрубков детали,

расположенных под разными углами к продольной оси ее корпуса.

Деталь 1 устанавливается обработанным отверстием на опорную поверхность сменного центрирующего вкла-

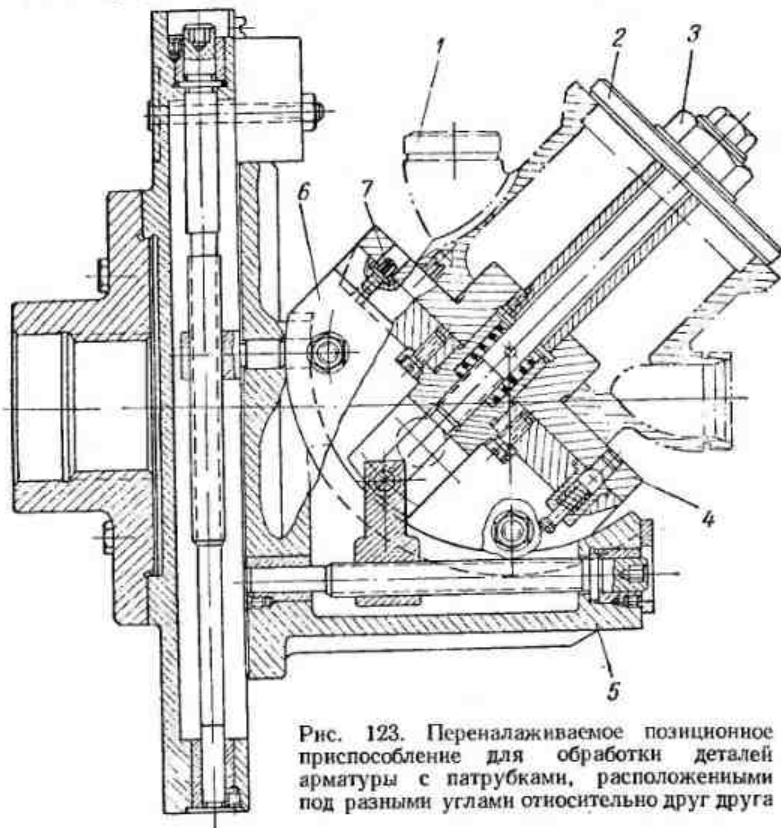


Рис. 123. Переналаживаемое позиционное приспособление для обработки деталей арматуры с патрубками, расположенными под разными углами относительно друг друга

дыша 4 (наладка), фиксируется в нужном положении срезаемым кольцом и закрепляется вручную съемной шайбой 2 и гайкой 3.

Установка и закрепление в приспособлении различных по размеру деталей осуществляются за счет смены наладки 4. Совмещение оси патрубка с осью вращения шпинделя достигается поворотом качалки 6 и перемещением угольника 5 салазок по соответствующим шкалам на величину, указанную в специальной таблице.

Поворот в новую позицию, необходимую для обработки следующего патрубка, производится вместе с наладкой 4, имеющей соответствующее числу патрубков количество отверстий, по которым она фиксируется пальцем 7.

Обработка рычагов, а также других деталей с системой отверстий, имеющих точные координаты. Заготовки деталей типа рычагов с двумя отверстиями или шатунов изготавливаются литьем или штамповкой. При обработке их на токарном станке обычно требуется подрезать торец бобышки и получить отверстие на определенном (и часто весьма точном) расстоянии от первого отверстия, обработанного в первой операции, выполнявшейся на сверлильном или же тоже на токарном станке. Точность диаметральных размеров отверстия при этом часто бывает 2-го класса точности, шероховатость поверхности $\nabla 7$.

Детали при этом закрепляются в переналаживаемом групповом приспособлении типа планшайбы и двух губок—гаек, перемещающихся при помощи винтов. Один конец рычага, предварительно обработанный, закрепляется на специальном вкладыше (элемент наладки), заранее точно установленном на заданном расстоянии от оси вращения планшайбы. Обрабатываемая бобышка рычага фиксируется и закрепляется перемещающимися губками планшайбы.

При такой установке производится обработка торца бобышки и отверстия в ней. Хорошие результаты по точности и производительности труда получаются в том случае, когда на этой операции используется револьверная головка, установленная на суппорте, или в пиноли задней бабки.

На рис. 124, а показана универсальная планшайба, применяемая для аналогичной обработки рычагов. Она состоит из основания планшайбы 1, на котором смонтированы две направляющие планки 2 и 3, образующие вместе с планшайбой мерный паз для направления кулачка 4 с посадочным пальцем. Кулачок передвигается от периферии к центру винтом 6. При установке на необходимое расстояние от центра кулачок фиксируется винтом 5.

Другой кулачок 7 со вторым посадочным пальцем свободно перемещается по ненарезанному хвостовику винта 6 и направляющим 2 и 3, крепится в заданном положении и фиксируется винтом 8.

Кулачки 4 и 7 и продольный мерный паз вместе составляют делительное устройство приспособления и служат для фиксации наладок. На направляющих планках 2

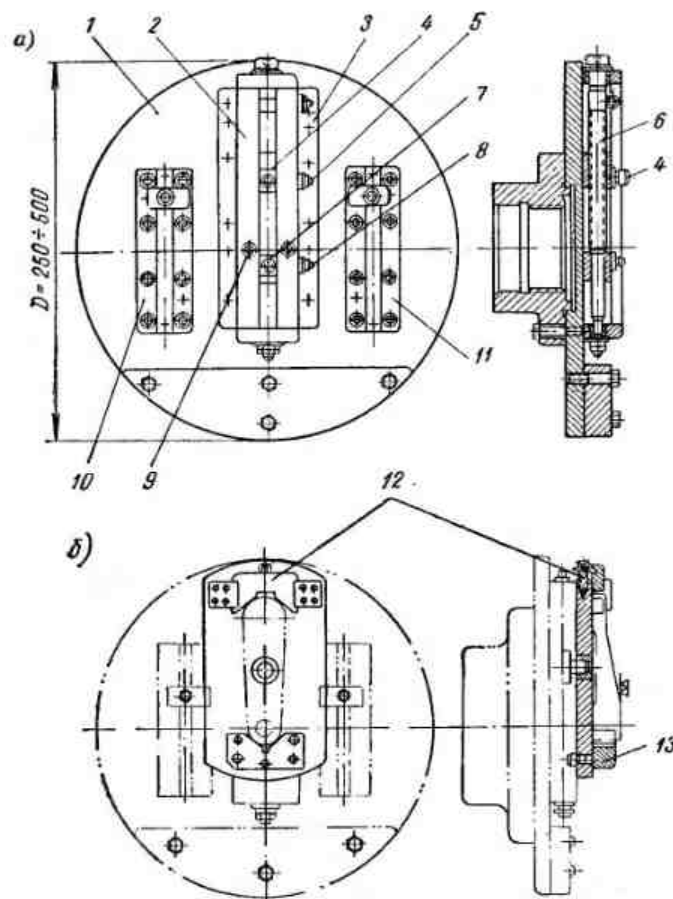


Рис. 124. Универсальная планшайба (а) и планшайба с наладкой для установки и закрепления деталей типа рычагов (б)

и 3 симметрично оси приспособления расположены две втулки 9, предназначенные для быстрой и точной установки наладки по центру приспособления при помощи

съемного фиксатора. На диске 1 установлены также две опорные планки 10 и 11 с пазами под болты с квадратной головкой и прихваты, которые свободно перемещаются по пазам и крепят наладку в назначенном месте.

На рис. 124, б показана эта планшайба с установленной на ней сменной наладкой 12 для обработки шатуна. Наладка насаживается на посадочный палец 4 планшайбы.

Деталь закрепляется на наладке с помощью двух призм — прижимов 13, одна из которых (нижняя) неподвижна, а вторая перемещается с помощью винта.

Среди деталей, обрабатываемых на токарных станках, имеются такие, в которых требуется обработать систему отверстий с параллельными (смещенными) осями при высокой точности межосевого расстояния (до $\pm 0,02$ мм). Как правило, это тела вращения, в которых одновременно нужно обработать и наружные поверхности вращения.

На рис. 125 приведены примеры подобных деталей. Все они относятся к одной технологической группе и обрабатываются на одном групповом переналаживаемом приспособлении.

В качестве такого приспособления обычно применяется трехкулачковый патрон или планшайба, смонтированные на делительном устройстве. На планшайбе 9 (рис. 126) установлены две направляющие планки 1 и 5. Планка 5 закреплена жестко, а планка 1 затягивается винтами после перемещения ползуна 4 в требуемое положение. На планшайбе установлена гайка 3. При вращении винта 2, связанная с ним гайка 3 и ползун 4 перемещаются по направляющим.

Для отсчета перемещений на направляющей планке 5 укреплен линейка 7 с ценой деления 1 мм, а на ползуне имеется нониус 6 с точностью отсчета 0,02 мм.

Трехкулачковый патрон 11 установлен на фланце 10, сцентрированном в отверстии ползуна 4. Ползун имеет круговой Т-образный паз, в который заведены болты 8, обеспечивающие крепление фланца с патроном в требуемом положении.

На цилиндрической части фланца 10 нанесено 360 делений через 1° , а на ползуне 4 имеется индекс—указатель.

Приспособление позволяет смещать ось патрона относительно шпинделя на расстояние до 100 мм с точностью до 0,02 мм и поворачивать патрон вместе с деталью на любой угол.

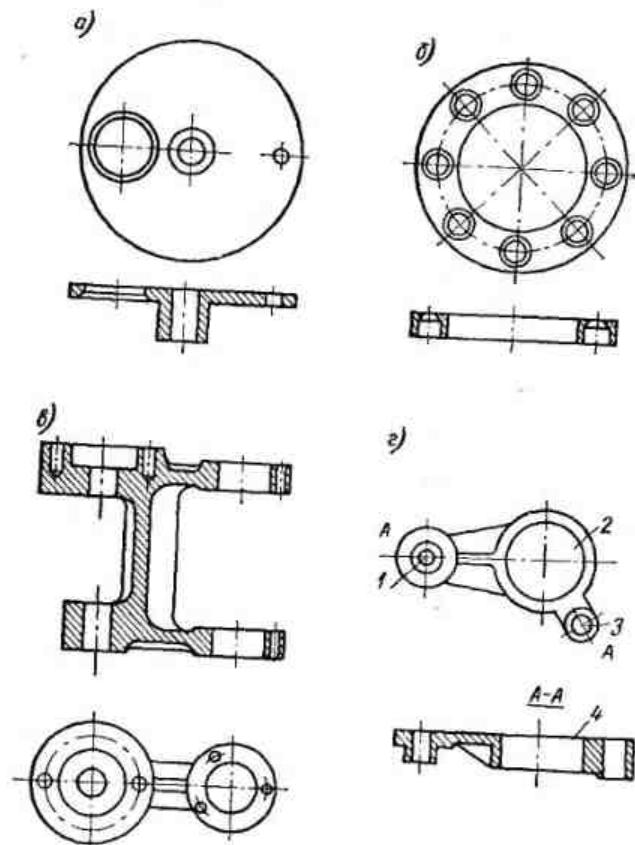


Рис. 125. Группа деталей, у которых обрабатывается система отверстий

Рассмотрим последовательность обработки деталей этой группы на примере рычага, приведенного на рис. 125, г, в котором требуется расточить три отверстия (центральное $\varnothing 40A_3$ и два отверстия малого диаметра $\varnothing 7A$ и $\varnothing 6A$) и подрезать торцы бобышек. Базовая плоскость 4

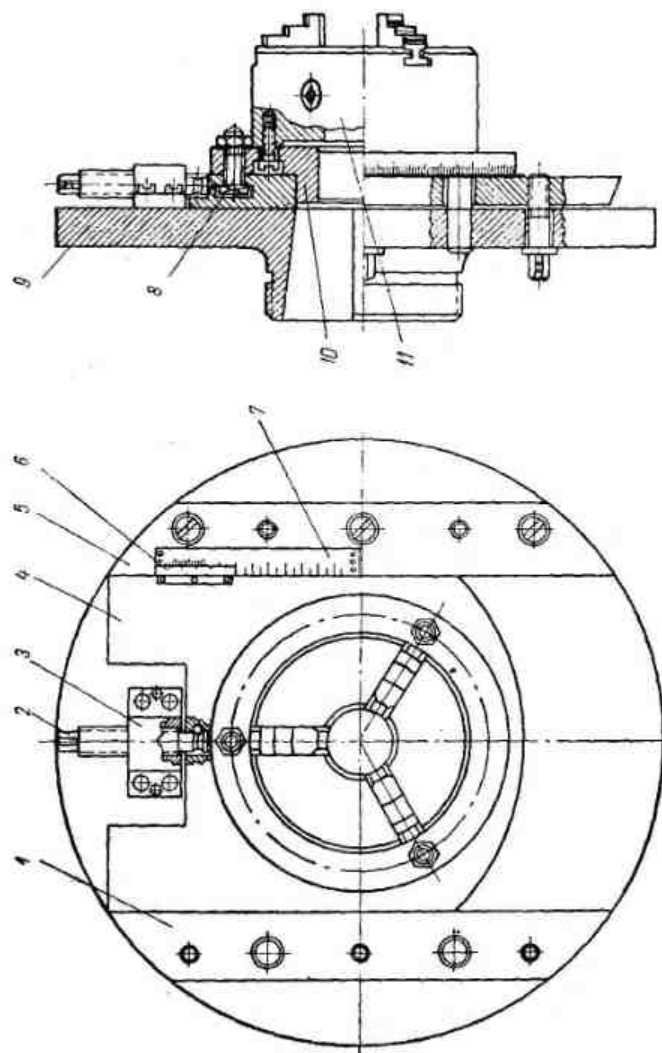


Рис. 126. Групповое переналаживаемое приспособление для обработки системы смещенных отверстий

обработана в предыдущей операции на фрезерном станке.

При обработке на токарном станке деталь зажимают в кулачках патрона за центральную бобышку и совмещают ось трехкулачкового патрона с осью шпинделя станка.

При этой позиции подрезают торец бобышки и растачивают центральное отверстие 2.

Для обработки отверстия 1 (2-я позиция) ползун вместе с патроном смещают по направляющим на расстояние, соответствующее размеру между осями отверстий 2 и 1.

При этом положении патрона подрезают торец бобышки и с помощью револьверной головки последовательно сверлят и развертывают отверстие 1.

Затем для обработки отверстия 3 (3-я позиция) патрон поворачивают на угол, соответствующий углу между осями отверстий 1—2 и 1—3 и смещают по направляющим на расстояние от центра, равное размеру между отверстиями 2 и 3. При этом положении патрона подрезают третью бобышку и затем сверлят и развертывают отверстие 3.

И. С. АМОСОВ, В. А. СКРАГАН

ЛИТЕРАТУРА

Блюмберг В. А. Справочник токаря. Изд. 2-е, доп. и перераб. Лениздат, 1969.

Блюмберг В. А. и Лакур К. В. Нарезание резьбы на токарных станках. Библиотечка токаря-новатора, вып. 6. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.—Л., Машгиз, 1957.

Блюмберг В. А. и Сергеев М. А. Обработка деталей на токарных станках. Библиотечка токаря-новатора, вып. 4. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.—Л., Машгиз, 1957.

Быков П. Б. и Ханкин Л. Д. Сокращение вспомогательного времени при работе на токарных станках. Изд. 2-е, доп. и перераб. М., Машгиз, 1962.

Митрофанов С. П. Рациональное использование металло-режущих станков. Л., изд-во «Машиностроение», 1967.

Семеновский В. К. Повышение производительности труда при работе на токарных станках. М., изд-во «Машиностроение», 1967.

Фомин С. Ф. Приспособления и вспомогательный инструмент к токарным станкам. М., Машгиз, 1963.

**ТОЧНОСТЬ
ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ
И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ**

1. Точность обработки

В связи с повышением рабочих параметров современных машин (скоростей, давлений, температур и т. д.) непрерывно повышаются и требования к точности механической обработки отдельных деталей.

Рассчитывая и проектируя детали машин, конструктор придает им определенные формы и размеры, отвечающие наилучшим эксплуатационным свойствам, наибольшей долговечности и надежности. Однако в процессе изготовления на металлорежущих станках не представляется возможным получить абсолютно точные детали. Возникают погрешности в размерах, форме поверхностей и их взаимном расположении.

Чем меньше эти погрешности, тем выше эксплуатационные качества деталей, но тем сложнее и дороже их изготовление. Общей задачей, стоящей перед машиностроительной промышленностью, является получение возможно более высокой точности изготавливаемых деталей при минимальной их стоимости.

Для того чтобы погрешности изготовления находились в допустимых пределах (исходя из необходимых эксплуатационных свойств деталей и соединений), на размеры и форму деталей устанавливаются допуски, которые ограничивают допустимые отклонения (погрешности) от установленных размеров и форм.

Погрешности формы поверхностей могут быть самыми разнообразными: нецилиндричность, некруглость, овальность, огранка, отклонения профиля продольного сечения, конусообразность, бочкообразность, седлообразность, изогнутость (рис. 1 и 2). Погрешности формы часто оказывают большее влияние на долговечность и надежность деталей машин, чем погрешности размеров.

Отклонения формы определяются допусками по ГОСТу 10356—63. Если на чертеже нет специальных указаний,

Глава I Точность обработки
на токарных станках

Глава II Шероховатость
поверхности

Глава III Вибрация при точении
и методы борьбы с ними

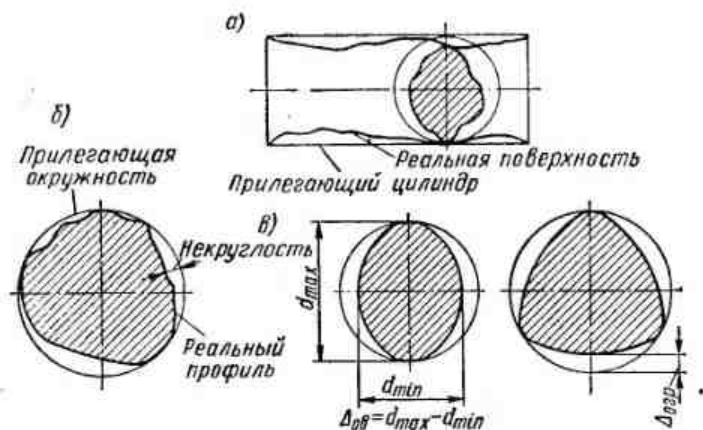


Рис. 1. Погрешности формы поперечного сечения: а — нецилиндричность; б — некруглость; в — огранка

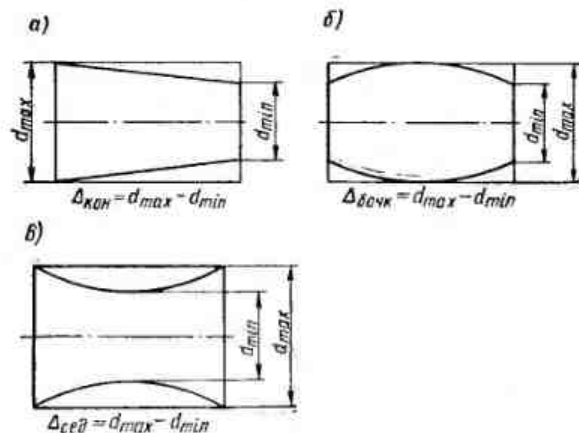


Рис. 2. Погрешности формы в продольном сечении: а — конусообразность; б — бочкообразность; в — седлообразность

то погрешность формы допускается в пределах поля допуска на размер.

Точность взаимного расположения поверхностей: параллельность, перпендикулярность, соосность, биение и т. д. — также указывается в виде допусков и отклонений. К обработке на токарных станках прибегают как к окончательной или как к предварительной перед шлифованием. И в том, и в другом случае требуется достаточно высокая точность.

Нормальной точностью изготовления на токарных станках обычно считают точность 4—3-го класса. Однако при необходимости и благоприятных условиях можно получить 2 и даже 1-й класс точности, но стоимость обработки будет высокой. Точная обработка на токарном станке возможна только на исправном оборудовании и при высокой квалификации исполнителя.

При изготовлении точных деталей всегда необходимо отчетливо представлять причины возникновения неточностей (погрешностей) обработки. Зная эти причины, можно найти и методы их уменьшения и тем самым повысить точность.

Советскими учеными проведен ряд исследований в области точности механической обработки, в результате которых вскрыты причины появления отдельных погрешностей, найдены факторы, влияющие на эти погрешности, и намечены пути повышения точности механической обработки.

Физическая сущность явлений, имеющих место при механической обработке, сложна, а поэтому и возникающие при этом погрешности многообразны.

Погрешности обработки возникают: из-за неточности оборудования и инструмента, от упругих деформаций узлов станка, обрабатываемой детали инструмента, от износа инструмента, от температурных деформаций, от неточности установки и настройки и пр.

Для изучения этих погрешностей обычно используются теоретические расчеты, результаты экспериментальных исследований и богатый опыт нашего отечественного машиностроения.

В настоящей главе рассматриваются только вопросы точности механической обработки при чистовом точении твердосплавными инструментами. Вопросы качества обработанной поверхности и вибраций рассматриваются в гл. II и III.

Если на токарном станке обточить вал большого диаметра и большой длины и затем тщательно его промерить, то обнаружится, что уже в самой начальной стадии ее изготовления деталь имеет какое-то отступление от заданного размера. Мало того, в поперечных сечениях по длине детали размеры будут разными. Вал окажется нецилиндричным. Эти отступления от заданного размера и правильной цилиндрической формы вызваны влиянием погрешностей обработки.

Если партию малогабаритных деталей (например, валков или втулок) обточить заранее установленным на

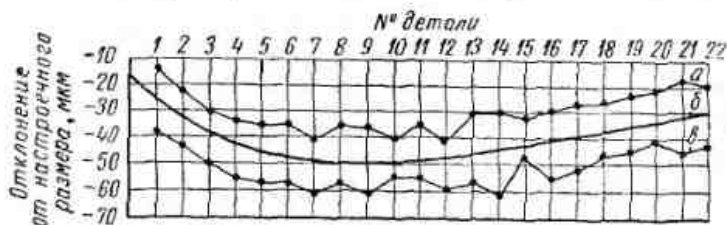


Рис. 3. Диаграмма отклонений размеров колец, последовательно обточенных по наружной поверхности (точечная диаграмма)

размер резцом (станок настроен на обтачивание одной поверхности у всей партии деталей) и затем все детали тщательно измерить, то обнаружится, что размеры всех деталей партии разные. Кроме того, диаметральные размеры каждой детали по длине обработки, например в начале и в конце, также будут разными. Это различие в размерах, равно как и погрешности формы, объясняются влиянием первичных погрешностей, возникающих при механической обработке.

На рис. 3 представлена кривая изменения размеров партии деталей, обработанных на токарном станке. На станке с высотой центров 380 мм установленным резцом обтачивались кольца из стали 35ХМ (НВ 320) диаметром 204 мм и шириной 60 мм. Резец сечением 20 × 30 мм был оснащен пластинкой твердого сплава Т15К6.

На диаграмме по горизонтальной оси отложены порядковые номера обработанных деталей. По вертикальной оси — отклонения обточенных деталей от настроенного размера (в мм), т. е. наружного диаметра, равного 204 мм. Здесь точки на кривой а соответствуют размерам отдель-

ных деталей в начале их обработки, а точки на кривой б — размерам в конце обработки. Ломаные линии а и б получены путем соединения опытных точек.

Рассматривая эти кривые, можно сделать несколько общих выводов:

1) начальный размер первой изготовленной детали не совпадает с желательным настроечным размером;

2) начальный и конечный размеры деталей не равны, т. е. все детали имеют такую-то погрешность формы; эта погрешность формы (разность диаметров) более или менее одинакова у всех обработанных деталей (20—30 мкм);

3) изменение размеров деталей по мере увеличения их порядкового номера, т. е. по мере увеличения длительности процесса обработки всей партии деталей, подчиняется определенной закономерности. Для более четкого выяснения этой закономерности проведена кривая б, которая является сглаженной кривой средних размеров отдельных деталей. Рассматривая эту кривую, мы можем отметить общую закономерность: в начале обработки партии деталей, приблизительно до 7—9-й детали, их средний размер (наружный диаметр) уменьшается, а затем до последней 22-й детали партии средний размер все время увеличивается;

4) обе основные линии как а, так и б не являются плавными кривыми, а представляют собой ломаные линии, что указывает на рассеяние размеров отдельных деталей, т. е. на наличие случайных погрешностей обработки.

Кривые на рис. 3 дают ясное представление о наличии сложных зависимостей точности механической обработки деталей от факторов технологического процесса. Часть этих факторов носит случайный характер, не подчиняясь видимым закономерностям, другая же часть оказывает влияние на точность механической обработки в совершенно определенном направлении и в определенной строгой закономерности (систематические погрешности изготовления).

В процессе механической обработки детали или партии деталей отдельные погрешности изготовления оказывают, каждая по своему, влияние на точность изготовления. В итоге общего совместного действия этих погрешностей (суммирования погрешностей) получается искажение формы и размеров окончательно изготовленной детали.

Действуя одновременно, погрешности изготовления частично компенсируют друг друга.

Чтобы иметь ясное представление о том, что же получается с размером и формой обрабатываемой детали при одновременном действии всех погрешностей, необходимо их просуммировать, но для этого нужно знать их величину и от чего, т. е. от каких условий технологического процесса, зависят эти погрешности.

При обработке детали на станке, в частности на токарном станке, мы имеем дело с технологической системой, т. е. с системой станок—деталь—инструмент. Очевидно, что погрешности обработки зависят от начального положения этой системы (от настройки) и от изменения всех звеньев системы в процессе обработки. Как начальная установка системы, так и ее изменения в процессе обработки могут зависеть от исполнителя работы, но могут от него и не зависеть. Во всяком случае, зная характер этих изменений, в процессе обработки исполнитель, как правило, может на них воздействовать в целях уменьшения отдельных погрешностей изготовления.

Если заранее знать закономерности изменения размеров деталей, то, очевидно, можно предвидеть и момент предельно допустимого нарастания размеров, т. е. момент необходимой поднастройки станка. Благодаря этому значительно упрощается наблюдение за технологическим процессом и отпадают или, во всяком случае, значительно упрощаются контрольные операции. При таких условиях как настройку, так и поднастройку станков можно производить более определенно и по заранее составленной программе технологического процесса. Технолог, мастер или настройщик будут действовать не «вслепую» (основываясь только на данных измерения отдельных деталей), а на основе соответствующего технологического расчета. Особо большое значение такие расчеты приобретают в условиях автоматизированного производства.

Расчеты точности изготовления дают возможность предвидеть течение всего технологического процесса. В настоящей главе рассмотрены основные погрешности изготовления, связанные с работой станка, инструмента и обрабатываемой деталию.

Приводимые ниже цифры и закономерности основываются на большом количестве экспериментального материала, но все же их не следует рассматривать как нор-

мативные; в каждом частном случае, в зависимости от условий выполнения технологического процесса, они могут изменяться.

2. Геометрические погрешности токарных станков, погрешности установки и закрепления

Все выпускаемые металлорежущие станки проверяются заводом-изготовителем на геометрическую точность в ненагруженном состоянии, которая должна соответствовать определенным нормам, установленным ГОСТом 42—56. Проверяются станки после каждого ремонта и в процессе эксплуатации. Несмотря на высокую точность изготовления, все станки имеют погрешности изготовления узлов и погрешности их взаимного расположения; чем меньше эти погрешности, тем точнее станки.

Предусмотренные ГОСТом проверки в основном контролируют точность выполнения и сборки отдельных узлов, а также станка в целом, но не всегда прямо характеризуют погрешности обработки на этих станках. Для определения погрешности обработки на основании известной геометрической погрешности самого станка в некоторых случаях требуется производить специальные пересчеты. Например: прямолинейность и параллельность направляющих токарных станков характеризуют погрешности при перемещении нижних частей суппорта, а для определения погрешности формы обрабатываемой детали, вызванной этими погрешностями, необходим пересчет и т. п.

Однако такие пересчеты несложны и производятся достаточно просто. Зная геометрическую точность станка, можно рассчитать и погрешность обработки.

Рассчитывать погрешности изготовления деталей на основании общих норм точности станков не рекомендуется. Конкретный станок, находящийся в эксплуатации, может иметь большие или меньшие погрешности по сравнению с предусмотренными ГОСТом. Работающие станки изнашиваются, расшатываются и вследствие этого теряют свою первоначальную точность. Износ направляющих токарных станков, особенно при плохой их эксплуатации, происходит быстро, причем неравномерно по длине. Наибольшая величина износа обычно наблюдается у передней бабки. Даже при чистовой обработке износ направ-

ляющих токарных станков может достигать за год 0,04—0,05 мм и более.

Наличие геометрических погрешностей станков приводит к искажению формы (погрешности формы) в продольном и поперечных сечениях обрабатываемой детали. Однако при правильной эксплуатации и уходе за станками эти погрешности могут быть значительно снижены.

Необходимо отметить, что хорошо зная состояние своего станка, исполнитель может уменьшить погрешности обработки, обусловленные неточностью станка. Геометрические погрешности станков не зависят от условий проведения обработки (резания). К погрешностям, независящим от условий обработки, относятся также погрешности установки и закрепления.

При установке детали на станке и регулировании положения отдельных узлов станка вносятся погрешности установки и закрепления, которые зависят от квалификации рабочего, а также от наличия и качества установочных приспособлений и измерительного инструмента. Погрешности установки обусловлены неправильным (неточным) расположением базировочных поверхностей детали относительно станка при ее установке на станке. Эта погрешность главным образом обусловлена неточным изготовлением и износом установочных элементов станка и приспособлений.

Погрешность закрепления обусловлена смещением базировочных поверхностей обрабатываемой детали, режущего инструмента или узлов станка под действием усилий закрепления. Так, например, при закреплении деталей в трехкулачковом патроне в зависимости от силы зажатия, продольное положение детали меняется за счет разворота кулачков на 0,05—0,06 мм; то же самое происходит и при закреплении деталей в цанговых патронах. В зависимости от усилия закрепления пиноли задней бабки меняется положение заднего центра в поперечном направлении. Силы зажатия могут изменяться до 1,5 раз, что приводит к значительным погрешностям.

Изменение положения деталей под действием сил зажатия объясняется деформацией отдельных звеньев узлов или контактными деформациями стыков звеньев. При постоянстве сил зажатия эти деформации будут постоянными, и их можно учесть при настройке технологической системы. При использовании пневматических

зажимов или при наличии приборов, гарантирующих постоянство силы зажатия, таких колебаний положения детали не наблюдается.

Погрешность установки обрабатываемых деталей в центрах определяется точностью выполнения центровых гнезд. При работе на настроенном станке точность по глубине зацентровки определяет точность продольных размеров. В случае несовпадения осей центровых гнезд, неточности их поверхностей и недостаточной чистоте поверхностей возникают погрешности формы обрабаты-

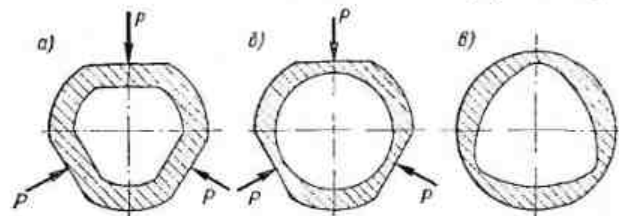


Рис. 4. Схема возникновения погрешности формы при обработке тонкостенного кольца в трехкулачковом патроне: а) после закрепления; б) после обработки отверстия; в) после снятия со станка

ваемых деталей. Поэтому при обработке точных деталей в центрах токарного станка необходимо следить за тщательным изготовлением центровых гнезд. В случае закрепления тонкостенных колец в кулачковых патронах возникает погрешность закрепления, приводящая к погрешности формы кольца в поперечном сечении (рис. 4). Под действием сил зажима P в трехкулачковом патроне кольцо, как это показано на рисунке, деформируется и в таком виде обрабатывается по внутренней поверхности. После открепления наружная поверхность кольца принимает прежнюю форму цилиндра, а внутренняя — получает огранку. Подобная картина наблюдается и при обработке колец и тонкостенных деталей в патронах других конструкций, а также при обработке наружных поверхностей тонкостенных деталей.

Все эти погрешности непосредственно не связаны с процессом резания и, как правило, от него не зависят. В целях уменьшения этих погрешностей необходимо внимательно следить за правильной эксплуатацией станков и приспособлений.

3. Жесткость технологической системы

В процессе резания, когда с заготовки снимается стружка, возникает сила резания, действующая с одной стороны на резец и суппорт станка, а с другой — на обрабатываемую деталь и через нее — на переднюю и заднюю бабки станка. Как известно, силы резания при снятии больших стружек достигают значительной величины, достигающей до сотен килограммов и более. Даже при чистовых отделочных операциях эти силы могут составлять десятки килограммов.

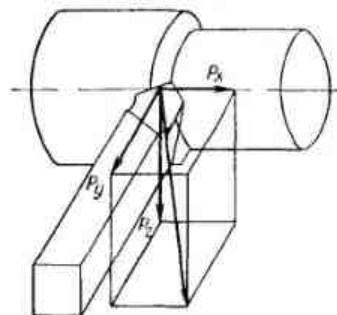


Рис. 5. Действие составляющих сил резания на резец

Действие составляющих сил резания на резец показано на рис. 5 (на деталь они действуют в обратном направлении). Под действием этих сил узлы станка деформируются, а обрабатываемая деталь прогибается. При этом деталь отжимается от резца за счет отжатия бабок и прогиба самой детали, а резец от детали — за счет отжатия суппорта. В результате этих общих отжатий

изменяется и расстояние от оси детали до вершины резца, т. е. изменяется размер обрабатываемой поверхности.

Как видно из рисунка, составляющие силы резания действуют в трех направлениях: P_x , P_y и P_z . Однако основное влияние на упругие деформации узлов станка оказывают только две составляющие силы резания, P_y и P_z .

С точки зрения точности механической обработки представляют интерес лишь перемещения в направлении, влияющем на размер обрабатываемой детали, поэтому в технологии машиностроения обычно рассматривают перемещения только в направлении действия составляющей силы резания P_y , т. е. в направлении, нормальном (перпендикулярно) к обрабатываемой поверхности.

Способность узлов станка, или станка в целом, режущего инструмента, приспособления или обрабатываемой детали сопротивляться действию сил, стремящихся их деформировать, называется *жесткостью*. Чем больше

жесткость, тем меньше перемещения и, следовательно, меньше погрешности обработки.

Хотя действие составляющей силы резания P_z на упругие деформации в ряде случаев значительно, но основное влияние, как правило, имеет составляющая P_y . Поэтому для упрощения расчетов в технологии машиностроения жесткость численно определяется как *отношение нормальной составляющей силы резания P_y к деформации y , отсчитываемой в направлении действия этой составляющей*

$$j = \frac{P_y}{y} \text{ кГ/мм}, \quad (1)$$

где j — жесткость в кГ/мм;

P_y — нормальная (радиальная) составляющая силы резания в кГ;

y — перемещение, измеряемое в направлении действия P_y , в мм.

При этом, однако, необходимо помнить, что хотя жесткость и рассчитывается по одной составляющей, испытание жесткости в ряде случаев необходимо проводить при действии не менее чем двух составляющих сил резания P_y и P_z , так как действие вертикальной составляющей имеет большое значение и может существенно менять картину упругих деформаций.

Таким образом, приведенное математическое выражение жесткости, как видим, является несколько условным, но оно значительно упрощает технологические расчеты. Уместно отметить, что в ряде случаев при определенных соотношениях составляющих сил резания P_x , P_y , P_z деформация системы, станка или узла станка может быть направлена даже в сторону, обратную действию нормальной составляющей усилия резания P_y . В этом случае жесткость будет иметь отрицательный знак. Понятие *отрицательной жесткости* хотя и не совсем согласуется с обычными представлениями, но для соблюдения общности технологических расчетов введение этого понятия является целесообразным.

В ряде случаев, для упрощения технологических расчетов более удобно пользоваться не жесткостью, а ее обратной величиной, которая названа *податливостью* W .

Податливость принято выражать в микрометрах на килограмм (мкм/кг). Значит

$$W = \frac{1000}{j} \text{ мкм/кг}. \quad (2)$$

Упругая технологическая система состоит из обрабатываемой детали, режущего инструмента и металлорежущего станка. Все эти звенья в процессе обработки под

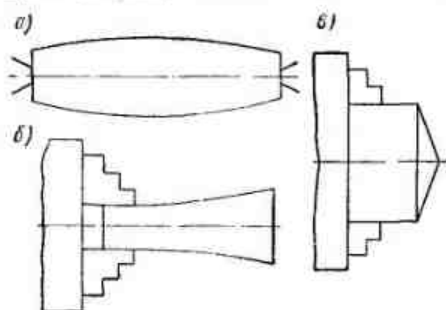


Рис. 6. Погрешности формы обтачиваемых деталей, обусловленные их деформацией: а) форма вала, обработанного в центрах станка; б) форма вала, обточенного в патроне токарного станка; в) форма торца вала, обработанного в патроне

действием силы резания деформируются. Жесткость отдельных звеньев технологической системы может быть определена либо теоретически, либо экспериментально.

Жесткость обрабатываемой детали. Как уже указывалось, силы резания действуют на обрабатываемую деталь (например, вал, обтачиваемый в центрах станка). Под действием этих сил вал прогибается, и центр его поперечного сечения удаляется от вершины резца. Прогиб вала по длине обработки неодинаков, так как при перемещении резца изменяется расстояние от точки приложения усилий резания до опор вала (центров станка). Таким образом, прогиб вала приводит к погрешности его формы. При обтачивании валов малой жесткости в центрах вал приобретает бочкообразную форму (рис. 6, а).

При обтачивании вала малой жесткости, закрепленного в патроне токарного станка, также наблюдается неодинаковый по длине прогиб вала. У торца патрона, вследствие малого расстояния от точки приложения силы резания до места закрепления вала, прогиб меньше, а по мере увеличения расстояния (вылета) прогиб увеличивается. При этом получается погрешность формы вала, которая обычно условно называется конусностью (рис. 6, б).

При подрезке торца нежесткой детали, закрепленной в патроне, получается погрешность формы торца (рис. 6, в).

Жесткость детали, обрабатываемой на токарном станке, во многих случаях с большей или меньшей точностью может быть определена расчетным путем. При обработке повторяющихся деталей жесткость достаточно просто может быть определена экспериментально. Для экспериментального определения жесткости детали необходимо «нагрузить» ее усилием, воспроизводящим усилие резания, и определить соответствующую деформацию.

Жесткость гладкого вала, обрабатываемого в центрах станка, в середине его длины, может быть рассчитана по формулам сопротивления материалов

$$j = 48000d \left(\frac{d}{l} \right)^3 \text{ кг/мм}, \quad (3)$$

где d и l — соответственно диаметр и длина обрабатываемого вала в мм.

Как видим, в этом случае жесткость зависит не только от отношения $\frac{d}{l}$, как иногда считают, но и еще от d , т. е. при одинаковом отношении $\frac{d}{l}$ вал большего диаметра будет обладать большей жесткостью.

Жесткость вала, обтачиваемого в патроне, может быть рассчитана по формуле

$$j = 3000d \left(\frac{d}{l} \right)^3 \text{ кг/мм}, \quad (4)$$

где l — расстояние от патрона до вершины резца в мм.

Экспериментально, установлено, что и жесткость ступенчатых валов при токарной обработке может быть с достаточной точностью определена по вышеприведенным формулам. В этом случае значение диаметра d принимается средним.

Средний диаметр вала можно определить по формуле

$$d = 2000 \sqrt{\frac{G}{\pi l \gamma}} \text{ мм}, \quad (5)$$

где G — вес ступенчатого вала в кг;

l — длина вала в мм;

γ — удельный вес материала обрабатываемой детали.

Вес детали G обычно указывается на чертеже.

В случае обработки деталей малой жесткости (например, при обтачивании в центрах длинных и тонких валов) с успехом могут быть применены приспособления, увеличивающие жесткость детали, как, например, подвижные и неподвижные люнеты. Благодаря дополнительной опоре в люнете жесткость обрабатываемой детали значительно повышается.

При обтачивании маложестких деталей в патроне, рекомендуется «подпирать» обрабатываемую деталь задним центром. При такой схеме обработки также возможен расчет жесткости валов.

В случае необходимости расчета жесткости сложных деталей их конфигурацию приводят к более простым геометрическим формам, удобным для расчета. Разумеется, во всех этих случаях расчет является приближенным.

Часто в практике наблюдается недостаточная жесткость сопряжения центров с центровым гнездом в обрабатываемой детали. Вследствие малой жесткости этого сопряжения имеет место дополнительное смещение (отжим) обрабатываемой детали, которое объясняется смятием поверхности центрового гнезда.

При работе в центрах необходимо обеспечивать соответствие конусностей центрового гнезда и центров станка, высокую чистоту поверхности центрового гнезда и достаточные его размеры.

Жесткость режущего инструмента. При обычном обтачивании детали на токарном станке жесткость резца в направлении действия составляющей силы резания P_y велика, так как головка резца работает на сжатие; при этом деформации его в горизонтальном направлении так малы, что при расчетах ими обычно пренебрегают. В этом случае расчет упругой технологической системы сводится к расчету системы станок — деталь.

Совсем иначе обстоит дело при растачивании на токарном станке глубоких отверстий, когда тело державки удлиненное, или резец крепится в оправке с большим вылетом.

При большом вылете державки резец под действием составляющей силы резания P_y будет прогибаться в горизонтальной плоскости, и его вершина переместится к центру обрабатываемой детали (рис. 7). Такая деформация инструмента повлечет за собой уменьшение диаметра ра-

стачиваемого отверстия. В этих случаях приходится считаться с деформациями инструмента, которые могут оказать заметное влияние на точность обрабатываемой детали. Однако деформация инструмента (прогиб) будет постоянной, так как расстояние от вершины резца до места его закрепления в суппорте остается постоянным. Величину постоянных деформаций можно учесть при настройке.

Жесткость, а значит и возможные деформации державок и оправок несложно рассчитать теоретически и проверить экспериментально.

Необходимо помнить, что прогиб державки расточного резца изменяется пропорционально величине вылета в третьей степени, а поэтому чем больше вылет, тем массивнее (большого сечения) должна быть державка. Для уменьшения веса державки с большим вылетом тело ее следует делать переменного сечения, уменьшая размеры сечения по направлению к головке резца.

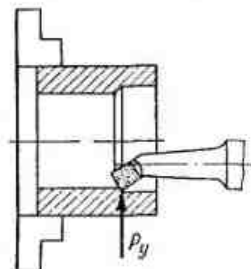


Рис. 7. Обработка отверстия на токарном станке

Необходимо иметь в виду, что жесткость инструмента зависит не только от жесткости самой державки, но и от жесткости соединения державки с суппортом станка. Нужно следить за надежным креплением державки в резцедержателе: чем больше вылет державки, тем надежнее должно быть ее крепление. В практике часто встречаются случаи, когда при достаточной жесткости державки жесткость крепления ее мала и это приводит к появлению вибраций и погрешности обработки.

Жесткость станка. Жесткость станка характеризует его сопротивляемость действию усилий. Например, если известно, что жесткость станка $j = 2000 \text{ кГ/мм}$, а при снятии стружки действует составляющая сила резания $P_y = 200 \text{ кГ}$, то отжим узлов станка составит $0,1 \text{ мм}$, т. е. расстояние от вершины резца до обработанной поверхности изменится на $0,1 \text{ мм}$, а диаметр обрабатываемой детали в этом сечении — на $0,2 \text{ мм}$. Если составляющая силы резания $P_y = 20 \text{ кГ}$, то по такому же расчету отжим узлов станка будет равен $0,01 \text{ мм}$, а диаметр обтачиваемой детали изменится на $0,02 \text{ мм}$.

Погрешности от упругих деформаций имеют большое значение для точности механической обработки и составляют 20—80% общей погрешности обработки.

Кроме того, жесткость оказывает большое влияние на вибрации. При работе с малой жесткостью технологической системы вибрации появляются при менее напряженных режимах резания.

От чего же зависит жесткость токарных станков и как она влияет на точность изготовления деталей?

Экспериментальными исследованиями установлено, что жесткость металлорежущих станков в основном обусловлена сопротивлением деформации соединений отдельных узлов и деталей. Жесткость последних зависит от деформаций крепежных (соединяющих) элементов и от контактных деформаций.

Производить полный теоретический расчет жесткости станков в настоящее время не представляется возможным. Разработано несколько методов экспериментального определения жесткости как станка в целом, так и отдельных его узлов.

Методика испытания жесткости станков сводится к тому, что узлы станка нагружаются силами, воспроизводящими действия сил резания, и одновременно измеряются перемещения узлов станка.

При производственном методе испытания жесткости станков жесткость определяется в рабочем состоянии станка, т. е. во время резания, а при статическом — в неподвижном состоянии.

На жесткость токарного станка в случае обработки в центрах влияют жесткости суппорта, задней и передней бабок, а при обработке в патроне — жесткости суппорта и передней бабки.

Деформации отдельных узлов токарного станка неодинаково отражаются на точности обработки.

При обтачивании в центрах отжатие суппорта при постоянной нагрузке (т. е. при постоянном припуске и однородном материале обрабатываемой детали) постоянно по всей длине обрабатываемой детали. Таким образом, отжатие суппорта приводит лишь к погрешности размера обрабатываемой детали и не влияет на ее форму. Зная жесткость суппорта и нагрузку при резании, можно рассчитать величину упругого отжатия и на соответствующую величину скорректировать настройку станка на размер.

Необходимо отметить, что, как правило, влияние составляющей силы резания P_y на деформацию суппорта больше, нежели составляющей P_z , поэтому деформация происходит в направлении увеличения размера (при наружном обтачивании), как это показано на рис. 8. Однако в отдельных случаях при относительно большом значении составляющей P_z и малом диаметре обработки могут быть такие условия, при которых деформация суппорта будет происходить в обратном направлении, т. е. в направлении уменьшения размера (от рабо-

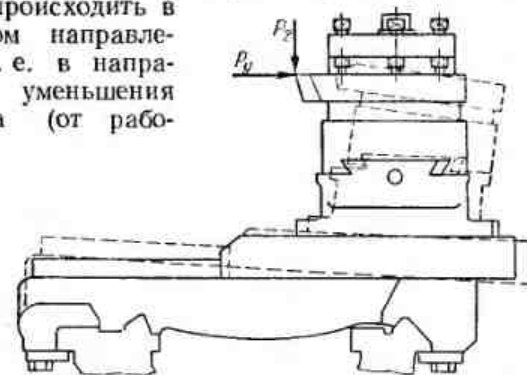


Рис. 8. Деформация суппорта токарного станка

чего). Это и есть случай так называемой отрицательной жесткости, когда составляющая силы резания P_y направлена в одну сторону, а деформация узлов — в противоположную сторону. Таким образом, иногда сказывается влияние составляющей силы резания P_z на жесткость узла суппорта.

Возможность получения отрицательной жесткости на токарных станках доказывается как теоретическими расчетами и экспериментальными исследованиями, так и практикой работы на токарных станках (известные токарям случаи «клевания резцов», «затягивания»).

Работа на токарном станке в условиях отрицательной жесткости неустойчива, так как ввиду наличия зазоров в подвижных соединениях суппорта перемещения «на изделие» могут быть резкими и значительными, приводящими к дефектам обрабатываемой поверхности, а иногда и к поломкам резца.

Выше уже указывалось, что упругие деформации суппорта не изменяются по длине обработки, т. е. влияют

только на погрешности размера, а не на погрешности формы обрабатываемой детали.

Совсем иначе обстоит дело с влиянием упругих отжатий бабок на размер обрабатываемой детали. Рассматривая схему обработки в центрах (рис. 9), мы видим, что в начале обтачивания (положение I—I) силы резания действуют исключительно на заднюю бабку, и положение линии центров обусловлено только отжатием задней бабки ($y_{з.б.}$). В конце обработки (положение III—III) силы резания действуют только на переднюю бабку, и положе-

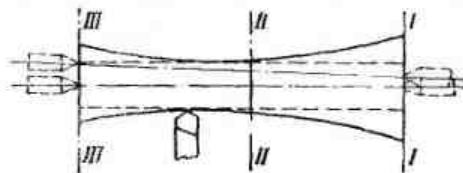


Рис. 9. Изменение положения линии центров токарного станка по мере продвижения резца от задней бабки к передней

ние линии центров зависит лишь от ее отжатия ($y_{п.б.}$). Во всех промежуточных положениях смещения линии центров обуславливаются перемещением как передней, так и задней бабок, причем по мере продвижения резца вдоль обрабатываемой детали влияние смещения задней бабки на положение линии центров уменьшается, а влияние передней бабки увеличивается.

При обтачивании середины обрабатываемой детали (положение II—I) на переднюю и заднюю бабки действует только половина величины усилия ($\frac{P_y}{2}$), а поэтому бабки отжимаются также на величину в два раза меньшую $y_{з.б.}$ и $y_{п.б.}$. Кроме того, при этом среднем положении резца отжатие бабок отражается на суммарной погрешности не всей своей величиной, а половиной, так как резец в это время находится от задней и передней бабок на расстоянии половины длины детали, т. е.

$$y' = \frac{y_{з.б.}}{2} + \frac{y_{п.б.}}{2}.$$

В итоге получается, что изменение диаметра вследствие отжатия бабок при положении резца на середине длины обрабатываемой детали значительно меньше, чем при положении у краев детали, и обточенный вал приобретает седлообразную форму (рис. 9). Следовательно, непостоян-

ство смещения бабок по длине обработки приводит к погрешности формы обрабатываемой детали в продольном сечении.

Если в центрах токарного станка обрабатывается вал, который сам практически не прогибается, то и тогда форма этого вала в продольном сечении будет не цилиндрической. Зная жесткость бабок и величину действующих сил резания, можно рассчитать погрешность формы обрабатываемого вала. Таким образом, имея в виду приведенный выше анализ кривых точности партии деталей (см. рис. 3), можно утверждать, что отжатия узлов станка приводят как к изменению начального размера деталей, так и к погрешности их формы (разность размеров по кривым a и b).

Необходимо отметить, что при наличии разных по величине припусков на заготовках размеры будут изменяться не одинаково у разных деталей партии, так как и отжатия узлов станка будут меняться по величине.

Для сравнения отдельных станков по их жесткости при обработке в центрах принято принимать в качестве характеристики жесткости токарного станка его жесткость по середине обрабатываемой заготовки. Однако в целях более полной характеристики станка часто определяют жесткость токарных станков в трех положениях: у задней бабки, у передней бабки и посередине обрабатываемой заготовки.

Если известны жесткости передней бабки, задней бабки и суппорта ($j_{п.б.}$, $j_{з.б.}$, $j_{суп.}$), то может быть определена и суммарная жесткость токарного станка j_c в любом положении резца по длине обрабатываемой заготовки (рис. 10)

$$\frac{1}{j_c} = \frac{1}{j_{суп.}} + \frac{1}{j_{з.б.}} \left(\frac{l-x}{l} \right)^2 + \frac{1}{j_{п.б.}} \left(\frac{x}{l} \right)^2 \text{ мм/кГ}, \quad (6)$$

или, выражая через податливость,

$$W_c = W_{суп.} + W_{з.б.} \left(\frac{l-x}{l} \right)^2 + W_{п.б.} \left(\frac{x}{l} \right)^2 \text{ мкм/кГ}. \quad (7)$$

При положении резца у задней бабки (рис. 10, а)
 $W_c = W_{суп.} + W_{з.б.}$

При положении резца у передней бабки (рис. 10, б)
 $W_c = W_{суп.} + W_{п.б.}$

При положении резца посередине обрабатываемой детали (рис. 10, в)

$$W_c = W_{\text{срт}} + \frac{1}{4} (W_{x, \delta} + W_{n, c}).$$

Министерством станкостроительной и инструментальной промышленности СССР разработаны нормативы жесткости токарных станков, предусматривающие стати-

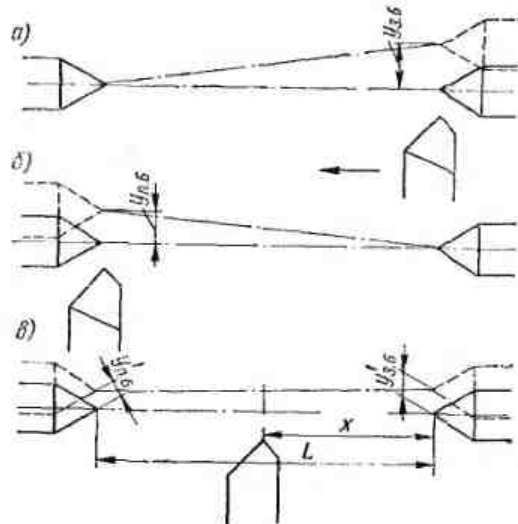


Рис. 10. Схема к расчету жесткости токарного станка при обработке деталей в центрах

ческое испытание при действии силы под углом 60° , т. е. при отношении $\frac{P_y}{P_z} = 0,58$. Измерение жесткости производится в двух положениях: у передней и задней бабок. Рекомендуемые нормативами (нормаль Н71—1) нормы жесткости ($j = \frac{P_y}{y}$ кГ/мм) приведены в табл. 1.

Испытание жесткости токарных станков, находящихся в эксплуатации, показывает, что величины жесткости однотипных станков значительно разнятся в зависимости от их состояния. Это указывает на большие возможности повышения жесткости токарных станков при соответствующем уходе за ними.

Таблица 1
Нормы жесткости токарных станков

Жесткость в кГ/мм	Диаметр обрабатываемой детали в мм						
	200	250	320	400	500	630	800
У шпинделя	1000	1075	1175	1330	1430	1550	1700
У пиноли	770	875	950	1040	1145	1190	1310

Необходимо отметить, что большое влияние на точность при обработке в центрах оказывает смещение детали за счет «сползания» ее с центров, которое обусловлено контактными деформациями центрального гнезда и центр-пиноли и недостаточной продольной жесткостью бабок.

При патронной обработке задняя бабка не участвует в работе станка, и смещение узлов складывается из отжатия суппорта и передней бабки. Отжатие суппорта постоянно при постоянной силе резания и вызывает погрешности размеров обрабатываемых деталей. Отжатие передней бабки при патронной работе зависит от величины вылета детали и с увеличением расстояния от патрона до места обработки оно возрастает.

Под действием момента от сил резания отдельные элементы передней бабки перемещаются не параллельно своему первоначальному положению, а поворачиваются на некоторый угол.

При обработке жесткой детали, закрепленной в патроне токарного станка, можно составить следующую схему деформаций элементов передней бабки (рис. 11):

1) под действием составляющей силы резания P_y опоры шпинделя смещаются на некоторую величину, т. е. шпиндель станка поворачивается относительно теоретической линии центров на угол β_1 ;

2) под действием силы P_y лежащий на опорных подшипниках шпиндель прогибается, что приводит к угловому перемещению на угол β_2 ;

3) вследствие нежесткого соединения патрона со шпинделем станка патрон поворачивается относительно шпинделя на некоторый угол β_3 ;

4) кулачки в патроне и деталь, закрепленная в кулачках патрона, поворачиваются относительно оси патрона на некоторый угол β_4 ;

5) суппорт станка под действием составляющей силы резания P_y смещается (отжимается) на некоторую величину y_c . Заметим, что величина этого смещения не зависит от положения резца по длине обрабатываемой детали.

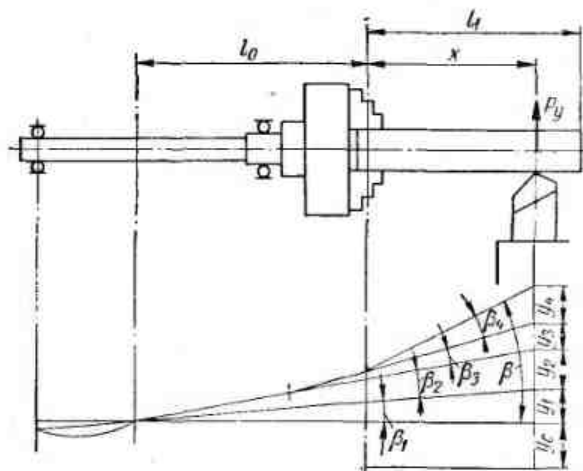


Рис. 11. Схема деформаций при обработке жесткой детали в патроне токарного станка

Использование действительной схемы деформаций узла передней бабки, представленной на рис. 11, при расчетах и экспериментах оказывается сложным. Эта схема может быть заменена более простой приближенной схемой деформаций (рис. 12).

Здесь угловая деформация $\gamma_1 = \beta_1 + \beta_2$ происходит на плече $(l_0 + l_1)$, а угловая деформация $\gamma_2 = \beta_3 + \beta_4$ — на плече l_1 .

Угловой жесткостью называется отношение действующего момента к угловому перемещению, т. е. $j_m = \frac{M}{\gamma} \frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{рад}}$.

Представляя момент как произведение силы P_y на плечо l , получаем $M = P_y l \text{ кг} \cdot \text{см}$, а заменяя угол тангенсом угла, в свою очередь, получаем $\gamma = \frac{y}{l} \text{ мкм/см}$. Тогда угло-

вая жесткость $j_m = \frac{P_y l^2}{y} \text{ кг} \cdot \text{см}^2/\text{мкм}$ и угловая податливость $W_m = \frac{y}{P_y l^2} \text{ мкм/кг} \cdot \text{см}^2$.

Для схемы деформации по рис. 12 угловая жесткость шпинделя

$$j_{m.ш} = \frac{P_y (l_0 + x)^2}{y_1} \text{ кг} \cdot \text{см}^2/\text{мкм} \quad (8)$$

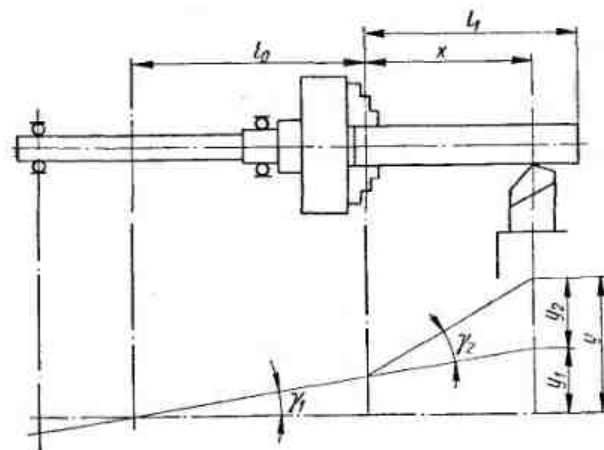


Рис. 12. Упрощенная схема деформаций передней бабки токарного станка при обработке в патроне

и угловая жесткость патрона

$$j_{m.п} = \frac{P_y x^2}{y_2} \text{ кг} \cdot \text{см}^2/\text{мкм}, \quad (9)$$

а податливости

$$W_{m.ш} = \frac{y_1}{P_y (l_0 + x)^2} \text{ мкм/кг} \cdot \text{см}^2; \quad (10)$$

$$W_{m.п} = \frac{y_2}{P_y x^2} \text{ мкм/кг} \cdot \text{см}^2. \quad (11)$$

Плечо l_0 легко определяется экспериментально; также не сложно определяются угловые жесткости и податливости. Зная характеристики отдельных элементов узла, определяют и характеристики узла в целом.

Деформация передней бабки в любом положении по длине обработки определится как

$$y = y_1 + y_2,$$

где

$$y_1 = W_{м.ш} P_y (l_0 + x)^2; \quad y_2 = W_{м.п} P_y x^2,$$

тогда

$$y = P_y [W_{м.ш} (l_0 + x)^2 + W_{м.п} x^2] \text{ мкм.}$$

Из этого выражения видно, что максимальная деформация $y_{\max}$ будет при $x = l_1$, т. е. на конце обрабатываемой детали, а минимальная $y_{\min}$ — при $x = 0$.

Удвоенная разность деформаций $y_{\max} - y_{\min}$ определит погрешность формы обрабатываемой детали в продольном направлении — «конусность»

$$y_{\max} - y_{\min} = P_y [W_{м.ш} (l_0 + l_1)^2 - W_{м.ш} l_0^2 + W_{м.п} l_1^2] \text{ мкм.} \quad (12)$$

При патронной работе часто очень низка жесткость, что объясняется, как правило, малыми жесткостями самих патронов и закрепления детали в патроне — $j_{м.п}$. Для увеличения жесткости патронов необходимо внимательно следить за их состоянием (состояние губок, прилегание кулачков к пазам патрона и др.).

Жесткость узлов передней бабки токарных станков 1К62 при экспериментах в среднем оказалась равной $j_{м.ш} = 700 \div 800 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 / \text{мм}$ и $j_{м.п} = 200 \div 300 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 / \text{мм}$.

Рассматривая упругие деформации технологической системы в целом, следует иметь в виду, что при обработке в патроне «конусность», обусловленная угловым перемещением передней бабки, складывается с конусностью, вызванной собственным прогибом обрабатываемой детали, что может в ряде случаев значительно увеличить погрешность формы детали в продольном ее сечении.

При обработке в центрах, наоборот, упругие деформации узлов станка и обрабатываемой детали приводят к разным погрешностям формы детали в продольном сечении (см. рис. 2 и 9) и поэтому частично друг друга компенсируют.

Необходимо еще раз упомянуть, что погрешности, обусловленные упругими деформациями узлов станка, могут быть частично скорректированы. Это относится

в первую очередь к деформациям, постоянным по длине обработки (погрешностям размера), которые сказываются с самого начала обработки. При работе по методу пробных стружек эта погрешность после пробного замера и дальнейшей корректировки установки резца может быть и вообще исключена.

При обработке партии деталей и установке резца по эталонному валу или шаблону, если известна ожидаемая начальная величина упругих отжатий, можно скорректировать установку резца таким образом, чтобы значительно уменьшить погрешность размера. Если величина упругих деформаций неизвестна, то погрешности обнаружатся только после обработки первой детали.

Погрешности формы труднее компенсировать, но в некоторых случаях и это удастся частично выполнить благодаря специальным приемам работы, о чем будет сказано ниже. Во всех случаях это, разумеется, можно выполнить только тогда, когда известна величина ожидаемых упругих деформаций. Наиболее рациональным способом борьбы с погрешностями, обусловленными упругими деформациями узлов станка, является *повышение жесткости станков*. С повышением жесткости станков повышается точность изготовления деталей, увеличивается виброустойчивость, а значит увеличивается и производительность.

Жесткость узлов станка зависит не только от собственной жесткости деталей, но в значительной мере от качества соединений этих деталей (стыков).

Наличие среди эксплуатируемых станков таких, которые обладают высокой жесткостью, указывает на возможность общего повышения жесткости токарных станков.

Жесткость токарных станков может быть значительно повышена за счет правильной их эксплуатации и ремонта.

Для этого необходимо:

1) не забывать, что жесткость станков в большой степени зависит от качества сопрягаемых поверхностей, а поэтому при ремонтах станков нужно тщательно обрабатывать поверхности деталей в подвижных и неподвижных соединениях; в процессе эксплуатации станков следует внимательно следить за состоянием и чистотой поверхностей деталей станка;

2) во всех подвижных и неподвижных соединениях станка следить за предварительным натягом соединений;

3) во время работы станка применять затяжку тех направляющих, которые в процессе выполнения этой операции не перемещаются;

4) следить за состоянием и своевременным ремонтом патронов токарных станков;

5) при обработке в центрах устанавливать возможно меньший вылет пиноли задней бабки;

6) применять более жесткие вращающиеся центры с меньшим вылетом (желательно встроенные в заднюю бабку);

7) следить за состоянием поверхностей центровых гнезд обрабатываемой детали.

4. Размерный износ режущего инструмента (токарного резца)

В процессе резания (обработки детали) любой инструмент изнашивается. Износ инструмента вызывается трением обрабатываемой детали о заднюю поверхность инструмента и трением стружки о его переднюю поверхность.

Обычно при изучении стойкости инструмента интересуются износом инструмента по задней поверхности (фаска износа h_z) в сечении, нормальном к главной режущей кромке $I-I$ (рис. 13), и глубиной лунки износа на передней поверхности.

С точки зрения точности механической обработки представляет интерес износ инструмента, непосредственно отражающийся на точности обра-

ботки. Это так называемый *размерный износ* U , т. е. износ, измеряемый в сечении, нормальном к обработанной поверхности, проходящем через вершину резца (сечение $II-II$). Размерный износ обычно рассматривается при изучении точности обработки.

В технологии машиностроения размерный износ инструмента принято выражать в зависимости не от времени его работы, а от пройденного инструментом пути в металле — пути резания.

Зная диаметр обрабатываемой детали, ее длину и величину подачи, легко найти путь резания

$$L = \frac{\pi d l}{1000 s} \text{ м}, \quad (13)$$

где d и l — соответственно диаметр и длина обрабатываемой детали в мм;

s — подача в мм/об.

Например, если обрабатывается валик диаметром $d = 60$ мм и длиной $l = 500$ мм с подачей $s = 0,3$ мм/об, то путь резания составит

$$L = \frac{\pi d l}{1000 s} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 500}{1000 \cdot 0,3} = 314 \text{ м}.$$

Часто желательно знать износ на определенной площади обработанной поверхности. Зная подачу и путь резания, легко перейти к значению площади обработанной поверхности:

$$F = \frac{L s}{10} \text{ дм}^2; \quad (14)$$

$$L = \frac{10 F}{s} \text{ м}. \quad (15)$$

Здесь F — площадь обработанной поверхности в дм^2 ;
 L — путь резания в м;
 s — подача в мм/об.

Для того же примера площадь обработанной поверхности

$$F = \frac{L s}{10} = \frac{314 \cdot 0,3}{10} = 9,42 \text{ дм}^2.$$

Размерный износ инструмента протекает неравномерно. На рис. 14 представлена типичная кривая зависимости размерного износа U от пути резания L , а в табл. 2 дана динамика протекания размерного износа резца. Кривая износа может быть разделена на три достаточно резко разграниченных участка. Первый участок, называемый обычно начальным износом, отражает период приработки инструмента; он характеризуется интенсивным размерным износом. В этой зоне на протяжении сравнительно малого пути резания износ достигает значительной величины.

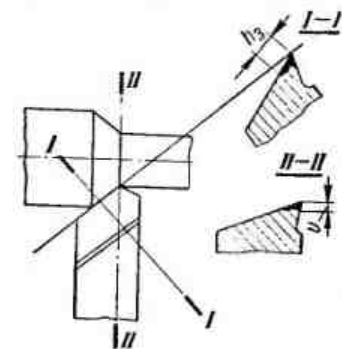


Рис. 13. Износ резца при резании

Протяженность первого участка зависит от состояния режущего лезвия после заточки и при нормально доведенном лезвии длина этого участка не превышает 1000 м пути резания. После прохождения резцом пути резания в 1000 м состояние режущей кромки несколько стабилизируется. Второй участок (наиболее протяженный) — участок нормального износа — характеризуется линейной зависимостью износа от пути резания. На этом участке износ протекает равномерно, а его величина зависит

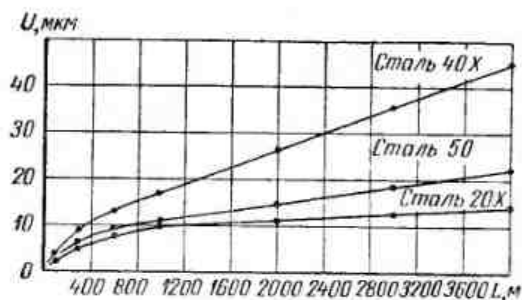


Рис. 14. Зависимость размерного износа U от пути резания L .

от факторов процесса резания (режима резания, обрабатываемого материала, материала инструмента) и почти не зависит от первоначального состояния лезвия инструмента. Длина этого участка зависит от условий обработки, обрабатываемого материала, материала резца и колеблется от 8000 до 20000 м пути резания.

Третий участок (на рис. 14 не показан) — участок интенсивного износа — непродолжителен. В зоне этого участка при чистовой обработке не рекомендуется работать, так как в этой зоне происходит разрушение лезвия резца.

Для удобства изучения износа инструмента в зависимости от факторов процесса резания и для упрощения расчетов введено понятие относительного размерного износа.

Относительным износом режущего инструмента называется средний размерный износ (выраженный в микрометрах) на 1000 м пути резания (на участке нормального износа).

Относительный износ легко определить, зная размерный износ на определенном пути резания

$$U_0 = \frac{U \cdot 1000}{L} \text{ мкм}, \quad (16)$$

где U_0 — относительный износ в мкм;

U — общий износ на пройденном пути резания в зоне нормального износа в мкм;

L — путь резания в м.

Таблица 2

Динамика размерного износа

Путь резания L в м	Износ U в мкм	Эскиз
0	0	
200	6	
500	10	
1000	13	
1500	14	

И наоборот, зная относительный износ (на основании экспериментов или справочных данных), легко определить общий размерный износ. Для размерного износа твердосплавного инструмента весьма большое значение имеет начальный период, во время которого резец изнашивается гораздо интенсивнее, чем при дальнейшей его работе. Начальный износ оказывает большое влияние на общую величину размерного износа, и поэтому следует принимать все меры для его уменьшения.

Кроме того, наличие начального износа создает неопределенность в подсчете относительного износа, поэтому принято рассчитывать относительный износ по второму участку нормального износа.

Общий износ резца рассчитывают по известному относительному износу и пройденному пути резания;

к этой величине прибавляют величину ожидаемого начального износа.

На основании экспериментальных данных можно считать, что начальный износ для резцов Т15К6 в зависимости от их заточки и доводки колеблется от 5 до 10 мкм, а для резцов с пластинками твердого сплава Т30К4 — от 3 до 6 мкм.

При расчете общего износа резца начальный износ можно учесть, полагая относительный износ на участке равном 600—1000 м пути резания, увеличенным в 1,5 раза, или прибавляя к действительному пути резания добавочный $L_n = 1000 - 1500$ м, т. е. по формулам

$$U = (0,25 \div 1) U_0 + \frac{U_0 L}{1000} \text{ мкм}, \quad (17)$$

или

$$U = \frac{L + L_n}{1000} U_0 \text{ мкм}, \quad (18)$$

Таким образом, зная общий износ резца на некотором пути резания, легко найти относительный износ, и наоборот.

Например: зная из таблиц, что относительный износ при принятых условиях обработки $U_0 = 3$ мкм, и определив путь резания [по формуле (13)], равный $L = 8000$ м, можно определить размерный износ на всем пути резания в 8000 м

$$U = \frac{L + L_n}{1000} U_0 = \frac{8000 + 1000}{1000} \cdot 3 = 27 \text{ мкм}.$$

В этом примере добавочный путь резания принят $L_n = 1000$ м. Наиболее существенное значение для точности обработки имеет относительный износ. Относительный износ зависит от режима резания и, в первую очередь, от скорости резания. На рис. 15 показана зависимость относительного износа от скорости резания при чистовой обработке стали твердосплавными резцами.

При рассмотрении этой зависимости можно сделать общий вывод, что изменение скорости резания заметно влияет на относительный износ, причем при малых скоростях резания он велик, затем, с повышением скорости резания, падает, достигая минимальной величины при какой-то наимыгоднейшей скорости резания, а затем вновь

несколько возрастает. На малых скоростях резания относительный износ может стать весьма большим. Скорости резания, соответствующие минимальному износу, для обычных конструкционных сталей при режимах резания чистовой обработки составляют $v = 100 - 200$ м/мин, т. е. лежат в тех же пределах, что и скорости резания, применяемые при чистовом и тонком точении.

Влияние подачи на относительный износ невелико: в пределах подач, применяемых при чистовом точении, относительный износ изменяется на 20—30%. С увеличением подачи износ уменьшается.

Влияние глубины резания на относительный износ еще меньше. В пределах значений глубин резания, применяемых при чистовой обработке, относительный износ изменяется на 10—20% и с увеличением глубины резания возрастает.

Из элементов геометрии резца наиболее сильное влияние на относительный износ оказывает задний угол. При

работе на высоких скоростях резания увеличение заднего угла с 8° до 15° приводит к повышению относительного износа. Остальные элементы геометрии резца влияют на относительный износ незначительно.

Влияние механических свойств обрабатываемого материала на относительный износ очень велико. Чем выше механические свойства материала, тем меньше скорость минимального износа (наивыгоднейшая скорость) и тем больше относительный износ.

Как и следовало ожидать, марка применяемого для резцов твердого сплава оказывает весьма значительное влияние на относительный износ. При чистовой обработке стали лучшие результаты (меньший относительный износ) получаются при применении твердого сплава Т30К4; больший относительный износ получается при применении

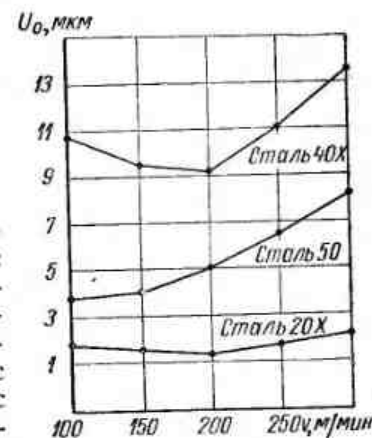


Рис. 15. Зависимость относительного износа U_0 от скорости резания v

T15K6 и совсем плохие результаты при обработке стали дают однокристаллические вольфрам-кобальтовые твердые сплавы.

Величину относительного износа (износ на 1000 м пути резания) при наивыгоднейших скоростях резания для чистового точения при подаче, равной или меньшей 0,3 мм/об, и глубине резания, равной или меньшей 2 мм, можно принять по табл. 3.

Таблица 3

Относительный износ при чистовом и тонком точении

Обрабатываемый материал	Резец	Относительный износ
Сталь 20	T15K6	1—3
» 50		4—6
» 45		3—5
» 20X		2—4
» 40X		4—6
Сталь легированная $\sigma_b = 100—110$		6—8
Чугун серый HB 170—190	BK3	3—5

При применении других инструментальных материалов размерный износ, разумеется, будет другим. Кроме того, следует иметь в виду, что производство твердых сплавов, а также методы заточки и доводки режущего инструмента непрерывно совершенствуются, и поэтому размерная стойкость инструмента повышается, т. е. уменьшается относительный износ.

Как видим, погрешность, вызванная размерным износом инструмента, может достигать значительной величины и существенно влиять на общую погрешность изготовления. Износ резца при обработке крупных деталей приводит к их конусности, а при обработке партии мелких деталей на настроенном станке — к постепенному увеличению диаметра последовательно обрабатываемых заготовок, что вызывает необходимость подналадки станка, а затем и смены изношенного инструмента.

Для уменьшения размерного износа резцов с пластинками твердых сплавов при чистовом точении прибегают к следующим мероприятиям:

1) выбирают наиболее износостойкий твердый сплав для данных условий обработки; при обработке стали наибольшей износостойкостью обладают сплавы T15K6 и T30K4;

2) выбирают режим резания, характеризующийся наименьшим износом; подачу необходимо принимать возможно большей из допускаемых по соблюдению заданной шероховатости обработанной поверхности; скорость резания следует принимать соответствующей скорости наименьшего относительного износа;

3) тщательно затачивают и доводят чистовые резцы.

5. Температурные деформации технологической системы

При механической обработке почти вся затрачиваемая механическая энергия превращается в тепловую. Выделяющаяся теплота нагревает все звенья технологической системы, в результате чего изменяются их размеры и взаимное расположение. Все это в конечном счете влияет на точность обрабатываемых деталей.

Температурные деформации резца. Основная часть тепла, выделяющегося в зоне стружкообразования уносится снимаемой стружкой, значительная часть его воспринимается инструментом и деталью.

Под действием теплоты резания лезвие резца быстро нагревается до высоких температур, а спустя некоторое время нагревается и вся головка резца. При этом головка резца удлиняется, что приводит к уменьшению диаметра обрабатываемой детали. Погрешности от температурного удлинения резца значительны, и в ряде случаев при точной обработке их необходимо учитывать. Нагревание резца в процессе обработки протекает неравномерно. Вначале резец быстро нагревается, а затем повышение температуры протекает замедленно. При достижении головкой резца определенной температуры, зависящей от режима резания, размеров стержня и т. п., дальнейшее нагревание резца прекращается и наступает тепловое равновесие.

Любой перерыв в работе приводит к охлаждению резца и, тем самым, к уменьшению его размера (укорочению). После перерыва, при тех же условиях опять происходит

его удлинение до размера, установившегося при тепловом равновесии.

Время и величина удлинения зависят от ряда факторов процесса резания: режима резания, сечения и вылета резца, обрабатываемого материала, материала резца, охлаждения и пр. На рис. 16 приведена зависимость удлинения резца Δ от времени T его работы при чистовой обработке детали из стали Ст. 3 для разных скоростей резания.

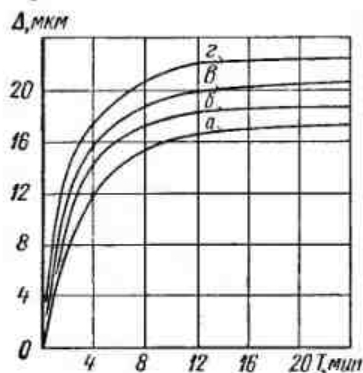


Рис. 16. Зависимость удлинения резца Δ от времени T его работы при скоростях резания: а — $v = 41$ м/мин; б — $v = 76$ м/мин; в — $v = 133$ м/мин; г — $v = 160$ м/мин

В зависимости от скорости резания удлинение резца изменяется от 17 мкм при $v = 41$ м/мин до 22 мкм при $v = 160$ м/мин. Глубина резания также оказывает влияние на величину удлинения резца. Так, в одном из опытов при глубине резания $t = 0,25$ мм удлинение резца оказалось 12 мкм, а при $t = 0,5$ мм оно составило 20 мкм. При увеличении подачи от $s = 0,1$ мм/об до $s = 0,3$ мм/об удлинение резца возросло от 28 до 56 мкм.

Вылет резца также влияет на величину температурной деформации. Например, при изменении вылета от 20 до 40 мм температурная деформация возросла от 18 до 28 мкм.

При изменении сечения резца с 25×40 до 20×30 мм удлинение резца увеличилось с 28 до 50 мкм.

Температурное удлинение резца (в мкм) в значительной степени зависит от обрабатываемого материала:

Сталь Ст.3 ($\sigma_s = 30$ кг/мм ²)	14
» 35ХН ($\sigma_s = 70$ кг/мм ²)	30
» 35ХН термообработанной ($\sigma_s = 110$ кг/мм ²)	48

Все приведенные цифры относятся к обработке стали твердосплавным инструментом с режимом чистового точения без охлаждения. Из приведенных цифр видно, что температурные деформации резцов достигают значительной величины, которая может заметно сказаться на величине общей погрешности изготовления.

Таблица 4

Погрешность диаметра вала (в мм), обусловленная температурными деформациями резца при точении стали с $\sigma_s = 75$ кг/мм² (вылет резца 40 мм, сечение резца 20×30 мм)

Сечение стружки в мм ²	Скорость резания v в м/мин			
	100	150	200	250
0,05	48	58	67	75
0,075	64	79	91	102
0,10	80	98	114	127
0,15	109	133	154	172
0,2	135	165	191	213
0,3	182	224	259	289

Как показали опыты, геометрия резца и толщина пластинки твердого сплава также влияют на температурную деформацию резца, но в меньшей степени, чем факторы, рассмотренные выше.

Установлено также, что температура головки резца, а значит и его температурная деформация зависят от вида сходящей стружки. Пушечная стружка, окружающая головку резца или находящаяся вблизи нее, дополнительно нагревает резец.

В табл. 4 приводятся некоторые данные по температурным деформациям резцов при чистовом точении.¹

При прерывистом резании представляет интерес не только температурное удлинение резца, но и его укорочение (при охлаждении во время перерывов в работе).

На рис. 17 показана кривая изменения размеров резца при обработке партии колец. Как видно из графика, за время установки нового кольца на оправке резец успевает охладиться и размер его уменьшается.

Время охлаждения резца зависит от температуры его нагрева, величины сечения и вылета, температуры окружающей среды и от условий охлаждения (вентиляции и пр.).

¹ Табл. 4 взята из книги А. П. Соколовского («Расчеты точности обработки на металлорежущих станках». Л., Машгиз, 1952).

На основании сказанного можно сделать вывод, что погрешности от температурных деформаций резца влияют на погрешности формы и размеров деталей, обрабатываемых на токарных станках. Эти погрешности в ряде случаев могут достигать значительных величин, существенных для точности изготовления деталей. Особенностью температурной погрешности инструмента является то, что

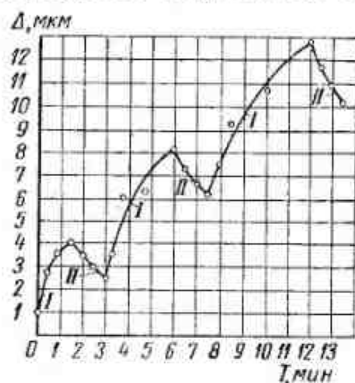


Рис. 17. Зависимость удлинения резца Δ от времени его работы T при обтачивании колец на оправке: I — периоды нагревания резца (резание); II — период охлаждения резца (смена кольца на оправке)

удлинение резца происходит в течение сравнительно небольшого промежутка времени после начала резания, а затем размер резца остается постоянным при условии непрерывного резания. В случае прерывистого резания, например при обработке отдельных деталей с перерывами на установку, резец во время перерывов охлаждается и укорачивается. При длительных перерывах это укорочение резца может быть существенным.

Температурная деформация резца является систематической погрешностью изготовления, подчиняющейся определенным закономерностям. Зная условия проведения обработки (обрабатываемый материал, размеры резца и режим резания), температурное удлинение резца можно рассчитать.

В целях уменьшения погрешностей, связанных с температурными деформациями резца, следует:

- 1) работать резцами возможно большего сечения;
- 2) по возможности уменьшать вылет резца от места закрепления;
- 3) если возможно, во время работы применять обильное охлаждение;
- 4) не работать затупленными резцами, так как при этом в процессе резания выделяется большое количество тепла;

5) выбирать рациональный режим резания с точки зрения температурных деформаций резца;

6) следить за сходящей стружкой, не давая ей возможности опутывать резец.

Температурные деформации обрабатываемой детали. Обрабатываемая деталь в процессе резания нагревается неравномерно по длине, что вызвано перемещением по мере обработки зоны поступления тепла и неравномерным его распределением по телу детали. Вследствие неравномерного нагревания детали погрешность, обусловленная температурными деформациями, приводит к погрешности формы детали в продольном сечении.

Заметное нагревание детали обычно наблюдается при снятии стружек крупных сечений, при чистовой же обработке деталей температурные деформации, как правило, не достигают большой величины. Однако в ряде случаев, особенно при обработке тонкостенных деталей, погрешность от температурных деформаций обрабатываемой детали может влиять на размеры и форму, и особенно в том случае, когда чистовая обработка непосредственно следует за черновой.

Кроме того, иногда следует считаться и с изменением продольного размера вала вследствие температурных деформаций. Так, при обработке длинных и, особенно, пустотелых валов, вследствие нагревания происходит их удлинение, приводящее к возникновению больших осевых усилий и продольному изгибу. Это нередко приводит к появлению вибраций и вызывает необходимость периодически регулировать положение (поджатие) центра задней бабки.

На основании приведенных исследований по температурным деформациям обрабатываемых на токарных станках деталей можно установить следующую зависимость. При повышении скорости резания и подачи температура детали понижается, а при увеличении глубины резания она повышается.

Чем массивнее деталь, тем меньше ее температурные деформации.

При любых условиях, как при наружном обтачивании, так и при растачивании, температурные деформации детали приводят к уменьшению ее размеров.

Температурные деформации токарного станка. Узлы токарного станка практически не нагреваются от теплоты,

образующейся в процессе резания, а нагреваются либо от посторонних источников тепла, либо от трения в подвижных соединениях узлов. Больше всего нагревается передняя бабка токарного станка. Она нагревается от выделения теплоты в подшипниках, муфтах и зубчатых зацеплениях. С момента пуска станка температура воздуха и стенок коробки передней бабки, а также температура масла в ней начинают повышаться от выделяющегося при трении тепла. При этом стенки коробки передней бабки, подшипники, шпиндель и прочие детали постепенно изменяют свои размеры. Нагревание отдельных частей бабки вследствие ряда причин происходит неравномерно, неравномерной во времени оказывается и их деформация.

В результате деформации передней бабки ось шпинделя отходит от своего первоначального положения, что приводит к изменению диаметра обрабатываемой детали и к погрешности ее формы.

Величина и направление смещения оси шпинделя токарного станка зависят не только от режима работы, но и от конструкции передней бабки, а также от способов ее крепления к станине.

Температурные деформации токарных станков, как показали опыты, могут достигать значительной величины, что необходимо иметь в виду при обработке точных деталей. Систематических исследований температурных деформаций большого количества токарных станков не проводилось, поэтому в данной работе можно остановиться только на отдельных примерах.

С точки зрения точности механической обработки на токарных станках представляют интерес только перемещения оси шпинделя станка в горизонтальной плоскости, но для сравнения в дальнейшем будут приведены некоторые данные и по температурным деформациям в вертикальной плоскости. На рис. 18 представлена схема измерения перемещений шпинделя токарного станка под влиянием температурных деформаций. Здесь приборы 1 и 2 измеряют деформации в горизонтальной плоскости, а приборы 3 и 4 — в вертикальной.

На рис. 19 представлена зависимость температурных перемещений в горизонтальной и вертикальной плоскостях от времени работы и охлаждения для станка 1А62. По горизонтальной оси отложено время T (в ч), а по вер-

тикальной — величина смещения оси шпинделя станка Δ (в мкм). Как видно из рисунка, нагревание станка про-

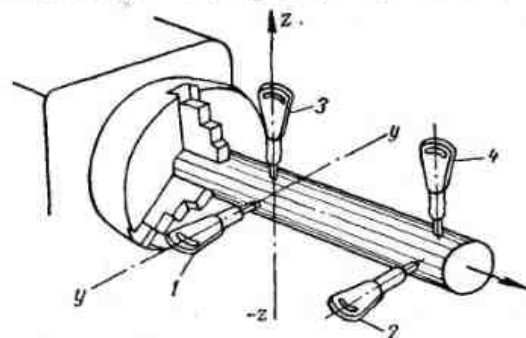


Рис. 18. Схема измерения перемещений шпинделя токарного станка

исходит в течение 4—6 ч его работы, а затем устанавливается температурное равновесие. Передняя бабка больше не нагревается. Смещение шпинделя приостанавливается.

С начала остановки станка (на графике после 5,5 ч работы) начинается медленное охлаждение передней бабки и после полного остывания ось шпинделя занимает первоначальное положение.

Температурные перемещения Δ_1 и Δ_2 в горизонтальной плоскости достигают величины 0,02 мм, причем перемещение в точках измерения направлены в разные стороны, т. е. в результате температурных деформаций ось шпинделя в горизонтальной плоскости перекашивается (рис. 20, б). В вертикальной плоскости (рис. 20, а) деформации Δ_3 и Δ_4 направлены в одну сторону, но имеют значительно большую величину.



Рис. 19. Кривые (1—4) изменения перемещений оси шпинделя токарного станка 1А62. (Схему измерений см. на рис. 18)

Температура передней бабки и смещение ее оси зависят (при постоянной силе резания) от числа оборотов станка. С повышением числа оборотов шпинделя температурные деформации в горизонтальной плоскости возрастают, и непараллельность оси шпинделя к направляющим станка увеличивается. Для станка 1А62 эта непараллельность составляла (в зависимости от числа оборотов шпинделя) 0,006—0,025 мм на 300 мм длины.

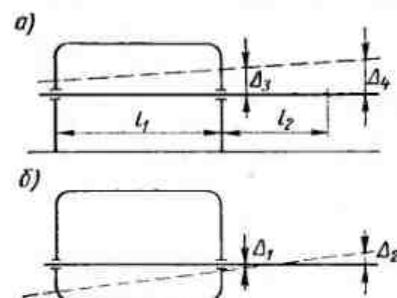


Рис. 20. Схема изменения положения шпинделя токарного станка 1А62 в результате температурных перемещений: а) в вертикальной плоскости; б) в горизонтальной плоскости. (Схему измерений см. на рис. 18)

при одних и тех же скоростях вращения в четыре с лишним раза ниже, чем у станка 1А62. Это объясняется тем, что коробка скоростей станка 1А62 расположена в передней бабке, а коробка скоростей станка 1616 отделена от передней бабки и размещена внизу в тумбе.

Температурные деформации станка 1617 и 1К62 близки к температурным деформациям станка 1А62.

Величина и направление смещения шпинделя станка зависят от способа крепления передней бабки к станине. На одном из станков с высотой центров 385 мм горизонтальное смещение оси шпинделя достигало величины 0,03 мм и было направлено в сторону рабочего, а на другом станке с высотой центров 470 мм наблюдалось горизонтальное смещение шпинделя до 0,04 мм также в сторону рабочего.

Необходимо отметить, что в большинстве случаев температурные перемещения шпинделя в вертикальном на-

правлении значительно больше, чем в горизонтальном (для рассматриваемых станков в 4—5 раз).

Все приведенные выше данные относятся к условиям непрерывной работы станков. В производственных условиях режим работы (резание) обычно чередуется с перерывами, а значит и температурные деформации будут непрерывно изменяться.

Наблюдение за поведением станков удобнее производить при регулярном чередовании работы и перерывов во времени, т. е. при кратковременном повторяющемся режиме. Среднее значение температурных перемещений шпинделя станка при кратковременном повторяющемся режиме не достигает максимальных перемещений, наблюдаемых при непрерывной работе станка; это среднее значение перемещений зависит от соотношения времени работы станка и времени перерывов. Чем больше машинное время работы станка и меньше время перерывов, тем больше среднее перемещение.

Колебание перемещений (размах) зависит в одинаковой степени как от времени работы станка, так и от времени перерывов.

На рис. 21 приведены кривые изменения перемещений оси шпинделя станка 1А62 при кратковременном повторяющемся режиме работы. Общая закономерность возрастания среднего температурного перемещения оси шпинделя в этом случае та же, что и при стационарном режиме (см. рис. 19), но величина наибольшего перемещения меньше величины максимального перемещения при стационарном режиме. Кроме того, кривые перемещений носят «пилообразный» характер.

По кривым, приведенным на рис. 21, можно определить как изменение средних размеров деталей обрабатываемой партии за счет температурных деформаций станка, так

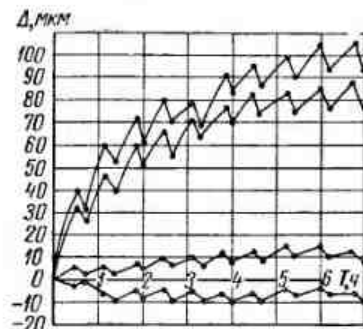


Рис. 21. Кривые изменения перемещений оси шпинделя токарного станка 1А62 при прерывистой работе станка $n = 1200$ об/мин; $T = 30$ мин, $T = 10$ м (схему измерений см. на рис. 18)

и погрешности формы в продольном сечении (конусность) отдельных деталей.

Здесь рассматривались только температурные деформации передней бабки токарных станков, однако необходимо отметить, что во время работы станка испытывают температурные деформации и другие узлы и детали станка, но эти деформации, как правило, гораздо меньше влияют на точность механической обработки, чем рассмотренные выше.

Все сказанное убеждает в том, что температурные деформации токарных станков иногда могут достигать значительной величины, оказывающей существенное влияние на общую погрешность изготовления детали. Величина и направление этой погрешности в большой степени зависят от конструкции передней бабки станка и ее крепления к станине.

Температурная погрешность станка нарастает медленно и достигает своей максимальной величины через несколько часов работы станка.

Для уменьшения температурных деформаций прецизионных станков в настоящее время применяются специальные меры: охлаждение, изоляция тепловых источников от узлов, определяющих точность обработки и др.

При необходимости влияние температурных деформаций на точность обработки может быть уменьшено путем предварительного разогрева станка (работа на холостом ходу).

Все рассмотренные погрешности обычно называют *систематическими*, в процессе обработки они имеют либо постоянную величину, либо изменяются по определенному закону во времени.

Кроме систематических погрешностей обработки имеют место еще и *случайные погрешности*, которые не подчиняются определенным известным закономерностям. Чаще всего для этих погрешностей можно выявить только возможные пределы их изменения. К таким погрешностям обработки относятся упругие деформации, вызванные колебанием припуска и механических свойств заготовок, колебание жесткости системы, неточность установки по лимбам, погрешности измерения и др. При расчете общей погрешности обработки эти погрешности также следует учитывать. Обычно их величины можно найти в справочниках.

6. Погрешности настройки на размер

При работе немерным инструментом (резцом) точность получаемого размера зависит от положения режущей кромки резца относительно линии центров станка, т. е. от правильной настройки на размер. Погрешность настройки может быть значительной, причем она не называется на форме обрабатываемой детали, а лишь на размере. На рис. 3 средний размер первой детали (начало линии *в*) не совпадает с настроечным размером, что объясняется как раз погрешностью настройки.

Различают два метода работы: «по промерам» и «по настройке».

Метод работы по промерам состоит в том, что рабочий в начале каждого прохода устанавливает инструмент на стружку и обрабатывает вначале небольшой участок поверхности детали. Получаемый размер проверяется, глубина резания корректируется, после чего обтачивается вся поверхность детали. При точных работах такое корректирование размеров с предварительным обтачиванием пояска иногда производится несколько раз. При установке и корректировании размера пользуются показанием лимбов, специальными точными шкалами, индикаторами и т. п.

Величина погрешности установки на стружку зависит от точности делений шкалы приспособления для установки (например, лимба винта поперечных салазок суппорта), точности этого винта, легкости хода суппорта, квалификации рабочего, освещенности, точности измерений размера детали и т. п. Все эти погрешности изучаются специальными методами. Ниже приведены результаты экспериментов по определению величины некоторых погрешностей настройки.

Величина погрешности установки резца на размер на токарном станке при пользовании лимбом с ценой деления 0,02 мм оказалась равной 56 мкм. Эта погрешность складывается из нескольких случайных погрешностей. Некоторые из этих составляющих также изучались, причем были получены следующие данные. Погрешности винта составили 16 мкм, погрешности совмещения рисок лимба — 5 мкм, погрешности обмеров — 4 мкм.

Метод работы по промерам применяется в индивидуальном и, отчасти, мелкосерийном производствах.

В массовом и крупносерийном производствах применяется *метод работы по настройке*. В этом случае инструмент (резец) устанавливается относительно линии центров станка в начале обработки партии деталей, и положение его не меняется при обработке всей партии или до момента необходимой поднастройки или перенастройки станка, вызывающихся, как правило, износом инструмента.

При настройке станка для обработки партии деталей перед настройщиком стоит более сложная задача, чем в предыдущем случае; здесь необходимо отрегулировать положение режущего инструмента таким образом, чтобы получаемые размеры всех деталей данной партии располагались внутри поля допуска.

Обычно при настройке обрабатываемая деталь и инструмент устанавливаются во вполне определенном положении относительно станка. При этом перемещение инструмента относительно детали ограничивается действием специальных устройств (упоров и автоматических устройств). В настоящее время существует много способов настройки станков для обработки партии деталей. Выбор того или другого метода настройки зависит от заданной точности размеров, от величины обрабатываемой партии, наличия необходимой оснастки, навыков настройщика и др.

При любом методе настройки прежде всего следует определить *настроечный размер*, т. е. размер на который желательно установить режущий инструмент. Этот размер должен быть определен с таким расчетом, чтобы было возможно обработать большее число деталей без поднастройки. Очевидно, настроечный размер не должен соответствовать середине поля допуска детали, так как необходимо учитывать тенденцию (закономерность) измерения размера последовательно обрабатываемых деталей. Чаще всего эта закономерность определяется размерным износом режущего инструмента. Так, например, при обработке наружной поверхности размер последующих деталей партии будет больше предыдущих за счет размерного износа резца. В этом случае при настройке станка настроечный размер располагается ниже середины поля допуска. Величина этого смещения может быть определена из предварительного анализа погрешностей обработки, или определяется при настройке. При этом необходимо, иметь в виду что сама настройка станка, т. е. установка режущего инструмента относительно станка, не может быть произве-

дена абсолютно точно, а имеет также свою погрешность — погрешность настройки, которая зависит от применяемого метода настройки и используемых при этом приборов и устройств. Наиболее распространенными методами настройки в серийном производстве, являются: настройка по пробным деталям и статическая настройка.

Настройка по пробным деталям сводится к следующему. На предварительно (грубо) настроенном станке обрабатывается несколько пробных деталей. Их размеры измеряются, и определяется средний размер. Если он отличается от настроечного размера, то необходимо произвести корректирование настройки (размера), прибегая к регулированию положения режущего инструмента при помощи лимба или другого устройства. Заметим, что грубое регулирование следует произвести уже после обработки первой пробной детали.

Точность настройки станков этим методом, в основном, зависит от количества пробных деталей, точности измерительного инструмента и точности устройств для корректирования настроечного размера. В зависимости от необходимой точности настройки количество пробных деталей обычно принимается от одной до восьми. При настройке станка этим методом в условиях обычной точности изготовления можно обрабатывать партии деталей по 4—3 а классам точности, а при повышенной точности обработки (более точные заготовки, более жесткие и точные станки, более точные измерительные инструменты) можно обрабатывать малые партии деталей по классам точности 2а—3.

Метод статической настройки станков на размер предусматривает установку режущего инструмента при неработающем (неподвижном) станке. При этом режущий инструмент должен быть установлен в такое положение относительно станка, чтобы размеры первых обработанных деталей соответствовали настроечному размеру. Это может быть соблюдено тогда, когда при статической настройке станка будут учтены необходимые поправки. Поправки обусловлены главным образом изменением размера детали во время обработки за счет упругих деформаций технологической системы, вызванных в процессе обработки действием сил резания. Следовательно, размер статической настройки не совпадает с настроечным размером на величину ожидаемых упругих деформаций технологической системы. Статическая настройка обычно

производится по эталонам или шаблонам, закрепляемым, как правило, на месте закрепления обрабатываемой детали. В некоторых случаях вместо эталона используют тщательно проверенную ранее обработанную деталь. При этом необходимо иметь в виду сказанное выше о настроечном размере и размере статической настройки.

Погрешность статической настройки зависит от погрешности изготовления и установки на станке эталона, погрешности установки режущего инструмента по эталону и погрешности предварительного определения ожидаемых упругих деформаций. При наличии эталонов метод статической настройки более прост, нежели метод пробных деталей, но может обеспечить сравнительно низкую точность обработки — 4 класс. Хороших результатов можно достигнуть, комбинируя оба метода настройки, т. е. производя предварительную статическую настройку и затем корректируя размеры с помощью пробных деталей.

При обработке больших партий деталей вследствие размерного износа режущего инструмента приходится производить повторную настройку или поднастройку станка. Процесс поднастройки станка значительно упрощается при использовании регулируемого, взаимозаменяемого режущего инструмента. Особенно эффективно это мероприятие при работе на автоматах, полуавтоматах и револьверных станках.

По этой методике поднастройка станка осуществляется путем замены изношенного режущего инструмента новым, имеющим размеры и режущую способность такие же, какие имел заменяемый режущий инструмент до износа. Естественно, что в процессе замены режущего инструмента положение регулируемых подвижных частей станка (элементов суппорта) в направлении выдерживаемого размера не должно изменяться.

В регулируемом режущем инструменте постоянно расположения его режущих кромок относительно базировочных поверхностей достигается благодаря наличию в конструкции режущего инструмента (резцов) подвижных компенсаторов, при помощи которых и восстанавливаются требуемые положения режущих кромок.

Точность поднастройки взаимозаменяемым инструментом в значительной степени зависит от конструкции инструмента и установочных элементов, а также от методов регулирования размеров. На рис. 22 показана простейшая

конструкция резца, в которой размер L регулируется винтом и контролируется индикатором. Выявленная экспериментально точность поднастройки при применении подобных резцов составляет 0,03—0,04 мм.

Кроме упомянутых погрешностей изготовления, встречается и ряд других, из которых упомянем самопроизвольное смещение суппорта. Оказывается, что после настройки станка по мере его работы наблюдается «сползание» резца по направлению к оси станка, что приводит к уменьшению диаметра последовательно обрабатываемых деталей. Это явление объясняется наличием упругого натяжения отдельных звеньев узла суппорта, создавшегося во время настройки станка. Силы упругости заставляют суппорт двигаться вперед во время толчков, наблюдающихся при работе станка и, главным образом, во время включения механизма подачи.

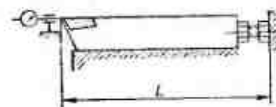


Рис. 22. Регулируемый взаимозаменяемый резец

В заключение, возвращаясь к точечной диаграмме на рис. 3, мы можем сделать следующие предположения. В начале обработки у первых деталей (колец) размер систематически уменьшался, что, очевидно, было вызвано температурной погрешностью (удлинением) резца, которая доминировала над величиной размерного износа инструмента. Начиная с 8—9-й детали, размер их постепенно возрастает. Это возрастание вызвано размерным износом инструмента, так как к этому времени резец заметно не удлиняется вследствие достижения теплового равновесия.

Разница в начальных и конечных размерах каждой детали вызвана разной величиной упругих деформаций. При патронной работе с уменьшением расстояния от резца до опоры шпинделя величина упругой деформации уменьшается.

Представляет большой интерес вопрос о том, можно ли заранее рассчитать изменение точности механической обработки по мере выполнения технологического процесса на настроенном станке. Вопрос, собственно, сводится к тому, можно ли заранее, до обработки деталей, построить диаграмму точности технологического процесса, подобную точечной диаграмме на рис. 3.

Оказывается можно. Такие расчеты в настоящее время производятся и дают хорошее совпадение с действитель-

ными результатами. В самом деле, зная законы изменения систематических погрешностей по времени (или чаще по пройденному пути резания, что рассматривалось выше), можно путем их сложения найти общую погрешность деталей по мере их изготовления, т. е. форму и направление средней кривой на рис. 3. С другой стороны, зная возможные пределы колебаний случайных погрешностей изготовления (колебание припуска на заготовках, колебание механических свойств обрабатываемого материала и т. п.), можно установить величину разброса размеров деталей около найденной средней линии (т. е. величину мгновенного поля рассеивания) и тем самым определить возможные колебания точности изготовления каждой детали в партии.

Если, кроме того, рассчитать возможную погрешность настройки станка, что также можно произвести на основании сложения отдельных погрешностей настройки (см. выше), то представляется возможным наиболее выгодно вписать диаграмму точности в поле допуска обрабатываемой детали и заранее установить моменты поднастройки и перенастройки станка.

7. Общие методы повышения точности обработки на токарных станках

В предыдущих параграфах указывались возможные способы снижения отдельных погрешностей обработки. Эти мероприятия следует всегда иметь в виду при выполнении на станке точной работы. Однако, даже приняв все меры к снижению погрешностей обработки, полностью избежать их не представляется возможным. Как систематические, так и случайные погрешности обработки в той или иной степени всегда будут иметь место. В настоящее время при высоких требованиях к точности механической обработки и в условиях развитой механизации и автоматизации технологических процессов могут быть осуществлены и иные методы повышения точности обработки на токарных станках.

Так, например, большое значение в общей погрешности изготовления имеют погрешности, вызванные колебанием усилий резания, которые, в свою очередь, вызываются колебаниями припуска на обработку и механических свойств обрабатываемого материала, притуплением резца

и т. п. Если встроить в станок элемент (датчик), непрерывно измеряющий силы резания, то, очевидно, можно разработать специальную схему, при которой всякое отклонение от среднего значения силы резания (и тем самым отклонение от средней величины упругих деформаций системы) компенсировалось бы соответствующим изменением положения резца относительно обрабатываемой детали, или изменением элемента режима резания (например, подачи), приводящим к изменению силы резания. Ряд таких схем осуществлен на кафедре технологии машиностроения Московского станкоинструментального института; их осуществление позволяет значительно повысить точность обработки.

Подобные схемы можно применить и для компенсации некоторых других погрешностей изготовления, например погрешности, обусловленной температурной деформацией резца.

В ряде случаев, особенно при обработке нежестких валов в центрах, большие погрешности формы обрабатываемой детали (бочкообразность) вызываются неравномерной жесткостью технологической системы по длине обрабатываемой детали. Иногда для уменьшения погрешности формы прибегают к соответствующему смещению задней бабки станка и тем самым частично компенсируют погрешности формы.

Прибегают и к другому методу: уменьшают жесткость задней бабки (за счет выдвижения пиноли) и тем самым также частично компенсируют погрешности формы. Сущность этой компенсации можно ясно представить из сопоставления форм вала (см. рис. 6 и 9). Однако при применении этого метода необходимо иметь в виду, что он связан с уменьшением общей жесткости технологической системы, а это может привести к неустойчивой работе и вибрациям.

Очевидно самым рациональным методом повышения точности обработки был бы способ одновременной компенсации всех возникающих погрешностей, который можно осуществить непрерывным корректированием размера обрабатываемой детали в процессе ее обработки. Как известно, такой метод повышения точности и производительности механической обработки применяется, главным образом, при шлифовании (измерения на ходу с корректированием размера).

Применение этого метода на токарных станках встречает ряд трудностей, в основном связанных с трудностью измерения размера детали в процессе обработки.

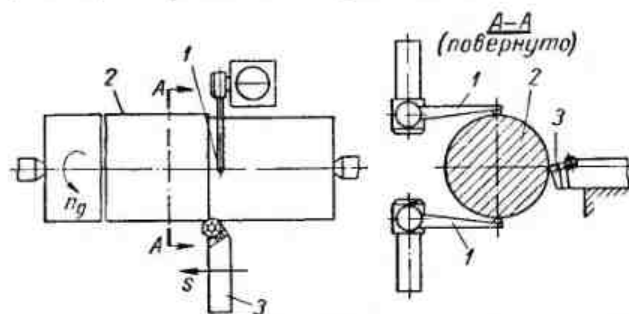


Рис. 23. Схема измерения детали в процессе обработки на токарном станке:

1 — виброконтактные датчики; 2 — обрабатываемый вал;
3 — резец

На кафедре технологии машиностроения Ленинградского политехнического института разработаны две системы автоматического регулирования размера обрабатываемых деталей при точении.



Рис. 24. Схема системы автоматического регулирования размера детали

В первой системе автоматического регулирования измерение детали в процессе ее обработки производится с помощью виброгенераторных датчиков конструкции Перфильева (рис. 23). В случае отклонения размера обрабатываемой детали (диаметра детали, измеренного датчиками) от заданного система автоматически компенсирует это отклонение. На рис. 24 представлена схема автоматического регулирования. Задатчиком устанавливается тре-

буемый размер, и в случае рассогласования сигнала измерительных датчиков и задатчика, сигнал рассогласования, усиленный электронным и электромашинным усилителями, поступает на исполнительный двигатель. Исполнительный двигатель с помощью исполнительного механизма отрабатывает сигнал рассогласования в необходимом направлении.

На рис. 25 показана схема действия исполнительного механизма (поднастройщика). Исполнительный дви-

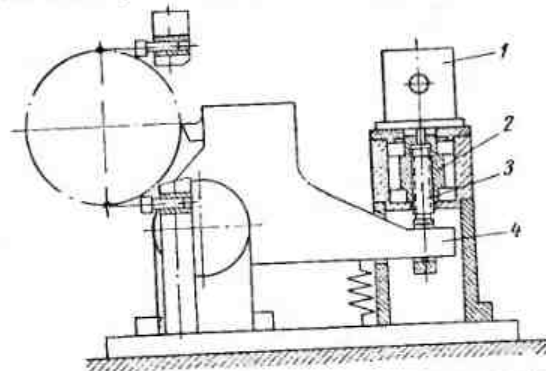


Рис. 25. Поднастройщик системы автоматического регулирования

гатель 1 вращает гайку 2 и тем самым перемещает в продольном направлении винт продольного перемещения 3, конец которого, воздействуя на плечо рычага резцедержателя 4, поворачивает его на оси, изменяя расстояние от вершины резца до оси обрабатываемой детали, тем самым изменяя диаметр обрабатываемой детали.

Эта система автоматического регулирования дала возможность значительно повысить точность обработки на токарных станках. Так, при обтачивании валов диаметром 60—200 мм и длиной до 2—3 м получена погрешность формы в продольном сечении 0,02—0,03 мм. Разработанные методы настройки токарного станка с применением этой системы автоматического регулирования дали возможность получить погрешность обработки партии деталей при наружной обточке валиков диаметром 80—86 мм и длиной 125 мм, не выходящую за пределы 0,02—0,03 мм.

Вторая система автоматического регулирования (рис. 26) предназначена для обработки валов крупных

размеров диаметром 400—1000 мм. В этой системе осуществляется измерение диаметра обрабатываемой детали (в процессе обтачивания) с помощью командного датчика 1 и измерительного датчика (обкатного ролика) 2. Фактический размер (диаметр) обрабатываемого вала, измеренный датчиком 2, сравнивается с заданным размером в счетно-управляющем устройстве 4, и в случае рассогласования подается соответствующая команда в механизм автоматической подналадки 3, с помощью которого и отрабо-

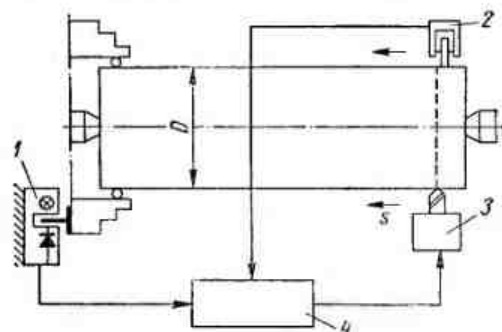


Рис. 26. Схема измерения размера детали в процессе обработки с помощью обкатного ролика

тывается рассогласование за счет изменения положения лезвия резца относительно оси обрабатываемого вала.

При использовании этой системы оказывается возможным получить погрешность обработки, не выходящую за пределы 0,04—0,06 мм.

Следует однако сказать, что наиболее общим методом повышения точности механической обработки является повышение точности изготовления заготовок, соблюдение постоянства их механических свойств, а также тщательный уход за оборудованием и качественное изготовление и заточка инструмента.

В заключение следует отметить, что проблема точности механической обработки сложна и потребует для своего решения большого количества теоретических и экспериментальных работ. В настоящем выпуске мы постарались в упрощенной форме изложить лишь те результаты, которые уже получены и используются при работе на токарных станках.

При рассмотрении даже тщательно обработанной поверхности на ней можно заметить некоторые неровности в виде волн и шероховатостей.

Результаты эксплуатации различных машин и механизмов, а также исследования советских и зарубежных ученых показали, что такие важнейшие свойства машин, как их долговечность и надежность, во многом зависят от величины, формы и направления шероховатостей поверхностей деталей.

Детали с грубыми трущимися поверхностями быстрее изнашиваются. Высота и форма шероховатостей сильно сказываются на коэффициенте трения и прочности неподвижных посадок.

Кроме того, установлено, что детали с плохо обработанными поверхностями быстрее ломаются при ударных и знакопеременных нагрузках.

Необходимо отметить, что качество поверхности определяется не только величиной шероховатостей, но и физико-механическими свойствами поверхности (микротвердостью, величиной и знаком остаточных напряжений и т. д.), которые также сказываются на эксплуатационных свойствах деталей машин.

На величину шероховатостей приходится обращать внимание не только при окончательной обработке деталей, но и при предварительной обработке, так как высота неровностей всегда должна быть меньше припуска на последующую обработку.

Для того чтобы получить высокую степень чистоты поверхности, необходимо иметь отчетливое представление о причинах возникновения шероховатостей. Изучение этого вопроса, в свою очередь, связано со знанием того, как и какими средствами производится оценка степени чистоты поверхности.

8. Шероховатость поверхности и ее параметры

На поверхности, обработанной на токарном станке, шероховатости в виде чередующихся выступов и впадин заметны даже невооруженным глазом. Очевидно, что вне зависимости от того, каким резцом ведется обработка, мы и при обтачивании производим «нарезание резьбы». Поэтому неровности на поверхности в первом приближении есть не что иное, как след резца в результате главного, вращательного и поступательного — движения подачи.

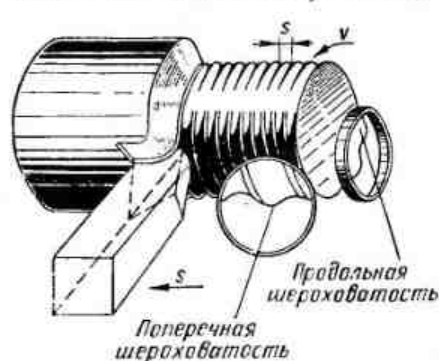


Рис. 27. Образование шероховатостей

В сечении получится профиль с правильными волнами, характеризующими *продольную волнистость*.

Если же мысленно расрезать поверхность вала плоскостью, проходящей через его ось (рис. 27), и рассматривать сечение при сильном увеличении, то мы увидим ряд выступов и впадин (напоминающих по форме вершину резца), образующих профиль *поперечной шероховатости* поверхности вала.

Если расрезать вал вдоль оси на большой протяженности, то мы увидим еще более сложный профиль (рис. 28),¹ который будет выражать погрешность формы ($d_0 - d_n$), волнистость $H_{волн}$ и шероховатость поверхности H . Обычно (при отсутствии вибраций) поперечная шероховатость больше продольной, поэтому в чертежах и указывается допустимое значение первой.

В Советском Союзе до 1945 г. не существовало вполне четких критериев, характеризующих чистоту поверхно-

сти. Так, с 1928 по 1945 гг. в машиностроении чистота поверхности обозначалась различным числом треугольников (∇ , $\nabla\nabla$, $\nabla\nabla\nabla$, $\nabla\nabla\nabla\nabla$) и оценивалась только по чисто внешним признакам.

Однако такие обозначения степени шероховатости не давали возможности четко выразить предъявляемые требования, и при оценке чистоты одной и той же поверхности разными лицами часто возникали разногласия.

В 1952 г. вступил в силу новый стандарт чистоты поверхности — ГОСТ 2789—51, в котором были указаны определенные критерии оценки величины шероховатости (среднеквадратическое отклонение микронеровностей $H_{ск}$ и средняя высота неровностей H_{cp}).

С 1962 г. действует обновленный стандарт (ГОСТ 2789—59) на шероховатость поверхности, согласно которому не только более четко и определенно сформулированы сами критерии оценки величины шероховатости (R_a и R_z), но также несколько расширены пределы неровностей, на которые стандарт распространяется.

ГОСТ 2789—59 подразделяет шероховатость поверхности, от самой грубой до самой чистой, на 14 классов чистоты. Принадлежность величины в микрометрах одного из классов определяется величиной в микрометрах одного из следующих параметров: *среднего арифметического отклонения профиля* R_a или *высоты неровностей* R_z .

Под *средним арифметическим отклонением профиля* R_a понимается среднее значение расстояний $y_1, y_2, \dots, y_n$ точек измеряемого профиля до его средней линии (рис. 29)

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n}. \quad (19)$$

Расстояние до средней линии суммируется без учета алгебраического знака. Средняя линия профиля проводится так, что в пределах базовой длины площади по обеим

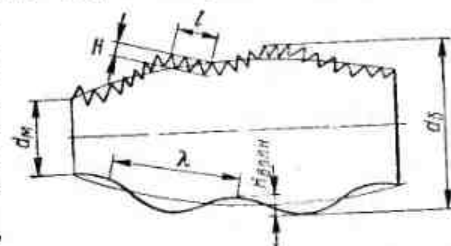


Рис. 28. Погрешности формы поверхности: волнистость и шероховатость

¹ Здесь для наглядности масштаб погрешностей принят неодинаковым.

сторонам от этой линии до линии профиля были бы равны между собой (на рис. 29 эти площади заштрихованы).

С физической точки зрения можно представить среднюю линию следующим образом. Предположим, что шероховатость поверхности — это поверхность жидкости, на которой имеются волны. Средней линией в этом случае будет линия пересечения спокойной жидкости с вертикальной плоскостью.

Введение в ГОСТ базовой длины l (см. рис. 28 и 29) показывает, на какой длине в том или ином классе необ-

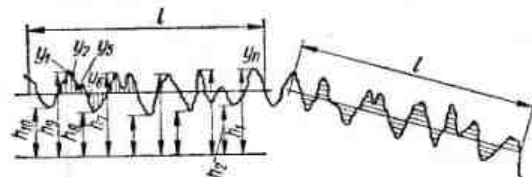


Рис. 29. Шероховатость поверхности

ходимо производить измерение. Это дает возможность исключить из результата измерения волнистость (шаг волнистости больше l) и более однозначно определить величину шероховатости.

Под высотой неровностей R_z понимается среднее расстояние между находящимися в пределах базовой длины пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин, измеренное от линии, параллельной средней линии.

$$R_z = \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) - (h_6 + h_7 + h_8 + h_9 + h_{10})}{5}. \quad (20)$$

Если схематизировать вышеприведенное определение, то можно сказать, что под высотой неровностей R_z понимается высота пяти гребешков в среднем.

В табл. 5 приведены максимальные численные значения шероховатости R_z , значения базовой длины l , а также даны соответствующие им условные обозначения классов чистоты поверхности, которые указываются на чертежах деталей.

Приведенные в табл. 5 данные указывают, что поверхность, обозначенная, например, $\nabla 4$, должна быть выполнена не хуже, чем по 4-му классу чистоты, т. е. иметь R_z не более 40 мкм. Если на чертеже приведено обозначение

Таблица 5

Величина шероховатости поверхности различных классов чистоты (по ГОСТу 2789—59)

чистоты (по ГОСТ 25323-82)

Обозначение классов чистоты поверхности	Среднее арифметическое отклонение профиля в мкм	Высота неровностей в мкм	Базовая длина в мм
	Не более		
▽1 ▽2 ▽3	80 40 20	320 160 80	8
▽4 ▽5	10 5	40 20	2,5
▽6 ▽7 ▽8	2,5 1,25 0,63	10 6,3 3,2	0,8
▽9 ▽10 ▽11 ▽12	0,32 0,16 0,08 0,04	1,6 0,8 0,4 0,2	0,25
▽13 ▽14	0,02 0,01	0,1 0,05	0,08

ние $\nabla 4$ — $\nabla 5$, это означает, что поверхность должна иметь микронеровности по 4-му классу чистоты, т. е. R_z — не более 40 мкм и не менее 20 мкм. В тех случаях, когда поверхность может выполняться грубее, чем по первому классу, указывается значок ∇ , над которым записывается допустимая величина R_z .

Если внимательно посмотреть на значения R_z , приведенные в табл. 5, то нетрудно заметить, что в каждом более высоком классе высота неровностей в два раза меньше, чем в предыдущем, и только между 6 и 7-м классами это правило нарушается.

Уяснив эту закономерность, легко запомнить и всю таблицу, что очень удобно при назначении необходимых припусков и определении класса чистоты при измерении на приборах.

9. Методы определения классов чистоты поверхности

В цеховых условиях для контроля чистоты поверхности при изготовлении большого количества деталей очень часто применяется метод сравнения с образцами чистоты, которые должны быть изготовлены из того же материала и тем же технологическим методом, что и контролируемая деталь. Чистота поверхности таких образцов должна быть определена в лаборатории при помощи одного из приборов и соответствовать грубому пределу того класса чистоты, для контроля которого предназначен образец. Удобно в качестве образцов использовать одну из деталей партии. Сопоставление исследуемых поверхностей с образцами невооруженным глазом может с успехом производиться лишь при чистоте поверхностей не выше 6-го класса чистоты. При контроле поверхностей 7—9-го классов сравнение удобно производить при помощи лупы или микроскопа сравнения.

Микроскоп сравнения состоит из тубуса, в нижней части которого расположен осветитель и держатель для образца. При работе микроскоп устанавливается непосредственно на исследуемую поверхность. Лампа осветителя одновременно освещает исследуемую поверхность и образец. Благодаря полупрозрачному зеркальцу, установленному перед объективом микроскопа, в поле зрения одновременно видна поверхность детали и образца. Микроскоп сравнения дает возможность в цеховых условиях производить оценку чистоты поверхности значительно точнее, чем невооруженным глазом.

Приборы для измерения чистоты поверхности можно разделить на две группы:

1) приборы, основанные на принципе ощупывания исследуемой поверхности при помощи алмазной иглы (профилометры Киселева КВ-7, Чамана ПЧ-3 и профилограф-профилометр завода «Калибр»);

2) приборы, основанные на оптическом методе (двойной микроскоп Линника МИС-11, микроинтерферометр Линника МИИ-1 и др.).

Рассмотрим принцип работы и область применения некоторых приборов.

Двойной микроскоп МИС-11 (рис. 30) предназначен для измерения микронеровностей 3—9-го классов чистоты на наружных плоских и цилиндрических поверхностях.

Действие двойного микроскопа основано на принципе светового сечения. Метод светового сечения заключается в том, что при освещении поверхности узким пучком лучей из правого осветительного тубуса 1, расположенного к поверхности под некоторым углом, световая полоска будет наблюдаться через левый микроскоп 2 в виде ломаной линии (см. на рисунке поле зрения 4). Эта ломаная световая полоска представляет собой след пересечения освещаемой поверхности плоскостью светового потока. Величина искривления может быть измерена окулярным микрометром микроскопа 3. На основании нескольких измерений высот отдельных гребешков по формуле (20) может быть подсчитана R_z .

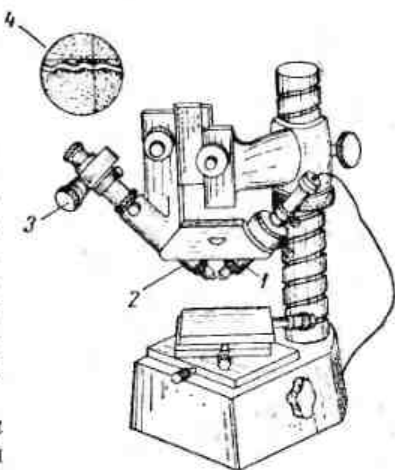


Рис. 30. Двойной микроскоп МИС-11

Профилометр Чамана ПЧ-3 предназначен для измерения чистоты обработанной поверхности в цеховых условиях. При помощи профилометра можно производить измерение как наружных, так и внутренних поверхностей 5—12 классов чистоты.

Прибор имеет индуктивный датчик, якорь которого связан с ощупывающей иглой. При перемещении головки с индуктивным датчиком за рукоятку вдоль по измеряемой поверхности, колебания иглы из-за неровностей на поверхности детали приводят к изменению напряжения на входе в усилитель. Среднее его значение регистрируется показывающим прибором, по которому можно определить класс чистоты.

Прибор прост в обращении, однако на его показаниях значительно сказывается скорость перемещения вручную измерительной головки, которая определяется квалификацией оператора.

Для точных надежных измерений шероховатости поверхности (например, образцов шероховатости) служит

профилометр-профилограф 201 завода «Калибр» (рис. 31). Прибор состоит из трех блоков: осязывающего, электронного и записывающего.

При измерении алмазная игла датчика устанавливается на исследуемую деталь и при помощи механизированного привода перемещается вдоль поверхности.

Колебания якоря, связанного с иглой, вызывают изменение напряжения на выходе индуктивного датчика.

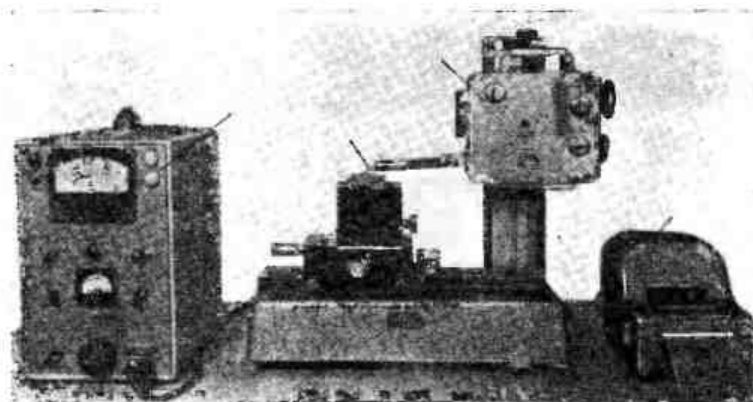


Рис. 31. Профилометр-профилограф 201 завода «Калибр»

Напряжение от датчика подается на выход электронного блока и после фильтрации и усиления либо на показывающий, либо на записывающий прибор. Прибор 201 дает возможность записывать профилограммы поверхностей 5—14-го классов чистоты и по показывающему прибору определять значения R_a для поверхностей 6—12-го классов чистоты.

10. Геометрические причины образования шероховатостей

При рассмотрении приведенной выше схемы образования поперечной шероховатости обточенной поверхности (рис. 27) на первый взгляд кажется, что высота гребешков при данной подаче и резце может быть определена геометрически. Так, например, для случая работы резцом с некоторым радиусом при вершине (подача меньше, чем

радиус) поперечную шероховатость можно геометрически подсчитать из сопоставления двух смежных положений резца в плане, смещенных друг относительно друга на величину подачи (рис. 32, а). Формула для приближенного определения высоты неровности для этого случая имеет вид

$$H \approx \frac{s^2}{8r}, \quad (21)$$

где H — высота гребешков в мм;

s — подача в мм/об;

r — радиус закругления вершины резца в мм.

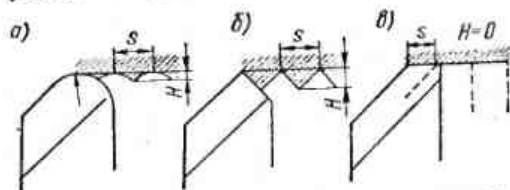


Рис. 32. Схема образования шероховатостей

При образовании профиля поверхности только прямолинейными участками (рис. 32, б) получаем иную зависимость

$$H = \frac{s}{\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \varphi_1}, \quad (22)$$

где φ и φ_1 — главный и вспомогательный углы в плане.

Из рисунка видно, что изменение формы резца будет приводить не только к изменению высоты гребешков, но и к изменению формы шероховатостей. В связи с этим можно было бы предположить, что при работе резцом, у которого вспомогательный угол в плане равен нулю (рис. 32, в), обработанная поверхность вообще не должна иметь шероховатостей. Однако общеизвестно, что практически получить поверхность без всяких шероховатостей на токарном станке нельзя.

Непосредственные измерения показывают, что действительная высота неровностей иногда во много раз больше, чем высота H , вычисленная по формулам, полученным только из чисто геометрических расчетов. Такое расхождение объясняется тем, что при чисто геометрических расчетах не учитывают шероховатость режущего

лезвия инструмента, а также физические явления, происходящие при образовании гребешков в процессе резания.

Вибрации и пластические деформации искажают геометрически правильную форму и закономерное распределение шероховатостей.

При резании стружка и обрабатываемый материал деформируются как упруго, так и пластически. Пластические деформации поверхностного слоя вызывают дополнительные перемещения частиц в слоях металла, образующих профиль. Иногда пластические деформации приводят

«ложного носика» периодически меняет как условия резания, так и форму вершины резца. Это, в свою очередь, вызывает изменение формы следа резца, что приводит к увеличению микронеровностей.

Кроме вышеперечисленных факторов на величине микронеровностей сказывается неполная прямолинейность движения суппорта, непостоянная деформация всей системы (станок—деталь—инструмент), смазка и т. п.

11. Влияние режимов резания на высоту микронеровностей

Влияние подачи. Общеизвестно, что при точении увеличение подачи вызывает увеличение микронеровностей обработанной поверхности. Влияние подачи на шероховатость в значительной степени связано с чисто геометрическими расчетами.

На рис. 34 приведен график зависимости R_z от подачи s , полученный при точении стали 45 проходными резцами с радиусом при вершине 1 мм, при скоростях резания 90 и 20 м/мин. На том же графике нанесена зависимость высоты неровности от подачи, подсчитанная по формуле (21), учитывающей только геометрические факторы (расчетная).

Из графика видно, что шероховатость поверхности резко возрастает с увеличением подачи. В области больших подач экспериментальные и расчетные кривые близки. В области же малых подач между экспериментальной и расчетной кривыми имеется значительное расхождение. Такое расхождение показывает, что при малых подачах величина шероховатости определяется не столько геометрическими факторами, сколько характером пластических и упругих деформаций поверхностного слоя.

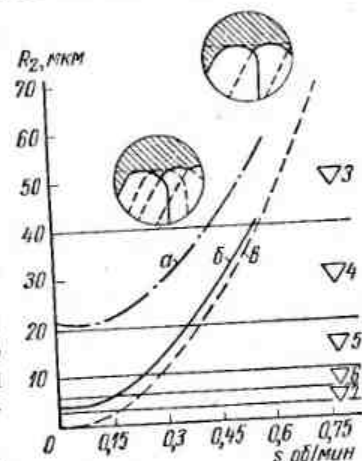


Рис. 34. Зависимость высоты шероховатостей R_z от подачи s при точении стали: а — $v = 20$ м/мин, б — $v = 90$ м/мин, в — расчетная

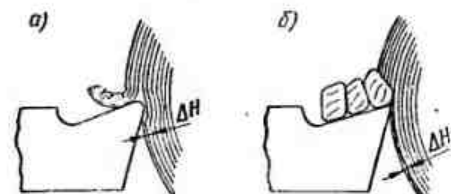


Рис. 33. Упругое восстановление при обработке вязких материалов (а) и выламывание частиц металла при обработке хрупких материалов (б)

к росту высоты гребешков, так как гребешки «выпучиваются» аналогично тому, как увеличивается наружный диаметр резьбы при нарезании болта или уменьшается внутренний диаметр резьбы при нарезании гайки метчиками. Иногда пластические деформации приводят к тому, что форма гребешков искажается, вершины как бы несколько отгибаются в сторону, противоположную направлению подачи.

Трение по задней поверхности инструмента, особенно при малых задних углах и изношенных резцах, вызывает задиры на обработанной поверхности. Упругие деформации поверхностных слоев металла приводят к тому, что за резцом происходит некоторое упругое восстановление материала (рис. 33, а). При образовании микронеровностей металл упруго восстанавливается на гребешке больше, чем во впадине, что вызывает рост микронеровностей.

При обработке хрупких материалов, например чугуна, наблюдается вырывание из основного металла отдельных частиц по граням зерен, что также сказывается на увеличении высоты микронеровностей (рис. 33, б).

Значительное ухудшение чистоты поверхности происходит при образовании нароста на резце. Нарост, как известно, время от времени то образуется, то срывается, прилипая к обработанной поверхности; наличие же

график показывает, что в области малых подач уменьшение подачи почти не сказывается на уменьшении микронеровностей, поэтому при чистовом точении практически бесцельно уменьшать подачи ниже 0,15—0,05 мм/об.

Сравнение двух экспериментальных кривых (кривые а и б) показывает, что в диапазоне

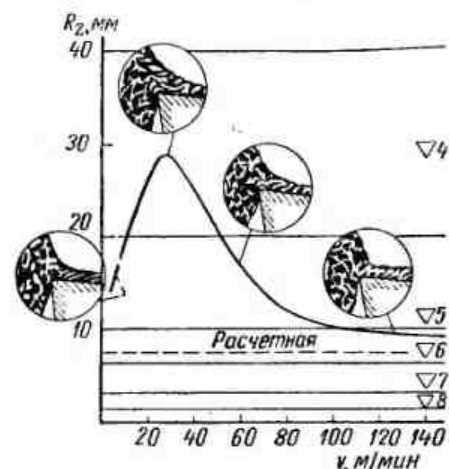


Рис. 35. Зависимость высоты шероховатостей R_z от скорости резания v при точении стали ($s = 0,24$ мм/об, $r = 1$ мм)

Для того чтобы установить влияние скорости резания на высоту микронеровностей, производят обтачивание одним и тем же резцом при неизменных глубине резания и подаче, но разных скоростях резания и замеряют высоту шероховатостей.

Исследования показали, что при обработке сталей кривая зависимости микронеровностей (рис. 35) от скорости резания имеет горбообразный характер. При очень низких скоростях (около 1—2 м/мин) температура в зоне резания сравнительно низка. Процесс отделения стружки скалывания происходит без значительной деформации поверхностных слоев металла. Форма впадин шероховатостей близка к форме вершины резца. Микронеровности незначительны и близки к расчетным. При увеличении скорости резания до 20—30 м/мин происходит резкое ухуд-

шение чистоты поверхности, вызванное изменением характера стружкообразования. Увеличение скорости резания вызывает значительное повышение температур в зоне резания. Высокая температура и повышенные давления в зоне резания создают условия для пластической деформации. Слои пластичного металла обтекают вершину, скользя по передней поверхности резца и тормозятся силами трения; наиболее близкие слои слипаются с передней поверхностью, так что течение металла в стружку происходит не по передней поверхности, а по слоям заторможенного металла. Образуется застойная зона — так называемый нарост.



Рис. 36. Схема образования нароста

На рис. 36 показана последовательность образования нароста. В процессе резания все новые слои металла привариваются к первоначально образовавшемуся наросту, он увеличивается до известных пределов, а затем разрушается и уносится стружкой. Часть металла при этом вдавливается резцом в обработанную поверхность детали. Затем все повторяется вновь.

В этой зоне интенсивного наростообразования шероховатость поверхности будет значительно, так как микронеровности образуются непрерывно меняющейся вершиной резца, создавая нерегулярность профиля обработанной поверхности. Кроме того, приварившиеся к поверхности частички нароста также сказываются на увеличении микронеровностей. Дальнейшее увеличение скорости резания, как это видно из рис. 35, приводит к уменьшению микронеровностей. Увеличение скорости резания приводит к увеличению количества тепла, выделяемого в процессе стружкообразования, и к росту температуры самого нароста. Поэтому прочность нароста падает, и он будет увлекаться стружкой, не достигнув большой высоты. При еще большем увеличении скорости (примерно с 60 до 120 м/мин) нарост вообще образовываться не будет, что приведет и к уменьшению высоты гребешков. Поэтому

для большинства конструкционных сталей увеличение скорости выше 120 м/мин практически не сказывается на уменьшении шероховатости.

При обработке чугунов и бронз увеличение скорости резания сопровождается небольшим уменьшением высоты неровностей обработанной поверхности. Отсутствие в этом случае горбообразной зависимости объясняется тем, что при обработке хрупких металлов скорость резания вообще слабо влияет на процесс стружкообразования.

Применение смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) также сказывается на величине шероховатости. Различные СОЖ (эмульсия, керосин, машинное масло, олеиновая кислота) по-разному влияют на уменьшение шероховатости при точении различных материалов, однако такое уменьшение обычно не превышает 10–30%, причем наибольшее влияние на R_z применение СОЖ оказывает в зоне скоростей, где наблюдается значительное наростообразование и налипание обрабатываемого материала на вершину резца.

Механизм действия СОЖ недостаточно изучен, однако благоприятное действие СОЖ связано с понижением температуры резания и некоторым уменьшением внешнего (о резец) и внутреннего трения (трение в процессе пластического деформирования). Применение СОЖ не столько сказывается непосредственно на величине шероховатости, сколько на стойкости инструмента.

Влияние глубины резания. Влияние глубины резания при обычном точении слабо сказывается на высоте шероховатостей и практически может не приниматься во внимание. Только при очень тонких стружках (0,02–0,04 мм) вследствие притупления на режущей кромке резца, он перестает нормально резать, отжимается и начинает «скользить» и «скрести» обрабатываемую поверхность. Процесс сопровождается вибрациями, которые резко снижают чистоту поверхности.

12. Влияние геометрии режущего инструмента на высоту микронеровностей

Влияние радиуса при вершине резца. Из геометрических соображений следует, что с увеличением радиуса при вершине резца высота микронеровностей должна непрерывно снижаться. На рис. 37 теоретическая кривая

(кривая *a*) получена по формуле (21). Однако измерения показывают, что хотя высота микронеровностей и уменьшается с увеличением радиуса при вершине, но уменьшение высоты происходит медленнее, чем это можно было бы ожидать, основываясь на геометрических соображениях (экспериментальные кривые *б* и *в*). Такое расхождение объясняется тем, что с изменением радиуса при вершине вследствие изменения формы среза изменяется и степень деформации металла в зоне образования стружки. Увеличение радиуса при вершине вызывает уменьшение толщины среза (срез будет иметь форму запятой); кроме того, увеличение радиуса приведет как бы к уменьшению угла в плане. Горизонтальная составляющая силы резания возрастет. Рост горизонтальной составляющей приведет к увеличению деформации детали, станка и поверхностного



Рис. 37. Зависимость высоты шероховатостей R_z от радиуса r резца при вершине ($s = 0,35$ мм/об): *a* — расчетная, *б* — $v = 109$ м/мин, *в* — $v = 42$ м/мин

слоя металла, а иногда может вызвать и вибрации. Все это приведет к тому, что высота микронеровностей будет больше, чем следует из расчета.

Из рис. 37 хорошо видно, что резкое улучшение чистоты поверхности при увеличении радиуса происходит только в области малых радиусов, но, несмотря на это, хороших результатов можно добиться и при работе с радиусом при вершине 50–100 мм. Так, в лаборатории технологии машиностроения ЛПИ имени М. И. Калинина при точении проходными резцами с радиусом при вершине около 100 мм и подачах 3 мм/об обычно чистота поверхности получалась не ниже 6-го класса. Радиусные проходные резцы дают возможность работать при больших подачах и удобны в установке.

Влияние главного и вспомогательного углов в плане. Углы в плане оказывают влияние на высоту микронеровностей лишь в том случае, если гребешки образуются не только закругленной вершиной резца, но и прямолинейным участком главной и вспомогательной режущих кромок.

На рис. 38 приведен график, из которого видно, что с уменьшением вспомогательного угла в плане φ_1 высота неровностей R_z снижается, причем в области малых углов более резко.

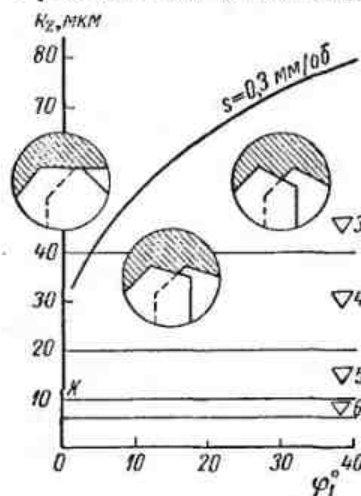


Рис. 38. Зависимость высоты шероховатостей от вспомогательного угла в плане φ_1 резца

кромки параллельно движению подачи, а также шероховатость самой режущей кромки.

И все же при очень малых углах в плане можно получить весьма чистую поверхность даже при больших подачах. Так, при точении резцами токаря Колесова, у которых, как известно, дополнительная прямолинейная режущая кромка устанавливается параллельно направлению подачи, можно при подачах в несколько миллиметров на оборот шпинделя добиться 5–6-го классов чистоты (на рис. 38 чистота поверхности, полученная резцом типа резца Колесова, отмечена буквой К).

Главный угол в плане влияет на чистоту поверхности аналогично вспомогательному. Широкие резцы (т. е. резцы, у которых $\varphi = 0^\circ$) даже при подачах 6 мм/об и более при

чистовом точении дают весьма чистую поверхность. Так, при точении широкими резцами с наклонной режущей кромкой конструкции ЛПИ имени М. И. Калинина чистота поверхности при $s = 3 \text{ мм/об}$, $t = 0,2 \text{ мм}$ и $v = 300 \text{ м/мин}$ получалась не ниже 7-го класса.

13. Влияние обрабатываемого материала

Общезвестно, что если одним и тем же резцом при одинаковых режимах резания обрабатывать разные материалы, то чистота поверхности при обработке будет различной. Из графика, приведенного на рис. 39, хорошо видно, насколько отличается высота микронеровностей при обработке стали, чугуна и бронзы. Наименьшие неровности получаются у хрупкого, мелкозернистого, однородного материала — бронзы. Сталь при обработке ее в области низких скоростей и наростообразования имеет микронеровности примерно в два раза больше, чем бронза. При высоких скоростях резания отсутствует нарост, зона пластической деформации уменьшается, температура в зоне резания повышается, и все это приводит к тому, что шероховатости получаются более однородными. В этом случае высота микронеровностей при обработке стали лишь несколько больше, чем при обработке бронзы. Микронеровности при резании чугуна даже при больших скоростях много больше, чем при обработке бронзы. Большая шероховатость и нерегулярность профиля поверхности чугунных заготовок вызвана тем, что в процессе резания в этом случае отделяется стружка надлома, при которой происходит выламывание отдельных крупных зерен из неоднородного обрабатываемого материала.

Термическая обработка заготовок значительно сказывается на чистоте их поверхности. Установлено, что высота шероховатостей уменьшается при увеличении твердости материала. Из графика (рис. 40) хорошо видно, что увеличение твердости углеродистой стали 45 за счет нормализации привело к уменьшению микронеровностей примерно в два раза. Наиболее заметно влияет твердость на шероховатость поверхности при ее значении до $HV 300 \text{ кг/см}^2$. Объем пластической деформации при достижении этой твердости сравнительно невелик, и дальнейшее повышение твердости обрабатываемого материала мало сказывается на чистоте поверхности. Высота неровностей будет

в большей степени определяться геометрией инструмента и подачей, а не пластическими деформациями.

Влияние твердости обрабатываемого материала сказывается также в том, что при увеличении ее снижается влияние скорости на высоту микронеровностей. Так, при твердости $HV\ 185\ \text{кг/мм}^2$ увеличение скорости сильно сказывается на уменьшении высоты микронеровностей, а при твердости $HV\ 228\ \text{кг/мм}^2$ — незначительно. Поэтому при необходимости вести обработку на

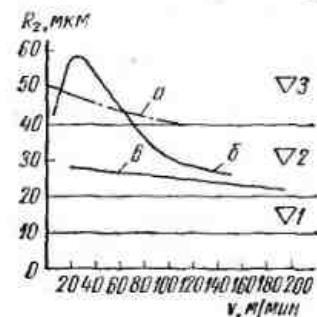


Рис. 39. Зависимость высоты шероховатостей R_2 от скорости резания v при обработке различных материалов (по данным кат. техн. наук С. А. Поликарпова): а — чугун; б — сталь; в — бронза

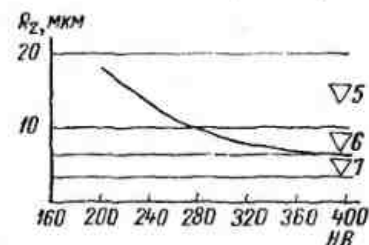


Рис. 40. Зависимость высоты шероховатостей R_2 от твердости обрабатываемого материала (по данным проф. А. И. Исаева)

относительно низких скоростях необходимо производить нормализацию конструкционных сталей.

На чистоту поверхности значительное влияние оказывает химический состав обрабатываемого материала. Так, составляющие, уменьшающие вязкость материала (сера, фосфор), приводят к уменьшению высоты микронеровностей.

14. Влияние состояния режущей кромки инструмента

Состояние режущей кромки резца существенно сказывается на величине и форме шероховатостей, особенно при чистовой обработке. Неровности режущего лезвия полностью переносятся на обрабатываемую поверхность, создавая дополнительные неровности к тем, которые образуются по другим причинам.

Поэтому при чистовой обработке с малыми подачами, а также при больших подачах (широкие резцы, резцы

Колосова) необходимо качественно затачивать и доводить резцы. При этом размеры шероховатостей самого лезвия инструмента должны быть меньше шероховатостей, допустимых на обрабатываемой поверхности (по крайней мере на 1—2 класса). Следует иметь в виду, что микронеровности самого лезвия значительно больше микронеровностей передней и задней поверхностей резца (в 2—10 раз). Поэтому чистота режущих поверхностей резцов после доводки должна быть не ниже 8—9 классов ГОСТа. Высокая чистота режущих поверхностей инструмента положительно сказывается и на стойкости инструмента, а также на уменьшении пароста при обработке вязких материалов (резцы для точения алюминия, меди должны тщательно доводиться).

Значительное затупление резцов приводит к росту шероховатостей в 1,5—2 раза. Начальный же износ по задней поверхности (до 0,5 мм) несколько снижает величину шероховатостей.

Следует обратить внимание на то, что алмазная заточка и доводка инструментов по сравнению с заточкой абразивными кругами значительно повышает чистоту режущих поверхностей и в 2—5 раз уменьшает радиусы округления режущих кромок инструмента, что позволяет значительно повысить чистоту обработанных поверхностей деталей и стойкость инструмента.

Глава



ВИБРАЦИИ ПРИ ТОЧЕНИИ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

В последние годы резко возросли требования к точности формы и качеству поверхности деталей, обрабатываемых на металлорежущих станках.

Если процесс точения происходит спокойно, то резец и деталь совершают только те движения, которые предусмотрены самой схемой обработки. Шлиндель с деталью

равномерно вращаются, а суппорт с резцом совершают равномерное поступательное перемещение. Однако в некоторых случаях процесс спокойного резания нарушается. Изделие и резец, кроме предусмотренных движений, начинают совершать также периодические колебания — возникают так называемые вибрации.

Периодические перемещения вала относительно резца приводят к тому, что на обработанной поверхности остаются характерные волны, благодаря чему чистота поверхности сильно снижается, а поверхностные слои металла получают наклеп. Стойкость инструмента при вибрациях также заметно снижается, а иногда возникшие вибрации приводят и к поломке инструмента.

Станки, работающие на вибрационных режимах, значительно быстрее изнашиваются, стыковые зазоры увеличиваются, и оборудование скорее выходит из строя. Значительный шум, возникающий при вибрациях, сказывается на утомляемости рабочего.

Возможность возникновения вибраций во многих случаях заставляет снижать режимы резания и, таким образом, вынуждено ограничивать производительность металлорезающих станков. Все вышесказанное убеждает нас в том, что вибрации при точении деталей и борьба с ними являются одним из весьма важных вопросов, связанных с механической обработкой металлов резанием.

Бороться с вибрациями металлорежущих станков часто труднее, чем с вибрациями других машин, так как в этом случае колебания даже в несколько микронов, особенно при чистовых операциях, недопустимы.

15. Понятие о колебаниях

Прежде чем говорить о вибрациях при резании, познакомимся с некоторыми основными понятиями о колебаниях вообще.

Виды колебаний можно разделить на три группы: собственные или свободные колебания, вынужденные колебания и автоколебания.

Для уяснения некоторых понятий проследим за колебанием груза, подвешенного на пружине (рис. 41).

Если только один раз вывести груз из равновесия, то он начнет совершать периодические колебания относительно своего среднего положения. Вследствие трения размах груза будет постепенно уменьшаться.

Подобные же колебания будут совершать линейка, зажатая одним концом, струна гитары, если их вывести из равновесия и отпустить.

Такие колебания называются *собственными*.

Чтобы лучше проследить за поведением груза, предположим, что к нижней части пружины прикреплено перо, которое может проводить линии на листе бумаги (для уменьшения трения пера о бумагу вместо бумаги лучше применять закопченное стекло). Оттянем рукой груз вниз и отпустим; груз начнет совершать колебания. Величина отклонения груза вверх и вниз от по-

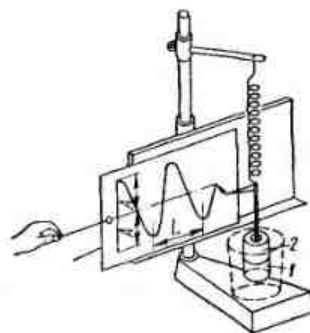


Рис. 41. Пружинный маятник

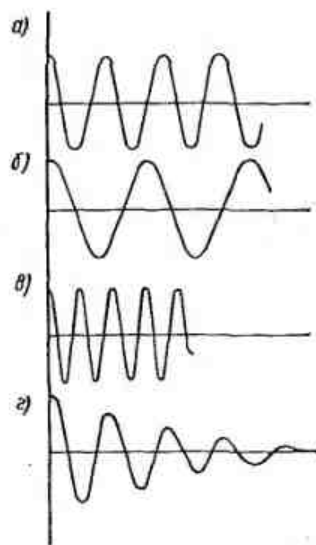


Рис. 42. Запись собственных колебаний маятника

ложения равновесия равна *амплитуде A* , которая характеризует *интенсивность колебаний*.

Промежуток времени T , в течение которого груз перемещается из одного крайнего положения в другое и обратно, называется *периодом колебаний*, а число полных колебаний в одну секунду называется *частотой*. Частота измеряется в герцах ($гц$). Герц — число полных колебаний в секунду.

Если при колебаниях равномерно перемещать лист бумаги, то перо начертит как бы «автограф» колебаний груза; на листе бумаги будет нанесена кривая, называемая синусоидой (рис. 41 и 42, а, б, в). Расстояние между вершинами синусоиды равно *длине волны L* . Многие важные свойства

собственных колебаний можно также хорошо уяснить из опытов на вышеописанной модели.

Если к грузу 1 добавить еще дополнительный груз 2 и повторить опыт, то колебания будут происходить с более низкой частотой (рис. 42, б). Если первоначальный груз 1 подвесить на пружине большой жесткости, то свободные колебания будут происходить с большей частотой (рис. 42, в).

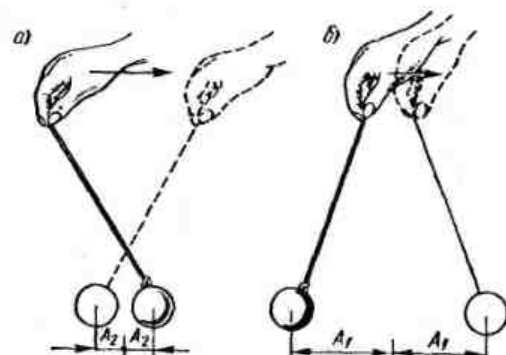


Рис. 43. Вынужденные колебания маятника

Влияние трения на колебание легко уяснить, если при проведении опыта заставить груз колебаться в сосуде с жидкостью (на рис. 41 показан штриховыми линиями). В этом случае из-за наличия трения колебания станут быстро прекращаться (затухать) и «автограф» будет сильно отличаться от синусоиды (рис. 42, г).

Из этих опытов легко заключить, что частота собственных колебаний зависит от жесткости и веса (массы) колеблющегося тела: увеличение жесткости увеличивает частоту, увеличение массы уменьшает частоту.

Величина же начального толчка влияет только на интенсивность начальных колебаний (амплитуду) и их продолжительность, но не на их частоту. Колебания, как бы ни был силен начальный толчок, из-за потерь на внутреннее трение и трение о воздух всегда прекращаются.

Следовательно, *собственные колебания — это колебания, возникающие под действием внешнего толчка, которые с течением времени постепенно прекращаются, затухают. Частота в основном зависит от жесткости и массы колеблющегося тела.*

Если нитку, на которой спокойно подвешен груз, держать в руке (рис. 43, а) и слегка периодически двигать рукой из стороны в сторону, то груз будет совершать столько же колебаний в секунду, сколько и рука. В этом случае частота колебаний груза равна частоте *возбуждающей силы* (руки). Такие колебания называются *вынужденными*, и в рассматриваемом случае они будут незначительными.

Если же руку с ниткой (рис. 43, б) двигать так же часто, как колеблется сам груз при собственных колебаниях на неподвижном подвесе, то даже при небольших колебаниях руки груз раскачивается очень сильно. Такое явление, когда частота колебаний возбуждающей силы (руки) совпадает с частотой собственных колебаний, называется *резонансом*. Из рис. 43 видно, что амплитуда A_1 много больше амплитуды A_2 . Вынужденные колебания возникают всегда, когда есть возбуждающая периодическая сила, но они будут большими (с большой амплитудой) только тогда, когда частота возбуждающей силы приближается к частоте собственных колебаний (явление резонанса). Вынужденные колебания продолжают до тех пор, пока действует возбуждающая сила. Если мы прекратим раскачивать рукой конец нити, то колебания быстро прекратятся (произойдет затухание колебаний).

Рассмотрим теперь третью группу колебаний — автоколебания.

Автоколебания — это незатухающие колебания; этим они сходны с вынужденными, которые тоже не затухают, пока действует внешняя периодическая сила. Но, с другой стороны, они отличны от вынужденных, так как автоколебания происходят при отсутствии внешней периодической силы. Автоколебания, возникающие при токарной обработке, вредны, однако в других областях техники они чрезвычайно полезны. Контур радиоприемника, электрический звонок, скрипка, часы — все это автоколебательные системы.

Проследим, как работает электрический звонок (рис. 44)

При включении тока в катушку электромагнита молоточек электрического звонка притягивается к нему, но конструкция звонка такова, что отклонение молоточка вызывает размыкание цепи и прерывает подачу тока, поэтому молоточек, ударившись о звонок, под действием

плоской пружины, на которой он повешен, возвращается в исходное положение, благодаря чему вновь замыкается цепь, магнит снова притягивает молоточек, снова размыкается цепь и т. д.

Получить чисто механические автоколебания очень просто, проделав следующий опыт. Если на вал, зажатый в патроне токарного станка (рис. 45), надеть шнур с грузом на конце и включить вращение шпинделя станка, то груз начнет периодически раскачиваться¹. Эти колебания груза будут, очевидно,

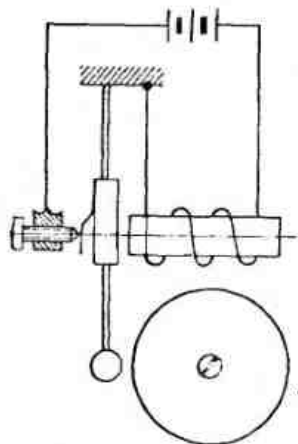


Рис. 44. Электрический звонок

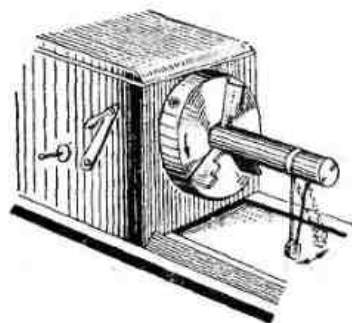


Рис. 45. Автоколебания маятника

не собственными (они не затухают, пока вращается вал), но и не вынужденными (отсутствует внешняя периодическая сила). Это — автоколебания.

Проследим, каков механизм колебаний этого маятника (маятника Фруда).

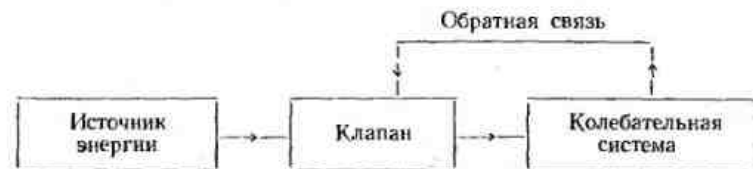
При запуске станка силы трения, возникающие между петлей шнура и валом и являющиеся силами трения покоя, увлекут петлю с грузом в сторону вращения вала. Груз будет отклоняться до тех пор, пока момент сил трения покоя не станет меньше момента сил тяжести. Тогда петля с грузом перестанет увлекаться валом, а начнет проскаль-

зывать и, следовательно, силы трения покоя заменятся силами трения движения. Но так как силы трения при относительном движении всегда меньше, чем при относительном покое, то груз начнет под действием силы тяжести двигаться в обратном направлении (навстречу вращению вала). При качании груза вновь наступит такой момент, когда петля и вал будут двигаться с одинаковой скоростью в одном и том же направлении (относительный покой). Тогда силы трения между петлей и валом вновь отклонят груз и т. д. Энергия, идущая на раскачивание груза, получается от вращающегося вала вследствие того, что силы трения при подхватывании петли с грузом больше, чем при обратном движении.

Значит, автоколебания — это самовозбуждающиеся колебания, которые происходят при отсутствии внешней периодической возбуждающей силы. Для поддержания автоколебаний нужен источник энергии, причем сами колебания управляют поступлением энергии.

В любой автоколебательной системе можно выделить четыре составляющих части (см. схему ниже):

Схема автоколебательной системы



1) источник энергии (для электрического звонка — батарея, для маятника Фруда — вращающийся вал);

2) клапан, т. е. часть системы, регулирующая поступление внешней энергии (у звонка — контакт, у маятника Фруда — переменная сила трения);

3) колебательная система (у звонка — якорь с молоточком; у маятника Фруда — петля с грузом);

4) обратная связь колебательной системы с клапаном (у звонка — замыкание и размыкание контакта, определяют колебания якоря с молоточком; у маятника Фруда — изменения коэффициента и силы трения, определяют относительным покоем или относительным движением петли с грузом по валу).

¹ При постановке опыта валику диаметром 50—100 мм с канавкой нужно сообщить относительно медленное вращение — 100—200 об/мин. В качестве шнура лучше использовать кусок провода с резиновой изоляцией.

Автоколебания обычно происходят с определенной частотой, которая зависит от жесткости и массы системы. Так, при игре на скрипке высота звука (частота) не зависит от скорости смычка, а определяется только длиной и натяжением струны.

16. Вибрации при точении

Вибрации, которые возникают в процессе резания, могут быть вынужденными колебаниями или автоколебаниями.

Наиболее просто наблюдать вынужденные колебания при фрезеровании. Внешняя возмущающая сила, которая возникает вследствие периодического врезания и выхода зубьев фрезы, может вызвать значительные вынужденные колебания. При токарной обработке так же могут возникнуть вынужденные колебания под действием возмущающих периодических сил. Такие силы вызываются следующими причинами:

1) переменным характером сил резания; если обрабатываемая поверхность имеет перерывы, то при регулярном чередовании обрабатываемых участков и перерывов возникает периодическая возмущающая сила, которая может вызвать значительные колебания. Частота колебаний будет зависеть от числа оборотов детали и может быть легко подсчитана;

2) центробежными силами; если ротор мотора, шкив привода, патрон или сама деталь плохо уравновешены, то при определенных числах оборотов могут возникнуть сильные колебания; частота колебаний в этих случаях также будет равна числу оборотов неуравновешенной детали в секунду;

3) периодическими силами (толчками) от привода станка, которые возникают из-за плохой сшивки ремней, ошибок в шаге шестерен и т. д.;

4) периодическими силами, передаваемыми через грунт или перекрытие от других станков, машин и транспорта.

Для успешной борьбы с вынужденными колебаниями необходимо, во-первых, установить, что это вынужденные колебания, а не автоколебания и, во-вторых, для того, чтобы уменьшить их величину необходимо определить источник возмущающей силы, что иногда трудно выполнить.

Часто удается уменьшить вынужденные колебания (выйти из резонанса) путем изменения числа оборотов шпинделя, а также путем балансировки роторов электродвигателей, шкивов, патронов, деталей и т. д.

Станки высокой точности во избежание передачи колебаний от других станков или машин ударного действия (кузнечных молотов, ковочных машин и пр.) и транспорта, целесообразно устанавливать на отдельные фундаменты с виброизоляцией в виде деревянных брусьев, шлака или на специальные виброизолирующие коврики и резинометаллические опоры. Виброизоляция будет тем эффективнее, чем мягче упругое основание, т. е. чем ниже частота собственных колебаний станка. Практически удается получить собственную частоту станка на опорах порядка 5—20 гц.

Однако при обтачивании уравновешенных деталей на вполне исправном станке все же могут возникнуть сильные вибрации; такие вибрации имеют автоколебательный характер.

Применительно к точению вибрации бывают высокочастотные и низкочастотные. *Вибрации высокой частоты* (при обычном точении) обычно наблюдаются при высоких скоростях резания (более 150 м/мин); на обработанной поверхности остаются очень мелкие, часто мало заметные, но недопустимые при чистовой обработке гребешки.

Высокочастотные вибрации связаны с колебанием резца. Они сопровождаются высоким «пищащим» звуком, так как происходят с частотой 1500—4000 колебаний в секунду. Для уменьшения вибраций рекомендуется лучше закреплять резец, не допускать больших вылетов его при установке и большого износа по задней поверхности, или же применять виброгасители, устанавливаемые на резец.

Низкочастотные колебания при точении происходят с частотой, близкой к собственной частоте системы вал — опоры. Они сопровождаются характерным низкочастотным гудением и происходят с частотой 50—250 колебаний в секунду. Чем жестче обрабатываемое изделие и чем выше жесткость передней и задней бабок, тем выше частота. Режимы резания при обычном точении слабо влияют на изменение частоты и только при растачивании длинными расточными оправками оказывают некоторое влияние на частоту колебаний.

На осциллограмме (рис. 46) приведен пример колебаний резца, совершающего одновременно колебания с высокой (1700 гц) и низкой (108 гц) частотой. На рисунке хорошо видно, что частота высокочастотных колебаний в 16 раз выше частоты низкочастотных колебаний.

Необходимо заметить, что частоту колебаний f можно определить не только по осциллограмме, но и по длине волны L следов колебаний, которые остаются на обработанной поверхности

$$f = \frac{1000v}{60L}, \quad (23)$$

где f — частота колебаний в гц;
 L — длина волны в мм;
 v — скорость резания в м/мин.

Для возникновения автоколебаний при резании необходимо, чтобы сила резания совершала работу, которая должна быть больше работы сил трения.

В настоящее время известны шесть причин,



Рис. 46. Осциллограмма низкочастотных и высокочастотных колебаний резца

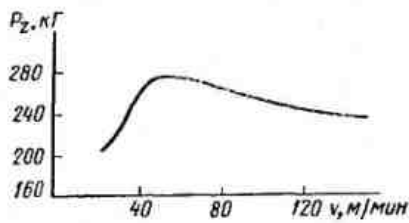


Рис. 47. Зависимость силы резания R_z от скорости v при обработке стали 40 ($t = 4$ мм; $s = 0,28$ мм/об)

влияющих на возникновение и поддержание автоколебаний при резании.

1. Переменное трение между стружкой и передней поверхностью и между обрабатываемой деталью и задней поверхностью резца (теория проф. А. И. Каширина и проф. Л. С. Мурашкина).

Как известно, силы резания, в значительной мере зависящие от трения стружки и детали о резец, начиная с некоторого значения скорости резания уменьшаются, что видно из графика (рис. 47). В связи с этим резец относительно детали может совершать колебания, подобно колебаниям маятника Фруда (рис. 45), если скорость резания соответствует падающему участку характеристики.

Повидимому, падающая характеристика является основной причиной высокочастотных колебаний резца.

2. Переменное значение сил резания при углублении резца в свежий металл и при отталкивании действием слоя повышенной твердости, прилегающего к стружке (теория проф. А. П. Соколовского).

3. Переменные силы резания, возникающие вследствие изменения истинной геометрии инструмента при колебаниях. Характер изменения переднего (γ) и заднего (α) углов в условиях колебаний хорошо виден на рис. 48.

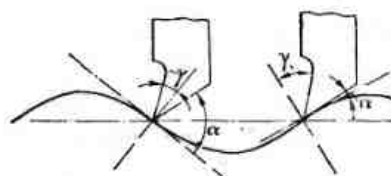


Рис. 48. Изменение геометрии инструмента при резании в условиях вибрации

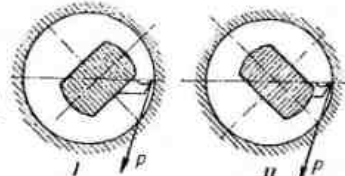


Рис. 49. Влияние ориентации на устойчивость борштанги

При врезании передний угол больше, значит сила резания будет меньше; при отходе передний угол меньше, сила резания будет больше. Поэтому за счет разности сил производится положительная работа, идущая на поддержание колебаний.

4. Принцип координатной связи (теория И. Тлустого и В. А. Кудинова). Если тело совершает колебания в плоскости по двум направлениям (см. рис. 51) и эти колебания не независимы, а связаны друг с другом, то при колебаниях в некоторых случаях может получиться положительная работа за цикл, хотя движения по каждому из этих направлений в отдельности совершались бы с поглощением работы. Наибольшей устойчивостью обладает система, в которой направление наибольшей жесткости располагается между нормалью к обработанной поверхности и направлением силы резания. Например, для расточной оправки с переменным сечением (рис. 49) положение I более устойчиво, чем положение II.

5. Работа на поддержание колебаний возникает за счет того, что сила резания отстает от перемещения вала относительно резца (теория М. Е. Эльясберга).

6. Переменные силы создаются благодаря переменной толщине стружки, определяемой неровностью, полученной на предыдущем обороте поверхности. Как показали работы автора, при точении проходными, отрезными и другими резцами решающее влияние на развитие вибрации оказывают следы на предыдущих оборотах, благодаря которым в систему вносится 85% всей работы, идущей на колебания, и только 15% вносится силами, указанными в пп. 1—5.

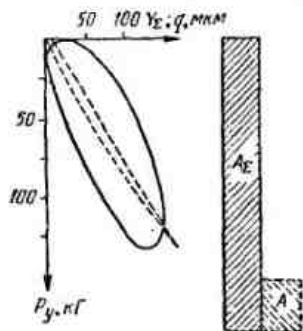


Рис. 50. Диаграммы работ при точении

На основании осциллограмм были получены данные по работе в течение одного цикла, которая идет на поддержание колебаний. На рис. 50¹ показана зависимость радиальной составляющей силы резания P_y от перемещения резца Y_z относительно вала при точении проходным резцом (сплошная линия). Площадь, ограниченная этой линией, представляет всю работу за цикл, идущую на поддержание колебаний вала и суппорта в направлении оси Y (работа равна произведению силы на путь, т. е. в данном случае — площади на диаграмме). На том же рисунке (штриховая линия) приведена кривая, показывающая зависимость P_y от фактической мгновенной толщины стружки q . Площадь, ограниченная этой кривой, представляет работу за цикл, вносимую в систему из-за неоднозначности составляющей P_y (см. пп. 1—5).

Справа на рисунке для наглядности в виде диаграммы показаны эти же работы (A_z и A). Сравнение диаграмм показывает, что решающее влияние на развитие вибраций оказывают следы вибраций на предыдущих оборотах, благодаря которым в систему вносится подавляющая часть энергии.

Ниже подробно рассматривается картина вибраций при точении с учетом влияния на их возникновение лишь одной наиболее важной причины — переменности толщины стружки (см. п. 6).

¹ Автором проводились опыты при точении валов из стали Ст.5 при режимах $v = 160$ м/мин, $t = 3$ мм, $s = 0,2$ мм/об.

Проследим, как ведет себя система вал — резец при вибрациях. При обычном точении в процессе вибрации вал и вершина резца совершают основные колебания одновременно в двух направлениях (рис. 51): радиальном (по оси Y) и вертикальном (по оси Z). На рисунке сплошными линиями показаны траектории перемещения центра вала и вершины резца. Штриховая линия изображает изменение величины и направления силы резания P . Совпадающие во времени положения на кривых отмечены одинаковыми цифрами от 1 до 8.

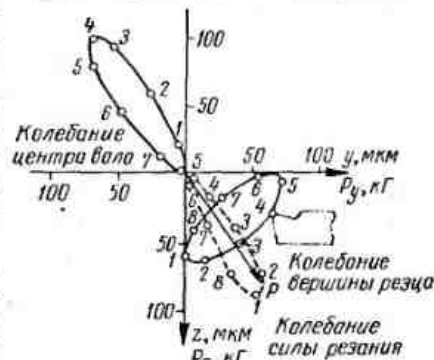


Рис. 51. Перемещение центра вала, вершины резца и силы резания при вибрациях

Как видно из рисунка, центр вала и вершина резца в процессе вибрации описывают кривые, напоминающие эллипсы. Если проследить за течением процесса, то можно заметить, что от точки 1 до точки 5 вал и резец под действием сил резания расходятся. Происходящее при этом уменьшение толщины срезаемой стружки приводит к уменьшению мгновенных сил резания (вектор из начала координат до точки 5 много меньше, чем до точки 1). Но при положениях центра вала и вершины резца в точках 5 силы резания становятся меньше сил упругости, поэтому вал и резец от точки 5 до точки 8 начинают сближаться. При этом толщина стружки снова увеличивается, снова растут силы резания, и далее процесс повторяется. Следовательно, при точении с вибрациями вал относительно резца совершает не только вращательное, но и колебательное движение, т. е. либо приближается к резцу, либо удаляется от него.

В результате на поверхности вала остаются волнообразные синусоидальные следы.

Чтобы лучше уяснить себе процесс образования волн и явления, происходящие в процессе вибраций, мысленно рассечем вал перпендикулярно оси вращения и проследим, какую линию начертит вершина резца, т. е. какой профиль

будет иметь поверхность вала при выполнении тех или иных токарных операций.

В том случае, если при вращении вала его центр находится на постоянном расстоянии от резца (рис. 52),

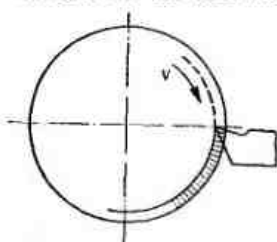


Рис. 52. Схема образования стружки при отсутствии вибраций

то вершина резца описывает окружность (обточенный вал не имеет следов вибраций), силы же в процессе резания остаются постоянными, так как снимаемая стружка имеет постоянную толщину.

Теперь проследим, что происходит при обработке цилиндрической поверхности (например, при нарезании резьбы), если центр вала будет то приближаться к вершине резца, то удаляться от нее (рис. 53, а). В этом случае

вершина резца оставляет на поверхности резания свой след в виде кривой, напоминающей синусоиду. Силы резания периодически изменяются, так как в процессе точения снимается стружка переменной толщины.

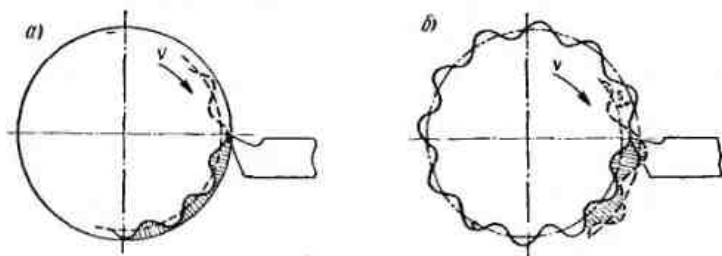


Рис. 53. Схема образования стружки при вибрациях: а — нарезание резьбы; б — отрезка

Необходимо подчеркнуть, что такая связь между перемещением и изменением толщины стружки наблюдается только при нарезании резьбы. При других же токарных операциях изменение толщины стружки, а вместе с тем и сил резания в процессе вибраций, будет происходить несколько сложнее.

Проследим за образованием стружки при отрезке. Предположим, что вначале процесс протекал без вибраций. Тогда очевидно, что стружка будет постоянной толщины, как изображено на рис. 52. Но если в какой-то момент

вал начнет периодически перемещаться относительно резца, т. е. начнутся хотя бы очень незначительные колебания, то в течение первого оборота толщина стружки будет определяться только перемещением вала относительно резца в данный момент (на данном обороте). Короче говоря, в течение первого оборота с начала возникновения колебаний изменение толщины стружки будет происходить так, как указано на рис. 53, а, т. е. на первом обороте толщина стружки будет связана с перемещением, как при нарезании резьбы. В течение же второго оборота с начала возникновения вибраций толщина стружки будет определяться не только перемещением вала относительно резца в данный момент, но и теми неровностями на поверхности резания, которые получились при первом обороте. Ясно, что при втором обороте колебание толщины стружки, а вместе с тем и сил резания, будет больше, поэтому вибрации усилятся. На последующем, третьем обороте произойдет дальнейшее усиление, и так до тех пор, пока не наступят стационарные вибрации, т. е. вибрации постоянной интенсивности.

Такое не мгновенное, а постепенное нарастание вибраций (последовательная раскочка) в начале их возникновения, вероятно, подмечал всякий, кто сталкивался с вибрациями при точении.

На рис. 53, б приведена построенная на основании осциллограмм схема образования стружки при отрезке. Аналогичное образование стружки будет происходить и при работе проходным и другими резцами.

Как видно из схемы, в результате колебаний, которые были на предыдущем обороте, резец в данный момент (на данном обороте) обтачивает поверхность с последовательно расположенными выступами и впадинами (волны, получившиеся при предыдущем обороте) и, кроме того, продолжают колебания вала относительно резца. Поэтому в данном случае изменение толщины стружки будет больше, чем двойная амплитуда колебаний вала относительно резца.

Напомним, что при нарезании резьбы неровности, получившиеся при нарезании витка (т. е. на предыдущем обороте), не будут влиять на нарезание последующего витка, следовательно, в этом случае изменение толщины стружки будет равно только размаху колебаний резца относительно вала (сравните рис. 53, а и б).

С точки зрения вибраций токарные операции можно разделить на две принципиально различные группы: *«точение по следу»* и *«точение по чистому»*.

К первой группе относятся операции, выполняемые отрезным, проходным, прорезным и другими резцами, т. е. все операции, в которых образование стружки связано не только с колебаниями на данном обороте, но и со следами вибраций, получившимися на предыдущем обороте.

Ко второй группе надо отнести нарезание резьбы, так как в этом случае следы, получившиеся при предыдущем обороте, не сказываются на образовании стружки в данный момент, т. е. не влияют на течение вибрационного процесса.

Как видно из схемы (рис. 53, б), благодаря наличию определенного сдвига между колебаниями на предыдущем и на данном оборотах¹ стружка, срезаемая резцом, имеет непостоянную толщину. Причем при сближении резца с валом («врезании») резец снимает стружку малой толщины, при отходе («отталкивании») — большой. Очевидно, что силы резания при «врезании» тоже будут меньше (тоньше стружка), чем при «отталкивании», благодаря чему совершается работа, которая и идет на поддержание колебаний.

Строго говоря, увеличение сил резания при «отталкивании», по сравнению с силами резания при «врезании», будет несколько больше, чем должно получиться только на основании разной толщины стружки. Это связано с не совсем одинаковыми условиями резания при «врезании» и «отталкивании», как было упомянуто в пунктах 1—5 при описании причин возникновения автоколебаний. Поэтому при «точении по-чистому» (например, при нарезании резьбы) тоже могут возникнуть вибрации, однако при равных условиях их интенсивность будет значительно меньше, чем при «точении по следу». Меньшая виброустойчивость при «точении по следу» объясняется, как уже указывалось, тем, что 85% работы, идущей на поддержание вибраций, получается из-за следов на предыдущем обороте.

Следует отметить, что энергия, идущая на поддержание колебаний, составляет 1—3% от всей работы, затрачиваемой на резание.

¹ Сдвиг между колебаниями на предыдущем и на данном оборотах всегда наблюдается при установившихся вибрациях. Как видно из рис. 53, б, этот сдвиг выражается в том, что вершины волн на данном обороте расположены не на одном радиусе с вершинами неровностей.

Необходимо еще остановиться на следующей интересной стороне образования стружки при вибрациях. Как отмечалось раньше, неодинаковость толщины стружки при «врезании» и «отталкивании» происходит благодаря тому, что колебания на данном обороте сдвинуты относительно профиля волн (т. е. колебаний на предыдущем обороте).

Такой сдвиг наблюдается всегда при точении по следу при установившихся колебаниях. Если бы этого сдвига не было, т. е. вершины волн совпадали бы с вершинами колебаний, то снималась бы стружка постоянной толщины, и поэтому отсутствовали бы те силы, которые периодически раскачивают вал и резец, т. е. поддерживают колебания. Благодаря такому, причем довольно постоянному, сдвигу между колебаниями на двух соседних оборотах отдельные волны образуют на поверхности, обработанной при вибрациях, характерные винтовые пелюсы.

Как показали опыты автора, колебания на последующем обороте отстают от волн на поверхности резания, т. е. от колебаний, которые были при предыдущем обороте, примерно на четверть длины волны. Благодаря такому отставанию на окружности вала будет помещаться не целое число волн, а целое число волн $+ \frac{3}{4}$ волны. Если в процессе точения плавно изменять скорость резания (легко менять у станков с двигателем постоянного тока), т. е. несколько ее увеличивать, а затем уменьшать (на 10—20%), то частота автоколебаний на данном обороте не будет соответствовать числу волн в секунду, которое было на предыдущем обороте, будет нарушаться сдвиг фаз и условие, решающим образом влияющее на поддержание колебаний. (При врезании толщина стружки малая, при отталкивании большая.) Благодаря этому приток энергии в систему будет меньший и вибрации уменьшатся. Следовательно, у станков с бесступенчатым регулированием скорости можно повысить виброустойчивость плавным периодическим изменением скорости в процессе точения.

Как было показано, при «точении по следу» решающее влияние на вибрации оказывают следы на предыдущих оборотах, причем вибрации будут непрерывно нарастать и установятся, если интенсивность вибраций будет от оборота к обороту увеличиваться.

Наши теоретические исследования показали, что если отношение амплитуды на последующем обороте к ампли-

туда на предыдущем обороте больше единицы, вибрации будут возникать.

Отношение амплитуды последующего оборота к амплитуде предыдущего по нашим исследованиям приближенно равно

$$\frac{A_{n+1}}{A_n} = \frac{0,5\eta^2}{h\sqrt{n^2 + \eta^2}}, \quad (24)$$

где h — коэффициент, характеризующий затухание, т. е. трение в системе;

$n^2 = \frac{j}{m}$ — жесткость системы, деленная на массу;

$\eta^2 = \frac{P_y}{mq}$ — коэффициент, зависящий от условий резания и равный отношению радиальной составляющей силы резания P_y к толщине стружки в этом же направлении q (при единичной массе).

Таким образом, вибрации будут возникать тем труднее, чем меньше η^2 , чем больше h (трение в системе) и чем больше j (жесткость системы).

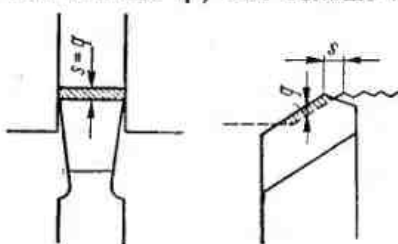


Рис. 54. Сечение стружки

Значит, хорошим средством борьбы с вибрациями является увеличение трения в системе (применение виброгасителей) и повышение жесткости упругой системы (станок — деталь — инструмент), а также устранение всех излишних зазоров. Использование более жестких патронов и вращающихся центров, встроженных в пиноль, а также уменьшение вылета пиноли задней бабки и резца во многих случаях позволяют устранить вибрации. При обычном продольном точении и отрезке интенсивность вибраций будет тем меньше, чем меньше радиальная составляющая силы резания P_y и чем больше «радиальная толщина стружки q ». «Радиальная толщина» при отрезке есть не что иное, как подача; при продольном точении — это толщина стружки, измеренная по радиусу, т. е. перпендикулярно подаче рис. 54.

Если составляющую силы резания выразить по формулам теории резания, то для стали указанный выше коэффициент

$$\eta^2 = \frac{P_y}{qm} \approx \frac{ktR^{0,3}}{s^{0,25}q^2}. \quad (25)$$

На основании этой формулы, а также если учесть влияние на силу резания переднего и заднего углов резца и скорости резания (для упрощения они не введены в формулу, но учтены в k) следует, что режимы резания и геометрия инструмента сказываются на интенсивности вибрации следующим образом.

1. Интенсивность вибраций возрастает с увеличением ширины стружки (глубины резания t при обычном продольном точении).

В этом случае колебания растут, так как увеличение ширины стружки приводит к росту сил резания.

2. Увеличение толщины стружки (подачи s) сказывается противоположным образом. При ее увеличении интенсивность вибрации несколько уменьшается, поскольку в этом случае, хотя силы резания и больше, но перемещение вала относительно резца меньше сказывается на изменении толщины стружки.

3. Увеличение интенсивности вибраций вызывает и уменьшение угла в плане ϕ , так как оно приводит не только к уменьшению толщины стружки, но и к изменению направления усилия. При этом увеличивается радиальная составляющая силы резания P_y , увеличение которой больше всего сказывается на деформации вала и резца.

4. Увеличение переднего угла несколько снижает интенсивность вибраций (уменьшаются силы резания).

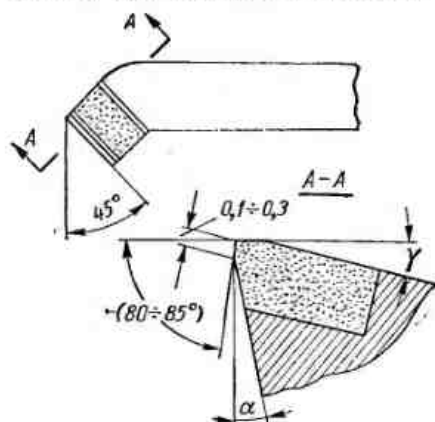
5. Значительное увеличение радиуса при вершине резца r увеличивает интенсивность вибраций, так как, с одной стороны, вызывает небольшой рост сил резания, а с другой стороны — на некотором участке дает уменьшение толщины стружки.

6. Увеличение скорости резания при точении большинства сталей вначале вызывает рост интенсивности вибраций (наибольшие вибрации для стали обычно наблюдаются при скоростях 40—150 м/мин), а в дальнейшем приводит к уменьшению или полному прекращению вибраций.

7. Изменение заднего угла резца от 3 до 16° не сказывается на интенсивности вибраций. Однако при умень-

шении заднего угла ниже 2—3° вибрации ослабевают. Объяснение такого влияния заднего угла следует искать не в изменении силы резания, а в том что при малых задних углах врезание резца в металл при вибрациях затрудняется.

Если виброустойчивость системы характеризовать глубиной, при которой возникают стационарные вибрации (амплитуды двух соседних оборотов равны), то приняв в формуле (24) отношение амплитуд равным единице, получим выражение



$$t_{вибр} = \frac{j^{0,5} h \varphi^2 s^{0,25}}{m^{0,5} k_1 r^{0,3}} \quad (26)$$

По этой формуле, если знать постоянную k_1 (для данного материала и скорости), можно было бы подсчитать по данным жесткости системы j , массе m , трению в системе h , углу в плане φ , подаче s

Рис. 55. Резец с «виброгасящей фаской»

и радиусу при вершине r ту глубину резания, при которой будут возникать вибрации $t_{вибр}$.

Из формулы видно, что вибрационная глубина при прочих равных условиях сильно зависит от жесткости системы, поэтому можно при обработке валов высокой жесткости определить виброустойчивость того или иного станка по $t_{вибр}$ ¹.

Для качественной проверки формулы (26) в ЛПИ им. М. И. Калинина были проведены опыты по обтачиванию валов разной жесткости из стали 50 при скорости 90 м/мин твердосплавным инструментом с $r = 0,5$ мм. Эти опыты дали возможность получить опытную формулу, подобную теоретической

$$t_{вибр} = \frac{j - 400}{450} \left(\frac{\varphi}{60} \right)^2 \left(\frac{s}{0,15} \right)^{0,5}, \quad (27)$$

где $t_{вибр}$ — вибрационная глубина резания в мм;

¹ См. методику исследования виброустойчивости станков ЭНИМСа.

j — жесткость системы вал — опоры, т. е. общая жесткость вала и опор в месте точения в кГ/мм;

φ — угол в плане в град;

s — подача в мм/об.

Из вышеприведенных зависимостей и описания влияния отдельных факторов на возникновение вибраций вытекает, что для обеспечения безвибрационной работы следует:

- 1) создать возможно более высокую жесткость всей системы (станка, патрона, заднего центра, детали и т. п.) и не доводить станки до большого износа;
 - 2) вести обработку с небольшими глубинами резания и при относительно больших подачах;
 - 3) работать на высоких скоростях резания;
 - 4) работать резцами с большими главными углами в плане ($\varphi = 45-85^\circ$), с большими положительными передними углами и малым радиусом при вершине резца; не допускать значительного затупления резца, но и не работать инструментом с очень острой режущей кромкой.
- Для повышения виброустойчивости системы можно искусственно притупить вершину резца. «Виброгасящая фаска»¹ шириной 0,1—0,3 мм затачивается таким образом, что на фаске образуется отрицательный передний угол 80—85° (рис. 55).

17. Специальные средства борьбы с вибрациями

Универсальным средством борьбы с вибрациями является увеличение сопротивления в колеблющейся системе.

На практике удается избавиться от вибраций, если токарный станок оснастить специальным прибором — виброгасителем. Идея конструкции виброгасителей принадлежит проф. А. П. Соколовскому. Действие виброгасителей основано на значительном увеличении сопротивления при колебаниях вала.

На рис. 56 показан гидравлический виброгаситель В-1 конструкции лаборатории технологии машиностроения ЛПИ им. М. И. Калинина. В корпусе I расточены два отверстия, играющие роль цилиндров, в которые входят

¹ «Виброгасящая фаска» предложена техником-новатором Д. И. Рыжковым.

два поршня 2. Полости цилиндров, соединенные с нагрузочным цилиндром, а также между собой, заполняются маслом. В нагрузочном цилиндре при помощи винта 5, давящего на пружину, может перемещаться нагрузочный поршень 4. Надежные сальники 3 препятствуют вытеканию масла из полостей цилиндров, а также увеличивают трение при перемещении поршней.

При вращении за рукоятку винта 5 часть масла выдавливается из нагрузочного цилиндра, благодаря чему

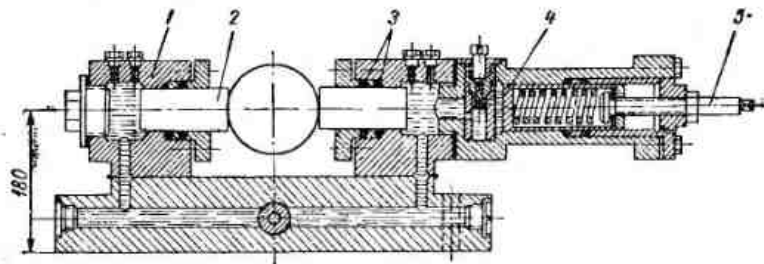


Рис. 56. Гидравлический виброгаситель проф. А. П. Соколового

поршни 2 могут быть плотно прижаты к поверхности обрабатываемого вала, а в системе может быть создано необходимое давление (обычно рабочее давление 1—2 атм).

При возникновении вибраций колебания вала передаются поршням, сопротивления в системе резко возрастают, так как затрачивается работа на трение поршней о сальники, а также — некоторая работа на преодоление гидравлического сопротивления при перетекании масла по каналам.

Виброгаситель работает не как люнет, поскольку он практически не повышает жесткости системы (при медленном перемещении кулачков требуется приложить значительную силу). Поэтому поршни виброгасителя не оказывают значительного сопротивления даже при обтачивании заготовок валов с большим биением. Наличие же пружины, которая нажимает на нагрузочный поршень, допускает обработку валов с большой овальностью.

В некоторых конструкциях виброгасителей ЛПИ им. М. И. Калинина концы поршней в целях меньшего износа оснащались шариковыми подшипниками. Однако для валов низкой жесткости плоские кулачки из модифициро-

ванного чугуна или древопластиков обеспечивают лучший эффект гашения вибраций.

Описание опытной конструкции виброгасителя В-1 приведено только для уяснения принципа его действия. В работе он хотя и показал хорошие результаты, был неудобен, так как при горизонтальном расположении кулачков виброгаситель можно было устанавливать на суппорте токарного станка либо правее, либо левее резца. Но и то, и другое не всегда допустимо, так как при левой установке нельзя близко точить у патрона, при правой — у заднего центра работа будет вестись без виброгасителя, что опасно с точки зрения вибраций.

Исследования показали, что виброгаситель может работать не только при горизонтальном положении цилиндров, но и в том случае, если оси цилиндров расположены под углом к горизонтالي. Так, при гашении вибраций круговым виброгасителем,¹ у которого цилиндры могли устанавливаться в любом из двенадцати положений (рис. 57), было выяснено, что при работе «обычным резцом» (обычное вращение) вибрации можно погасить, если цилиндры расположены в положениях 1, 2, 3, 7, 8, 9, при работе же «перевернутым резцом» (обратное вращение) — в положениях 7, 6, 5, 1, 12, 11.

На рисунке видно, что вибрации можно погасить только в том случае, когда цилиндры (или даже один цилиндр) виброгасителя располагаются в секторах, простирающихся от горизонтальной оси на 60° в сторону вращения вала. При постановке осей цилиндров вне секторов гашения можно уменьшить только вертикальные колебания вала, погасить же вибрации нельзя.

Конструкция виброгасителя получается более удобной для работы, если цилиндры располагать под углом. В этом случае виброгаситель может быть установлен вместо подвижного люнета в плоскости резца.

При обтачивании длинных валов малой жесткости вибрации лучше гасятся при постановке третьего цилиндра вне сектора гашения, который обеспечивает лучшую фиксацию.

¹ Круговой виброгаситель В-2 сконструирован и испытан в ЛПИ имени М. И. Калинина канд. техн. наук И. С. Амосовым.

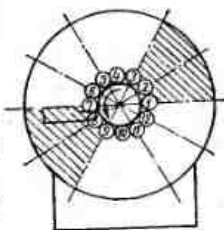
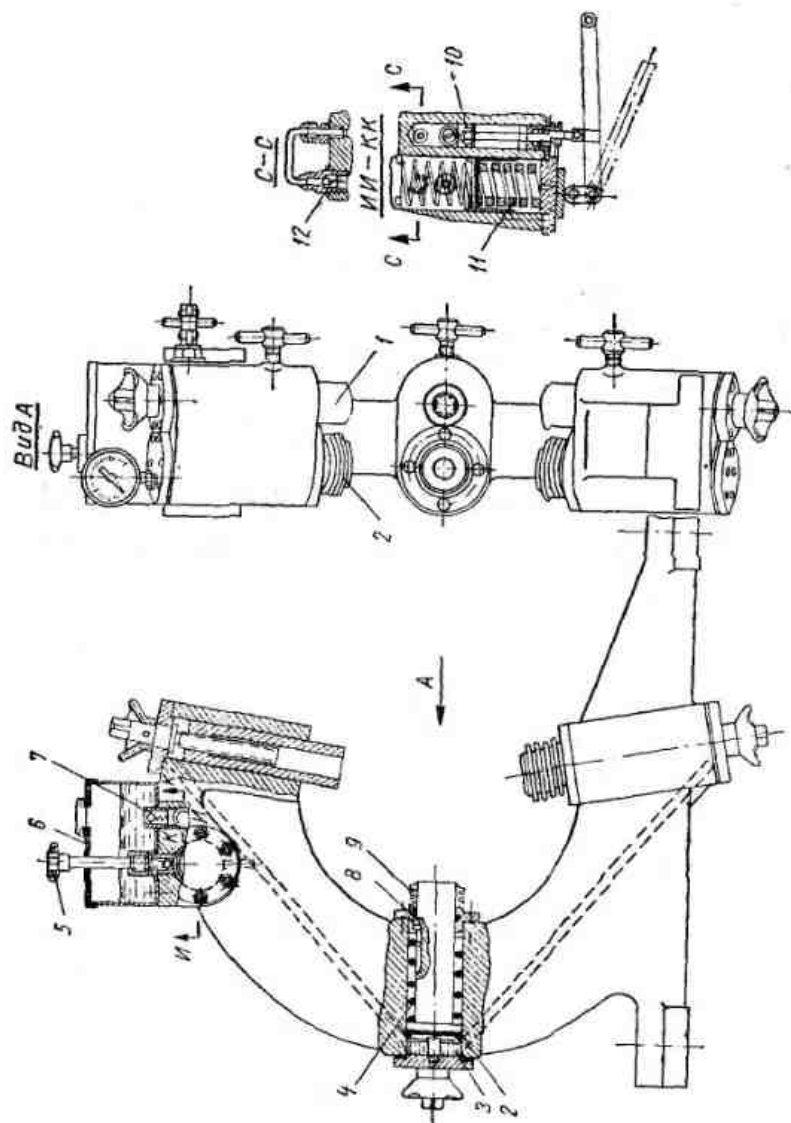


Рис. 57. Зоны гашения вибраций при разном расположении цилиндров виброгасителя



сацию вала между поршнями, а также препятствует вертикальным колебаниям вала.

В настоящее время создано много конструкций виброгасителей для борьбы с низкочастотными вибрациями.

На рис. 58 показана конструкция виброгасителя ЛПИ¹. В одном литом корпусе располагаются не только кулачки виброгасителя 2, но также параллельно им кулачки жесткого люнета 1. Виброгаситель-люнет устанавливается на суппорт вместо обычного люнета и может при необходимости выполнять либо функции люнета, либо функции виброгасителя. Такая универсальность очень удобна при обработке длинных валов малой жесткости и высокой точности. Перемещение жестких кулачков производится, как у обычного люнета, при помощи винтов. Три поршня виброгасителя оснащены для герметичности резиновыми манжетами 3, а для создания необходимого трения — сальниками 8. Пружины 4 отводят кулачки от детали, когда нет давления в системе, гофрированные трубки 9 служат для защиты направляющих от грязи. Перемещение кулачков и прижатие их к обрабатываемой детали и в этой конструкции осуществляется гидравлически. Из резервуара 6 при помощи поршневого насоса 10 с всасывающим 7 и обратным 12 клапанами масло нагнетается в полость нагрузочного цилиндра и по каналам поступает к кулачкам. После того, как кулачки прижались к валу, происходит сжатие сильной пружины 11 нагрузочного цилиндра. Такая конструкция обеспечивает поддержание постоянного необходимого давления в системе (3—4 атм) при возможных колебаниях в размере



Рис. 59. Обработка длинного вала с виброгасителем

¹ Виброгаситель сконструирован и испытан в ЛПИ им. М. И. Калинина проф. В. Г. Подпоркиным.

и форме вала, а также компенсирует возможную утечку масла во время работы. При необходимости отвода кулачков открывают кран 5, и масло вытекает в резервуар, а кулачки отводятся пружинами.

Виброгаситель применялся для гашения вибраций, возникающих при скоростном обтачивании очень длинных валов (рис. 59). Так, на судостроительном заводе благодаря

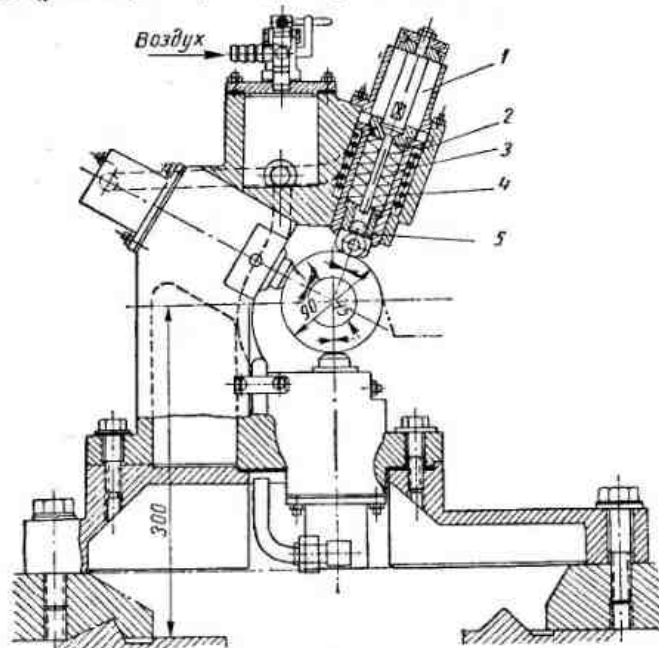


Рис. 60. Виброгаситель с тарельчатыми пружинами

применению виброгасителя при одном неподвижном люнете производилось обтачивание валов диаметром 70 мм и длиной 7 м со скоростью 150 м/мин при подаче 0,25 мм/об и глубине резания 1—2 мм. Без виброгасителя обтачивание могло осуществляться только при постановке нескольких неподвижных люнетов и то только на очень низких скоростях резания и при малых глубинах резания.

Необходимо отметить, что виброгаситель-люнет не может работать одновременно и как люнет, и как виброгаситель. Если жесткие кулачки плотно прижать к валу, то тогда кулачки виброгасителя не смогут перемещаться

относительно корпуса при возникновении вибраций, и поэтому ими не будет производиться работа (нет перемещения) и не будет отбираться энергия. Вибрации гаситься не будут.

На рис. 60 приведен виброгаситель с тарельчатыми пружинами конструкции ЦНИИТмаш¹. Здесь сопротивление создается за счет трения в пакетах тарельчатых пружин. Сжатые тарельчатые пружины при вибрациях трутся друг о друга и отбирают часть энергии от колеблющегося вала. Нагрузочное устройство, служащее для подвода кулачков и сжатия тарельчатых пружин, в этой конструкции выполнено пневматическим. При подаче воздуха из заводской пневмосети (5—6 атм) поршни 1 перемещаются, толкают рабочий поршень 2 до тех пор пока ролики кулачков плотно не прижмутся к обрабатываемому валу. Дальнейшее перемещение рабочих поршней 2 вызывает движение ползуна 5 и сжатие тарельчатых пружин 3. При соединении полостей цилиндров с атмосферой, цилиндрические пружины 4 раздвигают кулачки. Таким образом, в этом виброгасителе подвод и отвод кулачков производится практически мгновенно и без затрат больших усилий. Эти и подобные им виброгасители могут с успехом применяться только для борьбы с вибрациями низкой частоты. Дело в том, что кулачки виброгасителей затрудняют только колебания вала, которые при низкочастотных вибрациях являются главными.

Для борьбы с высокочастотными вибрациями, которые, как указывалось, связаны с колебаниями резца и происходят с частотой нескольких тысяч герц, необходимо препятствовать колебаниям самого резца.

На практике в некоторых случаях удастся избавиться от высокочастотных вибраций, если оснастить резец динамическим виброгасителем.

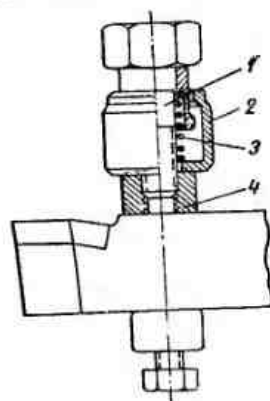


Рис. 61. Динамический виброгаситель ВР

¹ Конструкция предложена канд. техн. наук А. К. Кучмой.

На рис. 61 приведена простая конструкция виброгасителя ВР, предложенная Д. И. Рыжковым, для проходных и подрезных резцов. Виброгаситель состоит из болта 1, резьба которого может ввинчиваться либо прямо в тело резца, либо в специальную скобу 4 (скоба крепится к телу резца). На болт надет колпачок 2, который прижимается к основанию пружины 3. Таким образом, динамический виброгаситель представляет дополнительную упругую систему (пружина и колпачок), которую связывают с колеблющимся резцом. При высокочастотных колебаниях резца дополнительная система также начинает колебаться, при этом энергия колебания распределяется между обеими системами.

Если постепенно ввинчивать болт виброгасителя, то плавно будет меняться и жесткость системы, а значит и собственная частота колпачка. В том случае, когда дополнительная система будет иметь такую же собственную частоту, что и резец, т. е. находиться в резонансе, колпачок будет очень сильно раскачиваться и принимать значительную долю энергии колебаний резца на себя. Всегда присутствующее трение и соударение деталей будет помогать уменьшению колебаний. Измерения показали, что относительно суппорта резец совершает колебания по всем трем осям z , y и x . Однако вследствие того, что колебания по оси z являются наибольшими, виброгаситель наиболее успешно гасит колебания, если он установлен на резце вертикально сверху или снизу.

Кроме виброгасителей для борьбы с вибрациями применяют пружинные резцы, которые во многих случаях дают возможность либо совсем избавиться от вибраций, либо уменьшить их интенсивность.

Пружинные резцы обладают пониженной жесткостью и поэтому, естественно, снижает общую жесткость системы.

На первый взгляд кажется, что пружинные резцы должны способствовать возникновению вибраций, а не препятствовать их возникновению, т. е. кажется, что действие пружинного резца не должно отличаться от действия плохого суппорта. Однако это не так. Между нежестким суппортом и пружинным резцом существенная разница в том, что собственная частота суппорта ниже, а головка пружинного резца много выше частоты вибраций, поэтому при точении головка пружинного резца «успевает» сле-

дить за волнами на поверхности резания, получившимися на предыдущем обороте (при нарезании резьбы — предыдущем проходе), благодаря чему виброустойчивость системы по сравнению с жестким резцом возрастает.

Проследим, например, за течением вибрационного процесса при отрезке. На рис. 62, а для сравнения приведена схема образования стружки при точении жестким резцом, а на рис. 62, б — пружинным резцом.

Как видно из рис. 62, б, в тот момент, когда резец снимает более толстую стружку, возросшие силы резания

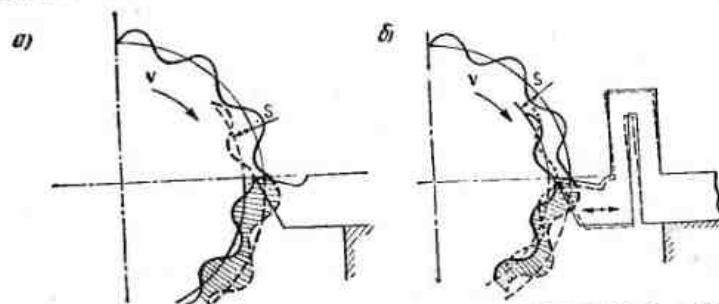


Рис. 62. Схема образования стружки при вибрациях: а — точение жестким резцом; б — точение пружинным резцом

несколько отгибает резец, и поэтому он снимает стружку меньшей толщины, чем это было бы при жестком резце. В тот момент, когда резец снимает стружку меньшей толщины, силы резания меньше, силы упругости пружинной части приближают вершину к центру вала, и поэтому резец снимает стружку большей толщины. Таким образом, стружка при точении пружинным резцом получается более равномерной толщины, чем при точении жестким резцом. Естественно, что при равномерной толщине стружки и колебание сил, поддерживающих вибрации, будет меньше, что и приведет к уменьшению или полному уничтожению вибраций.

Токарям давно известны пружинные резцы, однако они обычно применяются при относительно низких скоростях резания. Это связано с тем, что большинство употребляемых пружинных резцов имеет малую вертикальную жесткость. Поэтому при больших скоростях резания такие резцы приводят к возникновению вибрации высокой частоты, происходящей, как указывалось, от колебаний

самого резца. На рис. 63 приведена конструкция пружинного резца, который благодаря малому вылету имеет необходимую горизонтальную податливость и высокую вертикальную жесткость.

При получистовом и чистовом точении для получения необходимой точности следует применять довольно жесткие резцы (жесткость 1000 кГ/мм и выше), т. е. высота колена (размер a) выбирается меньше 40 мм. При черновых операциях можно работать резцами меньшей жесткости (400—900 кГ/мм, когда $a = 50$ мм).

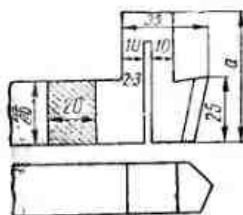


Рис. 63. Пружинный резец для скоростного точения

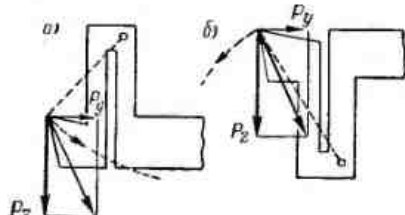


Рис. 64. Конструкции пружинных резцов

Опыты в ЛПИ показали, что применение пружинного резца ($\varphi = 60^\circ$) с жесткостью 700 кГ/мм дало возможность производить обтачивание вала жесткостью 400 кГ/мм ($l = 1700$ мм, $d = 80$ мм) на скорости 95 м/мин и подаче 0,2 мм/об, причем даже при глубине резания 7 мм вибрации не возникали.

При рациональном подборе жесткости резца можно без заметного уменьшения точности добиться увеличения производительности по машинному времени в 5—10 раз за счет увеличения глубины резания.

При конструировании пружинного резца необходимо иметь в виду, что пружинная часть резца должна располагаться над телом резца (рис. 64, а), а не под ним, как это изображено на рис. 64, б. Дело в том, что при вибрациях на вершину резца действуют не только изменяющиеся горизонтальные силы резания P_y , но и значительно большие изменяющиеся вертикальные силы P_z , поэтому нужно, чтобы рост P_y и P_z давал вершине резца горизонтальное перемещение в одном направлении.

На рис. 64, а видно, что при увеличении толщины стружки обе силы возрастают и отводят вершину от оси

вала (моменты сил одного направления), что приводит к уменьшению толщины стружки. Рост же P_y (см. рис. 64, б) отдалит вершину от оси вала, а P_z — приблизит, благодаря чему выравнивание толщины стружки будет затруднено.

Некоторое увеличение виброустойчивости системы также можно получить, если вместо обычных резцов (показаны штриховыми линиями) применять сплошные тангенциальные резцы с большим вылетом или тангенциальные резцы с разрезом (рис. 65). Так, опыты в ЛПИ¹ показали, что при точении такими тангенциальными резцами (жесткость сплошного резца 3000 кГ/мм и резца с разрезом — 500 кГ/мм) амплитуда колебаний детали уменьшается в 2—3 раза. Эти резцы хороши еще и тем, что благодаря высокой жесткости по оси z при их работе не возникают высокочастотные вибрации.

Большое внимание надо обращать на жесткость по оси z у резцов с большим вылетом (отрезные, расточные), так как в этом случае при нерациональной конструкции резца вертикальная деформация может привести к заметным горизонтальным перемещениям вершины резца.

На рис. 66 приведена рациональная конструкция виброустойчивого расточного резца² и схема, поясняющая различие в работе обычных резцов и резцов с низко расположенной режущей кромкой. Как видно из рис. 66, б, последние могут иметь большее поперечное сечение державки, чем обычные резцы (рис. 66, а) при растачивании одного и того же отверстия. Но их виброустойчивость в меньшей степени объясняется тем, что перемещение вершины вниз приводит к уменьшению толщины

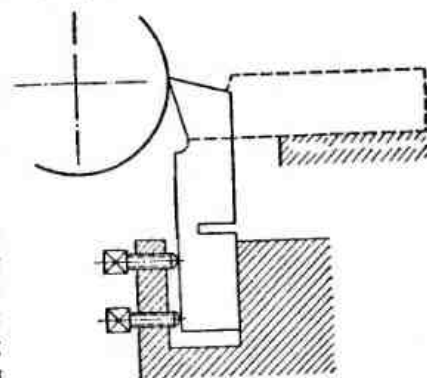


Рис. 65. Тангенциальный резец

¹ Опыты проводились автором и инж. Б. В. Леонтьевым на токарном станке 1К62, оснащенном специальным резцедержателем.

² Резец конструкции токаря К. В. Лакура. Державка резца круглая. Такие резцы удобно устанавливать «в боковую призму».

стружки, тогда как при обычной конструкции резцов те же перемещения приводят к увеличению толщины стружки.

Расточные резцы, как известно, хорошо работают при больших углах в плане (обычно угол в плане $\varphi = 75-85^\circ$),

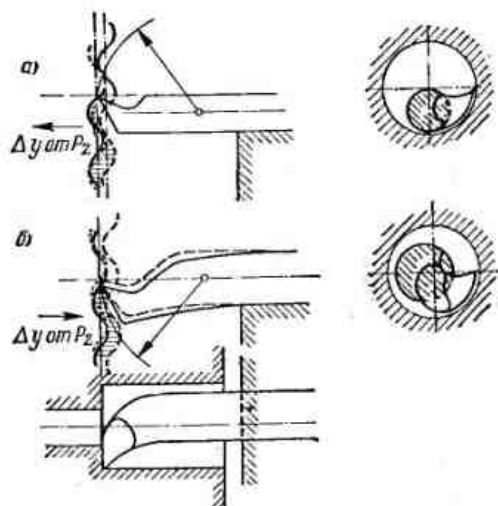


Рис. 66. Расточной резец и схема образования стружки при вибрациях (точение расточными резцами с $\varphi = 90^\circ$)

поэтому режущая кромка резца при растачивании снимает стружку как бы с торцевой плоскости.

На рис. 66 видно, что в то время, когда резец при вибрациях снимает более толстую стружку (срезает выступы волн, возникающих при предыдущем обороте), возросшие силы резания несколько отгибают резец вниз; вершина резца при этом перемещается не по прямой, а как бы по окружности с центром, где-то на нейтральной оси сечения державки.

Если вершина резца расположена выше нейтральной оси сечения тела резца, то перемещение вниз приведет к еще большему увеличению толщины стружки (рис. 66, а). Если вершина резца ниже нейтральной оси (или на оси), то при увеличении толщины стружки вершина будет отходить от поверхности (рис. 66, б). При уменьшении толщины

стружки вершина поднимается, что приводит к увеличению толщины стружки. Таким образом, резцы с малой вертикальной жесткостью (точнее, при больших вертикальных деформациях) при низко расположенной режущей кромке так же, как и пружинные резцы с малой горизонтальной жесткостью, будут стабилизировать толщину стружки и тем самым затруднять возникновение вибраций.

Отрезные резцы и вообще резцы, испытывающие значительные вертикальные перемещения вершины из-за малой жесткости, для повышения виброустойчивости должны иметь низко расположенную режущую кромку (ниже нейтральной оси сечения), т. е. должны иметь некоторое сходство с изогнутыми строгальными резцами.

Ознакомление с природой возникновения вибраций, а также с влиянием отдельных факторов и конструкции инструментов на интенсивность вибраций показывает, что борьба с вибрациями может проводиться по следующим направлениям:

- путем выбора рациональных режимов резания;
- за счет изменения геометрии и рациональной конструкции инструмента;
- за счет повышения жесткости системы;
- за счет применения специальных средств, увеличивающих затухание колебаний в системе;
- за счет переменной скорости резания в процессе точения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколовский А. П. Научные основы технологии машиностроения. Л., Машгиз, 1955.
2. Амосов И. С. Экспериментальное и теоретическое исследование вибрации при точении. ЛОНИТОМаш, Т. 23. Л., Машгиз, 1951.
3. Корсаков В. С. Точность механической обработки. Л., Машгиз, 1951.
4. Иржи Глустый. Автоколебания в металлорежущих станках. М., Машгиз, 1956.
5. Харкевич А. А. Автоколебания. М., ГИТТЛ, 1953.
6. Дьяченко П. Е. Качество поверхности при точении. М., ЦБТИ, 1951.
7. Исаев А. И. Процесс образования поверхностного слоя при обработке металлов резанием. М., Машгиз, 1950.
8. Коллектив авторов, под редакцией канд. техн. наук доц. Скрагана В. А. Жесткость, точность и вибрации при механической обработке. Л., Машгиз, 1956.

9. Коллектив авторов под редакцией акад. Д и к у ш и н а В. И. и проф. Р е ш е т о в а А. Н. Исследование колебаний металлорежущих станков при резании металлов. М., Машгиз, 1958.

10. А м о с о в И. С., Л е о н т ь е в Б. В. Некоторые результаты исследования вибраций при точении тангенциальными резцами. — Автоматизация и технология машиностроения. М.—Л., изд-во «Машиностроение», 1968 (Труды ЛПИ им. Калинина № 298).

11. З а р с В. В. Оценка некоторых механизмов возбуждения вибраций при точении. — Вопросы механики и машиностроения. — Вып. 6, Рига, издание РПИ, 1967.

12. Л а к у р К. В. Виброустойчивые резцы. Лениздат, 1963.

13. Ж у к о в Э. Л., С к р а г а н В. А. Настройка станка и системы автоматического регулирования размера при токарной обработке. — Автоматизация и технология машиностроения. М.—Л., изд-во «Машиностроение», 1968 (Труды ЛПИ им. Калинина № 298).

14. Н и к и т к о в Н. В. Цифровая система активного контроля размеров крупных валов при токарной обработке. — Автоматизация и технология машиностроения. М.—Л., изд-во «Машиностроение», 1968 (Труды ЛПИ им. Калинина № 298).

В. А. БЛЮМБЕРГ

**ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ
НА ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ
СТАНКАХ**

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ

Глава I Основные сведения
о токарно-карусельных
станках

Глава II Приемы выполнения
наиболее распространенных видов
работ на токарно-карусельных
станках

Глава III Пути повышения производительности
при работе
на токарно-карусельных
станках

Глава IV Обработка конических поверхностей
на токарно-карусельных
станках

Глава V Обработка фасонных поверхностей
на токарно-карусельных
станках

Глава VI Специальные и сложные работы,
выполненные на токарно-карусельных
станках

В современном машиностроении токарно-карусельные станки занимают заметное место. На этих станках обрабатываются наиболее ответственные, так называемые корпусные детали машин. Особенно велика роль токарно-карусельной обработки в тяжелом машиностроении. Так, например, в электромашиностроении токарно-карусельные станки составляют 25—29%, в турбостроении — около 10% и в производстве гидрогенераторов — около 12% общего парка металлорежущих станков механических цехов.

Наибольшее применение находят карусельные станки при обработке тяжелых и крупногабаритных деталей, встречающихся преимущественно в тяжелом машиностроении.

Однако этой отрасли не ограничивается применение карусельных станков. Они широко используются и в среднем машиностроении — в серийном и даже мелкосерийном производстве. Только в мелком машиностроении и приборостроении карусельные станки почти не находят применения.

На токарно-карусельных станках обрабатываются детали диаметром от 300 до 7000 мм. В отдельных случаях в тяжелом машиностроении (при обработке крупных турбин и электрических машин) применяются и более крупные карусельные станки — станки-гиганты. Наибольший диаметр обрабатываемой детали на таких станках достигает 25 000 мм.

Наибольшая допустимая высота обрабатываемых деталей колеблется от 500 мм (на станках малых размеров) до 6000 мм (на станках-гигантах). При этом высота детали, как правило, не должна превышать ее наибольшего диаметра.

1. Общие сведения о конструкции токарно-карусельных станков

Современные токарно-карусельные станки бывают двух типов: одностоечные, на которых обрабатываются детали диаметром до 1500 мм, и двухстоечные, предназначенные для обработки более крупных по размерам деталей.

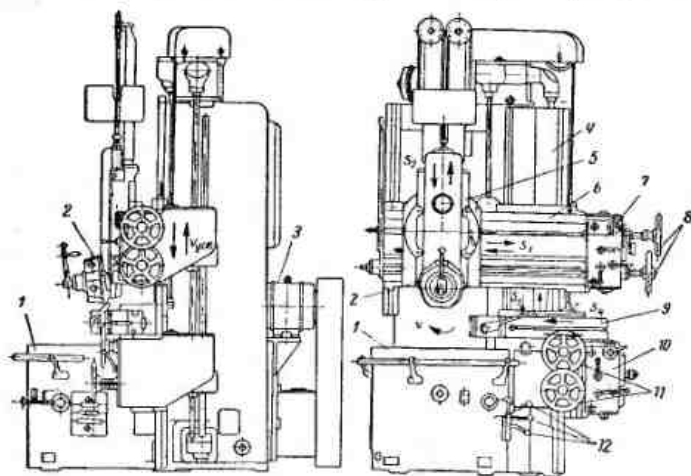


Рис. 1. Общий вид одностоечного токарно-карусельного станка модели 1531

На рис. 1 показан общий вид одностоечного токарно-карусельного станка. Основными частями этого станка являются:

1) планшайба (стол) 1, шпиндель которой получает вращение от электродвигателя 3 посредством расположенного в станине привода главного рабочего движения;

2) стойка 4, на которой смонтированы и перемещаются в вертикальном направлении поперечина (траверса) 6 и боковой суппорт 9;

3) вертикальный суппорт 5, перемещающийся в вертикальном направлении по своим направляющим, а в горизонтальном — по направляющим траверсы 6;

4) боковой суппорт 9, перемещающийся в вертикальном направлении по направляющим стойки 4, а в горизонтальном — по своим направляющим.

Ручное (установочное) перемещение суппортов осуществляется с помощью маховиков 8 (для вертикального суппорта) и 11 (для бокового суппорта). Управление приводом главного рабочего движения (вращением планшайбы) осуществляется с помощью рукояток 12.

Обрабатываемая деталь устанавливается на планшайбе станка и закрепляется при помощи кулачков или прихватов с болтами. Резцы закрепляются в резцедержателях, смонтированных на суппортах. Вертикальный суппорт снабжен пятипозиционной поворотной револьверной головкой 2, в которой можно установить пять различных инструментов для последовательной обработки поверхностей. Рабочая механическая подача и ускоренное перемещение суппортов осуществляются при помощи механизмов подачи, заключенных в коробки 7 и 10.

На рис. 2 показан общий вид двухстоечного карусельного станка. Принципиальным отличием этого станка от одностоечного является наличие не одной, а двух вертикальных стоек станины. По этим стойкам перемещаются боковой суппорт и поперечина (траверса), вдоль направляющих которой передвигается не один, а два вертикальных суппорта. У станков ряда моделей один из этих суппортов снабжен обычным (неповоротным) резцедержателем, а второй — пятипозиционной поворотной револьверной головкой.

Планшайбы тяжелых станков обычно состоят из двух отдельных планшайб с двумя кольцевыми направляющими и независимым приводом каждой из планшайб. Это дает возможность рационально использовать станок как при обработке крупных, так и при обработке деталей меньших габаритов.

Управление станком осуществляется с помощью кнопочного пульта, закрепленного на гибком шланге, что позволяет легко его перемещать и поворачивать в удобное в каждый момент для рабочего положение.

Управление двухстоечными станками средних и крупных размеров часто осуществляется с помощью стационарных пультов, расположенных на полу у стоек (при обработке относительно невысоких деталей), и с помощью пультов, смонтированных на планшайбах вертикальных суппортов (при обработке высоких деталей).

Токарно-карусельные станки имеют следующие движения (рис. 1); главное рабочее движение (вращение план-

шайбы по стрелке v); горизонтальную подачу (s_1 — горизонтальное перемещение вертикальных суппортов и s_4 — горизонтальное перемещение ползуна бокового суппорта); вертикальную подачу (s_2 — вертикальное перемещение ползуну вертикальных суппортов и s_3 — вертикальное —

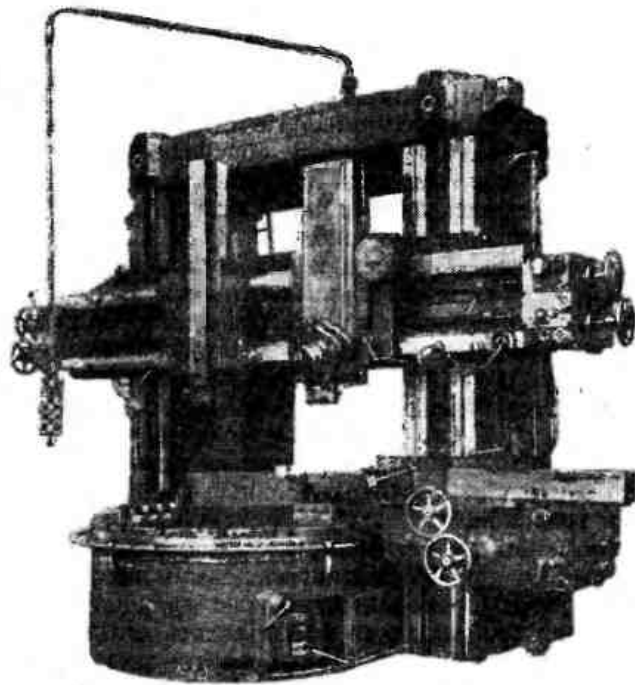


Рис. 2. Общий вид двухстоечного токарно-карусельного станка модели 1М553

перемещение бокового суппорта) и быстрое вертикальное перемещение поперечины (траверсы) вместе с суппортами (по стрелке $v_{\text{уст}}$).

Горизонтальная подача вертикального суппорта используется для обработки торцовых поверхностей, а его вертикальная подача — для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических (а иногда и фасонных) поверхностей. Вертикальная подача бокового суппорта

применяется для обработки наружных поверхностей, а его горизонтальная подача — для прорезания канавок и выточек, обтачивания фасок и т. п.

2. Основные характеристики токарно-карусельных станков

Основной размерной характеристикой карусельных станков являются наибольшие диаметр и высота детали, которая может быть обработана на данном станке.

Станкостроительными заводами Советского Союза изготавливаются токарно-карусельные станки с наибольшими диаметрами обработки 800; 1000; 1250; 1600; 2300; 3200; 4000; 5000; 6300; 8000 мм. Карусельные станки диаметром обработки свыше 8000 мм являются уникальными и изготавливаются по индивидуальным заказам.

Основными моделями карусельных станков, выпускаемых в настоящее время отечественной станкостроительной промышленностью, являются: модели одностоечных станков 1508, 1531М и 1541 с диаметрами планшайб 710, 1120 и 1400 мм; модели двухстоечных станков малых размеров 1М553 и 1М557; модели крупных двухстоечных станков 1532Т и 1540 и модели порталных карусельных станков крупных размеров 1550, 1563 и 1580Л.

Карусельные станки моделей 1508, 1531М, 1М553 и 1М557 изготавливаются с боковыми суппортами, станки других моделей делаются без боковых суппортов, но по требованию завода-заказчика могут быть поставлены и с боковым суппортом. Верхние суппорты станков моделей 1508, 1531М и 1М553 снабжены пятипозиционной револьверной головкой.

К станкам, предназначенным для обработки деталей диаметром до 3200 мм, по особому требованию заказчика поставляются приспособления для нарезания резьб и для точения конических поверхностей.

Двухстоечные станки более крупных размеров имеют электрокопировальные устройства и снабжаются разнообразными принадлежностями и приспособлениями в том числе для нарезания резьб, для обтачивания конусов, шлифования, фрезерования и др.

На базе станков модели 1541 выпускаются станки с числовым программным управлением модели 1541П.

Основные технические характеристики токарно-карусельных станков с максимальным диаметром обрабатываемых деталей от 800 до 3000 мм

Техническая характеристика	Модель станка			
	1503	1531М	1541	1М553
Тип станка	Двухстоечный			
Наибольший размер обрабатываемой детали в мм:	Двухстоечный			
Боковым суппортом	710	1120	1400	2100
Верхним	1000	1250	1600	2300
Диаметр планшайбы в мм	710	1120	1400	2100
Наибольшая высота обрабатываемой детали в мм	800	1000	1000	1600
Наибольший вес обрабатываемой детали в кг	1300	3200	5000	10 000
Наибольший угол поворота верхних суппортов в град	± 90	± 90	± 45	± 40
Наименьшая и наибольшая подача суппортов на один оборот планшайбы в мм	0,06—6,3	0,045—16,0	0,045—16,0	0,045—16,0
Наименьшее и наибольшее число оборотов планшайбы в минуту	10—500	6,3—315	4—200	2,2—80
Мощность главного электродвигателя в кВт	28	28	28; 40	40; 55
Наибольшее сечение реза, зажимасного в резцедержателе, в мм	—	—	—	40×55
Вес станка в т	8,5	14,15	18	30,5
				43

Таблица 2

Основные технические характеристики двухстоечных токарно-карусельных станков с максимальным диаметром обрабатываемых деталей от 3200 до 8000 мм

Техническая характеристика	Модель станка			
	1532Т	1540	1550	1563
Наибольший диаметр обрабатываемой детали в мм	3200	4000	5000	6300
Наибольшая высота обрабатываемой детали в мм	2000	2000	2500	3200
Наибольший вес обрабатываемой детали в т	40	50	63	125
Наименьшее и наибольшее число оборотов планшайбы в минуту (бесступенчатое регулирование)	0,66—62,1	0,52—48,7	0,34—29,6	0,28—23,2
Наименьшая и наибольшая подача суппортов в мм/мин	0,058—452	0,058—452	0,0435—352	0,0352—285
Мощность электродвигателя в кВт	63	63	63	125
Вес станка в т	80	92	135	215
				240

Основным поставщиком карусельных станков с максимальными диаметрами обрабатываемых деталей от 800 до 3000 мм является станкостроительный завод им. Седина. Карусельные станки более крупных размеров изготавливаются Коломенским заводом тяжелого станкостроения.

Основные технические характеристики токарно-карусельных станков, изготавливаемых отечественными заводами, приведены в табл. 1 и 2.

Глава II

ПРИЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ВИДОВ РАБОТ НА ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ

Наиболее распространенными видами работ, выполняемых на токарно-карусельных станках, являются:

1) обтачивание наружных цилиндрических поверхностей;

2) обтачивание торцовых поверхностей;

3) обработка цилиндрических отверстий;

4) подрезание уступов, прорезание канавок и отрезание.

Технология выполнения этих работ на токарно-карусельных станках имеет много общего с технологией аналогичных работ, выполняемых на универсальных токарных станках.

3. Обтачивание наружных цилиндрических поверхностей

Обтачивание наружных цилиндрических поверхностей является наиболее распространенным видом работ на токарно-карусельном станке.

Размеры и расположение наружных цилиндрических поверхностей в реальных деталях весьма различны. На карусельных станках обрабатываются цилиндрические

поверхности диаметром от нескольких десятков миллиметров до 10—25 м и длиной от нескольких миллиметров до 5—6 м.

Как и на токарных станках, цилиндрическая поверхность при обтачивании на карусельном станке может быть получена при условии, что обрабатываемая деталь получает вращательное движение, а резцу сообщается вер-

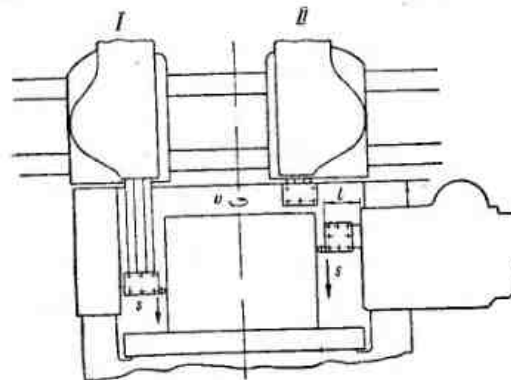


Рис. 3. Схемы обтачивания наружной цилиндрической поверхности резцами, установленными в вертикальном и боковом суппортах

тикальная (соответствующая продольной на токарном станке) подача, параллельная оси планшайбы станка.

На рис. 3 показаны две основные схемы обтачивания наружных цилиндрических поверхностей на токарно-карусельном станке.

По схеме I обработка производится резцом, закрепленным в вертикальном суппорте, а по схеме II та же поверхность обрабатывается резцом, закрепленным в боковом суппорте. В обоих случаях резцу сообщается вертикальная подача.

Обычно принятое направление подачи при обработке наружных цилиндрических поверхностей — сверху вниз. Подача в обратном направлении, т. е. снизу вверх, применяется только в исключительных случаях, например при обтачивании участков, трудно доступных для обработки сверху вниз.

Из приведенных двух схем обтачивания наружных цилиндрических поверхностей наибольшее применение

имеет схема *1*, т. е. обработка с помощью вертикального суппорта. Обтачивание наружных поверхностей при помощи бокового суппорта (схема *1/1*) применяется только при сравнительно небольшом вылете *l* ползуна бокового суппорта.

Сравнивая два способа обтачивания цилиндрических поверхностей — вертикальным и боковым суппортом, — следует отметить, что второй способ обеспечивает, как правило, большую точность особенно при обработке относительно высоких деталей. Это объясняется тем, что обтачивание в этом случае производится при постоянном вылете горизонтальных салазок и отжатия суппорта под влиянием радиальной составляющей силы резания будут постоянными, а следовательно, заготовка не получит искажений формы. При обтачивании же вертикальным суппортом вылет резцовой державки и скалки суппорта будет меняться, увеличиваясь по направлению от свободного торца заготовки к ее опорной поверхности. При этом изменяться будут и суммарные отжатия резца, а следовательно, и форма обточенной поверхности. В результате обработанная поверхность может получиться не цилиндрической, а конусной.

В целях обеспечения возможно большей точности при обтачивании наружных цилиндрических поверхностей, за одним из суппортов станка рекомендуется закреплять преимущественно операции чистовой обработки, по возможности избегая использования этого суппорта для обдирочных работ.

4. Обтачивание торцовых поверхностей

Обработка торцовых поверхностей, как и обтачивание цилиндрических поверхностей, является одной из наиболее распространенных на токарно-карусельном станке операций.

По форме большинство обрабатываемых торцовых поверхностей является кольцевыми; сплошные гладкие торцовые поверхности встречаются значительно реже.

По расположению торцовые поверхности подразделяются на открытые, доступные для обработки с любой стороны, закрытые односторонние, доступные для обработки с одной стороны, и закрытые двухсторонние, доступные для обработки только от середины поверхности в обоих направлениях.

Диаметры торцовых поверхностей, обрабатываемых на токарно-карусельных станках, колеблются в весьма широких пределах: от нескольких сантиметров до 10—20 м.

На одной детали может быть несколько торцовых поверхностей, разных по форме, расположению и размерам.

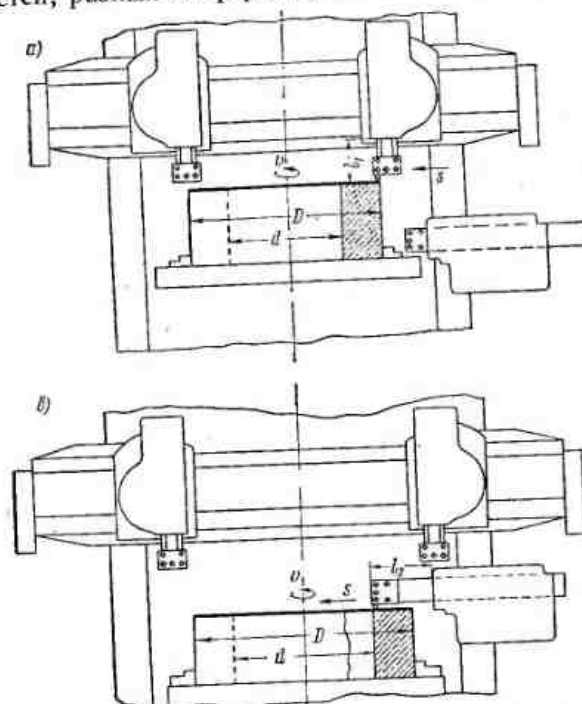


Рис. 4. Схемы обтачивания торцовых поверхностей резцами, закрепленными в вертикальном (а) и боковом (б) суппортах

К гладким торцовым поверхностям относятся также гладкие плоскости различного очертания (квадратные, прямоугольные и т. п.), обрабатываемые на токарно-карусельных станках по принципу обтачивания. Обработка подобных деталей принципиально ничем не отличается от обработки деталей с гладкими торцовыми поверхностями цилиндрического очертания.

Две основные схемы обтачивания торцовых поверхностей показаны на рис. 4.

По одной схеме (рис. 4, а) торцовая поверхность обрабатывается резцом, закрепленным в вертикальном суппорте, а по второй схеме (рис. 4, б) — в боковом суппорте. В том и другом случае резец имеет горизонтальную подачу, строго параллельную верхней поверхности планшайбы станка.

Сравнивая обе схемы, можно видеть, что при обтачивании торцовой поверхности по схеме, приведенной на рис. 4, а, вылет l_1 ползуна вертикального суппорта в течение одного прохода остается постоянным, а при обтачивании той же поверхности по схеме (рис. 4, б) вылет l_2 ползуна горизонтального суппорта непрерывно увеличивается от периферии к центру планшайбы станка. Это означает, что и жесткость системы станок — деталь — инструмент при обтачивании по первой схеме остается в течение одного прохода постоянной, в то время как при обтачивании по второй схеме жесткость, а следовательно, и точность обработки будет уменьшаться по мере увеличения вылета l_2 . Кроме того, максимальная величина вылета l_2 ограничивается величиной хода ползуна бокового суппорта, которая в зависимости от габаритов станка составляет 500—1400 мм.

На основании рассмотренного можно сделать следующие выводы:

1) при помощи вертикальных суппортов, т. е. путем обтачивания по схеме, приведенной на рис. 4, а, можно вести обработку торцовых поверхностей любых размеров, ограничиваемых только максимальными диаметрами изделий, обрабатываемых на станке;

2) при помощи боковых суппортов, т. е. по схеме, приведенной на рис. 4, б, можно вести обработку только нешироких (кольцеобразных) торцовых поверхностей, расположенных в зоне действия боковых суппортов.

Обычно при обработке торцовых поверхностей принято направление подачи s от периферии к центру (рис. 5, а). При таком направлении подачи упрощается процесс установки резца на заданный размер, облегчаются измерения, и сам процесс резания становится более доступным для наблюдения.

Подача в обратном направлении — от центра к периферии — применяется лишь в тех случаях, когда по тем или иным причинам подача в обычном направлении недопустима, например при обработке некоторых видов закрытых поверхностей (рис. 5, б).

К направлению подачи от центра к периферии прибегают и в случае обработки открытых, но значительных по размерам точных поверхностей. Это связано с тем, что при обтачивании протяженных торцовых поверхностей вследствие износа резца, при котором расстояние от план-

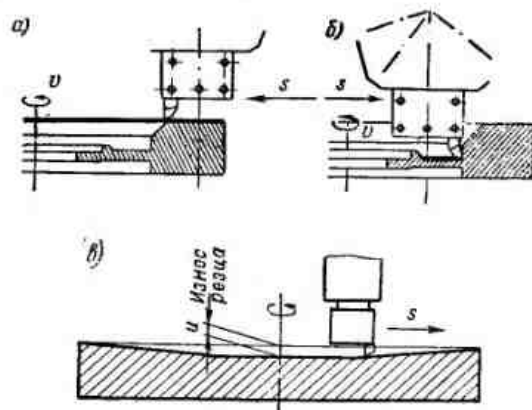


Рис. 5. Схемы обтачивания торцовых поверхностей

шайбы до режущей кромки увеличивается на величину износа u , торцовая поверхность теряет плоскостность. При подаче резца от периферии к центру поверхность будет выпуклой в центре, а при подаче в обратном направлении — вогнутой (рис. 5, в). Такая вогнутость поверхности может быть допущена, в то время как выпуклость недопустима для ответственных деталей.

5. Обработка цилиндрических отверстий

Обработка цилиндрических отверстий является одной из наиболее распространенных и ответственных операций, выполняемых на токарно-карусельных станках.

По форме и расположению цилиндрические отверстия, обрабатываемые на карусельных станках, разделяются на гладкие, ступенчатые односторонние, ступенчатые двухсторонние, отверстия с расширенной средней частью и глухие.

Диаметры цилиндрических отверстий, обрабатываемых на карусельных станках, колеблются в весьма значитель-

ных пределах. Большие различия имеются и в требованиях к точности размеров и шероховатости обработанных поверхностей.

Основными способами обработки цилиндрических отверстий на токарно-карусельных станках являются:

- 1) сверление и рассверливание;
- 2) зенкерование;
- 3) развертывание;
- 4) растачивание.

Первые три способа имеют сравнительно ограниченное применение; к ним прибегают только при обработке отверстий с диаметрами до 100 мм.

Растачивание отверстий является наиболее универсальным и распространенным способом обработки. Различают растачивание черновое, получистовое и чистовое.

Черновое растачивание имеет своей целью снятие основной части припуска на обработку. Требования к точности размеров и качеству поверхности, при этом самые невысокие.

Получистовое и чистовое растачивания должны обеспечить получение размеров, формы и шероховатости обработанных поверхностей в определенных пределах.

Точность, достигаемая при чистовом растачивании на карусельных станках, обычно не превышает 4—3-го классов. Отверстия точнее 3-го класса можно получить при растачивании на токарно-карусельных станках лишь при применении специальных приемов.

Существуют следующие способы растачивания отверстий на токарно-карусельных станках:

- 1) растачивание без промера и без пробных стружек (это обычно — обдирочное растачивание);
- 2) растачивание со взятием стружек и с промежуточными промерами;
- 3) растачивание при установке резца по упорам;
- 4) растачивание резцами, заранее установленными на заданный размер.

При растачивании без промера и без пробных стружек токар устанавливает толщину снимаемого слоя металла либо на глаз, сообразуясь с величиной припуска на обработку, либо по имеющимся на станке линейкам и лимбам. Точность обработки при таком способе весьма низкая.

При растачивании со взятием пробных стружек и с промежуточными промерами на ненастроенных станках

заданные размеры обычно обеспечиваются за счет пробных проходов и промежуточных измерений. Этот способ обработки является, однако, весьма кропотливым и наиболее трудоемким. Для получения каждого более или менее точного размера требуется несколько пробных проходов и промежуточных промеров, повторяемых до тех пор, пока промер, произведенный после очередного пробного прохода, не покажет требуемый размер.

При пользовании этим методом для обработки каждой поверхности необходимо выполнить следующие приемы:

- 1) включить станок;
- 2) подвести резец к обрабатываемой поверхности и установить его для снятия пробной стружки;
- 3) включить подачу;
- 4) снять пробную стружку на длине 5—15 мм, достаточную для промера;
- 5) выключить подачу и остановить станок;
- 6) проверить диаметр отверстия, получившегося после пробного прохода;
- 7) в случае необходимости повторять приемы, указанные в пп. 1—6, до тех пор, пока последний промер после очередного прохода не покажет требуемый размер;
- 8) не сдвигая резцы, включить вращение планшайбы и подачу;
- 9) снять стружку по всей поверхности отверстия;
- 10) выключить подачу и остановить станок;
- 11) произвести контрольный промер;
- 12) отвести резец.

Этот способ растачивания отверстия на токарно-карусельных станках получил наибольшее распространение.

Более совершенным и более производительным является растачивание при установке резца по упорам, а также при рациональном использовании имеющихся на станках лимбов для отсчета величины перемещений резца.

В серийном производстве, при работе на настроенных станках, наиболее совершенным является растачивание резцами, заранее установленными на заданный размер.

6. Подрезание уступов, прорезание канавок и отрезание

Подрезание уступов. По расположению уступы подразделяются на наружные и внутренние, а по доступности для обработки сверху — на открытые и закрытые.

Основные схемы подрезания уступов приведены на рис. 6.

Подрезание небольших уступов невысокой точности можно производить резцом с главным углом в плане $\varphi = 90^\circ$, предварительно установленным на всю ширину уступа l (рис. 6, а). При этом необходимо, чтобы режущая

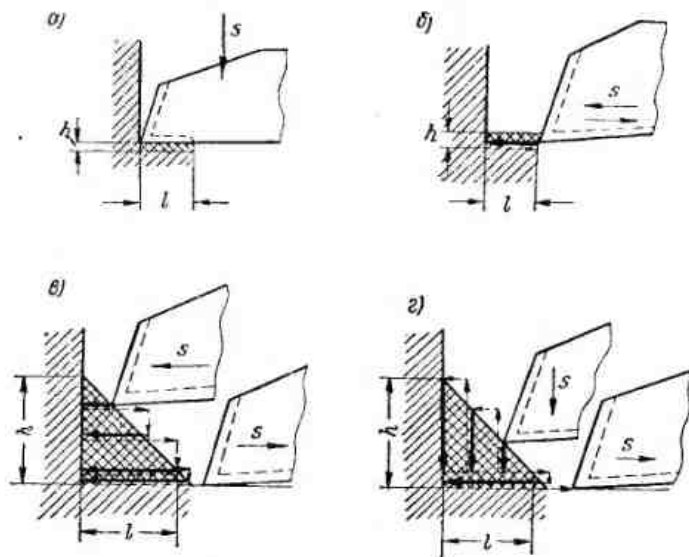


Рис. 6. Схемы подрезания уступов

кромка резца была установлена перпендикулярно к оси обрабатываемой детали. Такой метод обработки уступов весьма производителен, так как подача резца производится по кратчайшему пути, равному h — величине припуска на обработку. Однако применение этого метода возможно только при небольшой ширине уступа; в противном случае часто возникают вибрации.

При подрезании такого же уступа с подачей резца в направлении, параллельном уступу (рис. 6, б), путь резца оказывается равным ширине уступа l , т. е. в несколько раз больше, чем при подаче резца в перпендикулярном направлении.

Обработка уступов большей ширины обычно производится за несколько проходов при сочетании вертикаль-

ной и горизонтальной подачи (рис. 6, в и г). При этом окончательные проходы производятся подрезным резцом при подаче его в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси обрабатываемой детали. Решающее влияние на точность расположения уступов и производительность труда при подрезании их оказывает применяемый способ установки резцов на заданный размер (см. ниже стр. 390—398).

Прорезание канавок. Характер и последовательность рабочих приемов при прорезании канавок определяются формой, точностью размеров и расположением канавок, а также возможностью применения мерных (фасонных) резцов.

Форма, число, расположение и размеры канавок, выполняемых на токарно-карусельных станках, могут быть весьма разнообразными. По форме канавки разделяются на прямоугольные и фасонные; по точности размеров — на точные и неточные, а по расположению — на наружные, торцовые и внутренние.

По возможности применения мерных резцов канавки разделяются на открытые, полный профиль которых может быть получен за одно движение мерного (фасонного) резца, и полузакрытые, полный профиль которых может быть получен за несколько движений одного или нескольких резцов.

Прорезание прямоугольных канавок одним резцом осуществляется по нескольким схемам. Наиболее простым является прорезание прямоугольных канавок небольших размеров, к которым не предъявляются высоких требований в отношении точности как размеров канавок, так и расположения их на обрабатываемой детали. Такие канавки (шириной до 20—25 мм) можно прорезать мерными резцами за один проход.

В тех случаях, когда к точности размеров канавок предъявляются высокие требования, их прорезают за два прохода двумя резцами, первый из которых производит черновое прорезание с припуском по стенкам и дну канавки, а второй, мерный, резец производит окончательную зачистку поверхностей.

Такое разделение всей работы между двумя резцами позволяет значительно облегчить условия резания чистового резца и тем самым повысить его стойкость.

Прорезание прямоугольных канавок шириной более 20—25 мм производится за несколько проходов резца.

На рис. 7 приведена схема прорезания неточных (по ширине и расположению) канавок шириной B более 20—25 мм. В этом случае резец для 1-го прохода устанавливается так, что один его край (по приведенной схеме — верхний) совпадает со стенкой канавки. При углублении резца в металл он не доводится до дна канавки на величину

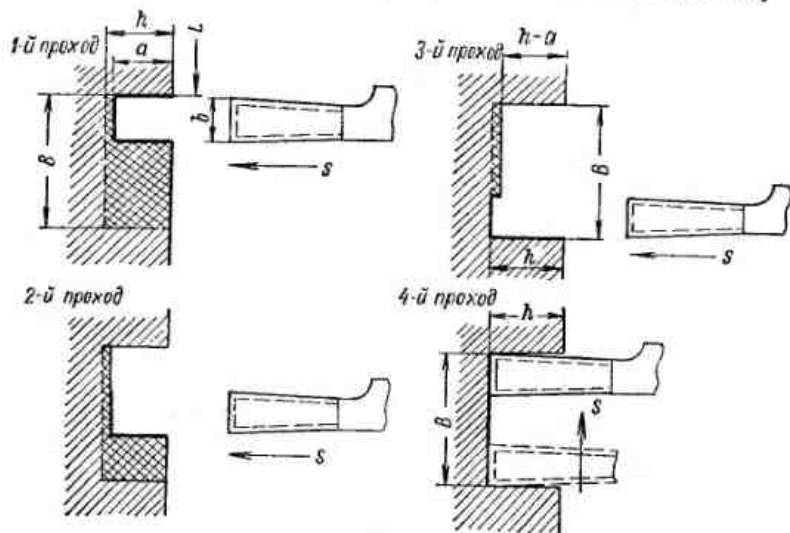


Рис. 7. Схема прорезания неточной прямоугольной канавки

припуска $h - a$, оставляемого на зачистку дна. Такой же припуск оставляется и при последующих проходах резца.

При предпоследнем, 3-м, проходе резец устанавливается так, чтобы другой его край (нижний) совпадал со второй стенкой канавки; затем он углубляется в металл на полную величину припуска h , доходя до дна канавки. Поперечная подача прекращается, и резец перемещается в продольном (вертикальном) направлении для зачистки канавки (4-й проход). На этом обработка канавки заканчивается.

Канавки таких же размеров, но более точные по ширине или по расположению на обрабатываемой детали, прорезаются за большее число проходов.

При прорезании прямоугольных канавок несколькими резцами в отличие от приведенной выше схемы, когда в работе одновременно участвует только один резец,

канавки прорезаются не одним, а несколькими резцами (см. ниже стр. 386—388). Этот способ обработки более производительен.

Прорезание фасонных канавок фасонными резцами за один проход (рис. 8) является наиболее производительным приемом вытачивания открытых фасонных канавок. Такой прием, однако, применяется только при обработке неотвественных канавок небольших размеров, к которым не предъявляется особых требований в отношении точности. В большинстве же случаев вытачивание фасонных канавок подразделяется на черновое, выполняемое обычными прорезными резцами, и чистовое, выполняемое фасонными резцами. Такое разделение процесса вытачивания фасонных канавок способствует повышению производительности и увеличению стойкости фасонных резцов.

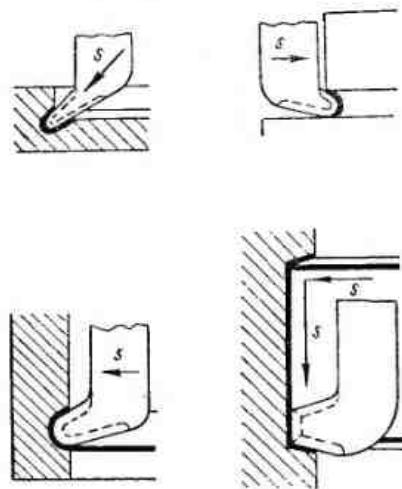


Рис. 8. Схемы прорезания фасонных канавок за один проход

Схемы прорезания открытых фасонных канавок несколькими, последовательно вступающими в работу, резцами приведены на рис. 9.

На рис. 9, а показана схема прорезания фасонной канавки тремя резцами, один из которых нормальный прорезной (резец 1), а два других (резцы 2 и 3) — фасонные.

На рис. 9, б приведена схема прорезания канавок для клиновых ремней на большом чугуном шкиве. Сначала с помощью простого прорезного резца 1 предварительно прорезается канавка шириной 11 мм на глубину 30 мм; затем фасонным резцом 2 производится чистовая обработка канавки, окончательные размеры которой показаны на рисунке внизу.

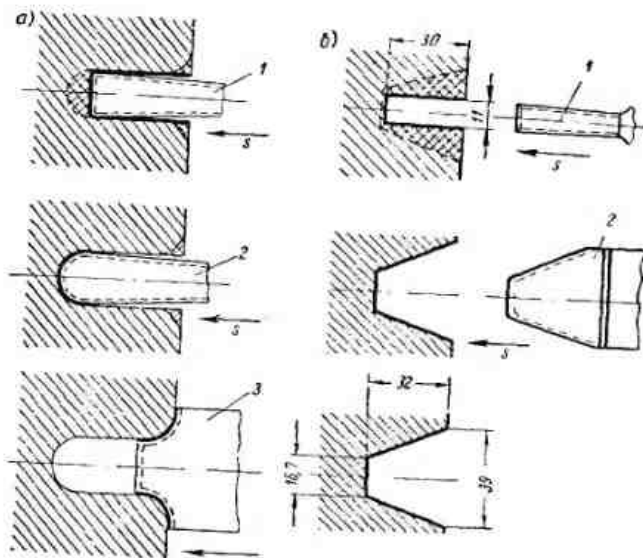


Рис. 9. Схемы прорезания канавок несколькими, последовательно работающими, резцами: а — фасонной канавки тремя резцами; б — канавки для клиновых ремней двумя резцами

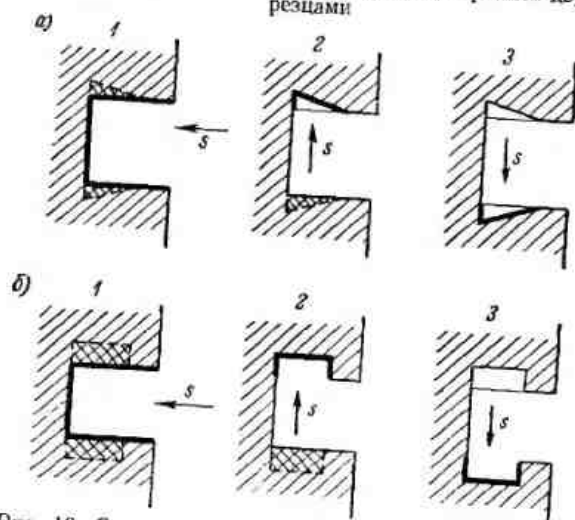


Рис. 10. Схемы вытачивания канавок типа ласточкин хвост (а) и Т-образных (б)

В некоторых случаях черновое прорезание фасонных канавок также производится фасонными резцами. Это значительно облегчает работу чистового фасонного резца, задача которого сводится только к окончательному формированию канавки, не связанному со снятием больших стружек.

Обработка фасонных канавок закрытого типа производится за несколько проходов набором простых и фасонных резцов. Состав этого набора зависит от профиля, размеров и точности канавки.

На рис. 10 в качестве примера приведены две схемы вытачивания наиболее распространенных канавок — типа ласточкин хвост (рис. 10, а) и Т-образных (рис. 10, б). Здесь цифры обозначают последовательность работы резцов: прорезного 1 и специальных подрезных, правого 2 и левого 3.

Отрезание и вырезание. С отрезанием или вырезанием отдельных деталей или частей заготовок при работе на токарно-карусельных станках приходится встречаться в следующих случаях: при изготовлении из одной заготовки нескольких деталей; при необходимости удаления прибыли; при изготовлении дисков из листов; при вырезании из заготовок колец — «проб» для исследования материала.

Принципиально процесс отрезания мало отличается от рассмотренного выше процесса прорезания узких прямоугольных канавок. Отрезание, как и прорезание канавок, может производиться как одним, так и двумя резцами, например, работающими по схемам приведенным ниже (см. рис. 23 и 24).

Глава III

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ

Практика токарно-карусельной обработки и изучение опыта работы передовых токарей-карусельщиков, новаторов производства позволяют установить следующие основные пути повышения производительности, являю-

щиеся общими для всех видов работ, выполняемых на токарно-карусельных станках:

- 1) специализация и предварительная настройка станков;
- 2) внедрение метода групповой обработки;
- 3) применение рациональных способов установки, выверки и крепления обрабатываемых деталей;
- 4) сокращение количества установок обрабатываемых деталей;
- 5) одновременная обработка нескольких деталей;
- 6) установление рациональной последовательности и правильного метода обработки отдельных поверхностей детали;
- 7) одновременная обработка несколькими резцами;
- 8) применение рациональных методов установки резцов на размер;
- 9) рациональный выбор типа и геометрии режущих инструментов и режимов резания;
- 10) применение комбинированных резцов;
- 11) рациональная организация рабочего места.

Краткая характеристика перечисленных путей повышения производительности труда при работе на токарно-карусельных станках приводится ниже.

7. Специализация и предварительная настройка станков

Одним из основных организационно-технологических мероприятий, способствующих повышению производительности труда, является специализация рабочего места. Она заключается в том, что за каждым рабочим местом (станком) закрепляется обработка однотипных деталей. Закрепление деталей за станками до последнего времени широко применяли лишь в серийном производстве, однако опыт работы передовых заводов показывает, что это вполне осуществимо также в условиях мелкосерийного и даже единичного производства.

Осуществлению специализации на предприятиях такого типа должна предшествовать классификация деталей, предусматривающая распределение их по группам, отличающимся такими признаками, как: общность конфигурации, способы крепления, одинаковая сложность и точность обработки и пр.

Специализация рабочих мест обеспечивает повышение производительности труда за счет сокращения времени на подготовку к работе, оснащения рабочего места более производительными приспособлениями и инструментами, постепенной выработки у токаря-карусельщика определенных навыков и более производительных приемов работы и т. п. Специализация рабочих мест позволяет, кроме того, полнее использовать и систематически повышать квалификацию рабочих, повышать загрузку станков, освобождать высококвалифицированных рабочих от выполнения более простых работ.

В условиях серийного производства наиболее рациональным методом работы при обработке партии деталей является работа на настроенных станках, т. е. на станках, специально подготовленных для выполнения определенной работы. Работа на настроенных станках позволяет значительно уменьшить штучное время обработки, так как отпадает необходимость в пробных проходах и измерениях; благодаря оснащению станка специальными приспособлениями появляется возможность сокращения времени на установку деталей и создаются условия для применения одновременной обработки несколькими инструментами и т. п. С другой стороны, при такой работе требуются затраты времени на предварительную настройку станка, а также на изготовление специальных приспособлений и инструментов.

Вопрос о целесообразности настройки станков и степени ее сложности должен решаться в каждом отдельном случае.

При предварительной настройке токарно-карусельных станков производится:

- 1) установка режущего инструмента;
- 2) установка и выверка приспособлений для крепления деталей;
- 3) установка и регулирование различного рода упоров и установов;
- 4) установка и регулирование различного рода приспособлений (копиров, приспособлений для нарезания резьбы и т. п.);
- 5) установление режима обработки.

В условиях мелкосерийного и единичного производства также рекомендуется, в тех случаях, где это представляется возможным, использовать отдельные методы и

приемы работы на настроенных станках, в частности: одновременную обработку несколькими инструментами, работу по упорам и т. п.

8. Внедрение метода групповой обработки

Одним из наиболее действенных средств повышения производительности труда является внедрение метода групповой обработки. При этом технологический процесс разрабатывается не на отдельную деталь, а на определенную группу технологически схожих деталей-операций. И таким образом, по групповому технологическому процессу при одном и том же технологическом оснащении без переналадок или же с незначительными переналадками и поднастройками обрабатывается несколько номенклатур деталей, составляющих одну группу.

Для осуществления групповой обработки станки оснащаются системой групповых переналаживаемых приспособлений и инструментов.

При таком построении технологического процесса оказывается возможным в условиях серийного и даже мелкосерийного производства добиться высокой производительности труда, присущей крупносерийному и массовому производству.

9. Применение рациональных способов установки, выверки и крепления обрабатываемых деталей

Методы установки и выверки обрабатываемых деталей оказывают большое влияние на общую продолжительность обработки, а также на точность размеров, расположение и чистоту обрабатываемых поверхностей.

Рациональная установка деталей должна удовлетворять следующим требованиям.

1. Деталь должна быть закреплена достаточно прочно, чтобы под действием сил, возникающих при резании, она не сдвинулась с места; в то же время крепление должно быть таким, чтобы не вызвать появления излишних напряжений в детали и деформации.

2. Деталь должна быть установлена таким образом, чтобы обеспечивать равномерное распределение припусков на обрабатываемых поверхностях по всей длине при черновых операциях и правильное расположение ранее обрабо-

танных поверхностей для получения точных размеров при чистовых операциях.

3. Установка, крепление и выверка деталей, а также снятие их после обработки должны производиться с минимальными затратами рабочего времени.

4. Применение устройств и приспособлений для установки и крепления деталей должно быть экономически целесообразным.

Детали, обрабатываемые на токарно-карусельных станках, устанавливают и закрепляют либо непосредственно на планшайбе в кулачках или при помощи универсальных крепежно-зажимных деталей и приспособлений, либо в универсальных и специальных приспособлениях.

В условиях индивидуального и мелкосерийного производства, как правило, прибегают к первому способу. Специальные же приспособления применяются преимущественно в серийном и массовом производстве.

В последнее время некоторое распространение начинает получать установка деталей в универсальных, а также в групповых переналаживаемых приспособлениях и в мелкосерийном производстве.

Некоторое распространение на карусельных станках небольших размеров получила также и система УСП — универсально-сборных приспособлений.

Применение приспособлений является одним из основных путей повышения производительности труда и точности обработки. При этом оказывается возможной работа токаря-карусельщика более низкой квалификации. Применение приспособлений дает возможность совершенно отказаться от предварительной разметки и выверки деталей.

Уменьшение затрат времени на обработку при применении специальных приспособлений по сравнению с обработкой без приспособлений объясняется следующими обстоятельствами.

1. Отсутствием необходимости в выверке деталей. Как уже указывалось, правильное положение детали обеспечивается самой конструкцией специального приспособления, предусматривающей наличие особых фиксирующих и установочных элементов. Опыт показывает, что устранение выверки позволяет в несколько раз снизить общие затраты рабочего времени на установку деталей, требую-

щих выверки в случае обработки без специальных приспособлений.

2. Уменьшением времени, затрачиваемого на закрепление деталей. При применении специальных приспособлений время на закрепление обрабатываемых деталей, как правило, значительно меньше времени, затрачиваемого при работе без специальных приспособлений. Это объясняется как применением в специальных приспособлениях более совершенных и быстродействующих зажимов, так и уменьшением числа самих зажимов. В наиболее совершенных конструкциях специальных приспособлений закрепление обрабатываемых деталей осуществляется одним зажимом.

3. Облегчением условий работы токаря-карусельщика. При применении специальных приспособлений с пневматическими или гидравлическими зажимами уменьшаются затраты физических усилий рабочего, что сказывается на повышении производительности его труда. Процесс закрепления детали в таких приспособлениях сводится к повороту рукоятки пневматического крана вместо обычных длительных и утомительных действий гаечным ключом.

4. Снижением затрат основного (машинного) времени за счет более рационального расположения и надежного крепления обрабатываемых деталей.

Подробное описание различного рода устройств и приспособлений для установки, выверки и крепления деталей, обрабатываемых на токарно-карусельных станках, приведено в технической литературе и учебных пособиях по приспособлениям для металлорежущих станков, а также по карусельным станкам.

10. Сокращение количества установок обрабатываемых деталей

Время на установку, выверку и закрепление обрабатываемых деталей составляет существенную часть общего времени их обработки. Так, например, при работе на крупных карусельных станках на это затрачивается от 5 до 25%, а иногда и больше рабочего времени. Кроме того, каждая новая установка и перестановка обрабатываемой детали связана с необходимостью использования крана, часто с потерями времени на ожидание его, а также со значительными затратами физического труда рабочих.

Поэтому при работе на токарно-карусельных станках стараются производить обработку при минимальном количестве установок и перестановок деталей. Существенным является также и то, что при уменьшении общего количества установок и перестановок обрабатываемых деталей, как правило, удастся не только уменьшить затраты вспомогательного времени, утомляемость рабочего, но и повысить точность обработки.

Наибольшая производительность и наиболее высокая точность обеспечиваются при выполнении всей операции за одну установку детали.

Подобного рода обработка легко осуществима при изготовлении несложных деталей, когда, например, требуется только подрезать торец и расточить отверстие (рис. 11, а). Однако и в более сложных случаях иногда удастся обработать деталь за одну установку. Так, например, обработка за одну установку с обеих сторон шкивов (рис. 11, б и в) оказывается возможной благодаря установке деталей «на весу», осуществляемой с помощью кулачков 1 и 3, упора 2 и специального зажима 4.

Новаторы производства токарно-карусельщики учитывают это в своей работе и во всех случаях, где представляется возможным, сокращают количество установок и перестановок обрабатываемой детали.

Так, например, обработка подшипниковых щитов электродвигателей (рис. 12 — на стр. 370) на заводе

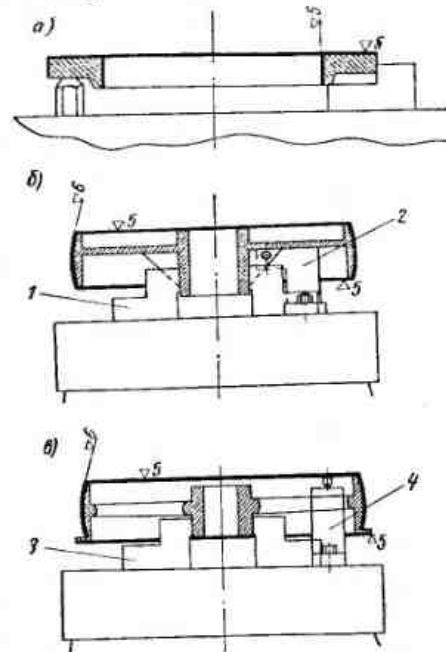


Рис. 11. Способы закрепления деталей для полной их обработки за одну установку

им. Владимира Ильича производилась за две установки (операции):

1-я установка — обтачивание поверхностей 1 и 2, предварительное растачивание отверстия 6 с подрезанием поверхностей 5 и 4, окончательная обработка замка 3;

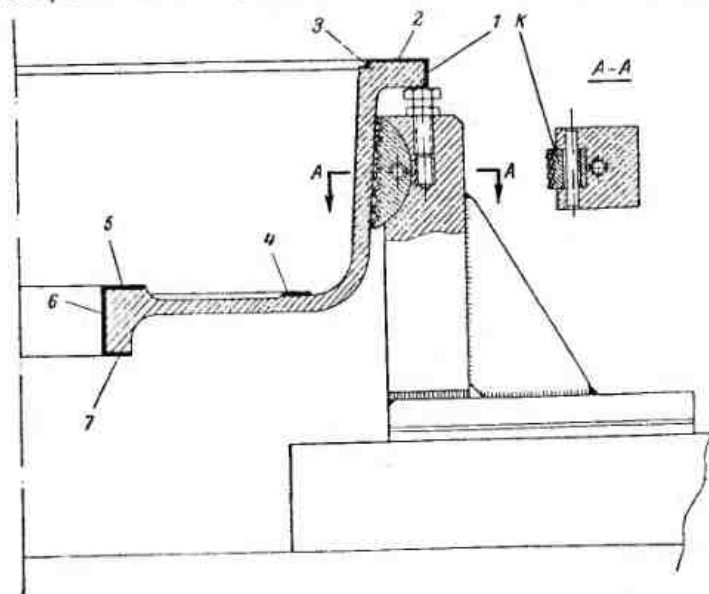


Рис. 12. Схема установки подшипникового щита в кулачках с поворотными сухарями, обеспечивающей обработку всех поверхностей с одной установки

2-я установка — растачивание под развертку и развертывание отверстия 6, подрезание поверхности 7 и протачивание фасок в отверстии 6.

Для обеспечения требуемой соосности замка 3 и отверстия 6 установочной базой при второй операции являлся замок 3. Для этого щит устанавливался на планках, имеющих выступ по диаметру в соответствии с диаметром замка.

По предложению мастера В. Т. Буздалина для закрепления подшипникового щита были применены специальные кулачки, позволившие выполнить всю обработку щита за одну установку. Схема установки подшипникового щита в кулачках, предложенных В. Т. Буздаловым, при-

ведена на рис. 12. Щит закрепляется в четырех специальных кулачках с поворотными сухарями К, самоустанавливающимися в соответствии с уклоном наружной поверхности.

После выполнения переходов, перечисленных в первой операции, щит подвергается дальнейшей обработке без переустановки — растачивается и развертывается отверстие 6, подрезается нижняя торцевая поверхность 7 и растачиваются фаски.

Новый способ закрепления в специальных кулачках позволил за счет совмещения двух операций в одной снизить трудоемкость обработки подшипниковых щитов и одновременно получить строгую соосность замка 3 с отверстием 6.

11. Одновременная обработка нескольких деталей

Как правило, на токарно-карусельных станках одновременно обрабатывается не несколько, а только одна деталь. Однако в ряде случаев при определенных формах и размерах деталей может с успехом производиться и одновременная обработка нескольких деталей. В зависимости от размеров и формы обрабатываемых деталей для одновременной обработки на токарно-карусельном станке они устанавливаются по несколько штук по высоте «пакетом» (рис. 13, а), или «в раскладку» по одной на планшайбе, или же в специальных многоместных приспособлениях.

При обработке нескольких деталей «пакетом» (рис. 13, а) расчетная длина рабочего хода инструмента 1 при одном проходе, приходящаяся на одну деталь, составит

$$l = b + \frac{a}{n},$$

где b — толщина детали;

a — величина перебега и врезания резца, добавляемая к длине обрабатываемой поверхности для определения расчетной длины обработки;

n — количество одновременно обрабатываемых деталей.

Таким образом, расчетная длина рабочего хода инструмента, приходящаяся на одну деталь при одновременной обработке нескольких деталей «пакетом», по сравнению с обработкой таких же деталей по отдельности,

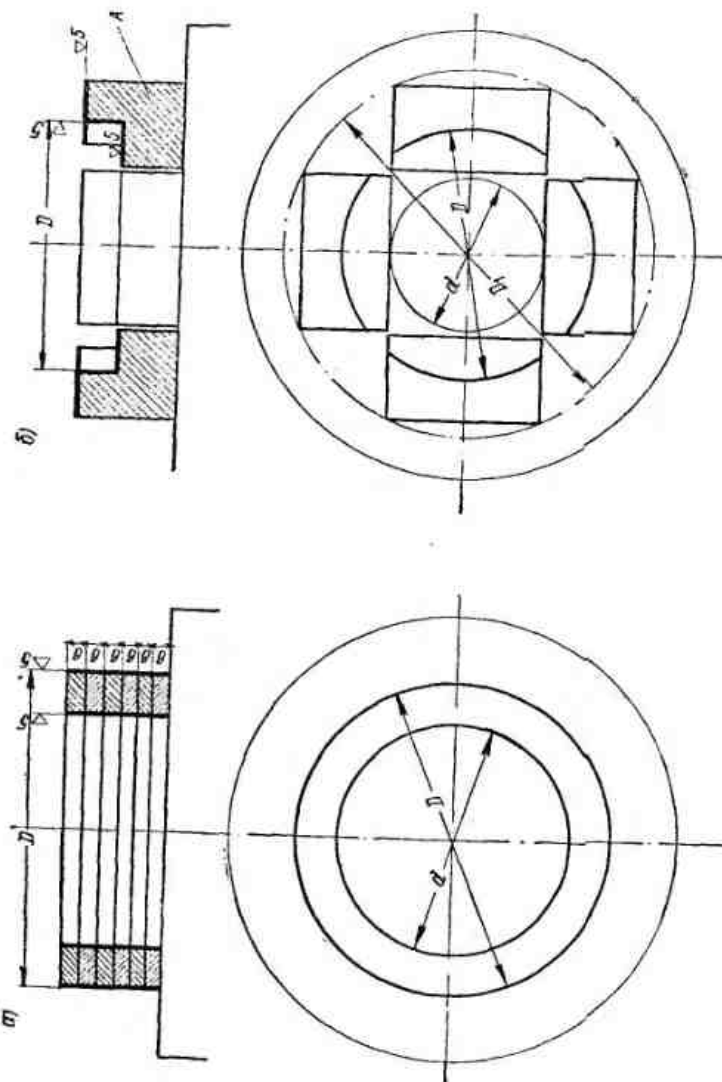


Рис. 13. Схемы установки нескольких деталей для их одновременной обработки

уменьшается вследствие того, что длина перебега и врезания резца относится не к одной детали, а распределяется между всеми деталями «пакета».

Помимо уменьшения времени резания при одновременной обработке нескольких деталей, уменьшаются также и затраты вспомогательного времени, расходуемого на приемы, связанные с управлением станком, подводами и отводами резцов, установкой резца на размер, измерениями и т. п.

При одновременной обработке нескольких деталей, установленных на планшайбе станка «в раскладку», т. е. по схеме, приведенной на рис. 13, б, расчетная длина всех рабочих ходов инструмента l , приходящаяся на одну деталь A , будет составлять

$$l = \frac{L}{n},$$

где L — действительная длина всех рабочих ходов инструмента при одновременной обработке всех деталей в мм;

n — количество одновременно обрабатываемых деталей.

Таким образом, расчетная длина рабочего хода инструмента, приходящаяся на одну деталь при одновременной обработке нескольких деталей, установленных «в раскладку», уменьшается в несколько раз по сравнению с обработкой по одной детали. Помимо этого также, как и при одновременной обработке нескольких деталей установленных «пакетом», уменьшается и вспомогательное время (приходящееся на одну деталь), расходуемое на приемы, связанные с подводами и отводами резцов, промерами и т. п.

Токари-карусельщики новаторы производства, учитывая приведенные выше преимущества одновременной обработки нескольких деталей, во всех случаях, где это возможно, применяют этот метод обработки.

Приведем несколько примеров, иллюстрирующих работу новаторов в этом направлении.

Обработка деталей «пакетом». Таким способом часто успешно обрабатываются цилиндрические поверхности деталей типа тонких колец с предварительно обработанными торцовыми поверхностями.

На рис. 14 приведена схема одновременной обработки «пакетом» колец в универсальном приспособлении, предложенном новаторами Ленинградского Кировского завода Быстровым, Коробитовым и Цветковым.

В пазах основания приспособления (рис. 14, а) установлены три угольника 1, центрирующие «пакет» колец. Закрепляется этот «пакет» с помощью болтов 2, планок-

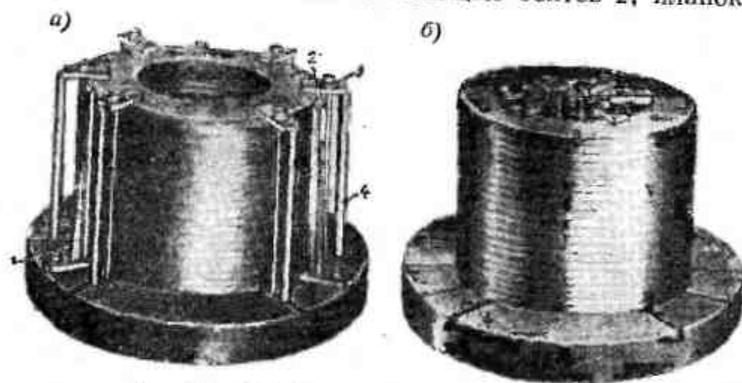


Рис. 14. Обработка тонких колец «пакетом»

прихватов 3 и длинных стоек-опор 4. При этой установке производится растачивание отверстия. Для обработки наружной цилиндрической поверхности угольники 1 и крепежные узлы переставляются в отверстие «пакета» (рис. 14, б).

Использование этого приспособления позволило новаторам в два раза повысить производительность труда по сравнению с обработкой этих же колец по одной штуке, как это делалось раньше.

На рис. 15 изображены старая и новая схемы обработки центрального отверстия в гитаре токарного станка. По старой технологии (рис. 15, а) обработка отверстия 1 производилась за одну установку с торцевой поверхностью 2. По новой технологии, предложенной токарем-карусельщиком Н. М. Кузьминым, обработка отверстия 1 была выделена в отдельную операцию, которая производилась при установке деталей «пакетом» из 10 шт. (рис. 15, б). При этом сократилось не только вспомогательное время, затрачиваемое на установку и снятие деталей, подвод и установку резца на размер, промеры

и т. п., но и уменьшалось машинное время за счет уменьшения расчетной длины рабочего хода инструмента, проходящей на одну деталь. Так, при толщине гитары 30 мм и средней величине перебега и врезания резца 5 мм общая расчетная длина рабочего хода инструмента за один проход при обработке по старому методу будет равна

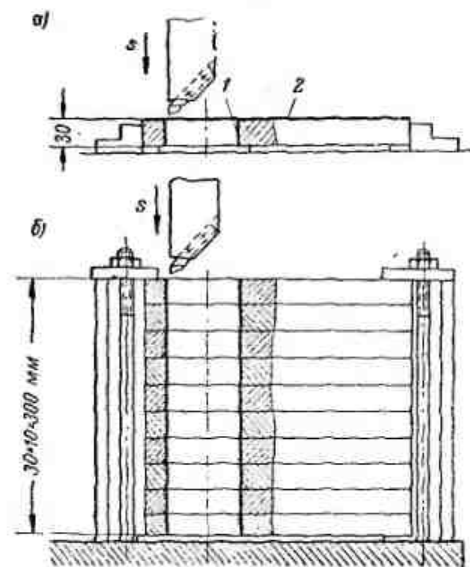


Рис. 15. Схемы обработки отверстия по старому (а) и новому (б) методам

$30 + 5 = 35$ мм. При обработке же по новому методу — «пакетом» из 10 деталей расчетная длина рабочего хода инструмента, отнесенная к одной детали, будет равна $\frac{30 \times 10 + 5}{10} = 30,5$ мм, т. е. она уменьшится на $\frac{35 - 30,5}{10} \times 100 \approx 13\%$.

Обработка деталей, установленных на планшайбе или в специальных многоместных приспособлениях. Одновременная обработка нескольких деталей при работе на токарно-карусельном станке наиболее часто встречается при обтачивании торцовых поверхностей некруглого очертания.

На рис. 16 приведены три варианта (I—III) установки на планшайбе карусельного станка $\varnothing 1600$ мм корпусов турбины для обработки плоскости разъема: по одной, по две и по четыре штуки.

В табл. 3 для этих трех вариантов установки корпусов приведены данные, характеризующие величину машинного времени, приходящегося на одну деталь, при обтачивании плоскости разъема ее в один проход при $v = 50$ м/мин и $s = 1$ мм/об.

Данные этой таблицы показывают, что машинное время на один проход при обтачивании плоскости разъема корпуса турбины уменьшается с 20 до 12,75 мин при одновременной установке двух деталей вместо одной и до 8,5 мин при увеличении количества одновременно обрабатываемых деталей до четырех. При увеличении количества одновременно обрабатываемых деталей одновременно с уменьшением машинного времени сокращается также и вспомогательное время, приходящееся на одну деталь.

Рис. 16. Три варианта установки корпуса турбины на планшайбе станка при обработке плоскости разъема

Нужно отметить, что при одновременной обработке нескольких деталей часто заметно усложняется процесс выверки их, так как каждую деталь необходимо правильно

Таблица 3

Машинное время при обтачивании плоскости разъема корпуса турбины для трех различных вариантов установки (рис. 16)

Вариант установки	Количество одновременно обрабатываемых деталей	Предельные диаметры обработки в мм		Расчетная длина рабочего хода резца в мм	Расчетное число оборотов планшайбы в минуту (при $v = 50$ м/мин)	Расчетная величина подачи резца в минуту в мм/мин (при $s = 1$ мм/об)	Машинное время на 1 проход в мин	
		наибольший D	наименьший d				на все количество деталей	на одну деталь
I	1	800	160	320	20	20	20	20
II	2	1000	180	410	16	16	25,5	12,75
III	4	1500	750	375	11	11	34	8,5

установить не только относительно станка, но и относительно других деталей.

Выверка деталей на токарно-карусельных станках, как правило, производится при обязательном вращении планшайбы. На пуск и остановку станка при этом затрачивается довольно значительная часть вспомогательного времени. Особенно велики эти затраты рабочего времени при установке и выверке отдельных сегментов, образующих в собранном виде замкнутое кольцо. Так, например, при установке и выверке на планшайбе карусельного станка восьми сегментов необходимо включить и остановить станок не менее 16—24 раз, так как планшайба должна поворачиваться при выверке каждого сегмента не менее 2—3 раз.

При таком способе установки и выверки на каждый сегмент затрачивалось 25 мин, а на все сегменты — 200 мин. По предложению токарей-карусельщиков Уралмаша Д. А. Рогожина, В. К. Поташева и М. Я. Ягодкина выверку таких сегментов стали производить при помощи разметочного циркуля без вращения планшайбы станка.

Для этого одну из ножек устанавливали в центр планшайбы, а вторую ножку отодвигают на величину размаха радиуса. По мере выверки сегменты закрепляются при помощи прижимных планок. Применение разметочного циркуля значительно упростило выверку сегментов

и исключило необходимость в многократных поворотах планшайбы. Общая продолжительность установки восьми сегментов сократилась при этом с 200 до 120 мин.

12. Установление рациональной последовательности и правильного метода обработки отдельных поверхностей

Производительность труда при работе на токарно-карусельных станках в значительной степени зависит от принятой последовательности и выбранного метода обработки отдельных поверхностей.

В условиях серийного производства последовательность и методы обработки отдельных поверхностей определяются заранее разработанными картами технологического процесса, схемами наладок и т. п.

В условиях мелкосерийного и единичного производства последовательность и методы обработки отдельных поверхностей в большинстве случаев определяет сам токар-карусельщик, руководствуясь при этом своим опытом, советами и указаниями мастера, цехового технолога и др.

Большую помощь при этом могут оказать производственные инструкции по обработке типовых деталей на карусельных станках.

13. Одновременная обработка несколькими резцами

Одновременная обработка одной или разных поверхностей детали несколькими резцами является одним из основных путей повышения производительности труда при работе на токарно-карусельных станках.

Обработка наружных цилиндрических поверхностей. При обтачивании наружной цилиндрической поверхности одним резцом в большинстве случаев не удается полностью использовать полезную мощность ввиду недостаточной жесткости резца или самой детали и ее крепления, небольшой величины припуска и ряда других причин. Поэтому рекомендуется предусматривать одновременную обработку нескольких различных поверхностей или обработку одной поверхности одновременно несколькими резцами.

Вопрос об одновременной обработке наружной цилиндрической поверхности несколькими резцами может быть решен двумя принципиально различными путями:

1) разделением общей толщины снимаемого слоя металла (припуска) между несколькими одновременно работающими резцами;

2) разделением общей длины обработки между несколькими одновременно работающими резцами.

Следуя по первому пути, мы сокращаем количество проходов и повышаем коэффициент использования полезной мощности станка. На рис. 17, а изображена схема обработки детали по этому методу. Заготовка диаметром D_1 обтачивается до диаметра D двумя резцами 1 и 2, установленными в резцедержателях правого и левого вертикальных суппортов таким образом, что общий припуск на обработку (на сторону), равный a , разделяется на две части a_1 и a_2 , из которых одну часть a_1 снимает резец 1, а вторую часть a_2 — резец 2. Расстояние b между резцами 1 и 2 по вертикали необходимо принимать как можно меньшим, так как расчетная длина рабочего хода резцов L , от которой зависит продолжительность обработки, равна

$$L = H + b,$$

где H — высота обрабатываемой цилиндрической поверхности;

b — расстояние между резцами.

Такая схема обработки применяется преимущественно при черновом обтачивании наружных цилиндрических поверхностей с большими припусками на обработку.

Следуя по второму пути, т. е. разделяя общую длину обработки между несколькими резцами, мы уменьшаем в соответственное количество раз расчетную длину рабочего хода, а также повышаем коэффициент использования полезной мощности станка. Пример обтачивания наружной цилиндрической поверхности двумя резцами, работающими по этому принципу, приведен на рис. 17, б.

Заготовка с фланцем, имеющая наружную цилиндрическую поверхность длиной L , обтачивается одновременно резцами 1 и 2. Резец 1, установленный в оправке револьверной головки вертикального суппорта, проходит верхнюю половину поверхности длиной $L/2$, а резец 2, уста-

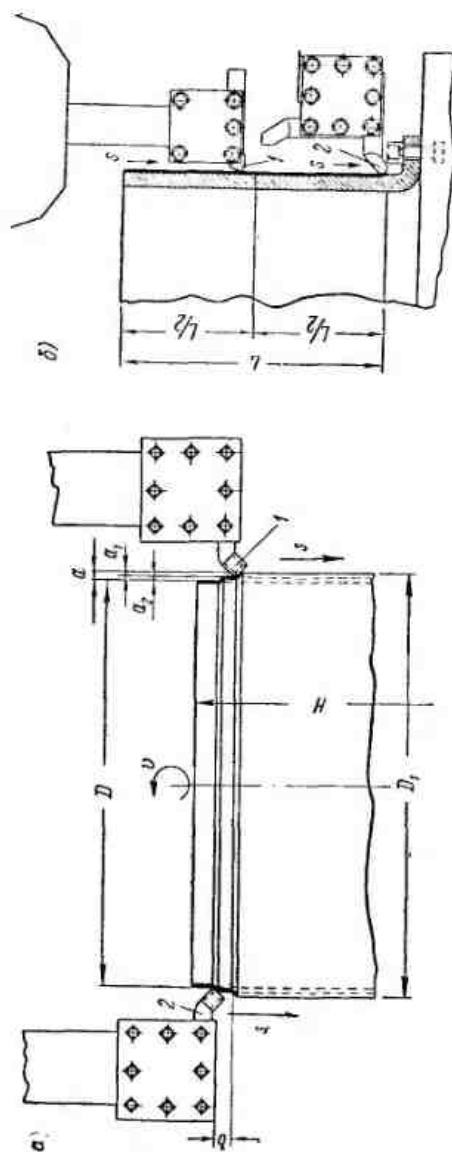


Рис. 17. Схемы обтачивания наружных цилиндрических поверхностей двумя резцами с разделением общей толщины снимаемого слоя металла (а) и общей длины обработки (б)

повлеченный в резцедержателе бокового суппорта, — нижнюю половину той же поверхности, длиной $L/2$.

Такая схема обработки применяется при черновом и получистовом обтачивании наружных цилиндрических поверхностей с небольшими припусками.

Одновременная обработка несколькими резцами — *многорезцовое обтачивание* — применяется также и в тех случаях, когда обрабатываемая деталь имеет несколько наружных цилиндрических поверхностей различных диаметров.

Обработка торцовых поверхностей. Обтачивание торцевой поверхности может производиться одним или одновременно несколькими резцами.

Как и при обработке наружной цилиндрической поверхности, решение вопроса об одновременной обработке одной торцевой поверхности несколькими резцами возможно двумя принципиально различными путями:

1) разделением общей толщины снимаемого слоя металла (припуска) между несколькими резцами, работающими одновременно; этим путем сокращается количество проходов;

2) разделением общей длины рабочего хода резца между несколькими резцами, работающими одновременно; это дает возможность уменьшить расчетную длину рабочего хода резца, определяющую продолжительность обработки.

Основные схемы обработки одной торцевой поверхности несколькими резцами, работающими по принципу разделения общей толщины снимаемого слоя металла (припуска) между ними, приведены на рис. 18, а и б.

На рис. 18, а изображена схема обтачивания торцевой поверхности двумя, а на рис. 18, б — тремя резцами, закрепленными в левом и правом вертикальных суппортах станка. Каждый из этих резцов снимает $1/2$ или $1/3$ общей толщины подлежащего удалению слоя металла.

Такие схемы обтачивания торцовых поверхностей применяются при черновой обработке деталей с большими припусками. При этом удастся в два или три раза сократить число проходов по сравнению с обтачиванием этих же поверхностей одним резцом; также удастся наиболее полно использовать полезную мощность станка.

Принципиальная схема обтачивания торцевой поверхности двумя резцами, работающими по принципу разделения

ния между ними общей длины рабочего хода, приведена на рис. 18, в. Здесь резцы 1 и 2, установленные на одной высоте, закреплены в левом и правом вертикальном суппортах, расположенных таким образом, что резец 1 обра-

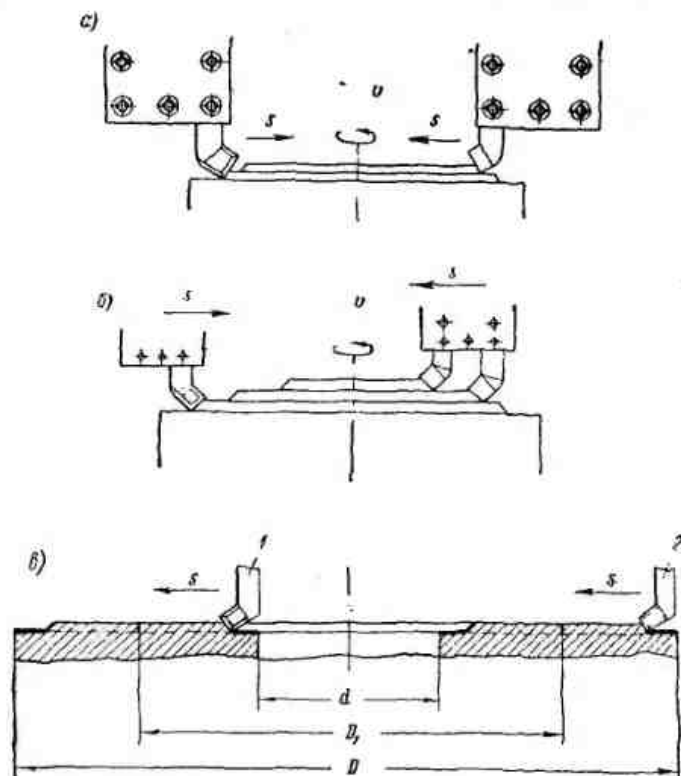


Рис. 18. Схемы обтачивания торцовых поверхностей двумя (тремя) резцами с разделением общей толщины снимаемого слоя металла (а и б) и общей длины рабочего хода суппорта (в)

батывает внутреннюю часть торцовой поверхности, ограниченную диаметрами d и D_1 , а резец 2 — наружную часть торцовой поверхности, ограниченную диаметрами D и D_1 .

Благодаря одновременному обтачиванию двумя резцами расчетная длина рабочего хода резца, а также

и машинное время обработки сокращаются в два раза.

Такая схема обработки применяется при черновом или получистовом обтачивании широких кольцеобразных торцовых поверхностей. При этом удастся более полно использовать полезную мощность станка.

Значительный эффект повышения производительности токарно-карусельного станка может дать совмещение обработки отдельных торцовых поверхностей. Это может быть осуществлено при применении нескольких резцов и специальной настройки станка.

В качестве примера такой настройки рассмотрим приведенную на рис. 19, а схему обработки торцовых поверхностей 1 и 2 полушфты, которые обрабатываются одновременно двумя резцами 3 и 4, закрепленными в одном резцедержателе 5 револьверной головки карусельного станка.

Во время настройки станка резцы 3 и 4 установлены таким образом, что расстояние между ними по высоте равно расстоянию между поверхностями 1 и 2. По горизонтали резцы 3 и 4 устанавливаются так, чтобы обеспечить одновременную обработку на всем протяжении поверхностей 1 и 2. При такой настройке время обработки поверхности 2 полностью перекрывается временем обработки поверхности 1, т. е. общая продолжительность обработки поверхностей 1 и 2

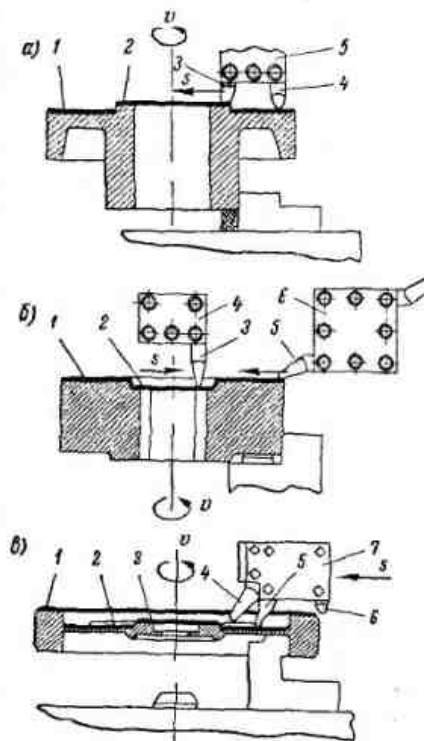


Рис. 19. Схемы многорезцового обтачивания торцовых поверхностей

равна продолжительности обработки только одной поверхности 1.

На рис. 19, б изображена схема одновременной обработки двух торцовых поверхностей 1 и 2 заготовки цилиндрической шестерни. Торцовая поверхность 1 обрабатывается резцом 5, закрепленным в резцедержателе 6 бокового суппорта, а торцовая выточка 2 — резцом 3, закрепленным в резцедержателе 4 револьверной головки карусельного станка. При такой настройке время обработки торцовой выточки 2 полностью перекрывается временем обработки торцовой поверхности 1.

На рис. 19, в показана схема настройки карусельного станка для одновременного обтачивания трех торцовых поверхностей 1, 2 и 3 маховика. Обработка производится тремя резцами 4, 5 и 6, закрепленными в специальном резцедержателе 7 револьверной головки.

Обработка внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий). Обработка деталей, диаметральные размеры которых превышают 1000—1200 мм, производится на токарно-карусельных станках, не имеющих револьверных головок. Резцы при растачивании внутренних цилиндрических поверхностей закрепляются в резцедержателях вертикальных суппортов. Для лучшего использования мощности станка и в целях уменьшения продолжительности обработки рекомендуется вести растачивание крупных по размерам отверстий одновременно двумя суппортами.

На рис. 20 приведены две схемы одновременной работы двух суппортов при растачивании цилиндрических отверстий.

По схеме на рис. 20, а внутренняя поверхность детали А растачивается до диаметра d двумя резцами 1 и 2, установленными в резцедержателях левого и правого суппортов таким образом, что общий припуск на обработку разделяется по толщине на две части, одну из которых снимает резец 1, а вторую — резец 2. Такая схема обработки применяется при черновом растачивании внутренних цилиндрических поверхностей с большими припусками на обработку.

На схеме, приведенной на рис. 20, б, показано одновременное растачивание двумя суппортами двух разных цилиндрических поверхностей одной детали Б. Такая схема применяется преимущественно при растачивании ступенчатых отверстий.

Совмещение обработки наружных и внутренних цилиндрических и торцовых поверхностей. Весьма эффективным является одновременная обработка поверхностей различных видов.

На рис. 21 показаны схемы совмещения обработки наружной (21, а) и внутренней (21, б) цилиндрической по-

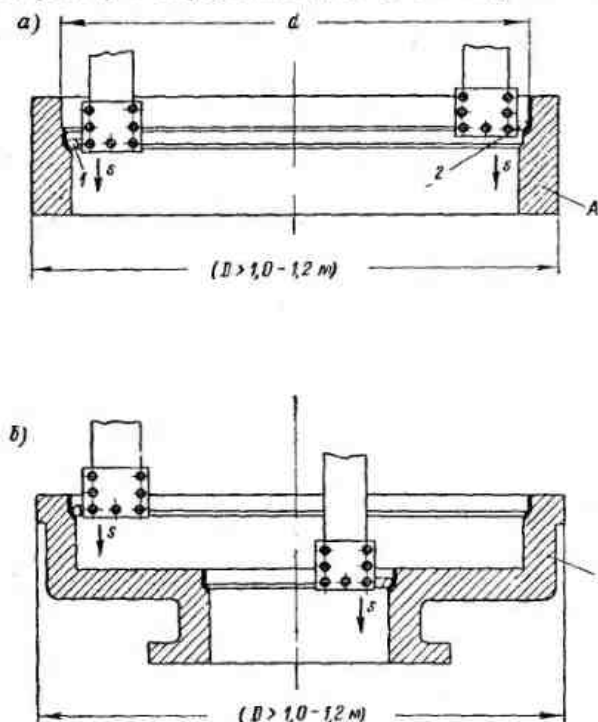


Рис. 20. Схемы растачивания отверстия двумя одновременно работающими суппортами

верхности втулки с обработкой ее торцовой поверхности. В ряде случаев с помощью двух вертикальных суппортов совмещается обтачивание наружной поверхности с растачиванием отверстия. Наибольшего эффекта по производительности труда удастся добиться в случае одновременного использования двух вертикальных и одного бокового суппорта. К такому способу использования станка при-

бегают при работе на крупных токарно-карусельных станках.

Прорезание канавок и отрезание. По приведенной выше схеме при вытачивании канавок (см. стр. 36) в работе одновременно участвует только один резец. Более производителен другой способ, когда канавка прорезается не одним, а несколькими резцами.

Возможны следующие варианты одновременной работы несколькими резцами при прорезании канавок:

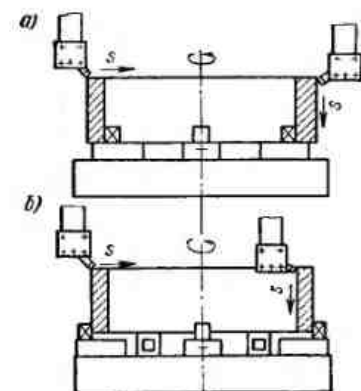


Рис. 21. Схемы совмещения обработки торцовых поверхностей с наружными и внутренними цилиндрическими поверхностями

ными (в разных суппортах) таким образом, что один из них обрабатывает одну, а другой — вторую боковую стенку канавки. Ширина b каждого резца при этом немного больше половины ширины канавки.

По другой схеме (рис. 22, б) канавка прорезается двумя резцами, один из которых (резец 3), установленный на 1—1,5 мм впереди резца 4, прорезает узкую канавку, а резец 4 расширяет ее до требуемого размера.

По сравнению с прорезанием канавки одним резцом, производительность при прорезании той же канавки двумя одновременно работающими резцами повышается в два раза.

Одновременная работа двумя резцами применяется также и при черновом прорезании больших канавок за несколько проходов.

На рис. 23, а изображена схема одновременного много-резцового прорезания пяти канавок пятью резцами за один проход. Такой прием обработки весьма производителен и успешно применяется при прорезании групп небольших канавок в серийном и массовом производстве.

В некоторых случаях многорезцовая обработка канавок применяется только при черновом прорезании, чисто-

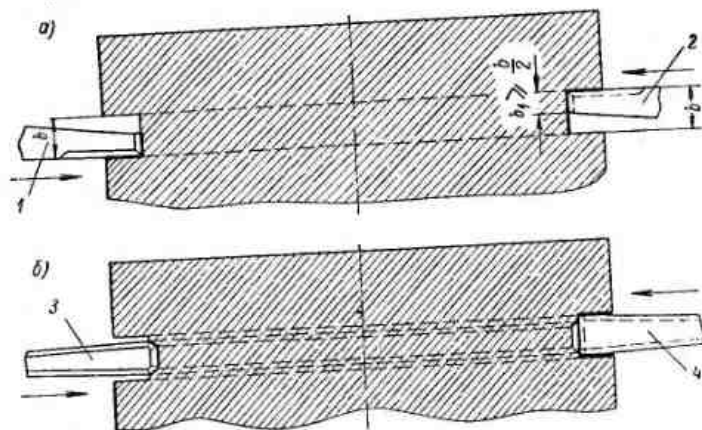


Рис. 22. Схемы прорезания прямоугольных канавок одновременно двумя резцами

вая же обработка осуществляется одним мерным резцом отдельно для каждой канавки. Пример такой обработки приведен на рис. 23, б. Здесь черновое прорезание двух канавок на наружной поверхности поршня производится одновременно работающими резцами 1 и 2, а чистовая обработка этих же канавок — одним мерным резцом 3.

Принципиально процесс отрезания мало отличается от рассмотренного выше процесса прорезания узких прямоугольных канавок.

Отрезание может производиться как одним, так и двумя резцами, работающими по схемам, приведенным на рис. 22. По сравнению с отрезанием одним резцом производительность при отрезании двумя одновременно работающими резцами повышается более чем в два раза. Это объясняется разделением срезаемого слоя по ширине между двумя резцами, благодаря чему подача на каждый

из них, при той же жесткости и устойчивости их, может быть увеличена в два раза, а также тем, что при разделении стружки по ширине обеспечивается более свободный выход ее из прорезаемой щели.

Для расширения прорезаемой щели и облегчения работы резца ему иногда, помимо основного перемещения

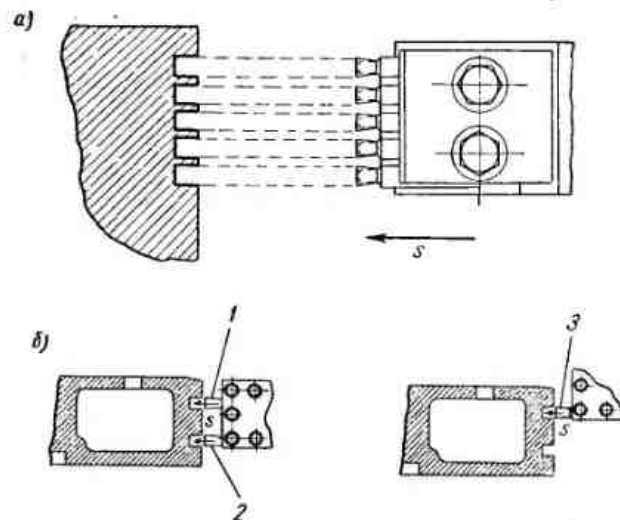


Рис. 23. Схемы многолезцового прорезания канавок

(подачи), сообщают и небольшое продольное (по ширине прорези) перемещение в обе стороны.

При изготовлении поршневых колец в серийном производстве применяются наиболее производительные способы отрезания. Две схемы такой работы приведены на рис. 24. Здесь от цилиндрической заготовки отрезается 10—20 поршневых колец.

По схеме, приведенной на рис. 24, а, поршневые кольца отрезаются одновременно четырьмя резцами. Режущие кромки этих резцов обычно располагают не на одной вертикальной линии, а несколько смещают по отношению друг к другу (как это и показано на чертеже) в горизонтальном направлении, чтобы они последовательно, а не одновременно вступали в работу. Такое расположение резцов обеспечивает более спокойные условия работы их

в начальный момент; кроме того, отделение колец производится не одновременно.

Во избежание появления вибраций при отрезании колец от тонкостенной заготовки с внутренней ее стороны,

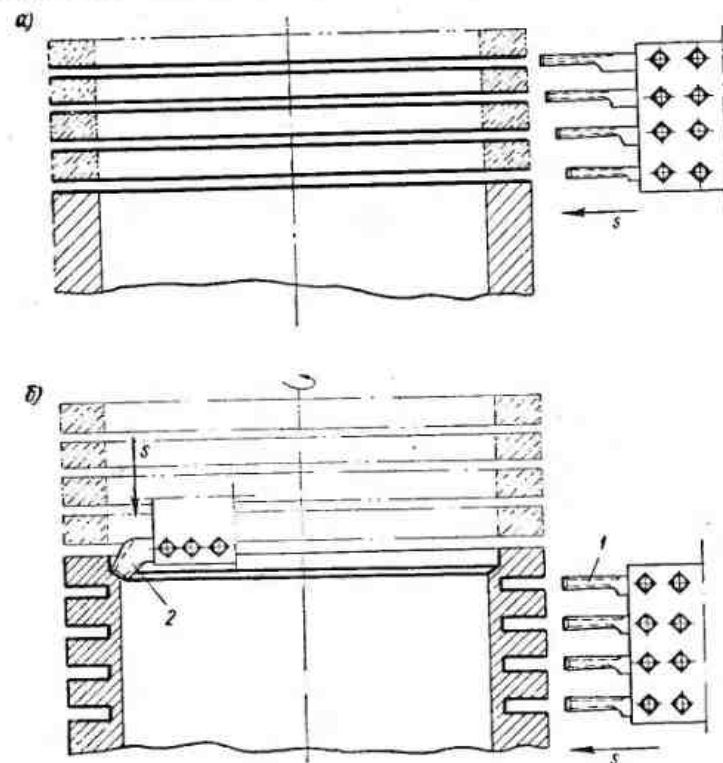


Рис. 24. Схемы отрезания поршневых колец от цилиндрической заготовки

несколько ниже последнего резца, устанавливают роликовую опору.

На рис. 24, б приведена другая схема отрезания поршневых колец от такой же заготовки четырьмя отрезными резцами. При работе по этой схеме процесс обработки поршневых колец осуществляется в следующем порядке. Вначале начерно и начисто обрабатывается наружная поверхность заготовки; внутренняя поверхность при этом

остается необработанной. Затем четырьмя отрезными резцами 1 прорезаются канавки на глубину несколько большую, чем размеры колец в радиальном направлении. При последующем растачивании внутренней поверхности заготовки резцом 2 производится последовательное отделение колец от заготовки.

14. Применение рациональных методов установки резцов на размер

Значительную часть вспомогательного времени составляет время, затрачиваемое на подвод и установку резцов на размер, измерения и отвод инструмента от обрабатываемой детали.

Основными путями сокращения этой части вспомогательного времени при работе на токарно-карусельных станках являются:

1) использование лимбов и применение специальных индикаторных устройств для отсчета величины перемещений резца;

2) растачивание и обтачивание при установке резцов по упорам;

3) растачивание резцами, заранее установленными на заданный размер;

4) применение рациональных методов установки резцов на размер при подрезании уступов.

Ниже приводится краткая характеристика этих путей сокращения затрат времени на установку резцов на размер.

Использование лимбов и специальных индикаторных упоров для отсчета величины перемещений резца. Уменьшить количество пробных проходов и промежуточных промеров можно путем отсчета величины перемещений резца после первого или очередного пробного прохода при помощи лимбов станка и специальных индикаторных упоров.

Поясним это следующим примером. Предположим, что при растачивании отверстия диаметром $700 \pm 0,3$ мм промер диаметра, произведенный после очередного пробного прохода, показал размер 698,5 мм. В этом случае для получения требуемого размера резец должен быть передвинут на $\frac{700 - 698,5}{2} = 0,75$ мм.

Вместо того чтобы производить такие перемещения, контролируя их пробными проходами и промежуточными

промерами, можно отсчитывать величины перемещений по имеющимся на станках лимбам или специальным индикаторным упорам. Если цена деления лимба винта горизонтальной подачи вертикального суппорта равна 0,05 мм, то для того чтобы переместить резец на 0,75 мм, достаточно повернуть лимб на $0,75 : 0,05 = 15$ делений.

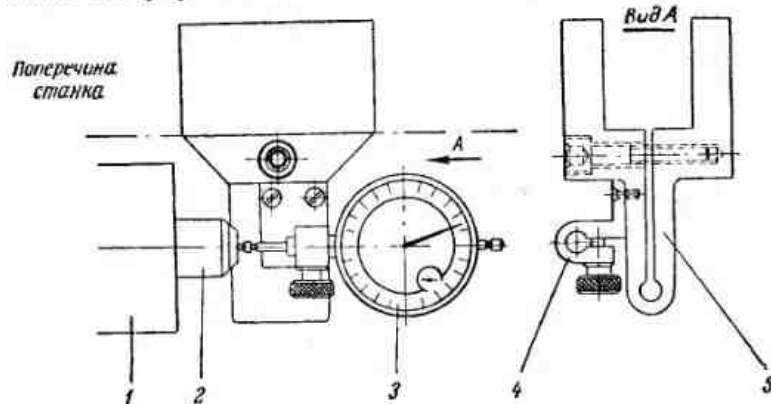


Рис. 25. Индикаторный упор конструкции К. С. Кислякова, установленный на поперечине станка

Опыт работы передовых токарей-карусельщиков показывает, что при использовании лимба для отсчета линейных перемещений резца практически может быть обеспечена точность обработки в пределах 0,2—0,3 мм для диаметров до 600—700 мм; для диаметров от 700 до 1200 мм точность снижается до 0,5 мм.

Применение для этой цели вместо лимбов специальных индикаторных упоров, устанавливаемых на поперечине, позволяет повысить точность отсчета перемещений резца до 0,02 мм.

На рис. 25 изображен один из таких упоров, применяемый токарем-карусельщиком К. С. Кисляковым. Здесь кронштейн 5 закрепляется в определенном месте (в зависимости от диаметра растачиваемого отверстия) на поперечине. На этом кронштейне смонтирована стойка 4, в которой закрепляется индикатор 3. Перемещения суппорта отсчитывают по показаниям индикатора при соприкосновении его измерительного штифта с подвижным упором 2 на суппорте 1.

Некоторые модели токарно-карусельных станков по требованию заказчиков снабжаются специальным приспособлением для работы по упорам. Это приспособление состоит из поворотных валиков-барабанов, на которых устанавливаются передвигаемые упоры конечного выключателя. Упоры настраиваются при помощи микрометрического устройства. Число упоров на валике-барабане соответствует числу позиций режущего инструмента.

При перемещении суппорта его жесткий упор наезжает на передвигаемый упор валика, который при этом воздействует на конечный выключатель, отключающий перемещение суппорта и таким образом автоматически производится установленная при настройке станка установка инструмента на заданный размер.

Растачивание и обтачивание при установке резцов по упорам. Применение различного рода упоров является одним из основных путей сокращения времени, затрачиваемого на установку резцов на размер и измерения при обтачивании и растачивании. Правильное применение упоров позволяет экономить на каждом переходе от 1 до 16 мин в зависимости от требуемой точности обработки и габаритов станка.

По своей конструкции упоры разделяются на *жесткие* и *индикаторные*.

По сравнению с жесткими упорами индикаторные упоры имеют следующие преимущества.

1. Величина давления на упор при одном и том же показании индикатора является постоянной. При работе же по жестким упорам величина давления на упор неопределенна и зависит от многих причин (состояние станка, квалификация рабочего и т. д.). Таким образом, индикаторные упоры отличаются большей чувствительностью и точностью.

2. Настройка индикаторных упоров, т. е. установка их на определенный размер, значительно проще, чем настройка жестких упоров.

Настройка индикаторного упора по существу сводится к необходимости запомнить при обработке базовой измерительной поверхности показание индикатора, предварительно подведенного к подвижному упору с небольшим натягом (около 0,5 мм), затем в процессе обработки нужно при переходе к новому размеру доводить индикатор до этого показания.

В качестве примера растачивания отверстия по упорам рассмотрим обработку цилиндра паровой турбины.

Применяемый в этом случае индикаторный упор отличается от упора, приведенного на рис. 25, только тем, что между подвижным упором 2 на суппорте и неподвижным индикаторным упором 3 на кронштейне 5 (см. рис. 25) помещается призма, на которую укладываются мерные столбики-штихмасы с размерами, соответствующими необходимому размеру горизонтального перемещения резца при переходе от базовой поверхности к любой другой поверхности.

Растачивание производится в следующем порядке. Прежде всего обрабатывается цилиндрическая поверхность, принимаемая за базовую измерительную поверхность. При расположении горизонтального индикаторного упора справа от суппорта (как на рис. 25) в качестве базовой следует брать поверхность наибольшего диаметра. Кроме того, базовая поверхность должна быть доступной для измерения и установки резцов.

В рассматриваемом примере этим требованиям удовлетворяет поверхность диаметром 1140 мм.

После растачивания базовой поверхности подводят индикатор к подвижной части упора с натягом ~0,5 мм и замечают показание на шкале индикатора. На этом настройка горизонтального упора заканчивается. Для растачивания поверхности меньшего диаметра между штифтом индикатора 3 и подвижным упором 2 на специальной призме (на чертеже не показана) укладывается мерный столбик, размером равный половине разности базового и обрабатываемого диаметров. Например, для растачивания поверхности диаметром 1120 мм размер мерного столбика должен быть равен $\frac{D_1 - D_2}{2} = \frac{1140 - 1120}{2} = 10$ мм.

Перед установкой мерного столбика между подвижным упором и индикатором суппорт отводится к центру планшайбы станка на расстояние несколько большее, чем длина столбика, и после установки последнего вращается обратно, пока показание на шкале индикатора не будет таким же, как при настройке по базовой поверхности.

После этого производят растачивание поверхности диаметром 1120 мм, уже не прибегая к пробным проходкам

и промежуточным промерам. Аналогично растачиваются и остальные поверхности цилиндра.

С помощью индикаторных упоров можно производить обтачивание наружных цилиндрических поверхностей и растачивание отверстий с погрешностью размеров в пределах 0,05—0,1 мм при диаметре отверстия до 1000 мм. Кроме того, применение индикаторных упоров позволяет заметно сократить затраты времени на обработку многоступенчатых поверхностей и обеспечивает рабочему условия удобной и вполне безопасной работы.

Растачивание резцами, заранее установленными на заданный размер. В условиях серийного производства растачивание отверстий средних диаметров выгоднее всего производить на настроенных станках, т. е. резцами, заранее установленными на заданный размер.

При растачивании по этому способу положение суппорта с револьверной головкой на поперечине станка остается неизменным во время обработки всей партии деталей. При этом для растачивания каждой детали данной партии револьверной головке сообщаются только вертикальные перемещения (рабочая подача и холостой ход).

Точность обработки при таком способе растачивания определяется главным образом точностью установки резцов. Установка же резцов производится при настройке станка по специальным шаблонам, обеспечивающим неизменное положение резцов относительно оси вращения планшайбы станка.

Рациональные методы установки резцов на размер при подрезании уступов. При обработке ступенчатых поверхностей значительное время занимает подрезание уступов. Решающее влияние на точность расположения уступов и производительность труда при подрезании их оказывает принятый способ установки резцов на заданный размер. Таких способов несколько:

- 1) установка резцов на размер методом пробных проходов с промежуточными промерами;
- 2) установка резцов на размер по специальным съемным шаблонам и по измерительным инструментам;
- 3) установка резцов на размер по смонтированным на станке упорам.

Установка резцов на размер по высоте уступа методом пробных проходов с промежуточными промерами производится при работе на настроенных заранее станках.

Точные размеры по высоте между отдельными уступами или размеры от торцовых поверхностей, принимаемых за измерительные базы, до уступов достигаются здесь путем пробных проходов и промежуточных измерений универсальными измерительными инструментами. Этот способ установки резцов весьма трудоемкий и потому во всех случаях, когда это возможно, его стараются заменить другими, более производительными способами.

При установке резцов на размер по высоте уступа с помощью шаблонов и других измерительных инструментов резец, предназначенный для окончательного (чистового) подрезания уступа, устанавливается с помощью специальных шаблонов и универсальных измерительных инструментов так, что его вершина располагается в одной плоскости с подрезаемым уступом. При такой установке резца и последующей подаче его только в горизонтальном направлении правильное положение уступа достигается без пробных проходов и промежуточных измерений.

Кроме шаблонов, мерных плиток и измерительных линеек для установки резца в определенном положении по высоте применяются также штангенглубиномеры, штангенрейсмусы, микрометрические нутромеры и другие универсальные измерительные инструменты.

Выбор того или иного из перечисленных инструментов определяется требуемой точностью установки, а также расположением уступов и измерительных баз.

При серийном и массовом производстве для установки резца на определенную высоту целесообразнее применять установочные шаблоны. Конструкция таких шаблонов зависит от расположения уступов и измерительных баз.

При установке резцов на размер по высоте уступа с помощью упоров заданная точность обработки обеспечивается без пробных проходов и промежуточных измерений.

Вертикальные упоры используются как для установки резца в положение, обеспечивающее правильные размеры при подрезании уступов, так и для ограничения вертикального перемещения резца в процессе работы. В первом случае резец опускается или поднимается до упора и закрепляется в этом положении, дальнейшая же обработка ведется при подаче резца только в горизонтальном направлении.

Вертикальные упоры бывают жесткие и индикаторные. Последние имеют ряд преимуществ.

Вертикальный индикаторный упор (рис. 26) состоит из неподвижной части с жестким упором, закрепленной на скалке суппорта. Между подвижной и неподвижной частями индикаторного упора помещаются мерные столбики или плитки, размеры которых соответствуют заданным размерам вертикальных перемещений резца.

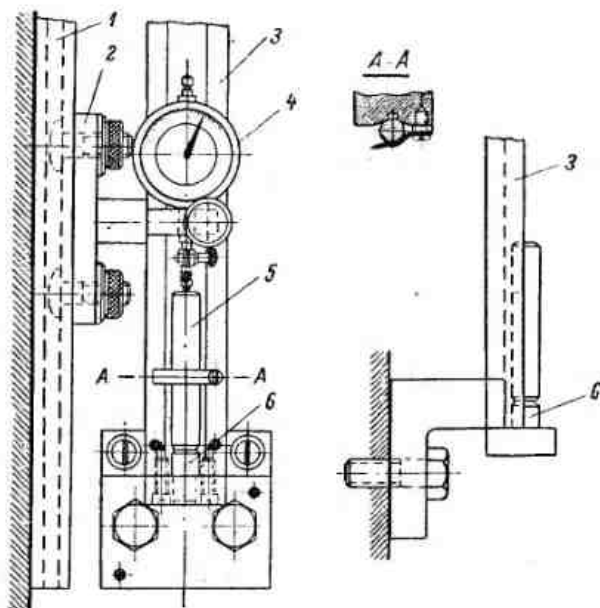


Рис. 26. Вертикальный индикаторный упор

Неподвижная часть вертикального индикаторного упора состоит из кронштейна с жестким упором 6 и вертикальной призматической линейки 3 для установки мерных столбиков 5. На подвижной части упора закреплена линейка 1 для крепления стойки индикатора 2 и индикатора 4.

Наибольший эффект применение вертикальных индикаторных упоров дает при растачивании многоступенчатых отверстий в корпусных деталях, при котором приходится производить точное подрезание большого количества уступов.

Порядок обработки внутренних торцовых поверхностей цилиндра паровой турбины по вертикальному индикаторному упору иллюстрируется схемой, приведенной

1-е положение

2-е положение

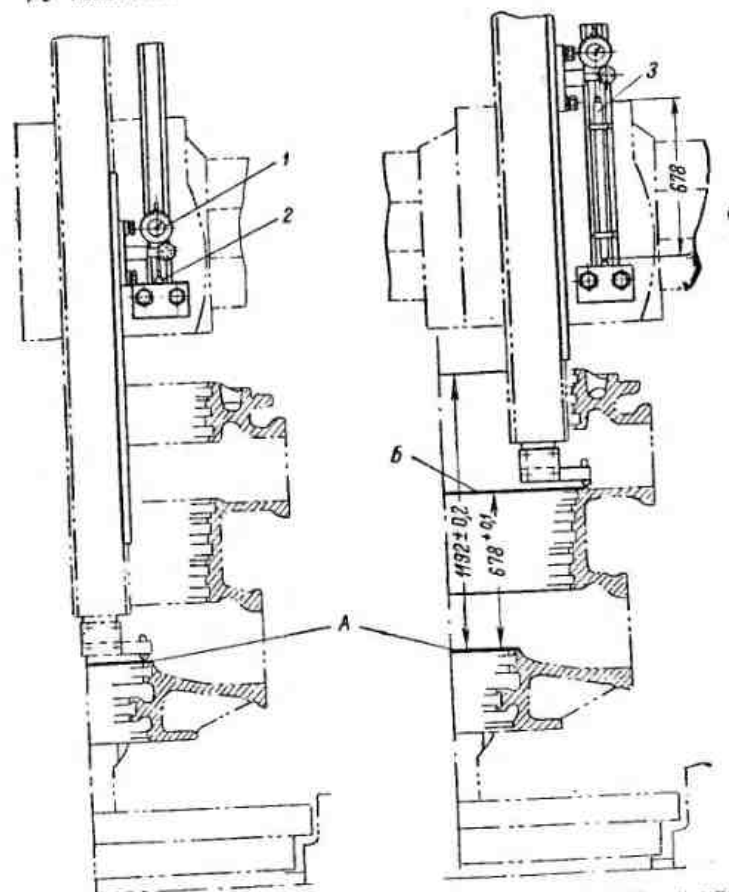


Рис. 27. Схема установки резца на размер по индикаторному упору при обработке цилиндра паровой турбины

на рис. 27. В первую очередь обрабатываются торцовые поверхности А и Б, используемые как измерительные базы, от которых при помощи вертикального индикаторного упора выдерживаются другие осевые размеры.

При обработке первой базовой поверхности *A* измерительный штифт индикатора *I* подводят с натягом 0,5 мм к неподвижному упору *2* и замечают показание индикатора. Затем перед обработкой второй базовой поверхности *B* передвигают скалку суппорта, а вместе с ней резец и подвижную часть упора с индикатором на размер, несколько превышающий расстояние между торцовыми поверхностями *A* и *B*, равное 678 мм. После этого между неподвижной частью упора и индикатором устанавливают мерный столбик *3* размером 678 мм. Затем скалку с резцом медленно опускают до тех пор, пока показание индикатора не будет равно показанию при настройке для обработки первой базовой поверхности *A*. Когда будет достигнуто совпадение показаний стрелки индикатора, можно обрабатывать торец.

Для получения следующего осевого размера поступают таким же образом, заменяя столбик *3* другим столбиком, имеющим размер, соответствующий расстоянию от подрезаемого уступа до базовой поверхности.

С помощью индикаторных упоров можно обеспечить точность линейных размеров до 0,05 мм при размерах до 500 мм и —0,1 мм при размерах до 1000 мм.

15. Рациональный выбор конструкции и геометрии режущих инструментов, а также режимов резания

Выбор материала режущей части резца. Для обработки резанием на токарно-карусельных станках применяются две группы инструментальных материалов — металлокерамические твердые сплавы и быстрорежущие стали.

Наиболее производительно осуществляется резание твердыми сплавами. Быстрорежущие стали рекомендуются применять при обработке деталей на тихоходных и мало-мощных станках, когда инструмент из твердого сплава не может быть рационально использован, а также при неблагоприятных условиях резания — сильных и частых ударах, требующих повышенной прочности инструмента. Из быстрорежущей стали изготавливают обычно и фасонные резцы. При обработке чугуна применять быстрорежущую сталь не рекомендуется.

В табл. 4 приводятся данные по выбору инструментального материала в зависимости от материала обрабатываемой детали и условий обработки.

Таблица 4

Применение инструментальных материалов для токарных резцов

Обрабатываемый материал	Характер обработки	Инструментальный материал	
		Наименование	Марка
Сталь и стальное литье	Черновое точение с неравномерным припуском (по корке) или с ударами; обработка с очень крупными стружками при $t > 15$ мм	Твердый сплав	T5K10 T5K12B TT7K12B TT7K15B
	Черновое точение при относительно равномерном припуске не по корке; получистовое точение при $t < 4$ мм		T5K10 T14K8 T15K6 T15K6T
	Получистовое и чистовое точение по корке, загрязненной неметаллическими включениями, или после автогенной резки	Твердый сплав	T5K10 TT7K12B
		Быстрорежущая сталь	P6M3 P12
	Получистовое и чистовое точение при непрерывном резании	Твердый сплав	T15K6T T30K4
Чугун серый и бронза	Черновое точение с неравномерным припуском (по корке) или с ударами; обработка с весьма крупными стружками	Твердый сплав	BK8 BK6M
	Черновое точение без ударов и получистовое точение		BK6 BK6M
	Чистовое точение		BK2
	Точение отбеленного, труднообрабатываемого чугуна		BK6B BK4

Продолжение табл. 4

Обрабатываемый материал	Характер обработки	Инструментальный материал	
		Наименование	Марка
Сталь, стальное литье, чугун серый и бронза	Точение в случаях невозможности использования режущих свойств твердых сплавов	Быстрорежущая сталь	P9 P12
	Обработка широкими и фасонными резцами, отрезка, прорезка канавок и др.		P9 P12
Нержавеющие стали	Черновое и чистовое точение	Твердый сплав	BK8
		Быстрорежущая сталь	P6M3; P12; P18; P9Ф5; P9K5

При выборе конструкции и геометрии резцов рекомендуется пользоваться имеющимися справочными изданиями и инструкциями, относящимися к выбору конструкции и геометрии резцов для токарной обработки.

Выбор режимов резания. Назначение режима резания заключается в выборе наиболее выгодного сочетания глубины резания, подачи и скорости резания.

Выбор режима резания целесообразно производить в такой последовательности: сначала выбрать глубину резания и число проходов, затем подачу и далее — скорость резания. Выбор режимов резания необходимо производить с учетом принятой геометрии резца, материала его режущей части, а также с учетом паспортных данных станка, на котором предстоит проводить обработку детали.

При выборе глубины резания следует учитывать, что наиболее целесообразны такие условия работы, когда весь припуск на обработку снимается за один проход. Поэтому нужно стремиться работать с возможно меньшим числом проходов. Если же прочность станка и резца не

позволяют снять весь припуск за один проход, то приходится разделять имеющийся припуск на два и в крайнем случае три прохода. Также поступают и в тех случаях, когда требуется сравнительно высокая чистота обработанной поверхности (например, $\nabla 5$ и выше) или высокая точность обработки. Так, например, при общем припуске $h = 10$ мм на сторону принимают $t_1 = 5$ мм; $t_2 = 4$ мм и $t_3 = 1$ мм или (на более мощных карусельных станках) $t_1 = 9$ мм и $t_2 = 1$ мм.

В общем случае количество проходов зависит от жесткости системы, погрешностей предшествующей обработки и требуемой точности.

Наибольшая производительность обработки достигается при возможно большей подаче. Величина наибольшей допустимой подачи выбирается в зависимости от точности обработки, жесткости упругой системы деталь—станок—инструмент, чистоты обработанной поверхности, прочности инструмента, а также от прочности механизма подачи станка при данной (уже выбранной) глубине резания.

Практически при выборе подачи целесообразно пользоваться таблицами, составленными на основании расчетов и данных практики.

При выбранных глубине резания и подаче скорость резания устанавливается в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала, свойств материала резца, углов заточки резца, его стойкости и ряда других факторов.

Для выбора скорости резания целесообразно пользоваться специальными таблицами, составленными на основании лабораторных исследований и данных практики.

При чистовом точении значительного повышения производительности труда удается достигнуть при применении широких резцов; ширина режущей кромки таких резцов достигает 60—80 мм. Соответственно подача при работе широкими резцами значительно увеличивается [обычно $s \approx (0,7 \div 0,8) l$, где l — ширина режущей кромки].

Применяются широкие резцы жесткие и пружинные. Последними ведут обтачивание при очень малых скоростях резания. Пружинящая державка таких резцов позволяет хорошо гасить вибрации, возникающие при резании.

На рис. 28, а изображена схема чистового обтачивания цилиндрической поверхности жестким широким резцом.

Державка резца при его установке поворачивается так, что широкая режущая кромка устанавливается под углом около 5° к образующей цилиндра. При этом возможна высокопроизводительная работа с большими подачами при малых глубинах резания.

На рис. 28, б показано ромбовидной формы сечение стружки ($B \times S$), снимаемой таким образом.

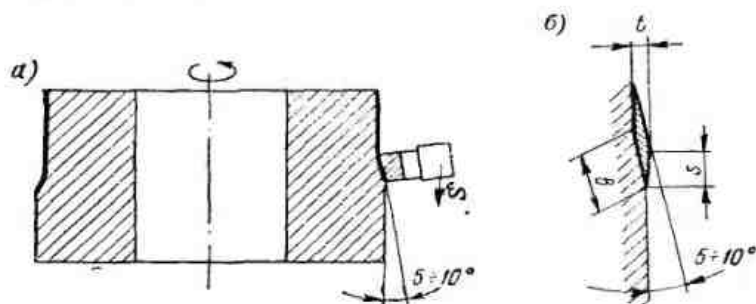


Рис. 28. Схема обтачивания широким резцом (а) и сечение стружки (б)

При точении широкими резцами необходимо убедиться в том, что станок и деталь обладают высокой жесткостью, а резец имеет небольшой вылет (с учетом вылета ползуна и салазок) и надежно закреплен. Если эти условия не соблюдены, то при обработке возникают сильные вибрации.

В нормальных условиях применение широких резцов позволяет получить при обтачивании шероховатость поверхности, соответствующую $\nabla 6$ и даже $\nabla 7$ -му классам.

Весьма эффективным средством повышения производительности труда и чистоты обработки при чистовом обтачивании и растачивании является применение метода обкатывания и раскатывания поверхностей специальными шариковыми и роликовыми накатками.

16. Применение комбинированных резцов

Использование комбинированного резца, т. е. более сложного резца, заменяющего нескольких простых, дает возможность сократить вспомогательное время за счет уменьшения количества установок и смен резцов и уменьшения времени на их подвод и отвод. Приведем несколько примеров рационального применения комбинированных

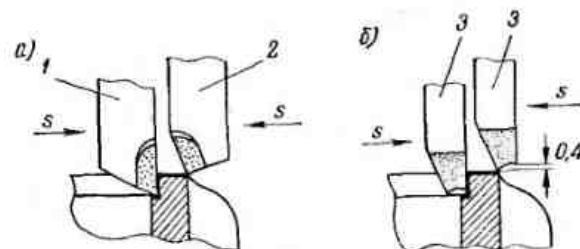


Рис. 29. Схема обработки замка станины электродвигателя простыми (а) и комбинированными (б) резцами

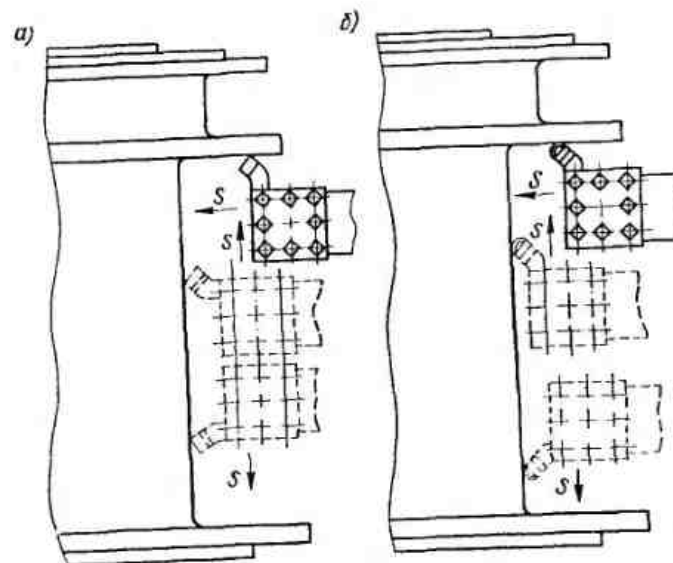


Рис. 30. Схемы обработки барабана буровых установок тремя разными резцами (а) и комбинированным резцом (б)

резцов, предложенных токарями-карусельщиками новаторами производства.

Пример 1. Обработка замка станины электродвигателя на заводе имени Владимира Ильича производилась двумя резцами 1 и 2 (рис. 29, а). Резцом 2 протачивался торец, а резцом 1 подрезался уступ замка. По предложению бригадира И. Г. Муракова для обработки замка был применен комбинированный резец 3, заменивший два резца. Схема обработки замка станины электродвигателя при помощи этого резца приведена на рис. 29, б.

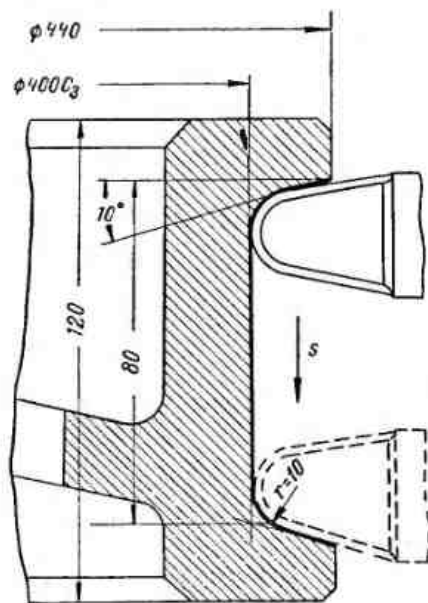


Рис. 31. Схема обработки профиля катания ходового колеса мостового крана комбинированным фасонным резцом

Применение комбинированного резца для работы в двух направлениях, осуществленное по предложению токаря-карусельщика УЗТМ имени С. Орджоникидзе Ю. Яцкевича, дало возможность обрабатывать барабаны буровых установок (рис. 30, б) без смены резца. До применения этого резца для обработки барабана требовалось три разных резца (рис. 30, а).

Пример 3. Токарь-карусельщик Н. М. Лепилин применил комбинированный фасонный резец (рис. 31) для чистовой обработки профиля катания ходового колеса мостового крана. До применения этого резца обработка профиля катания колеса производилась несколькими резцами. После внедрения комбинированного фасонного резца общая производительность обтачивания профиля увеличилась на 40%.

17. Рациональная организация рабочего места и техника безопасности

Организация рабочего места. Принятые формы организации производства оказывают существенное влияние на все качественные и количественные показатели работы предприятия. Еще большее влияние на важнейший из этих показателей — производительность труда — оказывает организация рабочего места и труда токаря-карусельщика.

Правильная организация рабочего места помогает устранить непроизводительные потери рабочего времени.

При плохой организации труда и рабочего места вынужденные хождения рабочего за нарядом, инструментом, заготовками, инструктажем, технической документацией и т. п. составляют нередко 10—15, а иногда 20% и больше рабочего времени.

Недостаточно продуманная организация рабочего места приводит не только к явным, но и к скрытым потерям рабочего времени. Так, например, при неправильном расположении станка заготовок, инструментов и приспособлений рабочему приходится выполнять лишние движения, повышающие его утомляемость и снижающие производительность труда.

Для рациональной организации рабочего места требуются: правильная его планировка; обеспечение необходимым комплектом оборудования, инвентаря и технологической оснастки; создание продуманной системы организации труда и обслуживания рабочего места; обеспечение безопасности на рабочем месте.

Основные вопросы научной организации труда (НОТ) токаря при работе на токарных станках имеют много общего с аналогичными вопросами при работе на токарно-карусельных станках. Они достаточно подробно освещены в 1-м выпуске настоящей библиотеки «Научная организация труда токаря».

Техника безопасности. Работа на карусельных станках имеет ряд особенностей, связанных с большими габаритами станков и приводами большой мощности. Любая неосторожность токаря-карусельщика может окончиться несчастным случаем. Особенно возрастают опасности травмирования при быстром вращении планшайбы. Все это настоятельно требует от рабочего неуклонно соблюдать

как общие, так и специфические для карусельных станков правила техники безопасности.

Токарь-карусельщик обязан соблюдать следующие правила:

А. До начала работы.

1. Привести в порядок рабочую одежду: застегнуть обшлаги рукавов или завязать их у кисти; заправить концы одежды; длинные волосы должны быть закрыты головным убором.

2. Привести в порядок рабочее место.

3. Проверить наличие и исправность ограждений на станке.

4. Убедиться в исправности станка, в особенности тщательно проверить фиксацию рукояток и надежную работу блокировок.

5. Проверить исправность органов выключения перемещающихся узлов станка и торможения планшайбы.

Б. Во время работы станка.

1. Надежно закреплять детали, инструмент, приспособления. Установку громоздких деталей станочник имеет право производить только в том случае, если он имеет квалификацию стропальщика и соответствующее удостоверение.

2. Прежде чем пустить станок — проверить нет ли кого-нибудь вблизи его и предупредить о пуске.

3. Не находиться на вращающейся планшайбе и не оставлять на ней незакрепленных предметов.

4. При работе одним суппортом другие отвести в крайнее положение.

5. Обязательно применять стружколоматели при образовании сливной стружки.

6. Пользоваться очками и ограждениями (на небольших станках) для защиты от стружки.

7. Не снимать стружки руками, даже если они в рукавицах.

8. Не закреплять резцов при вращающейся планшайбе.

9. Осторожно вводить резец в металл.

10. При обработке детали с выступающими за пределы планшайбы частями обязательно оградить станок веревкой на подставках.

В. Во время ремонта и после его окончания.

1. Помимо отключения станка от сети, снять плавкие предохранители.

2. После окончания ремонта тщательно проверить, не осталось ли в механизмах станка или на планшайбе незакрепленных деталей и посторонних предметов.

Как обрабатываемые детали, так и крепежные элементы должны быть закреплены самым тщательным образом. В связи с этим необходимо учитывать следующие обязательные правила.

1. На рабочем месте должно находиться достаточное количество исправных кулачков, домкратов, подставок, опор и пр. с тем, чтобы исключить применение случайных и неисправных деталей и предметов.

2. Категорически запрещается пользоваться неисправными (даже с мелкими дефектами — сколы и пр.) ключами.

3. При наличии большого дисбаланса устанавливать на планшайбе противовесы, а если этого нельзя сделать, то ограничивать скорости вращения планшайбы.

4. При выверке деталей пользоваться электромеханическими и гидравлическими толкателями.

5. Не допускать закрепления резцов при вращающейся планшайбе. В целях облегчения задачи смены резцов (вес резца нередко достигает 15 кг и их установка производится вручную) широко применять резцы со сменными головками и пластинками.

Сливная стружка на вращающейся планшайбе представляет большую опасность для рабочего. Поэтому должны быть приняты меры к ее дроблению (установка стружколомателей на резцах).

Для удаления с планшайбы раздробленной стружки следует устанавливать ограждения и лотки.

Значительное число производственных травм среди токарей-карусельщиков является следствием несоблюдения правил безопасности при наблюдении за работой станка.

При работе на крупных станках даже с медленно вращающейся планшайбой категорически недопустимо для рабочего находиться на планшайбе. Несоблюдение этого правила вызывает самые тяжелые увечья.

Около крупных станков, не располагающих помостами-площадками для наблюдения, должны быть построены такие помосты (подвесные площадки).

Перед тем как подняться по лестнице на помост-площадку, рабочий должен тщательно вытереть масло на руках и протереть подошвы ботинок во избежание соскальзывания. Если на станке или около него продито масло, то из тех же соображений работа должна быть немедленно остановлена, а площадка — насухо вытерта.

Глава IV

ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ

18. Основные способы обработки конических поверхностей

Краткая характеристика основных способов обработки конических поверхностей на токарно-карусельных станках приведена в табл. 5.

Возможна также обработка конических поверхностей путем комбинированного применения разных способов. Так, например, при обработке крутых конусов с помощью копирной линейки, которая позволяет точить поверхности с уклоном не более 12° , можно, кроме того, сместить на дополнительный угол (сверх угла наклона конусной линейки) салазки суппорта.

19. Обработка широкими резцами

Конические поверхности небольшой длины могут быть обработаны широкими резцами, ширина режущих кромок которых на 1—2 мм больше длины образующей обрабатываемой поверхности. Устанавливаются такие резцы по специальным шаблонам таким образом, чтобы режущая кромка была расположена параллельно образующей обрабатываемой поверхности.

Обработка такими резцами производится с малыми подачами и с низкой скоростью резания. Величина по-

Таблица 5

Основные способы обработки конических поверхностей

Способ обработки	Область применения	Основные недостатки и преимущества
Широким резцом (главная режущая кромка резца установлена под требуемым углом по отношению к оси конуса)	Обработка конических поверхностей на жестких деталях с длиной образующей конической поверхности не более 15—20 мм; при невысоких требованиях к точности и чистоте обработанной поверхности	Способ весьма производительен. При obtачивании конусов, длина образующих которых больше 15—20 мм, возникают вибрации. Появляются выработки и при недостаточной жесткости детали и ее закреплении
Обычными резцами путем поворота салазок суппорта	Обработка крутых конических поверхностей любой длины с углами уклонов в пределах от 0 до 45°	Способ очень распространен и производителен. Недостаток — невозможность применения его при обработке конических поверхностей с углами уклонов более 45°
Обычными резцами при помощи конусной линейки (копирных приспособлений)	Обработка пологих конических поверхностей с углами уклонов в пределах 0— 12°	Способ весьма удобен и производителен. Недостаток — необходимость отсоединения салазок суппорта от винта
Обычными резцами при помощи гидрокопирального суппорта	Обработка конических поверхностей с любым углом уклона (обратная конусность не более 30°)	Наиболее производительный и точный способ. Применяется только на токарно-карусельных станках, оборудованных гидрокопиральным суппортом
Обычными резцами при помощи специального приспособления, настраиваемого за счет изменений передаточного отношения гитары сменных колес	Обработка конических поверхностей с разными углами уклонов	Способ наиболее сложный, требующий предварительного расчета и настройки станка, располагающего специальным приспособлением для обработки конусных поверхностей

дачи в зависимости от ширины обрабатываемой поверхности принимается равной 0,01—0,08 мм/об. Скорости резания при этом значительно ниже, чем при обтачивании наружных цилиндрических поверхностей. Тем не менее благодаря отсутствию продольной подачи и перемещению резца лишь в поперечном направлении, т. е. по кратчайшему расстоянию, производительность труда при таком методе обработки оказывается очень высокой. Поэтому токари-карусельщики стремятся как можно чаще применять обтачивание конических поверхностей широкими резцами.

20. Обработка путем поворота салазок суппорта

Для получения конической поверхности необходимо, чтобы при вращении детали, закрепленной на планшайбе карусельного станка, вершина резца перемещалась не параллельно оси детали, а под некоторым углом к ней, равным половине угла конуса, т. е. углу α (рис. 32, а).

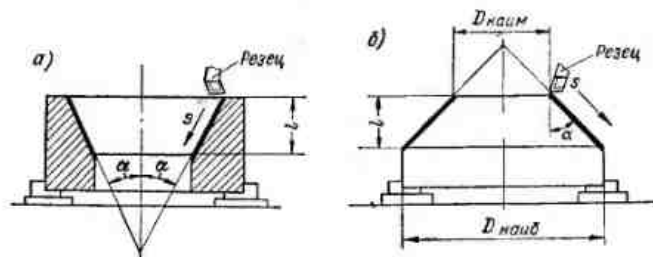


Рис. 32. Схемы обработки конических поверхностей способом поворота салазок верхнего суппорта

Этого можно добиться, если повернуть салазки верхнего суппорта на угол α . Пользуясь поворотом салазок суппорта, можно обрабатывать наружные и внутренние конические поверхности с углами уклона α в пределах от 0 до 45° .

Необходимый угол поворота салазок суппорта принимается равным половине заданного угла конуса (2α), или углу уклона α .

Если же в чертеже не указано никаких углов, а даны лишь наибольший и наименьший диаметры конуса и

длина его (рис. 32, б), то необходимый угол поворота суппорта определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D_{\text{наиб}} - D_{\text{наим}}}{2l}.$$

Специальный прием настройки позволяет повысить максимально допустимые углы уклонов конических поверхностей, которые можно обрабатывать путем поворота салазок суппорта. Для этого нужно сообщить суппорту одновременно две подачи — вертикальную и горизонтальную

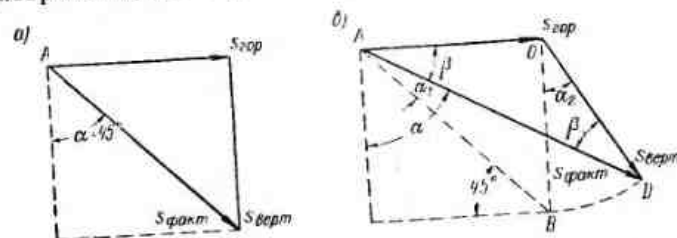


Рис. 33. Схемы, показывающие направление фактической подачи при одновременном включении вертикальной и горизонтальной подач

ную. Так как передаточное отношение всей передачи от ходового валика поперечины к ходовому винту суппорта обычно равно единице, то при одновременном включении горизонтальной и вертикальной подач ($s_{\text{гор}} = s_{\text{верт}}$) резец будет перемещаться по прямой, расположенной под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонтали ($s_{\text{факт}}$ на рис. 33, а). Если же дополнительно повернуть суппорт на угол α_2 , то, как видно из схемы на рис. 33, б, фактический угол траектории подачи резца будет увеличен или уменьшен, и соответственно этому можно обточить более или менее крутую коническую поверхность.

Предположим, что необходимо обработать коническую поверхность с углом уклона $\alpha = 50^\circ$. Требуется определить угол, на который нужно повернуть суппорт, чтобы при одновременном включении горизонтальной и вертикальной подач была получена коническая поверхность с этим углом уклона.

Угол поворота суппорта при одновременном включении горизонтальной и вертикальной подач должен быть

в два раза больше разности между заданным углом уклона и углом 45° . В нашем случае, например, суппорт должен быть повернут на 10° , так как $\alpha - 45^\circ = 50^\circ - 45^\circ = 5^\circ$. Эта зависимость иллюстрируется на рис. 33, б, где показано геометрическое сложение горизонтальной ($s_{гор}$) и вертикальной ($s_{верт}$) подач по известному правилу параллелограмма.

По этой схеме:

AO — горизонтальная подача;

OD — вертикальная подача под углом поворота суппорта α_2 ;

AD — фактическая подача, направленная под требуемым углом α .

Из равнобедренного треугольника AOD ($AO = OD$, так как $s_{гор} = s_{верт}$ по условию) имеем: $\angle DAO + \angle AOD + \angle ADO = 180^\circ$, или иначе: $2\beta + 90^\circ + \alpha_2 = 180^\circ$, откуда $\alpha_2 = 90^\circ - 2\beta$. Так как $\angle BAO = 45^\circ$, то $\beta = 45^\circ - \alpha_1$; подставляя это значение β в предыдущее уравнение, получаем

$$\alpha_2 = 90^\circ - 2(45^\circ - \alpha_1) = 90^\circ - 90^\circ + 2\alpha_1 = 2\alpha_1.$$

Отсюда следует, что угол поворота суппорта α_2 при одновременном включении вертикальной и горизонтальной подач должен быть в два раза больше разности (α_1) между углом уклона (α) обрабатываемой конической поверхности и углом 45° , т. е.

$$\alpha_2 = 2\alpha_1 = 2(\alpha - 45^\circ).$$

Применяя такой прием, можно значительно расширить предельные значения углов уклона конусов, обрабатываемых путем поворота суппорта. Так, например, если предельный угол поворота суппорта, допускаемый конструкцией станка, равен 30° , то при одновременном включении горизонтальной и вертикальной подач предельный угол уклона конусов, обрабатываемых на таком станке путем поворота суппорта, может быть повышен с 30° до $45^\circ + 0,5 \cdot 30 = 60^\circ$.

Отсчет угла поворота при установке суппорта в наклонное положение осуществляется по специальной шкале, имеющейся на станке.

Контроль правильности поворота суппорта на требуемый угол производится путем измерения угла уклона обработанной поверхности после пробного прохода или

при помощи специальных приспособлений с индикатором и шаблонов, позволяющих осуществить проверку и без пробного прохода.

21. Обработка при помощи конусной линейки и других копирных приспособлений

Конические поверхности на токарно-карусельных станках могут быть обработаны также при помощи универсального копирного приспособления (конусной линейки) и простых копиров.

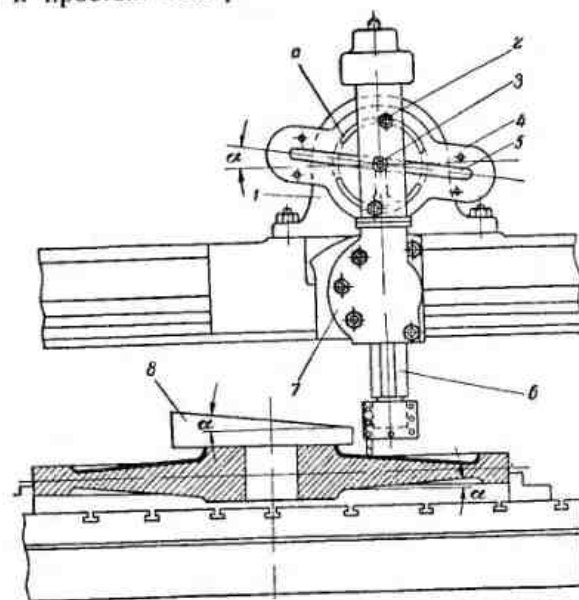


Рис. 34. Универсальное копирное приспособление к токарно-карусельному станку, настроенное на обтачивание конической поверхности

На рис. 34 показано универсальное копирное приспособление к токарно-карусельному станку. При помощи такого приспособления можно обрабатывать конические и фасонные поверхности разных видов.

Приспособление устанавливается на поперечине карусельного станка. Корпус 1 приспособления имеет круговой паз a , в котором перемещаются болты 2. К вертикаль-

ной торцовой поверхности корпуса 1 с помощью болтов 2 прикреплен диск 4, который может поворачиваться в определенных пределах относительно корпуса 1.

Диск 4 имеет также прямоугольный паз 5, служащий при обработке конусных поверхностей копиром — конусной линейкой. Для этого диск 4 поворачивают на соответствующий угол α , равный углу уклона обрабатываемой конической поверхности. Резец связывают с копиром следующим образом. От ходового винта отключают гайку, передающую вертикальное перемещение ползуну суппорта 6, а палец 3, связанный с ползуном, вводят в паз 5. При горизонтальном перемещении суппорта 7 палец 3 перемещается в пазу и сообщает ползуну суппорта соответствующее перемещение в вертикальном направлении. Сочетание вертикального и горизонтального перемещений суппорта обеспечивает движение резца по наклонной линии.

Для настройки копирного приспособления применяют специальный шаблон, одна сторона которого имеет соответствующий уклон. Шаблон 8 устанавливают на планшайбу карусельного станка или на торец обрабатываемой детали и по нему контролируют настройку копировальной установки.

При помощи такого устройства можно обрабатывать конические поверхности с углом уклона α свыше 60° , т. е. с углом конуса (2α) больше 120° .

Некоторые станки располагают таким устройством не только на вертикальных, но и на боковых суппортах.

На рис. 35 приведены схемы обработки конических поверхностей на токарно-карусельном станке при помощи простейших копиров (шаблонов), устанавливаемых в одном из резцедержателей револьверной головки станка.

При обтачивании конусов по схеме, приведенной на рис. 35, а, отключают маточную гайку в цепи горизонтальной подачи бокового суппорта и ведут обработку только при вертикальной автоматической подаче бокового суппорта сверху вниз. При этом ролик 2 под влиянием специальной пружины или груза все время прижат к копиру 1 и при помощи перемещения суппорта вниз резец 4, установленный, как и ролик, в резцедержателе 3, следует по направлению копира 1 и обтачивает на детали 5 соответствующей формы коническую поверхность. Вертикальный суппорт при этом закреплен неподвижно.

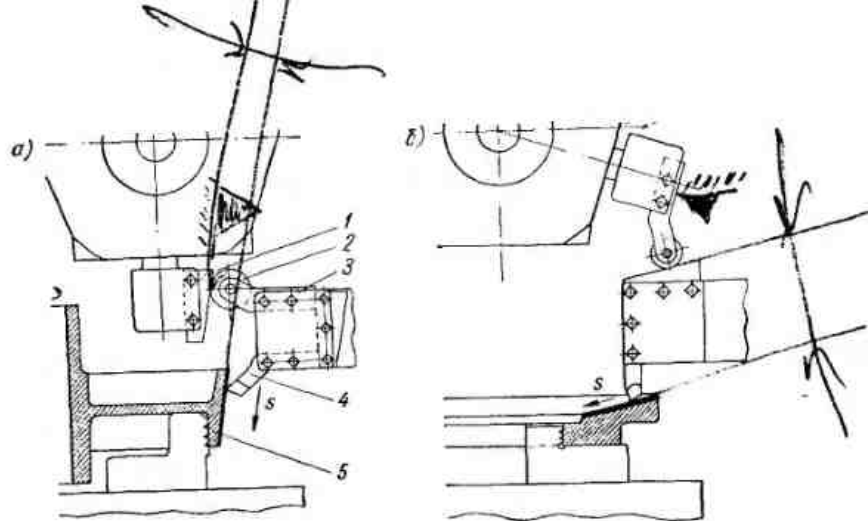


Рис. 35. Обтачивание конической поверхности при помощи простейших копиров: а — при вертикальной подаче бокового суппорта; б — при горизонтальной подаче бокового суппорта

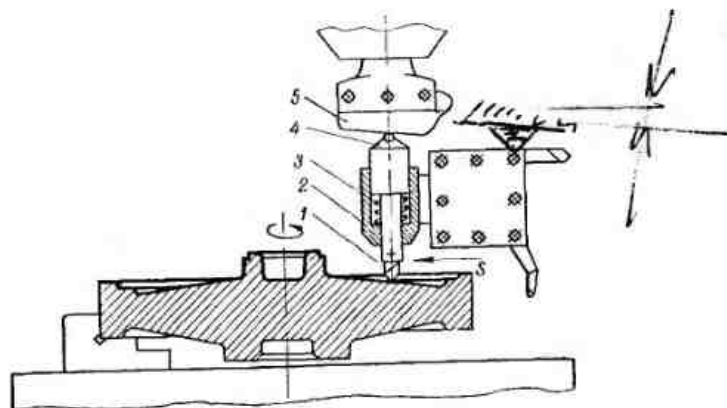


Рис. 36. Обтачивание конической поверхности с помощью специальной державки с пальцем, контактирующим с копиром

При точении конусов по схеме, приведенной на рис. 35, б, в цепи вертикальной подачи бокового суппорта отключается маточная гайка и вся обработка выполняется только при горизонтальной автоматической подаче бокового суппорта, направленной к центру планшайбы. Как и в предыдущем случае, вертикальный суппорт остается неподвижным.

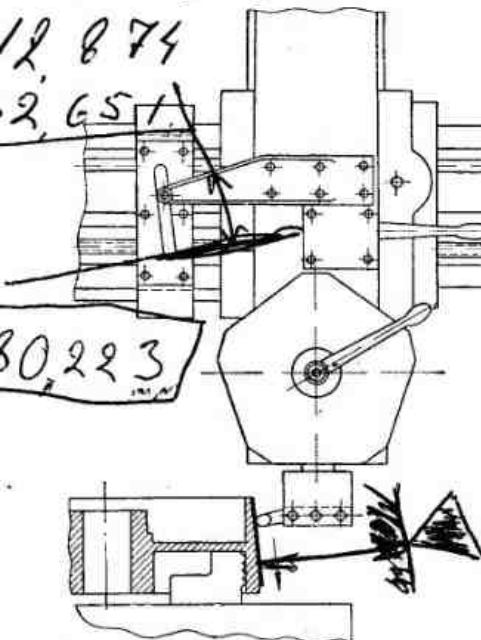


Рис. 37. Обтачивание конической поверхности с помощью копирной линейки вертикального суппорта

связан с пальцем 4 и повторяет все его движения.

На рис. 37 приведена схема обработки конических поверхностей при помощи копирных линеек, направляющих перемещение револьверной головки станка. В этом случае работа уже ведется не боковым, а вертикальным суппортом, которому сообщается вертикальная подача. Маточная гайка в цепи горизонтальной подачи вертикального суппорта отключается от винта.

22. Обработка при помощи специальных суппортов

Короткие и крутые конусные поверхности удобно обрабатывать с помощью специальных суппортов для точения на конус. Общий вид одной из конструкций

таких суппортов показан на рис. 38. Этот суппорт — универсальный; он может быть установлен на вертикальном суппорте любого токарно-карусельного станка. Неподвижной частью 1 суппорт жестко закрепляется в резцедержателе вертикального суппорта станка. Для

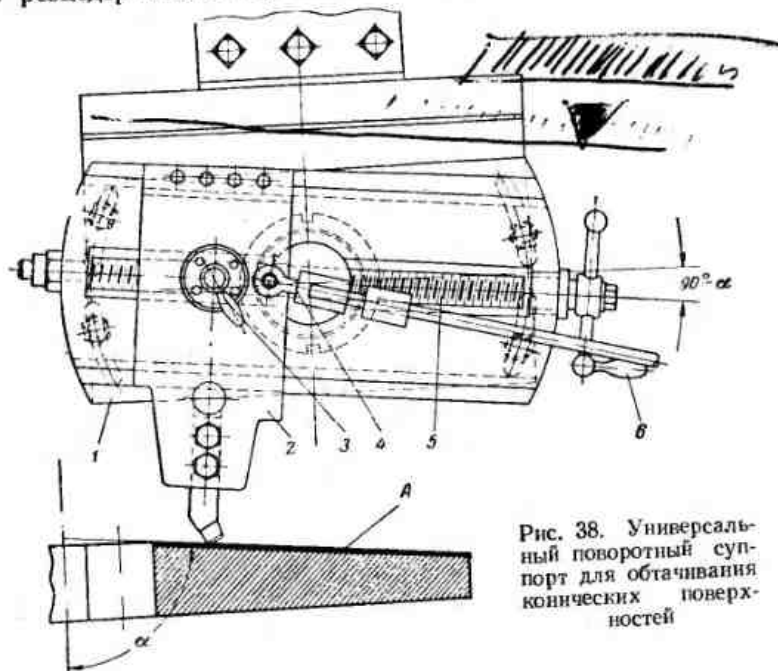


Рис. 38. Универсальный поворотный суппорт для обтачивания конических поверхностей

обтачивания конической поверхности А с углом у вершины конуса, равным 2α , поворотная часть суппорта устанавливается по шкале на угол $90^\circ - \alpha$ и в таком положении закрепляется. Каретке с резцедержателем 2 сообщается подача. Для этого каретка тягой 4 соединяется с боковым суппортом, которому сообщается перемещение от коробки подач. При перемещении каретки резец обрабатывает коническую поверхность под углом уклона, соответствующим углу установки поворотной части.

Для тех случаев, когда невозможно (по разным причинам) соединить каретку с боковым суппортом, предусмотрена возможность самостоятельной ручной подачи суппорта при помощи рукоятки 6, поворачивающей

винт 5. Включение и выключение ручной рабочей подачи производится рукояткой 3, которая связана с маточной гайкой.

В условиях серийного производства наиболее совершенным способом обработки конических поверхностей является точение с помощью гидрокопировального суппорта. В этом случае управление перемещениями резца осуществляется следящим устройством, шуп которого скользит по заранее изготовленному копиру.

23. Обработка путем настройки специального приспособления с помощью сменных зубчатых колес

Сущность этого способа заключается в том, что резцу сообщается одновременно вертикальная и горизонтальная подачи, в результате которых он перемещается в каком-то направлении, зависящем от соотношения между подачами.

Если резцу сообщить горизонтальную подачу $s_{гор}$ и одновременно вертикальную подачу $s_{верт}$, то, согласно известному правилу параллелограмма, действительное направление движения резца $s_{факт}$ будет по диагонали, наклон которой по отношению к вертикальной оси определяет и наклон обтачиваемого конуса.

Оставляя горизонтальную подачу $s_{гор}$ без изменений и меняя только величину вертикальной подачи $s_{верт}$, можно изменить соотношение между ними, а следовательно, и направление действительной подачи. На этом принципе основано действие специальных приспособлений для обработки конических поверхностей при помощи соответствующей настройки сменных колес.

На рис. 39 изображены схемы, показывающие направления подач при обработке наружных и внутренних конических поверхностей с различными углами уклонов.

При обработке наружных конических поверхностей необходимо, чтобы винт горизонтальной подачи суппорта и валик вертикальной подачи ползуна вращались в разные стороны, так как обычно в этом случае при перемещении суппорта от центра планшайбы (рис. 39, а, схема I) ползун будет двигаться вниз, а при перемещении суппорта к центру планшайбы ползун будет двигаться вверх (рис. 39, а, схема II).

Тогда при обработке внутренних конических поверхностей винт горизонтальной подачи и валик вертикальной подачи должны вращаться в одну сторону; при этом в зависимости от направления вращения винта суппорт будет двигаться к центру планшайбы, а ползун вниз (рис. 39, б, схема I) или суппорт — от центра планшайбы, а ползун вверх (рис. 39, б, схема II).

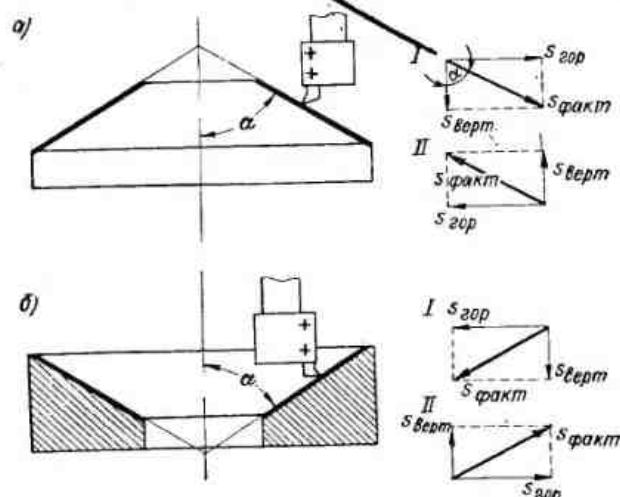


Рис. 39. Схемы обработки конических поверхностей с углами уклона $\alpha > 45^\circ$ с помощью одновременного действия вертикальной и горизонтальной подач

Чтобы придать $s_{гор}$ и $s_{верт}$ вполне определенные значения и выдержать требуемое их соотношение, нужно настроить гитару сменных колес, т. е. подобрать определенное передаточное число. Подбор шестерен производится в зависимости от заданного конуса на детали. Передаточное число выражается тригонометрической зависимостью между сторонами прямоугольного треугольника (рис. 39):

$$i = \frac{s_{верт}}{s_{гор}} = \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{tg} (90^\circ - \alpha).$$

Передаточное число i равно котангенсу угла между вертикальной осью и образующей конуса или тангенсу угла между этой образующей и горизонтальной линией.

Поставляемые со станками наборы сменных зубчатых колес позволяют производить обработку конусов с перепадом величины угла уклона в 3 или 5°. И, следовательно, в ряде случаев (при промежуточных значениях углов уклона) осуществить обработку конических поверхностей не представляется возможным. Получающуюся в таких случаях погрешность по углу уклона обрабатываемой поверхности компенсируют поворотом салазок верхнего суппорта на некоторый угол (комбинированный способ).

Глава V

ОБРАБОТКА ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ

24. Основные способы обработки фасонных поверхностей

В табл. 6 приведена краткая характеристика основных способов обработки фасонных поверхностей на токарно-карусельных станках.

В настоящее время практическое значение имеют только три последних способа обработки фасонных поверхностей как отвечающие современным требованиям в отношении производительности, размерной точности и качества обработанной поверхности.

25. Фасонные резцы и их применение

Как известно, фасонные резцы имеют профили, точно соответствующие профилям обрабатываемых поверхностей. Такие резцы, как правило, работают только при поперечной подаче, и следовательно, их путь (рабочая длина прохода) всегда значительно меньше, чем у обычных резцов, обрабатывающих те же поверхности при продольной подаче.

Таблица 6

Основные способы обработки фасонных поверхностей

Способы обработки	Область применения	Основные недостатки и преимущества
Нормальными резцами (с комбинированием продольной и поперечной ручной подачи) без копира и специальных приспособлений	Обработка сложных поверхностей; при небольшом количестве обрабатываемых деталей, когда не оправдываются расходы на изготовление фасонного резца или копировального приспособления	Способ малопродуктивен, требует от токаря-карусельщика большого искусства и внимательности. Точность обработки невысокая
Фасонными резцами	Обработка фасонных поверхностей вращения небольшой длины шириной не более 40—50 мм	Способ весьма производительный, однако требует изготовления фасонных резцов, что является сложной и трудоемкой работой
Нормальными резцами при помощи поворотных приспособлений с круговой подачей или водковых устройств	Обработка сферических и радиусных поверхностей средних размеров (сферические поверхности небольших размеров обычно обрабатываются фасонными резцами, а поверхности больших размеров — по копиру)	Способ достаточно простой и универсальный. Применяется при наличии приспособлений, изготовление которых связано со значительными расходами
Нормальными резцами при помощи копировальных приспособлений разных типов	Обработка различных фасонных поверхностей	Способ весьма производительный, кроме того, он обеспечивает высокое качество поверхностей и точности обработки. При наличии на станке копировального приспособления возникает надобность лишь в изготовлении копира

Фасонные резцы, применяемые при работе на металло-режущих станках, бывают трех типов — плоские, призматические и круглые.

При работе на токарно-карусельных станках преимущественно применяются плоские фасонные резцы с напаянными или сменными пластинками. При этом для предварительной обработки фасонных поверхностей обычно служат резцы с напаянными пластинками, а для окончательной обработки — резцы с пружинными державками и сменными режущими пластинками. Фасонные резцы с пружинными державками дают более чистую поверхность и менее склонны к вибрациям.

Обычно ширина фасонных резцов не превышает 40—60 мм, лишь в отдельных случаях применяются более широкие плоские резцы (до 150 мм). Ширина фасонных резцов ограничивается жесткостью технологической системы станок—инструмент—обрабатываемая деталь; при обработке широким резцом возникает значительное радиальное давление на деталь, которое при недостаточной ее жесткости может вызвать вибрации и привести к необходимости прекращения дальнейшей обработки.

Основные преимущества обработки фасонных поверхностей фасонными резцами:

1) отсутствие надобности в каких-либо дополнительных приспособлениях;

2) возможность обтачивания фасонной поверхности любого профиля при использовании одной лишь поперечной подачи;

3) большая производительность по сравнению с другими способами обработки фасонных поверхностей;

4) отсутствие необходимости в измерениях всех размеров профиля, так как они автоматически получаются правильными, если только один из диаметров детали (проверяемый токарем-карусельщиком) оказался правильным.

Точение фасонными резцами производится с малыми подачами и сравнительно низкой скоростью резания. В зависимости от ширины обрабатываемого фасонного профиля поверхности подача принимается равной 0,01—0,08 мм/об. Скорости резания при работе быстрорежущими фасонными резцами обычно не превышают 25 м/мин.

Основными путями повышения производительности труда при работе фасонными резцами являются:

- 1) применение твердосплавных фасонных резцов;
- 2) разделение обработки фасонной поверхности на черновую (предварительную) и чистовую; при этом на чистовую обработку, выполняемую фасонными резцами, оставляются минимальные припуски.

Применение фасонных резцов, оснащенных твердосплавными пластинками, практикуется многими токарями-карусельщиками.

Во многих случаях при этом удается снизить трудоемкость обработки галтелей, радиусных канавок и других поверхностей в два раза.

Как показывает опыт, разделение обработки фасонной поверхности на черновую и чистовую способствует существенному повышению производительности труда и расширению области применения фасонных резцов.

Обычно предварительная обработка выполняется с более интенсивными режимами резания. На окончательную же обработку, выполняемую наиболее дорогими чистовыми фасонными резцами, оставляется минимальный припуск, благодаря чему значительно повышается стойкость резцов и создается возможность обработать ими большее количество деталей.

Предварительная обработка фасонных поверхностей в зависимости от профиля и размеров может производиться как черновыми фасонными резцами упрощенной формы, так и обычными резцами.

Простая форма черногового фасонного резца упрощает и удешевляет его изготовление, а наличие у него переднего угла $\gamma > 0^\circ$ дает возможность работать таким резцом со скоростями резания и подачами большими, чем допускаются для обычных фасонных резцов¹. В результате производительность при работе такими резцами повышается.

Предварительная обработка фасонных поверхностей обычными резцами в большинстве случаев производится при комбинированной ручной подаче в вертикальном и горизонтальном направлениях соответственно профилю обрабатываемой поверхности. Соответствие получающе-

¹ Как известно, в целях устранения искажений профиля у фасонных резцов передний угол γ обычно принимается равным 0° . Такая геометрия резца часто затрудняет резание.

гося при такой обработке профиля заданному проверяется накладными шаблонами, изготавливаемыми из листовой стали толщиной 1,5—2 мм.

Во всех случаях после первого прохода токарь-карусельщик прикладывает шаблон к обработанной поверхности и отмечает те места, где необходимо снять еще слой металла. Величина этого слоя определяется на глаз. Прикладывая вновь шаблон, токарь-карусельщик снова отмечает места, где требуется снять стружку, и т. д., до тех пор, пока ему не удастся как можно лучше подогнать обрабатываемую поверхность к шаблону, чтобы припуск на последующую обработку фасонным резцом был минимальным.

Предварительная обработка фасонных поверхностей часто является весьма трудоемкой и сложной операцией.

Это имеет место в тех случаях, когда при наличии значительных припусков на обработку для промежуточных промеров нельзя пользоваться шаблоном, имеющим профиль и размеры готовой детали. В таких случаях обработку приходится вести весьма осторожно или пользоваться для промежуточных промеров специальными промежуточными шаблонами.

Основным недостатком рассмотренного приема является необходимость в постоянной ручной работе, требующей от токаря-карусельщика большого внимания и осторожности.

Известны примеры выполнения чистовой обработки фасонных поверхностей несколькими фасонными резцами.

Применение нескольких фасонных резцов для чистовой обработки одной фасонной поверхности значительно затрудняет обработку и, как правило, не обеспечивает надлежащего качества поверхности. После обработки несколькими резцами, несмотря на все принимаемые меры, поверхность все же получается неровной. Поэтому несколькими фасонными резцами можно обрабатывать только сравнительно неточные фасонные поверхности, для которых допустима небольшая ступенчатость. Во всех же остальных случаях рекомендуется производить чистовую обработку фасонных поверхностей либо фасонными резцами на весь обрабатываемый профиль, либо другими способами.

26. Обработка сферических и радиусных поверхностей с помощью специальных поворотных приспособлений

При помощи поворотных приспособлений можно обрабатывать сферические поверхности, а также другие фасонные поверхности, образованные вращением части окружности, описанной из центра, не лежащего на оси детали (вращения).

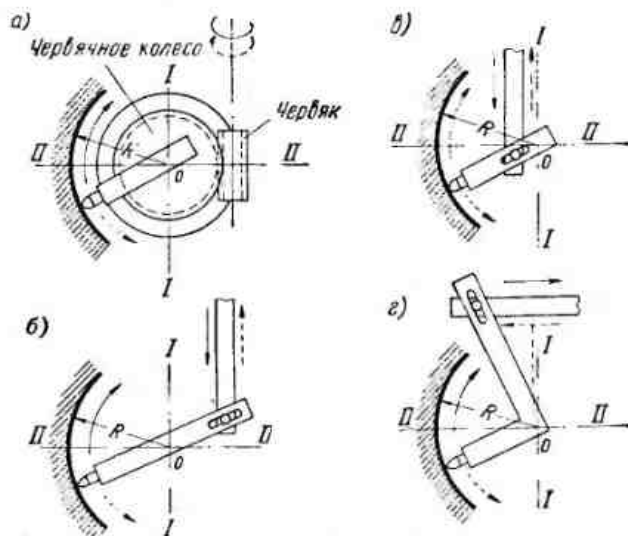


Рис. 40. Принципиальные схемы поворотных приспособлений для растачивания вогнутых сферических полостей

На рис. 40 приведены четыре основные схемы поворотных приспособлений для обработки вогнутых сферических поверхностей, а на рис. 41 — схема аналогичного приспособления для обработки выпуклых поверхностей.

При обработке сферических (шаровых) поверхностей приспособление устанавливается таким образом, чтобы его оси I—I и II—II совпадали с осями обрабатываемой поверхности. В этом случае конец резца, установленного на поворотной части приспособления и находящегося на расстоянии R от центра вращения, будет описывать окружность радиусом, равным R . При обработке же фа-

сонных поверхностей, образованных вращением частей окружностей, описанных из центров, не лежащих на осях детали (вращения), приспособление устанавливают так, чтобы в сечении центр его совпадал с центром соответствующей образующей. В обоих случаях необходимо, чтобы части окружности, описываемые вершиной резца, и ось вращения детали находились в одной плоскости.

Конструкции поворотных приспособлений, применяемых при работе на токарно-карусельных станках, разнообразны.

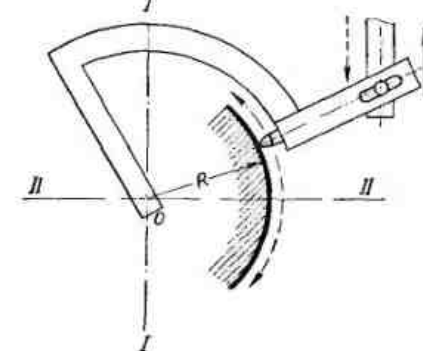


Рис. 41. Схема работы поворотного приспособления для обтачивания выпуклой сферической поверхности

Поворотные приспособления с червячной парой (см. схему, приведенную на рис. 40, а) применяются для обработки фасонных поверхностей с постоянным радиусом кривизны ($R = 25 \div 50$ мм).

На рис. 42 изображено одно из таких приспособлений. Оно состоит из корпуса-кронштейна 4, резцовой головки 5, резцедержателя 6 с резцом 7 и червячной передачи.

Закрепляется приспособление в резцедержателе 3 одного из суппортов станка. При вращении маховичка 2 червяк 1 поворачивает сцепленное с ним червячное колесо, которое закреплено на резцовой головке. При повороте колеса и резцовой головки вершина резца описывает дугу радиуса R . Величина радиуса устанавливается заранее вылетом державки 6 из резцовой головки (расстояние от вершины резца до оси вращения головки).

Поперечная подача осуществляется тем суппортом станка, в котором закреплено приспособление.

Подобного рода приспособления применяются для обработки различных размеров радиусных выточек на червячных колесах и других деталях, а также для обработки разных радиусных переходов (галтелей и др.), расположенных в доступных местах.

Недостатком таких приспособлений является то, что основная подача резца (по дуге) осуществляется вращением маховика вручную. Это делает такие приспособления непригодными для обработки фасонных поверхностей с большими радиусами кривизны.

Для обработки поверхностей с большими радиусами кривизны, а также внутренних сферических (шаровых) поверхностей применяются рычажные приспособления, принципиальные схемы которых приведены на рис. 40, б, в и г.

Конструкции подобных приспособлений, несмотря на наличие особенностей, связанных с размерами и расположением обрабатываемых поверхностей, более или менее аналогичны. В качестве примера приведем несколько конструкций таких приспособлений.

На рис. 43 показано приспособление для растачивания сферических поверхностей, выполненное по схеме, приведенной на рис. 40, в. Приспособление состоит из стойки с коромыслом и тягой и плиты для установки обрабатываемой детали. Коромысло 3 шарнирно соединено со штырем 2, вращающимся на шарикоподшипниках в стойке 1. Тяга 4, связанная с коромыслом осью 5 через сухарь, закрепляется хвостовиком в резцедержателе вертикального суппорта станка. При вращении планшайбы станка стойка 1 также вращается; коромысло же 3 со штырем 2 удерживается от вращения тягой 4, закрепленной в суппорте. При вертикальной подаче суппорта коромыслу сообщается качательное движение около центра его закрепления в штыре, при котором резец 6, закрепленный на конце коромысла, описывает сферу заданного радиуса.

С помощью такого приспособления можно растачивать сферические поверхности диаметром 650—1200 мм с точностью до 0,2 мм.

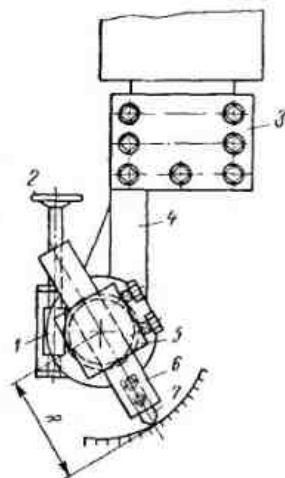


Рис. 42. Поворотное приспособление с червячной передачей для обработки фасонных поверхностей

Обрабатываемая деталь устанавливается и закрепляется на специальных стойках, которые монтируются на одной плите.

Установка и настройка приспособления не сложны. Стойка 1 центрируется по отверстию установочной плиты приспособления, а соосность ее с планшайбой может

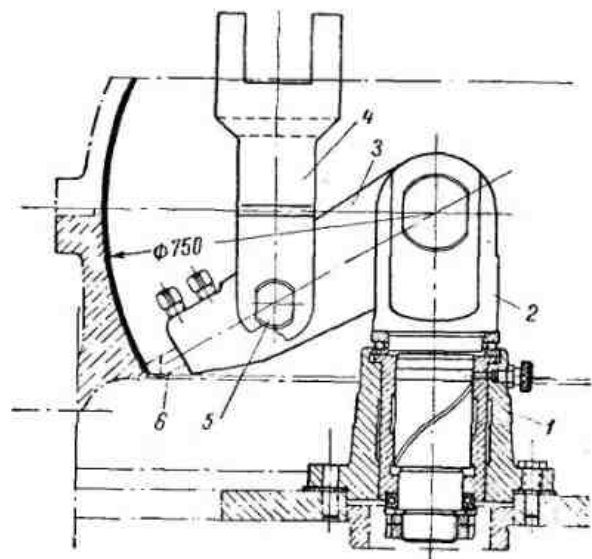


Рис. 43. Рычажное приспособление для растачивания сферических поверхностей

быть проверена индикатором, закрепленным в суппорте. Правильность расположения центра качания коромысла по высоте определяется штангенрейсмусом от базовых площадок установочной плиты приспособления.

При установке обрабатываемой детали на базовые площадки нижней плиты приспособления правильность расположения ее относительно центра планшайбы станка, а также по высоте относительно центра качания коромысла, т. е. по центру сферы, обеспечивается автоматически.

В качестве примера приспособления, соответствующего схеме, приведенной на рис. 40, г, рассмотрим конструкцию специального приспособления (рис. 44), при-

меняемого на ЛМЗ для растачивания шаровой поверхности $R = 175$ мм по 2-му классу точности.

Массивная державка 6 этого приспособления закрепляется в резцедержателе П правого суппорта токарно-карусельного станка; на нижнем конце державки имеется специальный поворотный резцедержатель, состоящий из

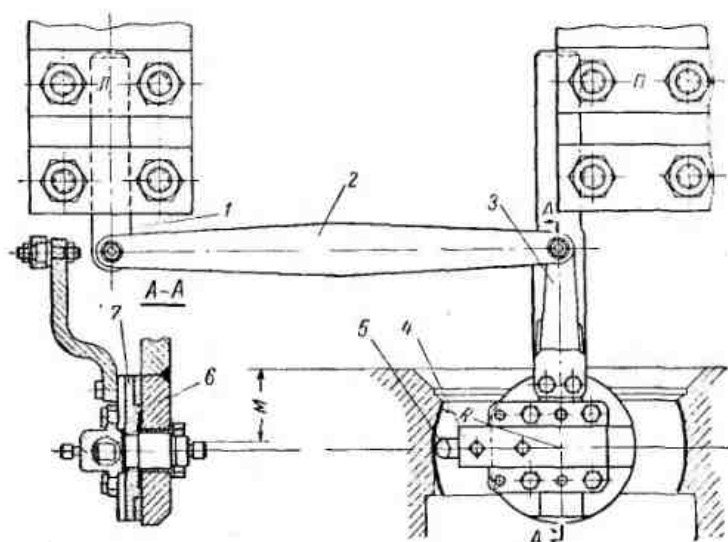


Рис. 44. Поворотное приспособление для растачивания точных шаровых поверхностей

диска 7 с приваренной к нему осью, резцедержавки 4 и рычага 3. Рычаг 3 с помощью тяги 2 соединяется с рычагом 1, закрепленным в резцедержателе Л левого суппорта.

Установка резца 5 на заданный размер производится заранее, так как конструкция поворотного резцедержателя не предусматривает возможности перемещения резца в радиальном направлении после закрепления. Для облегчения установки резца на размер на поворотном резцедержателе имеются две базовые площадки, расположенные на точном расстоянии от оси вращения резцедержателя. От этих площадок по глубиномеру и производится установка резцов на размер.

Сама обработка ведется следующим образом: вертикальным перемещением правого суппорта карусельного станка вводят приспособление в отверстие обрабатываемой детали и устанавливают в размер M от точной по диаметру шейки на конце оси поворотного резцедержателя. Затем, пустив в ход планшайбу станка и перемещая в горизонтальном направлении левый суппорт, связанный тягой 2 с рычагом 3 поворотного резцедержателя, растачивают в детали сферу. При этом ось поворотного резцедержателя (при первых проходах) не будет совпадать с вертикальной осью растачиваемого отверстия. При смещении правого суппорта (установленного ранее специально таким образом, что ось поворотного резцедержателя располагается несколько правее вертикальной оси планшайбы станка) влево оси поворотного резцедержателя и детали сближаются и осуществляется подача резца на глубину резания.

При достижении необходимого диаметра сферической поверхности ось вращения поворотного резцедержателя будет пересекать вертикальную ось планшайбы станка.

Это же приспособление можно использовать и для обработки сфер или радиусных выточек на торце детали. Для этого необходимо развернуть резцедержавку 4 на 90° (резцом вниз).

Общей положительной особенностью рассмотренных поворотных приспособлений для обработки сферических и радиусных поверхностей является то, что в процессе растачивания резец все время направлен перпендикулярно к обрабатываемой поверхности, что обеспечивает постоянные условия резания. Эта особенность поворотных приспособлений наиболее существенна при обработке сферических и радиусных поверхностей с небольшими радиусами кривизны.

27. Обработка сферических и радиусных поверхностей с помощью поводковых устройств (приспособлений)

Другую группу приспособлений, применяемых на токарно-карусельных станках для обработки сферических и радиусных поверхностей, составляют так называемые поводковые устройства. Простейшая схема подобного устройства для обработки выпуклой торцевой сферической поверхности приведена на рис. 45.

На поперечине токарно-карусельного станка установлены два кронштейна 2 и 7, соединенные между собой плитой 6. В прорезь a этой плиты входит болт-ось 5, шарнирно соединяющая плиту с поводком 3, который другим концом соединен шарниром 4 с ползуном 1 вертикального суппорта.

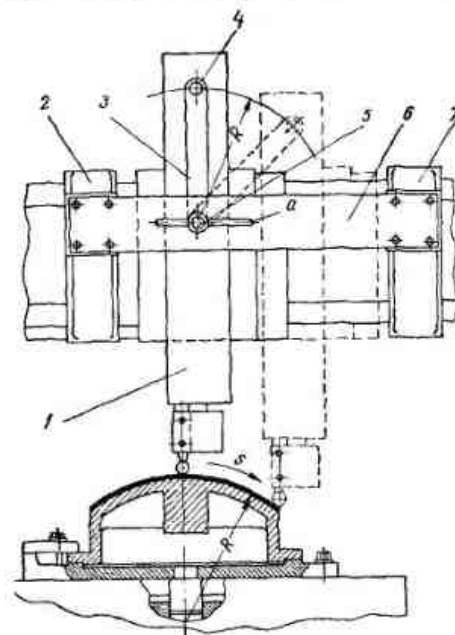


Рис. 45. Приспособление поводкового типа для обтачивания сферической поверхности

При выключенной вертикальной и включенной горизонтальной подаче резец, закрепленный в резцедержателе, описывает дугу и обрабатывает на вращающейся детали сферическую поверхность радиусом R , равным расстоянию между осями болта 5 и шарнира 4.

Особенностью поводковых приспособлений является то, что в различные моменты резец работает разными точками своей режущей кромки. Поэтому для обеспечения правильного профиля он должен быть заточен по правильной окружности, так как в противном случае получается неизбежное искажение обтачиваемого профиля. Условия

резания во время работы таким резцом все время меняются, что затрудняет выбор рациональной геометрии заточки резца.

В связи с этим при обработке поверхностей, описанных небольшими радиусами, возникают значительные трудности. Поэтому для обработки таких поверхностей поводковые приспособления не применяются.

28. Обработка фасонных поверхностей с помощью копирных приспособлений

Наиболее производительным и точным способом обработки протяженных фасонных поверхностей на токарно-карусельных станках является обработка их при помощи копирных приспособлений.

Обработка методом копирования позволяет значительно сократить затраты вспомогательного времени, расходуемого на установку инструмента на размер, измерения детали, подвод и отвод инструмента и пр.

При копировании достаточно изменить лишь один размер (диаметральный) обрабатываемой детали; все остальные размеры получаются автоматически.

Успешное применение на токарно-карусельных станках находят три типа копирных устройств: механические, электрические и гидравлические.

Механические копирные устройства, в отличие от электрических и гидравлических, просты в изготовлении и эксплуатации.

Однако они менее универсальны и не могут обеспечить достаточно полной автоматизации процесса при обработке фасонного профиля детали.

Применяемые на токарно-карусельных станках механические копирные устройства подразделяются на приспособления с двухсторонним и односторонним копирами. Принципиальные схемы таких приспособлений приведены на рис. 46. В приспособлении первого типа (рис. 46, а) ролик 1 копирного пальца, связанный с резцом 2, свободно перемещается между двумя копирными линейками АА и ББ.

Такие приспособления применяются при тяжелых (грубых) и неточных работах. В приспособлениях второго типа (рис. 46, б) ролик 1 прижимается к задней

копирной линейке АА. В этом случае радиальная составляющая силы резания P_y прижимает ролик к копиру. Такая схема устройства копирных приспособлений наиболее приемлема для чистовой обработки.

На рис. 47 изображена схема обработки фасонной поверхности при помощи универсального копирного приспособления подробно описанного выше (см. рис. 34).

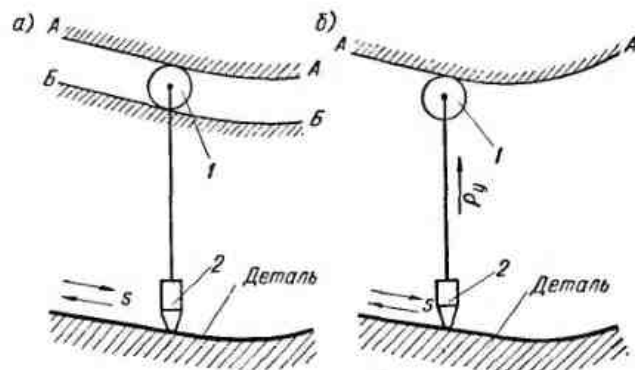


Рис. 46. Принципиальные схемы копирных приспособлений

К поворотному диску этого приспособления прикрепляется пластина 1 с криволинейным пазом а, являющимся двухсторонним копиром для обрабатываемой поверхности б.

В процессе работы резец связывают с копиром так же, как и при обработке конических поверхностей. От ходового винта отключают гайку, передающую вертикальное перемещение ползуну 3 суппорта, и в паз а вводят палец 2. При горизонтальном перемещении суппорта (на автоматической подаче) палец 2 перемещается в пазу и сообщает ползуну соответствующие перемещения в вертикальном направлении. В результате сочетания вертикального и горизонтального перемещения резцу сообщается движение, необходимое для обработки заданного профиля.

Примеры применения копирного приспособления с односторонним копиром изображены на рис. 48.

На рис. 48, а показана схема обработки детали с криволинейной наружной поверхностью по одностороннему

копиру. Обрабатываемая деталь 1 выверяется по оси стола станка 7 и крепится к нему. В резцедержателе 5 бокового суппорта крепится плоский копир 4, устанавливаемый ребром *aa* перпендикулярно к плоскости стола 7. Установка копира в продольном направлении и по высоте

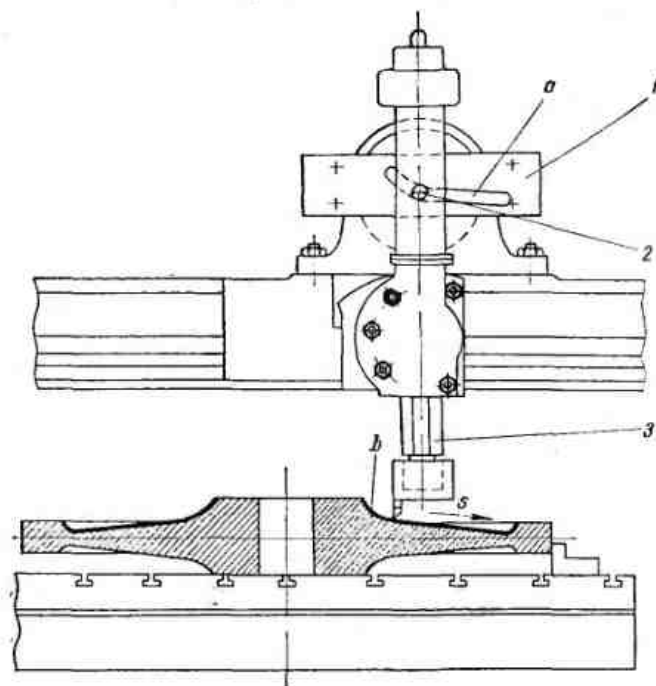


Рис. 47. Обтачивание фасонной поверхности на универсальном копирном приспособлении

производится соответствующими перемещениями бокового суппорта. В резцедержателе 3 правого верхнего суппорта крепится головка 2, в корпусе которой перемещается ползун с роликом 6 и резцом 8. Две пружины, расположенные сбоку (рис. 48, в), обеспечивают надежный прижим ролика к копиру.

Вертикальная подача в процессе резания осуществляется вертикальным перемещением ползуна верхнего суппорта, а глубина резания и настройка копира — за счет перемещений ползуна бокового суппорта.

При растачивании криволинейной внутренней поверхности (рис. 48, б) головка закрепляется в резцедержателе левого вертикального суппорта станка, а копир — в пра-

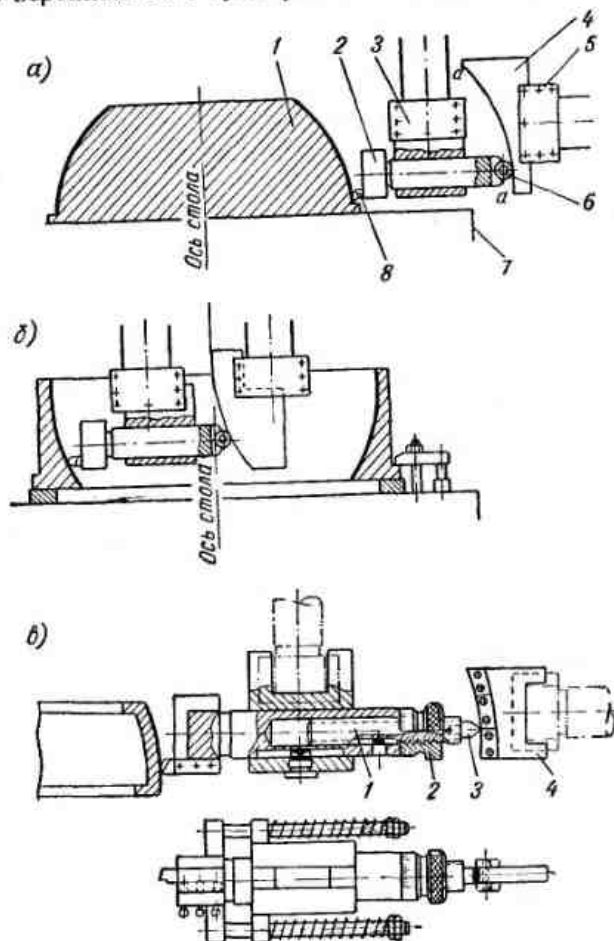


Рис. 48. Примеры применения копирного приспособления с односторонним копиром

вом суппорте. Установка глубины резания и настройка копира производятся при помощи перемещений правого суппорта.

Для получения большей точности при копировании ролик ползуна расточной головки заменяется щупом 3 (рис. 48, в) с радиусом на вершине, равным 1 мм; щуп крепится не на ползуне головки, а на промежуточном звене 1, позволяющем осуществлять тонкую регулировку с помощью гайки 2. Для получения окончательного размера детали пользуются гайкой, имеющей деления, обеспечивающие точность врезания резца 0,02 мм.

Копиры изготавливаются цельными или сборными. Копир 4 (рис. 48, в) сборной конструкции состоит из отдельных планок, изготовленных из стали ХГ, закаленных до твердости HRC 58—62 и прикрепленных к пластинке из стали Ст.3.

Рабочая поверхность копира полируется и покрывается слоем хрома толщиной 15—20 мкм.

Копировальные устройства электрического и гидравлического действия более универсальны, чем рассмотренные механические копирующие устройства.

Электрокопировальные устройства встраиваются в конструкцию станков. Ряд отечественных токарно-карусельных станков оснащен подобными устройствами.

Такое устройство состоит из копировальной головки, укрепленной в верхней части вертикального суппорта, и электромагнитных дисковых муфт, смонтированных в коробке подачи. Работа осуществляется по шаблону (копиру), устанавливаемому на специальном кронштейне. Щуп следящего устройства копировальной головки скользит по шаблону и, замыкая и размыкая при этом (в зависимости от контура шаблона) контакты копировальной головки, производит включение той или иной электромагнитной муфты и тем самым заставляет суппорт с резцом перемещаться строго в соответствии с профилем шаблона.

Описание подобных устройств приведено в технической и учебной литературе по карусельным станкам.

Гидравлические копирующие устройства (в том числе и гидросуппорты) пока, к сожалению, еще не получили широкого распространения на токарно-карусельных станках.

В тех же случаях, когда они применяются, удается достигнуть значительного повышения производительности труда.

При использовании токарно-карусельных станков, особенно при обработке тяжелых и крупногабаритных деталей, возникает необходимость осуществления специальных и сложных работ, не нашедших отражения в гл. I—V настоящей брошюры.

К числу таких работ относятся:

1) сравнительно редкие для токарно-карусельной обработки операции — нарезание резьбы, фрезерование, шлифование, обкатывание и т. п.;

2) обработка тяжелых и крупногабаритных деталей, а также деталей со сложной конфигурацией, требующая применения специальных приемов работы или специальных приспособлений и инструментов.

Подробное описание как специальных операций, так и наиболее часто встречающихся сложных работ, выполняемых на токарно-карусельных станках, приведено в имеющейся технической и учебной литературе.

В настоящем выпуске Библиотечки токаря приводится лишь краткая характеристика специальных работ, выполняемых на токарно-карусельных станках, а также кратко рассматриваются основные вопросы, связанные с обработкой разъемных деталей (распространенный пример сложной операции) и измерениями крупногабаритных деталей.

29. Специальные виды работ

На токарно-карусельных станках кроме обработки цилиндрических и торцовых поверхностей, подрезания уступов, прорезания канавок, а также обработки конических и фасонных поверхностей можно выполнять и такие операции как: нарезание резьбы, фрезерование,

сверление, растачивание глубоких отверстий, шлифование, суперфиниширование, обкатывание, притирку.

Нарезание резьбы. Операция нарезания резьбы может быть выполнена на токарно-карусельном станке, снабженном специальным приспособлением для нарезания резьбы, с помощью которого осуществляется необходимая связь между перемещением суппорта и вращением планшайбы.

Приспособление устанавливается на коробке передач верхнего суппорта. Оно состоит из кронштейна и приклана (гитары) для установки сменных зубчатых колес. При изменении с помощью набора сменных колес передаточного отношения в кинематической цепи планшайба — суппорт (коробка передач в этом случае выключается) достигается возможность нарезания различных резьб с шагами от 1 до 50 мм (метрические) и от 20 до 0,5 нитки на 1" (дюймовые резьбы).

Для подачи резца на глубину при нарезании резьбы применяется дополнительный легкий суппорт, устанавливаемый в револьверной головке или на ползуне станка.

Фрезерование и сверление. Описание конструкции и работы приспособлений для фрезерования и сверления приведено в технической и учебной литературе по карусельным станкам. При обработке тяжелых деталей особенно крупных размеров стремятся по возможности уменьшить число их перестановок и транспортировок с одного рабочего места на другое.

Поэтому в ряде случаев оказывается целесообразным после токарно-карусельной обработки, не снимая детали, провести фрезерование некоторых поверхностей, сверление отверстий и т. п. С этой целью станки снабжаются фрезерными, сверлильными и шлифовальными головками. Фрезерные и сверлильные шпиндели иногда монтируются на общем суппорте.

На рис. 49, а в качестве примера изображена такая фрезерно-сверлильная головка, монтируемая на перемещающихся вдоль поперечины салазках с кольцевым пазом, позволяющим поворачивать шпиндель головки на требуемый угол.

Головка состоит из электродвигателя 2, редуктора 1 и смонтированной в корпусе салазок 5 гильзы 3, внутри которой расположен шпиндель 4.

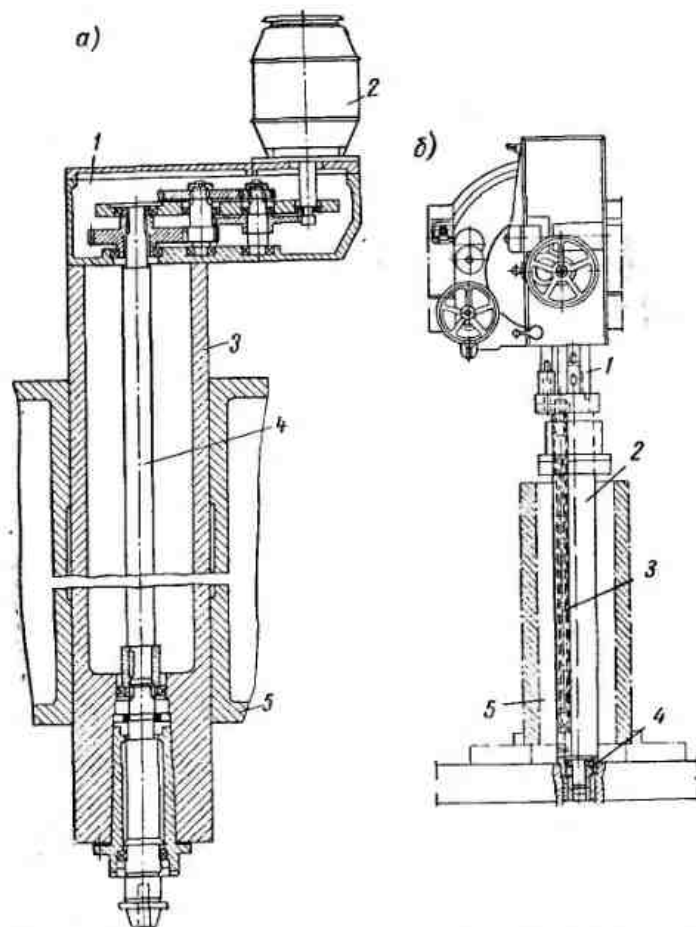


Рис. 49. Дополнительные принадлежности к токарно-карусельным станкам: а — фрезерная головка; б — расточная борштанга

Растачивание с применением борштанг. При обработке тяжелых крупногабаритных деталей приходится встречаться с необходимостью растачивания сквозных цилиндрических глубоких отверстий (с диаметрами сравнительно небольших размеров), расположенных по оси вращения детали.

Для обеспечения возможностей выполнения подобных операций токарно-карусельные станки ряда моделей, как, например, 1550Т, 1663 и 1580Л, по дополнительным заказам снабжаются специальными расточными борштангами.

Борштанга 2 (рис. 49, б) пропускается через подлежащее обработке отверстие 5 и закрепляется одним концом в конусном гнезде ползуна 1 верхнего суппорта, а другим — в неподвижной втулке 4 основания.

При растачивании детали сообщается вращение (на планшайбе), а резцу, закрепленному в резцедержателе борштанги, — осевое перемещение (подача) при помощи винтового механизма 3.

Известны конструкции специальных расточных устройств, применяемых на токарно-карусельных станках иностранных фирм, у которых борштанга для обеспечения работы с более высокими скоростями (по сравнению со скоростями резания, обеспечиваемыми при вращении планшайбы) получает дополнительное вращение.

Шлифование. Для точной обработки, а также при обработке закаленных деталей на токарно-карусельных станках прибегают к шлифованию с помощью специального шлифовального приспособления (шлифовальной головки).

Шлифовальная головка имеет в качестве привода отдельный электродвигатель или пневматическую турбинку, встроенную в корпус головки. В последнем случае головка устанавливается на место резцедержателя в отверстии суппорта или револьверной головки.

Шлифовальная головка используется для шлифования цилиндрических и конических поверхностей (периферией круга), а также — торцовых поверхностей (торцом чашечного круга).

Для операций суперфиниширования, обкатывания и притирки, выполняемых на токарно-карусельных станках, требуется применение специальных устройств.

30. Обработка разъемных деталей

При работе на токарно-карусельных станках часто приходится встречаться с обработкой разъемных деталей (цилиндров паровых турбин, корпусов, насосов и т. п.), продольные оси которых должны совпадать с соответствующими плоскостями разъемов с точностью до 0,05—0,1 мм.

Такие детали поступают на токарно-карусельную операцию с уже обработанными плоскостями разъемов в собранном виде или отдельными половинками. После установки для обработки поверхность разъема должна быть расположена вертикально и проходить через ось вращения планшайбы станка. Это обеспечивается за счет специальной выверки детали.

Практикой токарно-карусельной обработки выработано несколько способов такой выверки. К ним относятся:

- 1) выверка по разметке;
- 2) выверка при помощи индикаторов;
- 3) выверка при помощи специальных приспособлений.

Выверка по разметке. Перед установкой на токарно-карусельный станок на разъемном корпусе во время разметки наносятся две круговые риски: на торцевой и на наружной цилиндрической поверхности верхнего фланца.

По этим рискам обычным способом, т. е. с помощью чертилок, закрепленных в резцедержателях, производится предварительная выверка корпуса на планшайбе станка.

После такой выверки продольная ось корпуса приближенно совпадает с осью *O* вращения планшайбы станка, но положение поверхности разъема по отношению к оси вращения неопределенно. Для обеспечения правильности установки корпуса необходимо совместить поверхность разъема с осью вращения планшайбы. Достигается это следующим образом. Планшайба станка поворачивается так, чтобы линия разъема на торцевой поверхности обрабатываемой детали была параллельна поперечине станка (рис. 50, а).

Проверка ведется с помощью двух чертилок 1 и 2, установленных в резцедержателях правого и левого суппортов. Острия чертилок при перемещении суппортов по поперечине не должны сходить с линии разъема. После этого суппорты с чертилками поднимаются вверх, план-

шайба поворачивается на 180° , а чертилки снова опускаются к торцевой поверхности детали. Правильность поворота планшайбы на 180° (рис. 50, б) проверяется измерением и сравнением отрезков ab и a_1b_1 (от линии разреза до острия чертилок 1 и 2), которые при повороте точно на 180° должны быть равны между собой. Затем

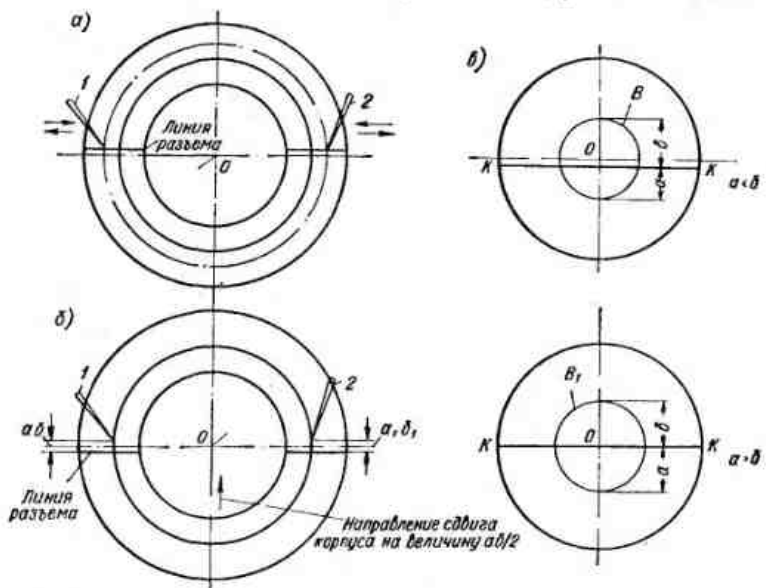


Рис. 50. Схемы выверки разъемных деталей по разметке: а и б — с поворотом планшайбы на 180° ; в и г — без поворота планшайбы

обрабатываемую деталь смещают на планшайбе станка в направлении (показано стрелкой) к чертилкам на величину $\frac{ab}{2} = \frac{a_1b_1}{2}$.

Теоретически после этого перемещения поверхность разреза детали должна точно совместиться с осью O вращения планшайбы. Практически же при этом способе выверки может быть обеспечено совмещение оси обрабатываемой детали с плоскостью разреза ее только с точностью 0,5—2,0 мм.

Недостатком способа является то, что он требует высокой квалификации рабочего и, несмотря на боль-

шие затраты времени, в значительном числе случаев не обеспечивает требуемой точности выверки. К недостаткам также следует отнести трудности, связанные с осуществлением точных поворотов планшайбы на 180° , так как не все токарно-карусельные станки имеют двухстороннее вращение планшайбы; поворачивание же планшайбы станка включением на небольшую величину весьма трудно осуществить.

При установке разъемных дисков можно применить и другой способ выверки их по разметке, заключающийся в следующем.

Разъемный диск в собранном виде устанавливается на планшайбе станка и выверяется по наружной кромке (рис. 50, в). После чернового обтачивания на торцевой поверхности дают круговую риску B и измеряют расстояния a и b по линии разреза KK . При правильной установке диска размер a должен быть равен размеру b . Если же эти размеры оказываются неравными (как и изображено на рис. 50, в), то диск сдвигают на величину $\frac{b-a}{2}$ в направлении большего размера и вновь дают риску B_1 (рис. 50, г), после чего измеряют получившиеся размеры a и b и опять подают диск в нужную сторону. Эти промеры повторяют до тех пор, пока размеры a и b не окажутся равными. В этом случае поверхность разреза будет совпадать с осью O вращения планшайбы станка.

Новаторами производства внесен ряд предложений, направленных на повышение точности установки разъемных деталей по разметке. К таким предложениям относятся способы выверки разъемных деталей, предложенные токарями-карусельщиками Уралмаша Коневым и Рогожиным.

Для обеспечения требуемой точности расположения плоскости разреза токарь-карусельщик Конев после предварительной выверки детали по разметочным рискам протачивает поясок шириной 20—25 мм, по которому затем замеряет рулеткой длину обода каждой половины детали.

Допустим, что эти замеры равны L_1 и L_2 , причем $L_1 > L_2$. Тогда из соотношения

$$a = \frac{L_1 - L_2}{2}$$

определяется размер a , на который нужно сместить обрабатываемую деталь в направлении разъемной половины с большей длиной обода, чтобы плоскость разреза совместилась с осью вращения планшайбы станка. После смещения детали вторично протачивается поясok и вновь производятся контрольные замеры, аналогичные предыдущим.

Способ, предложенный Коневым, обеспечивает необходимую точность установки детали, но он связан с дополнительными затратами рабочего времени на протачивание поясков.

Токарь-карусельщик Рогожин предложил другой способ выверки, не требующий протачивания поясков. По этому способу предварительная выверка детали производится также по разметочным рискам, но вместо протачивания пояска над линией разреза детали натягивают проволоку диаметром 0,5 мм и по ней при помощи чертилки, закрепленной в резцедержателе вертикального суппорта, производят выверку. Наличие проволоки, натянутой вдоль линии разреза, облегчает производство необходимых измерений и повышает их точность. Этот способ обеспечивает практически такую же точность установки, как способ Конева, но отнимает сравнительно меньше времени.

Выверка с помощью двух индикаторов. Принципиально способ выверки разъемных корпусов на планшайбе станка с помощью двух индикаторов имеет много общего с рассмотренным способом выверки подобных корпусов по разметке при помощи двух чертилок.

Для осуществления этого способа выверки к одной из половин корпуса привариваются и затем обрабатываются совместно с поверхностью разреза четыре вспомогательные планки 1 (рис. 51, а), используемые при выверке как измерительные базы.

При выверке разъемный корпус устанавливают на планшайбе карусельного станка и предварительно (с точностью до 1 мм) выверяют по вертикальному и горизонтальному разрезам, а затем выверяют точно при помощи двух индикаторов, закрепленных в резцедержателях вертикальных суппортов станка.

Точная выверка корпуса начинается с того, что измерительные штифты обоих индикаторов подводятся до упора к измерительным площадкам вспомогательных

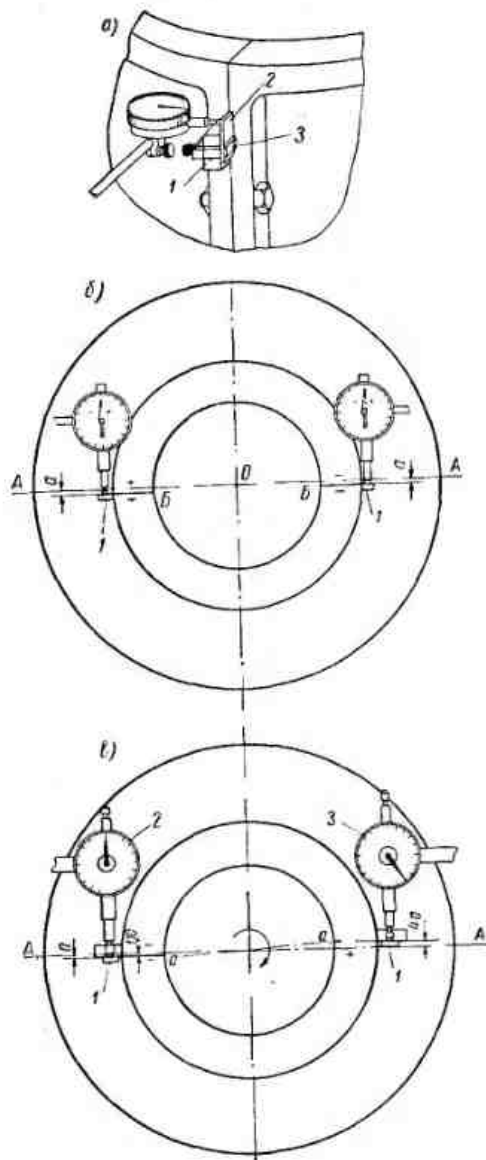


Рис. 51. Схема выверки разъемного корпуса с помощью двух индикаторов

планок 1, а шкалы индикаторов устанавливаются в нулевое положение с натягом 1 мм (рис. 51, б). На рисунке показано, что при нулевом положении обоих индикаторов линия разъема BB корпуса не доходит до линии AA , проходящей через центр O вращения планшайбы станка, на некоторую величину a . Задачей точной выверки является совмещение поверхности разъема с осью вращения планшайбы; при этом нужно довести величину a до нуля.

Для этого индикаторы поднимают вверх, чтобы можно было повернуть планшайбу вместе с выверяемой деталью на 180° . Точность поворота планшайбы затем оценивается индикаторами, измерительные штифты которых подводятся к шлифованным пластинам 2 (рис. 51, а), закрепленным на вспомогательных планках 1 хомутиками 3.

Показания обоих индикаторов должны быть одинаковыми. Разность между показаниями индикаторов до и после поворота на 180° равна удвоенному смещению плоскости разъема от оси вращения стола, т. е. $2a$. После смещения корпуса в сторону оси вращения планшайбы на величину a плоскость разъема корпуса совместится с осью вращения планшайбы станка.

Токарь-карусельщик ХТЗ К. С. Кисляков, предложивший этот способ выверки разъемных корпусов, производит, однако, окончательную выверку несколько иначе. После поворота корпуса на 180° он не добивается одинаковых показаний обоих индикаторов, а определив (по показаниям индикаторов контактирующих с пластинами 1), какая сторона разъема находится ближе к нулевому (до поворота на 180°) показанию индикатора, снова устанавливает ее в прежнее нулевое положение, как до поворота планшайбы на 180° .

На рис. 51, в видно, что индикатор 2 (после установки его на нуль) находится точно в таком же положении, как и до поворота планшайбы на 180° . В этот момент левый край поверхности разъема также смещен от линии AA на величину a .

По показаниям индикатора 3 определяется смещение правого края поверхности разъема, которое будет равно (во всех случаях) учетверенной величине смещения плоскости разъема от оси вращения планшайбы, т. е. $4a$.

Для смещения корпуса (в сторону оси вращения планшайбы) К. С. Кисляков поворачивает планшайбу на величину $2a$, чтобы показания обоих индикаторов были равны, т. е. устанавливает корпус в такое положение, при котором линия разъема становится параллельной поперечине станка (линии AA). После этого смещением

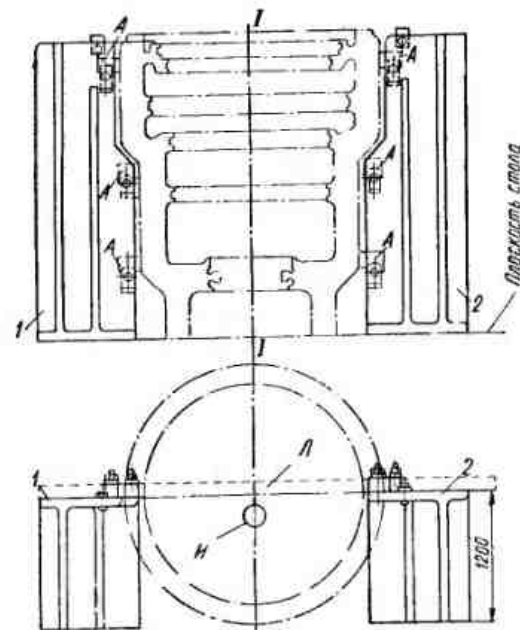


Рис. 52. Установка разъемного корпуса турбины с помощью специальных угольников

кулачков на величину a поверхность разъема корпуса совмещается с осью вращения планшайбы станка. Показания обоих индикаторов в момент совмещения должны быть одинаковы и равны величине a .

Пользуясь этим способом выверки, можно довести точность совмещения плоскости разъема с осью вращения планшайбы до 0,02 мм при выверке мелких и средних деталей и до 0,05 мм при выверке крупных.

Существуют и другие способы выверки разъемных деталей (с помощью вспомогательных площадок, контролируемых индикатором, при использовании специальных

стъемных колец и т. п.), подробно описанные в технической литературе, посвященной работе на карусельных станках.

Применение специальных приспособлений для установки разъемных деталей без выверки. Наиболее прогрессивным направлением в рационализации установки разъемных деталей является применение специальных приспособлений, предназначенных для совмещения плоскости разъема с осью вращения планшайбы станка.

В качестве установочных приспособлений при обработке больших разъемных корпусов применяются различного вида угольники, вертикальные плоскости которых предварительно совмещаются с осью вращения планшайбы станка.

На рис. 52 показана схема установки разъемного корпуса турбины.

В нижней половине корпуса отливаются «технологические» лапы *A* (по три с каждой стороны), которые обрабатываются вместе с поверхностью разъема и лежат с ней в одной плоскости.

На планшайбу станка устанавливаются два угольника *1* и *2* так, чтобы их рабочая поверхность совпадала с диаметральной плоскостью планшайбы. Выверка угольников, осуществляемая с помощью линейки *L* и индикатора *H*, производится при двух положениях стола — 0 и 180° . Разница в показаниях индикаторов не должна быть более $0,1$ мм.

После выверки угольников на планшайбу станка наносят риску для возможности последующих установок без выверки.

После установки угольника нижняя половина корпуса устанавливается на планшайбе и притягивается лапами к угольникам. Далее смещением половины корпуса по плоскости разъема в горизонтальном направлении совмещают ось *I—I* (и центровую риску на детали) с диаметральной плоскостью планшайбы.

При этом пользуются чертилкой, зажатой в резцедержателе верхнего суппорта.

Вторая половина корпуса притягивается к первой и закрепляется болтами через отверстия во фланцах. После такой установки ось вращения стола должна совпадать с осью детали и плоскостью разъема корпуса.

Применение описанного способа выверки позволило токарям-карусельщикам ЛМЗ снизить время на установку корпусов с $10-12$ до 3 ч.

31. Измерения крупногабаритных деталей

Измерения длин и диаметров, размеры которых не превышают 1000 мм, производятся с помощью универсальных и специальных измерительных инструментов, подробно описанных в обширной технической и учебной литературе по этому вопросу.

Измерения длин и диаметров с размерами превышающими 1000 мм производятся путем прямых измерений при помощи специальных измерительных инструментов облегченных типов, или же — по методу косвенных измерений.

Прямые измерения больших размеров при помощи специальных измерительных инструментов облегченного типа. Для измерения точных наружных диаметров с размерами $1000-2000$ мм на заводах тяжелого машиностроения применяются различного рода микрометрические и микроиндикаторные скобы облегченных типов.

Так, например, микроиндикаторные скобы конструкции НКМЗ (Ново-Краматорского машиностроительного завода) примерно на 30% легче скоб распространенной конструкции.

Это последнее обстоятельство имеет большое значение, так как чем легче скоба, тем проще ее манипулировать при измерении деталей и тем меньше времени затрачивает рабочий на измерение поверхностей.

В целях большего облегчения веса скоб для измерения диаметров от 1000 до 2000 мм их корпуса изготавливаются из стальных и дуралюминовых трубок. Вес таких корпусов примерно в три раза меньше веса стальных корпусов.

Иногда корпуса таких скоб изготавливаются из тонкой листовой стали толщиной $0,5-0,8$ мм. В сечении такой корпус скобы имеет овальную форму, что обеспечивает высокую жесткость скобы при минимальном ее весе.

Для измерений наружных диаметров размером более 2000 мм применяются еще более легкие линейные скобы. Корпус такой скобы имеет обычно легкую треугольную форму, изготовленную из двух дуралюминовых труб

(диаметром 50—60 мм). На нижней трубе смонтированы две ножки — кронштейны, перемещающиеся вдоль шпонки. Передвижение ножек происходит всегда в одной плоскости, поэтому измерительные контакты сохраняют соосность. В правой подвижной ножке установлена микрометрическая головка, а в левой — индикаторная головка.

Предварительная установка головки скобы на размер производится по регулируемым установочным мерам и микронутромерам.

Некоторое распространение как на отечественных предприятиях, так и за рубежом получили скобы с полыми деревянными корпусами: дуговые — размерами до 2000 мм и линейные — до 5000 мм. Скобы эти имеют малый вес и незначительную чувствительность к изменениям температуры, что позволяет производить измерения с большой степенью точности.

Измерение диаметра линейными скобами доступно только с торца цилиндра. Чем меньше длина ножек скобы, тем точнее можно произвести измерение.

Точность измерения микрометрами и микрометрическими скобами различных конструкций характеризуется данными, приведенными в табл. 7.

Таблица 7

Точность измерений микрометрами и микрометрическими скобами

Наименование измерительных инструментов	Рекомендуемые пределы измерения в мм	Наиболее высокий класс точности измеряемых изделий при температуре измерения	
		$20 \pm 8^\circ \text{C}$	$20 \pm 1^\circ \text{C}$
Микрометры	300—500	3	2
Скобы микроиндикаторные и микрометрические с корпусами из листовой стали	500—800	4—3	3—2
То же с корпусом сварным из труб	800—2000	4—3	3—2
Скобы линейные с корпусом из труб	800—2000	4—3	3—2

Большая точность измерений достигается при применении микроиндикаторных скоб, а также при уменьшении колебаний температуры.

Для измерений точных внутренних диаметров с размерами более 500—1000 мм применяются универсальные микрометрические нутромеры и специальные штихмасы.

Как известно, пределы измерения универсальным микрометрическим нутромером обычно небольшие, например 75—88 мм. Цена деления барабана 0,01 мм.

Для увеличения пределов измерения к концу микрометрического нутромера присоединяют сменные удлинители.

Удлинители изготавливаются размерами от 500 до 3150 мм. К каждому нутромеру прикладывается соответствующий набор удлинителей.

Пределы измерения микрометрическим нутромером с учетом такого набора удлинителей: 75 — 175; 75—575; 150—1200; 150—4000 мм.

При измерении нутромер устанавливают ориентировочно на заданный размер и вводят в контролируемое отверстие. Один наконечник нутромера в измеряемом сечении упирают в какую-либо точку, а другой для нахождения действительного значения измеряемого диаметра осторожно покачивают в продольном и поперечном направлениях.

Покачивание производят при одновременном регулировании микрометрического винта и прекращают при отыскании наибольшего значения в поперечном направлении и наименьшего значения в продольном направлении.

Для точных измерений диаметров отверстий микрометрическими нутромерами требуется навык в обращении с ними.

Диаметр отверстия следует измерять не менее чем в трех сечениях вдоль оси и не менее чем в двух взаимно перпендикулярных сечениях.

Кроме универсального микрометрического нутромера с достаточно широкими пределами измерений, изготавливаемого инструментальными заводами, существует много различных конструкций микрометрических нутромеров, сконструированных и изготавливаемых машиностроительными заводами для собственных нужд. Так, например, на заводе «Электросила» для измерения размеров от

2000 до 4000 мм применяются достаточно простые жесткие нутромеры с микрометрической головкой, а также раздвижные нутромеры, состоящие из трубы с прорезью и нониусом и штанги с миллиметровыми делениями, расположенной внутри и выдвигающейся на длину от 500 до 1000 мм.

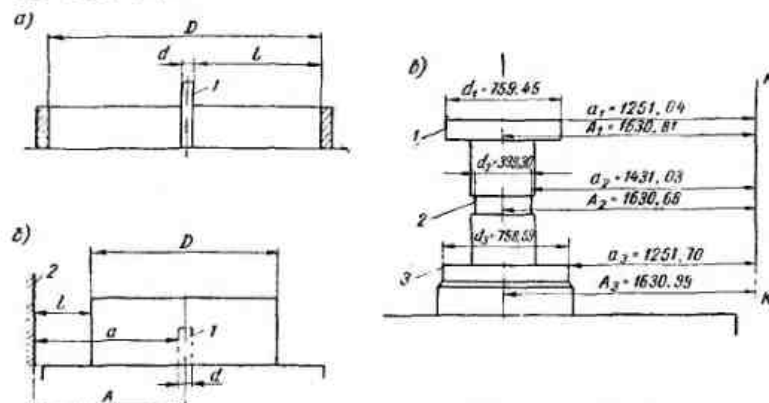


Рис. 53. Схемы измерения диаметров крупной детали от дополнительных измерительных баз

Для измерения отверстий размерами более 4000 мм применяются специальные штихмасы облегченного типа.

Такие штихмасы используют токари-карусельщики завода «Электросила», ЛМЗ и других предприятий.

Применение облегченных штихмассов значительно упрощает измерения и повышает их точность. Недостатком их является сравнительная сложность изготовления.

Учитывая это, следует рекомендовать применение облегченных штихмассов только для измерения в диапазоне 4000—6000 мм. Для измерений же размеров более 6000 мм следует применять косвенные методы, подробно описанные ниже.

Косвенные измерения диаметров крупногабаритных деталей. На заводах тяжелого машиностроения при обработке крупногабаритных деталей часто прибегают к косвенным измерениям диаметров больших размеров. Различают следующие способы таких измерений: 1) от дополнительных измерительных баз; 2) методом опоясыва-

ния; 3) по хорде и высоте сегмента; 4) с помощью теодолита и базовой линейки.

Этот последний оптический метод применяется при измерении очень крупных деталей на гигантских токарно-карусельных станках.

При измерении от дополнительных измерительных баз в качестве вспомогательных измерительных баз используются: специальные колонки, устанавливаемые в центре планшайбы, части станка, упоры, а также поверхности обрабатываемой детали.

На рис. 53 приведены принципиальные схемы измерения внутреннего и наружного диаметров от дополнительных измерительных баз.

При измерении внутреннего диаметра обрабатываемой детали от оправки 1 (рис. 53, а), установленной в центре планшайбы, размер диаметра определяется по формуле

$$D = 2l + d \text{ мм},$$

где l — расстояние от оправки 1 до внутренней поверхности детали, измеренное штихмасом;

d — диаметр оправки 1, устанавливаемой в центре планшайбы.

При измерении наружного диаметра в качестве вспомогательной измерительной базы используется стойка 2 станка (рис. 53, б). Наружный диаметр детали в этом случае определяется по формуле

$$D = 2 \left[\left(a + \frac{d}{2} \right) - l \right] \text{ мм}$$

или

$$D = 2(A - l) \text{ мм},$$

где l — расстояние от вспомогательной измерительной базы до наружной поверхности, измеренное штихмасом;

A — расстояние от центра планшайбы до вспомогательной измерительной базы на стойке станка, определяемое по формуле

$$A = a + \frac{d}{2},$$

где a — расстояние от вспомогательной измерительной базы (стойки 2) до оправки 1, измеряемое пред-

варительно до установки обрабатываемой детали на планшайбу;

d — диаметр вспомогательной оправки I , устанавливаемой в центре планшайбы.

Метод измерения больших диаметров от вспомогательных измерительных баз по сравнению с методом прямого измерения имеет следующие преимущества:

1) определение размеров выполняется инструментами, длина которых примерно в два раза меньше измеряемого размера;

2) наружные размеры определяются в результате измерений, производимых нутромерами (штихмасами), а не скобами, что значительно упрощает и облегчает процесс измерения.

Дополнительными измерительными базами на стойке служат небольшие площадки либо непосредственно на стойке, либо на специальном угольнике со сферической пуговкой, прикрепляемом к стойке станка.

Как показывает опыт заводов тяжелого машиностроения, при помощи такого способа измерения можно производить обработку крупных деталей с точностью 3-го класса ОСТ.

Практическое применение способа измерения больших диаметров от дополнительных измерительных баз можно показать на примере опыта работы токаря-карусельщика К. С. Кислякова.

При обработке наружных посадочных поясков I , 2 и 3 обоймы цилиндра паровой турбины мощностью 50 000 *квт* измерение их К. С. Кисляков производил от дополнительных измерительных баз на стойке станка. Для этого до начала обработки обоймы цилиндра Кисляков подобрал одну из имеющихся на заводе бракованных деталей и установил ее на планшайбе станка. На этой детали он проточил три пояска, расположенных по высоте против соответствующих наружных поясков обоймы цилиндра. Затем на уровне каждого проточенного пояска на стойке $K-K$ станка (рис. 53, а) были сделаны площадки, используемые в дальнейшем как дополнительные измерительные базы. Фактические расстояния (a_1 , a_2 и a_3) между проточенными поясками и соответственными площадками на стойке станка были измерены штихмасом и записаны в таблицу. Зная диаметры проточенных поясков d_1 , d_2 и d_3 и расстояния между ними и площадками на

стойке станка a_1 , a_2 и a_3 , токарь по формуле определял точные расстояния A_1 , A_2 и A_3 от каждой площадки до оси вращения планшайбы станка и записывал их. На этом работа по подготовке вспомогательных измерительных баз была закончена.

Затем, сняв со станка вспомогательную деталь, К. С. Кисляков установил обойму цилиндра и начал обработку ее. Пользуясь соответствующими площадками на стойке станка, он определял диаметры обрабатываемых поясков по формуле

$$D = 2(A - l),$$

где A — высчитанное раньше и записанное в таблицу точное расстояние от соответствующей площадки до центра вращения планшайбы станка;

l — измеряемое в процессе обработки расстояние между соответствующей площадкой и поверхностью пояска.

Так, например, после очередного прохода пояска I произведенное штихмасом измерение расстояния от обработанной поверхности пояска до площадки на стойке станка зафиксировало размер 418,4 мм. Зная этот размер, диаметр обрабатываемого пояска можно определить по формуле

$$D = 2(A - l) = 2(1630,81 - 418,4) = 2424,82 \text{ мм.}$$

Следовательно, оставшийся припуск на диаметр составляет

$$D - D_1 = 2424,82 - 2415 = 9,82 \text{ мм.}$$

Чтобы снять этот припуск, резец следует переместить на глубину $t = 4,91$ мм.

Требуемый размер пояска I будет получен тогда, когда расстояние от поверхности пояска до соответствующей площадки на стойке станка будет равно размеру l_1 , определяемому по формуле

$$l_1 = A_1 - \frac{D_1}{2} \text{ мм,}$$

где A_1 — записанное раньше расстояние от соответствующей площадки на стойке станка до центра вращения планшайбы;

Предельные погрешности при различных способах измерения

Способ и средство измерения	Предельные погрешности измерения в м.м для размеров в м.м						
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	10 000
Прямые измерения штихмасами и скобами	$\pm 0,05$	$\pm 0,08$	$\pm 0,115$	$\pm 0,155$	$\pm 0,19$	$\pm 0,23$	—
Косвенные измерения: от дополнительных измерительных баз по способу опоясывания	—	$\pm 0,08$	$\pm 0,10$	$\pm 0,12$	$\pm 0,145$	$\pm 0,175$	$\pm 0,285$
	$\pm 0,245$	$\pm 0,330$	$\pm 0,395$	$\pm 0,540$	$\pm 0,675$	$\pm 0,810$	—

Таблица 9

Рекомендуемые способы и средства измерения больших диаметров

Способ и средство измерения	Пределы измерения в м.м	Высший класс точности измеряемых деталей при температуре измерения	
		$20 \pm 8^\circ \text{C}$	$20 \pm 1^\circ \text{C}$
Прямые измерения штихмасами и скобами	До 6000	4	3
Косвенные измерения: от дополнительных измерительных баз по способу опоясывания	3000—12 000 2000—12 000	4 5	3 4

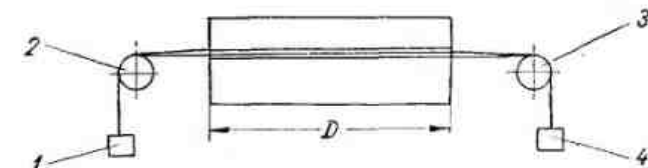


Рис. 54. Схема измерения наружного диаметра детали способом опоясывания

При таком измерении наружный диаметр D определяется по формуле

$$D = \frac{L}{\pi},$$

а при измерении специальной стальной лентой — по формуле

$$D = \frac{l + a}{\pi}.$$

Здесь L — длина окружности, измеренная рулеткой;
 l — длина стальной ленты;
 a — зазор между концами ленты, измеряемый щупом.

Рулетка или лента при измерении натягивается на измеряемую поверхность с определенным усилием, которое создается грузами 1 и 4, перекинутыми через блоки 2 и 3 (рис. 54), или специальными натяжными приспособлениями.

Точность измерения диаметров по этому способу сравнительно невелика. Так, например, погрешность изме-

рения диаметров величиной около 3000 мм составляет около 0,4—0,5 мм.

Другим недостатком этого способа измерения является то, что он дает возможность определять только среднее значение диаметра; определение же размеров в разных сечениях, т. е. выявление отклонений формы поверхности, невозможно.

Сравнительная точность различных способов косвенных измерений в сопоставлении с точностью прямых измерений штихмасами и скобами характеризуется данными, приведенными в табл. 8.

Для выбора способа и средств измерения больших диаметров можно пользоваться рекомендациями, приведенными в табл. 9.

ОГЛАВЛЕНИЕ

В. А. Блюмберг, М. А. Сергеев. ОБРАБОТКА ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава I. Обработка основных поверхностей на токарных станках	11
1. Обработка наружных цилиндрических и торцевых поверхностей	—
2. Обработка отверстий	29
3. Обработка конических поверхностей	48
4. Обработка фасонных поверхностей	59
Глава II. Нарезание резьбы на токарных станках	89
5. Рациональные способы нарезания резьбы	90
6. Механизация и автоматизация процесса нарезания резьбы	108
Глава III. Обработка деталей типа валов	121
7. Выбор рациональной заготовки	—
8. Обработка гладких валов	124
9. Обработка ступенчатых валов	134
10. Обработка нежестких валов	158
Глава IV. Обработка деталей типа втулок, гильз и колец . . .	171
11. Выбор рациональной заготовки	—
12. Методы установки и закрепления обрабатываемых деталей	177
13. Выбор рациональной схемы и последовательности обработки деталей типа втулок, гильз и колец	190
14. Механизация и автоматизация технологического про-	

цесса обработки втулок	204
Глава V. Обработка деталей со сложной установкой	217
15. Обработка втулок сложной формы и эксцентричных деталей	218
16. Обработка деталей некруглой формы	224
Литература	234

И. С. Амосов, В. А. Скраган. ТОЧНОСТЬ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Глава I. Точность обработки на токарных станках	237
1. Точность обработки	—
2. Геометрические погрешности токарных станков, погрешности установки и закрепления	243
3. Жесткость технологической системы	246
4. Размерный износ режущего инструмента (токарного резца)	262
5. Температурные деформации технологической системы	269
6. Погрешности настройки на размер	279
7. Общие методы повышения точности обработки на токарных станках	284
Глава II. Шероховатость поверхности	289
8. Шероховатость поверхности и ее параметры	290
9. Методы определения классов чистоты поверхности	294
10. Геометрические причины образования шероховатостей	296
11. Влияние режимов резания на высоту микронеровностей	299
12. Влияние геометрии режущего инструмента на высоту микронеровностей	302
13. Влияние обрабатываемого материала	305
14. Влияние состояния режущей кромки инструмента	306
Глава III. Вибрации при точении и методы борьбы с ними	307
15. Понятие о колебаниях	308
16. Вибрации при точении	314
17. Специальные средства борьбы с вибрациями	327
Литература	339

В. А. Блюмберг. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ

Глава I. Основные сведения о токарно-карусельных станках	243
1. Общие сведения о конструкции токарно-карусельных станков	344

2. Основные характеристики токарно-карусельных станков	347
--	-----

Глава II. Приемы выполнения наиболее распространенных видов работ на токарно-карусельных станках	350
3. Обтачивание наружных цилиндрических поверхностей	—
4. Обтачивание торцовых поверхностей	352
5. Обработка цилиндрических отверстий	355
6. Подрезание уступов, прорезание канавок и отрезание	357

Глава III. Пути повышения производительности при работе на токарно-карусельных станках	363
7. Специализация и предварительная настройка станков	364
8. Внедрение метода групповой обработки	366
9. Применение рациональных способов установки, выверки и крепления обрабатываемых деталей	—
10. Сокращение количества установок обрабатываемых деталей	368
11. Одновременная обработка нескольких деталей	371
12. Установление рациональной последовательности и правильного метода обработки отдельных поверхностей	378
13. Одновременная обработка несколькими резцами	—
14. Применение рациональных методов установки резцов на размер	390
15. Рациональный выбор конструкции и геометрии режущих инструментов, а также режимов резания	398
16. Применение комбинированных резцов	402
17. Рациональная организация рабочего места и техника безопасности	405

Глава IV. Обработка конических поверхностей на токарно-карусельных станках	408
18. Основные способы обработки конических поверхностей	—
19. Обработка широкими резцами	—
20. Обработка путем поворота салазок суппорта	410
21. Обработка при помощи конусной линейки и других копирных приспособлений	413
22. Обработка при помощи специальных суппортов	416
23. Обработка путем настройки специального приспособления с помощью сменных зубчатых колес	418

Глава V. Обработка фасонных поверхностей на токарно-карусельных станках	420
24. Основные способы обработки фасонных поверхностей	—
25. Фасонные резцы и их применение	—
26. Обработка сферических и радиусных поверхностей с помощью специальных поворотных приспособлений	425
27. Обработка сферических и радиусных поверхностей с помощью поводковых устройств (приспособлений)	430
28. Обработка фасонных поверхностей с помощью копирных приспособлений	432
Глава VI. Специальные и сложные работы, выполняемые на токарно-карусельных станках	437
29. Специальные виды работ	—
30. Обработка разъемных деталей	441
31. Измерения крупногабаритных деталей	449

*Виталий Альбертович Блюмберг, Михаил Афанасьевич Сергеев,
Иван Сергеевич Амосов, Василий Александрович Скраган*

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ И КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ

Редакторы издательства Л. И. Вожик и Е. М. Мельник
Технический редактор Т. Н. Кондрот
Художественное оформление О. П. Андреева
Корректор А. И. Лавриненко

Сдано в производство 30/VII 1969 г. Подписано к печати 29/X 1969 г.
М-56753. Формат бумаги 84×108/32. Печ. л. 24,36. Уч.-изд. л. 24,2
Тираж 24 000 экз. Заказ 277. Цена 1 р. 10 к.

Ленинградское отделение издательства «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
Ленинград. Д-65, ул. Дзержинского, 10

Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР
Ленинград. С-144, ул. Моисеенко, 10

БИБЛИОТЕЧКА ТОКАРЯ

К. М. Великанов, М. А. Сергеев, В. Г. Подпоркин, И. С. Большаков. Производительность, экономика и организация труда токаря. Выпуск 1.

А. М. Кучер, И. М. Кучер, Ю. М. Ансеров. Токарные станки и приспособления. Выпуск 2.

В. А. Блюмберг, М. А. Сергеев, И. С. Амосов, В. А. Скраган. Обработка деталей на токарных и карусельных станках. Выпуск 3.