

**Серия  
справочников  
для рабочих**



**П. Г. КАЦЕВ**

# **Обработка протягиванием**

**СПРАВОЧНИК**



**МОСКВА  
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»  
1985**



ББК 34.642  
К12  
УДК 621.919.1 (035)

Рецензент Л. Я. Элькун

**Кацев П. Г.**  
К12      **Обработка протягиванием: Справочник. — М.: Машиностроение, 1986. — 272 с.: ил. — (Серия справочников для рабочих).**

(В пер.): 1 р. 20 к.

Изложены сведения о процессе обработки металлов протягиванием. Описаны конструкции протяжек, протяжных станков и приспособлений. Приведены режимы резания, рекомендации по выполнению основных видов протяжных работ, а также данные по контролю и испытанию протяжек, очистке их от стружки, обнаружению и устранению неполадок при протягивании, автоматизации протяжных работ.

Для рабочих-протяжников, справочник может быть полезен учащимся ПТУ.

К 2704040000-251  
038 (01)-86      251-86

ББК 34.642  
6П4.6.08

СЕРИЯ СПРАВОЧНИКОВ ДЛЯ РАБОЧИХ

**Павел Григорьевич Кацев**  
**ОБРАБОТКА ПРОТЯГИВАНИЕМ**

Редактор Т. Д. Онегина. Технический редактор О. В. Куперман

Художественный редактор С. С. Водчиц

Корректоры: О. Е. Мишина и А. П. Сизова

ИБ № 4794

---

Сдано в набор 29.11.85. Подписано в печать 16.04.86. Т-10720.  
Формат 84 × 108<sup>1/8</sup>. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная.  
Печать высокая. Усл. печ. л. 14,28. Усл. кр.-отт. 14,28. Уч.-изд. л. 14,64.  
Тираж 20 000 экз. Заказ 292. Цена 1 р. 20 к.

---

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,  
107076, Москва, Стромынский пер. 4

---

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени  
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой  
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли  
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

© Издательство «Машиностроение», 1986 г.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
<i>Глава 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОТЯГИВАНИИ</i>	7
<i>Глава 2. КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖЕК</i>	38
Основные части внутренних протяжек и прошивок.	38
Схемы резания при протягивании	42
Протяжки для внутреннего протягивания	55
Протяжки для наружного протягивания	87
<i>Глава 3. ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ</i>	103
Основные типы протяжных станков	103
Станки и приспособления для протягивания глубоких отверстий	110
Шпоночно-протяжные станки	116
Техническое обслуживание станков	118
Приспособления и вспомогательный инструмент для протягивания	119
Приспособления для установки заготовки	126
Приспособления для предупреждения деформации заготовки	136
<i>Глава 4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРОТЯЖЕК.</i>	144
Режимы резания при протягивании	144
Изнашивание зубьев протяжек и их заточка	149
Средняя наработка протяжного инструмента между отказами	157
Охлаждение при протягивании	159
Контроль протяжек	164
Испытания протяжек в работе	169
<i>Глава 5. РАБОТА НА ПРОТЯЖНЫХ СТАНКАХ.</i>	173
Припуски на протягивание	177
Подготовка обрабатываемой заготовки под протягивание	183
Протягивание гладких цилиндрических отверстий.	187
Протягивание шпоночных пазов	188
Протягивание шлицевых отверстий	192
Обработка отверстий прошивками	193
Координатное протягивание	194

---

Обработка протяжками с выглаживающими и деформирующими зубьями . . . . .	196
Наружное протягивание . . . . .	203
Протягивание глубоких отверстий	210
 <i>Глава 6. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОТЯГИВАНИЯ</i>	 219
Протяжные станки в автоматических линиях .	219
Автоматизация протяжных станков . . . . .	220
<i>Глава 7. НЕПОЛАДКИ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ И ИХ УСТРАНЕНИЕ . . . . .</i>	 245
Признаки нормальной работы протяжек . . . . .	245
Неполадки в протяжных станках и их устранение .	264
Список литературы . . . . .	268
Предметный указатель	269



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Стратегический курс партии, намеченный на XXVII съезде КПСС, — это курс на ускорение социально-экономического развития страны. Важное место в решении поставленной задачи принадлежит машиностроению и, в частности, технологии обработки металлов резанием. Протягивание — один из прогрессивных методов обработки металлов резанием.

Преимущества протягивания: высокая производительность и точность получаемых размеров, малая шероховатость обработанной поверхности, надежность процессов вследствие высокой стойкости протяжек, простота выполнения и наладки процесса. Область применения протягивания в современном машиностроении непрерывно расширяется.

Протягивание применяют не только в массовом и крупносерийном производстве, но и в мелкосерийном, например, для обработки ведущего колеса экскаватора массой около 2 т, ступиц гребного винта и других заготовок массой до 35 т. В ряде случаев протягивание является единственно возможным или наиболее экономичным способом обработки.

Совершенствование процесса протягивания осуществляется за счет создания новых конструкций протяжек, повышения скоростей станков и их автоматизации, создания станков для непрерывного протягивания и все более широкого применения в протяжках твердых сплавов. При обработке протягиванием решающее значение имеют конструкция инструмента и качество его изготовления.

В справочнике приведены сведения о всех основных видах протяжек, в том числе, сборных и для специальных работ, об особенностях конструкций протяжек в целом и по отдельным элементам, о применяемых схемах резания, области их использования и применении твердого сплава в протяжках.

Достаточно полно рассмотрены вопросы рациональной эксплуатации протяжек: режимы резания, применение охлаждающих жидкостей и подготовка заготовок к протягиванию. Впервые рассмотрены способы улучшения обрабатываемости материала заготовок протягиванием. Даны рекомендации по заточке протяжек и контролю их качества методом моделированных испытаний.

Приведены также основные сведения о протяжных станках как общего назначения, так и специальных. Описаны типовые приспособления к станкам, вспомогательный инструмент и оснастка. Освещены вопросы автоматизации обработки протягиванием. В отдельной главе даны описания работ по внутреннему и наружному протягиванию. Рассмотрены вопросы технологии обработки, припусков под протягивание и подготовки оборудования.

Наряду с обработкой режущими протяжками рассмотрена обработка деформирующими и выглаживающими протяжками и прошивками. Впервые приведены достаточно полные сведения по протягиванию глубоких отверстий.

Уделено большое внимание такому важному для практики вопросу как обнаружение и устранение неполадок при обработке протягиванием, что позволит рабочему сократить сроки освоения эффективных приемов работы и повышения своей квалификации, улучшить качество обработки, а также повысить производительность труда при протягивании.

Даны рекомендации по техническому обслуживанию протяжных станков, безопасности труда при протягивании, мерам предосторожности при работе со смазочно-охлаждающими жидкостями и другим вопросам практики обработки протягиванием.

Материал справочника основан на современном опыте отечественного и зарубежного машиностроения, результатах исследований и опыте передовиков производства.

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОТЯГИВАНИИ

Протягивание — один из высокопроизводительных способов механической обработки металлов, который широко применяют в массовом производстве взаимозаменяемых деталей машин, станков и других изделий машино- и приборостроения.

**Особенности процесса протягивания** следующие: применение точного многолезвийного, сложного в изготовлении инструмента; обработка заготовки одновременно по всему профилю; отсутствие между инструментом и изделием промежуточных звеньев; простота наладки станка и установки изделия и инструмента; высокая точность и низкая шероховатость обработанной поверхности; высокая производительность и экономичность процесса обработки.

Принципиального различия в устройстве и работе протяжек и прошивок нет <sup>1</sup>. Протяжку протягивают сквозь обрабатываемое отверстие, а прошивку проталкивают. На протяжку действует растягивающая сила, а на прошивку — сжимающая, поэтому прошивки приходится делать более короткими.

Производительность протягивания в 3—12 раз выше производительности других способов механической обработки металла (развертывания, фрезерования, долбления, строгания, шлифования).

Режущая протяжка обеспечивает точность обработки в пределах 7—9-го квалитетов. Параметр шероховатости протягиваемой поверхности  $Ra = 0,32 \div 2,5$  мкм.

Протягивание применяют в различных отраслях машиностроения для обработки всевозможных внутренних (замкнутых) и наружных (открытых) поверхностей различных деталей.

---

<sup>1</sup> Далее под протягиванием будут подразумеваться оба процесса.

Внутреннее протягивание используют для обработки различных отверстий: круглых (цилиндрических), квадратных, многогранных, шлицевых с различным профилем прямых и винтовых канавок, а также шпоночных и других фигурных пазов в отверстиях заготовки. Диаметр протягиваемых отверстий составляет 2—4000 мм, длина до 10 м. Чаще всего протягивают отверстия диаметром 10—75 мм, длиной, не превышающей 2,5—3 диаметров. Ширина протягиваемых пазов составляет 1—200 мм.

Особенно широко протяжки применяют в авиационной, автотракторной и станкостроительной промышленности. Например, современный автомобильный завод использует до 1000 типоразмеров протяжек. Их применяют при обработке отверстий поршня, шатуна, шлицевых отверстий с различной формой шлицев (прямоугольных, елочных, эвольвентных), а также различных профильных отверстий и пазов, шпоночных канавок, трака гусениц, зева шестигранных ключей, зубчатых колес и муфт внутреннего зацепления. Внутреннее протягивание применяют также при обработке деталей пишущих и швейных машин, велосипедов, мотоциклов, деталей оборудования для пищевой и текстильной промышленности, фото- и киноаппаратуры.

В тяжелом машиностроении этот способ используют при обработке шлицевых и других отверстий в деталях насоса, лебедки, экскаватора, буровой машины (отверстий крейцкопфа, шатуна, звездочек, талевого блока, отверстий в цилиндрических и конических колесах).

Протягиванием обрабатывают эвольвентные шлицевые отверстия диаметром более 300 мм. Например, протягивают шлицевые отверстия в ведущем колесе шестикубкового экскаватора (габаритные размеры  $320 \times 295 \times 30$  мм, масса около 2 т). Были проведены испытания уникальной протяжки массой 1200 кг и диаметром 387 мм для обработки барабана бортового фрикциона трактора Т-130, которая позволит заменить 20 зубодолбежных станков.

На специальных шпоночно-протяжных станках протягивают шпоночные пазы в отверстиях ступиц гребных винтов и других крупногабаритных деталей тяжелого машиностроения массой до 35 т. При этом масса протяж-

ного станка составляет 20 т, сила тяги 98 кН, мощность 20 кВт. Обработка пазов на таких станках осуществляется автоматически.

Наряду с этим, протягиванием обрабатывают фасонные пазы шириной 1,2 мм, круглые отверстия диаметром 3 мм, прямоугольные отверстия размером 2×3 мм и более сложные профили, такие, как зубчатые колеса с наружным и внутренним зацеплением, винтовые пазы и шлицы, прямоугольные и трапецеидальные резьбы.

Н а р у ж н о е   п р о т я г и в а н и е применяют вместо фрезерования, строгания, шлифования для обработки поверхностей площадью 100—200 см<sup>2</sup>. Вместе с тем наружное протягивание выгодно применять при обработке в массовом производстве заготовок с большой площадью поверхности (блоков и головок цилиндров автомобильных и тракторных двигателей). Чаще всего протягивают плоские и фасонные поверхности: пазы, рифления, хвосты турбинных лопаток и др.

Протяжками обрабатывают металлы и пластические массы, допускающие обработку резанием.

Примером возможностей протягивания является обработка зубьев колеса диаметром 7300 мм на поворотном делительном барабане специального станка. Каждый зуб протягивается за шесть проходов. Возвратно-движущаяся протяжка с шестью рейками автоматически поворачивается на каждый ход. Скорость резания при этом составляет 0,5—15 м/мин, масса станка 230 т, мощность привода 170 кВт.

Протягиванием обрабатывают также зубчатые колеса методом обкатывания.

При протягивании отверстий в деталях типа рычагов и шатунов необходимо обеспечить не только точность размеров, но и точность взаимного расположения протянутых отверстий. Такое протягивание называют *координатным*. К координатному протягиванию можно отнести и протягивание отверстий в корпусных заготовках, когда положение отверстий связано размерами с другими поверхностями заготовки.

К одной из групп изделий, обрабатываемых протягиванием, относятся опорные катки, ролики и натяжные колеса ходовой части тракторов, ролики тележек агломерационных машин и т. п.

Специфической областью применения протягивания является обработка сверхглубоких отверстий, у которых длина превышает диаметр в 100 раз и более.

Достоинства протягивания отверстий хорошо видны из сопоставления результатов обработки различными способами (табл. 1).

### 1. Результаты обработки отверстий различными способами

Способ обработки	Квалитет точности	Параметр шероховатости $Ra$ , мм	Производительность способа обработки, %	Стоимость операции, %
<i>Резание</i>				
Зенкерование	9—11	2,5—10	59	130
Растачивание	8—9	1,25—5	24	160
Тонкое растачивание	6—7	0,32—2,5	29	180
Развертывание	7—9	0,32—2,5	30	280
Протягивание	7—9	0,32—2,5	100	100
Хонингование	6—7	0,08—0,32	25	210
Шлифование	6—7	0,16—0,63	18	300
<i>Пластическое деформирование</i>				
Выглаживание прошивками, шариками	7	0,04—0,08	100	100
Протягивание выглаживающими протяжками	6—7	0,08—0,16	100	100
Раскатывание раскатками:				
роликовыми	6—7	0,08—0,16	25	140
шариковыми	7	0,08—0,16	20	160

Для обработки сложных, точных внутренних и наружных профилей, к параметрам шероховатости поверхностей которых предъявляются высокие требования, процесс протягивания часто является незаменимым.

При обработке заготовок в технологии машиностроения применяются предварительные и чистовые операции. Так, при обработке на сверлильном станке отверстия 7-го квалитета с шероховатостью  $Ra = 0,16 \div 0,63$  мкм, полученного штамповкой в исходной заготовке, необходимо выполнить все четыре этапа обработки: черновой — зенкерование, получистовой — предварительное развертывание, чистовой — окончательное развертывание

и отделочный — раскатывание. При обработке этой же заготовки на протяжном станке все четыре этапа выполняют одним инструментом — комбинированной протяжкой за один рабочий ход.

Таким образом, высокая эффективность процесса протягивания объясняется большой длиной режущих кромок, одновременно участвующих в резании; выполнением

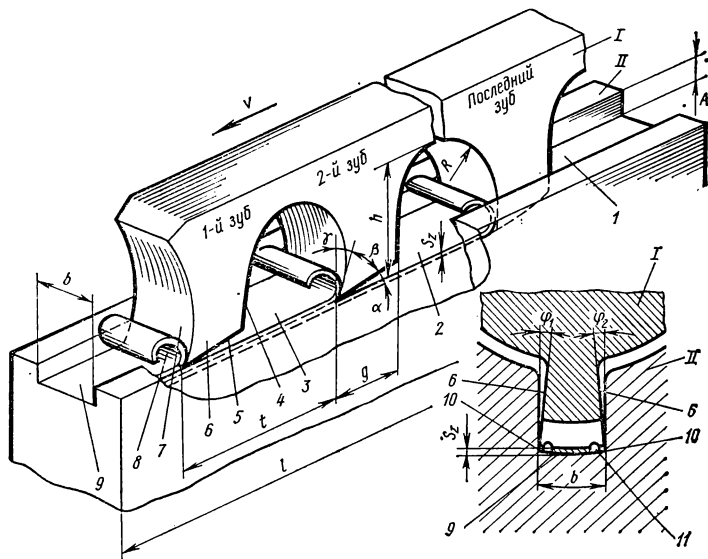
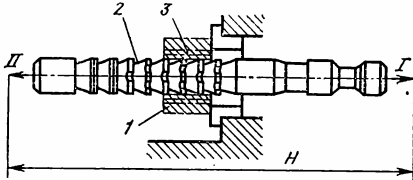
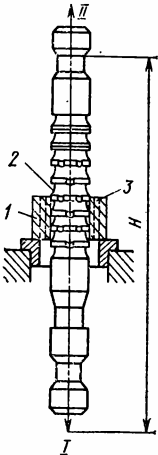


Рис. 1. Геометрия зубьев протяжки

одним инструментом за один рабочий ход нескольких переходов и отсутствием большого числа обратных ходов, которые сопровождают процесс долбления шпоночных пазов, шлицевых и зубчатых, многогранных и фасонных отверстий. В табл. 2 приведены различные способы обработки протягиванием и их особенности.

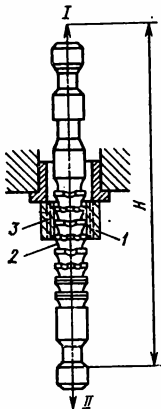
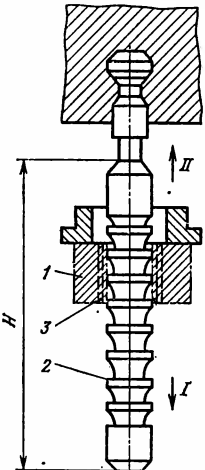
**Геометрия зубьев и элементы резания при протягивании.** На рис. 1 представлена режущая часть пазовой (шпоночной) протяжки I в процессе работы (протягивания) паза в заготовке II. На рисунке показаны основные элементы режущей части протяжки: передняя поверхность 7 зуба, задняя поверхность 5 зуба, главная режущая кромка 8, боковая поверхность 6 зуба, обработанная

## 2. Способы протягивания и их особенности

Способ протягивания	Инструмент	Особенность процесса
<i>Внутреннее</i>		
Горизонтальный 	Режущая протяжка	Протяжка протягивается через неподвижную заготовку в горизонтальном направлении
Вертикальный 	Режущая протяжка	Протяжка протягивается через неподвижную заготовку сверху вниз

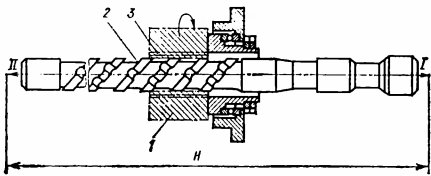
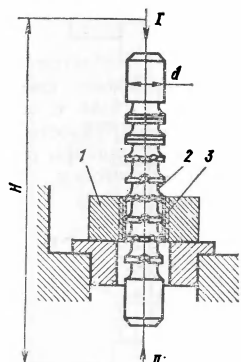
Станок и его привод	Преимущество процесса	Недостаток процесса
<i>протягивание</i>		
Горизонтально-протяжной с механическим или гидравлическим приводом	Универсальность применения. Стоимость станка ниже стоимости вертикально-протяжного станка. Пригоден для применения в производстве с меняющейся номенклатурой	Большая занимаемая площадь. Протяжка вручную вставляется и закрепляется в тяговом патроне станка с предварительно надетой на нее заготовкой. Автоматизация затруднительна
Вертикально-протяжной для внутреннего протягивания или станок, который может перенастраиваться как на внутреннее, так и на наружное протягивание, с гидравлическим приводом	Возможность автоматизации. Малая занимаемая площадь. Лучшее охлаждение, так как направление движения жидкости совпадает с направлением протягивания. Равномерное затупление режущих кромок, исключение влияния массы протяжки на форму и размеры отверстия. Упрощение захвата и протяжек патроном и установки заготовок	Большая высота станка, часто препятствующая его установке без использования пространства под полом цеха



Способ протягивания	Инструмент	Особенность процесса
Вертикальный 	Режущая протяжка	Протяжка протягивается через неподвижную заготовку снизу вверх
	Режущая протяжка	Протяжка закреплена неподвижно, заготовка совершает рабочее вертикальное движение сверху вниз

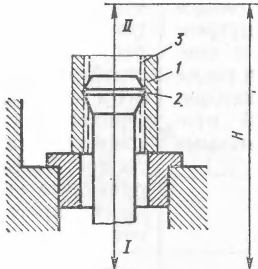

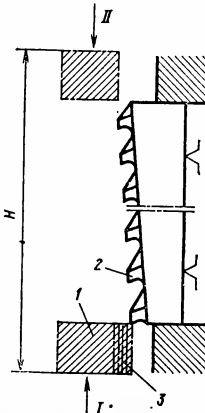
Продолжение табл. 2

Станок и его привод	Преимущество процесса	Недостаток процесса
Вертикально-протяжной с гидравлическим приводом	Облегчение автоматизации. Улучшение охлаждения, так как жидкость задерживается в чашечке, образуемой обращенной кверху передней поверхностью зубьев. Автоматическое удаление оставшейся на протяжке стружки при падении протяжки вниз (после окончания рабочего хода) на специальные амортизаторы	Протяжка закреплена неподвижно, заготовка совершает рабочее вертикальное движение сверху вниз
Вертикально-протяжной с движущимся столом, с гидравлическим приводом	Облегчение загрузки и разгрузки деталей и автоматизации. Малая занимаемая площадь. Лучшее охлаждение, так как направление потока жидкости совпадает с направлением протягивания	Неблагоприятное действие силы инерции стола с заготовкой. Трудность обслуживания при обработке заготовок большой массы

Способ протягивания	Инструмент	Особенность процесса
<p>Горизонтальный или вертикальный</p> 	<p>Режущая протяжка с винтовым зубом</p>	<p>Протяжка имеет прямолинейное движение (горизонтальное или вертикальное). Одновременно протяжка или заготовка вращается в соответствии с шагом протягиваемой спирали. Вращение протяжки или заготовки может осуществляться принудительно (через какой-либо привод) или путем самовращения под действием составляющей усилия протягивания</p>
<p>Вертикальный</p> 	<p>Прошивка</p>	<p>Прошивка протягивается через подготовленное отверстие сверху вниз</p>

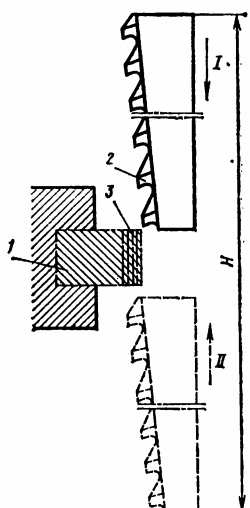
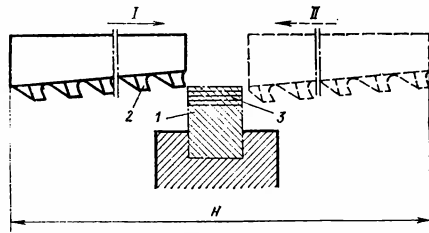
Продолжение табл. 2

Станок и его привод	Преимущество процесса	Недостаток процесса
<p>Горизонтально- и вертикально-протяжной для внутреннего протягивания с копирными винтами или другими механизмами для вращения протяжек (изделия) или шариковыми опорными приспособлениями для самовращения протяжки (заготовки). Привод механический и гидравлический</p>	<p>Возможность протягивания винтовых шлицев разного шага, внутреннего зацепления с винтовыми зубьями, а также протягивания цилиндрических отверстий протяжками с винтовыми зубьями</p>	<p>Возникновение скручивающих сил на протяжке. Возможность расхождений в настройке станка (или шага копирного винта станка) с шагом винтовой линии, зубьев на протяжке в случае принудительного вращения протяжки (заготовки)</p>
<p>Прошивной с гидравлическим приводом. Пресс с ручным, ножным, механическим приводом</p>	<p>Простота наладки и осуществления операции. Простота обслуживания, сравнительно короткий инструмент и отсутствие какого-либо соединения его со станком. Небольшой увод инструмента вследствие малой его длины и вертикального направления движения, исключающего влияние массы. Малая занимаемая площадь. Относительно низкая стоимость и простота конструкции оборудования. Возможность автоматизации процесса. Универсальность применения</p>	<p>Прошивка имеет длину не более <math>15d</math>, что ограничивает величину возможного съема припуска за один проход</p>

Способ протягивания	Инструмент	Особенность процесса
Вертикальный или горизонтальный 	Выглаживающая протяжка	Выглаживающая протяжка (прошивка) протягивается (проталкивается) через подготовленное отверстие в заготовке
Вертикальный или горизонтальный 	Деформирующая протяжка	Отличается от выглаживающего протягивания большими натягами, на каждое кольцо (зуб), достигающими 1 мм и более, и большими суммарными натягами
Вертикальный 	Наружная протяжка	Протяжка закреплена неподвижно. Заготовка совершает рабочее вертикальное движение снизу вверх

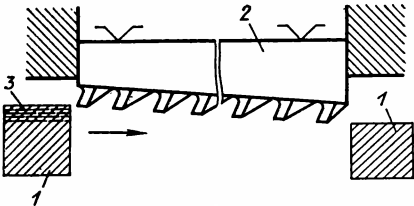
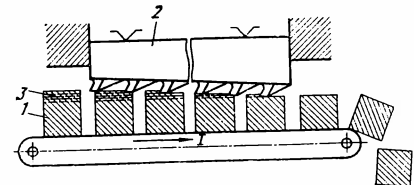
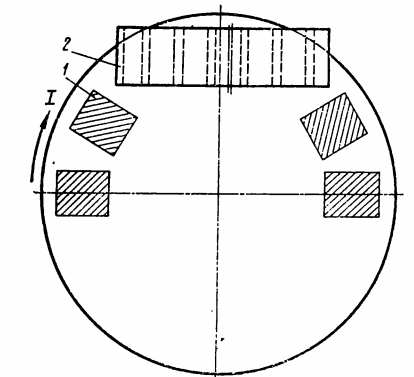
Продолжение табл. 2

Станок и его привод	Преимущество процесса	Недостаток процесса
Прошивной с гидравлическим приводом. Протяжной для внутреннего протягивания, вертикальный или горизонтальный с гидравлическим приводом. Пресс ручной, ножной с механическим приводом	Высокое качество получаемой поверхности. Простота инструмента, обслуживания и операции. Легкое обслуживание, высокая производительность. Малая производственная площадь. Возможна автоматизация. Универсальность применения	Необходимость подготовки отверстия с высоким качеством поверхности. Ограниченность области применения. Зависимость правильности геометрической формы протянутого отверстия от его первоначальных данных и наружной конфигурации детали
	Возможность обработки отверстий без предварительной подготовки со снятием больших припусков. Использование процесса для подготовки заготовок к последующей обработке режущим инструментом	Большие усилия протягивания, деформация изделий
Специальный вертикально-протяжной с движущимся столом, на котором закрепляется заготовка и неподвижно закрепленной протяжкой, с гидравлическим приводом	Большие возможности для автоматизации процесса, включая загрузку заготовок. Более простое обслуживание	Неблагоприятное действие сил инерции стола и заготовки. Применение ограничивается массой заготовок и приспособлений

Способ протягивания	Инструмент	Особенность процесса
<i>Наружное протягивание</i>		
Вертикальный  	Наружная протяжка	Протяжка совершает рабочее вертикальное движение сверху вниз. Заготовка закреплена неподвижно
Горизонтальный  	Наружная протяжка	Протяжка движется горизонтально, заготовка закреплена неподвижно

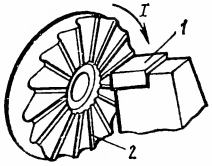
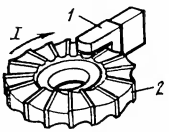
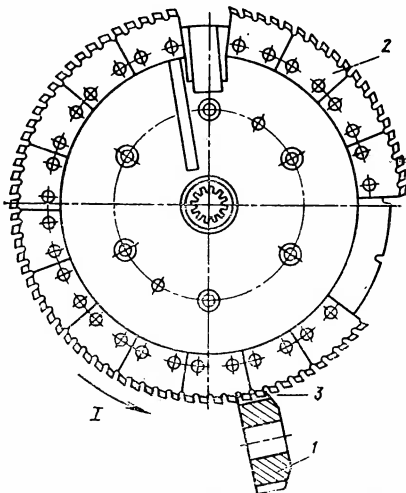
Продолжение табл. 2

Станок и его привод	Преимущество процесса	Недостаток процесса
Вертикальный наружно-протяжный одинарного или двойного действия. Протяжной с гидравлическим приводом	Небольшая площадь под станок. Возможность автоматизации процесса. Интенсивное охлаждение инструмента в продолжении всего процесса вследствие совпадения направления движения жидкости и инструмента. Высокая производительность	Большая высота станка
Горизонтально-протяжной с гидравлическим приводом. В массовом производстве применяются специальные станки, например, туннельные станки для протягивания блоков двигателей	Легкая установка заготовки, простота приспособлений, большие возможности для установки автоматических транспортирующих и загрузочных устройств	Неблагоприятное действие сил инерции

Способ протягивания	Инструмент	Особенность процесса
	Наружная протяжка	Протяжка закреплена неподвижно, изделие совершает рабочее горизонтальное движение
Наружно-конвейерный 	Наружная протяжка	Протяжка закреплена неподвижно, заготовки, закрепленные на цепи, движутся непрерывно и прямолинейно
Наружно-карусельный 	Наружная протяжка	Непрерывное круговое главное движение сообщается заготовкам, закрепленным на вращающемся круглом столе. Протяжка закреплена неподвижно

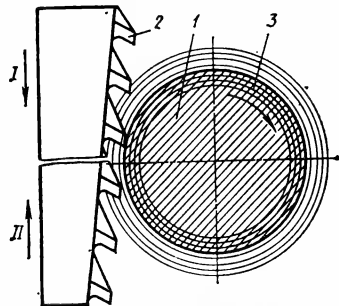
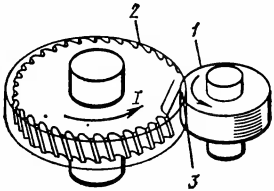
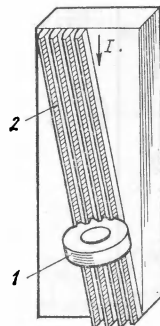
Продолжение табл. 2

Станок и его привод	Преимущество процесса	Недостаток процесса
Горизонтально-протяжной для наружного протягивания, для внутреннего и наружного протягивания, а также двойного действия, с гидравлическим приводом	Меньшая (сравнительно с предыдущей схемой) длина рабочего хода и поэтому меньшая длина установки. Хорошие возможности для встраивания транспортных и подводящих устройств. Простота установки изделия	Неблагоприятное влияние сил инерции при тяжелых заготовках
Конвейерный непрерывного действия с механическим приводом	Непрерывность процесса протягивания, увеличение производительности в 6—10 раз. Возможность полной автоматизации процесса	Высокая стоимость специального оборудования, оправдываемая только при большом масштабе производства
Специальный карусельно-протяжной с круглым вращающимся столом с механическим приводом	Непрерывность процесса протягивания, что увеличивает производительность в 6—10 раз	То же

Способ протягивания	Инструмент	Особенность процесса
Наружно-круговой 	Наружная круговая протяжка	Непрерывное круговое главное движение сообщается протяжке, вращающейся вокруг оси. Зубья протяжки, расположенные на торце диска на винтовой поверхности, обрабатывают плоскость.
Наружно-круговой 	Наружная круговая протяжка	Зубья протяжки, расположенные на винтовых поверхностях обоих торцов и на спиральной поверхности периферии, обрабатывают одновременно три плоскости
Наружно-круговой 	Наружная круговая протяжка	Зубья протяжки, расположенные на спиральной поверхности периферии диска, обрабатывают впадину эвольвентного зуба конического колеса. Протяжке сообщают дополнительное движение подачи вдоль впадины в направлении от узкого конца зуба к широкому при черновой обработке и в обратном направлении при чистовой. Заготовка имеет периодическое вращение на шаг зуба

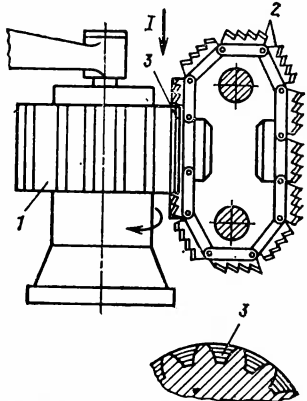
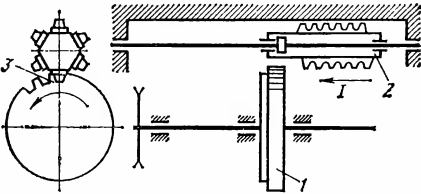
Продолжение табл. 2

Станок и его привод	Преимущество процесса	Недостаток процесса
Специальный с вращением протяжки, с механическим приводом	Высокая производительность благодаря вращательному рабочему движению и отсутствию обратного хода. Возможность использовать токарные, фрезерные и другие распространенные станки. Малые площадь и высота, занимаемые оборудованием. Отсутствие ограничений в увеличении скорости резания, накладываемых особенностями возвратно-поступательного движения инструмента. Во всех случаях для обработки изделия требуется только один оборот или часть оборота протяжки. Для замены заготовки останковка протяжки не всегда необходима	Высокая стоимость оборудования, оправдываемая только при большом масштабе производства

Способ протягивани	Инструмент	Особенность процесса
<b>Вращение заготовки</b> 	Наружная плоская протяжка	Заготовка, закрепленная в центрах или патроне, приводится во вращение станком. Протяжка движется прямолинейно, в вертикальной или горизонтальной плоскости касательно к обрабатываемой поверхности
<b>Вращение заготовки и протяжки</b> 	Круговая наружная протяжка	Дисковая вращающаяся протяжка, зубцы которой расположены на спиральной поверхности, обрабатывает заготовку за один оборот протяжки. Заготовка имеет принудительное вращение
<b>Обкатка</b> 	Плоская наружная протяжка-рейка	Реечная модульная протяжка имеет поступательное рабочее движение в вертикальной или горизонтальной плоскости, а обрабатываемая заготовка вращается вокруг своей оси принудительно посредством соответствующего зубчатого механизма или самостоятельно в случае установки на шариковом подшипнике

Продолжение табл. 2

Станок и его привод	Преимущество процесса	Недостаток процесса
Протяжной типа токарного	Высокая производительность. Возможность обработки тел вращения с прямолинейными и криволинейными образующими	Высокая стоимость специального оборудования, оправдываемая только при большом масштабе производства
Специальный протяжной, полученный переоборудованием токарных, фрезерных и других станков	Высокая производительность, связанная с преимуществами вращательного рабочего движения. Компактность оборудования. Возможность увеличения скорости резания	Высокая стоимость специального оборудования, оправдываемая только при большом масштабе производства
Приспособленный вертикальный наружно-протяжной или специальный протяжной	Высокая производительность, особенно в случае непрерывного действия. Так как профиль протяжки представляет собой рейку, то она пригодна для нарезания колес с любым числом зубьев данного модуля. Простота обслуживания, низкая квалификация оператора	Высокая стоимость специального оборудования. Для нарезания всех зубьев колеса необходимо иметь широкую и длинную протяжку или обрабатывать их в несколько проходов

Способ протягивания	Инструмент	Особенность процесса
Обкатка 	Плоская наружная протяжка-рейка	Протяжки-рейки закрепляют на бесконечной конвейерной ленте. Этим способом протягивают как прямозубые, так и косозубые колеса и рейки
Круговое деление заготовки 	Плоская реечная модульная протяжка	Протяжка зубьев колеса производится поочередно путем поворота колеса на шаг зуба за один или несколько проходов в зависимости от модуля зубьев

Примечание. 1 — заготовка; 2 — протяжка; 3 — слой срезаемого металла;  $H$  — длина хода инструмента (заготовки);  $I$  — направление рабочего хода протяжки;  $II$  — направление обратного (вспомогательного) хода.

Продолжение табл. 2

Станок и его привод	Преимущество процесса	Недостаток процесса
Специальный протяжной	Высокая производительность, простота обслуживания, низкая квалификация оператора	Высокая стоимость станка и инструмента, сложность переналадки
Специальный протяжной с делением при повороте заготовки	Высокие производительность и качество обработки зубчатых колес большого размера	Высокая стоимость специального станка



поверхность 1 заготовки, обрабатываемая поверхность 9 заготовки, поверхность резания 3 и 2 первого и второго зубьев, стружечная канавка 4, переходные кромки 10, стружкоразделительная канавка 11, передний угол  $\gamma$ , задний угол  $\alpha$ , угол заострения  $\beta$ , глубина стружечной канавки  $h$ , вспомогательный угол (угол поднутрения вспомогательных кромок)  $\varphi_1$ , шаг зубьев  $t$ , длина задней поверхности  $g$ , радиус закругления дна стружечной канавки  $R$ , длина режущей кромки  $b$ .

Каждая режущая кромка зуба протяжки при своем рабочем движении срезает полоску металла на длине  $l$  обрабатываемой поверхности.

Разница высот соседних зубьев протяжки, определяющая толщину срезаемого слоя металла, называется *подачей на зуб*. Длина соприкосновения режущей кромки зуба с обрабатываемым металлом, т. е. с поверхностью резания, называется *шириной среза*  $b$ .

Площадь поперечного сечения (среза) стружки ( $\text{мм}^2$ )  $f = S_z b$ , где  $S_z$  — подача на зуб, или толщина среза, мм;  $b$  — ширина среза, мм.

Площадь продольного сечения стружки ( $\text{мм}^2$ )  $F = S_z l$ .

*Толщиной среза* при любом способе резания называется расстояние между двумя последовательными положениями режущей кромки инструмента, измеряемое по перпендикуляру к поверхности резания. При протягивании толщина среза равна подаче на зуб. Величина подачи при протягивании определяется как разность между высотой зубьев или как половина разности диаметров двух соседних зубьев. Слой  $A$  (мм) металла (см. рис. 1), срезаемый за проход протяжки, называется припуском и подсчитывается по формуле  $A = S_z z$ , где  $z$  — число режущих зубьев протяжки;  $S_z$  — подача на один зуб, мм.

*Скоростью резания* называется путь, проходимый режущей кромкой инструмента в минуту, относительно обрабатываемой поверхности заготовки. Скорость обозначается буквой  $v$  и измеряется в м/мин.

Для правильной работы протяжки большое значение имеет геометрия зубьев. *Передний угол*  $\gamma$  оказывает влияние на усилие протягивания, шероховатость протянутой поверхности и стойкость протяжки. При небольших подачах на зуб (до 0,02 мм) влияние это незначительно, так

как при этом радиус закругления режущей кромки зуба протяжки близок к толщине среза.

Для режущих зубьев величины передних углов колеблются в пределах  $0-20^\circ$  в зависимости от вида и свойств обрабатываемого материала.

*Задний угол  $\alpha$*  служит для уменьшения трения задней поверхности зуба об обрабатываемую поверхность. С увеличением заднего угла уменьшается величина износа по задней поверхности зуба протяжки. Однако с увеличением переднего и заднего углов уменьшается угол заострения  $\beta$  и, следовательно, ослабляется режущая кромка и ухудшается отвод тепла от зуба протяжки; это ограничивает величину углов. Протяжки, затачиваемые по задней поверхности и регулируемые, позволяют использовать преимущества увеличенных задних углов.

У калибрующих зубьев, для которых важно сохранить поперечные размеры, задний угол меньше, чем у черновых. Кроме того, для сохранения размера при переточках на задних поверхностях калибрующих зубьев у протяжек для внутреннего протягивания шлифуют цилиндрические ленточки шириной  $f = 0,2 \div 1,2$  мм. Задние углы зубьев протяжек обычно составляют  $1-5^\circ$  и зависят от вида зубьев (черновые, чистовые, калибрующие), обрабатываемого материала, типа протяжки (наружные, внутренние, круглые, шлицевые, шпоночные, регулируемые или нерегулируемые).

*Стружкоразделительные канавки* служат для облегчения образования и удаления стружки, их шлифуют в шахматном порядке на режущих зубьях протяжек.

На шпоночных, шлицевых и многогранных протяжках стружкоразделительные канавки располагаются так, чтобы расстояние между ними на одном зубе не превышало 5 мм. При длине кромки 5 мм вместо стружкоразделительных канавок делают фаски поочередно на одном и другом зубе, на разных сторонах. На круглых протяжках расстояние между стружкоразделительными канавками составляет 5—10 мм.

*Процесс образования стружки* при протягивании имеет некоторые особенности. При протягивании срезаются сравнительно тонкие и широкие стружки. Поперечное сечение стружки для каждого зуба остается постоянным на всей длине протягиваемой поверхности. Важная особенность

стружкообразования — отсутствие свободного отвода стружки от режущих кромок протяжки. Стружка должна размещаться в стружечной канавке зуба до тех пор, пока зуб не пройдет по всей поверхности обработки. Исключения составляют винтовые протяжки, а также специальные конструкции наружных протяжек со свободным отводом стружки.

Разные материалы дают при резании стружку различной формы. При обработке хрупких металлов (чугуна, бронзы) образуется стружка надлома, откалывающаяся в виде кусочков. Такая стружка хорошо размещается в стружечной канавке. Металлы средней твердости дают стружку скалывания (ступенчатую), элементы которой прочно связаны между собой. Она сходит с режущей кромки в виде ленты, свернутой в плоскую спираль. Мягкие металлы при резании дают сливную стружку в виде ленты, которая свертывается в валик. Иногда стружка свободно свивается в спираль, не касаясь поверхности стружечной канавки, так как радиус свободного завивания стружки меньше радиуса канавки. Продолжая завиваться, стружка сходит по передней поверхности зуба, не касаясь дна стружечной канавки. Когда диаметр завитка стружки сравняется с высотой стружечной канавки зуба, завиток начинает вращаться, скользя своими наружными витками по дну канавки и по обрабатываемой поверхности детали. Скольжение стружки в канавке может продолжаться лишь до того момента, когда дальнейшее нормальное уплотнение стружки, т. е. уменьшение зазора между ее витками, будет невозможным.

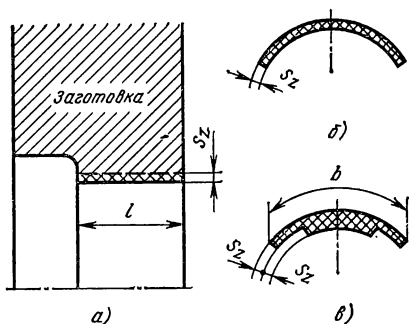
Иногда стружка начинает движение непосредственно по передней поверхности зуба. Это вызвано тем, что радиус завитка стружки равен или больше радиуса стружечной канавки. Затем стружка идет по дну канавки к обрабатываемой поверхности, которая, в свою очередь, заставляет стружку свертываться внутрь первого витка, и т. д., пока канавка не заполнится и дальнейшее уменьшение зазора между витками станет невозможным. Если продолжать и дальше резание, то вновь возникающая стружка уже не сможет нормально свертываться в спираль, а будет образовывать складки, спрессовываться, забивать канавку. При этом резко возрастает сила реза-

ния и происходят поломка зуба, обрыв протяжки или остановка станка вследствие перегрузки.

*Радиус кривизны стружки* для данного материала при свободном ее завивании зависит главным образом от толщины стружки: чем больше толщина, тем больше радиус кривизны стружки. Но на радиус кривизны стружки влияют также СОЖ, скорость резания, острота режущей кромки, геометрия зуба. Стружечная канавка протяжки

Рис. 2. Элементы срезаемого слоя:

*a* — в продольном сечении; *б* — в поперечном сечении, без стружкоразделительных канавок; *в* — в поперечном сечении, со стружкоразделительными канавками; *l* — длина протягивания; *S<sub>z</sub>* — подача на зуб



должна иметь объем, достаточный для размещения срезаемой стружки, а глубина (высота зуба) и радиус канавки должны соответствовать радиусу образующегося завитка стружки, который зависит от пластичности обрабатываемого материала.

Если протягивается отверстие (рис. 2, *a*), то срезаемая полоса металла имеет форму желоба (рис. 2, *б*). Свертывание такого желоба в спираль требует больших усилий, чем свертывание плоской стружки.

Будем считать, что цилиндрическая протяжка имеет зубья с непрерывной режущей кромкой, без стружкоразделительных канавок. Такие зубья будут срезать стружку по всему периметру отверстия, т. е. снимать ее «чулком». Свертывание такого «чулка» требует больших усилий и невозможно без разрывов «чулка» по периметру во многих местах. При этом металл будет образовывать складки, забивать стружечную канавку и плохо в ней размещаться. Все это вызовет резкое увеличение силы резания и обрыв протяжки. Ухудшение условий образования стружки не только грозит поломкой инструмента, но и ухудшает качество поверхности. Поэтому режущие

кромки протяжек средних диаметров конструируют так, чтобы они срезали металл узкими полосами шириной не более 10 мм, а чаще всего не более 5—8 мм.

Срезание стружки узкими полосами достигается прорезкой на зубьях специальных стружкоразделительных канавок, размещаемых в шахматном порядке. Каждый последующий зуб срезает не только стружку положенной толщины, но и еще те узкие полоски металла, которые остались от предыдущего зуба. Тогда полоса стружки будет иметь вдоль всей ее длины ребро высотой, равной толщине стружки (рис. 2, в). Эти ребра увеличивают сопротивление стружки свертыванию в спираль. Кроме того, они увеличивают диаметр витка стружки и вызывают необходимость в увеличении объема стружечной канавки.

Чтобы снять какой-то слой металла протяжкой, надо к ней приложить силу. Силу, с которой станок тянет протяжку во время работы, определяют по манометру на протяжном станке. Протяжник следит за показаниями манометра, чтобы вовремя остановить станок, если сила превысит допустимую. Чтобы спроектировать протяжку достаточной прочности, при протягивании важно рассчитать *силы резания*.

Сила резания тем больше, чем больше снимается металла, т. е. чем больше площадь сечения срезанного слоя металла. Эта площадь  $f = S_z b$ , т. е. равна произведению подачи на зуб (толщины среза)  $S_z$  на ширину среза  $b$ . Ширина среза  $b$  равна длине режущей кромки зуба. Для круглой протяжки  $b = \pi D$  ( $D$  — диаметр зуба протяжки). Значит, чем больше подача на зуб и диаметр зуба, тем больше сила резания при протягивании. Но в работе одновременно участвуют несколько зубьев, каждый из которых снимает металл, площадь сечения которого равна  $f$ . Таким образом, сила резания будет тем больше, чем больше зубьев одновременно участвует в работе.

Сила резания  $P$  (Н), действующая на протяжку,

$$P = p_0 \sum b K_{pm},$$

где  $p_0$  — удельная осевая сила резания на 1 мм длины режущей кромки, Н/мм (табл. 3);  $\sum b$  — наибольшая суммарная длина режущих кромок всех одновременно находящихся в работе зубьев;  $K_{pm}$  — поправочный коэффициент (табл. 4).

**3. Значения удельной осевой силы резания (Н/мм)**

Подача на зуб, мм	Передний угол, ...°		Подача на зуб, мм	Передний угол, ...°	
	10	15		10	15
0,01	48	37	0,14	320	288
0,015	60	47	0,15	338	312
0,02	70	56	0,16	360	327
0,025	80	66	0,17	381	346
0,03	91	76	0,18	402	365
0,035	101	85	0,19	419	385
0,04	112	95	0,20	433	404
0,045	122	105	0,21	462	423
0,05	132	114	0,22	483	443
0,06	153	134	0,23	504	462
0,07	174	153	0,24	525	481
0,08	195	172	0,25	541	501
0,09	216	191	0,26	562	520
0,10	236	212	0,27	583	539
0,11	258	230	0,28	604	559
0,12	277	249	0,29	624	579
0,13	298	269	0,30	645	597

Примечания: 1. Поправочные коэффициенты для измененных условий работы см. в табл. 4.

2. Значения осевой силы даны для конструкционных, углеродистых и легированных сталей в нормализованном, отожженном и горячекатаном состоянии при охлаждении сульфидфрезолом.

**4. Поправочные коэффициенты для расчета удельной осевой силы резания в зависимости от обрабатываемого материала, его состояния и твердости**

Обрабатываемый материал	Состояние материала	HB	$K_{pm}$
Стали I—V групп обрабатываемости	После закалки и отпуска	$\leq 285$	1,3
		285—336	1,3
		336—375	1,4
	В отожженном, нормализованном и горячекатаном состоянии	130—321	1,0

Продолжение табл. 4

Обрабатываемый материал	Состояние материала	<i>HV</i>	$K_{pm}$
Инструментальные, легированные и быстрорежущие стали	—	204—229	1,4
Чугуны серые, ковкие, антифрикционные VII и VIII групп обрабатываемости	—	$\leq 197$	0,5
	—	$> 197$	0,7
Бронзы, латуни VIII и IX групп обрабатываемости	—	$\leq 100$	0,4
Алюминиевые сплавы X группы обрабатываемости	—	$\leq 100$	0,4

### 5. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах (1), (2)

Обрабатываемый материал	<i>HV</i>			<i>y</i>		
Сталь 10	110	$47 \cdot 10^{-2}$	1,48	0,53	1,35	0,71
Сталь 20X	145—180	$34 \cdot 10^{-2}$	1,48	0,53	1,35	0,71
Сталь 45	185—210	$34 \cdot 10^{-2}$	1,48	0,53	1,35	0,71
Сталь У8	265	$33 \cdot 10^{-2}$	1,48	0,53	1,35	0,71
	325	$47 \cdot 10^{-2}$	1,48	0,53	1,35	0,71
Серый чугун	95	$44 \cdot 10^{-5}$	1,32	1,44	2,13	0,44
	170	$44 \cdot 10^{-5}$	1,32	1,44	2,13	0,44
	230	$49 \cdot 10^{-5}$	1,32	1,44	2,13	0,44
Алюминиевые сплавы	65	$47 \cdot 10^{-2}$	1,48	0,53	1,35	0,48

Сила протягивания ( $H$ ) на выглаживающем кольце протяжки может быть рассчитана по следующим эмпирическим формулам:

при обработке сталей и алюминиевых сплавов

$$P = c \frac{t^x d^y HB^z}{a^r}; \quad (1)$$

при обработке чугуна

$$P = c \frac{t^x d^y HB^z}{a^r} (\sum a_i - \Delta) (0,94 + 0,6f), \quad (2)$$

где  $t$  — толщина стенки втулки, мм;  $d$  — диаметр отверстия, мм;  $HB$  — твердость материала втулки по Бринеллю (табл. 5);  $a$  — номинальный натяг на кольцо;  $\sum a_i$  — суммарный номинальный натяг на кольцах, одновременно находящихся во втулке;  $\Delta$  — усадка после протягивания;  $f$  — ширина цилиндрической ленточки на кольце;  $x, y, z, r, c$  — коэффициенты и показатели степени (табл. 5).

Группы обрабатываемости материалов см. в табл. 3 на с. 147.



## КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖЕК

Протяжки подразделяются на две группы: 1) для внутреннего протягивания, 2) для наружного. Каждая группа включает самые разнообразные виды протяжек, соответствующие различной форме обрабатываемых поверхностей. По конструктивному выполнению протяжки могут быть цельными и сборными (составными).

По направлению режущих кромок относительно рабочего движения различают протяжки с кольцевыми и винтовыми зубьями (протяжки для внутреннего протягивания) или с прямым и наклонным зубом (протяжки для наружного протягивания, плоские и шпоночные).

По материалу, из которого изготавливаются режущие части, протяжки делятся на быстрорежущие, твердосплавные и изготовленные из легированной инструментальной стали.

По схеме резания различают протяжки с профильной, генераторной и групповыми схемами резания.

В комплекте протяжки бывают однопроходные и многопроходные.

### ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ ВНУТРЕННИХ ПРОТЯЖЕК И ПРОШИВОК

Внутренние протяжки (цельные и сборные) в зависимости от формы протягиваемого отверстия бывают круглые, многогранные, шлицевые, шпоночные и др.

Основные конструктивные элементы внутренних протяжек — общие для всех видов (рис. 1).

Прошивки не имеют хвостовой части, так как они проталкиваются давлением штока станка на торец цапфы задней направляющей прошивки.

Хвостовик 1 протяжки служит для соединения протяжки посредством патрона с рабочей кареткой протяж-

ного станка. Конструкция хвостовика зависит от типа протяжки и конструкции патронов.

Применяют следующие типы хвостовиков: цилиндрические, для протяжек, получаемых обработкой в центрах; призматические (плоские), для протяжек с прямоугольным поперечным сечением. Каждый тип хвостовика имеет свое назначение: для закрепления в тяговом патроне при

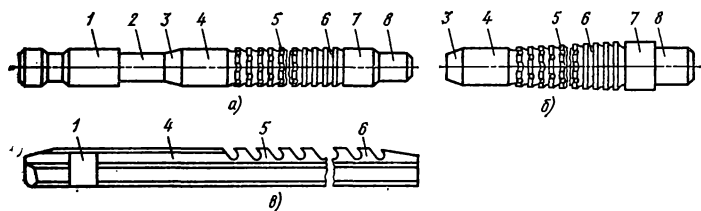


Рис. 1. Основные части протяжек и прошивок:

а — цилиндрическая протяжка; б — прошивка; в — шпоночная протяжка

помощи чеки (клина) и в быстродействующем патроне, для крепления протяжек малых диаметров; для закрепления в двухкулачковом быстродействующем патроне, для закрепления вилкой протяжек с малыми поперечными размерами и чекой (клином) протяжек с поперечным сечением некруглой формы; для неподвижного крепления поперечной шпонкой плоских шпоночных протяжек, работающих без отсоединения от протяжного станка; для жесткого присоединения к станку плоских шпоночных протяжек.

Хвостовики изготавливают цельными (заодно с протяжкой), сварными и съемными. В последних двух случаях хвостовики делают из стали 40X и закаливают до HRC 40—45.

Съемные хвостовики применяют для самых различных видов и размеров внутренних протяжек. В протяжках для глубоких отверстий используют только съемные хвостовики (тяги). Такие хвостовики можно изготавливать не к каждой протяжке в отдельности, а для всех протяжек данного размера или группы размеров как вспомогательный инструмент к станку.

Преимущества съемных хвостовиков перед сварными или цельными конструкциями следующие: экономия ме-

телла; меньшая трудоемкость изготовления протяжки вследствие уменьшения длины и ликвидации операций по обработке хвостовой части; возможность применения протяжки с любым видом крепления к патрону протяжного станка.

Съемный хвостовик соединяют с протяжкой метрической или прямоугольной, внутренней или наружной резьбой, а также кольцевыми выступами.

Размеры поперечного сечения хвостовика выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить зазор между хвостовиком и подготовленным отверстием заготовки в пределах 0,5—1,0 мм.

Шейка 2 и переходный конус 3 (см. рис. 1) связывают хвостовую и направляющую части. На шейку обычно наносится маркировка протяжки. Для отдельных типов хвостовиков, а также для шпоночных и плоских протяжек шейку не выделяют, а делают за одно целое с хвостовиком. Форма поперечного сечения шейки такая же, как и у хвостовиков. Диаметр шейки обычно на 0,3—1,0 мм меньше диаметра хвостовой части. Длину шейки выбирают с таким расчетом, чтобы вставленная в заготовку протяжка легко присоединялась к тяговому патрону, когда он находится в исходном положении, т. е. в наибольшей близости к столу станка.

Передняя направляющая часть 4 протяжки (см. рис. 1) служит для установки обрабатываемой заготовки на протяжку перед протягиванием и для направления и центрирования протяжки относительно оси протягиваемой заготовки. Размер и форма поперечного сечения передней направляющей части соответствуют размеру и форме поперечного сечения заготовки до протягивания.

Диаметр передней направляющей части выполняется по посадке  $\frac{H7}{j7}$ . Длина берется равной 0,75—1,0 длины протягивания, что обеспечивает размещение и центрирование заготовки. Излишняя длина нежелательна, так как при этом увеличивается расстояние до первого зуба и общая длина протяжки.

Задняя направляющая часть 7 (см. рис. 1) препятствует перекосу заготовки на протяжке и повреждению обработанной поверхности и зубьев в момент выхода последних зубьев калибрующей части из отверстия. Плоские шпо-

ночные протяжки выполняются, как правило, без задней направляющей. Поперечный размер задней направляющей должны соответствовать наименьшему допустимому размеру готового отверстия с отклонениями по посадке  $\frac{H7}{f7}$ . Длина задней направляющей принимается 0,5—1,0 длины протягивания.

У очень длинных и тяжелых протяжек задняя направляющая имеет также опорную цапфу 8, за которую протяжка поддерживается люнетом, скользящим по направляющим корыта протяжного станка. Цапфа необходима для поддержания и центрирования протяжки во время рабочего хода и для удержания протяжки при обратном ходе станка и перед началом работы.

Часто протяжка имеет задний хвостовик такой же формы и размеров, как и передний хвостовик, служащий для захвата протяжки патроном каретки обратного хода станка при работе на станках с полуавтоматическим или автоматическим циклом. Если протяжка должна быть определенным образом ориентирована (например, для попадания в шлицы, прорезанные предыдущей протяжкой), задняя замковая часть снабжается плоским срезом.

Режущая часть 5 протяжки (см. рис. 1), служащая для срезания припуска, оставленного под протягивание, состоит из ряда последовательно расположенных режущих зубьев, каждый из которых срезает слой металла определенного сечения. По величине подачи зубья могут быть разделены на черновые, переходные и чистовые. Число режущих зубьев зависит от величины припуска, принятой подачи на зуб и выбранной схемы резания.

Калибрующая часть 6 (см. рис. 1) протяжки состоит из небольшого числа зубьев, размеры и форма которых одинаковые и соответствуют форме и размерам готового отверстия. Назначение калибрующей части следующее: зачистка поверхности после режущих зубьев, обеспечение стабильности получаемых размеров и замена режущих зубьев, постепенно теряющих размер вследствие переточки.

Профиль зубьев и стружечных канавок у калибрующей части такой же, как и у режущей. Режущие кромки калибрующих зубьев имеют прямую ленточку, которая предназначается для сохранения размеров протяжки при

переточках. Шаг калибрующих зубьев  $t_k$  равен шагу  $t$  режущих зубьев; у протяжек для точных отверстий  $t_k \approx (0,6 \div 0,7) t$ .

Число калибрующих зубьев равно 4—8.

## СХЕМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

Схемой резания при протягивании называется порядок распределения работы срезания припуска между зубьями протяжки. Выбор схемы резания при конструировании режущей части протяжки зависит от формы, размеров и способа получения заготовок, от формы и размеров протягиваемого профиля. От принятой схемы резания, в свою очередь, зависит выбор протяжки (длина, стойкость и т. д.) и технология изготовления, т. е. схема резания влияет на производительность и экономичность процесса протягивания. При конструировании внутренних и наружных протяжек применяют профильную, генераторную и групповую (прогрессивную) схемы резания (табл. 1).

Профильная схема резания состоит в срезании припуска зубьями, имеющими поперечный профиль, подобный профилю, заданному на заготовке. Изготовление точного профильного контура на всех зубьях, к тому же имеющих различные размеры, сопряжено с определенными трудностями. Поэтому профильную схему резания применяют лишь для протяжек, предназначенных для обработки поверхностей простейших форм, например круглых и плоских. Применение профильной схемы для протягивания квадратного или шлицевого отверстия вызывает необходимость выполнения на протяжке ряда квадратных (шлицевых) зубьев с постепенно увеличивающейся стороной квадрата (шлица), что отрицательно сказывается на конструкции и технологичности протяжки: снижается ее прочность; передний угол при заточке близок к нулю; технологически трудно изготовить такую протяжку.

Поэтому при протягивании фасонных внутренних и наружных поверхностей применяют генераторную схему резания, заключающуюся в срезании припуска зубьями, имеющими переменный профиль, постепенно переходящий от прямолинейной или круглой формы к заданному профилю на заготовке.

Заданный контур на заготовке при генераторной схеме формируется вспомогательными режущими кромками всех зубьев; главные режущие кромки прямолинейны или являются дугами концентрических окружностей.

Генераторные протяжки проще изготовить, чем профильные. Так, например, протяжка для протягивания квадрата получается обработкой на конус и плоским шлифованием на этом конусе четырех плоскостей. При сложном профиле зубьев генераторные протяжки шлифуются на проход фасонным кругом, что также значительно упрощает их изготовление.

Исходная круглая форма, положенная в основу образования генераторной протяжки, позволяет получать на дуговых участках ее режущих зубьев положительные передние углы и наибольшее возможное поперечное сечение стержня протяжки, а следовательно, увеличивать ее прочность; изменять толщину среза так, чтобы режущие зубья с более короткими режущими кромками имели большую толщину среза, что дает возможность сократить число режущих зубьев и длину протяжек.

К недостаткам генераторной схемы резания относятся трудность получения задних углов на вспомогательных режущих кромках и меньшая точность получаемого профиля по сравнению с профильной схемой. Поэтому для точных фасонных профилей необходимо последние зубья выполнять по профильной схеме резания.

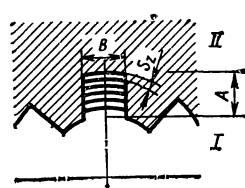
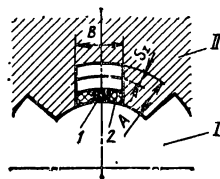
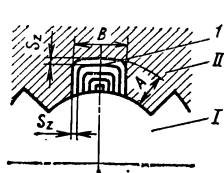
Групповая схема резания отличается тем, что металл срезается не кольцевыми слоями по всему профилю, а частями, т. е. каждый зуб срезает металл только с части профиля; следующий за ним зуб того же диаметра снимает металл с другой части профиля и т. д., пока не будет снят металл со всего профиля. Зубья одинакового диаметра, срезающие каждый свой участок профиля на глубину подачи, а все вместе срезающие слой металла по всему профилю, равный подаче, образуют секцию. Число зубьев в секции 2—5.

Режущие участки на первых зубьях секции образуются посредством удаления с полного рабочего профиля зуба ненужной части лезвия. Для этого на зубьях создают разделительные устройства в виде шлицев, лысок, выкружек или фасок, располагаемых в шахматном порядке или в других сочетаниях. В соответствии с разделитель-

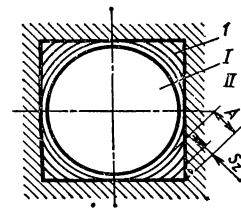
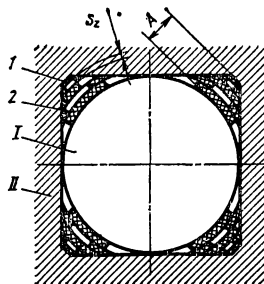
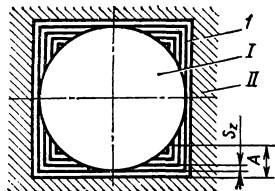
## 1. Схемы резания при протягивании

Операция протягивания	Схема резания		
	профильная	групповая (прогрессивная)	генераторная
Плоскости			
Цилиндрического отверстия			
Фасонной поверхности			

Шлицевого  
отверстия



Квадратного  
отверстия



Примечания: 1. Обозначения: *I* — протяжка; *II* — заготовка;  $S_z$  — подача на зуб;  $A$  — припуск на протягивание; *1* — металл, срезаемый первым зубом всех секций групповых протяжек; *2* — металл, срезаемый вторым зубом всех секций;  $B$  — ширина протягивания. 2. Генераторная схема резания для шлицевых (шпоночных) протяжек является в то же время обычно применяемой схемой.



ными устройствами различают следующие групповые схемы резания: шахматную, шлицевую, многогранную, переменного резания и т. д. Все эти схемы резания относятся к групповой схеме, так как протягивание профиля осуществляется группами зубьев.

Для упрощения изготовления протяжки и срезания стружек без утолщений, вызываемых стружкоразделительными канавками, последний зуб каждой секции имеет

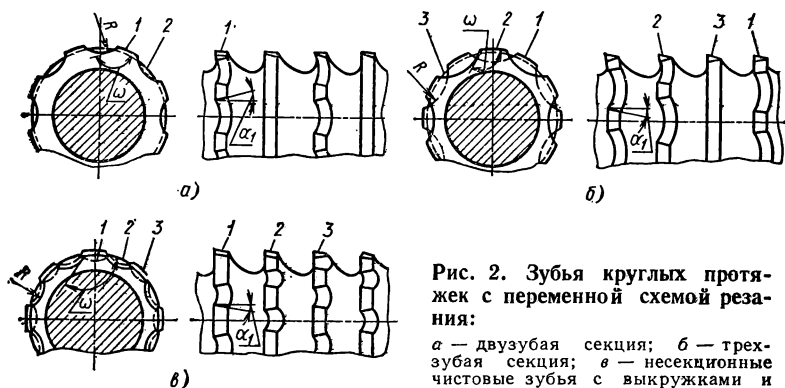


Рис. 2. Зубья круглых протяжек с переменной схемой резания:

*а* — двузубая секция; *б* — трехзубая секция; *в* — несекционные чистовые зубья с выкружками и подачей на каждый зуб; *R* — радиус

выкружки;  $\alpha_1$  — задний угол на вспомогательной кромке;  $\omega$  — угол между главной и вспомогательной режущими кромками; 1—3 — номера зубьев в секции

непрерывную режущую кромку по всему профилю, диаметр его меньше номинального диаметра секции на 0,02—0,04 мм. Благодаря этому последний зуб срезает металл не по всему профилю, а только полоски металла, оставшиеся от предыдущих зубьев секции

**Схемы резания, применяемые для цилиндрических протяжек.** При профильной схеме резания все зубья имеют стружкоразделительные канавки и небольшую подачу. Поэтому протяжка имеет большое число зубьев и значительную длину. Стойкость таких протяжек относительно небольшая из-за неблагоприятных условий резания, особенно в местах прорезки стружкоделительных канавок. Несмотря на простоту изготовления круглых протяжек с профильной схемой резания, часто выгодно применять различные варианты групповой схемы резания.

**Схема переменного резания.** Черновые зубья выполнены отдельными секциями, а затылованные стружкоразделительные канавки заменены широкими затылованными выкружками (рис. 2, а, б). Число зубьев в секции 2—5. На чистовых зубьях стружка разделяется также затылованными выкружками, заменяющими стружкоразделительные канавки (рис. 2, в). Выкружки обеспечивают создание увеличенного угла ( $\omega = 140 \div 160^\circ$ ), т. е. угла между главной и вспомогательной режущими кромками, а также заднего угла  $\alpha > 0$  на переходных вспомогательных участках. Это повышает стойкость протяжек.

**Схемы резания, применяемые для шлицевых протяжек.** Обработку отверстий с прямобочными, эвольвентными и трапецидальными шлицами ведут либо обычными протяжками (с профилно-генераторной схемой резания), либо прогрессивными протяжками (с групповой схемой резания). При профилно-генераторной схеме резания каждый черновой зуб имеет подачу; для разделения стружек применяют канавки или фаски, расположенные в шахматном порядке. Изнашивание уголков зубьев шлицевых протяжек еще больше, чем у круглых, из-за дополнительного трения по боковым сторонам шлица. Протяжки имеют относительно большую длину или состоят из комплекта, в который входят несколько штук протяжек.

Черновые секции состоят из двух зубьев. Первый из них имеет на шлицах режущее лезвие длиной более половины ширины шлица, созданное при помощи двух затылованных фасок, выполненных по боковым сторонам шлица под углом  $45^\circ$  к его оси. Второй зуб каждой секции имеет режущее лезвие по всей ширине шлица, а диаметр на 0,04 мм меньше диаметра первого зуба соответствующих секций. Таким образом, второй зуб секции срезает узкие участки металла, оставшиеся в уголках шлица. Угол  $\omega$  у первых зубьев секций (с фасками) равен  $135^\circ$ , а угол  $\alpha_1 > 0$ . Стружка, срезаемая этими зубьями, не трется о боковые стороны шлица в отверстиях, так как ее ширина меньше ширины шлица, образованного предыдущими секциями. Второй зуб каждой секции окончательно формирует шлицы, поэтому у них нельзя увеличить угол  $\omega$  и сделать угол  $\alpha_1 > 0$ . Однако условия работы этих

зубьев улучшены: они срезают только узкие стружки (шириной до 2 мм) в уголках шлица. Такая стружка завивается в спираль и отходит от боковых сторон шлицев, не создавая трения между боковой стенкой шлицев и стружкой, что также уменьшает нагрев и изнашивание уголков. Такие протяжки позволяют применять подачу до 0,4 мм, что значительно уменьшает длину протяжек, время на обработку заготовки, а также снижает их стоимость.

**Схема переменного резания.** Черновые зубья построены аналогично шлицевым зубьям протяжек, работающим по вышеописанной схеме, но фаски на первых зубьях секций заменены затылованными выкружками. При помощи выкружек гораздо проще создать симметричные фаски требуемой ширины с одинаковыми углами  $\omega$ . Этой схеме резания присущи те же недостатки, что и схеме резания круглыми протяжками: при большом числе шлицев выкружка получается мелкой и может не обеспечить разделение стружки, а при малом числе шлицев, наоборот, выкружки получаются широкими и глубокими. В этих случаях выгоднее применять многогранную схему резания.

**Многогранная схема резания** отличается тем, что образование режущих участков на зубе производится не с помощью выкружек, а с помощью затылованных лысок, создающих как бы многогранник. При четырех- и пятизубых секциях применение лысок вместо глубоких и широких выкружек позволяет снизить трудоемкость изготовления протяжек, так как глубина удаляемого слоя металла для получения лысок меньше, чем для выкружек.

В ряде случаев при протягивании сложных поверхностей отдельные их участки образуются по разным схемам резания. Так, при протягивании различных пазов (шпоночных, шлицевых и т. д.) боковые стороны образуются при генераторной схеме резания, а дно — при обыкновенной (профильной). Такую схему условно назовем профильно-генераторной.

**Применение основных схем резания при протягивании.** Одним из важных условий, определяющих рациональность схемы резания, является возможность применения повышенных подач.

При увеличении подачи от 0,02—0,04 до 0,08—0,1 мм производительность и экономичность протягивания повышаются; при последующем увеличении подачи (до 0,3 мм) условия размещения стружки в пространстве между зубьями и условия ее отвода улучшаются.

Увеличение подачи приводит к уменьшению числа зубьев протяжки, т. е. к уменьшению длины протяжки. Одновременно снижается и удельная сила резания.

При срезании толстых стружек радиус скругления лезвия мало влияет на процесс резания. При толщине среза больше 0,08 мм резание осуществляется в зоне положительных передних углов.

Толстые стружки легко отделяются от лезвия и выпадают из впадины зуба.

От схемы резания зависят и условия размещения стружек во впадине зуба. Например, протяжки со стружкоразделительными канавками создают неблагоприятные условия для стружкообразования, так как стружки получают с утолщением в том месте, где на предыдущем зубе была стружкоразделительная канавка.

Стружка с утолщением, получая большую жесткость, сворачивается хуже и требует для своего размещения большего пространства, что ограничивает возможность резания с увеличенными подачами.

Протяжки со схемами резания, у которых срезаемый слой не имеет утолщения, более выгодны.

От схемы резания зависит трудоемкость изготовления протяжки и ее длина.

**Профильная схема резания.** Протяжки, изготовленные по профильной схеме резания, имеют профиль режущих зубьев, подобный контуру обрабатываемой заготовки.

На рис. 3, а, б показаны профильные схемы резания при протягивании круглого и квадратного отверстий протяжкой.

При протягивании квадратного отверстия все зубья в сечении имеют форму квадрата с разными размерами. В этом случае все рабочие зубья режут только уголками зубьев, средние же их участки в резании не участвуют.

Профильный контур режущих кромок и стержня протяжки затрудняет затачивание передней поверхности зуба под требуемым передним углом, что отрицательно сказывается

вается на стойкости протяжки и на качестве обработанной поверхности.

Генераторная схема резания. Протяжки, выполненные по генераторной схеме резания, имеют режущие кромки, расположенные по контуру, подобному профилю исходного отверстия до протягивания (рис. 3, в—ж).

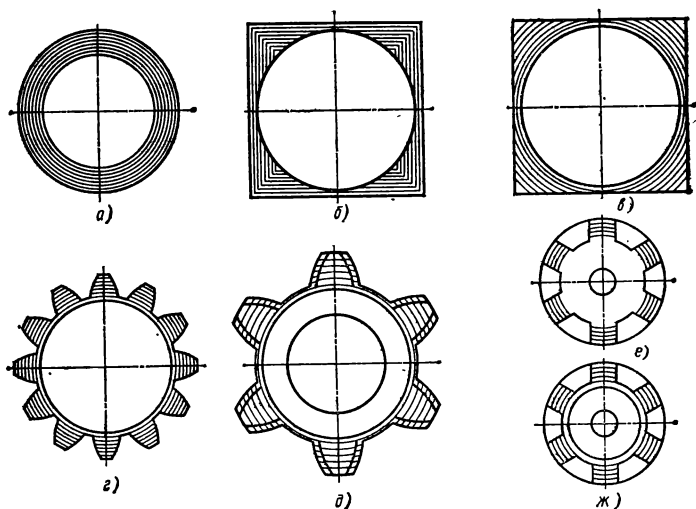


Рис. 3. Профильная и профильно-генераторная схемы резания

Генераторная схема резания предусматривает постепенное образование заданного контура на обрабатываемой поверхности. Заданный контур на изделии формируется при генераторной схеме вспомогательными режущими кромками всех зубьев, тогда как главные режущие кромки прямолинейны или являются дугами концентрических окружностей. Заданный профиль на протяжке шлифуется на проход вдоль всех зубьев и получается полным только на последних зубьях, высота которых вследствие подачи на зуб превышает высоту первых зубьев на величину припуска. Чаще всего генераторную схему применяют для обработки разных фасонных поверхностей, так как это удешевляет изготовление протяжек. Примером применения генераторной схемы для обработки фасонных

отверстий являются обычные шлицевые, эвольвентные и тому подобные протяжки, у которых главные режущие кромки являются дугами концентрических окружностей, а диаметры зубьев возрастают от зуба к зубу на величину подачи. Диаметры зубьев и задние углы получаются при круглом шлифовании.

Недостаток генераторной схемы резания заключается в том, что протяжки, выполненные по этой схеме резания, дают профиль менее точный, чем протяжки, выполненные по профильной схеме. Поэтому для точных фасонных профилей необходимо последние зубья протяжек выполнять по профильной схеме резания.

**Переменная (групповая) схема резания.** Групповые схемы резания предусматривают воспроизведение заданного контура изделия группами зубьев — секциями. Все зубья одной секции имеют одинаковые диаметр или высоту и каждый из них — уменьшенную длину режущей кромки, которая формирует только определенный участок профиля на заготовке. Диаметр (или высота) последнего зуба каждой секции уменьшают на 0,04 мм.

Несмотря на то, что зубья в секциях могут иметь в пределах допуска разный диаметр (особенно после переточки), последние зубья секций срезают металл только с предназначенных им участков.

Переменная (групповая) схема резания применяется также в сочетании с профильной или с генераторной схемой.

Режущие участки на первых зубьях секций создаются путем удаления с полного рабочего профиля зуба ненужной части режущей кромки, что выполняется созданием на зубьях разделительных устройств в виде шлицев, лысок, выкружек или фасок, располагаемых в шахматном порядке или в других сочетаниях.

Различие между вариантами переменной (групповой) схемы резания заключается в конструкции или способе выполнения этих разделительных устройств.

На границах режущих участков с разделительными устройствами образуются переходные кромки.

Типичным недостатком конструкций протяжек является неправильная геометрия зуба: небольшие углы при вершине  $\omega$  (см. рис. 2) и отсутствие задних углов на

вспомогательной режущей кромке — вдоль стружкоразделительной канавки или боковой стороны шлицевого выступа. Наибольшие углы при вершине ( $\omega = 90^\circ$ ) присущи обычной схеме резания и большинству переменных схем, причем угол  $\alpha_1 = 0^\circ$ , что обуславливает повышенное изнашивание не только уголков, но и близлежащей части режущей кромки. Эти недостатки устраняются при применении переменной и многогранной схем резания, когда

## 2. Допустимая подача на зуб (мм)

Протяжка	Схема резания	
	профильная и генераторная	переменная
Круглая	0,04—0,06	0,2—0,4
Шлицевая	0,08—0,16	0,3—0,6
Шпоночная	0,04—0,12	0,15—0,3

разделение режущих участков производится радиусными выкружками или прямолинейными скосами, образующими в поперечном сечении зуба многогранник.

При переменной схеме резания при протягивании круглого отверстия режущие зубья

круглой протяжки состоят из секций по три зуба в каждой. Диаметры зубьев одной секции равны.

Каждая последующая секция имеет увеличенный диаметр по отношению к предыдущей на  $2 S_z$ .

При протягивании отверстий протяжками переменного резания разделение стружки достигается принятой схемой резания, поэтому отпадает необходимость изготовления стружкоразделительных канавок.

Применение переменной схемы позволяет в ряде случаев уменьшить число режущих зубьев и длину протяжки, увеличив подачу  $S$ .

В табл. 2 приведены значения допустимой подачи на зуб (по диаметру) при различных схемах резания.

Переменная схема резания может быть применена для всех видов протяжек. Недостаток переменной схемы резания — повышенная сложность изготовления инструмента.

**Шахматный вариант схемы резания.** Этот вариант схемы используется при обработке круглых отверстий. Черновые секции протяжки состоят из двух или более зубьев со шлицевыми выступами. Последние зубья каждой секции имеют круглую форму

с уменьшенным на 0,04 мм диаметром по сравнению с диаметром черновых зубьев, для того чтобы чистовой зуб срезал только предназначенную для него часть металла.

Протяжки, выполняемые с зубьями, расположенными по переменнo-шахматному варианту, могут работать с повышенными подачами при уменьшенной длине протяжек. Вместе с тем они обладают следующими недостатками: вспомогательные задние поверхности шлицевых выступов не имеют заднего угла ( $\alpha_1 = 0$ ) и шлифование шлицевых выступов осложняется возможностью подрезания соседнего зуба, особенно при шагах зубьев  $< 12$  мм.

Схемы резания при протягивании внутренних и наружных поверхностей литых и кованных заготовок без предварительной обработки. При протягивании необработанных отверстий, имеющих допуск на диаметр до протягивания свыше 0,5 мм, наиболее экономичным является шахматно-шлицевой вариант переменной схемы резания.

В случае допуска на диаметр до протягивания меньше 0,5 мм более выгоден шлицевой вариант переменной схемы резания.

При наружном протягивании необработанных поверхностей при работе по корке лучшим является шахматный вариант переменной схемы резания.

Рассмотрим варианты переменной схемы резания, которые рекомендуется использовать при протягивании литых или кованных заготовок без предварительной их обработки.

Шахматно-шлицевой вариант схемы резания. В процессе резания зубья первой группы своими шлицевыми выступами будут срезать  $\frac{1}{3}$  длины окружности, зубья второй группы — вторую  $\frac{1}{3}$ , а зубья третьей группы (цилиндрической формы) — оставшиеся выступы.

Увеличение диаметра зубьев протяжки в каждой группе 0,4—0,8 мм.

Шлицевой вариант схемы резания. Все режущие зубья протяжки разбиваются на три группы. Каждая группа состоит из нескольких зубьев — в зависимости от срезаемого припуска и подачи на зуб протяжки.



Первая группа зубьев протяжки имеет профиль прямоугольных шлицев: после ее работы получается шестишлицевой профиль отверстия.

Вторая группа зубьев протяжки имеет цилиндрический профиль и срезает оставшийся после первой группы зубьев слой металла с той же глубиной резания.

В результате работы второй группы зубьев получается цилиндрическая поверхность отверстия обрабатываемой заготовки.

Зубья третьей группы являются по существу калибрующими и цилиндрическими. В процессе работы они срезают слои металла по всему контуру подобно протяжкам с профильной схемой резания.

**Шахматный вариант схемы резания.** В этом случае протяжки имеют несколько секций, состоящих из зубьев одинаковой высоты. Известна конструкция протяжки, состоящая из четырех секций, причем в каждой секции шесть зубьев. Все секции расположены в шахматном порядке.

Конструкция протяжки основана на принципе разделения всей ширины обрабатываемой поверхности на участки и ступенчатого расположения режущих секций (комплект из двух-трех зубьев). Такое расположение обеспечивает равномерное снятие заданного припуска по глубине и дает возможность получить более равномерную силу резания при протягивании.

Протяжки со вставными зубьями применяют главным образом при обработке крупных чугунных заготовок.

Основные режущие зубья работают по профильной схеме с толщинами срезаемого слоя 0,06—0,12 мм, а чистовые зубья — с толщинами 0,02—0,06 мм.

Оптимальный выбор схемы резания должен обеспечить следующее:

- возможность применения больших подач на зуб и получение связанных с этим преимуществ;

- облегчение условий резания зубьев протяжки и стружкообразования;

- оптимальную геометрию на главных и вспомогательных режущих кромках, усиление слабых участков зубьев в местах перехода от главных к вспомогательным режущим кромкам;

- получение высокого качества обработки;

удобство эксплуатации протяжки, ее долговечность и надежность (переточка протяжек, перевод калибрующих зубьев в режущие и протяжек одного номера в предыдущий номер комплекта и т. д.);

сокращение длины протяжки и (или) числа протяжек в комплекте;

технологичность конструкции.

## ПРОТЯЖКИ ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ПРОТЯГИВАНИЯ

**Протяжки для гладких круглых отверстий.** На рис. 4 приведена круглая протяжка с профильной схемой резания зубьев. Диаметр зубьев: 1-го 39,00 мм, 30-го 40,05 мм.

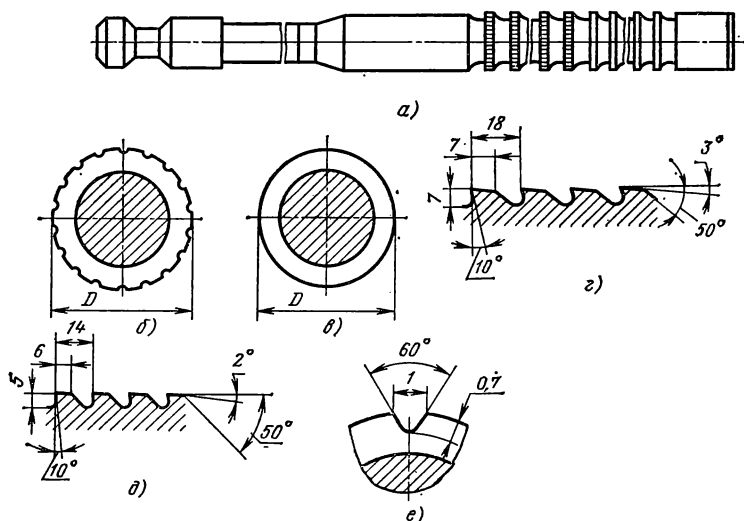
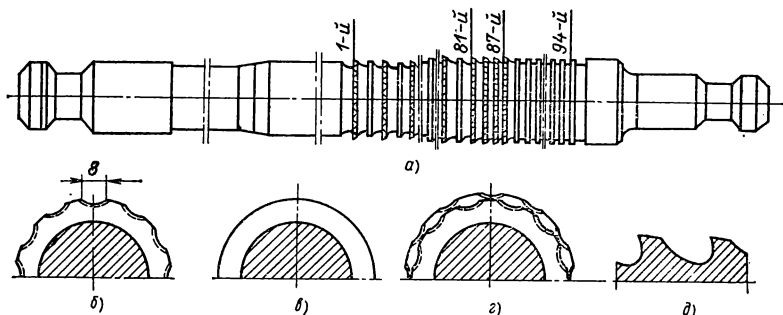


Рис. 4. Круглая протяжка с профильной схемой резания зубьев:

а — общий вид; б — поперечный профиль 1—23-го зубьев; в — поперечный профиль 24—30-го зубьев; г — продольный профиль 1—23-го зубьев; д — продольный профиль 24—30-го зубьев; е — профиль канавок для разделения стружки

Подача на зуб 0,05 мм на диаметр, длина протяжки 920 мм. Каждый зуб срезает металл по всей окружности на глубину подачи на зуб. Каждый последующий зуб имеет больший диаметр (на величину двойной подачи на зуб), чем предыдущий. Для разделения стружки по окружности

зубьев имеются стружкоразделительные канавки. Эта конструкция широко распространена в производстве. Преимущество ее состоит в сравнительной простоте изготовления. Эти протяжки непригодны для обработки поверхностей с литейной или ковочной коркой.



**Рис. 5. Круглая протяжка с групповой переменной схемой резания:**  
 а — общий вид; б — поперечный профиль нечетных зубьев с 1-го по 79-й;  
 в — поперечный профиль четных зубьев со 2-го по 80-й и с 88-го по 94-й без выкружек; г — поперечный профиль 81—87-го зубьев; д — продольный профиль 1—81-го зубьев; 1, 81, 87, 94 — номера зубьев

На рис. 5 дана круглая протяжка с групповой переменной схемой резания. Первый зуб каждой секции имеет 12 затылованных выкружек, а второй — круглый, без выкружек, диаметр его на 0,04 мм меньше диаметра первого зуба. Подача на каждую группу черновых зубьев составляет 0,2 мм по диаметру. Чистовые зубья (с 81 по 87-й) имеют по 12 затылованных выкружек, расположенных в шахматном порядке, а выкружки 81-го зуба находятся в шахматном порядке по отношению к 79-му зубу. Эти зубья являются несекционными и имеют подачу на каждый зуб, уменьшающуюся с 0,05 до 0,02 мм на диаметр. Зубья с 82-го по 94-й — калибрующие, имеют непрерывную круглую режущую кромку. Подача на первый калибрующий зуб (88-й) составляет 0,01 мм по диаметру для зачистки следов от разделения стружки; у остальных зубьев диаметр одинаков.

Протяжка предназначена для протягивания необработанных поковок. Кроме того, наличие затылованных выкружек и большого угла между главной и вспомогательной

кромками (на углах выкружек) создает благоприятные условия резания и придает прочность зубу в уголках.

Конструкция, представленная на рис. 6, позволяет увеличить срок службы протяжки за счет замены секций калибрующих, режущих или выглаживающих зубьев после их изнашивания или в случае необходимости протягивания отверстия немного большего диаметра.

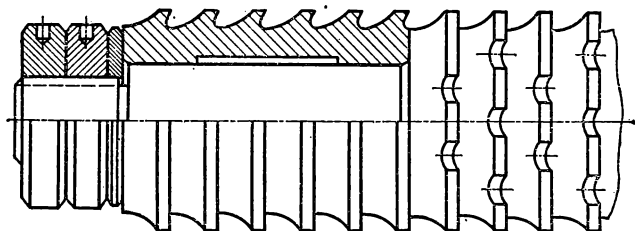


Рис. 6. Протяжка цилиндрическая со съемной калибрующей частью

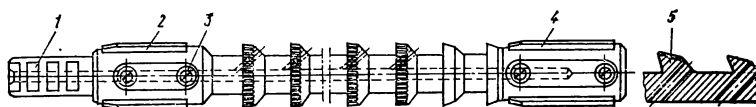


Рис. 7. Протяжка для протягивания глубокого цилиндрического отверстия:

1 — хвостовик; 2, 4 — текстолитовые планки; 3 — винт для крепления планок; 5 — профиль зубьев в продольном сечении

Протяжка (рис. 7) предназначена для протягивания круглого отверстия диаметром 40 мм и длиной 2000 мм. Для подачи охлаждения к режущим кромкам служат центральный и радиальный каналы. Протяжка соединяется с тягой, длина которой больше длины протягиваемого отверстия, хвостовиком с байонентным замком или с резьбой. Протяжка имеет ограниченное число зубьев (до 12), ибо в работе одновременно находятся все зубья. Шаг зубьев больше обычного, так как требуется разместить значительное количество стружки. Протяжки диаметром до 45 мм изготовляют цельными, а диаметром более 45 мм — сборными.

Винтовые протяжки (рис. 8) служат для протягивания глубоких круглых отверстий диаметром до 25 мм; они

имеют два зуба, расположенных по правой винтовой линии с шагом 60 мм. Длина винтовой протяжки равна примерно десяти диаметрам, шаг винтовой линии зубьев — трем диаметрам. Диаметр сердцевины (тела) протяжки, определяющий глубину стружечной канавки зубьев, равен вначале примерно 0,65 номинального диаметра протяжки и уменьшается до 0,4—0,45 к концу. Хвостовик протяжки имеет прямоугольную резьбу для соединения

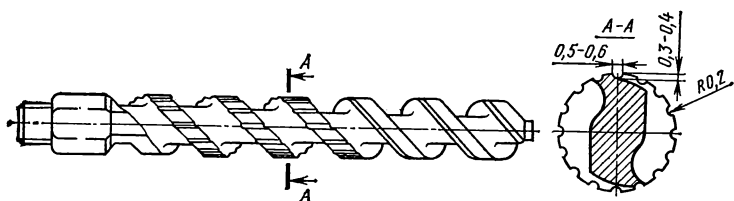


Рис. 8. Протяжка с винтовым зубом для протягивания глубоких отверстий

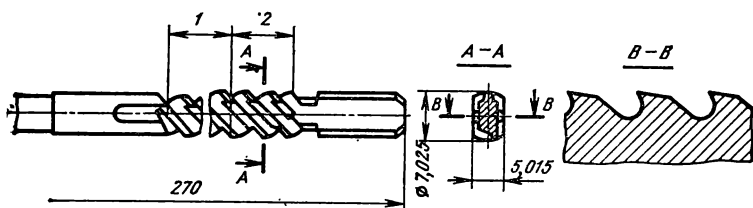


Рис. 9. Протяжка с винтовым зубом

с тягой. Отверстие обрабатывают последовательно четырьмя двухзаходными протяжками. Диаметр протяжки постепенно возрастает вследствие того, что винтовые режущие кромки расположены на конической поверхности. Калибрующая часть протяжки имеет цилиндрическую форму. Разность диаметров составляет в данном случае 0,2 мм и представляет собой величину снимаемого протяжкой припуска на диаметр.

Протяжка с винтовым зубом (рис. 9) служит для протягивания круглого отверстия с двумя плоскостями, симметричными относительно оси отверстия. Режущие кромки 1 расположены по винтовой линии на конической поверхности, калибрующая часть 2 расположена на цилиндрической поверхности.

**Фасонные протяжки.** Пазовая протяжка (рис. 10) служит для обработки фасонного паза в цилиндре дверного замка. Паз шириной 2,22 мм обрабатывается комплектом из шести протяжек длиной 188 мм каждая (на рис. 10 представлена последняя протяжка). Подача на зуб составляет 0,06 мм; число режущих зубьев 36, калибрующих 3.



Рис. 10. Протяжка фасонная пазовая

Протяжка (рис. 11) предназначена для протягивания боковых отверстий в обоймах винтовых насосов. Центральное отверстие, протянутое ранее отдельной протяжкой, служит направлением для протягивания боковых отверстий.

Протягиваемая заготовка, изготовленная из чугуна, имеет длину 370 мм. Протяжка состоит из цилиндрического корпуса 1, изготовленного вместе с передней и задней направляющими из стали 40Х, четырех режущих секций 4, промежуточной направляющей 5, прижимов 2 фиксирования секций режущих зубьев на корпусе, винтов 3 для крепления секций. Обработка ведется комплектом протяжек из шести штук. При этом размер  $H$  увеличивается от 42,02 до 45,05 мм. Подача на зуб (на сторону) составляет 0,03 мм.

**Протяжки для протягивания шлицевых отверстий.**  
Шлицевые протяжки подразделяются:

по форме шлицев: с параллельными боковыми сторонами (прямоугольные); с эвольвентными боковыми сторонами; с непараллельными боковыми сторонами (трапецеидальные, треугольные);

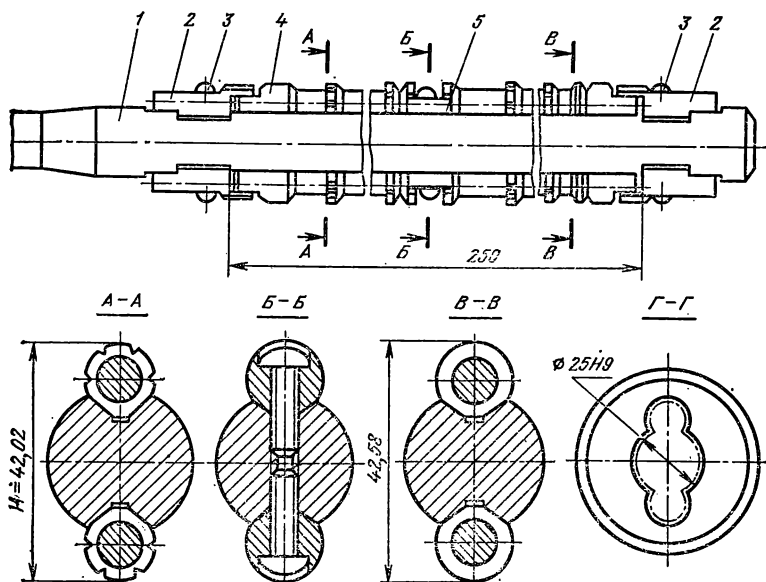


Рис. 11. Протяжка фасонная сборная

по направлению зубьев: прямолинейные; винтовые;

по схеме резания: с обычной схемой (профильно-генераторной); с групповой схемой (переменной);

по назначению: для протягивания внутренних шлицевых пазов; для протягивания цилиндрических отверстий и шлицевых пазов (комбинированные); для специальных операций (калибрующие, для протягивания нарезов в стволах оружия и т. п.).

Шлицевые отверстия с различным профилем шлицев протягивают протяжками: многошлицевыми, формирующими одновременно весь профиль отверстия, — в мас-

совом и серийном производстве, одношлицевыми (типа шпоночных) с делением заготовки на нужное число шлицев — в мелкосерийном и единичном производстве, в ремонтном деле, при обработке шлицевых отверстий большого диаметра, т. е. во всех случаях, когда изготовление многошлицевой протяжки себя не оправдывает.

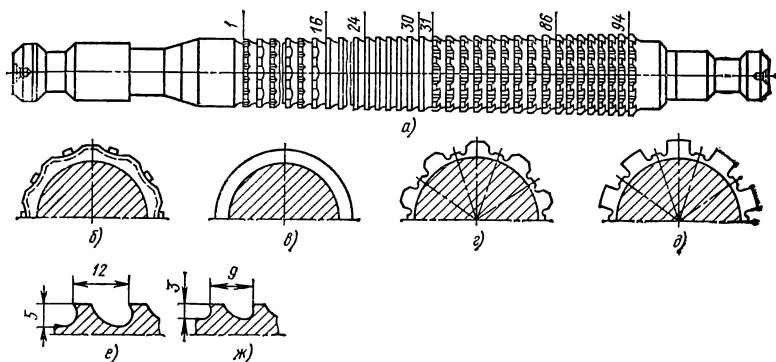


Рис. 12. Шлицевая протяжка с переменной схемой резания (однопроходная):

а — общий вид; б — поперечный профиль 1 — 15-го фасочных зубьев; в — поперечный профиль 16—30-го круглых зубьев; г — поперечный профиль четных шлицевых зубьев с 32-го по 84-й с затылованными выкружками; д — поперечный профиль нечетных зубьев с 13-го по 83-й и всех зубьев с 85-го по 94-й; е, ж — продольные профили зубьев с шагом 12 и 9 мм

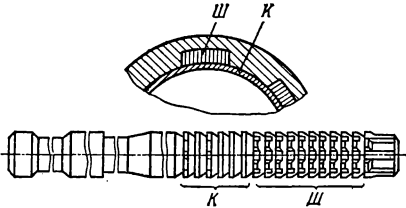
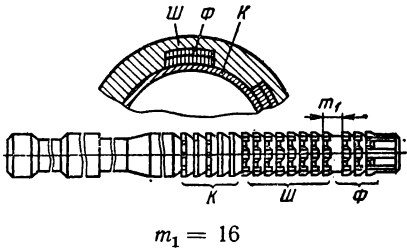
Данные о конструкции комбинированных шлицевых протяжек приведены в табл. 3.

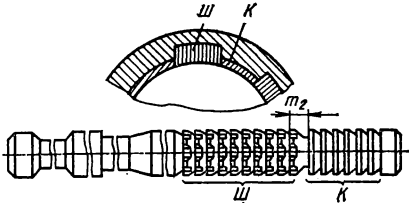
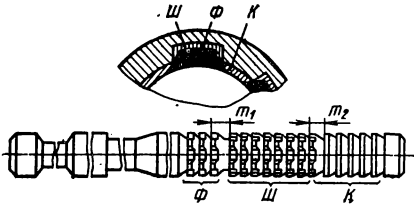
Для уменьшения трения на боковых поверхностях шлицевых выступов у протяжки (рис. 12) делается боковое поднутрение, образующее вспомогательный угол в плане, равный  $1-2^\circ$ . Для сохранения размера зуба оставляется ленточка, ширина которой равна 0,7—1 мм. Поднутрение делается только начиная с зуба, диаметр которого по шлицам отличается от диаметра первого зуба на 2,5 мм.

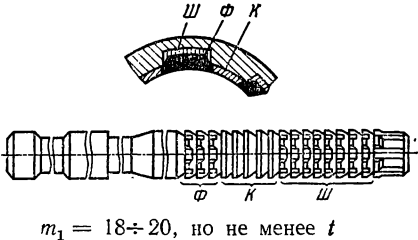
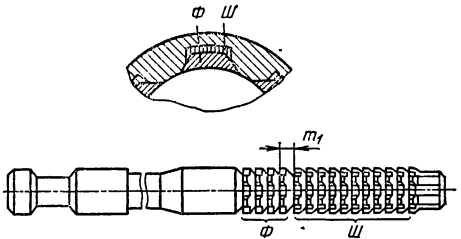
Для увеличения стойкости шлицевые зубья снабжаются переходной кромкой с таким же задним углом  $\alpha$ , как и на главной режущей кромке. Переходная кромка получается срезанием уголка, образуемого пересечением главной и вспомогательной режущих кромок. Форма и размеры переходных кромок на последних режущих и

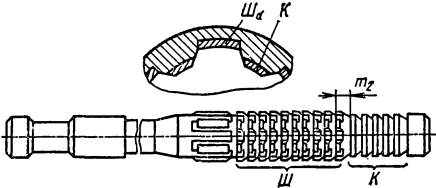
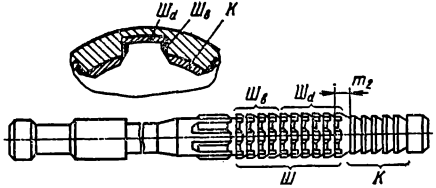


### 3. Типы конструкций комбинированных шлицевых протяжек

Тип протяжек (условно)	Порядок срезания припуска зубьями	Схема срезания припуска и расположение групп зубьев на протяжке	Область и условия применения
I	K, Ш		<p>Для обработки коротких отверстий длиной 10—24 мм или пакета деталей с общей длиной 24—60 мм</p>
II	K, Ш, Ф	 <p><math>m_1 = 16</math></p>	<p>Для обработки заготовок длиной 24—30 мм и получения фаски</p>

Тип протяжек (условно)	Порядок срезания припуска зубьями	Схема срезания припуска и расположение групп зубьев на протяжке	Область и условия применения
III	Ш, К	 <p><math>m_2 = 16</math>, но не менее <math>t</math></p>	Для обработки заготовок длиной более 27 мм
IV	Ф, Ш, К		Отличаются от типа III наличием фасочных зубьев. Применяют для получения фаски на шлицах

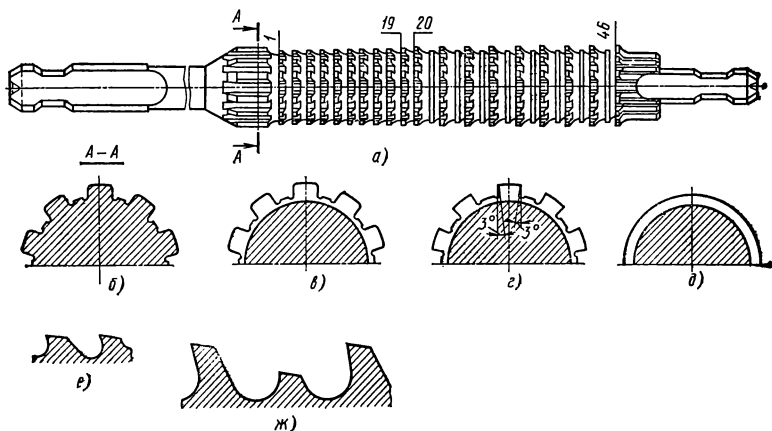
Тип протяжек (условно)	Порядок срезания припуска зубьями	Схема срезания припуска и расположение групп зубьев на протяжке	Область и условия применения
V	$\Phi, K, Ш$	 <p><math>m_1 = 18 \div 20</math>, но не менее <math>t</math></p>	<p>Конструкция более технологична, чем конструкция протяжек типа III и IV. Применяют при длине протягивания от 45 мм и более</p>
VI	$\Phi, Ш$	 <p><math>m_1 = 18 \div 20</math>; <math>m_2 = 16</math>, но не менее <math>t</math></p>	<p>Протяжки типа VI, VII и VIII применяют при протягивании в два (или более) прохода</p>

Тип протяжек (условно)	Порядок срезания припуска зубьями	Схема срезания припуска и расположение групп зубьев на протяжке	Область и условия применения
VII	$\text{Ш}_d, K$	 <p><math>m_2 = 16 \div 20</math>, но не менее <math>t</math></p>	<p>1-й проход — протяжки типа III, V, VI; 2-й проход — протяжки типа VII, VIII</p>
VIII	$\text{Ш}_b, \text{Ш}_d, K$	 <p><math>m_2 = 16 \div 20</math>, но не менее <math>t</math></p>	

Примечание. Обозначения:  $t$  — шаг черновых зубьев;  $m_1, m_2, m_3$  — увеличенный шаг между группами зубьев. Тип зубьев:  $K$  — круглые;  $\text{Ш}$  — шлицевые;  $\Phi$  — фасочные;  $\text{Ш}_d$  — шлицевые, срезающие припуск только по диаметру шлицев;  $\text{Ш}_b$  — шлицевые, срезающие припуск по ширине шлица.

на всех калибрующих зубьях должны соответствовать форме и размерам переходной части на профиле шлицевой канавки заготовки.

При протягивании шлицев комплектом протяжек передняя направляющая часть протяжек, кроме первой протяжки комплекта, должна иметь шлицевые выступы,



**Рис. 13.** Шлицевая калибрующая протяжка с переменной схемой резания:

*а* — общий вид; *б* — поперечный профиль передней направляющей; *в* — поперечный профиль 20, 24, 28 и 32-го шлицевых зубьев с затылованными выкружками; *г* — поперечный профиль шлицевых зубьев с 5-го по 46-й с боковым поднутрением в  $3^\circ$  и боковыми ленточками, шириной 0,8—1 мм; *д* — поперечный профиль круглых зубьев без выкружек (нечетные зубья с 21-го по 45-й); *е* — продольный профиль шлицевых зубьев с шагом 12 мм; *ж* — продольный профиль чередующихся шлицевых зубьев с шагами 12 и 15 мм

соответствующие форме и размерам шлицев, обработанных предыдущей протяжкой, со скосами для облегчения попадания в шлицы.

Протяжки (рис. 13) служат для выправления заготовки со шлицевыми отверстиями, деформированными при цементации и термообработке. Они отличаются порядком расположения зубьев. Для обеспечения концентричности наружного и внутреннего диаметров, а также для попадания шлицевых зубьев в готовые пазы круглые зубья чередуются со шлицевыми через зуб.

Протяжка (рис. 14) служит для окончательного протягивания шлицев, предварительно образованных шпоноч-

ной протяжкой в отверстии большого диаметра ведущего колеса шестикубового экскаватора. Протяжка не имеет хвостовой части; ее первые 12 зубьев имеют главную режущую кромку на боковых сторонах; они предназначены для обработки стенок пазов; остальные зубья, окончательно обрабатывающие паз по наибольшему диаметру, — обычной конструкции с режущей кромкой по диаметру.

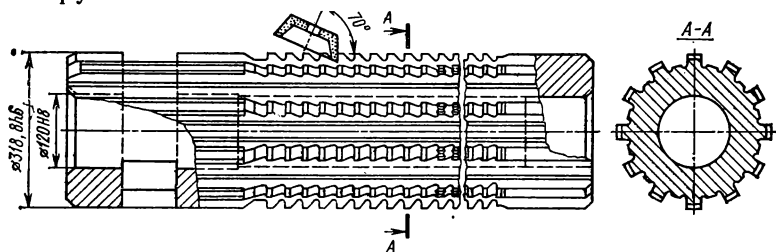


Рис. 14. Шлицевая протяжка бокового резания

Протяжка (рис. 15) служит для протягивания шлицевых отверстий с эвольвентным профилем зубьев. Она имеет круглые зубья для протягивания отверстия и шлицевые для протягивания эвольвентных шлицев. В обеих группах зубьев применена переменная схема резания, которая образуется в данном случае так же, как и на шлицевых протяжках для протягивания прямоугольных шлицев.

Протяжка (рис. 16) служит для протягивания винтовых шлицев в отверстии диаметром 40 мм; длина протягивания 3000 мм.

Схема резания шахматно-шлицевая, т. е. каждое зубко-кольцо прорезает не все 16 нарезков, а только восемь (через один), а другие восемь нарезков прорезает следующий зуб того же диаметра. Шлицы, образующие режущие кромки, прорезаны по винтовой линии, соответствующей подъему винтовой нарезки. Все протяжки комплекта, кроме первой, имеют на передней направляющей шлицевые выступы с заходами (скосами) для попадания в нарезы, образованные предыдущей протяжкой. Центральное осевое отверстие и боковые (радиальные) отверстия служат для подвода охлаждающей жидкости к режущим

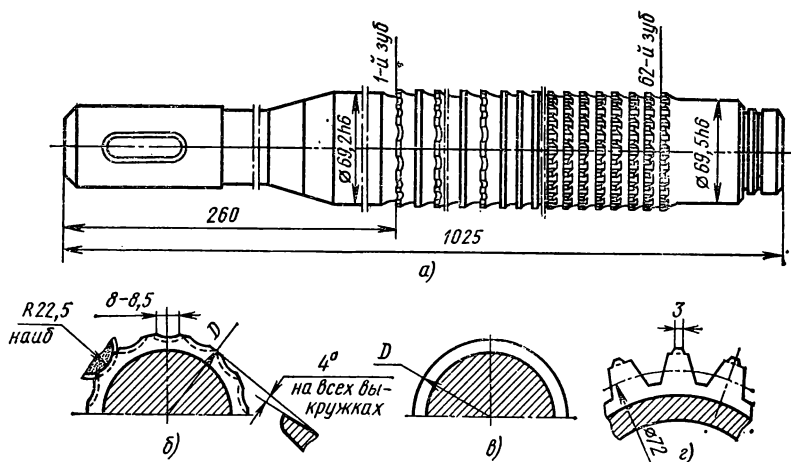


Рис. 15. Эвольвентная протяжка с переменной схемой резания:

а — общий вид; б — поперечный профиль круглых зубьев (1, 3, 5 и 7-й), имеющих по 14 затылованных выкружек; в — поперечный профиль круглых зубьев (2, 4, 6, 8, 10, 12 и 13-й) без выкружек; г — поперечный профиль 14—62-го шлицевых зубьев (на четных зубьях с 14-го по 54-й делается по 18 затылованных выкружек)

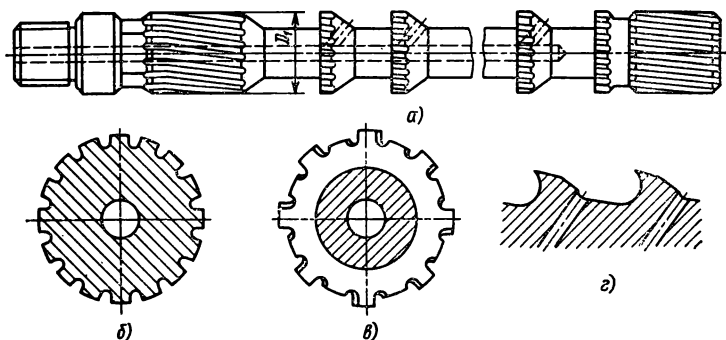


Рис. 16. Протяжка шлицевинтовая с кольцевым зубом и шахматно-шлицевой схемой резания:

а — общий вид; б — сечение по передней направляющей; в — сечение по резущей части; г — продольное сечение по зубу

кромкам, а резьбовой хвостовик — для соединения протяжки с тягой.

Протяжки (рис. 17) служат для нарезания различной формы шлицев, трапецеидальной и другой резьбы с углом наклона свыше  $15-20^\circ$ , когда протяжки с кольцевым зубом применять нельзя. На винтовых зубьях нарезают шлицевые или другой формы режущие выступы под углом, равным углу шлицев или резьбы.

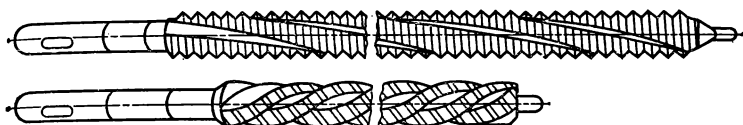


Рис. 17. Протяжки шлицевинтовые с винтовым зубом

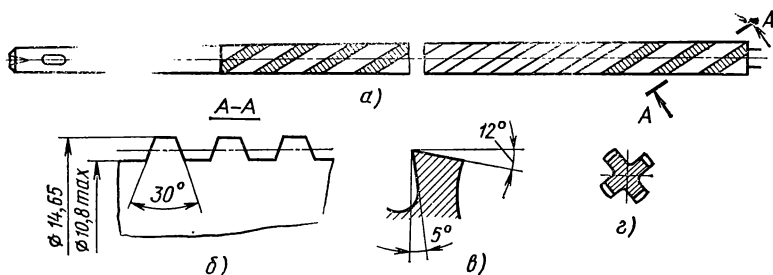


Рис. 18. Протяжка-метчик:

*a* — общий вид; *б* — продольное сечение профиля зубьев; *в* — поперечное сечение профиля режущих зубьев; *г* — поперечное сечение протяжки

Протяжка (рис. 18) служит для протягивания резьбы трапецеидального и других профилей в гайках. Она имеет четыре винтовых пера, на которых расположены режущие зубья. Направление винтовой линии стружечных канавок — обратное направлению винтовой линии расположения режущих зубьев.

Протяжка (рис. 19) служит для протягивания геликоидальных нарезов в гайке из бронзы. Нарезы правые с углом  $3^\circ 45''$ , шаг спирали 960 мм. Число режущих зубьев 30, подача на зуб на диаметр 0,12 мм, длина протяжки 405 мм.

Протяжка (рис. 20) применяется для протягивания эвольвентных зубьев модуля 3 мм. На рис. 20 представ-



лена протяжка последнего (четвертого) прохода. Конструкция сборная, состоит из корпуса 1, изготовленного заодно с передним и задним хвостовиками, режущих

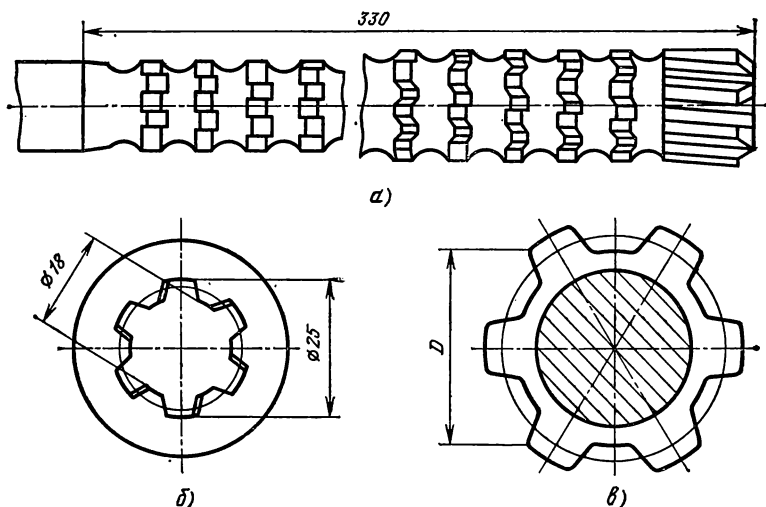


Рис. 19. Протяжка шестиглицевая геликоидальная:

*а* — общий вид; *б* — профиль протягиваемого отверстия; *в* — поперечное сечение протяжки

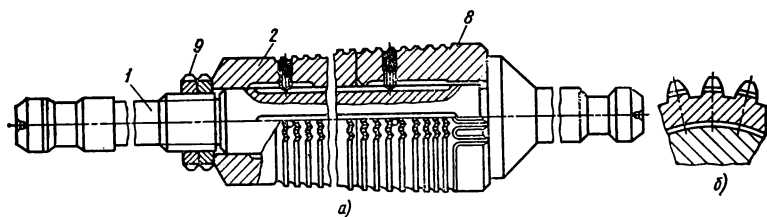


Рис. 20. Протяжка эвольвентная, сборная:

*а* — общий вид; *б* — сечение по режущему участку протяжки

и калибрующих зубьев в виде секций 2—8. При этом секции 2 и 8 зубьев изготовлены вместе с передней и задней направляющими соответственно. Положение секций на корпусе протяжки фиксируется винтами, входящими в паз корпуса 1, секции стягиваются гайками 9.

Протяжка, представленная на рис. 21, подобна эвольвентным шлицевым протяжкам по конструкции и расчету, по технологии изготовления и условиям эксплуатации. Протягиваемое отверстие имеет диаметр 30,46 мм; число зубьев 36; длина протягивания равна 36 мм. Предусмотрены круглые зубья с непрерывной режущей кромкой для чистовой обработки отверстия по внутреннему диаметру. Для уменьшения трения на боковых сторонах шлицевых выступов протяжек профиль впадин шлифуют при

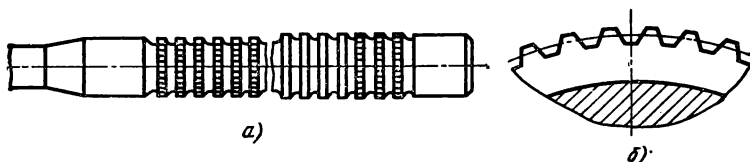


Рис. 21. Протяжка для протягивания шлицев с треугольным профилем (елочная):

*а* — общий вид; *б* — поперечное сечение по режущей части

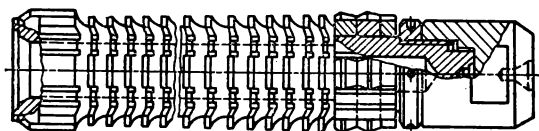


Рис. 22. Прошивка шлицевая сборная режуще-выглаживающая

подъеме заднего центра на величину из расчета 0,0015—0,0030 мм на каждый зуб протяжки. При этом корректируют угол впадины профиля зуба протяжки. Например, в представленной протяжке скорректированный угол составил  $33^{\circ} 40''$  вместо  $35^{\circ}$  по чертежу заготовки.

Прошивка (рис. 22) служит для окончательной обработки шлицевого отверстия. Она представляет собой сборную конструкцию, которая состоит из корпуса, изготовленного заодно с зачистными режущими шлицевыми зубьями из быстрорежущей стали, и выглаживающих шлицевых зубьев. Последние изготовлены в виде отдельных колец из стали 40Х, оснащенных напаянными пластинами из твердого сплава ВК8. Прошивка имеет на передней направляющей шлицевые выступы для направления ее по предварительно прорезанным шлицам.

Протяжка (рис. 23) предназначена для протягивания эвольвентных шлицевых отверстий  $70 \times 68 \times 2$ ; число зубьев 34. Черновые зубья с 1-го (диаметр 66,000 мм) по 28-й (диаметр 69,940 мм), подача на зуб 0,16 мм на диаметр; чистовые зубья с 29-го (диаметр 69,970 мм) по 32-й (диаметр 70,046 мм), подача на зуб 0,03—0,02 мм; калибрующие зубья с 33-го по 38-й (диаметр 70,046—0,012 мм).

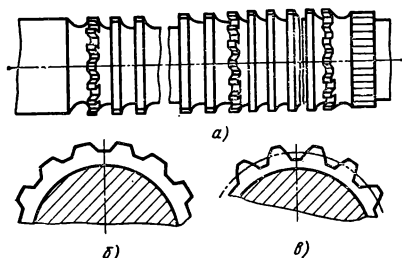


Рис. 23. Протяжка шлицевая эвольвентная с профилно-генераторной схемой резания

Длина протягивания 45—140 мм, материал заготовки — сталь конструкционная. Материал протяжки — сталь Р6АМ5. Общий вид протяжки представлен на рис. 23, а. На рис. 23, б показан поперечный профиль зубьев для предварительной прорезки шлицев. Эти зубья имеют трапециевидальную форму, что создает лучшие условия резания. Чистовые зубья (рис. 23, в) имеют эвольвентный профиль и обеспечивают окончательную обработку профиля в заготовке. Профиль продольного сечения по режущей части протяжки аналогичен профилям других шлицевых протяжек.

**Протяжки для протягивания шпоночных пазов.** Шпоночные пазы в отверстиях заготовок можно обрабатывать обычными шпоночными или комбинированными протяжками, формирующими одновременно отверстие и паз. Стандартизовано четыре типа обычных шпоночных протяжек: шпоночные; шпоночные с утолщенным телом; шпоночные с фасочными зубьями; шпоночные для обработки пазов с малой шероховатостью.

Протяжки шпоночные (ГОСТ 18217—80) предназначены для обработки шпоночных пазов шириной  $b = 6 \div 50$  мм. При обработке заготовок из стали передний угол  $\gamma$  всех шпоночных протяжек равен  $15^\circ$ , а при обработке заготовок из чугуна он равен  $5^\circ$ . Протяжки шириной более 12 мм, изготовленные из быстрорежущей стали, должны быть сварными; сварной шов должен быть на

хвостовой части. Хвостовую часть изготавливают из стали 40Х. Число стружкоразделительных канавок режущих зубьев зависит от ширины паза.

Шпоночные протяжки с утолщенным телом (ГОСТ 18218—80) предназначены для обработки за один проход шпоночных пазов шириной 3—10 мм (рис. 24). Стружкоразделительные канавки или фаски выполняют

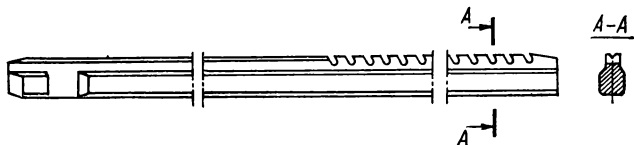


Рис. 24. Плоская шпоночная протяжка

по одной на режущих зубьях в шахматном порядке. Формирование дна шпоночного паза происходит по профильной, а боковых сторон — по генераторной схеме резания. На боковых режущих кромках предусмотрены поднутрение под углом  $1^\circ$  и ленточка у вершины зуба величиной 0,8—1 мм.

Шпоночные протяжки с фасочными зубьями (ГОСТ 18219—80) предназначены для обработки шпоночных пазов шириной 3—10 мм с одновременным снятием заусенцев. Ширина фаски на каждой стороне паза составляет 0,15—0,25 мм при ширине 3 мм, 0,2—0,5 мм при ширине паза 10 мм. Фасочные зубья располагают впереди шпоночных. Стружкоразделительные канавки и фаски выполняют по одной на режущих фасочных и шпоночных зубьях в шахматном порядке.

Шпоночные протяжки предназначены для обработки пазов шириной 6—50 мм с параметром шероховатости поверхностей  $Ra \leq 2,5$  мкм. Для обработки таких пазов служат протяжки двух типов: предварительные и окончательные. Предварительные протяжки по всем конструктивным размерам, кроме ширины режущей кромки, соответствуют протяжкам по ГОСТ 18217—80. Ширина режущей кромки у предварительных протяжек уменьшена на припуск под окончательное протягивание.

Окончательные протяжки формируют боковые стенки паза по профильной схеме резания, срезая припуск, оставленный после обработки предварительными протяж-

ками. Режущие зубья протяжек снабжены стружкоразделительными канавками. Зубья этих протяжек имеют однорадиусную впадину.

Кроме стандартных шпоночных протяжек с обычной схемой резания существует множество конструкций специальных протяжек. Шпоночные протяжки с групповой схемой резания выполняют по схеме П. П. Юнкина. Секции состоят из двух зубьев. Первые зубья секций имеют с обеих сторон фаски под углом  $20-25^\circ$  к оси протяжки. Задний угол по фаске  $\alpha_1 = 3^\circ$ . Вторые зубья секций уменьшены по высоте на  $0,03-0,04$  мм.

При протягивании шпоночных пазов шириной более 20 мм применяют составные шпоночные протяжки. В этом случае после зубьев, вырезающих паз на полную глубину, устанавливают блок зубьев бокового резания для получения паза требуемой ширины при малой шероховатости стенок. Иногда на конце шпоночной протяжки закрепляют или выполняют блок фасочных зубьев. В некоторых случаях применяют специальные чистовые протяжки бокового резания для окончательной обработки шпоночных пазов по ширине.

В таких случаях следует применять следующие конструкции протяжек. После обычных режущих зубьев, образующих дно шпоночной канавки, на протяжке размещается некоторое число зубьев, имеющих боковые режущие кромки и служащих для получения необходимой шероховатости поверхности на боковых сторонах шпоночного паза. При этом оставляется небольшой припуск (до 0,5 мм) по боковым сторонам, для чего ширина основных режущих зубьев делается соответственно меньше необходимой ширины шпоночного паза.

При протягивании шпоночных пазов больших размеров, когда приходится применять в комплекте 5—8 и большее число протяжек, целесообразно изготовить для последнего прохода специальную протяжку с боковыми режущими кромками. Для заточки боковых режущих кромок по передней поверхности можно рекомендовать следующий способ.

Заточный круг, имеющий форму конической чашки (ЧК), врезается в переднюю поверхность зуба протяжки. При этом одновременно на двух боковых сторонах зуба образуются передние углы.

Указанный способ особенно удобен для заточки шлицевых протяжек, когда получение передней поверхности путем заточки вдоль боковых сторон зуба невозможно, а также шпоночных протяжек малого размера.

В отдельных случаях для получения главных режущих кромок на боковых сторонах зуба шпоночной протяжки целесообразно применять шахматную схему резания на

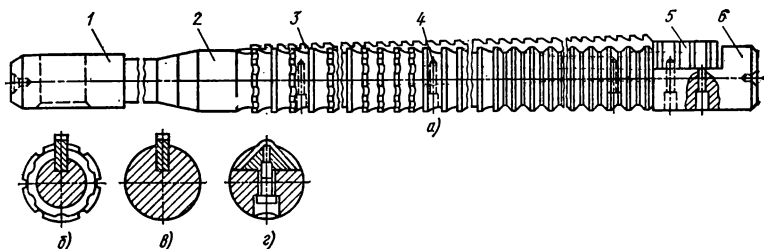


Рис. 25. Комбинированная сборная круглошпоночная протяжка:

*a* — общий вид; *б* — сечение по режущей части; *в* — сечение по калибрующей части; *г* — сечение по фасочным зубьям; 1 — хвостовик, 2 — протяжка; 3 — шпоночная секция; 4 — винт М6×25; 5 — фасочная секция; 6 — задняя направляющая

той части протяжки (в конце ее), где необходимо резание по боковым сторонам паза.

При малой серийности выпуска изделий протягивание ведется одной протяжкой, а требуемая глубина паза обеспечивается подкладками, закладываемыми под протяжку в направляющем пазу приспособления после каждого прохода. Шпоночные протяжки при работе движутся в направляющем пазу приспособления. Эти протяжки для пазов шириной более 20 мм часто выполняются сборными.

Протяжка с цилиндрическим телом представляет собой одношпоночную протяжку, обычно изготавливаемую совместно с цилиндрической направляющей как одно целое или сборной. Такие протяжки работают без направляющей оправки.

На рис. 25 показана комбинированная сборная круглошпоночная протяжка, которая совмещает операции протягивания отверстия и шпоночного паза. Шпоночная секция крепится винтами.

В начальной части протяжки расположены круглые режущие зубья, а в остальной части — заглаживающие зубья, которые направляют протяжку по отверстию

заготовки. Эти зубья также способствуют снижению шероховатости поверхности. За шпоночной секцией крепится фасочная.

**Квадратные и многогранные протяжки.** Их применяют для протягивания отверстий соответствующей формы; заготовка, как правило, имеет отверстие круглой формы. Эта группа протяжек обеспечивает необходимую геометрическую форму протягиваемого отверстия по генераторной

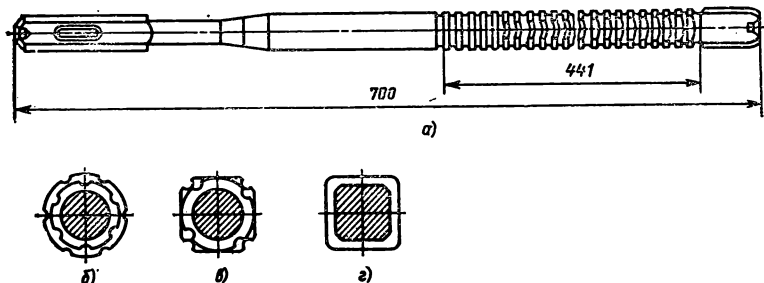


Рис. 26. Протяжка для протягивания квадратного отверстия:

*а* — общий вид; *б* — поперечный профиль с 1-го по 9-й круглый зуб; *в* — поперечный профиль с 10-го по 30-й зуб; *г* — поперечный профиль с 31-го по 63-й зуб

схеме резания. Многогранные отверстия обычно протягивают комплектом из двух, трех и большего числа протяжек.

На рис. 26 показана первая протяжка комплекта для протягивания квадратного отверстия. Она имеет несколько круглых зубьев, начиная с первого, и круглую переднюю направляющую. Остальные протяжки комплекта не имеют круглых зубьев, и форма поперечного сечения передней направляющей соответствует форме протянутого многогранника. Главные режущие кромки зубьев протяжки имеют профиль по дуге окружности, а вспомогательные — профиль протягиваемого квадратного (или шестигранного) отверстия. Для уменьшения трения между вспомогательными режущими кромками и протянутой поверхностью отверстия их шлифуют на проход на приподнятом центре задней бабки.

Конструкция протяжки для протягивания 12-гранного отверстия представлена на рис. 27, общий вид — на рис. 27, *а*. Режущая часть протяжки начинается с уча-

стка, состоящего из пяти двузубых секций с переменной схемой резания: нечетные зубья имеют по 10 выкружек (рис. 27, б), четные зубья — круглые. Подача на секцию равна 0,12 мм на диаметр. Последний, десятый, зуб этой секции имеет диаметр 39,95 мм. Затем идут зубья 11-й и 12-й диаметром 40 мм с выкружками, расположенными в шахматном порядке по отношению друг к другу и к 9-му зубу. Зубья с 13-го по 32-й имеют по шесть граней

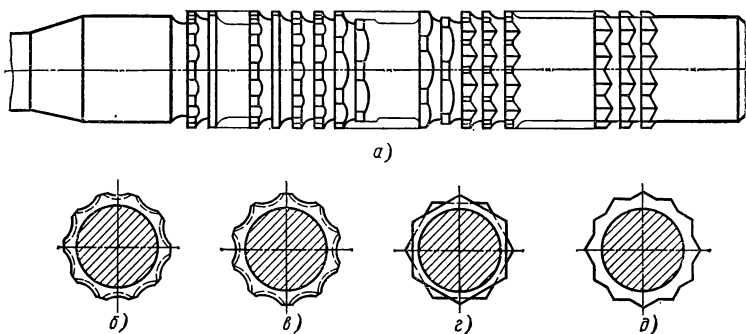


Рис. 27. Протяжка для протягивания 12-гранного отверстия

(рис. 27, в); они также расположены в шахматном порядке. Подача на диаметр составляет 0,2 мм на каждую пару зубьев (зубья 13-й и 14-й имеют диаметр 40, 20 мм). Расстояние между сторонами шестигранника на 13-м зубе составляет  $38,6_{-0,03}$  мм; на последующих зубьях оно уменьшается вследствие подъема заднего центра на 0,25 мм при шлифовании профиля шлицев. На последнем, 46-м зубе, эта величина составляет  $38,4_{-0,03}$  мм, а диаметр зуба равен 44,20 мм. Зубья с 33-го по 46-й (рис. 27, г) имеют форму 12-гранника с подачей на каждый зуб 0,20 мм на диаметр. На рис. 27, д показан профиль калибрующих зубьев. Диаметр задней направляющей части выполнен соответственно внутреннему диаметру отверстия.

**Протяжки с выглаживающими и деформирующими твердосплавными зубьями.** Совмещение в процессе протягивания резания металла и пластической деформации посредством колец или блоков из твердых сплавов группы ВК позволило многократно увеличить эффективность процесса по сравнению с протягиванием только режущей



протяжкой: повысить геометрическую точность отверстия на 30—35 %, получить отверстие 9-го качества точности (*H6—H9*) и выше, уменьшить шероховатость обработанной поверхности до  $Ra = 0,16 \div 0,63$  мкм, повысить износостойкость поверхности заготовки, увеличить срок службы протяжки.

Так, например, применение таких протяжек на операции обработки отверстия диаметром 22 мм и длиной 33 мм в стали 40Х позволило увеличить количество обрабатываемых заготовок (с 12,5 до 170 тыс. шт.) и снизить шероховатость поверхности (с  $Ra = 1,25$  мкм до  $Ra = 0,32$  мкм). Скорость протягивания была увеличена с 2 до 5 м/мин.

Применяя съемные элементы различных диаметров, можно одной и той же протяжкой получить отверстия по различным посадкам и качествам точности, что позволяет резко сократить номенклатуру требуемых протяжек в условиях серийного производства. Стойкость режущей части протяжки повышается, так как твердосплавные элементы в определенных пределах исправляют погрешности режущей части по размерам и шероховатости.

Твердосплавные элементы протяжек (зубья, блоки) или полностью протяжки (прошивки), предназначенные для обработки методом пластической деформации, изготовляют либо в виде однозубых колец, либо в виде блоков, содержащих несколько выглаживающих зубьев. Если натяг (разница диаметров соседних зубьев-колец) на каждое кольцо составляет десятые доли миллиметра, а суммарный натяг на все твердосплавные зубья протяжки равен 1 мм, то такие протяжки называют выглаживающими. При натягах на каждый зуб около 1 мм и более и больших суммарных натягах протяжки называют деформирующими. В этом случае твердосплавные кольца делают однозубыми и устанавливают между ними распорные втулки, длина которых зависит от размеров обрабатываемой заготовки. В остальном конструкции деформирующих протяжек аналогичны выглаживающим.

Выглаживающие зубья и их блоки могут устанавливаться как на новые протяжки, так и изношенные.

Заменой блоков с различными диаметрами зубьев можно обеспечить требуемые размеры обрабатываемого отверстия.

На рис. 28 показана протяжка круглая сборная с твердосплавными зубьями диаметром 35H7 для протягивания тормозного цилиндра длиной 86 мм из чугуна. Протяжка состоит из корпуса (оправки) 2 из стали 40X ( $HRC\ 40-45$ ); съемного хвостовика 1 направляющей 4 из стали ХВГ,  $HRC\ 60-65$ ; двадцати режущих зубьев-колец 5 из твердого сплава ВК8; двадцати промежуточных

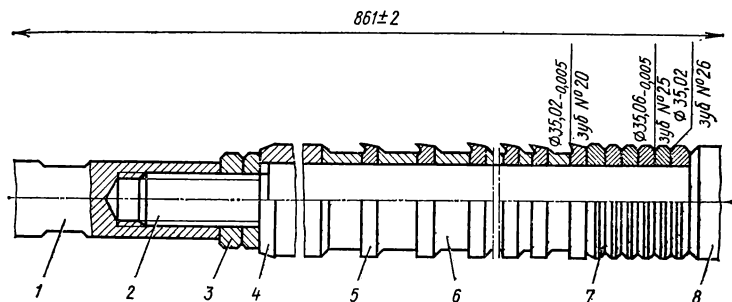


Рис. 28. Протяжка круглая сборная твердосплавная с выглаживающими зубьями

колец 6 из стали 40X,  $HRC\ 40-45$ ; шести выглаживающих колец 7 из твердого сплава ВК8; задней направляющей 8 из стали ХВГ  $HRC\ 60-65$ . Гайки 3 закрепляют протяжку в сборе.

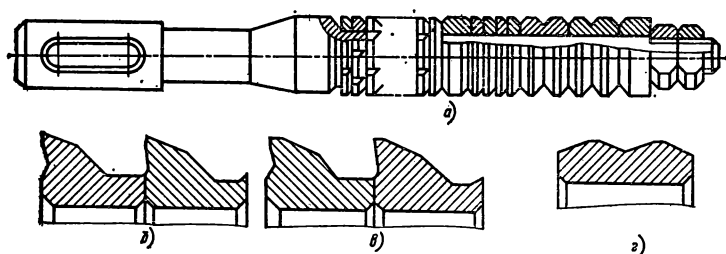
Черновые зубья (9 шт.) имеют подачу 0,1 мм на диаметр, чистовые зубья (7 шт.) — 0,02 и 0,01 мм на диаметр.

Шаг всех зубьев неравномерный, неравномерность равна 1 мм. При сборке гайки затягивают так, чтобы кольца могли поворачиваться от усилия руки. После обработки 10—12 заготовок гайки необходимо подтянуть.

На рис. 29 представлена твердосплавная режуще-выглаживающая протяжка для обработки стальных закаленных заготовок. Протяжка состоит из оправки, на которую насаживают черновые, чистовые, калибрующие и выглаживающие кольца. Во избежание выкрашивания режущих зубьев на их передней поверхности предусмотрена ленточка до 0,5 мм с передним углом, равным нулю. После режущих зубьев на оправке установлена втулка, диаметр которой меньше (до 0,2 мм) диаметра последнего режущего зуба. Эта втулка служит направляющей, если

в обрабатываемой заготовке происходит упругое восстановление после снятия нагрузки от режущих зубьев.

Подобные протяжки применяют для обработки центрального отверстия диаметром 38 мм в картере амортизатора автомобиля. Они обеспечивают получение поля допуска Н7 и шероховатость поверхности  $Ra = 0,63$  мкм. Применение протяжек позволило ликвидировать две операции: чистовую расточку и хонингование отверстия.



**Рис. 29. Твердосплавная режуще-выглаживающая протяжка для обработки стальных закаленных заготовок:**

*а* — общий вид; *б* — профиль режущих и переходных зубьев; *в* — профиль калибрующих зубьев; *г* — профиль выглаживающих зубьев

При обработке заготовки из серого чугуна стойкость протяжек между переточками из твердого сплава ВК10М равна 5000—6000 м длины протягивания, что в 40 раз превышает стойкость протяжек из быстрорежущей стали. Для предупреждения выкрашивания режущих твердосплавных зубьев на передней и задней их поверхностях предусматривают фаску с передними углами, равными нулю.

Износ зубьев по задней поверхности составляет в среднем 0,15 мм. Передний угол зубьев равен  $10^\circ$ , при этом имеется ленточка шириной до 0,6 мм с передним углом, равным нулю. Задние углы равны: на черновых зубьях  $3^\circ$ , на чистовых  $2^\circ$  и калибрующих  $1-1,5^\circ$ . На рис. 30 представлена сборная режуще-выглаживающая протяжка для обработки стальных деталей. Режущая часть 5 и калибрующая часть 4, хвостовик 7, направляющая 6, задняя направляющая 3 изготовлены цельными из бы-

строрежущей стали Р6М5. Выглаживающие кольца 2 и задний хвостовик 1 сборные. Крепление сборных частей выполнено с помощью гайки 8 и заднего хвостовика, которые навинчиваются на резьбовой хвостовик.

Деформирующие-режущая протяжка отличается тем, что ее деформирующие зубья размещены перед режущими,

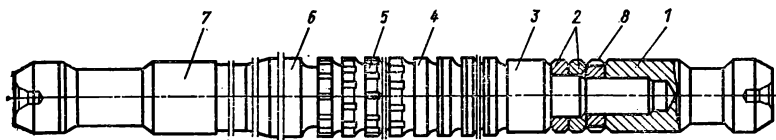


Рис. 30. Протяжка круглая сборная быстрорежущая с выглаживающими зубьями из твердого сплава

непосредственно за передней направляющей. Протяжка имеет в передней своей части приваренную базовую оправку с резьбой. На оправку устанавливают (по посадке  $H7/h6$ ) дистанционные втулки и деформирующие твердосплавные элементы из сплава ВК15М. Передний хвостовик соединен с оправкой резьбой. Перед режущей частью предусмотрена промежуточная направляющая часть.

Деформирующе-режуще-выглаживающие протяжки имеют после деформирующей и режущей частей выглаживающие зубья для тонкого (поверхностного) деформирования полученного отверстия.

Деформирующие зубья перед режущей частью служат для подготовки отверстия для чистовой обработки режущими и выглаживающими зубьями. Для вязких материалов одновременно обеспечивается улучшение обрабатываемости для режущих зубьев. Такие протяжки позволяют получить точность, соответствующую полям допусков  $H6$  и  $H7$ , и шероховатость поверхности  $Ra = 0,08 \div 0,16$  мкм; кроме того, достигается упрочнение поверхностного слоя.

Комбинированные протяжки с режущей и деформирующей частями применяют в том случае, когда необходимо обработать отверстие с большими (несколько миллиметров) припусками.

Применяются указанные протяжки двух вариантов: деформирующе-режущие и деформирующе-режуще-вы-

глаживающие. Этими протяжками обрабатывают отверстия в трубах без предварительной обработки.

Деформирующая часть протяжки обеспечивает отклонения от круглости и цилиндричности в десятки раз меньше исходного. Одновременно происходит увеличение внутреннего и наружного диаметров заготовки. Режущая часть протяжки удаляет дефектный слой и обеспечивает необходимые размер и форму отверстия.

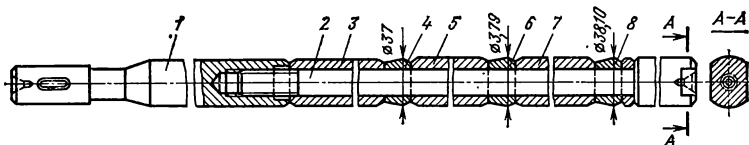


Рис. 31. Деформирующая протяжка для обработки отверстия в цилиндре домкрата грузового автомобиля

На рис. 31 показана деформирующая протяжка для обработки отверстия в цилиндре домкрата грузового автомобиля методом пластического деформирования. Длина цилиндра 196 мм, наружный диаметр 49 мм; диаметр отверстия  $38^{+0.1}$  мм. Параметр шероховатости поверхности  $Ra = 0,25$  мкм. Протяжка сборная, состоит из хвостовика 1, трех деформирующих колец 4, 6 и 8 с диаметрами соответственно 37; 37,9 и 38,10 мм, оправки 2 диаметром 22 мм и промежуточных втулок 3, 5 и 7, длины которых подобраны таким образом, чтобы перед самым выходом из цилиндра одного деформирующего кольца в него начинало входить следующее

На рис. 32 представлена прошивка шлицевая калибрующая с напаянными твердосплавными зубьями для обработки шлицевого отверстия  $8 \times 52 \times 60$  мм из стали 30ХГТ. Длина протягивания 84 мм.

Прошивка сборная, состоит из корпуса 4, изготовленного вместе с задней направляющей, трех уплотняющих колец 3 с напаянными пластинками 6 из твердого сплава ВК8, шпонки 5 для фиксирования колец, передней направляющей 2, двух гаек 1 для крепления прошивки в сборе. Диаметры выглаживающих зубьев равны 60,10; 60,13; 60,15 мм.

Деформирующе-режуще-деформирующие протяжки используются также для обработки отверстий в тонкостенных втулках, запрессованных в жесткие корпусные детали и обычно изготавливаемых из цветных металлов. Перед обработкой втулка свободно вставляется в корпусную деталь. Первая деформирующая часть протяжки, деформируя втулку, запрессовывает ее в корпус, который при этом не деформируется. Режущая часть протяжки снимает небольшой припуск, удаляя дефектный слой металла

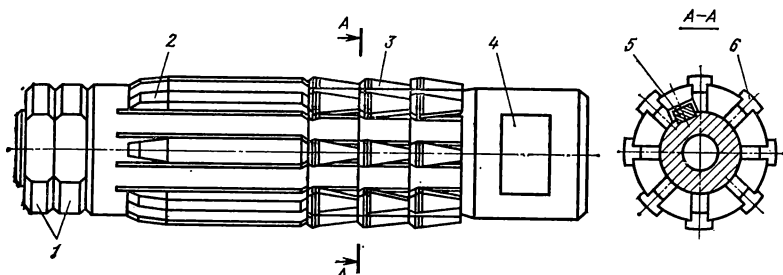


Рис. 32. Прошивка шлицевая калибрующая с напаянными твердосплавными выравнивающими зубьями

втулки и исправляя погрешности отверстия, возникшие при деформирующем протягивании, а вторая деформирующая часть протяжки калибрует отверстие, позволяя получить требуемые шероховатость и точность.

**Прошивки.** Вследствие небольшой длины прошивки снимают небольшой припуск. Прошивки широко применяют для калибрования после термообработки протянутых ранее отверстий.

В связи с этим в последнее время прошивки все чаще изготавливают не только из быстрорежущей стали, но и из твердого сплава. Прошивками калибруют круглые, шлицевые, многогранные отверстия.

Прошивки для круглых отверстий выполняют с кольцевыми и винтовыми зубьями. На прошивках, так же как и на протяжках, применяют обычную и групповую схемы резания. По характеру обработки различают прошивки режущие, выравнивающие и комбинированные. Выравнивающие прошивки обрабатывают отверстие методом поверхностного пластического деформирования.

У комбинированных прошивок выглаживающая часть расположена после режущей части.

Выглаживающие прошивки и выглаживающие части комбинированных прошивок делают из твердого сплава,

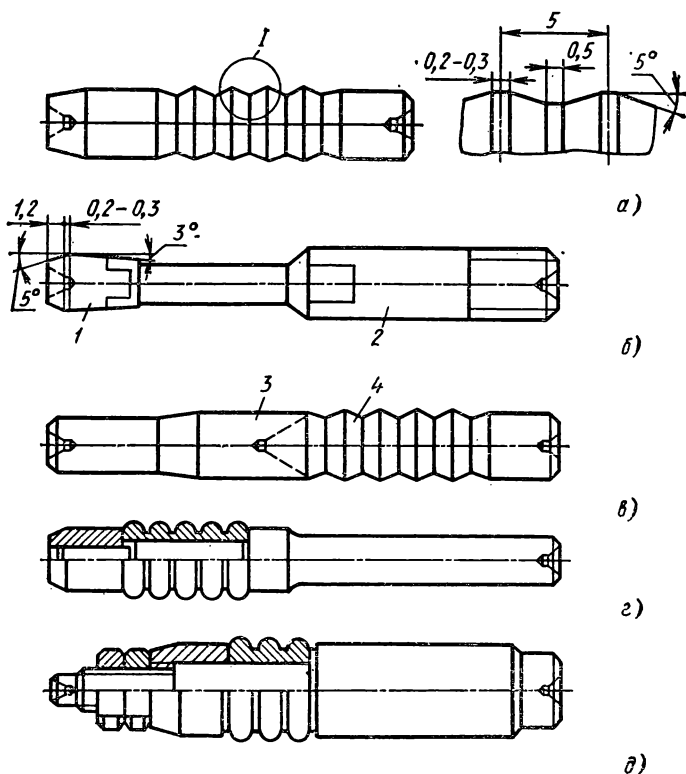


Рис. 33. Твердосплавные выглаживающие прошивки:

а — монолитные; б, в — составные с припаянными частями; г, д — сборные; 1 — твердосплавная головка; 2 — хвостовик (сталь 40Х); 3 — переднее направление (сталь 45Х); 4 — твердосплавная рабочая часть

который обеспечивает работу без налипания обрабатываемого металла на инструмент, повышение стойкости инструмента в десятки раз, снижение шероховатости и повышение точности обработанной поверхности.

Опыт внедрения твердосплавных выглаживающих прошивок в автотракторной промышленности показал, что

наиболее рационально применять три вида таких прошивок: монолитные; составные с припаянным стальным хвостовиком или с передним направлением и сборные. Прошивки всех трех видов могут быть одно- или многошаговыми. На рис. 33 изображены твердосплавные прошивки трех видов: цельные (а), напаянные (б, в), сборные (г, д). В табл. 4 приведена область их применения.

#### 4. Твердосплавные выглаживающие прошивки

Тип прошивок	Твердый сплав	Показатели качества обработки
<p>Многозубые: монолитные диаметром 8—12 мм (см. рис. 33, а) диаметром 8—20 мм с припаянным стальным хвостовиком (см. рис. 33, в) Однозубые для глухих отверстий (см. рис. 33, б) Сборные диаметром: 16—25 мм с напрессованными передними направляющими (см. рис. 33, г)</p> <p>25—40 мм со съёмными передними направляющими (см. рис. 33, д)</p>	ВК10М	Точность обработки — 7—9-й классы
	ВК8	<p>Точность обработки — 7—9-й классы, параметр шероховатости обработанной поверхности <math>Ra = 0,16 \div 0,63</math> мкм; обработка отверстий после развертывания или протягивания</p> <p>Точность обработки — 6—7-й классы, параметр шероховатости обработанной поверхности <math>Ra = 0,16 \div 0,63</math> мкм; обработка отверстия после растачивания, развертывания или протягивания</p> <p>Точность обработки — 7—10-й классы, параметр шероховатости обработанной поверхности <math>Ra = 0,32 \div 1,25</math> мкм; калибрование отверстий после термообработки</p>

Твердосплавные однозубые выглаживающие прошивки применяют и для обработки глухих отверстий. Так, прошивкой, показанной на рис. 33, б, прошивают глухое отверстие диаметром 6 мм в корпусе распылителя форсунки дизеля. При этом прошивание на специальном автомате заменило операцию хонингования. Прошивки из твердого сплава ВК8 имеют стойкость 1,5—2 тыс. заготовок, производительность автомата составляет 450—500 заготовок в час.



На рис. 34 показана протяжка, оправка которой выполнена вместе с передним хвостовиком 1. При обработке такими протяжками отверстий диаметром 6—20 мм в толстостенных заготовках прочность их оправок по резьбе чаще всего бывает недостаточной ввиду значительных сил протягивания. Резьбовую часть оправки такой конструкции можно разгрузить. Для этого одну или несколько расположенных последними на протяжке дистанционных втулок следует посадить на оправку с помощью слоя

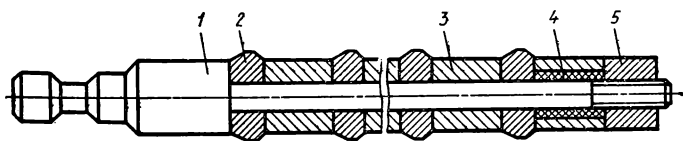


Рис. 34. Деформирующая составная протяжка с зубьями из твердого сплава:

1 — передний хвостовик с оправкой; 2 — деформирующие элементы; 3 — дистанционные втулки; 4 — слой клея; 5 — гайка

клея 4. Нагрузка, которую может воспринимать клеевое соединение при равенстве напряжений в гладкой и резьбовой частях стержня,

$$\Delta Q = Q \left( 1 - 0,95 \frac{d_p^2}{d_c^2} \right),$$

где  $d_c$  — диаметр гладкой части стержня;  $d_p$  — внутренний диаметр резьбы; 0,95 — коэффициент, учитывающий снижение напряжений в резьбовой части.

Для повышения прочности деформирующих элементов в ряде случаев целесообразно насаживать их на оправку с натягом. Такую посадку при натягах 0,01—0,02 мм лучше всего производить с помощью нагрева твердосплавных деформирующих элементов до температуры 400 °С. Каждый последующий деформирующий элемент насаживают на оправку после остывания предыдущего элемента и оправки до температуры окружающей среды. Свободная часть оправки при посадке погружается в воду. Это необходимо, так как коэффициент теплового расширения стали в 2 раза выше, чем твердого сплава. Если не охлаждать оправку при посадке, то натяг вследствие ее нагревания может превысить допустимую величину и деформирующий элемент разрушится при охлаждении.

## ПРОТЯЖКИ ДЛЯ НАРУЖНОГО ПРОТЯГИВАНИЯ

Протяжки для обработки наружных поверхностей (незамкнутых контуров) подразделяются:

по профилю обрабатываемой поверхности: плоские, ступенчатые, угловые, пазовые, радиусные, фасонные и др;

по конструкции: на сборные и цельные;

по типу протяжного станка: с хвостовиком для работы на горизонтально-протяжных станках общего назначения и без хвостовой части для работы на вертикальных станках для наружного протягивания.

Режущая часть наружных протяжек может быть выполнена по различным схемам резания: профильной, генераторной и групповой с ее разновидностями.

Эффективность применения групповой схемы резания при наружном протягивании весьма велика, так как при этом длина комплекта и силы протягивания могут быть значительно уменьшены, а стойкость протяжек увеличена.

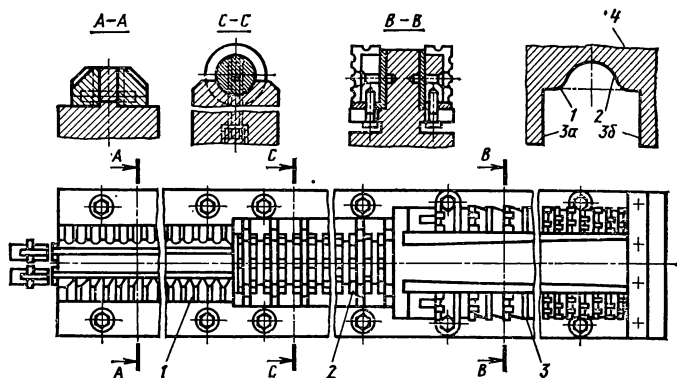
Протяжки для наружного протягивания — специальный инструмент; нормали на них отсутствуют.

Наружным протягиванием обрабатывают различные поверхности: открытые плоскости, уступы, пазы, наружные угловые поверхности, внутренние угловые поверхности, вогнутые цилиндрические поверхности без выемки на заготовке и с заранее подготовленной выемкой, выпуклые цилиндрические поверхности, фасонные поверхности. Как правило, сборные наружные протяжки состоят из корпуса и рабочей части. Конструктивная форма корпуса определяется типом станка.

Режущая часть наружных протяжек, так же как внутренних, может быть выполнена по различным схемам резания: профильной, генераторной и групповой. Схему резания выбирают в зависимости от типа и размеров обрабатываемой наружной поверхности. Как правило, наружное протягивание применяют для снятия больших припусков. В связи со сложностью переналадки станка протягивание в два прохода чаще всего осуществляют на разных станках. Недостаточность тяговой силы протяжных станков часто лимитирует возможность перевода той или иной операции на протягивание.

На рис. 35 представлена конструкция протяжки для протягивания гнезд под подшипники блока цилиндров

автомобильного двигателя. Протяжка собрана из ряда секций, которые срезают припуск по разным схемам резания (табл. 5). Снимаемый припуск  $A$  по радиусу и площадям равен 6 мм. Смена и регулирование секций осуществляются на станке.



**Рис. 35. Наружная протяжка для протягивания гнезд блока цилиндров:**  
 1 — фасонные секции (правая и левая); 2 — круглые секции (шесть секций);  
 3 — угловые секции (шесть правых и шесть левых); 4 — профиль заготовки;  
 1, 2, 3а, 3б — № протягиваемых поверхностей

#### 5. Протяжка для гнезда под подшипники блока цилиндров

№ протягиваемой поверхности (см. рис. 35)	Схема резания	Подача на зуб	Шаг зубьев
		"	
1	Профильная (обычная)	0,3—0,05	16
2	Генераторная	0,3—0,4	17,46
3а, 3б	Групповая	0,4—0,2	22,2

На рис. 36 представлена протяжка для протягивания двух трапециевидных пазов на взаимно перпендикулярных поверхностях фланца карданного вала. Материал заготовки — сталь 45, HB 229; длина протягивания 60 мм. Минимальный коэффициент заполнения впадины равен 2,3, а фактический 3. Подача на зуб по размеру  $C$  равна 0,17 мм, по размеру  $B$  — 0,1 мм. Материал протяжки — быстрорежущая сталь P18.

При обработке ряда наружных поверхностей (плоскостей, вогнутых, цилиндрических и угловых) наиболее целесообразна групповая — трапецеидальная схема резания.

Наружные протяжки чаще всего выполняют в виде комплекта коротких протяжек на общей державке. На первой протяжке делают сквозные трапецеидальные шлицы с подачей на каждый зуб, т. е. собирают на ней все первые

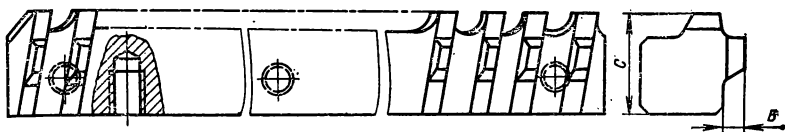


Рис. 36. Протяжка для протягивания двух трапецеидальных пазов фланца кардана

зубья секций. При шлифовании профиля трапеций торцы поднимают на 1—1,5 мм для образования заднего угла на боковых режущих кромках. Вторая протяжка — круглая или плоская без стружкоделителей, имеет те же подачи на зуб, что и трапецеидальная.

Схема резания позволяет выполнять переточку не только по передней, но и по задней поверхности. Трапеции допускают 15—20 переточек по задней поверхности до их восстановления. После восстановления шлифованием их используют вновь.

Протяжки в виде комплекта проще изготовлять и перетачивать, чем другие групповые протяжки.

Профильную схему резания при наружном протягивании по стали применяют для обработки поверхностей шириной менее 5 мм, вогнутых поверхностей с постоянным радиусом (протяжка имеет круглую форму) и при обработке плоскостей шириной более 10 мм в чистовой секции комплекта. Такая схема применяется также для различных случаев обработки чугуна.

На рис. 37 показаны порядок срезания стружки с фасонной поверхности по профильной (а) и генераторной (б) схемам резания и соответствующие конструкции (в и г) протяжек. Каждый зуб профильной протяжки имеет фасонный профиль, изготовление и заточка которого сложны. Главные режущие кромки генераторной протяжки

имеют прямолинейную форму, изготавливают ее почти так же, как обычную (плоскую) шпоночную протяжку.

Вследствие того, что генераторная протяжка срезает плоские узкие полосы металла, облегчается процесс образования стружки и ее размещения во впадине, поэтому можно применять большие подачи на зуб, а следовательно, уменьшать длину протяжки и исключить предварительную обработку заготовки.

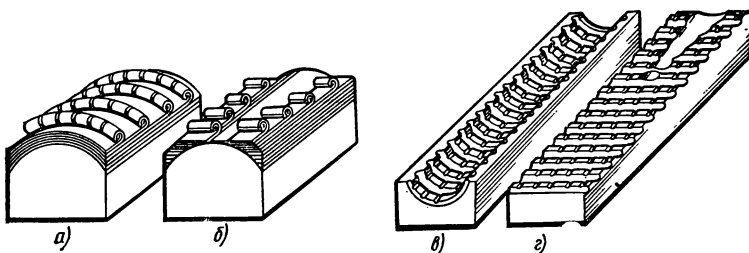


Рис. 37. Профильные и генераторные схемы срезания стружки (а, б) и конструкции фасонных протяжек (в, г)

Круговые (дисковые) вращающиеся протяжки применяют для обработки плоских и фасонных поверхностей небольшого размера. Зубья протяжки могут быть расположены на цилиндрической, торцевой или конической поверхности диска четырьмя группами, обрабатывающими за один оборот протяжки четыре детали. Обработка идет при непрерывном вращении протяжки. Подача на зуб 0,012—0,05 мм, общий снимаемый припуск 0,12—0,2 мм. Заготовку устанавливают и снимают в моменты, когда обработанные поверхности совпадают с промежуток между группами зубьев.

Протяжки со вставными или напаянными зубьями из быстрорежущей стали или твердого сплава. Их применяют при внутреннем и наружном протягивании шпоночных канавок, пазов и плоскостей.

Напаянные пластины применяют как из быстрорежущих сталей, так и твердого сплава. Для обработки чугуна используют пластины из твердого сплава ВК6М и ВК8 различной формы. Вставные ножи могут быть гладкими. Их крепят клиньями, что позволяет регулировать высоту последнего зуба.

Можно также вставлять стандартные рифленные ножи, применяемые для фрез.

В большинстве случаев наружные протяжки сменяют и регулируют непосредственно на станке, без снятия корпусов. Конструкция крепления должна обеспечивать возможность такой наладки. Крепление секций к корпусам производят винтами, клиньями и накладками (рис. 38):

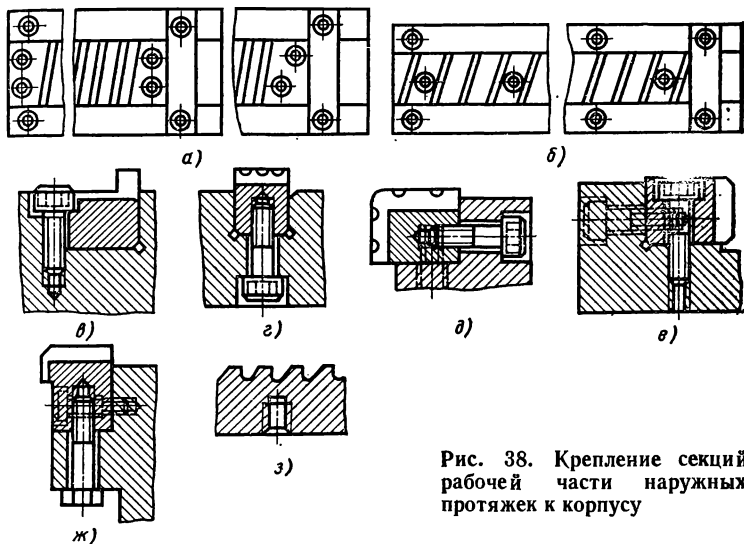


Рис. 38. Крепление секций рабочей части наружных протяжек к корпусу

винты можно располагать сверху по концам секций (а) или вдоль секций (б); в протяжках с небольшой нагрузкой секции можно прижимать краем головок винтов (в); наиболее простым считается крепление винтом снизу (г) или одновременно с двух сторон (д, е, ж).

Для низких секций, когда отверстия под винты близко подходят к дну стружечных канавок (рис. 38, з), дно резьбовых отверстий рекомендуется делать плоским.

Для крепления секций обычно используют винты диаметром 5—10 мм с цилиндрической головкой и с внутренним шестигранником.

Иногда для компенсации изнашивания отдельных секций применяют специальные тонкие листовые прокладки, а также регулировочные клинья (рис. 39). В этом случае

регулирование секции 1 производится перемещением клина 2 с помощью винта 3.

Корпус с наружными протяжками закрепляют на инструментальной каретке вертикального протяжного станка винтами и шпонками. Корпус можно устанавливать непосредственно на инструментальную каретку или на промежуточную плиту, что упрощает конструкцию корпуса.

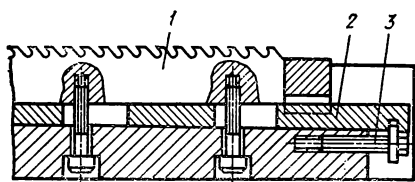


Рис. 39. Регулирование наружных протяжек клином для компенсации изнашивания

Крепление секций накладками применяют сравнительно редко вследствие сложности его выполнения. Это крепление, так же как и клиновое, позволяет осуществить регулирование

секций наборной протяжки, не снимая протяжку со станка. Накладки, применяемые для прижима секций, имеют форму коротких шайб или длинных полос; длинные накладки осуществляют прижим секций по всей их длине, короткие же накладки прижимают секции в отдельных местах; их применяют для протяжек, работающих с небольшим усилием протягивания.

**Протяжки, оснащенные зубьями из твердого сплава.** Для этих протяжек созданы протяжные станки с рабочей скоростью до 120 м/мин. Твердосплавными протяжками обрабатывают как чугун, так и специальные стали и сплавы. Форма этих протяжек различна: круглые — для обработки отверстий, комбинированные фасонные — для обработки наружных поверхностей и т. д. Применяют конструкции с напаянными пластинками из твердого сплава, с пластинами из твердого сплава, напаянными на механически закрепляемые ножи, и с пластинами из твердого сплава, закрепляемыми непосредственно на корпусе протяжки. Для внутреннего протягивания применяют твердосплавные кольца диаметром до 230 мм. Большое значение имеет качество напайки и заточки зубьев из твердого сплава. Заточку следует осуществлять алмазными кругами. Не рекомендуется применять большие передние и задние углы лезвий, так как твердый сплав довольно хрупок. В качестве материала применяют

сплавы группы КВ. Стойкость твердосплавных протяжек в 5—10 раз превосходит стойкость протяжек из быстрорежущей стали.

На рис. 40 представлена твердосплавная протяжка для протягивания «елочных» пазов в дисках на горизон-

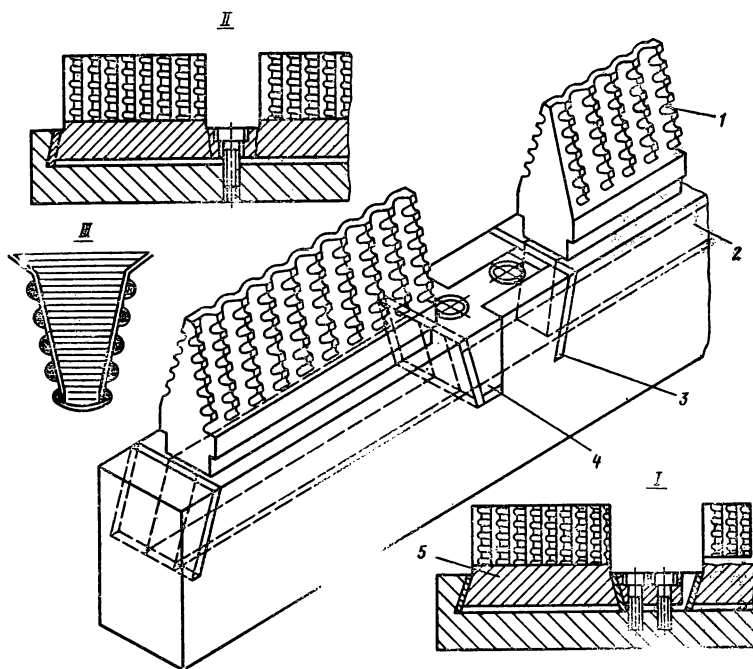


Рис. 40. Твердосплавная протяжка для протягивания «елочных» пазов;

I, II — варианты крепления секций; III — схема срезания припуска

тально-протяжном станке. Протяжка состоит из стального корпуса 2, твердосплавной секции 1 и сухарей 4. Корпус служит для направления протяжки в приспособлении во время работы. В середине корпуса шлифован точный паз, в который хвостовиком 5 устанавливают твердосплавные секции. На хвостовиках твердосплавных секций имеются специальные скосы для крепления. Аналогичные скосы выполнены и на сухарях. Твердосплавные



секции прижимают к пластинкам 3 и с помощью сухарей и болтов закрепляют в пазах корпуса.

При креплении твердосплавных секций описанным методом между твердосплавными секциями имеются разрывы.

Для обеспечения подъема на зуб в корпусе сборных твердосплавных секций задается размер от опорной пло-

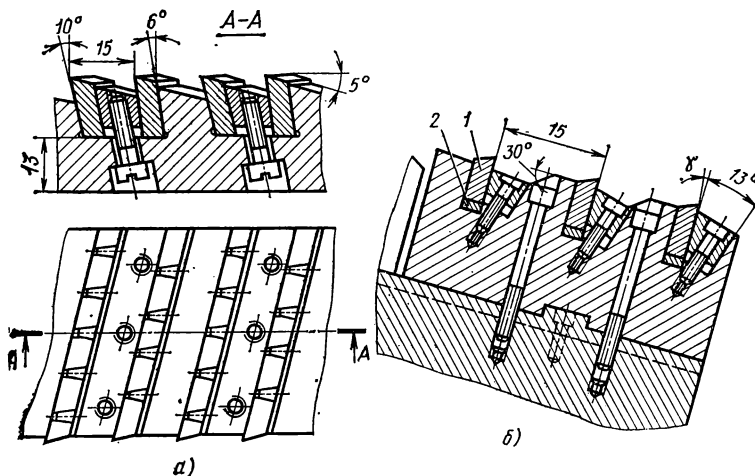


Рис. 41. Схемы крепления твердосплавных пластин к корпусу протяжки:

а — одновременное крепление двух пластин; б — крепление по одной пластине

скости до режущей кромки протяжки. Конструкция такой протяжки для предварительного прорезания пазов в дисках и способ соединения секций с корпусом показаны на рис. 41.

В зависимости от конструктивных особенностей протяжек могут быть предложены два вида крепления: 1) две твердосплавные пластины одновременно прижимаются сухарем посредством винта снизу корпуса; 2) твердосплавная пластинка 1 установлена на сухари 2, которые имеют разность высот, соответствующую величине подъема на зуб. В случае изнашивания протяжки по высоте заменяют сухарь на больший или же под него устанавливают прокладку. При установке твердосплавных пластин

на заданную подачу могут быть применены сухари в виде клиньев.

Конструкция сборной наружной протяжки для обработки плоскостей показана на рис. 42.

В корпусе 8 протяжки размещены вставные ножи 2, которые при помощи винтов 3 и контргайки 4 устанавли-

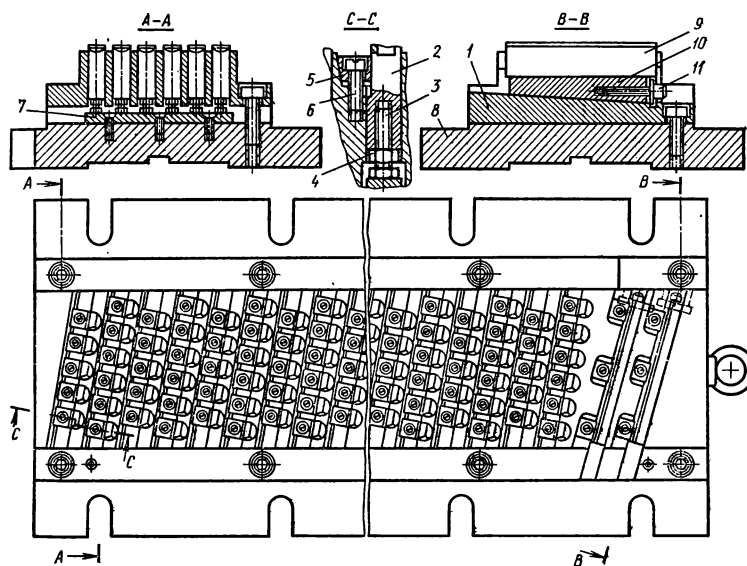


Рис. 42. Сборная наружная твердосплавная протяжка

ваются все на одну высоту вне протяжки (по шаблону) или в индикаторном приспособлении. Для обеспечения равномерного вылета ножей наружная плоскость 1 корпуса 8 изготавливается с уклоном, равным снимаемому припуску. Уклон увеличивается в сторону калибрующих ножей. Ножи закрепляются при помощи клиньев 5 винтами 6. В случае выхода из строя ножи 2 могут быть быстро заменены. Калибрующие ножи 9 при помощи клиньев 10 и винтов 11 регулируются по высоте. Закрепляются ножи 9 клиньями 5. Подача на зуб достигается за счет различной высоты планок 7. Благодаря расположению ножей в шахматном порядке и различной высоте планок 7 осуществляется прогрессивная (групповая) схема

резания. Опорная площадка ножа под пластину твердого сплава ВК6М фрезеруется под углом на  $2^\circ$  большим, чем передний угол лезвия. Это позволяет не шлифовать всю поверхность передней грани, а обрабатывать только ленточку шириной в 2—3 мм.

На операции протягивания постели чугуновых крышек подшипника коленчатого вала применяют протяжки, оснащенные зубьями из твердого сплава ВК8.

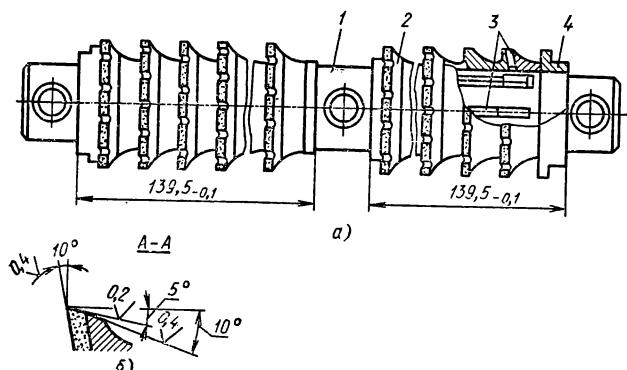


Рис. 43. Секция сборной твердосплавной протяжки:

а — общий вид; б — продольное сечение зуба

Комплект протяжек, установленных на станке, имеет три секции. Каждая секция (рис. 43) состоит из оправки 1 с установленными на ней 16 кольцами (ножами) 2. Положение каждого кольца на оправке определяется шпонкой 3. Набор колец на оправке закрепляется гайкой 4. Оправки, гайки и шпонки для всех секций протяжки взаимозаменяемы. Кольца различаются лишь по наружному диаметру, полученному шлифованием на оправке.

На корпус режущего кольца напаяны 11 пластинок из твердого сплава. После напайки пластин шлифуют отверстие в корпусе и его торцы, а затем на зубьях затачивают передний угол, равный  $10\text{--}15^\circ$ , базируясь по шлифованному отверстию.

Шлифование режущих колец по диаметру, заточку задних углов и прорезание стружкоразделительных канавок осуществляют в сборе на оправке.

Первая и вторая секции комплекта протяжек имеют режущие зубья, третья — режущие и калибрующие. По-

дача режущих колец — 0,16 мм по диаметру. Последние четыре зуба третьей секции не имеют подачи на зуб.

Так как протяжка при обработке крышек подшипников работает половиной своего профиля, то после затупления ее поворачивают вокруг оси на  $180^\circ$  для работы незатупленной частью режущих колец.

При изнашивании режущих колец третьей секции (после неоднократной переточки) они перешлифовываются на размер колец второй секции, а кольца второй секции перешлифовываются на размер колец первой. Новый комплект колец шлифуется и затачивается на размер колец третьей секции.

В конструкции протяжек с твердосплавными поворотными пластинами, как правило, стремятся использовать стандартные пластины, но часто требуются пластины специальных форм и размеров. Существует значительное число конструкций крепления таких пластин в протяжках. Критериями, которыми руководствуются при выборе конструкции крепления, являются быстрота и удобство поворота и замены пластин, надежное крепление пластин и отсутствие возможности перекоса основного корпуса протяжки под воздействием зажимающих сил.

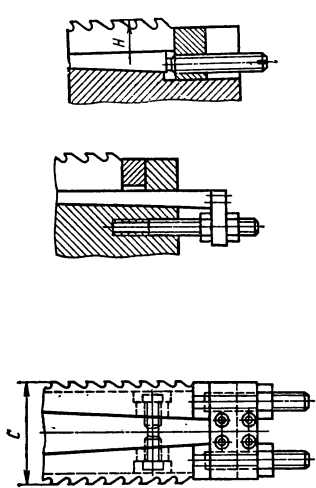
Применение в конструкции наружных протяжек многогранных неперетачиваемых пластин (МНП) значительно повышает эффективность процесса благодаря снижению эксплуатационных расходов, связанных с восстановлением режущих свойств и повышением скорости протягивания.

Для регулирования срезаемого припуска наружные протяжки снабжаются регулировочными устройствами (табл. 6).

**Крепление пайкой режущих элементов наружных протяжек.** При пайке пластин к корпусу протяжки на контактирующих поверхностях возникают сложные напряжения, значительно снижающие ее прочностные характеристики.

**Полуоткрытая напайка.** Твердосплавную пластину припаивают к корпусу протяжки по двум поверхностям (рис. 44, а). Подобное крепление зубьев протяжки применяют чаще всего при обработке материалов, имеющих сыпучую стружку (чугун, бронза), которая может заполнить канавку любой формы.

## 6. Конструкции регулировочных устройств

Схема конструкции	Характеристики конструкции
	<p>Движение клину (протяжке) сообщается непосредственно концом винта. Конструкция компактна, но позволяет регулировать размер <math>H</math> только в сторону его увеличения</p> <p>Движение клину передается через головку винта или другое устройство. Конструкция широко применяется на заводах, удобна и надежна в эксплуатации</p> <p>Конструкция позволяет регулировать комплект протяжек. Она применяется при небольших размерах <math>C</math> с целью увеличения жесткости протяжки; эта конструкция имеет следующие недостатки: размер <math>C</math> можно регулировать только в сторону его увеличения; более сложны изготовление и заточка протяжек</p>

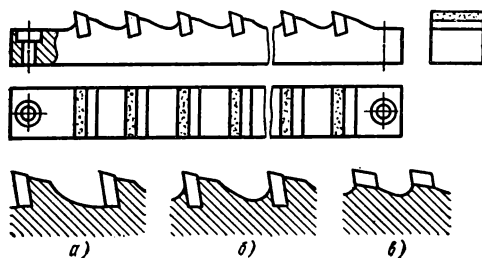


Рис. 44. Крепление твердосплавных пластин к корпусу протяжки методом пайки

**Полузакрытая напайка.** Твердосплавную пластину припавают по трем поверхностям (рис. 44, б). Этот вариант присоединения пластин к корпусу обеспечивает надежное их крепление.

**Открытая напайка.** Твердосплавные пластины припаивают по одной поверхности (рис. 44, в). Этот способ крепления можно применять в протяжках с небольшим шагом и работающих с малыми силами резания.

Преимуществом напаянных твердосплавных протяжек является возможность изготовления их с относительно небольшим шагом зубьев.

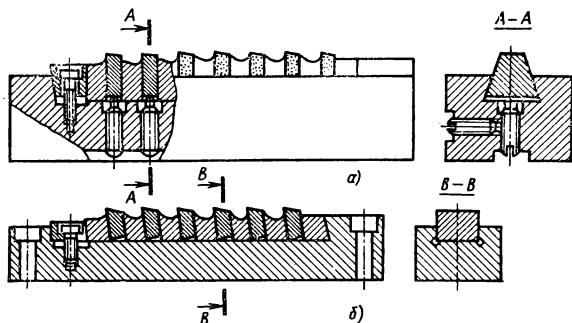


Рис. 45. Пакетное крепление твердосплавных пластин

**Разъемное крепление режущих элементов к корпусу протяжки.** К достоинствам механического крепления твердосплавных пластинок к корпусу протяжки можно отнести быстросменность зубьев-пластинок; многократное использование корпуса протяжки; применение многолезвийных неперетачиваемых твердосплавных пластинок; возможность регулирования по высоте как отдельных зубьев, так и целых секций; исключаются напряжения, возникающие при напайке пластинок к ножам или корпусу протяжки.

**Сборные твердосплавные протяжки с пакетным креплением зубьев в пазах корпуса.** На рис. 45, а показано крепление твердосплавных пластин или резцов, установленных в виде пакета в пазу корпуса протяжки. Твердосплавные резцы чередуются с промежуточными пластинками. Снизу пластинок поджимают винтами, которые затем посредством сухарика стопорят. В осевом направлении твердосплавные пластины сжимают клином.

Протяжки указанной конструкции можно применять при обработке пазов трапецеидальной и других форм, а также при снятии черногого припуска в пазах елочного профиля дисков турбин.

Сборная твердосплавная протяжка с пакетным креплением зубьев-резцов в прямоугольном пазу корпуса. В данном случае пластины устанавливают на дно паза корпуса протяжки, а крепление их осуществляется общим клином (рис. 45, б). Эта конструкция по сравнению с первой значительно проще в изготовлении и эксплуатации.

Важнейшее преимущество всех протяжек с пакетным креплением твердосплавных пластин — их небольшой шаг.

Сборные твердосплавные протяжки с клиновым креплением зубьев-пластин. Широкое применение имеет способ верхнего клинового крепления зубьев-пластин к корпусу протяжки с помощью клина, затянутого сверху винтом. Этот метод наиболее технологичен, надежен в работе, удобен при замене случайно вышедших из строя твердосплавных пластин. Однако индивидуальное крепление каждой твердосплавной пластины значительно увеличивает шаг между зубьями, а следовательно, и длину протяжки. Для уменьшения длины протяжки можно использовать механическое крепление двух смежных твердосплавных пластин одним клином и упругим элементом корпуса протяжки. Однако при этом может наблюдаться задержка сходящей стружки с головки винтов.

Возможен вариант крепления двух смежных зубьев одним клином. Такое крепление удобно применять в том случае, когда с помощью пластин-зубьев устанавливается положительный передний угол зубьев. При этом получается несколько уменьшенный шаг зубьев по сравнению с шагом тех протяжек, у которых крепят клином каждый зуб в отдельности. Прижимной клин можно крепить как сверху, так и снизу. Конструкция проста в изготовлении и удобна в эксплуатации.

Сборные твердосплавные протяжки с креплением зубьев-пластин силами упругой деформации. В этом случае

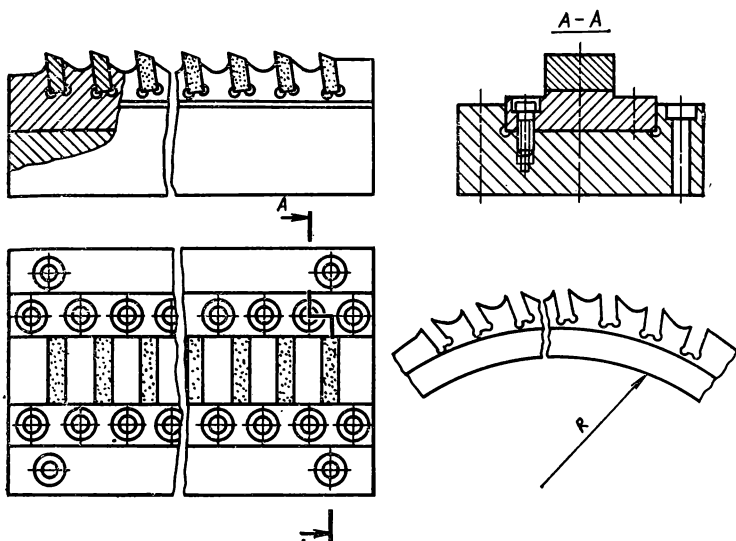


Рис. 46. Сборная твердосплавная протяжка с креплением зубьев-пластин силами упругой деформации

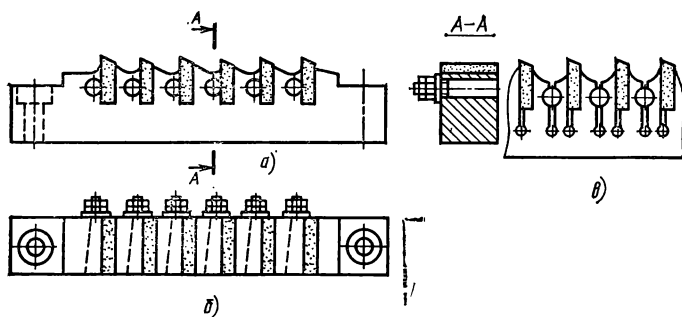


Рис. 47. Сборные твердосплавные протяжки с креплением зубьев-пластин коническим штифтом



в кассете (рис. 46) сначала фрезеруют пазы под твердосплавные пластины или зубья, а затем кассету деформируют или изгибают на специальной оправке с некоторым радиусом кривизны  $R$ . После этого в кассете окончательно шлифуют пазы в размер с допуском на 10—15 мкм меньше толщины твердосплавных пластин, а затем кассету со вставленными в нее твердосплавными пластинами скрепляют крепежными винтами и притягивают к корпусу протяжки. При этом обеспечивается крепление пластин в пазах силами упругой деформации.

Протяжки со ступенчатой регулировкой зубьев по высоте. Протяжки состоят из зубьев-ножей в основном с припаянными твердосплавными пластинами, закрепленными в пазу корпуса либо с помощью клинового зажима, либо запрессовкой в корпусе с углом самоторможения  $5^\circ$ . По мере изнашивания зубья-ножи выпрессовывают или расклинивают и переставляют на необходимое число рифлений. При затяжке зубьев-пластин клином значительно увеличивается шаг, но зато обеспечивается надежность крепления, а при запрессовке, наоборот, шаг уменьшается, но надежность крепления снижается.

Протяжки с горизонтальным клиновым креплением зубьев. На рис. 47 представлены различные исполнения протяжки с горизонтальным клиновым креплением зубьев. Они обеспечивают хорошие условия для стружкообразования, так как стружечную канавку можно выполнить непосредственно на зажимном клине. Клин имеет на конце резьбу, его затягивают гайкой и контргайкой (рис. 47, а, б).

Сборные твердосплавные протяжки с креплением зубьев коническим штифтом. Зажим твердосплавных зубьев-пластин протяжки перемещающимся вдоль оси коническим штифтом представляет собой новое конструктивное решение.

На рис. 47, в показан вариант крепления твердосплавной пластины в корпусе протяжки с помощью конического штифта. При этом в качестве зажимного элемента используется упругая стенка корпуса.

## ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

### ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПРОТЯЖНЫХ СТАНКОВ

Протяжные станки делятся на основные типы по следующим признакам:

- по назначению — для внутреннего и наружного протягивания;

- по степени универсальности — на станки общего назначения и специальные;

- по направлению и характеру рабочего движения — на горизонтальные, вертикальные, непрерывного действия с прямолинейным конвейерным движением, с круговым движением протяжки или заготовки, с комбинацией различных одновременных движений заготовки и протяжки;

- по роду автоматизации — обычные; полуавтоматы; автоматы, встраиваемые в автоматические линии общего типа; автоматические линии протяжных станков для выполнения нескольких операций протягивания на одной заготовке;

- по числу кареток или позиций — с одной, двумя или несколькими каретками; однопозиционные (обычные) и многопозиционные (с поворотными столами).

Привод станков, как правило, гидравлический, однако существуют станки с механическим приводом, а для высокоскоростных протяжных станков применяют усовершенствованный электромеханический привод.

Отечественная промышленность выпускает все виды протяжных станков, включая специальные по требованиям заказчиков. Принятая в СССР классификация металлорежущих станков предусматривает разделение их на 10 групп. Первая цифра в обозначении указывает номер группы. Протяжные станки попадают в группу, обозначенную цифрой 7. Вторая цифра в условном обозначении указывает тип станка. К группе 7 относятся типы от

5-го до 8-го (5 — горизонтально-протяжные станки; 6 — вертикально-протяжные для внутреннего протягивания; 7 — вертикально-протяжные для наружного протягивания; 8 — резерв).

Горизонтально-протяжные станки применяют в основном в серийном производстве. В условиях крупносерийного и массового производства широкое применение нашли вертикально-протяжные станки для внутреннего протягивания. По сравнению с горизонтально-протяжными станками они занимают меньшие производственные площади, имеют более высокий уровень механизации и автоматизации, более приспособлены для встраивания в автоматические линии. Перевод операций внутреннего протягивания на вертикально-протяжные станки обеспечивает повышение производительности и облегчение труда рабочих.

Протяжные станки оборудованы механизмами для сопровождения и отвода протяжки, загрузочными приспособлениями, устройствами для удаления стружки, автоматическими патронами. Наличие указанных механизмов облегчает труд оператора, повышает его производительность, обеспечивает возможность встраивания в автоматические линии.

Отечественным станкостроением разработаны и серийно выпускаются новые гаммы станков для внутреннего протягивания, отвечающих всем перечисленным требованиям. Эти станки отличаются повышенной производительностью, обеспечивают более высокие точность и качество обработанной поверхности.

Повышение жесткости и виброустойчивости, улучшение гидросистемы горизонтально-протяжных станков новой гаммы позволили увеличить на два года срок их службы до первого капитального ремонта. Станки новой гаммы имеют люнет для поддержания протяжки во время рабочего хода; гидравлический привод в них вынесен; повышена жесткость станины.

Протяжные станки для внутреннего протягивания имеют гидронасосы со встроенными электрогидравлическими механизмами замедления. Снижение скорости протягивания в конце рабочего хода обеспечивает уменьшение шероховатости протянутого отверстия. Кроме того, предусмотрено снижение скорости в начале рабочего хода,

в начале и конце обратного хода. Это необходимо для снижения пиков давления в начале и конце движения механизмов. Пики приводят к преждевременному выходу из строя гидросистемы.

Если станки поставляют оснащенными автоматизированными устройствами, то гидравлические схемы средств автоматизации выполняют независимыми от гидравлической схемы станка. Насосы и электрогидравлическую аппаратуру для механизмов автоматизации монтируют на отдельном гидробаке.

Регулирование скорости рабочего и обратного ходов бесступенчатое. Система смазки трущихся поверхностей станков централизованная принудительная. Обеспечена фильтрация масла в гидросистеме. Управление станком (кнопочное) — от пульта управления. Имеется сигнализация, оповещающая о затуплении режущего инструмента. Пусковая и предохранительная электроаппаратура

# 1. Полуавтоматы вертикальные для внутреннего протягивания

Модель	Номинальная тяговая сила, кН	Длина хода кареток, мм	Скорость хода, м/мин		Мощность электродвигателя главного привода, кВт	Масса станка, т
			рабочего	обратного		
7Б55У	100	1250	1,5—11,5	20—25	17	4,7
7Б56	200	1600	1,5—11,5	20—25	30	9,2
7Б55	100	1250; 1600	1,5—11,5	20—25	17	6,5
7Б57	400	2000	1,0—6,15	20—25	40	15,8
7Б54	50	1000	1,5—11,5	20—25	10	5,3
7Б58	800	2000	0,5—3,6	10—12	55	21,4
7Б56САУ	200	1600	1,5—11,5	20—25	30	8,5
КУ-176А	1300	2500	3,7	До 23	120	—

размещена на поворотной панели в электрошкафу, что облегчает ее обслуживание и увеличивает срок службы. Применяются бесконтактные путевые переключатели, слаботочная электроаппаратура управления и электромагниты постоянного тока. Станки оснащаются автоматизированными приспособлениями, подъемником для установки и снятия тяжелых заготовок и протяжек, механизмами и инструментами, расширяющими технологические возможности полуавтоматов. Полуавтоматы могут быть встроены в автоматические линии.

Удаление стружки за пределы станка, как правило, автоматизировано.

Станки оснащаются автоматизированными приспособлениями для подачи и съема обрабатываемых заготовок. В табл. 1—7 приведены характеристики различных типов протяжных станков.

## 2. Полуавтоматы горизонтальные непрерывного действия с перемещающимся изделием

Модель	Номинальная тяговая сила, кН	Наибольшая длина хода рабочих салазков, мм	Скорость рабочего хода, м/мин	Мощность электродвигателя главного привода, кВт	Масса станка, т
МА-17В	25	1000	7—35,5	13,0	4,7
МПЗ	50	1000	2,5—12,8	10,0	5,2
МПЗ-1	100	1600	2,6—11,6	22,0	5,9
МП-11	50	1600	6	7	6,2
МП-17	25	1000	3—35	2,8	3,0

### 3. Полуавтоматы вертикальные для внутреннего протягивания

Модель	Номинальная тяговая сила, кН	Длина хода каретки, мм	Скорость хода, м/мин		Мощность электродвигателя главного привода, кВт	Масса станка, т
			рабочего	обратного		
7Б767	400	1600	1,0—7,9	14	40	18,5
7Б75	100	1250	1,5—11,4	20	22	8,5
7Б74	50	1000	1,5—11,5	20	10	4,9
7Б64	50	1000	1,5—11,5	20	10	5,0
7Б68	800	1600	1,0—8,0	11,5	40×2	22,0
7Б65	100	1250	1,5—11,4	20	22	8,1
7Б66	200	1250	1,5—13,0	20	30	11,4
7Б66-1	200	1600	1,5—13	20	30	12,9
7644	630	1600	1,5—8,2	10	96	20
7612	40	1000	1,5—6,2	14	5,5	4,5
7Б66 САУ	200	1250	1,5—13,0	20	30	11,4

### 4. Полуавтоматы вертикальные для наружного протягивания

Модель	Номинальная тяговая сила, кН	Длина хода каретки, мм	Скорость хода, м/мин		Мощность электродвигателя главного привода, кВт	Масса станка, т
			рабочего	обратного		
7Б77	400	1600	1,0—7,9	16	40	21,0
7Б80	200	1250	1,5—13,0	20	30	11,4
7Б76	200	1250	1,5—13,0	20	30	10,8
7733	250	1250; 1600; 2000; 2500	1,5—10,1	14	41	16,5
7745	630	2000	1,0—8,2	20	9,6	24

### 5. Полуавтоматы протяжные вертикальные сдвоенные для наружного протягивания

Модель	Номинальная тяговая сила, кН	Длина хода каретки, мм	Скорость хода, м/мин		Мощность электродвигателя главного привода, кВт	Масса станка, т
			рабочего	обратного		
7В75Д	100	1250	1,5—11	13,7	22	14,5
7В76Д	200	1250	1,5—13	13,7	30	17,2
7В76Д-1	200	1600	1,5—13	13,7	30	18,6
7В76Д-2	200	2000	1,5—13	13,7	30	22,0

### 6. Специальные станки

Наименование и модель станка	Габаритные размеры обрабатываемой заготовки, мм	Номинальная тяговая сила, кН	Скорость рабочего хода, м/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
Протяжной автомат непрерывного действия с многопозиционным поворотным столом и перемещающимся инструментом:					
КСЗ-25	150×70×80	1,8	22,4—45	13	3,5
НПЛ-0	200×100× ×150	2	20—70	22	7
НПЛ-1	60×180	50	10—65	18,5/30	9,8
НПЛ-2	160×350	100	10—55	55	15
НПЛ-3	320×650	250	—	—	—
Протяжной автомат НПЛ-1 непрерывного действия для обработки дисков двигателей с перемещающимся инструментом	—	50	10—55	17	10
Автомат 7591 непрерывного действия для протягивания шлицев у винтов и шурупов	5×75	4	6,4—10,3	1,5	1,7

# 7. Протяжные станки (специальные, скоростные и др.) различного назначения

Наименование и модель станка	Номинальная тяговая сила, кН	Длина хода каретки, мм	Скорость рабочего хода, м/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
Протяжной вертикальный полуавтомат для внутреннего протягивания скоростной:					
МПЧ-593	100	1250	До 30	22	9
7627	100	1250	» 40	40,5	6,85
МПЧ-601	250	1250;	До 30	40×2	15,5
		1600			
7638	250	1250;	» 40	96	9,7
		2000			
Протяжной горизонтальный полуавтомат МП2-541 для наружного протягивания плоскостей разъема и полуокружности блока цилиндра	200	3400	8	30	40
Протяжной горизонтальный полуавтомат МП2-594 с двусторонним рабочим ходом для одновременного протягивания поверхностей блока цилиндров с боковым расположением ползуна	200	3400	3—12	45	30
Протяжной вертикальный автомат для протягивания:					
плоскостей стыков вкладышей подшипников скольжения МП7-368	250	—	20	10	5,7



Продолжение табл. 7

Наименование и модель станка	Номинальная тяговая сила, кН	Длина хода каретки, мм	Скорость рабочего хода, м/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
полуокружности вкладышей подшипников МП-280 Протяжной горизонтальный полуавтомат для обработки зубчиковых и других профилей хвостов лопаток турбин с двух сторон одновременно, по прямой:	40	—	20	17	8,2
МП2-301	100	Наибольшая длина лопаток 400 мм	До 50	—	26
МП2-400	100	1250	50	—	30
Круглопротяжной полуавтомат МП8-340 для протягивания одновременно с двух сторон по дуге зубчиковых и других профилей хвостов лопаток	100	1250	До 30	55	10

### СТАНКИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОТЯГИВАНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

Протягивание глубоких отверстий осуществляется на протяжных станках общего назначения, дополненных соответствующей оснасткой, или на специальных станках для протягивания глубоких отверстий.

Обычно приходится иметь дело с протяжными станками общего назначения и приспособлять их для протягивания глубоких отверстий.

Станок для протягивания глубоких отверстий должен иметь: достаточную длину рабочего хода; приспособление для установки и крепления заготовок большой длины и приспособление для принудительной подачи охлаждения на всю глубину протягивания.

Длина рабочего хода станка задается его конструкцией и, как правило, не может быть изменена. Поэтому необходимо выбирать станок прежде всего в соответствии с требуемой длиной хода, которая должна быть несколько больше, чем суммарная длина протяжки (без тяги) и заготовки.

Подача охлаждающей жидкости осуществляется двумя способами.

Первый способ заключается в том, что жидкость от насоса поступает в специальное приспособление, закрывающее входное отверстие заготовки так, что жидкость может направляться лишь в протягиваемое отверстие по канавкам (шлицам), прорезанным на направляющих и зубьях протяжки. Затем жидкость выходит в зазор между тягой и отверстием и поступает снова в систему охлаждения. При этом поток жидкости способствует также размещению стружки вдоль впадины, вымывая ее из-под зубьев в месте образования.

Второй способ состоит в том, что в протяжке предусматривается центральное (осевое) отверстие, с которым сообщаются боковые (радиальные) отверстия, имеющие выход к зубьям протяжки.

Охлаждающая жидкость подается при этом через пустотелую тягу, соединенную с протяжкой, и далее через осевое и радиальные отверстия протяжки к зубьям.

Для того чтобы обеспечить циркуляцию жидкости с достаточным расходом ее, необходимо, чтобы делительные канавки на зубьях протяжки были несколько больших размеров, чем обычно (если только это не шлицевая протяжка или не цилиндрическая протяжка с шахматно-шлицевой или другой подобной схемой резания).

Кроме того, как и при первом способе подачи охлаждающей жидкости, на направляющих протяжки должны быть также прорезаны соответствующие долевые канавки, которые легче всего делать заодно со стружкораздели-

тельными канавками соответственно первого и последнего зубьев протяжки.

Осевое отверстие в протяжке должно быть глухим и иметь выход только со стороны хвоста протяжки, на который навинчивается тяга. Для облегчения изготовления осевое отверстие в протяжке можно сверлить с двух сторон, а затем заглушить отверстие (со стороны задней направляющей) резьбовой пробкой.

Диаметр осевого и радиальных отверстий зависит от диаметра протяжки. Так, например, для протяжек диаметром 30—50 мм осевое отверстие может быть принято диаметром 6—12 мм, а радиальные отверстия (достаточно по два отверстия на зуб протяжки) — диаметром 3—5 мм.

Насос должен быть достаточно мощным, чтобы обеспечить подачу необходимого количества жидкости и давление 1200—1500 кПа.

Подача охлаждения от насоса осуществляется через гибкий шланг, соединенный со штуцером, который ввернут в тяговую головку станка. В этой же головке закрепляется пустотелый съемный хвостовик протяжки. Внутри тяговой головки имеется камера, соединяющая между собой полость тяги и выходное отверстие штуцера. Гибкий шланг должен иметь длину, достаточную для того, чтобы следовать за тяговой головкой станка на всю длину ее хода.

Обычный горизонтально-протяжной станок с гидравлическим приводом можно приспособить и для протягивания глубоких отверстий, если длина его хода соответствует длине протягивания.

Схематически устройство приспособления для этой цели показано на рис. 1.

Задняя бабка станка 3 может перемещаться по направляющим станка и устанавливаться в зависимости от длины заготовки 4.

Вращающееся опорное приспособление 5 позволяет протягивать также и винтовые шлицы с небольшим подъемом без принудительного поворота заготовки или протяжки на угол подъема винтовой линии и путем самовращения заготовки под действием нормальной составляющей усилия протягивания. Колпак 1 трубы 2 служит для закрывания ее после установки тяги с протяжкой.

Таким образом, охлаждающая жидкость приобретает лишь одно направление движения — в сторону протягивания, в отверстие заготовки. Охлаждающая жидкость подается насосом с производительностью 20 л/мин под давлением 1200 кПа. Для каждого диаметра применяемых протяжек были изготовлены соответствующие хвостовики. Замок тяговой головки 6 станка для крепления

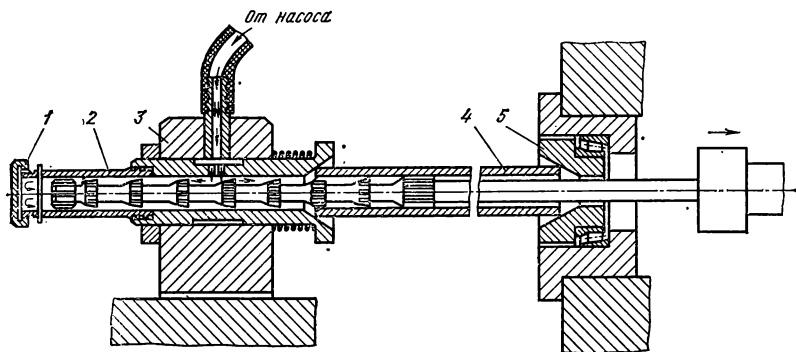


Рис. 1. Приспособление для протягивания глубоких отверстий

протяжек был также переделан и приспособлен для захвата хвостовиков тяг различных диаметров.

Протягивание винтовых шлицев осуществляется следующими методами:

принудительным вращением протяжки или протягиваемой заготовки;

самовращением протяжки или заготовки.

Принудительное вращение протяжки или заготовки выполняется: с помощью копирного пальца или ролика, следующих по винтовой канавке на протяжке, и механизма, встроенного в тяговую головку станка [движение сообщается от рейки, закрепленной на станке, и передается патрону, в котором закрепляется протяжка (рис. 2, а)]; посредством копирной линейки, перемещающей рейку [рейка находится в зацеплении с зубчатым колесом, сидящим на одном валу с патроном, крепящим протяжку (рис. 2, б)]; от копирного винта через зубчатую пару.

Самовращение протяжки (или заготовки) осуществляется с помощью специальной шариковой опоры для патрона протяжки или для патрона заготовки (рис. 2, в) или с помощью копирного винта и гайки.

Протягивание с самовращением следует применять для малых углов наклона (до  $10^\circ$ ) и при сравнительно невысоких требованиях к точности шага. Винтовые шлицы

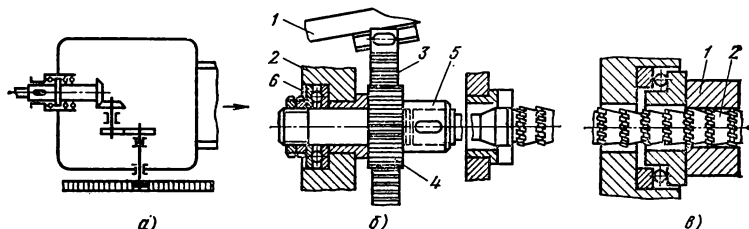


Рис. 2. Схемы приспособлений для протягивания винтовых шлицев

с точным шагом и большим углом наклона следует протягивать с принудительным вращением протяжки, применяя один из указанных выше способов.

Выбор того или иного способа зависит от конструкции имеющихся протяжных станков, а также от номенклатуры и количества заготовок с винтовыми шлицами. Так, например, при применении копирного винта (вместо копирной линейки) его изготавливают для каждого угла наклона шлицев в отдельности. Копирная линейка позволяет настраивать станок на любой угол шлицев.

Точность шага протянутого винтового шлица зависит главным образом от точности винтовой канавки, образующей режущие выступы на протяжке. Протяжка как бы копирует на детали свои винтовые шлицы. Всегда существует различие между шагом винтовой линии, создаваемой кинематикой протяжного станка, и шагом винтовой линии, по которой расположены режущие выступы на протяжке. Это различие компенсируется упругими деформациями в системе инструмент—приспособление—станок (скручивание протяжки, тяги, выбор зазоров и т. д.). Если получается ошибка в шаге винтовой линии шлица на заготовке, необходимо прежде всего исключить влия-

ние ошибки в кинематике станка. Достигается это тем, что создается небольшой зазор, позволяющий протяжке поворачиваться на некоторый угол, величина которого должна перекрывать возможную ошибку в настройке кинематики станка. Этот зазор может быть создан путем неполного навинчивания тяги на протяжку или соответствующим устройством замка, запирающего протяжку (тягу) в тяговой головке станка. При малых диаметрах протяжки, большой длине тяги ошибка автоматически компенсируется упругим скручиванием тяги и протяжки.

Примером специального протяжного станка для протягивания глубоких отверстий является станок для протягивания круглого отверстия в заготовках-трубах диаметром 12 мм, длиной 1000 мм из легированной конструкционной стали, термообработанной до *HV* 287—320.

Станок горизонтального исполнения является шестипозиционным полуавтоматом мощностью 15 кВт с гидравлическим приводом. Пять позиций рабочих, одна загрузочная. Тяговая головка станка имеет пять патронов для захвата хвостовиков тяг протяжек.

Для установки заготовок служит барабан на шесть заготовок, для возврата протяжек при обратном ходе применяют салазки.

Между загрузочными позициями барабана расположены трубы, через которые протяжки возвращаются в исходное положение.

Заготовкам сообщается принудительное вращение на угол подъема нарезов ствола от центрального винта-копира, вращающего во время своего поступательного движения втулку с центральным зубчатым колесом, от которого вращение передается через зубчатые колеса на шпиндели станка. Охлаждающая жидкость подается под давлением 1200 кПа на все шпиндели станка в направлении рабочего движения протягивания.

Скорости рабочего хода имеют пять ступеней в пределах 0,3—0,5 м/мин, скорости обратного хода имеют также пять ступеней в пределах 3—10 м/мин. Станок может работать на полуавтоматическом или наладочном цикле. При работе на полуавтоматическом цикле все движения частей станка взаимно блокированы. Тяговое

усилие станка составляет 24 тс, длина хода — 1600 мм. Хвостовики протяжек вставляют в патроны задних салазок, а тяги — в отверстия заготовок. Станок готов к работе. Рабочий цикл станка заключается в следующем:

задние салазки пойдут вправо до упора в патроны барабана и введут протяжки с тягами в заготовки так, что протяжки примут положение начала резания, а замки тяг войдут в зажимные патроны тяговой головки, и включится насос охлаждения;

патроны тяговой головки замкнут хвосты тяг;

тяговая головка начнет рабочее движение (вправо), протягивая пять протяжек через пять заготовок; закончив рабочий ход, головка остановится.

После нажима кнопки обратного хода начнется возврат системы в исходное положение, а именно:

барабан с заготовками повернется на  $1/12$  окружности так, что против протяжек окажутся возвратные трубы;

тяговая головка начнет обратный ход влево, проведет протяжки с тягами через возвратные трубы до момента входа хвостовиков протяжек в зажимные патроны задних салазок;

зажимные патроны тяговой головки освободят хвосты тяг, а зажимные патроны задних салазок захватят хвостовики протяжек;

задние салазки вернутся в крайнее левое положение и выведут протяжки с тягами из возвратных труб барабана с заготовками;

барабан с заготовками повернется на  $1/12$  окружности так, что заготовки встанут против протяжек;

с загрузочной позиции барабана снимут протянутую заготовку и поставят очередную заготовку.

Производительность — 25 труб в час.

Протяжки требуют заточки через каждые 75—100 проходов. Предельный общий срок службы комплекта протяжек составляет 2000—2500 заготовок.

## ШПОНОЧНО-ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ

Протягивание в круглых отверстиях шпоночных, шлицевых и других канавок является наиболее распространенным видом протяжных работ. В то же время это наи-

более простые работы, выполнение которых не требует сложных и больших протяжных станков и часто при этом обходятся только резцами.

Получили широкое распространение шпоночно-протяжные станки вертикального исполнения, на которых можно обрабатывать протяжкой круглые отверстия, фасонные отверстия, шпоночные и шлицевые канавки в конических отверстиях при помощи наклонного адаптера, наружные плоские или фасонные поверхности.

Станки имеют систему охлаждения инструмента. По требованию заказчика станки снабжаются поворотными делительными столами.

Шпоночно - протяжные станки часто применяют в единичном и мелкосерийном производстве, благодаря тому что они обладают значительной универсальностью, обеспечивают высокую точность и низкую шероховатость обработанной поверхности, имеют небольшие габаритные размеры, являются незаменимыми для обработки крупногабаритных деталей (гребных винтов, колес больших диаметров и т. д.). Во многих случаях шпоночно-протяжные станки успешно заменяют долбежные и протяжные станки. На рис. 3 представлена принципиальная схема работы шпоночно-протяжного станка. На столе 1 с помощью приспособлений 3 и 4 устанавливается изделие 2. Адаптер 5 служит для направления протяжки или резца 7. За каждый рабочий ход резец подается на величину подачи при помощи клинового устройства 6.

Станки МП81 и МП82 предназначены для обработки шпоночных пазов в цилиндрических и конических отверстиях, ступиц гребных винтов, изготовленных из корро-

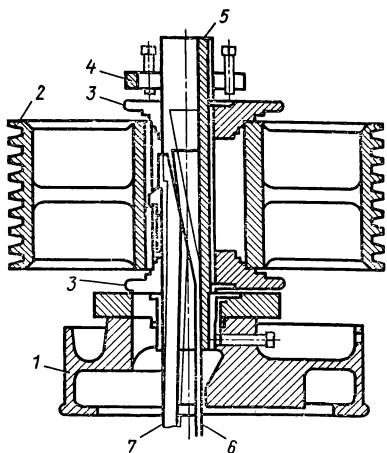


Рис. 3. Схема работы шпоночно-протяжного станка



зионно-стойкой стали или бронзы. На каждом из станков может обрабатываться один или два диаметрально расположенных паза. Деление окружности в этом случае обеспечивается поворотом стола, на котором установлена и закреплена обрабатываемая заготовка, до жесткого упора. Высокие точность и качество обработанной поверхности исключают дальнейшую ручную пригонку паза.

На указанных станках могут обрабатываться пазы различного профиля в отверстиях крупногабаритных деталей, применяемых в тяжелом машиностроении, турбостроении и в производстве крупных электрических машин и генераторов. Для этого применяют специальные резцы, соответствующие профилю обрабатываемого паза.

Обработка пазов ведется автоматически, скорость рабочего хода и тяговое усилие регулируются бесступенчато.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СТАНКОВ

Надежная работа оборудования и его долговечность зависят от своевременного обслуживания, ухода и контроля его состояния.

При первоначальном пуске станка необходимо залить масло в бак до верхней отметки уровня. Марка масла и объем бака указываются в паспорте станка. Не допускается заливка загрязненного масла. Заливка должна производиться через фильтрующее устройство, позволяющее задержать частицы размером более 0,02 мм.

В бак охлаждения заливают СОЖ через съемный ящик для стружки. Количество заливаемой СОЖ указывается в паспорте станка. Внутренние поверхности баков должны быть тщательно очищены перед заливкой.

Если станок работает в две смены, регламент обслуживания должен быть следующим:

ежедневно необходимо проводить очистку приспособлений и полостей основной и приставной станин от стружки и охлаждающей жидкости, тщательную очистку направляющих и их смазывание; при этом рабочие салазки должны находиться в крайнем левом положении, а вспомогательные — в крайнем правом;

один раз в неделю необходимо проводить общую чистку станка, очистку всех фильтров гидросистемы от шлама,

добавление в бак системы масла до требуемого уровня, заливку масла в систему смазки, проверку отсутствия течи во фланцевых и других соединениях гидросистемы, проверку состояния направляющих, контроль уровня СОЖ в баке для охлаждения и добавление при необходимости свежей СОЖ;

один раз в месяц следует заполнять пластичным смазочным материалом узловые точки системы смазки (в соответствии с указаниями паспорта станка), проверить наличие осадков и загрязнений в масле гидросистемы; при использовании высокоэффективных СОЖ необходим ежемесячный химический анализ состава СОЖ, находящейся в баке станка;

один раз в квартал необходимо проверять величины зазоров в направляющих рабочих и вспомогательных салазок, производить смену СОЖ с одновременной чисткой и промывкой всей системы охлаждения; залитую в чистый сухой станок СОЖ следует подвергать циркуляции в течение 30 мин (категорически запрещается слив использованной эмульсии в канализацию; отработанная эмульсия должна быть собрана в специальные емкости для ее регенерации или разложения);

один раз в полугодие следует заменять масло в гидросистеме с промывкой бака.

## **ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОТЯГИВАНИЯ**

Приспособлением для протягивания называется дополнительное устройство к протяжному станку, позволяющее устанавливать, закреплять и направлять протяжной инструмент, а также создавать дополнительную опору для длинных и тяжелых протяжек; устанавливать, закреплять и фиксировать в определенном положении обрабатываемую заготовку в соответствии с требованиями технологического процесса.

По назначению приспособления подразделяются: на патроны для крепления протяжек при внутреннем протягивании и создания дополнительной опоры для длинных протяжек; на приспособления для крепления и регулирования наружных протяжек; для направления протяжек или придания протяжкам дополнительного движения;

для установки, базирования и закрепления обрабатываемых заготовок на приспособления для деления, предназначенные для изменения и точной фиксации различных положений заготовки относительно протяжки, и приспособления, предупреждающие деформирование заготовок от усилий протягивания.

**Патроны для внутренних протяжек** служат для соединения замковой части протяжек с тяговым устройством каретки протяжного станка. Конструкция патрона должна обеспечивать быстроту и надежность закрепления протяжки и сохранение правильного положения оси протяжки (совпадение ее с осью движения тягового устройства станка).

Конструкция патрона зависит от конструкции замковой части протяжки и характера работы (ручное или автоматическое крепление протяжки).

Патрон для протяжек, закрепляемых клином, состоит из корпуса, в который вставляется сменная втулка. Протяжка хвостовиком вставляется вручную в отверстие втулки и закрепляется клином. Форма и размеры отверстия втулки зависят от размеров и формы хвостовика протяжки.

Для внутренних протяжек типа шпоночных применяют патрон, состоящий из корпуса, в окна которого находятся кулачки, которые поджимаются один к другому под действием пружин. После установки заготовки хвостовик протяжки вставляется в направляющий паз приспособления (адаптера). При продвижении протяжки под действием скосов передней части кулачки отжимаются, и протяжка от руки рабочего может свободно переместиться во внутреннюю полость патрона. Как только уступы передней замковой части выйдут за пределы кулачков, последние под действием пружин войдут в углубления хвостовика и произойдет захват протяжки. Это позволит осуществить перемещение протяжки при включении рабочего хода каретки протяжного станка. Освобождают протяжку после выполнения рабочего хода. Рабочий перемещает протяжку вверх и выводит из контакта с кулачками переднюю замковую часть протяжки. В случае выполнения операции протягивания шпоночного паза одной протяжкой за несколько проходов при такой конструкции патрона не требуется осуществлять вертикаль-

ного перемещения суппорта каретки протяжного станка. Патрон этой конструкции можно использовать для закрепления ряда протяжек, когда на протяжном станке выполняют операции протягивания ряда заготовок различными протяжками.

В автоматическом быстросменном патроне хвостовик протяжки захватывается кулачками, которые сходятся под действием гильзы, удерживаемой в положении зажатия пружиной. В конце обратного хода каретки станка гильза упирается в торец опорного приспособления (или другой неподвижный упор) и смещается, вследствие чего кулачки раздвигаются.

Универсальный патрон для крепления протяжек, показанный на рис. 4, имеет рычажно-кулачковый зажим для крепления протяжек диаметром 16—32 мм на вертикально-протяжных станках. Хвостовик корпуса 11 при помощи шпонки и гайки 12 закреплен в ползуне станка 10. В пазах 6 корпуса на осях 4 шарнирно закреплены кулачки 5, соединенные шарнирными тягами 7 с кронштейнами 8. В крайнем верхнем положении конусная часть стола С, преодолевая усилие пружины 9, нажимает на гильзу 3, а тяга 7 разводит кулачки. При движении ползуна вниз пружина 9 разжимается и, действуя на гильзу 3 и тягу 7, зажимает хвостовик кулачками 5. Для центрирования протяжки в патроне служат сменные кулачки 2, которые крепятся винтом 1.

На рис. 5 показан стандартный патрон (ГОСТ 16158—70\*), основными деталями которого являются корпус 1, гильза 2 для открытия и закрытия кулачков 3, пружина 4, перемещающая гильзу в положение закрытия кулачков, и гайка 5, на которую опирается пружина 4. Рукоятка 6 служит для открытия патрона вручную. Для исключения углового поворота гильзы 2 предусмотрен винт. Отличительной особенностью этого патрона является неподпружиненная конструкция кулачков. Раскрытие кулачков происходит вследствие воздействия на них рабочего конуса хвостовика протяжки в начале отвода протяжки. Перед началом отвода протяжки внутренняя выточка на гильзе 2 должна быть расположена напротив кулачков 3. Это достигается обычно за счет того, что в конце обратного хода гильза 2 упирается в специальный упор на опорной плите станка и перемещается

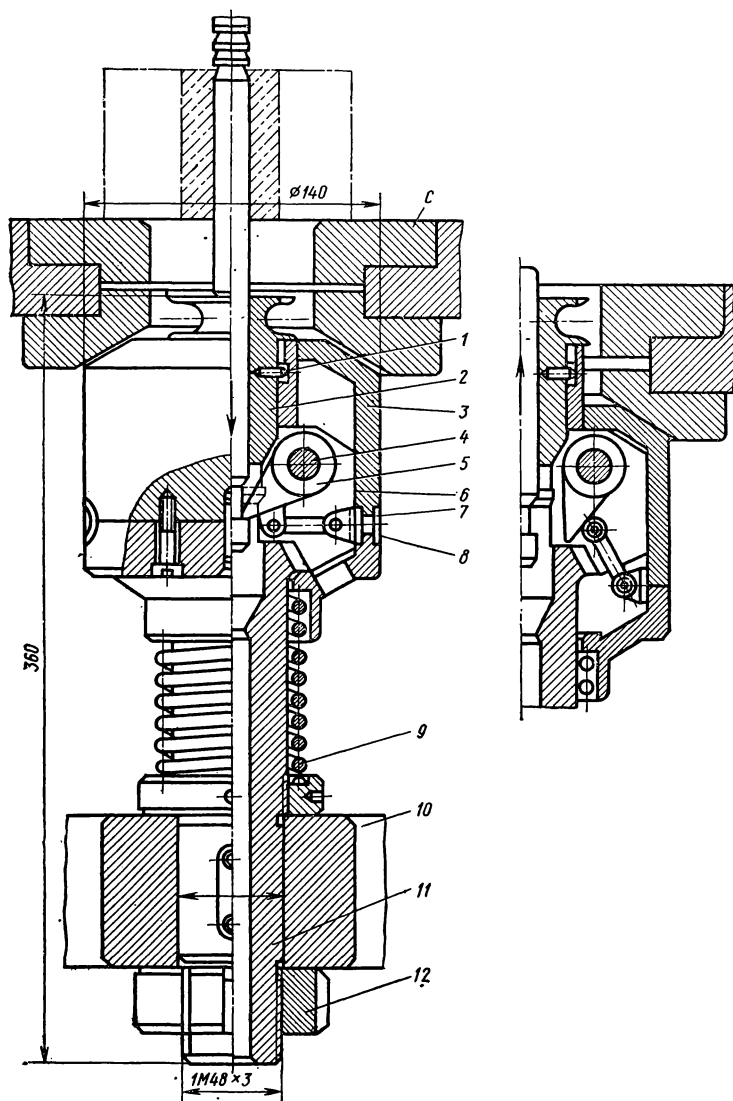


Рис. 4, Универсальный патрон для крепления протяжек

в направлении гайки 5, сжимая пружину 4. В начале рабочего хода пружина 4 возвращает гильзу 2 в исходное положение. При этом происходит закрытие кулачков 3. В ГОСТ 16158—70\* предусмотрено 18 типоразмеров данного патрона для хвостовиков диаметрами 12—70 мм.

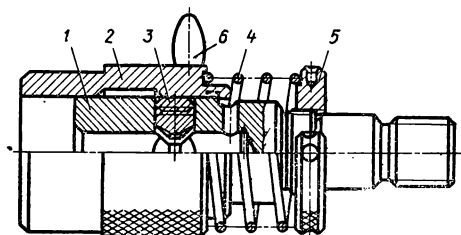


Рис. 5. Стандартный рабочий патрон

Многие отечественные протяжные станки оснащены патронами. Эти патроны отличаются от рассмотренных выше конструкцией кулачков. Вместо четырех кулачков круглого сечения в них применены два кулачка прямоугольного сечения, каждый из которых охватывает примерно половину рабочего конуса хвостовика протяжки. Кулачки подпружинены, т. е. перемещение кулачков из рабочего в открытое положение, когда выточка гильзы 2 расположена напротив кулачков, происходит за счет пружин, воздействующих на каждый из кулачков. В остальном конструкция и принцип работы патрона сходны с описанными выше.

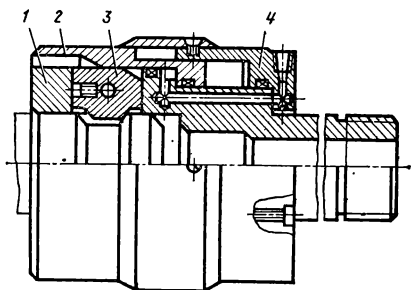


Рис. 6. Рабочий патрон со встроенным кольцевым пневмо- или гидроприводом

Патрон, показанный на рис. 6, имеет встроенный кольцевой пневмо- или гидропривод, который позволяет открывать и закрывать кулачки в любом положении рабочих салазок. Особенностью патрона является круглое сечение рабочих кулачков 3, которые двумя пружинами постоянно отжимаются от центра патрона. Гильза 2 сводит кулачки к центру, обеспечивая закрытие патрона. Она является

поршнем кольцевого цилиндра, заключенного между шейкой корпуса 1 и внутренней поверхностью стакана 4, прикрепленного винтами к корпусу 1 патрона. Рабочую среду (воздух или масло) подводят через штуцера, установленные в стакане. Через систему отверстий в стакане и корпусе рабочая среда подводится в левую полость кольцевого цилиндра, после чего гильза 2 перемещается вправо

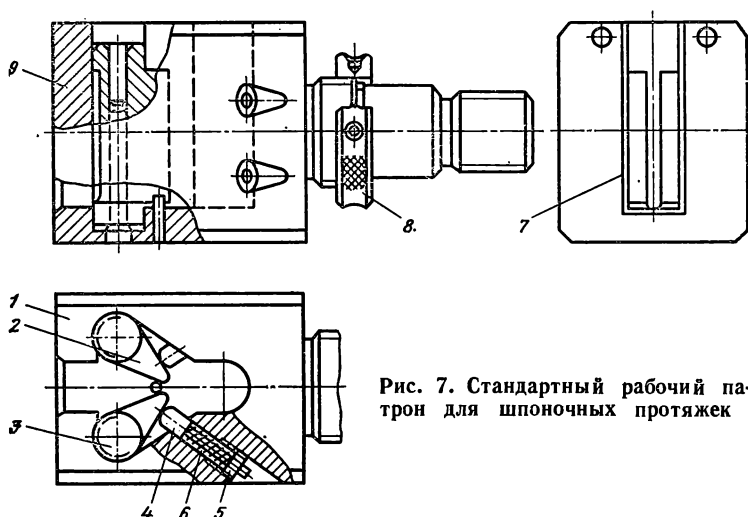


Рис. 7. Стандартный рабочий патрон для шпоночных протяжек

и происходит открытие патрона. Для закрытия патрона рабочая среда подается во второй штуцер и через отверстия в стакане 4 поступает в правую полость кольцевого пневмоцилиндра. После этого гильза 2 перемещается влево, происходит закрывание патрона. Этот патрон после небольшого усовершенствования (установки сменной втулки) может использоваться как переналаживаемый для работы с хвостовиками двух-трех соседних размеров.

Шпоночные протяжки снабжают плоскими хвостовиками для протяжек по ГОСТ 4043—70\*. Для этих хвостовиков имеются стандартные патроны (рис. 7). В корпусе 1 выполнены отверстия под кулачки 2. Сверху кулачки 2 поддерживаются осями 3. Плунжеры 4 со сферическими наконечниками поджимают кулачки 2 к центру патрона (упору 7). Резьбовыми пробками 5 регулируют силу на-

жания пружин 6, действующих на плунжеры 4. Гайкой 8 фиксируется положение патрона. Винтами 9 крепятся оси 3. По ГОСТ 16160—70\* предусмотрены три диапазона размеров данных патронов по раскрытию кулачков: 2—22, 3,5—35 и 12—54 мм.

Для закрепления протяжек при протягивании шлицевых отверстий в несколько проходов применяется конструкция автоматического вспомогательного патрона. Патрон состоит в основном из направляющей втулки с нарезанными зубчиками на выступающем торце подвижного стакана, сухариков, корпуса. В нижней части портала вспомогательной каретки закреплен кронштейн с упорным кольцом. При движении вспомогательной каретки вниз, т. е. при подводе протяжки, подпружиненный стакан упирается в упорное кольцо кронштейна, а корпус, преодолевая силу пружины, продолжает перемещаться вниз до упора в торец протяжки направляющей втулки. На торце протяжки также имеются зубчики, которые входят в зацепление с зубчиками втулки. При дальнейшем движении вспомогательной каретки вниз корпус, преодолевая силу пружины, перемещается относительно корпуса на длину в пределах хода. Одновременно с корпусом перемещается и палец по винтовому пазу, осуществляя поворот корпуса, втулки и протяжки относительно обрабатываемой заготовки, в верхний торец которой в этот момент упирается протяжка нижним направляющим торцом.

При повороте шлицевой передней хвостовик протяжки под действием пружины входит в предварительно обработанное шлицевое отверстие обрабатываемой заготовки, и начинается рабочий ход. Контроль наличия протяжки в патроне осуществляется через подпружиненный валик, регулируемый винт и конечный выключатель. Контроль перемещения корпуса осуществляется подпружиненным валиком, регулируемым винтом и конечным выключателем. Для обеспечения соосности рабочего и вспомогательного патронов служат компенсаторные планки.

Электрогидравлическая схема станка обеспечивает многократное возвратно-поступательное движение вспомогательной каретки до тех пор, пока направляющая часть протяжки не зайдет в предварительно обработанное шлицевое отверстие заготовки. Применение на протяжных станках таких патронов позволяет подавать обрабатываемую



мые заготовки в зону протягивания в неориентированном положении, что значительно упрощает конструкцию загрузочных и подающих устройств.

## ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВКИ

При свободном протягивании, к которому относится протягивание всех видов отверстий замкнутых конфигураций, заготовки обычно не закрепляют в приспособлении, а они свободно лежат своими базовыми поверхностями на опорных элементах последнего. Обязательным является обеспечение возможности некоторого смещения заготовки в любую сторону в плоскости, перпендикулярной движению протяжки.

При входе в протягиваемое отверстие центрирующей части переднего хвостовика протяжки происходит окончательная ориентировка заготовки. При этом заготовка неизбежно несколько смещается относительно своего положения при загрузке на рабочую позицию. Несоблюдение этого правила самоустановки приводит к поломке протяжки, а также подчас и самого подающего механизма (если загрузка автоматизирована).

Отсутствие необходимости закрепления заготовок объясняется тем, что при протягивании отверстий замкнутых контуров не возникает никаких опрокидывающих, сдвигающих или проворачивающих моментов от сил резания. Зажимать заготовки при протягивании отверстий требуется в следующих случаях:

при установке нескольких заготовок стопкой (толщина каждой из заготовок меньше шага зубьев протяжки); при этом зажим исключает смещение отдельных заготовок в стопке в процессе протягивания в те моменты, когда они попадают в промежуток между зубьями; стопки надо зажимать после начала рабочего хода, в то время, когда центрирующая часть переднего хвостовика протяжки заходит в стопку заготовок (длина центрирующей части должна быть больше всей толщины стопки), т. е. когда уже произошла самоустановка последних, но процесс резания еще не начался;

при установке заготовок массой 30—40 кг на горизонтально-протяжных станках во избежание смещения под действием силы тяжести заготовки и возможного полuche-

ния некоторого искажения геометрической формы протянутого отверстия. Заготовку предохраняют от этих смещений путем прижима заготовки к вертикальной опорной поверхности приспособления в момент захода центрирующей части переднего хвостовика протяжки в отверстие заготовки. Кроме того, существует устройство с подпружиненными опорами, которое полностью или в большей

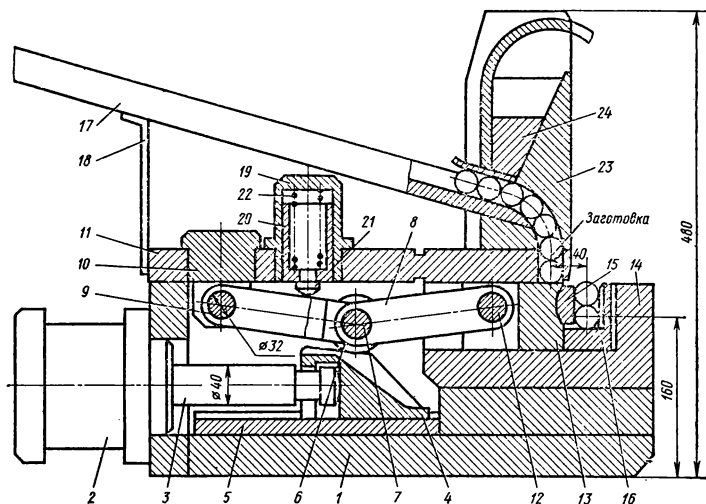


Рис. 8. Приспособление для протягивания поверхностей пальцев рессоры

степени разгружает протяжку от воздействия силы тяжести заготовки. При этом можно обойтись и без зажимного механизма.

При координатном протягивании заготовки должны быть зафиксированы и зажаты в приспособлении таким образом, чтобы исключалась возможность какого-либо смещения их в процессе протягивания.

Приспособление для вертикально-протяжного станка для протягивания наружных поверхностей пальца рессоры представлено на рис. 8. Применение данного приспособления с некоторой доработкой гидро- и электросхем серийного вертикально-протяжного станка превращает его в автомат, пригодный для встройки в автоматическую ли-

нию. При работе автомата вне линии применяется бункерно-загрузочное устройство, например, конструкции ЭНИКМАШа. В простейшем случае достаточно несколько удлинить загрузочный лоток, чтобы обеспечить запас заготовок по крайней мере на 15—20 мин работы автомата.

В приспособлении зажимаются и протягиваются одновременно две заготовки, что вдвое повышает производительность автомата, но требует больших сил зажима, ибо призмы не могут служить опорной базой для заготовок. В приспособлении применен гидропривод с комбинированным усилителем, состоящим из клинового и шарнирно-рычажного механизмов. Гидроцилиндр имеет внутренний диаметр 125 мм и при давлении в гидросистеме 2 МПа развивает силу, равную примерно 25 кН. Клиновой и шарнирно-рычажный механизмы увеличивают совместно эту силу в 12 раз. Сила зажима, таким образом, достигает 0,3 МН. Корпус 1 (см. рис. 8) приспособления закреплен на столе станка. Гидропривод механизма отвода и подвода стола отключен, а сам стол закреплен на тумбе станка неподвижно в рабочем положении. В задней стенке корпуса 1 встроен гидроцилиндр 2 механизма зажима.

Правильная установка цилиндра обеспечивается центрирующим пояском и передней его крышкой, входящей в точное отверстие корпуса. Конец штока 3 гидроцилиндра соединен с клином 4, перемещающимся в направляющих 5, закрепленных на плите корпуса 1. Клин имеет два угла: 45° и 7°. Зажим заготовок осуществляется частью клина с углом 7°. Угол 45° служит для отвода ползушки 13 на величину, достаточную для загрузки заготовок без значительного удлинения хода поршня гидроцилиндра. Рычаг 9 шарнирно-рычажного усилителя соединен шарнирно осью с кронштейном 10. Рычаг 8 соединен с осью 12 с ползушкой 13. На оси 7 рычагов 8 и 9 насажены два ролика 6, контактирующие с клином 4. При зажатых заготовках ролики находятся на плоскости клина, имеющей наклон 7°, а рычаги — под углом 3—4° к горизонтальной оси.

При передвижении клина влево ось 7 опускается под действием пружины 22, перемещающей полый плунжер 20 с упором 21, смонтированный в стакане 19. Стакан закреплен на верхней крышке 11 корпуса 1. Ползушка 13 имеет плавающую опору 15 с радиусной поверхностью, обеспечивающей качение ее в вертикальной плоскости. Заго-

товки поступают на исходную позицию по лотку 17, поддерживаемому кронштейном 18. Ползушка 13 соединена шарниром (на рисунке не показан) с губкой 16. В соединении имеется зазор 4—5 мм. При отводе ползушки 13 вместе с губкой 16 в исходное левое положение паз ползушки совмещается с вертикальной частью канала корпуса, соединенного с лотком. При этом в паз западают две заготовки. При перемещении ползушки вправо остальные заготовки отсекаются верхней поверхностью ползушки. После окончания рабочего хода путевым выключателем станка дается команда на переключение распределителя гидросистемы приспособления. Масло поступает в штоковую полость гидроцилиндра 2. Через систему усилителей ползушка 13 перемещается влево и, пройдя путь, равный 2—3 мм (при этом губка 16 остается неподвижной, так как зазор соединения еще не ликвидирован), осуществляет включение путевого выключателя приспособления, дающего команду на остановку перемещения поршня гидросистемы и одновременно на обратный ход рабочей каретки станка. Ниже инструментальной плиты на рабочей каретке смонтирован механизм выгрузки протянутых заготовок.

При обратном ходе (вверх) собачки этого механизма захватывают заготовки, выступающие своими концами за кронштейн, и по вертикальной стенке стойки 23 перемещают их до верхней ее части. Выступающей скобой заготовки задерживаются и скатываются по наклонной плоскости лотка 24 на боковую сторону станка. При прямом (рабочем) ходе вниз собачки, наталкиваясь на вновь загруженные заготовки, поворачиваются вокруг оси по часовой стрелке.

По окончании обратного хода путевым выключателем станка дается команда на продолжение отвода ползушки в исходное положение. При этом происходит перемещение ползушки 13 совместно с губкой 16. Ползушка и губка перемещаются по направляющим кронштейна 14. В конце отвода заготовки из лотка падают в гнездо ползушки 13. Затем ползушка перемещается в рабочее положение, после чего включается рабочий ход.

На рис. 9 показана конструкция шаровой опоры, которая применяется в тех случаях, когда по каким-либо причинам имеется отклонение от перпендикулярности опор-

ного торца заготовки к оси подготовленного под протягивание отверстия, в частности, когда опорный торец не обработан перед протягиванием отверстия.

В корпусе 1 установлен подвижный шаровой сегмент 2, в отверстие которого вставлен опорный фланец 3. Сегмент

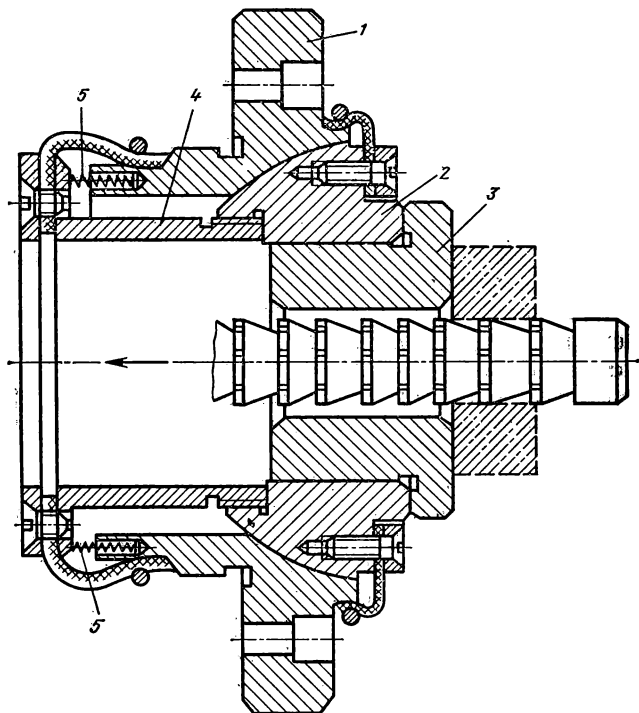


Рис. 9. Шаровая самоустанавливающаяся опора

удерживается в корпусе при помощи станка 4 и пружин 5. При больших усилиях протягивания подобные опоры не обеспечивают правильной самоустановки заготовки.

На рис. 10 показан адаптер для предварительного протягивания шпоночной протяжкой пазов шлицевого отверстия большого размера. Приспособление состоит из корпуса 1, в котором имеется продольный паз для протяжки 2. Основание паза имеет уклон 1:20 для клина 3. Адаптер устанавливают центрирующим хвостовиком в отверстие

станка и закрепляют посредством шпильки 4, гайки 5 и прижимной планки 6. Обрабатываемую заготовку 7 надевают на штырь корпуса 1, протяжку 6 устанавливают в паз на опорный клин и соединяют с патроном станка. При обратном ходе протяжки опорный клин убирается и протяжка свободно возвращается по дну паза корпуса. Затем протяжку приподнимают и под ее опорную плоскость подкладывают клин 3 с прокладкой 8 для второго

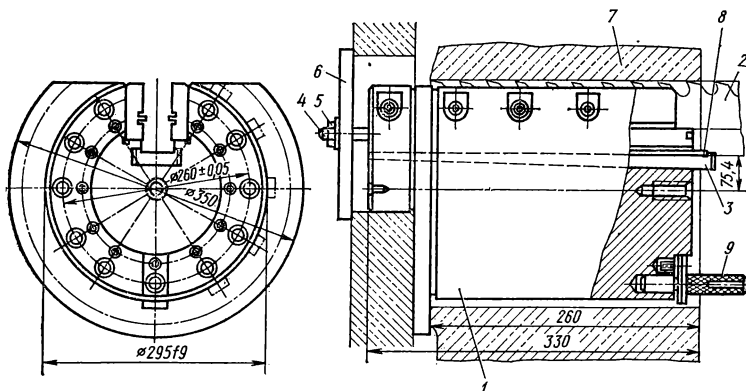


Рис. 10. Адаптер для протягивания пазов больших размеров

прохода. Доведя паз до требуемой глубины, обрабатываемую заготовку поворачивают для обработки следующего паза: фиксатор 9 устанавливают в первый паз и в первое фиксирующее отверстие диаметром 20 мм, расположенное на торце корпуса.

В мелкосерийном и единичном производстве при протягивании шпоночных пазов в отверстиях с диаметром более 150 мм применяют универсальное приспособление (рис. 11), которое позволяет протягивать паз без прокладок. Направление шпоночной протяжки 1 обеспечивается пазом неподвижного центровика 2, а заготовка 3 и сменная центрирующая втулка 4, укрепленная на плите 7, перемещаются вертикально. Протяжка, соединенная с ползуном станка, работает в горизонтальном положении и перемещается по пазу приспособления в обе стороны. Протягиваемая заготовка при помощи рычага 6 и пневматического цилиндра 5 при рабочем ходе протяжки опускается на

переднюю направляющую, а при обратном ходе поднимается, чтобы зубья протяжки не соприкасались с поверхностью паза заготовки. Для обработки различных заготовок необходимо менять центрирующую втулку 4.

На рис. 12 показано приспособление для одновременной обработки протягиванием в большой головке шатуна: поверхности стыка головки шатуна с крышкой боковых

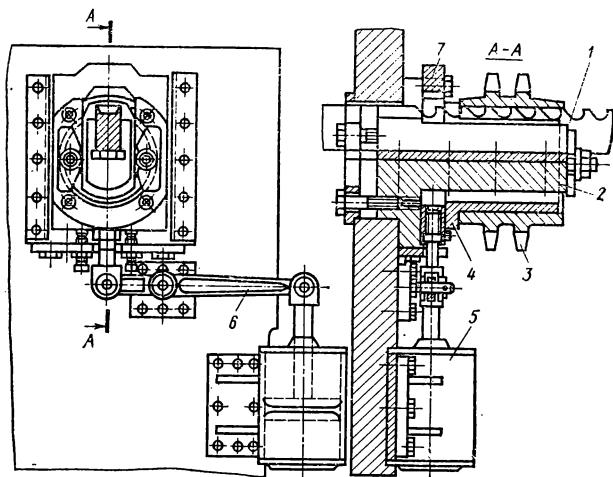


Рис. 11. Универсальное приспособление для протягивания шпоночных пазов в отверстиях диаметром более 150 мм

поверхностей, служащих базой для дальнейшей обработки, и цилиндрической поверхности под вкладыш.

Отверстием малой головки заготовка надевается на палец 1, запрессованный в корпусе приспособления, и обработанными поверхностями торцов головок опирается на фланец пальца 1 и опору 2.

Для центрирования большой головки шатуна и зажатия его большой и малой головок используют пневматический цилиндр 3, установленный на рычаге 4, который качается на оси 5 в пазу планки 6; планка укреплена гайками 7 на круглых стойках 8, установленных на корпусе приспособления.

Для зажатия заготовки сжатый воздух подается в верхнюю полость цилиндра 3. Шток 9 цилиндра, перемещаясь вниз, нажимает на конец рычага 10, который сухарем 11

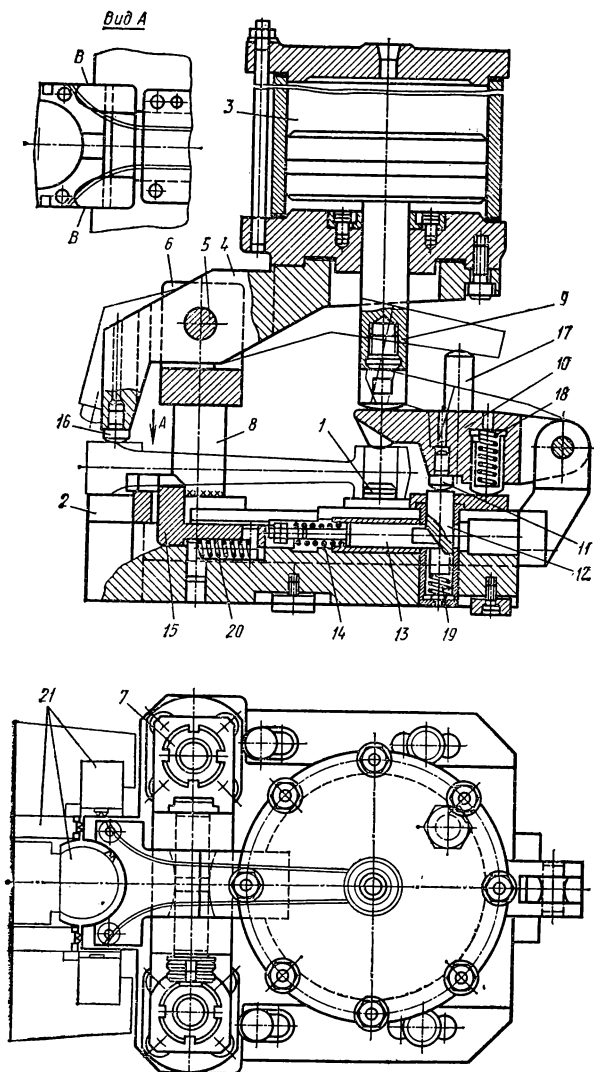


Рис. 12. Приспособление для обработки большой головки шатуна



давит на плунжер 12 и через плунжер 13 и пружину 14 перемещает ползун 15, центрирующий выступами В (см. вид А) большую головку шатуна. Рычаг 10, продолжая поворачиваться, концом прижимает малую головку шатуна к фланцу пальца 1, а рычаг 4, поворачиваясь на оси 5, сухарями 16 прижимает большую головку шатуна к опоре 2. Для освобождения заготовки воздух подается в нижнюю полость цилиндра 3. Шток 9 при этом идет вверх, а цилиндр упирается правым концом рычага 4 в опору 17, установленную на корпусе приспособления. Рычаг 10 под действием пружин 18, 19 и 14 поднимается, и ползун 15 пружиной 20 отводится от заготовки вправо.

Обработка заготовки производится специальными наружными протяжками 21. Производительность приспособления составляет около 200 заготовок в час.

Для обработки протягиванием наружных поверхностей ушков вилки карданного вала применяют приспособление, в котором обрабатываемая заготовка устанавливается в призму, упирается в неподвижный регулируемый болт и наклонными плоскостями пальца центрируется по внутренним поверхностям ушков.

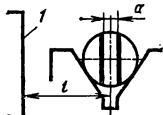
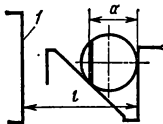
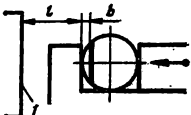
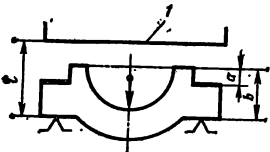
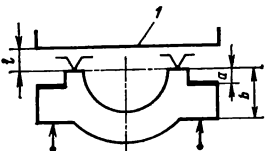
Заготовка зажимается пневматическим цилиндром через рычажно-шарнирный механизм. Рычаг, поворачиваясь на оси, прижимает деталь к призме качающейся шайбой, преодолевая сопротивление пружины. Палец при этом опускается. От проворачивания палец удерживается шпонкой.

В приспособлении обрабатываются три заготовки разной длины. При переналадке приспособления для обработки каждой заготовки изменяют положение шайбы по высоте вращением винта, который контрится гайкой.

Конструкцию приспособления выбирают, учитывая особенности конфигураций заготовок и принятые установочные базы. Под установочной базой понимается совокупность поверхностей, линий или точек, относительно которых ориентируется поверхность, обрабатываемая на данной операции. В зависимости от того, как заданы размеры на чертеже для заготовок, одинаковых по форме, конструкции приспособлений могут быть разными.

Характерные схемы установочных баз приведены в табл. 8.

## 8. Схемы установочных баз

Схема	Условие применения схемы
	<p>Паз <math>a</math> должен быть симметричным диаметральной оси заготовки</p>
	<p>Допуск на размер <math>a</math> более жесткий, чем допуск на диаметр заготовки</p>
	<p>Допуск на размер <math>b</math> более жесткий, чем допуск на диаметр заготовки</p>
	<p>Допуск на размер <math>b</math> более жесткий, чем допуск на размер <math>a</math></p>
	<p>Допуск на размер <math>a</math> более жесткий, чем допуск на размер <math>b</math></p>

**Примечание.** На схемах жирными линиями показаны протягиваемые поверхности. Размер  $l$  обеспечивается установкой приспособления на столе относительно плоскости рабочей каретки  $l$  станка. Стрелками указаны направления действия и точки приложения усилий зажимных элементов, а уголками — точки базирования.

### ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ЗАГОТОВКИ

Протягивание тонкостенных втулок без специального приспособления сопровождается радиальной деформацией стенок. После выхода протяжки стенки втулки вследствие упругой деформации сжимаются, и отверстие получается меньше того размера, который был задан.

Приспособление для предупреждения деформации заготовки 4 (рис. 13) после протягивания состоит из круглой

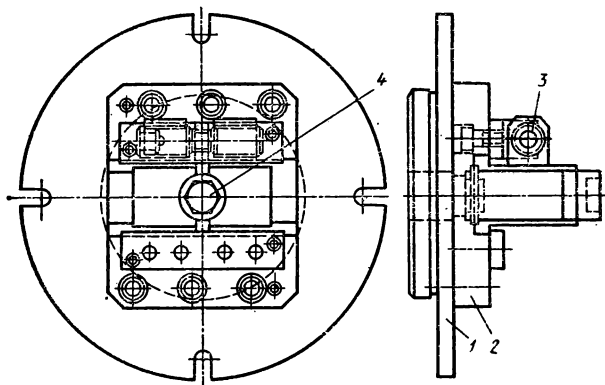


Рис. 13. Приспособление для протягивания тонкостенных втулок

плиты 1, установленной центрирующим пояском диаметром 135 мм в отверстие стола станка. На плите укреплена прямоугольная планка 2, имеющая поперечный паз, по которому с помощью винта 3 свободно перемещаются две зажимные губки. Винт имеет левую и правую нарезки и удерживается кронштейном, изготовленным в одной заготовке с планкой.

Протягиваемая тонкостенная втулка устанавливается между губками, зажимные поверхности которых сделаны по размерам наружного диаметра детали. Затем через подготовленное отверстие протягивают протяжку. Благодаря приспособлению размер отверстия получается соответствующим поперечным размерам калибрующих зубьев протяжки.

Для повышения точности и качества обработки тонкостенных заготовок при деформирующем протягивании

в ряде случаев применяют схему радиального заневоливания, которая реализуется с использованием жестких или упругих обойм. Извлечение обработанной заготовки из жесткой обоймы (корпуса) представляет определенные трудности. Поэтому жесткие обоймы выполняют разъемными или с устройством для принудительного извлечения заготовки. Один из вариантов такой конструкции обоймы показан на рис. 14.

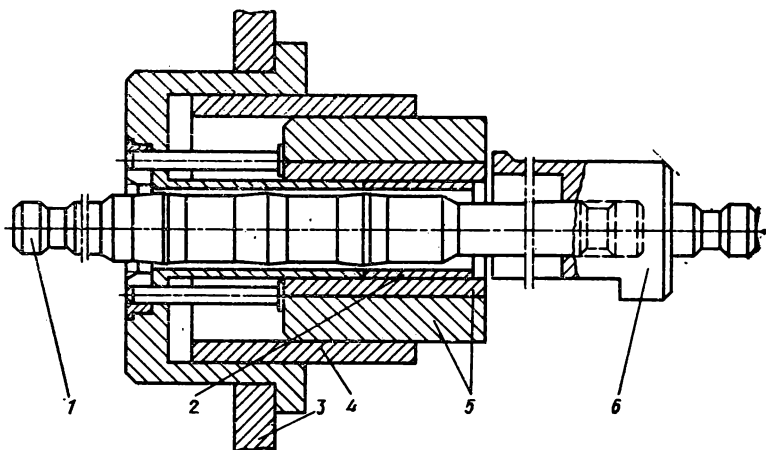


Рис. 14. Устройство для протягивания в жесткой обойме

При рабочем движении протяжки 1 заготовка 2 находится в матрице 5. После прохождения последнего деформирующего элемента протяжки сквозь отверстие заготовки 2 съемник 6 своим торцом перемещает матрицу 5 в гильзе 4 влево, освобождая протянутую заготовку, которая свободно выпадает через отверстие в нижней части съемника 6. Приспособление крепится на опорной плите 3 протяжного станка; оно обладает существенными преимуществами по сравнению с разъемными обоймами, так как надежнее в эксплуатации.

Опора с раздвигающимися в радиальном направлении опорными элементами, не имеющая трущихся пар, выполнена в виде стакана. Она состоит из корпуса и опорных элементов. Корпус снабжен фланцем, предназначенным для крепления опоры на станине протяжного станка или

пресса. Опорные элементы отделены друг от друга пазами. Эти элементы выполнены в виде упругих лепестков, имеющих малую жесткость в радиальном направлении. При установке заготовка центрируется коническими и цилиндрическими поверхностями опорных элементов, а в процессе обработки опирается на их рабочие площадки. При рабочем движении протяжки наружный диаметр заготовки увеличивается, раздвигая опорные элементы, удерживающие заготовку.

Конструкция опоры позволяет осуществлять протягивание и по схеме растяжения. В этом случае раздвижные опорные элементы входят в кольцевую технологическую канавку заготовки по наружной поверхности.

К опоре предъявляются высокие требования по прочности и износостойкости, поэтому изготавливать ее следует из сталей, рекомендуемых в качестве материалов для канг и пружин, с термообработкой центрирующих и опорных поверхностей до твердости *HRC* 55—60, а остальных поверхностей до *HRC* 42—48.

Разработаны приспособления к простейшим прессам, автоматизирующие процесс прошивания и обеспечивающие жесткое закрепление и неизменное направление прошивок в процессе работы.

До вступления режущего участка прошивки в работу автоматически осуществляется центрирование прошивки подпружиненными установочными пальцами, которые входят в соответствующее отверстие в торце переднего направления прошивки, или скользящей втулкой. При этом прошивка оказывается жестко закрепленной по концам (хвостовик закреплен неподвижно в ползуне пресса), а направление ее движения обеспечено специальными направляющими. Это позволяет прошивке срезать различную величину припуска как по длине, так и по окружности обрабатываемого отверстия, что и обеспечивает выравнивание оси отверстия и его координат относительно других отверстий или поверхностей заготовки. Обратный ход прошивок осуществляется автоматически через протянутые отверстия, что исключает дополнительные затраты времени. Для автоматизации процесса могут быть использованы простейшие гидравлические прессы минимальной мощности.

Автоматическое координатное прошивание отверстий в шатуне и крышке шатуна при одновременной их обработке обеспечивает одинаковое межосевое расстояние и направление осей отверстий в обеих заготовках. Для этой цели было разработано и изготовлено специальное координатно-прошивное приспособление (рис. 15), которое устанавливают на гидравлическом прессе.

Приспособление помещают на стол гидравлического пресса и крепят болтами. Хвостовик 15 приспособления соединяют со штоком пресса и закрепляют. После установки необходимой длины рабочего хода пресса в верхнюю плиту 13 болтами 14 крепят прошивки 11. На установочные пальцы 16 и опорный фланец 4 ставят шатун 5 и крышку 8 шатуна и закрепляют их накладкой 10.

При включении рабочего хода пресса прошивки 11 опускаются, передняя направляющая прошивки отверстием входит в выточку 7 установочных пальцев 6, закрепляясь, таким образом, с двух концов. При опускании верхней плиты 13 со ступенчатыми штоками 9 и подпружиненной нижней плитой 2 установочные пальцы 6 выходят из отверстий в заготовках, и при дальнейшем ходе прошивок идет прошивание отверстий. Пружины 12 в про-

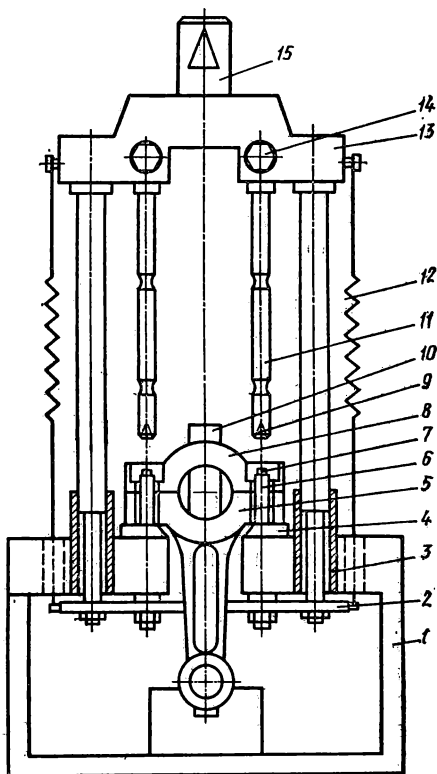


Рис. 15. Координатно-прошивное приспособление для обработки отверстий в шатуне и крышке шатуна

цессе рабочего хода прошивок постоянно удерживают установочные пальцы 6 в зацеплении с прошивками.

Нижняя плита 2 опускается в нижнее положение ступенчатыми штоками 9, когда больший диаметр штока через направляющие втулки 3 войдет в соприкосновение с плоскостью плиты (меньшая ступень штока пройдет через отверстие в плите). Основанием приспособления служит корпус 1.

По окончании процесса резания автоматически включается обратный ход, и прошивки вместе с приспособлением возвращаются в исходное положение, проходя через обработанные отверстия в заготовках. Прошивки разъединяются с установочными пальцами и освобождают заготовки. После снятия обработанных заготовок и установки новых процесс повторяется. Обратный ход прошивок через протянутое отверстие не снижает их стойкости.

Применяемая на операции прошивка имеет общую длину 198 мм, число зубьев 14, шаг зубьев 7 мм, число находящихся в работе зубьев шесть, подъем на зуб 0,06 мм, число калибрующих зубьев пять, чистовых зубьев с подъемом на зуб 0,03—0,02 мм три. Схема срезания припуска—профильная.

Для протягивания двух отверстий вала сошки рулевого управления разработано и внедрено автоматическое координатно-прошивное приспособление, которое имеет основание в виде плиты с установленной в ней направляющей втулкой. На вертикальной плите закреплена опора с опорной втулкой и стойка для установки обрабатываемой заготовки, которая надевается своим вырезом на опору. После включения рабочего хода пресса хвостовик вместе с верхней плитой, штоком и протяжкой опускаются, и протяжка, пройдя опорную втулку и отверстие в заготовке, входит в скользящую втулку. После этого начинается работа режущих зубьев. Протяжка, находясь во втулке передней направляющей, получает правильное постоянное направление движения оси.

Ступенчатый шток при движении вниз вместе с верхней плитой упирается ступенькой большего диаметра в нижнюю плиту и, преодолевая сопротивление пружин, двигает плиту вниз вместе со скользящей втулкой, являющейся подвижной направляющей для протяжки. Пружины, размещающиеся в стойках, в процессе рабочего

хода прошивки постоянно удерживают скользящую втулку в зацеплении с прошивкой. По окончании рабочего хода протяжка автоматически возвращается в исходное верхнее положение, проходя сквозь протянутое отверстие. В конце обратного хода передняя направляющая прошивки выходит из скользящей втулки и освобождает заготовку. После снятия обработанной заготовки и установки новой процесс повторяется.

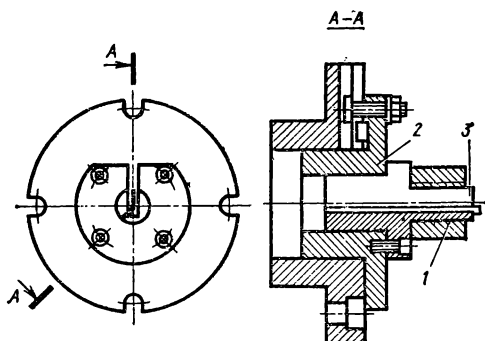


Рис. 16. Переналаживаемый адаптер для протягивания шпоночных пазов

Принцип работы приспособлений для прошивки отверстий может быть применен и для заготовок с другими габаритными размерами и отверстиями.

На рис. 16 показано переналаживаемое приспособление. Посадочный палец, на который устанавливают заготовку, делают сменным. Один переходный фланец 2, с помощью которого приспособления прикрепляют к опорной планшайбе станка, может быть оснащен комплектом посадочных пальцев 1 на разные типоразмеры обрабатываемых отверстий. Прокладка 3 компенсирует уменьшение размера зуба по высоте после переточки шпоночной протяжки. Эти прокладки позволяют также протягивать глубокие шпоночные пазы одной протяжкой за несколько проходов.

Делительное приспособление для протягивания шпоночных пазов, расположенных под углом  $120^\circ$ , показано на рис. 17. После протягивания первого шпоночного паза



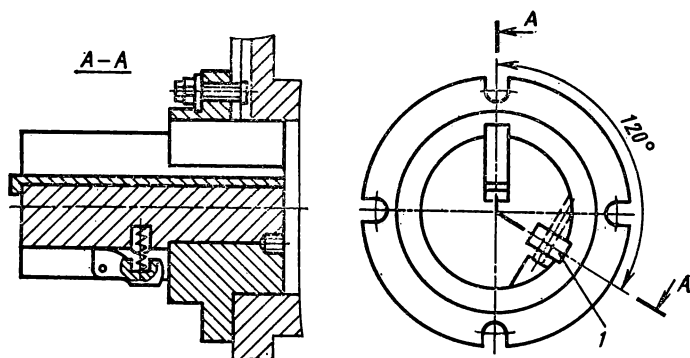


Рис. 17. Делительное приспособление для протягивания шпоночных пазов под углом  $120^\circ$

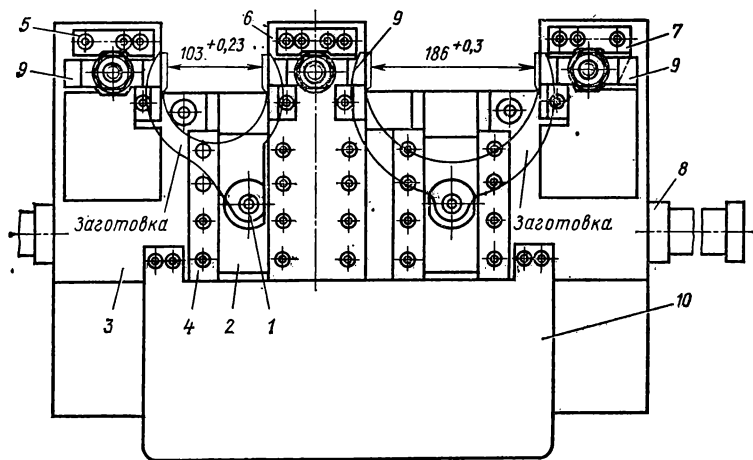


Рис. 18. Приспособление для одновременного протягивания зева в двух вилках переключения коробки скоростей

заготовка поворачивается на адаптере, и с помощью подпружиненной шпонки 1 фиксируется ее угловое положение. Затем начинается протягивание следующего шпоночного паза.

На рис. 18 показана конструкция приспособления, предназначенная для одновременного протягивания двух

различных вилок. В этой конструкции нет подводимых опор к тыльным сторонам вилки. Заготовки обычно поступают на операцию протягивания с обработанным отверстием, которым они насаживаются на палец 1. Палец запрессован в ползушку 2, перемещающуюся в корпусе 3 приспособления по направляющим. Сверху направляющие закрыты планками 4. При загрузке ползушки находятся в отведенном положении. После загрузки заготовок ползушки 2 перемещаются до тех пор, пока тыльные части вилки не упрутся в неподвижные опоры 5, 6, 7, которые расположены напротив протягиваемых поверхностей замка, что исключает возникновение изгибающих моментов в заготовках в процессе протягивания. Привод механизма подвода ползушек — пневматический с клиновым усилителем (угол клина  $6^\circ$ ). Клин приводится в движение от пневмоцилиндра 8. На пневмоприводе установлен редукционный клапан, который можно отрегулировать на требуемую силу прижима заготовок к опорам. Щиток 10 служит для закрытия труб в зоне действия оператора. Зажим заготовок осуществляется поворотными рычагами 9. Управление механизмами зажимного устройства осуществляется от одного пневмокрana, смонтированного в корпусе 3.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРОТЯЖЕК

### РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

Режимы резания при протягивании определяются подачей на зуб, шириной среза (стружки) и скоростью резания.

Подача на зуб и ширина среза заложены в конструкции режущей части протяжки и их выбор зависит от длины протягивания, обрабатываемого материала, диаметра (или других поперечных размеров) протягиваемого профиля. Поддачи на чистовые зубья составляют  $<60\%$  подач на черновые зубья. Для более точных отверстий, пазов или других профилей, требующих очень малой шероховатости поверхности, подачу на зуб уменьшают.

Ширина среза оказывает значительное влияние на усилие протягивания, условия стружкообразования, размещение стружки в канавке и шероховатость протягиваемой поверхности.

Исходя из условий стружкообразования, ширина режущего элемента зуба протяжки, т. е. ширина стружки, выбирается по следующему соотношению:  $b = (1 \div 1,5) \times \sqrt{D}$ , где  $D$  — диаметр протяжки, мм. Не рекомендуется брать ширину стружки более 10 мм. Только при обработке отверстий больших диаметров и поверхностей значительной площади допускается ширина до 15 мм.

Для обеспечения наибольшей производительности и наименьшей длины протяжки подача черновых зубьев должна приниматься наибольшей с учетом ограничивающих ее величину факторов, т. е. прочности протяжки, нагрузки до отказа, размещения стружки во впадине, тяговой силы станка, свойств материала обрабатываемой детали, например склонности к надирам и вырывам (у мягких вязких материалов) или к сколам (у хрупких материалов), получаемого качества протянутой поверхности.

Хотя подачу определяет конструкция протяжки, рабочий должен знать о ее допустимых значениях и факторах, влияющих на нее, что позволит избежать использования протяжки в непригодных для нее условиях, правильно определить причины неполадок, которые могут быть вызваны величиной подачи, проверить допустимость пределов изменения подач при переточке зубьев или переходе на большую длину протягивания и своевременно отправить протяжку на перешлифовку зубьев для исправления величины подачи, разгрузки зубьев.

При обработке жаропрочных материалов рекомендуется подача на зуб в пределах 0,03—0,08 мм.

Для углеродистых и низколегированных конструкционных сталей, а также цветных металлов влиянием подачи на стойкость можно пренебречь, учитывая, что стойкость лимитируется чистовыми зубьями, имеющими подачу 0,02—0,03 мм. Поэтому подачу на зуб следует выбирать исходя из ограничений, накладываемых условиями размещения стружки во впадине и требованиями к шероховатости поверхности. При этом, если нагрузка превышает допустимую, можно ее уменьшить, сократив число зубьев, одновременно участвующих в работе, или уменьшив подачу.

Практически при протягивании быстрорежущими протяжками углеродистых и низколегированных конструкционных сталей повышение скорости протягивания до 30 м/мин увеличивает стойкость протяжек.

При протягивании жаропрочных материалов быстрорежущими протяжками их стойкость возрастает при скорости протягивания 8—12 м/мин. Вторым диапазоном увеличения стойкости является скорость резания 18—30 м/мин. Твердосплавные протяжки имеют большую стойкость при скорости резания 25—50 м/мин. Уменьшение скорости (ниже 25 м/мин) или увеличение ее (более 50 м/мин) приводит к снижению стойкости.

Протяжками из быстрорежущей стали можно работать по стали со скоростью до 35—40 м/мин. Протяжки, оснащенные пластинами из твердого сплава ВК6М, позволяют протягивать чугун со скоростью до 100—120 м/мин.

При наружном и внутреннем протягивании бронзы и легких сплавов скорость резания составляет 10—15 м/мин.

Высокие требования к шероховатости поверхности часто не позволяют работать со скоростью более 1,5—2 м/мин. Поэтому строят протяжные станки с механизмом, автоматически снижающим скорость движения протяжки до 1,5 м/мин, как только в работу вступают чистовые зубья протяжки.

В тяжелом машиностроении при обработке круглых и шлицевых отверстий диаметром 120—230 мм скорость протягивания обычно не превышает 1—2 м/мин. Это обстоятельство не оказывает существенного влияния на производительность, так как при протягивании деталей, масса которых достигает сотен килограммов, машинное время протягивания очень мало по сравнению со вспомогательным.

Выбранная скорость резания должна быть проверена по мощности станка. Потребная мощность (кВт) двигателя

### 1. Скорость резания при протягивании протяжками из стали Р6М5 различных материалов

Тип производства	Группа качества протягиваемой поверхности (табл. 2)	Скорость резания, м/мин, при обработке							
							чугуна и бронзы	алюминиевого сплава, меди, баббита	
		Группа обрабатываемости (табл. 3)							
		I	II	III	IV	V	VI, VII, IX	VIII	X
Массовое, серийное	1	8	8	6	5	3	9	6	4
	2	9	9	8	6	4	12	8	6
	3	13	12	9	8	4	15	9	9
	4	15	13	12	—	—	15	13	12
Мелкосерийное, единичное	1—4	8	6		3		9	6	4

Примечания: 1. Поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от марки инструментальной стали:

Марка стали	P18,	P6M5,	P9K10	P6M5K5,	XB7
	P12Ф5M	P12Ф3		P6Ф2K8M5	
Коэффициент	1,6	1	1,8	2,0	0,7

2. СОЖ выбирают по табл. 7.

станка определяется по силе протягивания  $P$  и назначенной скорости резания  $v$ :  $N_d = 0,13Pv$  (КПД станка принят равным 0,89).

В табл. 1 приведены данные для выбора скоростей резания в зависимости от группы обрабатываемости мате-

## 2. Группы качества протягиваемых поверхностей

Группа качества	Параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	Квалитет точности
1	$\leq 1,25$	Все, начиная с 5-го
2	$\leq 2,5$	7; 8
3	$\leq 3,2$	9
4	$\leq 6,3$ и грубее	11 и ниже

**Примечание.** Группа качества протягиваемой поверхности определяется либо шероховатостью поверхности, либо квалитетом точности, а иногда их сочетанием.

## 3. Группы обрабатываемости материалов в зависимости от марки материала и его твердости

Сталь	Марка	Твердость $HB$ материала для групп обрабатываемости				
		I	II	III	IV	V
Углеродистая	20, 35, 40, 50	$\leq 241$	255—285	285—321	321—364	—
Хромистая	30X, 40X, 50X	$\leq 255$	255—302	—	—	—
Хромоникелевая	12ХН3А, 45ХН	$\leq 241$	241—269	269—302	302—321	321—264
Хромомолибденовая	30ХМА, 35ХМ	—	$\leq 229$	229—269	269—321	321—340
Хромоалюминиевая с вольфрамом или молибденом	38ХМЮА, 38ХЮ	—	—	$\leq 269$	269—302	302—340
Хромомарганцевая с титаном	30ХГТ, 40ХГТ	—	229—269	269—302	302—321	321—340
Шарикоподшипниковая	ШХ15	—	—	—	$\leq 229$	—
Быстрорежущая	P18, P6M5	—	—	—	—	207—255

Продолжение табл. 3

Чугун	Марка	VI	VII	VIII	IX	X
Серый	СЧ 15	$\leq 197$	197—269	—	—	—
	СЧ 30					
	СЧ 35					
	СЧ 40					
Ковкий:						
феррит-	КЧ 30	$\leq 163$	—	—	—	—
ный	КЧ 35					
зернистый	КЧ 45	$\leq 217$	—	—	—	—
перлит						
Антифрикционный	АЧС-2, АЧК-2	160— 229	—	—	—	—
Цветные и алюминиевые сплавы	Марка			VIII	IX	X
Бронзы:						
безоловя-	Бр. АЖ9-4				65—140	140—200
нистые	Бр. АЖМЦ-10-3,1,5				$<70$	—
оловян-	Бр. ОЦС4-4-2,5				$<130$	130—200
ные	Бр. ОФ4-0,25				—	$<160$
Латунь	ЛКС80-3-3, ЛМц 58-2				—	—
Алюминиевые сплавы	АЛ3, АЛ13, АЛ18В, АК8				—	50—100

риала, требований к качеству протягиваемой поверхности, материала протяжки. Данные относятся к наиболее распространенным видам станков, которые имеют рабочую скорость до 15 м/мин. Практически сочетания различных факторов на конкретной операции могут обеспечить требуемое качество поверхности при скоростях до 30 м/мин и более.

## ИЗНАШИВАНИЕ ЗУБЬЕВ ПРОТЯЖЕК И ИХ ЗАТОЧКА

Затупление зубьев протяжки заключается в изнашивании, истирании задней поверхности зубьев и образовании площадки изнашивания по задней поверхности, ширина которой в процессе резания увеличивается. Одновременно режущая кромка зуба округляется. Процесс затупления идет быстрее в начальный период работы, затем после достижения определенной величины износа он замедляется. Своевременная и качественная заточка протяжки определяет ее стойкость и качество обработки изделий. Поэтому протяжник должен уметь определять качество заточки на глаз и не допускать работы протяжкой, имеющей дефекты заточки.

Заточка круглых шлицевых, многогранных протяжек ведется по передней поверхности, и только при большом износе или повреждении зубьев прибегают к шлифованию задней поверхности на круглошлифовальном станке.

Необходимость отправки протяжки на переточку определяют по технологическим критериям затупления:

возрастанию силы резания, выражающемуся в вибрациях протяжки (гудение, скрип), чрезмерному нагреву заготовки и протяжки, искажению геометрии заготовки, напряженной работе и даже остановке станка;

ухудшению качества обработанной поверхности заготовки по сравнению с требуемым;

отклонению размеров обработанной поверхности за пределы допустимых (размерная стойкость);

появлению на ряде зубьев большого (предельного) затупления или даже выкрашивания режущей кромки;

привариванию стружки к передней поверхности.

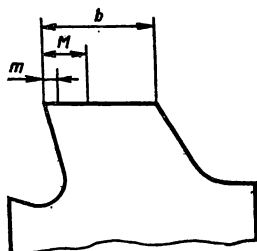
Нормы изнашивания круглых протяжек приведены в табл. 4.

Наибольшее распространение на машиностроительных и инструментальных предприятиях нашей страны и за рубежом получила заточка круглых и шлицевых протяжек шлифовальным кругом, правленным по радиусу (рис. 1, а). При такой заточке передние поверхности режущих зубьев круглой протяжки получают эллиптическую форму, поэтому она получила название эллиптической.

При эллиптической заточке передний угол  $\gamma$  является переменным (от  $\gamma_I$  до  $\gamma_{II}$ ) по образующей эллипса (см. рис. 1, а). Он имеет максимальное значение на режущей



#### 4. Нормы изнашивания круглых протяжек (для диаметра протяжек до 40 мм)



Длина протягивания, мм	Вид зубьев	Ширина задней поверхности зубьев $b$ , мм	Группа качества	Величина стачивания $m$ за одну переточку, мм, при замене		Число переточек при замене		Величина допустимого стачивания $M$ , мм
				после отказа	планово-предупредительной	после отказа	планово-предупредительной	
До 50	Черновые	3	1 2—4	0,10 0,15	0,05 0,08	11 12	20 25	1,8
	Чистовые	2	1 3; 4	0,08 0,10	0,03 0,05	11 12	20 25	1,0 1,2
Свыше 50	Черновые	4	1 2 3; 4	0,10 0,15	0,05 0,08	11 12 14	20 25 30	2,4
	Чистовые	3	1 2 3 4	0,08 0,10 0,12 0,13	0,03 0,05	11 12 14	20 25 30	1,0 1,8

кромке и неудобен для измерения. Передний угол  $\gamma = \arctg(D_{\text{ш}}/D_{\text{пр}} \sin \beta + \operatorname{ctg} \beta)$  зависит от диаметра шлифовального круга, диаметра протяжки  $D_{\text{пр}}$  и угла наклона  $\beta$  шлифовальной головки к оси протяжки. При наладке заточного станка передние углы при заточке одной протяжки существенно (на величину, превышающую отклонение  $\pm 2^\circ$ ) изменяются из-за изнашивания шлифовального круга по диаметру. Для эллиптической заточки

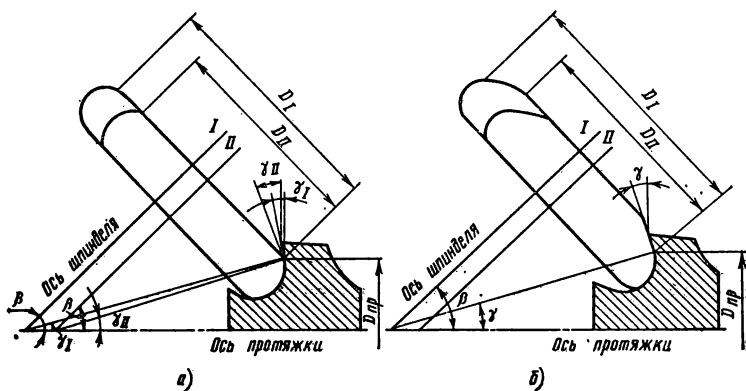


Рис. 1. Схемы заточки протяжек:

а — эллиптическая; б — коническая

протяжек характерно расположение абразивных царапин на передней поверхности в виде веера или сетки (рис. 2, б, в). При этом абразивные царапины пересекают режущую кромку, в результате чего она получается с микрозазубринами. При протягивании заготовки микрозазубрины режущих кромок протяжки копируются на обработанной поверхности, формируя ее шероховатость.

Заточка круглых протяжек шлифовальным кругом, правленным по профилю передней поверхности, образованному участками дуги и прямой, практически не применяется из-за сложности правки шлифовальных кругов. Наиболее простой по технологическому выполнению и усредненной для условий протягивания материалов различной обрабатываемости является передняя поверхность, представляющая собой плавное сопряжение конической поверхности с тороидальной. В этом случае режущая

кромка расположена на прямолинейной образующей конуса, а передний угол  $\gamma$  (см. рис. 1, а) является постоянным на всей длине прямолинейной образующей конуса и удобным для измерения. Эта форма заточки протяжек получила название конической. Максимальный диаметр шлифовального круга при конической заточке  $D_1 = 0,85D_{\text{пр}} \times \sin(\beta - \gamma) / \sin \gamma$ . Уменьшение диаметра шлифовального

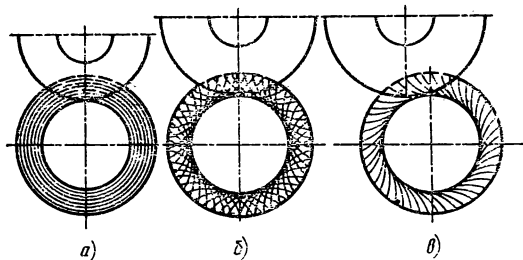


Рис. 2. Вид передней поверхности зуба при правильной (а, б) и неправильной (в) установке и форме заправки заточного круга

круга  $D_a$  не влияет на размер переднего угла, т. е. при изнашивании круга до любых размеров передний угол  $\gamma$  остается постоянным (рис. 1, б). Для конической заточки характерно расположение абразивных царапин на передней поверхности в виде прерывистых микровыемок (см. рис. 2, а). Абразивные царапины не пересекают режущую кромку, поэтому она получается гладкой, без микрозазубрин, что положительно влияет на шероховатость протянутых деталей.

Как показали сравнительные испытания, при конической заточке стойкость протяжек на 60—100 % выше, шероховатость протянутых деталей на 20—50 % ниже и усилия резания на 20—30 % меньше, чем при эллиптической заточке. Объясняется это влиянием способа заточки на величину дефектного слоя, образующегося на передней поверхности зубьев протяжки.

При заточке протяжек необходимо стачивать полностью по передней поверхности только ту часть, которая имеет скругление режущей кромки, и только немного захватить ленточку изнашивания по задней поверхности. Но для этого необходимо контролировать величину стачиваемого слоя.

**Режимы заточки протяжек.** Особенностью заточки цилиндрических (круглых и шлицевых) протяжек является необходимость правильного выбора диаметра шлифовального круга, угла его установки и заправки по требуемому профилю. Только при этом может быть обеспечено получение требуемой формы впадины зуба и величины переднего угла. Все это приобретает решающее значение при заточке протяжек малого диаметра, когда необходимо применять круги малого диаметра, чтобы получить требуемый передний угол. Малый диаметр круга требует наличия большого числа оборотов шпинделя для обеспечения минимальной окружной скорости (10—15 м/с), при которой круг будет нормально работать без осыпания и преждевременной потери профиля. Диаметр круга

$$D_{кр} = 0,85D_{пр} \sin (\beta - \gamma)/\sin \gamma.$$

Например, если требуется заточить протяжку диаметром 10 мм с передним углом  $12^\circ$ , то при  $\beta = 30^\circ$  требуется диаметр круга 12 мм, а при  $\beta = 60^\circ$  — диаметр 29 мм. При этом для круга диаметром 12 мм потребуется 17 000 об/мин, чтобы обеспечить окружную скорость 15 м/с. Поэтому угол  $\beta$  наклона оси шлифовального круга при заточке следует выбирать наибольшим, который допускается конструкцией станка, креплением круга, формой впадины зуба и профиля самого круга. Это позволит работать с большим диаметром круга, т. е. с большей окружной скоростью, что увеличивает срок работы круга до правки. Кроме того, при больших углах  $\beta$  следы абразива не пересекают режущей кромки. Следует следить за тем, чтобы во время заточки ось круга находилась в одной вертикальной плоскости с осью протяжки, чтобы передний угол не получился меньше заданного. Значение диаметра круга в зависимости от  $\gamma$ ,  $D_{пр}$  и  $\beta$  даны в табл. 5.

Окружная скорость протяжки (круговая подача) должна быть в 100—150 раз меньше окружной скорости круга и составлять в среднем 10—15 м/мин. Направление вращения круга должно быть выбрано таким, чтобы искры, возникающие при заточке, были направлены от рабочего. Протяжка должна вращаться в ту же сторону, что и круг. Затупленный слой следует снимать постепенно, не допуская перегрева протяжки и прижогов. При заточке плоских протяжек, когда круг совершает возвратно-посту-

5. Наибольший допустимый диаметр шлифовального круга (мм) в зависимости от переднего угла  $\gamma$ , диаметра затачиваемой протяжки  $D_{пр}$  и угла  $\beta$  установки шпинделя заточного станка

Диаметр про- тяжки $D_{пр}$ , мм	$\gamma$															
	7	9	12	14	16	18	20	7	9	12	14	16	18	20		
	$\beta = 30^\circ$								$\beta = 40^\circ$							
8	21	15	10	—	—	—	—	27	19	13	10	—	—	—		
10	27	19	12	—	—	—	—	39	28	19	15	12	10	—		
12	32	23	15	11	—	—	—	46	33	23	18	15	12	10		
14	38	27	27	13	10	—	—	54	39	27	21	17	14	11		
15	41	29	19	14	11	—	—	58	42	28	23	18	15	12		
16	43	31	20	15	12	—	—	62	45	30	24	20	16	13		
18	49	35	22	17	13	10	—	70	50	34	27	22	18	15		
20	54	39	25	19	14	11	—	78	56	38	31	25	20	17		
22	60	43	27	21	16	12	—	85	61	42	34	27	22	18		
24	66	46	30	23	17	13	10	93	69	46	37	30	24	20		
25	68	48	31	24	18	14	11	97	70	48	38	31	25	21		
28	77	56	36	27	21	16	12	106	79	53	43	35	29	24		
30	82	60	38	29	22	17	13	114	84	57	46	38	31	26		
32	88	64	41	31	24	18	14	121	95	61	49	40	33	27		
35	96	70	44	34	26	20	15	132	98	67	54	44	36	30		
36	90	72	46	35	27	21	16	136	101	69	55	45	37	31		
38	104	76	48	37	28	22	17	144	107	72	58	48	39	32		
40	109	80	50	30	30	23	18	151	112	76	61	50	41	34		
42	115	84	53	41	31	24	19	159	118	80	64	53	43	36		
45	123	90	57	44	34	26	20	170	126	86	69	57	47	38		
48	131	95	61	46	36	28	21	182	135	91	73	60	50	41		
50	137	99	63	40	37	29	22	189	140	95	76	63	52	42		
55	150	109	70	53	41	32	24	208	154	105	84	69	57	47		
	$\beta = 50^\circ$								$\beta = 60^\circ$							
8	38	28	20	15	13	11	—	44	33	23	18	17	14	12		
10	47	35	25	20	17	14	12	55	42	29	24	21	18	16		
12	57	42	30	25	20	17	14	69	50	35	29	25	22	19		
14	66	50	35	29	24	20	17	78	59	41	34	29	25	22		
15	71	58	37	31	26	21	18	83	63	44	36	32	27	24		
16	76	57	38	33	27	23	19	89	71	47	39	34	29	25		
18	85	64	45	37	31	26	22	100	80	53	44	38	33	28		
20	95	71	50	41	34	29	24	111	89	59	49	43	36	32		
22	105	78	55	45	38	32	27	123	97	65	53	47	40	35		
24	114	86	60	49	41	35	29	134	106	70	58	51	44	38		
25	119	89	62	50	43	36	31	139	110	73	61	53	46	40		
28	137	100	72	58	50	41	35	156	118	84	71	60	51	45		

Продолжение табл. 5

Диаметр тяги $D$ пр. мм	$\gamma$															
	7	9	12	14	16	18	20	7	9	12	14	16	18	20		
	$\beta=50^\circ$								$\beta=60^\circ$							
30	147	108	77	62	54	44	37	167	126	90	76	64	55	48		
32	158	115	82	66	57	47	40	178	135	96	81	69	59	51		
35	172	125	89	72	63	51	43	195	147	105	88	75	64	56		
36	176	129	92	74	64	53	45	200	151	107	91	77	66	58		
38	186	136	97	78	68	55	47	212	160	114	96	81	70	61		
40	195	143	102	82	71	58	50	222	168	120	101	86	74	64		
42	205	150	107	87	75	61	52	234	177	125	105	90	77	67		
45	220	160	115	93	80	66	56	250	190	135	113	96	83	72		
48	234	172	122	99	86	70	60	268	202	143	121	103	88	77		
50	244	178	127	103	89	73	62	278	210	150	126	107	92	80		
55	268	197	140	113	98	80	68	311	232	164	138	118	101	88		

пательное движение, снятие слоя должно осуществляться в несколько проходов и за каждый проход должен сниматься слой порядка 0,02—0,04 мм. При заточке круглых протяжек снятие затупленного слоя может проводиться без отвода шлифовального круга от затачиваемой поверхности. Поэтому необходимо делать перерывы для охлаждения зуба протяжки, чтобы избежать прижогов. После снятия всего слоя затупления некоторое время следует работать без подачи до исчезновения искры (выхаживание). Контроль за снятием затупленного слоя осуществляется во время заточки путем наблюдения за шириной хорошо заметной блестящей ленточки затупления по задней поверхности. Заточка плоских протяжек проводится сначала по передней, а затем по задней поверхности зуба. При заточке следует соблюдать заданную форму впадины зуба, что достигается заправкой круга по шаблону и правильной установкой круга.

На рис. 3 показаны формы заточки по передней поверхности. По форме 1 затачивают черновые зубья. Для увеличения стойкости протяжек рекомендуется уменьшить передний угол на чистовых и калибрующих зубьях. Передние углы зубьев протяжек, применяемых для обработки

стали, уменьшают путем заточки по форме *II*, а протяжек, применяемых для обработки чугуна, — путем заточки по форме *III*. Двойная заточка (по форме *II* или *III*) упрощает изготовление и эксплуатацию протяжек, так как не требует применения шаблонов на профиль впадин с разными углами и уменьшает площадь стачивания при заточке. При потере размера чистовыми и калибрующими

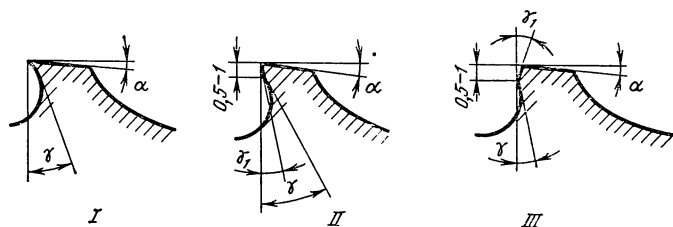


Рис. 3. Формы заточки по передней поверхности зуба:

*I—III* — формы заточки

зубьями фаска на их передней поверхности легко стачивается, угол увеличивается и зуб переходит в черновой (режущий).

Доводку протяжек осуществляют при помощи специальных притиров доводочными пастами, используя подпружиненный вращающийся притир (сила нажатия 10—30 Н), торцовая плоскость которого располагается касательно к задней поверхности зуба. Под доводку оставляется припуск 0,01—0,02 мм.

При переточках недопустимы искажение формы стружечных впадин зубьев, уступы на передней поверхности, завалы, заусенцы, прижоги. При заточке снимается только часть нормального износа по задней поверхности, т. е. слой до 0,2 мм. Допускается оставлять ленточку притупления шириной не более 0,1 мм. Калибрующие зубья затачивают только по мере перехода их в режущие (зачищающие). Для остальных калибрующих зубьев при необходимости допускается только зачистка со снятием слоя по передней поверхности до 0,02—0,03 мм. При контроле заточенных протяжек необходимо проверять состояние режущих кромок, передний и задний углы.

Следует обращать внимание на расположение рисок на передней поверхности. Пересекающиеся и круговые риски

характеризуют правильную заточку; лучевые риски появляются при неправильной установке круга.

**Заточка наружных протяжек.** Подналадка наружных протяжек требует значительного времени. Поэтому для наружных протяжек допускается значительно большее изнашивание зубьев, чем для внутренних. Режущие свойства зубьев при таком изнашивании восстанавливают заточкой по задней поверхности. При переточке по передней поверхности уменьшается толщина зуба, что ограничивает число допустимых переточек. Таким образом, протяжки, перетачиваемые по задней поверхности, не только имеют значительно большую стойкость, но и допускают большее число переточек по сравнению с протяжками, затачиваемыми по передней поверхности. Однако переточка по задней поверхности возможна только для наружных протяжек, размеры которых восстанавливаются регулированием. При переточках по задней поверхности систематическая заточка передней поверхности, осуществляемая во время восстановления впадин, целесообразна лишь для протяжек, обеспечивающих высокое качество обрабатываемой поверхности.

## **СРЕДНЯЯ НАРАБОТКА ПРОТЯЖНОГО ИНСТРУМЕНТА МЕЖДУ ОТКАЗАМИ**

Наработка протяжек, или стойкость, измеряется в минутах машинного времени, или в метрах суммарной длины протягивания (длины протянутой поверхности). Последний показатель удобен и нагляден, так как при этом практически можно пренебречь влиянием изменения скорости протягивания на стойкость, если это изменение происходит, как это часто бывает, в узких пределах для данной конкретной операции протягивания.

Наработка зависит от многих факторов: типа протяжки, материала протяжки и обрабатываемой заготовки, качества изготовления протяжки, конструкции (способа разделения стружки, схемы резания, геометрии зуба, формы и размеров впадины и т. д.), режимов и условий резания, технических требований к качеству обрабатываемых заготовок, условий эксплуатации протяжек. Вследствие этого величина наработки имеет большие колебания даже, при казалось бы, одних и тех же условиях, для одного вида



**6. Значения постоянной  $C_T$  и показателей степеней  $n$  и  $y$  для расчета средней наработки между отказами для круглых протяжек из стали Р6М5**

Обрабатываемый материал	Группа обрабатываемости	Вид зубьев	Подача на зуб $S_z$ , мм	Наличие охлаждения	$C_T$		$y$
Сталь	I	Чистовые	До 0,025	Есть	62	0,54	0,31
		Черновые	$\leq 0,15$ 0,16—0,4		235 110	0,67 0,67	0,27 0,67
	II	Чистовые	До 0,025		51	0,54	0,31
		Черновые	$\leq 0,15$ 0,16—0,4		158 75	0,67 0,67	0,27 0,67
	III	Чистовые	До 0,025		42	0,54	0,31
		Черновые	$\leq 0,15$ 0,16—0,4		115 53	0,67 0,67	0,27 0,67
	IV	Чистовые	До 0,025		25	0,67	0,4
		Черновые	$\leq 0,15$ —		58 —	0,79 —	0,36 —
	V	Чистовые	До 0,025		12,3	0,67	0,4
		Черновые	$\leq 0,15$ —		21,7 —	0,79 —	0,36 —
Чугун	VI	Чистовые	До 0,025	Нет	136	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$ 0,16—0,4		231 147	0,61 0,61	0,23 0,47
	VII	Чистовые	До 0,025		84	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$ 0,16—0,4		133 86	0,61 0,61	0,23 0,47

Продолжение табл. 6

Обрабатываемый материал	Группа обрабатываемости	Вид зубьев	Подача на зуб $S$ , мм	Наличие охлаждения	$C_T$		$y$
Бронза	VIII	Чистовые	До 0,025	Есть	431	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$ 0,16—0,4		704 443	0,61 0,61	0,23 0,47
	IX	Чистовые	До 0,025		220	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$ 0,16—0,4		339 214	0,61 0,61	0,23 0,47
	X	Чистовые	До 0,025		128	0,33	0,21
		Черновые	—		331	0,52	0,18

протяжек. Средняя наработка для круглых протяжек может быть рассчитана по формуле

$$T = \frac{C_T}{v^n S^y},$$

где значения постоянной величины  $C_T$  и показателей  $n$  и  $y$  приведены в табл. 6.

### ОХЛАЖДЕНИЕ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

В процессе резания возникает большое количество тепла как в результате пластической деформации (сжатия) срезаемого слоя металла (примерно 75 % всего тепла), так и в результате трения между стружкой и передней поверхностью зуба (примерно 25 %). Трение и нагрев вызывают изнашивание зубьев протяжки. Для уменьшения изнашивания протяжки применяют смазочно-охлаждающие жидкости, которые уменьшают трение (смазывают)

щее действие) и снижают температуру в зоне резания (охлаждающее действие).

СОЖ выполняет ряд задач:

отвод тепла, выделяемого при резании;

смазывание для уменьшения трения между инструментом и сходящей стружкой и обрабатываемой заготовкой;

предотвращение налипания материала заготовки к боковым, передним и задним поверхностям инструмента, направляющим, а также уменьшение нароста на режущей кромке (передней и задней поверхности);

смазывание скользящих заготовок в зоне потока СОЖ, как, например, приспособлений для крепления заготовок в цепных протяжных станках и направляющих в приспособлениях для крепления инструмента;

удаление стружки с инструмента и приспособлений на столе станка.

Правильный выбор охлаждающей жидкости и ее использование позволяют повысить стойкость протяжек, уменьшить шероховатость поверхности заготовок и усилие протягивания, получить нужный размер протянутого профиля заготовок. В качестве смазочно-охлаждающих жидкостей наиболее широко применяются минеральные масла с различными присадками, уменьшающими усилие протягивания (сера, хлор, мыла жирных и нефтяных кислот, фосфор и др.); водно-масляные эмульсии различного состава и концентрации.

При протягивании углеродистых и легированных сталей используют эмульсии, содержащие 20—30 % товарных эмульсолов и 70—80 % кипяченой воды. При необходимости снижения усилия протягивания применяют сульфифрезол или смесь сульфифрезола с 10—40 % растительного масла в зависимости от требований к шероховатости поверхности.

Применение 10—20 %-ной эмульсии с добавкой 4 % жидкого мыла, а также анализированной эмульсии дает хорошее качество поверхности. При высоких требованиях к шероховатости поверхности при протягивании высокоуглеродистых и легированных сталей применяют следующий смазочно-охлаждающий состав: 8—30 % касторового масла, 25—30 % эмульсола, 0,2 % кальцинированной соды, остальное — вода. При протягивании алюминиевых сплавов применяют легкое минеральное масло с добавкой

30 % касторового масла, а также керосин и скипидар (для силумина). Чугунное литье, ковкий чугун, алюминий, латунь, бронзу, медь можно протягивать без охлаждения. Добавление к смазочно-охлаждающей жидкости 3—5 % олеиновой кислоты значительно улучшает качество поверхности.

Протянутое отверстие в стали будет иметь меньшие размеры при охлаждении эмульсией и большие при охлаждении маслом.

При протягивании отверстий в чугуне с охлаждением эмульсией диаметр обрабатываемого отверстия получается меньше, чем при протягивании без охлаждения.

Расход смазочно-охлаждающей жидкости должен быть достаточно большим (10—20 л/мин) в зависимости от поперечного сечения протяжек. Подавать жидкость следует как на входе протяжки в заготовку, так и на выходе из нее для смыва стружки. При наружном протягивании расход жидкости равен 30—40 л/мин. При работе круглыми или шлицевыми протяжками большого сечения применяют кольцевые подводчики для равномерной подачи жидкости к зубьям. При протягивании глубоких отверстий жидкость подается через осевой канал в протяжке и радиальные каналы к каждому зубу.

Для протяжек с выглаживающими элементами при обработке заготовок из конструкционных сталей рекомендуется в качестве СОЖ применять осерненные растительные масла и сульфопрезол.

Появились СОЖ повышенной эффективности, используемые особенно часто при протягивании заготовок из труднообрабатываемых материалов. К ним относятся эмульсии на основе эмульсолов СДМУ-2 и «Укринол-1». Применение 5—15 %-ной эмульсии на основе СДМУ-2 способствует улучшению качества поверхности, повышению стойкости инструмента при протягивании как высокопрочных материалов, так и углеродистых сталей, алюминиевых сплавов. Хорошо зарекомендовали себя 3—10 %-ные эмульсии на основе эмульсола «Укринол-1», особенно при протягивании труднообрабатываемых материалов.

При протягивании заготовок из углеродистых и легированных сталей протяжками из быстрорежущей стали рационально применять СОЖ на водной основе с химиче-

ски активными и поверхностно-активными присадками (РЗ, А квол-2, Укринол-1 и др).

Протягивание серого чугуна часто проводится без применения СОЖ из-за сильного загрязнения системы подачи СОЖ, самой жидкости и рабочих мест.

При протягивании серых чугунов с применением СОЖ размеры отверстий получаются более стабильными, но меньшими по величине по сравнению с протягиванием без охлаждения.

Эффективность применения СОЖ резко снижается при загрязнении, некачественном приготовлении жидкости, нарушении установленных сроков замены смеси.

В табл. 7 приведены составы СОЖ для протягивания, ГОСТ или ТУ, по которым они выпускаются. Для удобства СОЖ обозначены условно номерами. Заметим, что наиболее универсальной является жидкость 5, возможности которой расширяются варьированием доли ее компонентов.

**7. Смазочно-охлаждающие жидкости для протягивания и их обозначение**

Условное обозначение СОЖ	СОЖ	ТУ
1	3—10 %-ная эмульсия из эмульсола «Укринол-1»	38.101197—82
2	ЭГТ	38.101149—75
3	МР-99	38.4.01.78—79
4	ОСМ-3	38 УССР 201-152—73
5	МР-2У	38-УССР 2-01-205—77
6	МР-3	38-УССР-2-01-254—76
7	«Укринол-14»	38-0-01-306—78
8	МР-4	38-101-481—76

В табл. 8 даны рекомендуемые СОЖ для различных обрабатываемых материалов.

В табл. 9 приведены поправочные коэффициенты на наработку протяжек между отказами для различных видов смазочно-охлаждающей жидкости.

**Меры предосторожности при работе со смазочно-охлаждающими жидкостями.** Попадая на кожу человека, масляные жидкости (керосин, масла, сульфозфрезол) могут

**8. Области применения смазочно-охлаждающих жидкостей**

Обрабатываемый материал	Рекомендуемая СОЖ * при обработке протягиванием
Чугуны серые, ковкие	4
Конструкционные углеродистые и легированные стали	1; 2; 3; 4
Титановые сплавы	5; 8
Инструментальные легированные и быстрорежущие стали	3; 4; 6; 7
Жаропрочные сплавы, коррозионно-стойкие стали	3; 6
Цветные металлы и сплавы, алюминиевые сплавы	1; 2; 5

\* Расшифровку условных обозначений СОЖ см. в табл. 7.

**9. Поправочные коэффициенты на наработку протяжек между отказами для различных видов смазочно-охлаждающей жидкости**

Обрабатываемый материал	Смазочно-охлаждающая жидкость <sup>1</sup>							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Чугуны	—	—	—	1,3	1,0	—	—	—
Стали конструкционные:								
углеродистые	1,0	0,8	1,4	1,2	—	1,2	1,3	—
легированные	1,0	0,8	1,4	1,0	—	1,2	1,3	—

<sup>1</sup> Расшифровку условных обозначений СОЖ см. в табл. 7.

вызвать появление масляных угрей или гнойничковые заболевания. При работе с содовыми растворами высокой концентрации (1,5 % и выше) происходит размягчение рогового покрова кожи и развитие дерматита (воспаление кожи). Эмульсия вызывает раздражение кожи, а также дерматит или экзему. Для защиты от вредного влияния жидкостей на кожу необходимо: устанавливать щитки, защищающие от брызг жидкости; применять щетки для уборки стружки со станка; выдавать на рабочие места достаточное количество обтирочного материала, чтобы вы-

тирать руки сухой ветошью; мыть руки и предплечья теплой водой с мылом перед обедом и после работы; менять после работы спецодежду и белье; заменять жидкость в установленные сроки; очищать жидкости от механических примесей, повреждающих кожу рабочего; заменять, где это возможно, масляные жидкости эмульсиями, которые значительно меньше действуют на кожу и при испарении не дают вредных паров, как керосин и сульфолфрезол; контролировать правильность изготовления эмульсий (в эмульсии должно содержаться: свободного едкого натра не более 0,025 % и нафтенowych мыл не более 1 %); избегать применения водных растворов, содержащих хромпик, а также растворов электролитов, содержащих соду более 0,3 % и нитрита натрия более 0,1 %; смазывать кожу рук для защиты от нефтяных масел и содовых растворов (состав мази: 50 % вазелина и 50 % водного ланолина); проводить в цехах соответствующую санитарно-просветительную работу.

## КОНТРОЛЬ ПРОТЯЖЕК

Контроль протяжек осуществляют как в процессе их изготовления и приемки, так и в процессе эксплуатации. Основным документом при контроле протяжек являются чертеж протяжки и технические требования.

Контроль протяжки начинается с контроля качества поверхностей и внешнего вида. В процессе контроля проверяется наличие забоин, черновин, цветов побежалости, коррозии и других дефектов. Качество обработки поверхностей протяжки (направляющие передняя и задняя поверхности зубьев и др.) должно соответствовать шероховатости, указанной в чертеже и ТУ. Средствами контроля служат 10-кратная лупа, эталоны шероховатости.

Контроль общей длины и длин отдельных участков протяжки заключается в фиксировании общей длины и длин приемного конуса, хвостовика, шейки, передней направляющей, режущей части, калибрующей части и задней направляющей. Средствами контроля являются масштабная линейка, штангенциркуль.

Контроль диаметров заключается в измерении диаметров хвостовика, передней направляющей части, всех режущих, чистовых и калибрующих зубьев, задней на-

правляющей части. Для определения конусности диаметры передней и задней направляющих частей измеряются не менее чем в трех сечениях по их длине. Для определения отклонения от окружности диаметры в каждом сечении измеряются в двух-трех равномерно расположенных направлениях. Величины конусности и овальности должны быть в пределах допуска на соответствующий диаметр. Подача на зуб определяется как разность диаметров смежных зубьев. Средствами контроля являются обычный и рычажный микрометры.

Контроль радиального биения осуществляют в центрах. Величина биения определяется как разность между наибольшими и наименьшими показаниями индикатора за один оборот протяжки. Контроль биения проводят по передней и задней направляющим, на калибрующей части, на режущей части в середине протяжки и по хвостовику. Средствами контроля служат центровое приспособление, индикатор или миниметр.

Контроль длины спинки зуба, шага зубьев, высоты зубьев осуществляют штангенциркулем с точностью отсчета 0,1 мм.

Контроль ширины режущих шлицевых и направляющих выступов выполняют микрометром.

Контроль ширины ленточки по цилиндрической части (на главном лезвии) и боковой ленточки на шлицевых зубьях осуществляют при помощи лупы Бринелля.

Контроль профиля впадины режущих и калибрующих зубьев выполняют шаблонами. Если профиль впадины описан одним радиусом, то контролируется только закругление впадины одновременно с контролем переднего угла.

Контроль размеров и расположения стружкоразделительных канавок выполняют штангенциркулем с глубиномером.

Контроль переднего угла и закругления впадины осуществляют угломерами. Для этой цели применяются специальный угломер МИЗ, универсальный угломер, угломер ЧТЗ (контроль только переднего угла).

Измерение переднего угла угломером МИЗ заключается в следующем. Перед измерением в пазу поворотного движка устанавливают шаблон, соответствующий радиусу закругления впадины. При измерении угломер наклады-



вают опорной плоскостью на зубья протяжки и поворачивают движок с шаблоном до совмещения измерительной грани шаблона с передней поверхностью зуба протяжки. Закрепив движок в этом положении, производят отсчет величины переднего угла по шкале.

Универсальным угломером проверяют только передний угол, так как этот прибор не имеет профильного шаблона.

Большую точность измерения переднего угла дает угломер Челябинского тракторного завода. В корпусе смонтированы линейка, рычаг на оси и индикатор. На линейке при помощи винта перемещаются губки; на ней же укреплены планки и запрессована вставка.

Грани губок и являются базовыми поверхностями. Накладки при сближении губок охватывают мерительными поверхностями зуб протяжки по наружному диаметру и тем самым совмещают ось прибора с осью протяжки. Шкала индикатора рассчитана в соответствии с рычажной системой прибора. Для проверки прибора служат шесть эталонов для измерения передних углов, равных 0; 5; 10; 15; 20 и 25°. Перед началом работы прибор устанавливают на 9° по эталону с углом  $\gamma = 0^\circ$ .

При измерении зуб протяжки помещают между накладками, устанавливая губки так, чтобы диаметральный зазор между поверхностью зуба и мерительными поверхностями накладок составлял 0,2—0,3 мм. Затем плоскости губок и планок прижимают к лезвию зуба со стороны передней поверхности, при этом плоскость вставки опирается на заднюю поверхность зуба. Измерительный конец рычага, упираясь в переднюю поверхность зуба, поворачивается вокруг оси. Второе плечо рычага через шпиндель индикаторной головки приводит в движение стрелку индикатора.

Контроль заднего угла заключается в том, что угломер накладывают на лезвия двух смежных зубьев. Горизонтальный участок углового шаблона поворотного сектора совмещают с задней поверхностью зуба протяжки. Отсчет величины заднего угла проводят по левой стороне шкалы, напротив штриха на дуге угломера, отмеченного знаком  $\infty$ . При измерении подвижная линейка должна опираться на зуб, расположенный за измеряемым зубом протяжки.

Боковой (вспомогательный) угол шлицевых выступов контролируют индикатором в процессе измерения несимметричности выступов. Допустимо также измерение сужения шлицевых выступов, образуемого вспомогательными углами, микрометром с коническими наконечниками.

Контроль отклонения от параллельности шлицевых выступов оси протяжки проводят индикатором или миниметром на центровом приспособлении. При помощи индикатора и эталонного валика установку центровых бабок осуществляют таким образом, чтобы линия центров была параллельной верхней плоскости плиты центрального приспособления. Верхние стороны двух противоположных шлицевых выступов последнего калибрующего зуба протяжки, установленной в центрах, ставятся в положение, параллельное верхней плоскости центрального приспособления, что определяется одинаковым показанием индикатора. Индикатор переносится на первый режущий зуб и ставится также на верхний шлиц зуба.

Индикатор показывает отклонение от параллельности шлицевых выступов оси протяжки. Контроль осуществляется для всех пар шлицевых выступов при установке индикатора на последнем калибрующем и первом режущем зубьях протяжки.

Контроль отклонения от симметричности (смещения) выступов на шлицевых протяжках осуществляется индикатором или миниметром на центровом приспособлении.

Контроль проводят в следующем порядке: боковую ленточку на выступе последнего калибрующего зуба устанавливают параллельно верхней плоскости плиты центрального приспособления (по показанию индикатора или миниметра); подсчитывают высоту  $M$  блока мерных плиток, установленного на плите центрального приспособления:

$$M = c + \frac{b}{2},$$

где  $b$  — фактическая ширина контролируемого шлицевого выступа. Индикатор (миниметр) устанавливают по плиткам на нуль и передвигают на ленточку контролируемого выступа. Отклонение стрелки определяет смещение шлицевого выступа.

Контроль проводят на всех выступах последнего или любого другого из калибрующих зубьев.

Определение смещения окружности впадин относительно окружности выступов (эксцентричность) на шлицевых протяжках осуществляют индикатором (при установке протяжки на центровом приспособлении). Для этого индикатор устанавливают первоначально на нуль по одному из выступов контролируемого зуба; после поворота протяжки на величину, приблизительно равную половине шага шлицев в осевом сечении, измерительный стержень индикатора опускают на дно впадины.

Измерение выполняют подобным способом на всех выступах и соответствующих им впадинах контролируемого зуба. Величина смещения окружностей есть разность между наибольшим и наименьшим показаниями индикатора. Контролю подвергают пятый режущий зуб, один из средних режущих и один из калибрующих зубьев.

Определение наибольшей накопленной ошибки окружного шага у шлицевых протяжек осуществляется индикатором (миниметром) при помощи делительного приспособления (центровая бабка с эталонным делительным диском, механическая или оптическая делительная головка). Отсчет показания индикатора производят после каждого поворота протяжки на теоретический угловой шаг. Измерительный штифт индикатора ставят на одну из боковых сторон каждого шлицевого выступа в точке, лежащей на поверхности боковой ленточки.

Контролируют только один калибрующий зуб по одной из сторон шлицевых выступов. Наибольшей накопленной ошибкой является сумма наибольших положительного и отрицательного показаний индикатора. Например, при контроле шестишлицевой протяжки индикатор показал следующие отклонения:

№ шлица	1	2	3	4	5	6
Отклонения, мм	0	+0,005	+0,004	+0,002	—0,005	—0,010

С учетом их можно найти наибольшую накопленную ошибку  $0,005 + 0,010 = 0,015$  мм.

Прогиб плоскостей протяжек, имеющих призматическую форму (шпоночных, плоских, фасонных и др.), определяется щупом при установке протяжки на контрольной плите. Относительно короткие протяжки контролируют лекальной линейкой.

Отклонение от параллельности зубчатого выступа шпоночных плоских протяжек контролируют индикатором (миниметром), когда протяжка лежит на контрольной плите и прижата к ее поверхности. Отклонение индикатора, перемещаемого по плите от последнего калибрующего зуба к первому режущему, соответствует отклонению от параллельности.

Контроль отклонения от симметричности расположения режущего выступа у шпоночных плоских протяжек осуществляют индикатором (миниметром) по калибрующим зубьям. Для этой цели индикатор ставят сначала на одну боковую сторону зубчатого выступа, затем — на другую. Половина разности показаний индикатора равна смещению выступа относительно тела протяжки.

Определение поперечной косины режущего выступа этих протяжек проводят также индикатором (миниметром) при перемещении его поперек боковой ленточки.

Контроль перекрывания выкружек режущими кромками на чистовых зубьях, имеющих подъем на каждый зуб, выполняют лекальной линейкой, центровым приспособлением и подставкой.

Контроль подачи на зуб плоских протяжек проводят микрометром. Измеряется высота (диаметр) двух соседних зубьев; разность их значений дает величину подачи на зуб.

Контроль твердости протяжек по Роквеллу после термической обработки выполняют прибором ТК. Твердость должна соответствовать техническим условиям на протяжки.

## ИСПЫТАНИЯ ПРОТЯЖЕК В РАБОТЕ

Испытания протяжек проводятся для исследования и отработки процесса и инструмента, отладки операции, выбора оптимальных режимов работы, контроля качества протяжек.

Для проверки соответствия протяжки требованиям к точности размеров, геометрической формы протягиваемого профиля, взаимного расположения обработанных поверхностей и их шероховатости производят протягивание трех образцов, которые проверяют по всем параметрам согласно техническим требованиям.

Одновременно проверяют состояние режущих кромок протяжки, т. е. определяют, нет ли выкрашиваний или заметного изнашивания. Далее, при необходимости, проводят испытания протяжек на стойкость (наработку на отказ).

Критериями отказа могут служить нарушение требований к операции по размерам, шероховатости, геометрии

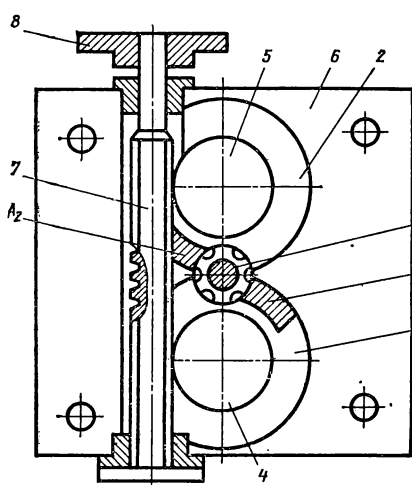


Рис. 4. Схема устройства для испытания круглых протяжек на стойкость протягиванием круглых образцов

протянутых поверхностей заготовок или предельно допустимым величинам износа зубьев. Такие испытания весьма трудоемки, требуют значительного количества заготовок для испытаний, которые часто бывают дорогостоящими.

В связи с этим разработаны более экономичные методы испытаний протяжек на стойкость.

Первый способ испытаний (рис. 4) заключается в том, что протяжка протягивается между двумя дисковыми

образцами. Протяжка 1 соединена с тяговой головкой протяжного станка (на рисунке не показан). Симметрично относительно оси протяжки расположены два дисковых образца 2 и 3, оси которых параллельны оси протяжки. Каждый из этих образцов закреплен на ступицах червячных колес 4 и 5, которые установлены в корпусе 6 таким образом, что они могут вращаться. В корпусе 6 установлен также червяк 7, находящийся в зацеплении с червячными колесами 4 и 5 и соединенный с приводом 8 вращения.

За один рабочий ход протяжки 1 с боковых поверхностей дисковых образцов 2 и 3 снимается припуск на обработку (на рис. 4 участки  $A_1$  и  $A_2$  соответственно на первом и втором образцах). Затем протяжка 1 возвращается в исходное положение. Посредством привода 8

вращения и кинематической цепочки, состоящей из червяка 7 и червячных колес 4 и 5, поворачивают дисковые образцы 2 и 3 на угол, соответствующий припуску на обработку.

Эти проходы повторяют до тех пор, пока не будет достигнут один из критериев предельного изнашивания, а по количеству этих проходов судят о стойкости протяжки. В качестве информативного параметра, характе-

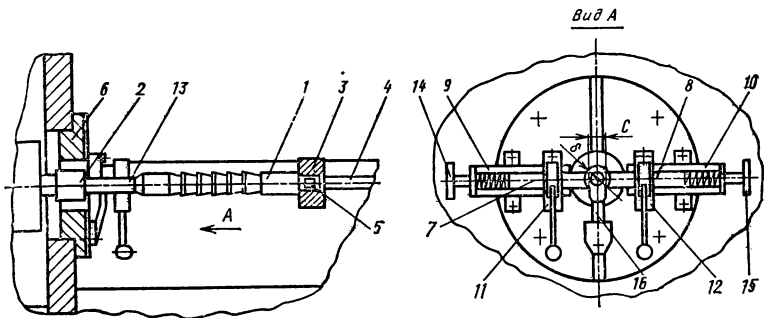


Рис. 5. Схема устройства для испытания круглых протяжек на стойкость протягиванием плоских образцов

ризующего степень изнашивания протяжки, может быть использован размер площадки износа на задней поверхности зуба протяжки.

При данном способе испытаний пользуются небольшим числом простых в изготовлении дисков.

Другой способ испытаний круглых протяжек на стойкость основан на протягивании брусков прямоугольного сечения, между которыми многократно пропускают протяжку до достижения допустимого критерия износа задних поверхностей зубьев инструмента.

На рис. 5 приведена схема устройства для испытания круглых протяжек на стойкость. Круглая протяжка 1 передней замковой частью закреплена в патроне 2; задняя часть протяжки удерживается подвижным люнетом 3, установленным на направляющих станка 4 (показана одна направляющая).

С помощью лыски 5 на задней замковой части протяжки фиксируется в люнете в процессе испытания. На

планшайбе 6 станка закреплена обрабатываемая заготовка, которая представляет собой два бруска 7 и 8, установленных в направляющих 9, 10 (бруски размещены симметрично оси протяжки и соосно между собой). Рабочие торцы брусков выполняются по радиусу, соответствующему радиусу направляющей части протяжки. В таком положении бруски закрепляют с помощью эксцентриковых зажимов 11, 12. Протяжку в исходном положении фиксируют так, чтобы ее шейка 13 располагалась между брусками. В процессе рабочего хода протяжка перемещается справа налево, в результате чего с брусков снимается симметричный припуск  $\delta$ , равный суммарной радиальной подаче участвующих в испытании зубьев инструмента. После выполнения рабочего хода бруски раскрепляют и отводят от протяжки в осевом направлении с помощью рукояток 14, 15, а протяжки возвращают в исходное положение. Перед осуществлением следующего прохода бруски возвращают в исходное положение. Для точной установки брусков относительно оси протяжки используют шаблон-ограничитель 16, который вводится между брусками со стороны их рабочих поверхностей. Рабочий размер  $c$  шаблона ограничителя рассчитывают с учетом диаметра передней направляющей  $d$  протяжки и толщины  $b$  бруска по формуле  $c = \sqrt{d^2 - b^2}$ . Бруски в таком положении закрепляют, шаблон-ограничитель выводят из контакта с брусками, и цикл испытаний повторяется до достижения допустимого критерия изнашивания задних поверхностей зубьев протяжки.

Устройство может быть выполнено без применения шаблона, при этом ограничителем для брусков может служить поверхность направляющей части закрепленной протяжки.

Этим же способом можно испытывать шлицевые протяжки.

## РАБОТА НА ПРОТЯЖНЫХ СТАНКАХ

Технологический процесс изготовления того или иного изделия разрабатывают в общезаводских или цеховых технологических отделах на основе его чертежа, на котором указывают технические требования, предъявляемые к готовому изделию. При разработке технологического процесса учитывают оборудование для осуществления данной обработки, которым располагает данный завод, цех или участок, а также установленный размер выпуска данных изделий. Все технологические операции процесса записывают на бланках или картах.

Операционная карта — это технологический документ, используемый непосредственно на рабочем месте и содержащий все сведения, необходимые для выполнения данной операции: о материале и форме заготовки, подлежащей обработке, о порядке проведения операции, о необходимых приспособлениях и инструментах (режущих и измерительных), о рациональных режимах резания для каждого перехода, о времени, необходимом для его выполнения, и пр.

Большинство протяжных операций не подразделяется на переходы и проходы и осуществляется за одну установку заготовки, одним инструментом и за один рабочий ход станка.

Протяжки должны находиться вблизи рабочего места и в то же время не мешать работе. Если используется небольшой комплект протяжек, их можно укладывать в корыто станка на две поперечные деревянные рейки с вырезами-гнездами для протяжек. При отсутствии корыта или при работе большим комплектом протяжек или несколькими разными комплектами их надо хранить в стойках (ящиках) в подвешенном, наклонном или горизонтальном (для комплектов коротких протяжек или для прошивок) положениях. Протяжки малого диаметра удобно держать и переносить в деревянных кассетах. Подвешенные протяжки не должны ударяться друг о друга.



Стойки и ящики с короткими протяжками следует устанавливать на такой высоте над полом цеха, чтобы рабочему не приходилось нагибаться за ними.

Чертежи, измерительный инструмент, подкладки, клинья, переходные втулки, тяговые патроны, приспособления и ключи протяжчик должен держать в шкафу с несколькими отделениями и полками. Чтобы рабочий не ходил и не нагибался за заготовками, около протяжного станка необходимо иметь специально приспособленную тару или столы. Из тары для протянутых заготовок смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) не должна стекать на пол.

Стружку со станка сгребают в двухдонные железные ящики, в которых верхнее дно имеет отверстия для стока СОЖ.

Протяжчик должен иметь достаточное количество металлических и жестких волосяных щеток для очистки протяжек и станка от стружки, напильник для очистки налипающего на зубья металла, лопату или совок для выгребания стружки, ведро для заливки в станок рабочего масла и СОЖ и масленку для смазывания станка.

Для подъема тяжелых заготовок и приспособлений протяжной станок оборудуется поворотным консольным краном. Устанавливают его так, чтобы краном можно было брать протяжки и приспособления на стеллаже и укладывать их на протяжной станок.

**Охрана труда при протягивании.** Протяжчик должен твердо знать и выполнять следующие требования при работе на протяжных станках.

Перед началом работы необходимо:

привести в порядок свою одежду: застегнуть обшлага рукавов, заправить рубашку в брюки и подобрать волосы под головной убор; нельзя одеваться и раздеваться около станка; запрещается класть одежду и тряпки на станок;

осмотреть свое рабочее место и убрать со станка и с пола все, что может мешать работе, освободить проходы;

обратить внимание на пол: он должен быть чистым, сухим, ровным, около станка должна лежать деревянная решетка под ноги;

заменить неисправный инструмент;

проверить исправность станка: ползун станка должен останавливаться, достигнув переднего или заднего выключателя; нельзя работать на станке, если ползун, достигнув выключателя, продолжает хотя бы медленно перемещаться; убедиться, что ползун станка изменяет скорость движения в соответствии с положениями переключателя скоростей; движение ползуна должно быть равномерным, без рывков во время как рабочего, так и обратного хода;

проверить наличие и исправность ограждения;

убедиться в исправности патронов для крепления инструмента, приспособлений для установки и крепления заготовок, подъемного устройства, а также проверить действие устройств, предотвращающих ослабление крепления заготовки в случае падения давления воздуха в сети;

проверить наличие СОЖ и обеспечить нормальное смазывание станка;

выборочно проверить соответствие заготовок техническим условиям;

сообщить мастеру о всех замеченных неисправностях и до их устранения без указания мастера не приступать к работе на станке.

Во время работы на станке не следует:

браться незащищенными руками за режущую часть протяжки;

присоединять и отсоединять протяжку от станка, а также поддерживать ее за режущую часть, так как руки рабочего могут быть прижаты зубьями протяжки к торцу обрабатываемой детали;

удалять стружку пальцами (следует пользоваться для этого щеткой, медным или латунным прутком);

пользоваться для закрепления протяжек неисправными и не предназначенными специально для этой цели патронами и устройствами;

забивать заготовки на протяжку (если заготовка не входит на направляющую, нужно установить причину и устранить неисправность);

прикасаться руками к протяжке во время рабочего и обратного ходов;

класть протяжки на станок (хранить их следует только на специальных стеллажах);

стоять против хода протяжки, так как в случае разрыва ее конец может отлететь вперед и ранить рабочего;

нагибаться над ползуном, так как клин в случае поломки с большой силой выбрасывается из патрона вверх;

поправлять заготовку на столе станка, а также оставлять руки на приспособлении после пуска станка;

держаться руками за валик переключения, так как руки могут быть защемлены между упорами валика и ползуна станка;

стоять вблизи работающей протяжки во избежание захвата одежды ее зубьями;

загромождать проходы (надо аккуратно укладывать полуфабрикаты и готовые изделия и следить, чтобы последние своевременно были убраны);

опираться на станок во время работы и позволять делать это другим; передавать над станком что-либо во время его работы.

Во время работы на станке необходимо:

обращать внимание на правильную установку и надежное закрепление протяжки и обрабатываемой заготовки;

устанавливать тяжелые протяжки при помощи вспомогательных рабочих или подъемных приспособлений;

оберегать трубки подачи воздуха и масла к пневматическим и гидравлическим зажимным устройствам от механических повреждений (внезапное падение давления в пневматических и гидравлических приспособлениях может стать причиной несчастного случая);

устанавливать и снимать протяжки только защищенными руками (в рукавицах);

применять режимы резания, которые указаны в операционной карте, изменяя их только по согласованию с технологом;

работать только исправными протяжками и вспомогательным инструментом;

вывешивать на пусковых приспособлениях при ремонте, чистке и смазке для предотвращения пуска станка надпись «Не включать. Ремонт»;

содержать рабочее место в чистоте и порядке, своевременно убирать разлитое масло, эмульсию, обтирочный материал, стружку.

По окончании работы следует:

остановить станок, убрать стружку со станка, очистить его от грязи и эмульсии и смазать;

привести в порядок рабочее место;  
сообщить мастеру и сменщику о всех неполадках, замеченных в процессе работы.

При разработке технологических процессов на протягивание необходимо руководствоваться следующими основными положениями:

выбирать в заготовках базовые поверхности, которые обеспечивали бы создание в зажимных приспособлениях неподвижных опор, воспринимающих составляющие силы протягивания как в параллельном движении рабочей каретки направления, так и в перпендикулярном;

выбирать опорную поверхность в заготовке и места приложения силы зажима в непосредственной близости от места приложения силы протягивания;

в случае необходимости предусматривать припуск в заготовке на последующую обработку тех поверхностей, которые могут быть деформированы силами от действия зажимного механизма приспособления или могут получить смещение относительно назначенной базы в результате протягивания;

пересмотреть конструкцию заготовки для обеспечения достаточной жесткости с учетом воздействия усилий протягивания;

предусмотреть при протягивании отверстий возможность искажения геометрии отверстия, например увеличение исходного отклонения от перпендикулярности опорного торца к оси отверстия; в этом случае следует ввести последующую операцию подрезки торца с базированием от протянутого отверстия или ужесточить допуск на отклонения до протягивания;

учитывать возможность искажения формы отверстия вследствие перераспределения напряжений в заготовке под влиянием последующих операций; например, протягивание пазов приводит к искажению формы отверстия, что можно устранить изменением порядка операций, введением чернового и чистового проходов.

## ПРИПУСКИ НА ПРОТЯГИВАНИЕ

При протягивании заготовок приходится снимать слой металла, представляющий собой собственно припуск, и избыточный слой металла, связанный с формообразова-

## 1. Припуски на протягивание круглыми и шлицевыми протяжками

Размеры в мм

Номинальный диаметр $d_H$	ПТ					H7—H9				H7—H9				H12			
	$d_{ПТ}$	$d_c$	$d$		$A$	$d_0$	$d$		$A$	$d_0$	$d$		$A$	$d_0$	$d$		$A$
			сверла	зенкера или расточки			сверла	зенкера или расточки			сверла	зенкера или расточки			сверла	зенкера или расточки	
<div><div>Под круглые протяжки</div><div>Под шлицевые протяжки</div></div>																	
10	9,76	9,1	9,2	—	0,66	9,4	9,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	10,76	10,1	10,2	—	0,66	10,4	10,5	—	0,6	10,6	10,7	—	0,4	10,9	11	—	0,3
12	11,76	11,1	11,2	—	0,66	11,4	11,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	12,76	12,1	—	12,2	0,66	12,4	12,5	—	0,6	12,6	12,7	—	0,4	12,9	13	—	0,3
14	13,76	13,1	13,2	—	0,66	13,4	13,5	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—
15	14,76	14,1	14,25	—	0,66	14,5	14,5	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—
16	15,76	15,1	15,25	—	0,66	15,4	15,5	—	0,6	15,4	15,5	—	0,6	15,4	15,5	—	0,8 *
17	16,76	16,1	16,25	—	0,66	16,4	16,5	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—
18	17,76	17,1	17,25	—	0,66	17,4	17,5	—	0,6	17,4	17,5	—	0,6	17,4	17,5	—	0,8
19	18,72	17,8	—	17,9	0,92	18,1	18,25	—	0,9	17,4	17,5	—	—	—	—	—	—
20	19,72	18,8	—	18,9	1,12	19,1	19,25	—	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—
21	20,72	19,6	—	19,7	1,12	19,9	20	—	1,1	20,2	17,5	20,3	0,8	20,65	20,75	—	0,6
22	21,72	20,6	—	20,7	1,12	20,9	21	—	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—
23	22,72	21,6	—	21,7	1,12	21,9	22	—	1,1	22,2	—	22,3	0,8	22,65	22,75	—	0,6
24	23,72	22,6	—	22,7	1,12	22,9	23	—	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—
25	24,72	23,6	—	23,7	1,12	23,9	24	—	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 1

Номинальный диаметр $d_H$	ПТ					H7—H9				H7—H9				H12			
	$d_{ПТ}$	$d_0$	$d$		$A$	$d_0$	$d$		$A$	$d_0$	$d$		$A$	$d_0$	$d$		$A$
			сверла	зенкера или расточки			сверла	зенкера или расточки			сверла	зенкера или расточки			сверла	зенкера или расточки	
26	25,72	24,6	—	24,7	1,12	24,9	25	—	1,1	25,2	—	25,3	0,8	25,4	25,5	—	0,85
27	26,72	25,6	—	25,7	1,12	25,9	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	27,72	26,6	—	26,7	1,12	26,9	27	—	1,1	27,2	—	27,3	0,8	27,4	27,5	—	0,85
30	29,72	28,6	—	28,7	1,12	28,9	29	—	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—
32	31,66	30,5	—	30,6	1,12	30,8	—	30,9	1,2	31,1	—	31,2	0,9	31,4	31,5	31,5	0,9
34	33,66	32,5	—	32,6	1,12	32,8	32,9	32,9	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—
35	34,66	33,5	—	33,6	1,16	33,8	—	33,9	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—
36	35,66	34,5	—	34,6	1,16	34,8	34,9	34,9	1,2	35,1	—	35,2	0,9	35,65	35,75	35,75	0,65
38	37,66	36,5	—	36,6	1,16	36,8	36,9	36,9	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—
40	39,66	38,5	—	38,6	1,16	38,8	38,9	38,9	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—
42	41,66	40,4	40,5	40,5	1,26	40,7	—	40,8	1,3	41,1	—	41,2	0,9	41,4	41,5	41,5	0,9
45	44,66	43,4	43,5	43,5	1,26	43,7	—	43,8	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—
46	45,66	44,4	44,5	44,5	1,26	44,7	—	44,8	1,3	45,1	—	45,2	0,9	45,5	45,6	45,6	0,8
48	47,66	46,4	46,5	46,5	1,26	46,7	—	46,8	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—
50	49,65	48,4	48,5	48,5	1,26	48,7	—	48,8	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—
52	51,6	50,2	—	50,3	1,4	50,6	—	50,7	1,4	51	—	51,1	1	51,5	51,6	51,6	0,85
55	54,6	53,2	—	53,3	1,4	53,6	—	53,7	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
56	55,6	54,2	—	54,3	1,4	54,6	—	54,7	1,4	55	—	55,1	1	55,4	—	55,5	0,95
58	57,6	56,2	—	56,3	1,4	56,6	—	56,7	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 1

Номинальный диаметр $d_H$	ПТ					H7—H9				H7—H9				H12			
	$d_{ПТ}$	$d_0$	$d$		$A$	$d_0$	$d$		$A$	$d_0$	$d$		$A$	$d_0$	$d$		$A$
			сверла	зенкера или расточки			сверла	зенкера или расточки			сверла	зенкера или расточки			сверла	зенкера или расточки	
60	59,6	58,2	—	58,3	1,4	58,6	—	58,7	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
62	61,6	60,2	—	60,3	1,4	60,6	—	60,7	1,4	61	—	61,1	1	61,4	—	61,5	0,95
63	62,6	61,2	—	61,3	1,4	61,6	—	61,7	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
65	64,6	63,2	—	63,3	1,4	63,6	—	63,7	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
70	69,6	68,2	—	68,3	1,4	68,6	—	68,6	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
72	71,6	70,1	—	70,2	1,5	70,5	—	70,6	1,4	71	—	71,1	1	71,4	—	71,5	0,95
75	74,6	73,1	—	73,2	1,5	73,5	—	73,6	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
80	79,6	78,1	—	78,2	1,5	78,5	—	78,6	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
82	81,54	80,0	—	80,1	1,54	80,5	—	80,6	1,5	81	—	81,1	1	81,4	—	81,5	1
85	84,54	83,0	—	83,1	1,54	83,5	—	83,6	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—
90	89,54	88,0	—	88,1	1,54	88,5	—	88,6	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—

\* Припуск увеличен, так как нет сверла большего диаметра.

П р и м е ч а н и е. Обозначение: ПТ — припуск технологический под шлифование;  $d_{ПТ}$  — диаметр отверстия после протягивания с ПТ под шлифование;  $A$  — полный припуск на протягивание;  $d_0$  — наименьший диаметр отверстия до протягивания;  $d_H$  — номинальный диаметр отверстия;  $d$  — номинальный диаметр инструмента.

нием, например с получением из исходного круглого отверстия шлицевого или многогранного. В дальнейшем будет применяться только термин — припуск на протягивание, включающий весь слой металла, подлежащий срезаю протягиванием.

Обозначим:  $d_0$  — наименьший диаметр отверстия до протягивания;  $d_{ин}$  — номинальный диаметр сверла или зенкера;  $a_1$  — величина разбивания отверстия.

Поле допуска на неточность изготовления предварительного отверстия следует принимать: при обычной обработке (сверление, зенкерование отверстий в литых заготовках) — по *H11* для отверстий с длиной не более одного диаметра и по *H12* — для отверстий с большей длиной; при чистовой обработке (развертывание или растачивание) — соответственно по *H9* и *H10—H11*.

В табл. 1—5 приведены диаметры отверстия под протягивание и припуск на протягивание отверстий круглыми и шлицевыми протяжками, на протягивание прямоугольных (квадратных) отверстий, на чистовое протягивание прямоугольных канавок, на протягивание шпоночных пазов.

После выбора припуска по табл. 1—4 подсчитывается наименьший диаметр отверстия до протягивания:  $d_0 = D - A$ , где  $A$  — припуск на протягивание на диа-

## 2. Припуски на протягивание прямоугольных (квадратных) отверстий

Размеры в мм

Длина большей стороны отверстия	Припуск на сторону прямоугольника	Допускаемое отклонение на предварительную обработку
От 10 до 16	0,8	+0,24
Св. 18 » 30	1,0	+0,28
» 30 » 50	1,2	+0,34
» 50 » 80	1,5	+0,40
» 80 » 120	1,8	+0,46

## 3. Припуски на чистовое протягивание прямоугольных канавок

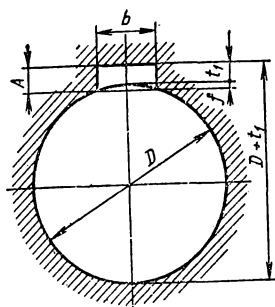
Размеры в мм

Ширина канавки	Припуск на ширину канавки	Допускаемое отклонение на предварительную обработку
От 3 до 6	0,4	+0,16
» 6 » 10	0,6	+0,20
» 10 » 18	0,8	+0,24
» 18 » 30	1,0	+0,28
» 30 » 50	1,2	+0,34



## 4. Припуски на протягивание шпоночными протяжками

Размеры в мм



Ширина паза <i>b</i>	Диаметр отверстия <i>D</i>		<i>f</i> при диа- метре <i>D</i>		<i>t</i> <sup>*</sup> <sub>1</sub>	Допускаемое отклонение при обработ- ке по H12 *	Припуск <i>A</i> *
			наимень- шим	наиболь- шим			
3	Св.	7 до 10	0,338	0,23	1,1/	+0,12/—	1,558/—
4	»	10 » 14	0,417	0,292	1,6/—	+0,12/—	2,137/—
5	»	14 » 18	0,462	0,354	2,1/1,9	+0,12/+0,12	2,682/2,482
6	»	18 » 24	0,515	0,381	2,6/2,3	+0,12/+0,12	3,235/2,935
8	»	24 » 30	0,686	0,543	3,1/2,6	+0,16/+0,12	3,946/3,406
10	»	30 » 36	0,856	0,708	3,6/2,9	+0,16/+0,12	4,618/3,878
12	»	36 » 42	1,029	0,875	3,6/2,9	+0,16/+0,12	4,789/4,049
						+0,16/+0,16	
14		42 » 48	1,201	1,045	4,1/3,3	+0,16/+0,16	5,461/4,661
16		48 » 55	1,372	1,189	5,1/3,6	+0,16/+0,16	6,632/5,132
18		55 » 65	1,514	1,271	5,6/4,0	+0,16/+0,16	7,274/5,674
20		65 » 75	1,577	1,358	6,1/4,3	+0,2/+0,16	7,877/6,037
24		75 » 90	1,972	1,629	7,2/5,2	+0,2/+0,16	9,372/7,332
28		90 » 105	2,233	1,901	8,2/5,9	+0,2/+0,16	10,633/8,293
32		105 » 120	2,497	2,173	9,2/6,7	+0,24/+0,2	11,897/9,397
36		120 » 140	2,764	2,354	10,2/7,4	+0,24/+0,2	13,204/10,354
40		140 » 170	2,918	2,386	11,2/8,7	+0,24/+0,2	14,358/11,818
						+0,24/+0,2	
45		170 » 200	3,032	2,264	12,2/9,9	+0,24/+0,2	15,742/13,132
50		200 » 230	3,175	2,75	14,2/11,2	+0,24/+0,24	17,615/14,615

\* В числителе даны значения для исполнения I, в знаменателе — для исполнения II.

**Б. Припуски (мм) на протягивание отверстий**

Диаметр протягиваемого отверстия, мм	Отношение длины протягивания к диаметру протягиваемого отверстия			
	До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 3	Св. 3
10—18	0,65	0,75	0,75	0,7 *
18—30	0,8	0,9	1,0	1,1
30—50	1,1	1,2	1,3	—
50—80	—	—	1,0 **	1,2 **
	1,2	1,4	—	—
	0,9 *	1,0 **	1,0 **	1,2 **

\* Припуски предусматривают обработку отверстия в две операции, например сверлением и зенкерованием и сверлением и развертыванием.

\*\* Припуски даны для отверстий, расточенных на токарно-револьверных станках.

**Примечание.** Припуски даны для отверстия, обработанного сверлом или зенкером, за исключением случаев, оговоренных в сносках.

метр;  $D$  — окончательный диаметр отверстия после протягивания.

Номинальный диаметр сверла или зенкера подсчитывается по формуле  $d_{ин} = d_0 + a_k$ , где  $a_k \approx 0,1$  мм — допуск, учитывающий уменьшение диаметра сверла или зенкера.

При выборе  $d_{ин}$  следует учитывать величину разбивания  $a_1$  отверстия (табл. 6).

**6. Величина разбивания  $a_1$  отверстия**

Размеры в мм

Допуск на диаметр отверстия	
До 0,025	0
0,027	0,002
0,03—0,033	0,004
0,035—0,05	0,005
0,06—0,10	0,01
0,11—0,17	0,02
0,18—0,29	0,03
0,30—0,34	0,04
Св. 0,34	0,05

**ПОДГОТОВКА  
ОБРАБАТЫВАЕМОЙ  
ЗАГОТОВКИ ПОД  
ПРОТЯГИВАНИЕ**

Подготовка заготовки оказывает большое влияние на результаты обработки. Часто причиной плохих результатов операции протягивания считают дефекты протяжного инструмента, в то время как это является следствием плохой подготовки заготовки.

Механическая обработка заготовок под протягивание должна обеспечить минимальный припуск под протягивание, который складывается из толщины слоя металла, необходимого для удаления следов предварительной обработки и обеспечения требуемой шероховатости поверхности, а также толщины избыточного слоя металла, который следует удалить, чтобы образовать из исходного профиля требуемый профиль (шлицы, пазы, многогранник и т. д.).

Обработка отверстий под протягивание заключается в следующем. В сплошных поковках и отливках отверстие надо предварительно просверлить. Если отверстия в поковках уже имеются, то их зенкеруют или протягивают без предварительной обработки. Порядок обработки зависит от объема производства, припуска, угла ковочного уклона, возможностей станка по мощности и протяжки по длине и прочности, отклонения оси отверстия в заготовке, экономической стойкости протяжки.

В отливках с отверстиями протягивать отверстия без предварительной обработки, как правило, нецелесообразно из-за сильного изнашивания зубьев при работе по литейной корке. Отверстие предварительно обрабатывают твердосплавным зенкером.

Необходимо обеспечить правильную подрезку торцов, как опорного, так и входного.

На заготовках под протягивание следует снимать фаски с двух сторон. Фаски со стороны входа протяжки предохраняют зубья от выкрашивания, фаски со стороны выхода обеспечивают отсутствие скалывания и вырывов материала заготовки. И те и другие фаски улучшают плавность работы протяжки.

Обрабатываемость заготовки в большой мере влияет на результат протягивания.

Высокая прочность материала, обусловленная химическим составом, термической обработкой и наклепом в результате деформации в холодном состоянии, увеличивает силу протягивания и изнашивание протяжного инструмента.

Заготовки под протягивание, как правило, следует подвергать неполному отжигу, нормализации или улучшению. Выбор этих трех процессов обусловлен не только их влиянием на обрабатываемость, но и в большой мере

требованиями к заготовке и операции протягивания в технологическом процессе. Нормализация производится для нелегированных и легированных цементованных и улучшаемых сталей, для конструкционных сталей в том случае, если предел прочности их не превышает 700 Па (*HB200*) и если содержание углерода не ниже 0,1 %. При преобладающей доле перлита в структуре стали шероховатость увеличивается с повышением скорости резания до 10—15 м/мин, а выше (до 50 м/мин) практически остается постоянной.

Если в структуре преобладает феррит, то в верхнем диапазоне скорости резания (5—15 м/мин) шероховатость достигает максимума. Далее с увеличением скорости резания шероховатость уменьшается.

Увеличение доли феррита (малоуглеродистые стали) способствует образованию наростов, что может привести к холодной сварке частиц материала на задних и боковых поверхностях зубьев инструмента. В таких случаях следует применить отжиг для укрупнения зерна или закалку с отпуском.

Режим термообработки специфичен для каждого конкретного случая. Нормальная обрабатываемость протягиванием достигается, если заготовки в результате закалки по всему сечению имеют структуру мелкоигльчатого мартенсита, который при последующем отпуске выделяет тонкодиспергированные карбиды (структура отпуски).

Состояние неполного отжига дает хороший результат, если содержание углерода у легированных сталей не более 0,6 %.

Для легированных сталей по мере повышения содержания легирующих элементов создается необходимость в неполном отжиге. При этом рекомендуется скорость протягивания ниже 3 м/мин или выше 20 м/мин.

Строчечная структура заготовок, образуемая в результате деформации при прокатке, плохо обрабатывается протягиванием — происходит усиленное образование наростов. Путем ускоренного непрерывного охлаждения сталей из аустенитной области можно предотвратить образование строчечной структуры. Для легированных сталей, подвергающихся более медленному превращению, рекомендуется ступенчатое охлаждение с изотермической

выдержкой в диапазоне температуры максимальной скорости превращения в перлитной области.

Неоднородная структура углеродистой стали, когда кроме мартенсита отпуска и сорбита имеется еще и феррит, также приводит к усиленному образованию наростов и, следовательно, к ухудшению качества поверхности.

Ухудшение качества поверхности наблюдается также в том случае, когда вследствие перегрева металла при отжиге возникает рост зерна или когда в случае нарушения режима охлаждения происходит пятнистая закалка. Это увеличивает изнашивание инструмента и ухудшает качество поверхности.

Такие же плохие условия для протягивания возникают, если вследствие недостаточной скорости охлаждения при нормальном отжиге перлит уже начинает переходить в зернистую структуру. В этом случае возникает «смазывание» металла. Образование улучшенной структуры зависит от температуры аустенизации и выдержки при этой температуре, от скорости охлаждения и правильного проведения отпуска.

Для протягивания совершенно не годятся стали с низким содержанием углерода, подвергнутые неполному отжигу, так как в этом случае возникает налипание материала на протяжки, что приводит к дефектам поверхности и обрыву протяжки.

Обрабатываемость протягиванием ухудшается также, когда вследствие большой толщины стенок заготовок не достигается сквозной закалки. Это вызывает неоднородность структуры вблизи сердцевины с разной твердостью.

Для стали 45 неоднородность структуры характеризуется не только наличием мартенсита отпуска и сорбита, но еще и включением феррита, что вызывает усиленное образование наростов и ухудшение качества поверхности.

Для сталей, подвергающихся медленному структурному превращению (например, хромоникелевых), есть опасность, что при медленном их охлаждении из аустенитной области во время процесса нормального отжига образуется структура промежуточного типа с ферритом и сорбитом. Это приводит к интенсивному изнашиванию протяжки.

Это относится также к структурам, образующимся при неполном отжиге, сталей, которые из-за определенного

содержания углерода и карбидообразующих легирующих элементов могут быть обработаны только в состоянии неполного отжига. Если содержание углерода превышает 0,9 % (у сталей с карбидообразующими легирующими элементами этот предел соответственно ниже), то в структуре дополнительно имеется вторичный цементит, отрицательное влияние которого на результат протягивания можно преодолеть только регламентированным неполным отжигом. Трудности могут возникнуть также при протягивании заготовок с наклепом вследствие местной холодной деформации, например от тупого инструмента на предыдущей операции.

Низкая стойкость бывает результатом шлаковых включений в количестве большем, чем допустимо.

Рассмотрим практику выполнения отдельных видов протяжных работ.

## ПРОТЯГИВАНИЕ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ

Этот вид протягивания широко применяют в машиностроении для получения отверстий 7—9-го классов шероховатости поверхности. Диаметр протягиваемых отверстий 3—400 мм. Обычная длина отверстий не превышает трех диаметров. Заготовка под протягивание имеет исходное отверстие с соответствующим припуском на обработку.

Обработка отверстий заключается в следующем.

Поковки и отливки, поступающие из заготовительных цехов, протягивают без предварительной обработки или после зенкерования. Протягивать без предварительной обработки более выгодно, чем после зенкерования. Однако возможность этого ограничивается мощностью станка, разностенностью заготовки, недостаточной прочностью протяжки, несовпадением оси протянутого отверстия с осью заготовки, углом ковочного уклона.

В отливках, поступающих из литейных цехов с отверстиями, протягивать отверстия без предварительной обработки нецелесообразно вследствие сильного изнашивания протяжек при работе по корке. В этом случае отверстие предварительно зенкеруют твердосплавными зенкерами. Протягивают отверстия на горизонтально-протяжных и вертикально-протяжных станках для вну-

треннего протягивания. Как правило, это операция свободного протягивания. Заготовка надевается подготовленным отверстием на переднюю направляющую протяжки и в процессе работы силой резания при протягивании прижимается своим торцом к опорной поверхности стола станка (фланца). При протягивании заготовок значительной массы для надевания ее на направляющую и удерживания в процессе работы используют подъемные механизмы. Специальные устройства для установки и закрепления заготовок применяют также при протягивании глубоких отверстий и при координатном протягивании.

Для выполнения протягивания необходимо:

осмотреть станок и убедиться в его исправности;

включить главный привод;

привести ползун станка с патроном в начальное положение, т. е. подвести его к опорному фланцу станка;

насадить заготовку на направляющую часть протяжки;

продвинуть хвостовик протяжки через отверстие в столе (фланец) станка, вставив замковую часть хвостовика в патрон;

закрепить протяжку в патроне станка (вручную или автоматически);

направить охлаждающую жидкость на протяжку в месте входа ее в отверстие и выхода из него;

включить рабочий ход станка;

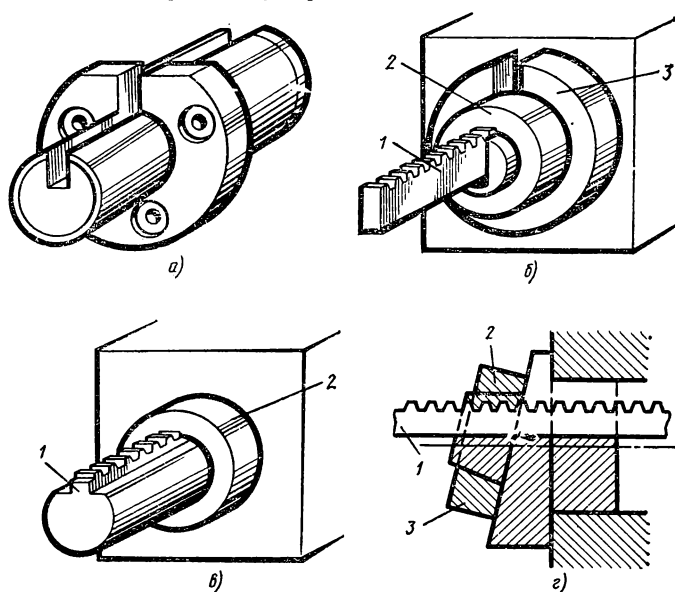
следить за рабочим ходом протяжки до автоматической остановки ползуна;

отсоединить протяжку от станка.

## ПРОТЯГИВАНИЕ ШПОНОЧНЫХ ПАЗОВ

Чаще всего протягивают пазы шириной 3—20 мм. Базой для обработки пазов является обычно поверхность отверстия, которая может служить и направляющей для протяжки. Пазы протягивают с применением направляющей оправки (адаптера). Способы протягивания шпоночных пазов показаны на рис. 1. Заготовки надевают на переднюю цилиндрическую часть оправки с небольшим зазором. Задняя цилиндрическая часть оправки вставляется в отверстие стола непосредственно или при помощи переходного кольца и прикрепляется к столу вин-

тами. Вдоль всей оправки прорезан паз, который служит направлением для протяжки. Насадив заготовку на переднюю цилиндрическую часть оправки, вдвигают протяжку зубьями кверху в паз оправки до тех пор, пока первый зуб протяжки не коснется торцевой поверхности заготовки. Затем протяжку присоединяют к патрону станка



**Рис. 1. Способы протягивания шпоночных пазов:**

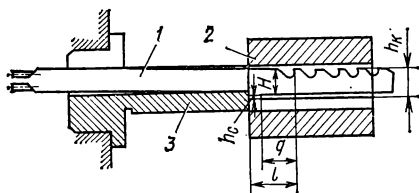
*а* — общий вид направляющей оправки (адаптера); *б* — протягивание плоской шпоночной протяжкой; *в* — протягивание шпоночной протяжкой с цилиндрическим телом; *г* — протягивание шпоночной канавки в коническом отверстии; 1 — протяжка; 2 — заготовка; 3 — адаптер

(если патрон не автоматический) и включают рабочий ход. После остановки станка протяжку отсоединяют от патрона и очищают от стружки; ползун возвращается в рабочее положение, а заготовка снимается с оправки и заменяется новой, после чего операция повторяется.

В крупносерийном производстве шпоночные протяжки используют также без отсоединения их от патрона (рис. 2). Для этого протяжку снизу срезают и таким образом уменьшают высоту гладкой части. В исходном положении протяжка опускается за счет зазора в замке и упругой



деформации на величину среза  $h_c$ , что позволяет насадить заготовку на оправку над режущими зубьями. Длина  $l$  может быть значительно меньше длины отверстия. Расстояние  $q$  от уступа до первого зуба должно быть таким, чтобы протяжка получила надежное направление в оправке раньше, чем первый зуб войдет в работу. Высота уступа  $h_c$  должна быть не меньше разности высот гладкой части  $H$  и зуба  $h_k$ , который при исходном положении протяжки находится против торца заготовки.



**Рис. 2. Протягивание без отсоединения протяжки:**

1 — протяжка; 2 — заготовка; 3 — оправка

Если для протягивания паза требуется несколько проходов, а протяжка только одна, то на основание паза кладут прокладку определенной толщины для

каждого нового прохода. Для возврата протяжек без отсоединения их с использованием обратного хода станка служит клин, который вынимают из направляющего паза при обратном ходе. Этот же клин служит для компенсации износа протяжки после переточки. Такая конструкция особенно удобна при протягивании пазов большой глубины. В массовом производстве применяют также комплекты шпоночных протяжек в количестве, равном числу проходов, необходимых для прорезки паза на всю глубину. Направлять шпоночную протяжку в отверстии можно цилиндрической направляющей, изготовленной как целое с протяжкой (см. рис. 1, в), или круглыми режущими и уплотняющими зубьями комбинированной протяжки.

Шпоночные канавки в конических отверстиях протягивают на оправке, посадочная часть которой располагается под углом к оси станка (см. рис. 1, г).

В мелкосерийном и единичном производстве при протягивании шпоночных пазов в отверстиях с диаметром, большим 150 мм, применяют универсальное приспособление. На одном из заводов при протягивании прямоугольного паза шириной 3 мм в отверстии диаметром 6 мм получался большой брак из-за увода паза. Конструкция

протяжки была изменена: уменьшен шаг зубьев, увеличена подача на зуб, введены круглые зубья для протягивания отверстия вместо развертывания и сделан съемный хвостовик. Длина собственно пазовой протяжки уменьшилась с 320 до 170 мм, что позволило изготовить ее более точно, с соблюдением допусков на кривизну. Улучшилось также и направление протяжки благодаря увеличению числа работающих зубьев и наличию в начале режущего участка круглых зубьев, обеспечивающих правильное направление пазовых зубьев протяжки относительно оси отверстия.

Подобная конструкция протяжки позволяет повысить точность взаимного расположения поверхностей, а также облегчает технологию изготовления протяжки.

При протягивании шпоночными протяжками необходимо помимо общих правил работы соблюдать следующие требования.

Глубина паза в направляющей оправке должна быть такой, чтобы режущая кромка первого зуба при начальном положении не была выше отверстия в заготовке, а только касалась его. В противном случае при работе первые зубья быстро затупятся или выкрошатся.

Глубина паза в оправке должна быть на 1—1,5 мм больше глубины протягиваемого паза. Это позволит пользоваться подкладками различной толщины. При помощи подкладок можно быстро добиться правильного положения новой или переточенной протяжки в пазу оправки, а также протягивать глубокие канавки за несколько проходов одной и той же протяжки. После каждого прохода закладывают новую, более толстую подкладку.

Положение тягового патрона в ползуне станка надо отрегулировать так, чтобы протяжка двигалась по пазу направляющей оправки без всякого перекоса.

Пазы типа ласточкина хвоста, а также двусторонние протягивают почти, как обычные шпоночные пазы. Различие состоит лишь в том, что при протягивании пазов не применяются адаптеры, а протяжка направляется в заготовке и базируется непосредственно по поверхности протягиваемого отверстия своей направляющей, предусмотренной в конструкции протяжки. При высоких требованиях к точности взаимного расположения паза и отверстия необходимо готовить отверстия с высокой

точностью или предусмотреть в конструкции протяжки несколько зубьев для окончательного протягивания цилиндрического отверстия.

## ПРОТЯГИВАНИЕ ШЛИЦЕВЫХ ОТВЕРСТИЙ

Протягивание шлицевых отверстий позволяет получить в исходном круглом отверстии определенное число шлицев различного профиля при высоких требованиях к точности размеров, форме профиля, шероховатости поверхности. Диаметр шлицевых отверстий, обрабатываемых протягиванием, достигает 420 мм.

Протягивание шлицевых отверстий аналогично протягиванию круглых отверстий. Шлицевые отверстия с различным профилем шлицев получают многошлицевыми протяжками, формирующими одновременно весь профиль отверстия (в массовом и серийном производстве); одношлицевыми (типа шпоночных) протяжками с делением заготовки на нужное число шлицев (в мелкосерийном и единичном производстве, в ремонтном деле, при обработке шлицевых отверстий большого диаметра, т. е. во всех случаях, когда изготовление многошлицевой протяжки себя не оправдывает).

При протягивании шлицевых отверстий исходное круглое отверстие может быть получено любым чистовым инструментом, включая круглую протяжку. Для получения шлицев, симметричных оси отверстия, и для обеспечения соосности внутренней и наружной окружностей протягивание цилиндрического отверстия и шлицев следует выполнять комбинированной шлицевой протяжкой. Если обработку приходится вести комплектом из двух или более протяжек, то на последней протяжке комплекта предусматривают несколько круглых зубьев, снимающих небольшую часть припуска по внутреннему диаметру шлицевого отверстия. Это обеспечивает соосность внутреннего и наружного диаметров отверстия. Комплекты шлицевых протяжек могут работать в два или несколько проходов без промежуточных операций, или с промежуточными операциями в тех случаях, когда перед окончательным протягиванием шлицевого отверстия проводится обработка других поверхностей или термическая обработка заготовки.

Шлицевые отверстия получают свободным способом протягивания на горизонтальных и вертикальных протяжных станках для внутреннего протягивания. Длинные заготовки устанавливают в соответствующие приспособления, а тяжелые удерживают подъемными устройствами как при надевании заготовки на переднюю направляющую, так и во время рабочего хода станка.

Шлицевые отверстия можно протягивать шпоночными протяжками с последовательным поворотом заготовки на очередной шлиц в приспособлениях типа адаптеров, имеющих механизм для деления.

Винтовые шлицы протягивают протяжками, режущие выступы которых расположены по винтовой линии, используя приспособления, обеспечивающие дополнительное вращение протяжек или заготовки. Протягивание применяется также для нарезания многозаходной резьбы с нелинейным профилем. Резьба нарезается специальной спирально-винтовой протяжкой на токарно-винторезном станке методом протягивания.

Обрабатываемую втулку слабо зажимают в патроне токарного станка, а хвостовик протяжки, вставленный в отверстие втулки, закрепляют в державке, установленной в резцедержателе. Подачей суппорта в правую сторону выбирают зазор в маточной гайке ходового винта, после чего окончательно закрепляют заготовку и включают механизм вращения станка, осуществляя протягивание резьбы. Протяжку шлифуют на том же резьбошлифовальном станке, на котором шлифуют винты, спариваемые с гайками, что обеспечивает получение одинаковых профилей винта и гайки. Точность винтовой передачи, полученной этим методом: отклонение по шагу  $\pm 0,006$  мм, отклонение среднего диаметра  $\pm 0,01$  мм.

## ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ ПРОШИВКАМИ

Обработку прошивками производят в основном так же, как и протяжками. Этот способ применяют для обработки заготовок с малым припуском, так как длина прошивки (а следовательно, и число зубьев) ограничена. Пределы диаметров прошивок такие же, как и у протяжек. Прошивки широко используют для калибрования отверстий после термической обработки. Заготовку в про-

цессе обработки прошивкой устанавливают на горизонтальный стол прессы (прошивного станка). В отверстие заготовок вставляют направляющую часть прошивки, и ползун прессы продавливает прошивку сквозь отверстие. Выпавшую из заготовки прошивку вынимают из специального гнезда под столом, очищают от стружки и вставляют в новую заготовку. Простота и быстрота операции, относительно невысокая стоимость инструмента и станка, быстрота переналадки — таковы преимущества прошивания.

Указания по очистке от стружки самой прошивки, обрабатываемой заготовки и опорного приспособления, по подаче смазывающей жидкости при прошивании, неполадкам при прошивании и методам их устранения такие же, как и при протягивании.

Квадратные и шестигранные отверстия обычно протягиваются одной или двумя протяжками. Заготовка, как правило, имеет исходное круглое отверстие, полученное в результате заготовительных операций или предварительной механической обработки.

### КООРДИНАТНОЕ ПРОТЯГИВАНИЕ

Наиболее распространен свободный способ внутреннего протягивания. Сущность его заключается в том, что заготовку устанавливают на столе станка без закрепления, а протяжка проходит, направляясь по подготовленному отверстию, без каких-либо внешних направляющих приспособлений. Такое протягивание применяется, если протянутое отверстие является базой для обработки других поверхностей.

В тех случаях, когда положение протянутого отверстия относительно других поверхностей или осей изделия должно быть выдержано с определенной точностью, заготовку закрепляют на своих базах в специальном приспособлении, которое служит во время работы и направляющей для протяжки. Такое протягивание называется несвободным, или координатным.

Примеры применения координатного протягивания показаны на рис. 3. Координатное протягивание отверстий осуществляют как на горизонтальных, так и на вертикальных протяжных станках.

На рис. 4, а изображена схема координатного протягивания прямоугольного отверстия на горизонтальном станке, а на рис. 4, б — схема того же станка, подготов-

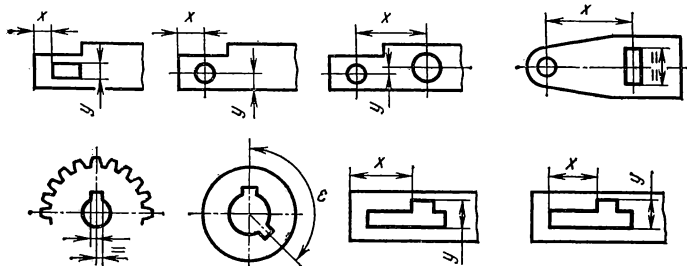


Рис. 3. Координированные отверстия и канавки:  $x$ ,  $y$ ,  $\varepsilon$  — координаты протягиваемого профиля

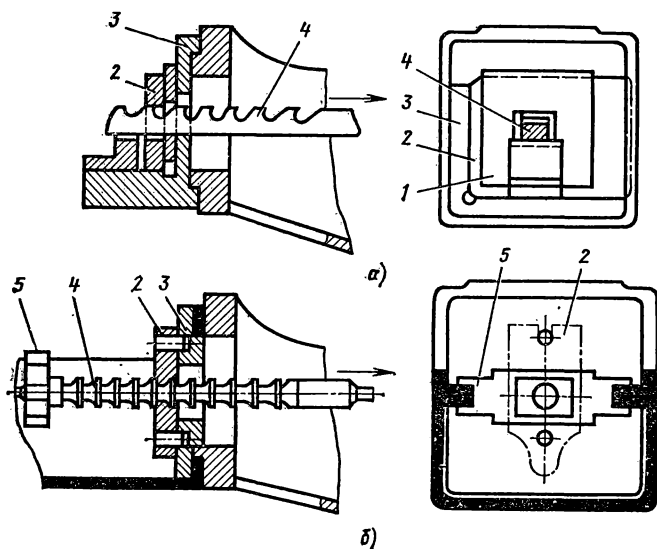


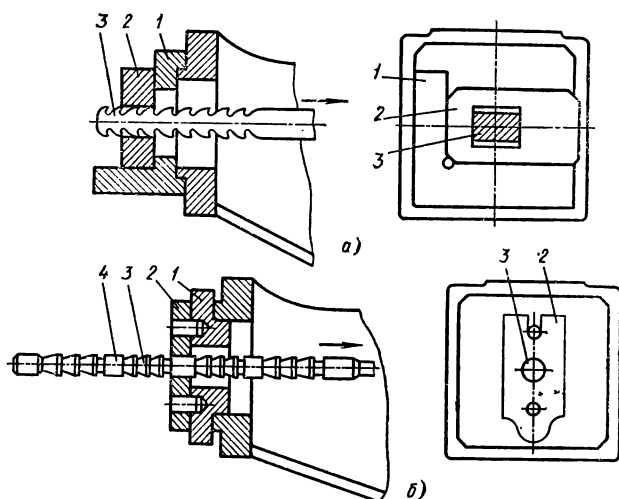
Рис. 4. Схемы координатного протягивания:

1 — неподвижные направляющие; 2 — обрабатываемая заготовка; 3 — протяжное приспособление; 4 — протяжка; 5 — люнет

ленного для протягивания круглых, шлицевых и других точно расположенных отверстий. В этом случае обрабатываемую заготовку 2 жестко закрепляют в приспособлении 3. Протяжка 4 поддерживается люнетом 5, переме-

щающимся по направляющим корыта станка. В обоих случаях протягивание происходит с принудительным направлением протяжки.

Существует способ координатного протягивания без принудительного направления протяжки. Направление протяжки, а следовательно, и координаты протягивае-



**Рис. 5. Схемы координатного протягивания без принудительного направления протяжки:**

1 — приспособление; 2 — обрабаты промежуточные направляющие

3 — протяжка; 4 —

мого отверстия определяют положением предварительных отверстий. Схема наладки горизонтально-протяжного станка для этого способа протягивания показана на рис. 5, а.

Применение этого метода при протягивании круглых и шлицевых отверстий показано на рис. 5, б. Чтобы уменьшить смещение, в конструкцию протяжки добавляют промежуточные направляющие 4.

## ОБРАБОТКА ПРОТЯЖКАМИ С ВЫГЛАЖИВАЮЩИМИ И ДЕФОРМИРУЮЩИМИ ЗУБЬЯМИ

Деформирующее протягивание целесообразно применять для обработки широкой номенклатуры деталей автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин,

самолетов, станочного и кузнечно-прессового оборудования. Эта операция применяется также в приборостроении и в металлургическом производстве при изготовлении с точными размерами отверстий.

При разработке технологического процесса деформирующего протягивания и инструмента для его осуществления прежде всего необходимо определить, к какой группе заготовок, обрабатываемых деформирующим протягиванием, относится рассматриваемая; выбрать схему деформирующего протягивания; наметить технологический процесс изготовления детали с включением процесса деформирующего протягивания; определить наличие протяжного оборудования и выбрать необходимую оснастку.

Заготовки, для которых целесообразно применять деформирующее протягивание, отличаются толщиной стенок (толстостенные и тонкостенные, осесимметричные и с переменной толщиной стенки), физико-механическими характеристиками материала (конструкционные углеродистые, средне- и высоколегированные стали, некоторые марки чугуна, цветные и специальные сплавы), диаметром и длиной отверстий, требованиями к обработанной поверхности и поверхностному слою металла, к остаточным напряжениям, к текстуре и упрочнению, износостойкости и усталостной прочности, способности хорошо соединяться с защитными покрытиями, особенности сложившихся технологических процессов изготовления заготовок (обработка на станках-автоматах, автоматических и поточных линиях, наличие термообработки) и т. д. Поэтому для успешного решения вопроса о введении деформирующего протягивания в технологические процессы изготовления столь разнородных заготовок, правильного выбора параметров этой операции и расчета инструмента необходима классификация обрабатываемых заготовок по определенным группам.

**Типовые технологические процессы, включающие деформирующее протягивание.** Применение деформирующего протягивания создает условия для типизации технологических процессов, включающих эту операцию. При разработке типовых технологических процессов следует учитывать требования к качеству обработанной поверхности, виду и форме заготовки, режиму термообработки, сварки при изготовлении детали, к последова-



тельности операций сборки узла, в который входит заготовка и пр.

Для изготовления деталей первой группы чаще всего используют горячекатаные трубы без очистки поверхности. Рекомендуемый технологический процесс для деталей этой группы следующий: 1) отрезка заготовки; 2) деформирующее протягивание с большими деформациями (3—20 %); 3) обработка отверстия резанием (режущим протягиванием или расточкой); 4) обработка торцов и наружной поверхности; 5) термообработка; 6) шлифование посадочных мест по наружному диаметру.

Обработка отверстия в заготовках деталей этой группы резанием применяется лишь в тех случаях, когда поверхностный обезуглероженный слой металла заготовок не позволяет качественно выполнить термообработку (например, при поверхностной закалке стали 45). При этом вторая и третья операции могут быть объединены в одну и могут выполняться комбинированным инструментом за один проход.

Заготовками для деталей второй группы чаще всего служат холоднотянутые трубы. Рекомендуемый технологический процесс для деталей этой группы следующий: 1) отрезка заготовки; 2) деформирующее протягивание с деформациями, равными 1—5 %; 3) приварка штуцеров, фланцев; 4) обработка отверстия резанием (режущим протягиванием, расточкой, зенкерованием); 5) чистовая обработка отверстия поверхностным деформированием (деформирующим протягиванием или раскаткой); 6) обработка наружной поверхности и торцов.

Первое деформирующее протягивание в этой технологии используется в тех случаях, когда заготовка имеет значительные отклонения отверстия от цилиндричности, а обработка отверстия резанием — для удаления дефектного слоя. Чистовая операция деформирующего протягивания позволяет исключить термообработку (*HRC* 28—35), применявшуюся в технологических процессах при изготовлении заготовок второй группы.

При производстве заготовок третьей группы из трубного проката целесообразно применять следующую технологию: 1) отрезка заготовки; 2) деформирующее протягивание; 3) обработка отверстия резанием (расточка, зенкерование); 4) обработка наружной поверхности и

торцов; 5) азотирование и термообработка; 6) финишные операции (шлифование, хонингование, притирка). В заготовках с малым диаметром отверстий (например, цилиндры плунжерных пар) и в заготовках, изготавливаемых из прутков, после отрезки сверлят отверстие и обрабатывают его перед азотированием деформирующим протягиванием. При этом деформирующее протягивание используется как предварительная операция вместо нескольких черновых операций по обработке отверстия резанием, предшествующих азотированию. Это не только снижает трудоемкость обработки, но и благоприятно сказывается на процессе азотирования.

В качестве заготовок четвертой группы используются тонкостенные холодноотянутые и электросварные трубы. Чтобы выполнить требования по кривизне образующей, детали этой группы следует протягивать по схеме с осевым заневоливанием. Рекомендуются технологический процесс для заготовок этой группы следующий: 1) отрезка заготовки; 2) снабжение концов заготовок элементами для зажима при протягивании (раструбами, фланцами и др.); 3) деформирующее протягивание по схеме осевого заневоливания; 4) отрезка концов заготовок, используемых для зажима. В эту технологию при необходимости вводят очистку заготовок перед деформирующим протягиванием, термообработку до или после протягивания, а также операции по нанесению антикоррозионных покрытий.

Используемое при обработке заготовок первой, второй и четвертой групп деформирующее протягивание с большими деформациями (до 20 %) позволяет не только исправить погрешности геометрической формы отверстий заготовок, но и увеличить их наружный диаметр до требуемого. Это дает возможность из стандартизированных труб выбрать такую, которая удовлетворяла бы условию оптимального использования обрабатываемого металла.

Рекомендуются технологический процесс для изготовления заготовок пятой группы следующий: 1) обработка на многошпиндельных токарных станках; 2) деформирующее протягивание; 3) термообработка; 4) шлифование отверстия, торцов и наружного диаметра.

Использование деформирующего протягивания при изготовлении деталей пятой группы позволяет в 1,5—2 раза уменьшить припуск на шлифование отверстия после

термообработки. Кроме того, на этой операции отбраковывается часть заготовок, имеющих скрытые дефекты в виде трещин, волосовин, отслоений. Заготовки с указанными дефектами при протягивании разрушаются.

Для шестой группы заготовок рекомендуется следующая технология: 1) обработка отверстия резанием (расточка, зенкерование, режущее протягивание); 2) деформирующее протягивание с малыми суммарными деформациями. В ряде случаев эти операции можно объединить в одну, выполняя их комбинированным инструментом, например режуще-деформирующей протяжкой. Практически технологические процессы могут быть значительно сложнее, что определяется особенностями конструкции детали и предъявляемыми к ней требованиями.

**Выбор условий работы протяжек с выглаживающими зубьями.** Работа выглаживающих зубьев комбинированных протяжек накладывает жесткие требования к применению СОЖ. Без СОЖ возможно протягивание лишь заготовок из некоторых марок бронз и баббитов. Признаком недостаточной эффективности смазывания является появление налипшего металла (нароста) на рабочей части выглаживающих зубьев. Продолжение работы в этом случае недопустимо; следует применить более эффективную СОЖ.

При обработке конструкционных сталей следует применять осерненные растительные масла и сульфифрезол. Для низкоуглеродистых и легированных сталей при обработке с большими натягами применяют более эффективные СОЖ: фосфатированные и осерненные масла, масла со специальными присадками, смесь сульфифрезола с порошком графита или дисульфида молибдена, смазочный материал СДМУ и др.

При обработке различных марок чугунов в зависимости от их свойств и способности к образованию наростов на выглаживающих зубьях протяжки применяют керосин или дизельное топливо в чистом виде или в смеси с сульфифрезолом, маловязкие промышленные масла, комбинированные масла, сульфифрезол. Для обработки бронзы, латуни и алюминиевых сплавов применяют промышленные масла, смеси минеральных и растительных масел. Скорость резания (выглаживание) комбинированной протяжки принимается равной скорости резания режущей части ее.

Гидродинамическая технологическая смазка применяется для снижения работы трения, уменьшения сил протягивания, предупреждения нароста на деформирующих элементах (кольцах), а также для улучшения качества обработанной поверхности и охлаждения твердосплавной протяжки.

Если необходимо получить низкую шероховатость поверхности при обработке заготовок из углеродистых сталей, цветных и некоторых других металлов, а также толстостенных деталей с незначительной величиной пластической деформации (до 1 %), то в качестве смазочного материала успешно используют сульфозрезол. При отсутствии сульфозрезола следует пользоваться смазочными материалами МР-1 и МР-2.

Для тонкостенных заготовок из углеродистых сталей с невысокими требованиями к шероховатости поверхности в качестве СОЖ рекомендуют 5 %-ный раствор эмульсола или 3 %-ный раствор мыла в воде.

Для обработки отверстий в пакетах из цветных металлов и сталей наилучшим смазочным материалом является масло АМГ-10 с присадкой 20 % талька; применение масла АМГ-10 необходимо в тех случаях, когда узлы после обработки в них отверстий не разбираются и смазочный материал, проникший в капиллярные щели между деталями, будет находиться там в течение всего срока эксплуатации узла, не вызывая коррозию.

Протягивание отверстий в пакетах из цветных металлов и высокопрочных сталей необходимо осуществлять с использованием специальных смазочных материалов, например АСФ-3 на основе пластифицированной нитроцеллюлозной смолы.

Для обработки отверстий в заготовках из меди или ее сплавов, а также в биметаллических трубах с внутренней поверхностью из меди или ее сплавов следует применять нейтральные минеральные масла, а также 5—10 %-ный раствор мыла в воде.

Влияние смазочного материала особенно возрастает при протягивании заготовок из коррозионно-стойких, жаропрочных, высоколегированных сталей и сплавов, которые склонны к очень быстрому схватыванию, а также при протягивании отверстий в толстостенных заготовках из обычных углеродистых и низколегированных сталей,

когда сульфозфрезол не исключает схватывание. Для предотвращения схватывания при обработке этих металлов требуются особые СОЖ, так как обычные себя не оправдывают. Наиболее важным качеством таких технологических СОЖ являются их адгезионные и экранирующие свойства, т. е. способность так разделять трущиеся в процессе относительного перемещения поверхности, чтобы при высоких давлениях не возникали их контакты, приводящие к схватыванию поверхностей.

Смазочный материал АСМ-1 состоит из диановой эпоксидной смолы ЭД-5 (5—23 %), жидкого полисульфидного каучука (4,8—5,2 %), алифатической эпоксидной смолы на основе этиленгликоля (5,5—6,0 %), метафенилендиамина (3,8—4,2 %), порошкообразного дисульфида молибдена (27—31 %) и органического растворителя (31,5—40,5 %). Приготавливают смазочный материал следующим образом. Эпоксидную смолу нагревают до 70—80 °С, смешивают с жидким полисульфидным каучуком и выдерживают в течение 1 ч при этой температуре. В полученную смесь после охлаждения до комнатной температуры вводят алифатическую эпоксидную смолу и метафенилендиамин, растворенный в органическом растворителе (1 : 1), и тщательно перемешивают. Затем в раствор добавляют высушенный порошкообразный дисульфид молибдена зернистостью 1—5 мкм. Приготовленный состав и связующее с наполнителем тщательно перетирают на шаровой мельнице в течение 2—3 ч. Полученный таким образом смазочный материал доводят до необходимой вязкости смесью растворителей, наносят на обрабатываемую поверхность, высушивают на воздухе при комнатной температуре в течение 1 ч и затем термообработывают при 160 °С в течение 2 ч. Смазочный материал АСМ-1 применяют главным образом при деформирующем протягивании коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов.

Смазочный материал АСФ-3 состоит из пластифицированной нитроцеллюлозной смолы (20—30 %), органического растворителя (25—37 %) и порошкообразного фторопласта (остальное). При изготовлении смазочного материала в раствор нитроцеллюлозной смолы со смесью органических растворителей вводят высушенный порошкообразный фторопласт. Приготовленный состав тщательно

перетирают на шаровой мельнице в течение 1,5—2 ч. Полученный таким образом состав доводят до необходимой вязкости смесью растворителей. Хорошо размешанный смазочный материал наносят на обрабатываемую поверхность и высушивают на воздухе при комнатной температуре в течение 10 мин.

Используют такой смазочный материал при деформирующем протягивании закаленных сталей, а также алюминиевых сплавов.

## НАРУЖНОЕ ПРОТЯГИВАНИЕ

Наружное протягивание является высокопроизводительным и точным методом механической обработки. Его успешно применяют вместо других способов обработки поверхностей для снижения трудоемкости и стоимости обработки. Наружным протягиванием можно заменить строгание, фрезерование, а в некоторых случаях шабрение и шлифование. При протягивании взамен фрезерования сложных фасонных контуров (например, кулачков) не только снижается трудоемкость и стоимость обработки, но и обеспечивается высокое качество деталей.

Наружное протягивание осуществляют на станках: горизонтально-протяжных для внутреннего протягивания; вертикально-протяжных для наружного протягивания; непрерывного действия конвейерного типа; непрерывного действия роторного типа; специальных, для круговых протяжек; применяемых при протягивании тел вращения и других заготовок.

Наружное протягивание всегда «несвободное» — заготовка закрепляется в приспособлении, а протяжка получает жесткое направление в направляющих ползуна станка.

При наружном протягивании на вертикально-протяжных станках очистка протяжки от стружки должна происходить без участия рабочего: смазыванием охлаждающей жидкостью или другим способом.

На горизонтально-протяжных станках наружными протяжками работают в общем так же, как и при протягивании отверстий. Но в этом случае заготовки обязательно закрепляются в приспособлениях, имеющих также направляющую часть для протяжек. Протяжка вставляется

в окно, образованное обрабатываемой поверхностью заготовки и направляющими элементами приспособления; и присоединяется к ползуну станка. В зависимости от конструкции приспособлений наружные протяжки работают или с отсоединением от ползуна после каждого хода, или без отсоединения с выводом протяжки в исходное положение обратным ходом станка, после того как заготовка будет снята с приспособления.

Одним из примеров операции наружного протягивания является обработка сегментов кассового аппарата с зубьями на внешней и внутренней дуге, протягиваемыми одновременно. Ширина впадины зуба  $1,35^{+0,05}$  мм. Вследствие V-образной формы сечения этих заготовок накладывать их одну на другую невозможно, а также нельзя протягивать пакетом. Это потребовало применения специального приспособления.

Обработка заготовок на вертикально-протяжных станках для наружного протягивания выполняется более просто и производительнее, так как в этом случае не нужно переставлять протяжку. Набор наружных протяжек на одной державке прикрепляется неподвижно винтами к ползуну станка, поэтому нет надобности отсоединять протяжку от станка и присоединять ее вновь после каждого хода. Обрабатываемую заготовку устанавливают в специальном приспособлении, поставленном на стол станка, и зажимают вручную или автоматически. После установки заготовки включают рабочий ход станка. Сначала получает движение стол станка, подводящий обрабатываемую заготовку к протяжке, а затем ползун с протяжкой опускается вниз и обрабатывает заготовку. Когда протяжка полностью сходит с обрабатываемой заготовки, ползун ненадолго останавливается в нижнем положении. За это время стол отодвигается назад и отводит заготовку от протяжки, после чего ползун начинает обратный ход (вверх). Как только стол отходит назад, протянутую заготовку снимают и устанавливают новую, после чего цикл работы повторяют.

При работе на вертикальных наружно-протяжных станках необходимо выполнять следующие правила:

подача охлаждающей жидкости должна быть настолько сильной и так направлена на протяжку, чтобы при обратном ходе ползуна вся стружка с зубьев протяжки вымы-

валась струей жидкости, так как ручная очистка исключается; необходимо все время следить за состоянием протяжки и при застревании стружки остановить станок, очистить протяжку и устранить причину застревания;

закреплять протяжку в державке и саму державку на ползуне станка следует очень прочно, чтобы не возникло дрожание протяжки и станка;

заготовка должна быть зажата в приспособлении, а приспособление прочно должно быть закреплено на столе станка; в противном случае возможно дрожание станка и заготовки и выкрашивание зубьев протяжки;

припуск на обработку не должен превышать установленной нормы во избежание поломки первых зубьев протяжки, поэтому так же, как и при внутреннем протягивании, нужен предварительный контроль заготовок;

следить за показаниями манометра станка, чтобы своевременно прекратить работу станка при его перегрузке и уберечь протяжку от поломки.

Для операций наружного протягивания целесообразно использовать универсальные наладки протяжек. Такая наладка позволяет обрабатывать различные заготовки определенной группы. Применение одной наладки для обработки группы заготовок позволяет успешно применять наружное протягивание в серийном производстве.

**Предварительное протягивание зубьев зубчатого колеса полуоси заднего моста.** Материал — сталь 12Х2Н4А; снимаемый припуск 9,5 мм; предварительная нарезка — 20 зубьев модуля 5. На окончательную обработку оставляется припуск 0,7—0,6 мм на сторону.

Протягивание осуществляют на вертикально-протяжном станке. Одновременно обрабатывают две заготовки. Производительность — 14 зубчатых колес в час. Заготовки устанавливают в приспособлении. Переключение на следующий зуб и фиксация осуществляются автоматически во время обратного хода. Заготовки устанавливают и снимают вручную.

Зубья цилиндрических колес протягивают одновременно по всей окружности протяжкой-трубой, которая может быть изготовлена цельной из одной заготовки или сборной из отдельных реек. Этой протяжкой нарезают зубья в заготовках колес, отлитых из серого чугуна. Зубчатое колесо диаметром 101,6 мм имеет 87 зубьев вы-



сотой 2,2 мм, расположенных по винтовой линии с углом подъема  $22^\circ$ ; длина зуба 19 мм.

Зубчатые колеса протягивают на 25-тонном гидравлическом прессе. Заготовку устанавливают на верхнем торце цилиндрического приспособления (вращающегося в основании на шариковых подшипниках) посредством винтового копира. Копир установлен в головке, имеющей два выступа, входящих в каждую из двух винтовых канавок копира. Протяжку устанавливают в плите, движущейся в цилиндрических направляющих и связанной с головкой стойками. При рабочем движении протяжки вниз движется также и головка, вращающая копир выступами, скользящими по винтовым канавкам. Благодаря этому вращается приспособление с заготовкой и нарезается винтовой зуб. Время протягивания — 5 с, полное штучное время 15 с.

**Обработка конических колес методом кругового протягивания.** Метод кругового протягивания в автомобильной промышленности используют при обработке прямозубых конических зубчатых колес дифференциала и полуоси. Рабочий инструмент в данном случае представляет собой круговую протяжку диаметром около 540 мм с резцами, расположенными с угловым шагом  $2-4,5^\circ$  (рис. 6).

Резцы имеют вогнутый радиусный профиль с плоской передней поверхностью, передний угол  $\gamma = 15^\circ$ . Задний угол, равный  $10^\circ$ , образуется при затыловании.

Круговая протяжка имеет два типа резцов: для предварительного прорезания впадин и для предварительного нарезания боковых поверхностей зубьев колеса и чистовые — для окончательной обработки.

Зубья для предварительной обработки расположены с определенным углом подъема (по спирали); работа их сопровождается продольной подачей резцовой головки вдоль впадины зуба. Чистовые зубья работают при подаче резцовой головки в обратном направлении (от широкого конца зуба к узкому).

**Протягивание крупных трапецеидальных реек на заготовках типа валов.** Для получения профиля зубчатой рейки на заготовках типа валов также применяется протягивание. Это позволяет повысить качество изделий и производительность. Протягивание рейки с трапецеидальной резьбой с шагом 8 мм осуществляют на валах

диаметром 75 и 100 мм. Материал обрабатываемой заготовки — сталь 38ХГСА и сталь 45Л. Одновременно протягивают профиль на длине 315 мм.

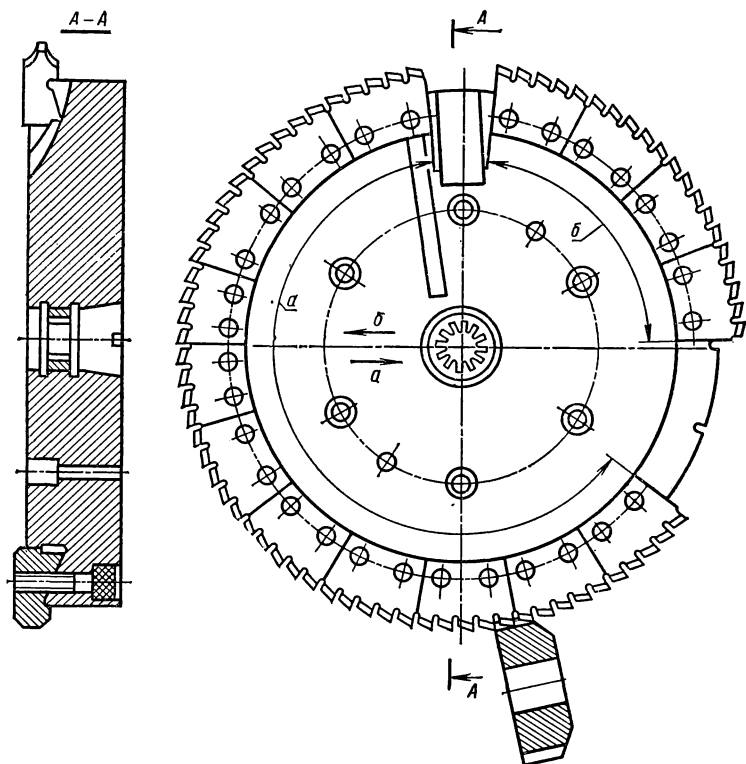


Рис. 6. Круговая протяжка для нарезания зубьев конических зубчатых колес:

а — зубья для предварительной обработки и направления их подачи; б — зубья для окончательной обработки и направления их подачи

Протягивание осуществляют на вертикально-протяжном станке 7С720. Важным условием при протягивании профиля рейки на валах является жесткое крепление заготовки, обеспечивающее отсутствие сдвигов и вибраций при протягивании.

Приспособление для закрепления заготовки (задняя полуось), на которой протягивается профиль рейки, со-

стоит из корпуса 1 (рис. 7), на котором закреплена призма 2. В призме устанавливают обрабатываемую заготовку. Прижим заготовки к призме осуществляется двумя рычагами 3, усилие к которым передается через шарнирно-рычажный усилитель 4 от гидроцилиндра 5. Фиксация

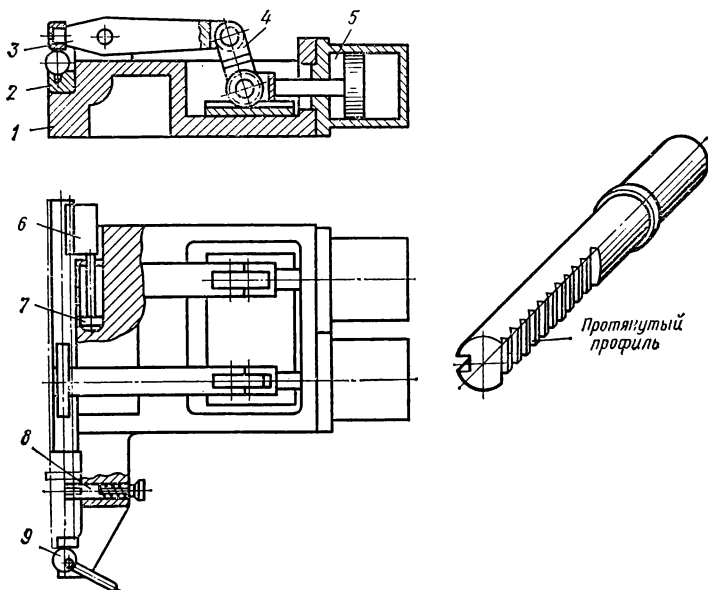


Рис. 7. Приспособление для закрепления заготовки:

1 — корпус; 2 — призма; 3 — рычаг; 4 — усилитель; 5 — гидроцилиндр; 6, 8 — фиксаторы; 7 — цилиндр; 9 — эксцентрик

заготовки в осевом направлении осуществляется выдвижным фиксатором 8, а поджим заготовки к фиксатору — эксцентриком 9. На обрабатываемой заготовке имеется шпоночный паз, относительно которого задается положение профиля рейки. Для фиксации заготовки по пазу служит подвижный фиксатор 6, перемещаемый цилиндром 7

Протяжной блок состоит из корпуса, на котором закреплены восемь отдельных протяжек. При установке протяжки поджимаются винтами к одной базе, что облегчает их установку и съем.

Снятие припуска протяжками происходит по генераторной схеме. Полученный при этом скорректированный по углу профиль протяжки обеспечивает поднутрение по боковым режущим кромкам в  $1^\circ$ . Отсутствие трения по ленточкам обеспечивает высокую стойкость протяжки.

Для предварительного протягивания полуотверстий крышек из серого чугуна вместо ранее применявшихся протяжек из быстрорежущей стали применяют сборную твердосплавную протяжку. При прежней скорости протягивания 10 м/мин стойкость твердосплавных протяжек в 8—10 раз выше быстрорежущих.

На одном из автомобильных заводов взамен фрезерования внедрен технологический процесс протягивания плоскостей паза в заготовке вала сошки рулевого управления на вертикально-протяжном станке.

В основу конструкции протяжки заложена схема резания со свободным отводом стружки. Протяжки изготовлены из быстрорежущей стали Р6М5, комплект состоит из 24 шт. До переточки протяжки обрабатывают в среднем 700 заготовок.

Заготовку обрабатывают за два прохода: сначала осуществляют протягивание скосов щечек с проверкой наружных габаритных размеров, затем протягивание наружных и внутренних плоскостей щечек. При обработке обеспечиваются требования к заготовке: допуск на ширину паза 0,05 мм; отклонение от параллельности плоскостей щечек 0,025 мм; шероховатость поверхности  $Ra = 0,80 \div 1,0$  мкм. Производительность операции — 290 тыс. заготовок в год.

Значение правильного выбора схемы резания видно из следующего примера. На одном из моторных заводов внедрена инструментальная наладка на вертикально-протяжные станки типа МП142 для обработки базовых поверхностей блока крышек коренных подшипников одновременно в двух плоскостях с генераторной схемой резания. Суммарная ширина протягивания 140 мм при общем ходе ползуна 1600 мм. Материал заготовки — КЧ-35-10 (литье); расчетная величина припуска 1,5 мм; скорость резания 6 м/мин. Благодаря переходу на генераторную схему резания стойкость протяжек увеличилась в 25 раз и составила около 180 ч, а стойкость протяжек, работавших по профильной (обычной) схеме резания, составляла 6—8 ч.

## ПРОТЯГИВАНИЕ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

Применительно к процессу протягивания глубоким является отверстие с отношением длины к диаметру более 4 для диаметров 5—15 мм, более 6 — для диаметров 20—30 мм, более 7 — для диаметров 40 мм, более 10 — для диаметров 50 мм и выше.

Верхние пределы отношения длины к диаметру в практике протягивания глубоких отверстий достигают 100 и более.

Особенности процесса протягивания глубоких отверстий следующие:

большое количество снимаемого зубом металла, что предъявляет особые требования к конструкции инструмента с точки зрения возможности размещения стружки во впадине или ее непрерывного отвода во время процесса;

большая нагрузка на протяжку, вызываемая большим числом режущих кромок, находящихся одновременно в работе; при протягивании глубоких отверстий, как правило, все зубья протяжки находятся в работе;

сложность охлаждения режущей кромки зубьев во время процесса, так как требуется применять специальные способы подвода охлаждающей жидкости.

Протягивание глубоких отверстий выполняется в цилиндрах нефтяных насосов, стойках шасси самолетов, лопастях винтов вертолетов, различных деталях в приборостроении, стволах артиллерийского и стрелкового оружия, деталях гидроприводов и различных гидросистем, цилиндрах компрессоров и т. д.

Профили протягиваемых отверстий могут быть самыми разнообразными.

**Протягивание отдельными зубьями-дисками.** Этот способ протягивания заключается в том, что через подготовленное отверстие протягиваются отдельные, сменяемые зубья-диски, насаживаемые на оправку. После очередного прохода зуб снимают и на оправку ставят новый зуб-диск следующего номера.

Комплект таких зубьев для протягивания шлицев диаметром 20 мм состоит из 40—50 шт. с подъемом на зуб (на диаметр) 0,02 мм для всех режущих зубьев и 0,01 мм — для последних пяти-шести зачистных зубьев.

Стойкость зуба до переточки составляет 50—60 м длины протягивания, общая стойкость до полного изнашивания

комплекта зубьев составляет свыше 2000 м. Квадратное отверстие в диске служит базой, относительно которой зубья ориентируют так, чтобы зубья любого диска в комплекте попадали в нарезы, образованные предыдущим диском.

Комплект дисков для протягивания шлицев в отверстиях диаметром 100 мм состоит из 23 дисков. Преимущества такого способа протягивания глубоких цилиндрических и шлицевых отверстий заключаются в относительной простоте изготовления инструмента, возможности перевода диска одного номера в комплекте в другой. Недостатком является сравнительно низкая производительность процесса.

**Протягивание протяжками с винтовыми зубьями.** Конструкция протяжек с винтовыми зубьями обеспечивает непрерывный вывод образующейся стружки, что снимает ограничения по длине протягиваемого отверстия. Но винтовые протяжки не дают высокого качества протянутой поверхности.

Одной из причин этого следует считать трудность качественной заточки режущей кромки на винтовой поверхности.

При расчете протяжек для протягивания глубоких отверстий необходимо обеспечить выполнение следующих двух условий: 1) стружка должна свободно размещаться во впадине зуба; 2) протяжка должна выдерживать усилие, возникающее в процессе протягивания.

Коэффициент заполнения впадины

$$K_{вп} = \frac{v_{вп}}{v_m},$$

где  $v_{вп}$  — объем впадины зуба протяжки;  $v_m$  — объем срезаемого металла (до превращения в стружку).

За объем впадины  $v_{вп}$  будем принимать только активную ее часть, ограниченную длиной  $m$ . Так как  $v_{вп} = \frac{\pi m}{4} (D^2 - d^2)$ ,  $v_m = \pi S_z L D$ , то

$$K_{вп} = \frac{m (D^2 - d^2)}{4 S_z L D}. \quad (1)$$

Введем коэффициент  $\eta$ , равный отношению диаметра зуба к диаметру впадины и определяющий глубину впадины:

$$\eta = \frac{D}{d}. \quad (2)$$

Исходя из условия равнопрочности резьбового хвостовика протяжки и тяги, с которой она свинчивается, найдем, что  $\eta = 1,4 \div 1,6$ .

Тогда, решая (1) относительно  $m$  и подставляя  $\eta$  из (2), получим

$$m = \frac{4K_{\text{вп}}S_z\eta^2}{D(\eta^2 - 1)}. \quad (3)$$

Боковое смещение стружки, которое позволяет наиболее полно использовать объем впадины, учитывается введением коэффициента

$$\psi = \frac{\pi D}{B}, \quad (4)$$

где  $B$  — суммарная длина режущих кромок на данном зубе.

Тогда формула (3) примет вид

$$m = \frac{4K_{\text{вп}}S_zL\eta^2}{D(\eta^2 - 1)\psi}. \quad (5)$$

Формула (5) определяет основной параметр протяжки — величину активной части впадины зуба.

Для определения шага зубьев необходимо сложить величины  $m$  и  $b$ .

Длина спинки зуба вдоль оси протяжки  $n$  легко определяется конструктивно или геометрически:  $n = h/\text{tg } \beta$  ( $\beta$  — угол наклона спинки зуба, равный  $50-60^\circ$ ); длина затылка  $b$  зуба определяется по следующей зависимости:

$$b = \eta^3 \sqrt{D}.$$

Для плоской протяжки расчет  $m$  ведется по формуле

$$m = \frac{K_{\text{вп}}S_zL}{h}.$$

Подъем на зуб при протягивании глубоких отверстий проводится по формуле

$$S_z = \lambda \frac{D^x}{L^y}. \quad (6)$$

Коэффициент  $\lambda$  зависит от протягиваемого материала и схемы резания. Например, для наиболее распространенного случая протягивания углеродистых и легированных сталей для шлицевых или других протяжек с прерывистой режущей кромкой, а также для круглых протяжек с применением специальных схем резания, разделяющих стружку по ширине,  $\lambda = 0,025 \div 0,030$ , а для круглых протяжек с профильной схемой резания  $\lambda = 0,015 \div 0,020$ .

Показатели степени имеют следующие значения:  $x = 0,6$ ;  $y = 0,3$ .

Расчет припуска под протягивание (мм) цилиндрических отверстий проводится по формуле

$$\delta = k D^{0,6} L^{0,20}, \quad (7)$$

где  $k = 0,02 \div 0,03$  — коэффициент, зависящий от степени точности подготовки отверстия под протягивание.

Число зубьев протяжки, допускаемых для однофазной работы, подсчитывается по формуле

$$z \leq \frac{\pi D^2 R_z}{4 \eta^2 B P S_z}. \quad (8)$$

Пример расчета комплекта протяжек для нарезов в трубе диаметром 37 мм приведен ниже.

Наружный диаметр нарезов  $D_n = 37,9^{+0,1}$ ; внутренний диаметр нарезов  $d = 37,0^{+0,1}$ ; число нарезов  $n = 16$ ; ширина нареза  $b_n = 4,76^{+0,3}$ ; длина отверстия  $L = 3000$  мм.

Обрабатываемый материал — хромоникелевая сталь термообработанная.

Рассчитаем протяжку с обычной схемой резания.

Подъем на зуб на сторону

$$S_z = \lambda \frac{D^x}{L^y} = 0,025 \frac{37^{0,6}}{3000^{0,30}} \approx 0,015 \text{ мм.}$$

Шаг режущих зубьев

$$t = m + n + b; \quad K_{вп} = 1,2 \cdot 4 = 4,8; \quad \psi = \frac{\pi 37}{16 \cdot 5} = 1,45;$$

$$m = \frac{4 K_{вп} S_z L \eta^2}{D (\eta^2 - 1) \psi} = \frac{4 \cdot 4,8 \cdot 0,015 \cdot 3000 \cdot 1,6^2}{37 (1,6^2 - 1) 1,45} = 26,5 \text{ мм.}$$



Примем конструктивно  $b = 5$  мм;  $n = 6$  мм. Тогда  $t = 26,5 + 5 + 6 = 37,5$  мм; принимаем  $t = 38$  мм.

Диаметр тела протяжки

$$d_n = \frac{D}{\eta} = \frac{37}{1,6} = 23 \text{ мм.}$$

Число режущих зубьев принимаем равным 9.

Проверим допустимость одновременной работы девяти зубьев из условий прочности:

$$z = \frac{\pi d_n^2 R_z}{4 \eta^2 B P S_z} = \frac{23^3 \cdot 40}{4 \cdot 2,56 \cdot 80 \cdot 532 \cdot 0,015} = 10, \text{ что более } 9.$$

Таким образом, условие прочности удовлетворяется и получаем длину протяжки 912 мм, число протяжек в комплекте 5 шт.

Рассмотрим вариант той же протяжки с применением шахматно-шлицевой схемы срезания припуска. В этом случае каждый зуб прорезает не 16 нарезов, а только 8, другие 8 нарезав прорезает следующий зуб, имеющий тот же диаметр. Всего протяжка имеет 10 зубьев, т. е. 5 пар. Число протяжек в комплекте 5 шт., длина протяжки 510 мм. Шаг зубьев 35 мм. Подъем на зуб вдвое больше, чем при обычной схеме резания, а именно 0,030 мм на сторону. Протяжка имеет осевое отверстие и радиальные отверстия, служащие для подачи СОЖ каждому зубу.

Необходимо протянуть отверстие во втулке цилиндра нефтяного насоса.

Диаметр просверленного отверстия под протягивание 26 мм, после протягивания он равен  $28,00^{+0,03}$  мм. Длина протягивания 300 мм. Материал детали — сталь 38ХМЮА.

Выберем круглошлицевую схему резания.

Подача на зуб на сторону

$$S_z = \lambda \frac{D^x}{L^y} = 0,03 \frac{27^{0,6}}{300^{0,3}} = 0,04 \text{ мм.}$$

Примем  $S_z = 0,045$  мм (на основе уточнения числа протяжек и длины протяжки).

Длина активной части впадины

$$m = \frac{4K_{\text{вп}}S_zL\eta^2}{D(\eta^2 - 1)\psi} = \frac{4 \cdot 3,5 \cdot 0,04 \cdot 300 \cdot 1,5^2}{27(1,5^2 - 1)2} = 5,6 \text{ мм};$$

$$\psi = \frac{\pi D}{B} = \frac{\pi \cdot 27 \cdot 2}{\pi \cdot 27} = 2.$$

Шаг зубьев

$$t = m + n + b = 5,6 + 5 + 6 = 16,6 \approx 17 \text{ мм}.$$

Диаметр тела протяжки

$$d_{\text{п}} = \frac{D}{\eta} = \frac{27}{1,5} = 18.$$

Проверим максимально допустимое число одновременно работающих зубьев из условия прочности протяжки:

$$z \leq \frac{\pi d_{\text{п}}^2 R_z}{4\eta^2 B P S_z} = \frac{19^2 \cdot 40}{4 \cdot 2,25 \cdot 30 \cdot 290 \cdot 0,45} = 13.$$

Следовательно, из условий прочности шаг

$$t = \frac{L}{z-1} = \frac{300}{13-1} = 25 \text{ мм}.$$

Из двух значений шага ( $t = 17$  мм из условия размещения стружки и  $t = 25$  мм из условия прочности) выберем большее, как удовлетворяющее двум условиям, т. е.  $t = 25$  мм.

При этом потребуется комплект из двух протяжек, каждая длиной 760 мм.

Для сравнения укажем, что ранее применявшаяся конструкция с обычной схемой резания имела три протяжки в комплекте при длине каждой из них, равной 960 мм.

**Протягивание шпоночного паза большой длины в отверстии малого диаметра.** В отверстии диаметром 8 мм стальной заготовки необходимо протянуть шпоночный паз шириной 3 мм, длиной 65 мм. Для протягивания этого шпоночного паза было разработано приспособление, базирующееся не по отверстию заготовки, как обычно, а наоборот, охватывающее заготовку. При этом используют обычную плоскую протяжку.

Приспособление состоит из корпуса, в котором имеется цилиндрическое отверстие для размещения протягиваемой заготовки. Сверху приспособление закрывают крышкой,

которая базируется шпильками. К крышке и к основанию корпуса базовыми шпильками и винтами прикреплены планки. Планки имеют вырез, в который проходит шпоночная протяжка. Сила протягивания (радиальная) прижимает протяжку своим основанием к дну выреза. Для установки и съема детали необходимо снять крышку.

Приспособление устанавливают в протяжном станке цилиндрической частью корпуса.

**Протягивание двустороннего шпоночного паза с высокой точностью по размерам и симметрии.** В отверстии диаметром 6 мм необходимо протянуть с двух сторон шпоночные пазы шириной 3 мм; при этом допускаемое смещение паза относительно оси отверстия должно составлять не более 0,03 мм.

Обычная двусторонняя шпоночная протяжка не дает требуемой точности по симметрии. Это условие обеспечивает специально сконструированная протяжка, которая вначале работает круглыми режущими зубьями, а затем шпоночными. Круглые зубья калибруют отверстие до диаметра 6 мм и одновременно обеспечивают правильное направление относительно оси отверстия последующих зубьев, образующих шпоночные пазы. Хвостовик протяжки имеет резьбу для соединения с тягой. Это уменьшает длину протяжки, что важно для точного ее изготовления. Шаг зубьев был также уменьшен по сравнению со старой конструкцией, что обеспечило лучшее направление протяжки, а также уменьшило ее длину. Протяжка новой конструкции имела длину 170 мм (в старой конструкции 320 мм).

**Протягивание двустороннего паза шириной  $18^{+0,08}$  мм на диаметр  $48^{+0,12}$  и отверстия диаметром  $34^{+0,06}$  мм.** В данном случае также необходимо обеспечить симметрию паза с высокой точностью.

Для протягивания данного профиля длиной 400 мм была разработана конструкция протяжки со специальными боковыми направляющими. Обе боковые направляющие идут вдоль всей протяжки и направляют ее по заранее обработанному отверстию диаметром  $34^{+0,06}$ . Сечение направляющих представляет собой часть цилиндрической поверхности. Ввиду того, что диаметр по зубьям протяжки больше диаметра по направляющим, обработка последних методом круглого шлифования невозможна.

Поэтому приходится их обрабатывать, шлифовать на шлищешлифовальном станке профильным кругом. Подъем на зуб (на диаметр) в данной протяжке равен 0,1 мм.

Для получения низкой шероховатости боковых сторон паза и обеспечения размера по ширине паза  $18^{+0,08}$  мм в комплекте протяжек предусмотрена последняя протяжка, имеющая режущие зубья с боковыми кромками. При этом зубья 1—10-й имеют только боковые режущие кромки и протягивают паз по ширине с размера 17,66 мм до размера  $18^{+0,08}$  мм (зуб 10-й имеет размер 18,07 мм). Остальные зубья (11—15-й) не имеют боковых режущих кромок, а имеют только основные и калибруют окончательно размер  $48^{+0,12}$  мм (зуб 11-й имеет размер 48,08 мм, а зубья 12—15-й размер 48,12 мм). Кроме сквозных направляющих, базирующих протяжку по цилиндрической поверхности диаметром  $34^{+0,06}$  мм, протяжка имеет также переднюю и заднюю направляющие, которые базируют протяжку по пазу  $18^{+0,08}$  мм.

Протягивание винтовых шлицев имеет свои особенности.

Протяжки, применяемые для протягивания винтовых шлицев, должны иметь шлицевые выступы (режущие кромки), расположенные с определенной подачей на зуб, но не по прямой линии, а по винтовой, т. е. соответственно винтовой линии шлицев в детали. Зубья протяжек и их впадины (стружечные канавки) могут иметь или кольцевую форму (протяжки с кольцевым зубом) или винтовую (винтовые протяжки). Протяжки с кольцевым зубом следует применять при небольших углах наклона винтовой линии шлицев к оси (до  $15^\circ$ ), так как шлицевой выступ получает различные углы в плане на режущей кромке, вследствие чего создаются различные условия резания на углах режущих кромок и сильное ослабление одного из уголков. При углах наклона шлицев более  $15^\circ$  следует применять винтовые протяжки, но с направлением, обратным направлению шлицевых выступов (например, при правом наклоне шлицев винтовая линия зубьев протяжки делается левой, и наоборот). Для создания лучших и одинаковых условий резания на уголках шлицевого выступа винтовую линию стружечных канавок следует делать нормальной к винтовой линии зубьев или с небольшим отклонением от нее.

При протягивании винтовых шлицев комплектом протяжек необходимо обеспечить попадание последующих протяжек комплекта в шлицы, образованные предыдущими протяжками. Для этой цели на передних направляющих протяжек (начиная со второй протяжки) шлицевые выступы прорезаются так же, как и на режущих кромках протяжки, что достигается шлифованием винтовых канавок на проход по всей длине протяжки. Затем шлицевые выступы на направляющих дополнительно шлифуют по ширине для обеспечения зазора при вхождении направляющей в прорезанные в детали шлицы. Величина этого зазора будет зависеть от допуска на ширину шлицев. Шлицевые выступы на передней направляющей имеют в передней части небольшие скошенные участки (заходы) для обеспечения попадания протяжки в шлицы детали.

## МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОТЯГИВАНИЯ

### ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ В АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ

Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов — главные, решающие средства, обеспечивающие дальнейший технический прогресс в народном хозяйстве.

Автоматические линии представляют собой систему автоматических станков, установленных в порядке технологического процесса обработки и связанных транспортными устройствами, с единым темпом и механизмом управления.

Автоматическая линия для обработки зубчатых колес с переналадкой может выпускать до десяти типоразмеров зубчатых колес. Зубчатые колеса изготовляют из штампованных заготовок, имеющих форму диска, в центре которого сделано отверстие. Линия для обработки зубчатых колес состоит из восьми встроенных автоматов вертикального типа, соединенных транспортным устройством, расположенным вне станков с их лицевой стороны на высоте загрузочных устройств станка.

Заготовки зубчатых колес укладывают в бункер, откуда они механической рукой подаются на приемную позицию транспортного устройства, которое и перемещает заготовки на токарные автоматы для обработки торцов, обточки цилиндрической поверхности и обработки отверстий. Затем на протяжном автомате обрабатывают шлицы в отверстиях, а на токарном автомате проводят чистовую обработку торцовых и цилиндрической поверхностей, после чего зубчатое колесо поступает в автоматический магазин, из него — на нарезание зубьев и затем на автомат для закругления зубьев с одной стороны. В дальнейшем на зубошлифовальном автомате выполняют отделку рабочих поверхностей зубьев. Обработанные шестерни второй

механической рукой, расположенной в конце линии, укладываются в бункер.

В автоматическую линию обработки зубчатых колес на одном из заводов включен вертикально-протяжной станок для протягивания отверстий.

Для обработки зубчатых колес распределительного валика применяется автомат, выполняющий сверление бокового отверстия, протягивание шпоночной канавки в центральном отверстии, клеймение на торце зубчатых колес и автоматическую передачу заготовки на конвейер.

Для протягивания эвольвентного шлицевого отверстия во втулке кардана построена автоматическая линия из трех вертикально-протяжных станков-автоматов. Линия осуществляет следующие операции: протягивание круглого отверстия; предварительное протягивание эвольвентных шлицев и окончательное протягивание отверстия по внутреннему диаметру; окончательное протягивание эвольвентного профиля шлицев.

Заготовки загружаются на склиз, ведущий к первому станку линии. Все дальнейшие операции обработки, передачи и закрепления изделия полностью автоматизированы.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОТЯЖНЫХ СТАНКОВ

Современные протяжные станки оснащены автоматически действующими механизмами, значительно облегчающими труд, повышающими производительность, обеспечивающими работу на непрерывном автоматическом цикле и возможность встраивания в автоматические линии без каких-либо переделок базовой модели станка. Это механизмы загрузки и выгрузки обрабатываемых заготовок, подвода и отвода протяжки, удаления стружки, очистки зубьев протяжки от стружки и др.

Электро- и гидрооборудование станка обеспечивает его работу на различных циклах, начиная от самых простых и кончая полностью автоматизированными, при которых роль оператора сводится только к периодической загрузке бункера или магазина и замене затупившихся протяжек.

На рис. 1 показано устройство для загрузки заготовок коромысел в приспособление на станках МП-11. Команду на загрузку заготовки в приспособление подает само

приспособление. Относительная скорость загрузочной каретки и приспособления в момент загрузки близка к нулю. Во время загрузки обеспечиваются отсекание потока заготовок, т. е. в гнездо приспособления может быть загружена только одна заготовка, и предохранение

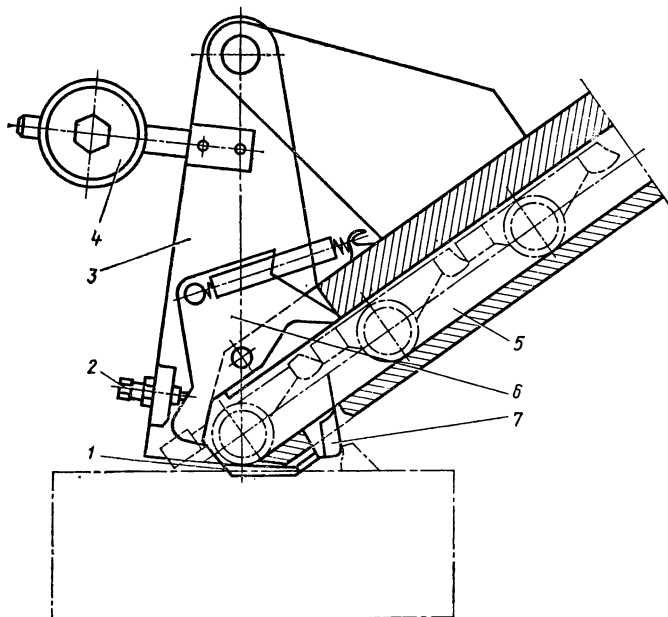


Рис. 1. Автоматическое загрузочное устройство для коромысел клапана к станку МП-11:

1 — упор; 2 — винт; 3 — обойма; 4 — груз; 5 — лоток; 6 — собачка; 7 — сухарь

механизма загрузки от поломок в том случае, если заготовка заклинилась в лотке, питающем загрузочное устройство. Устройство предназначено для работы в автоматической линии, и лоток, подводящий заготовки к загрузочному механизму, соединяет его с предыдущим станком линии.

Работа загрузочного устройства происходит следующим образом. Заготовки, находящиеся в лотке 5, удерживаются от выпадения неподвижным упором 1 снизу и собачкой 6 спереди. Собачка 6 нажата регулируемым



винтом 2, находящимся на качающейся обойме 3, которая состоит из двух секторов, закрепленных на общей оси. С внутренней стороны к секторам прикреплены сухари 7. Обойма находится в исходном положении под воздействием груза 4.

Когда зажимное приспособление станка окажется под грузочным устройством, последнее, воздействуя на упор

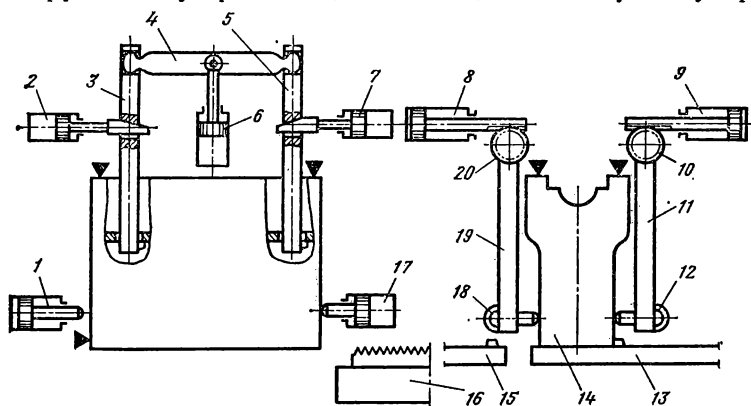


Рис. 2. Схема приспособления протяжного станка ЛМ-1-С6:

1, 2, 6, 7, 8, 9, 12, 17, 18 — цилиндры; 3, 5 — штанги; 4 — коромысло; 10, 20 — зубчатые колеса; 11, 19 — заслонка; 13, 15 — транспортер; 14 — обрабатываемая заготовка; 16 — каретка

в обойме, при своем дальнейшем движении отклонит обойму от ее исходного положения. При этом с помощью сухарей 7 обойма захватывает нижнюю заготовку из лотка и переносит ее в паз приспособления. Следующая заготовка при этом удерживается от выпадения отсекателем на собачке 6. После того как загружаемая заготовка под действием силы тяжести переместится в паз приспособления и воздействие упора 1 на качающуюся обойму прекратится, последняя возвратится в исходное положение. При этом отсекаТЕЛЬ на собачке 6 поднимется и в нижнюю зону лотка поступит следующая заготовка, т. е. грузочное устройство готово к следующему циклу работы.

На рис. 2 показана схема приспособления протяжного станка ЛМ-1-С6 автоматической линии ЛМ-1 для протягивания плоскостей блока цилиндров дизеля СМД.

На схеме приспособление изображено в положении зажима заготовки. Оно работает в комплексе с загрузочным и разгрузочным транспортерами. Загрузочный транспортер 13 подает блок в зону приспособления, причем заготовка обрабатываемой поверхностью опирается на штанги транспортера. По окончании загрузки подается масло в штоковую полость цилиндра 6. Опускаясь вниз, поршень через шток и коромысло 4 опускает штанги 3 и 5, которые проходят в отверстия в блоке. После опускания штанг масло подается в цилиндр 17, шток которого подает блок вперед до упора. При этом поперечная стенка блока занимает положение над зубьями штанг 3 и 5. Далее следует подъем штанг, и блок доводится до верхних базовых площадок. Затем срабатывают цилиндры 8 и 9, на штоках которых нарезаны рейки, сцепляющиеся с зубчатыми колесами 20 и 10. Происходит опускание заслонок 19 и 11, зажимающих блок по боковым сторонам.

По окончании зажима подается масло в цилиндры заклинивания 2, 7, 18 и 12 и происходит заклинивание штанг и заслонок. Обрабатываемая заготовка устанавливается на базы и надежно закрепляется. Начинается рабочий ход каретки 16 с закрепленной на ней протяжкой.

По окончании рабочего хода штанги разгрузочного транспортера 15 подходят под обработанную плоскость блока. Масло подается в штоковые полости цилиндров 17, 2, 7, 18 и 12. Происходит освобождение заготовки от крепления с торца и расклинивание заслонок и штанг. В дальнейшем происходит подъем заслонок 19 и 11 и опускание штанг 3 и 5 с обработанной заготовкой 14, которая своей обработанной плоскостью устанавливается на штанги разгрузочного транспортера 15. Масло поступает в цилиндр 1, шток которого перемещает блок назад. При этом зубья штанг выходят из-под поперечных стенок блока, и штанги имеют возможность подняться вверх, не поднимая блока. После подъема штанг разгрузочный транспортер 15 выносит обработанную заготовку из приспособления.

На рис. 3 показана конструкция автоматизированного приспособления для загрузки-разгрузки и закрепления заготовки гайки рулевого управления при протягивании паза.

Все механизмы приспособления смонтированы на плите 35, закрепленной на рабочем столе станка. Гидропривод стола отключен, и стол закреплен неподвижно на рабочей

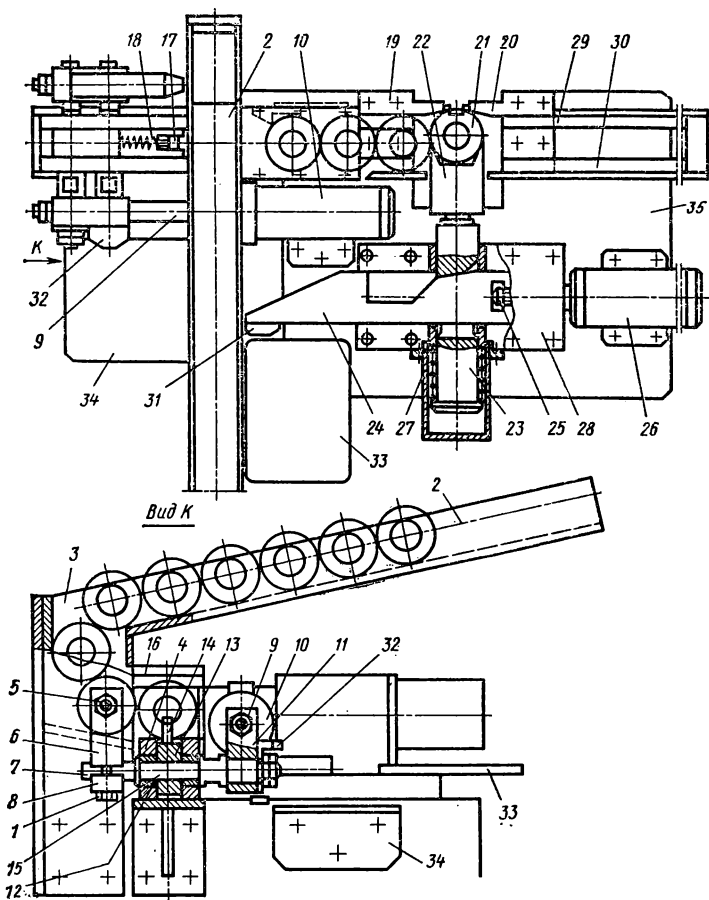


Рис. 3. Загрузочно-разгрузочное и зажимное приспособления для протягивания паза в заготовке гайки рулевого управления

позиции, т. е. в подведенном положении. Функции конечных выключателей рабочего стола, подающих электрические команды на выполнение рабочего и обратного ходов рабочей каретки, выполняют конечные выключа-

тели механизмов автоматизированных приспособлений. Вся гидро- и электроаппаратура, связанная с приводом перемещения рабочего стола, а также механизмы привода стола не демонтированы, а лишь отключены. Таким образом, при необходимости переналадка станка на протягивание других заготовок с изменением рабочего цикла осуществляется без каких-либо доделок и занимает не много времени.

Заготовки по наклонному лотку 2 поступают в вертикальный канал 3. В нижней части канала 3 имеется окно для вывоза заготовок на исходную позицию. При включении механизма подачи заготовка, находящаяся в нижней части вертикального канала 3, задерживается отсекателем 5, что обеспечивает беспрепятственное ее перемещение с исходной позиции.

Привод механизмов отсекаателя и подачи осуществляется от гидроцилиндра 10, смонтированного на плите 35. На конце штока 9 гидроцилиндра 10 закреплен кронштейн 11, в нижней части которого вмонтированы два пальца 7. На пальцы 7 насажены два бронзовых сухаря 12, перемещающихся по пазам направляющих 4. Между направляющими 4 помещена ползушка 13, через отверстия которой проходят пальцы 7. На консольных концах пальцев, имеющих двусторонние лыски, закреплен кронштейн 6 при помощи прижимной планки 8 и двух болтов 1. В отверстие кронштейна 6, расположенное в верхней части, вставлен отсекатель 5.

В передней части ползушки 13 на оси насажен упор 14. Пружина удерживает упор в вертикальном положении. При перемещении штока 9 гидроцилиндра 10 вправо отсекатель 5 заходит в отверстие заготовки, находящейся на позиции, предшествующей исходной.

После захода отсекаателя в отверстие заготовки на глубину 5—10 мм упор 14 подходит вплотную к заготовке, находящейся на исходной позиции, и перемещает ее по направляющим планкам 4. По пути перемещения верхний край заготовки упирается в крышку туннеля 16. При дальнейшем перемещении ползушки 13 упор 14 переворачивает заготовку и ставит ее на торец. При этом упор 14 заходит в отверстие заготовки, продолжая перемещать ее. Проходя по туннелю, заготовка отжимает собачку 17, закрепленную на пластинчатой пружине 18, и перемещает

все последующие заготовки, сдвигая протянутую заготовку с рабочей позиции по планкам 29 и 30 в выгрузной лоток. Загрузка рассчитана таким образом, чтобы на рабочую позицию с точностью  $\pm (2-3)$  мм подводилась очередная заготовка. Собачка 17 возвращается в исходное положение за 50—10 мм до окончания хода.

После остановки подачи включается гидроцилиндр 26 механизма зажима и передвигает поршень со штоком 25 влево. Последний соединен с клином 24. Клин имеет две рабочие плоскости: одна с углом наклона  $45^\circ$  обеспечивает перемещение скалки 23 на большую величину; вторая с углом наклона  $7^\circ$  — поджим заготовки к планкам 19 и 20.

Стабильность положения заготовки в процессе резания достигается вследствие наличия самотормозящейся пары (скалка 23 и клин 24) с высокой жесткостью деталей механизма зажима. Конец скалки 23 соединен с призмой 22, которая обеспечивает правильную ориентацию заготовки на рабочей позиции 21. При разжипе отвод скалки 23 в исходное положение осуществляется при помощи пружины 27. Клин 24 перемещается в направляющих, которые сверху закрыты крышкой 28.

Площадки 33 и 34 служат для установки путевых выключателей, задающих последовательность перемещений. Упоры 31 и 32, один из которых смонтирован на клине 24, а второй на кронштейне 11, служат для включения путевых выключателей. Отвод механизма подачи в исходное положение (на рисунке крайнее левое) происходит до начала очередного рабочего хода. При перемещении ползушки 13 влево собачка несколько сдвигает назад ту заготовку, которую она подавала во время последнего хода вправо. Смещение назад происходит до тех пор, пока заготовка не упрется в зуб собачки, который задержит ее от дальнейшего перемещения. Обратный сдвиг облегчает правильное центрирование другой заготовки, которая в это время находится на исходной рабочей позиции.

При дальнейшем перемещении ползушки 13 влево упор 14, упираясь во внутреннюю поверхность отверстия заготовки, поворачивается вокруг оси 15 по часовой стрелке до тех пор, пока не выйдет из контакта с заготовкой. Пружина возвращает собачку 17 в исходное положение. При дальнейшем движении происходит также вывод

отсекателя 5 из заготовки, находящейся в нижней части вертикального канала 3. Заготовка скатывается на исходную позицию. Затем цикл повторяется.

Автоматизированное загрузочное устройство (рис. 4) включает наклонные склизы, по которым перекачивается заготовка, отсекатели, смонтированные на верхнем торце

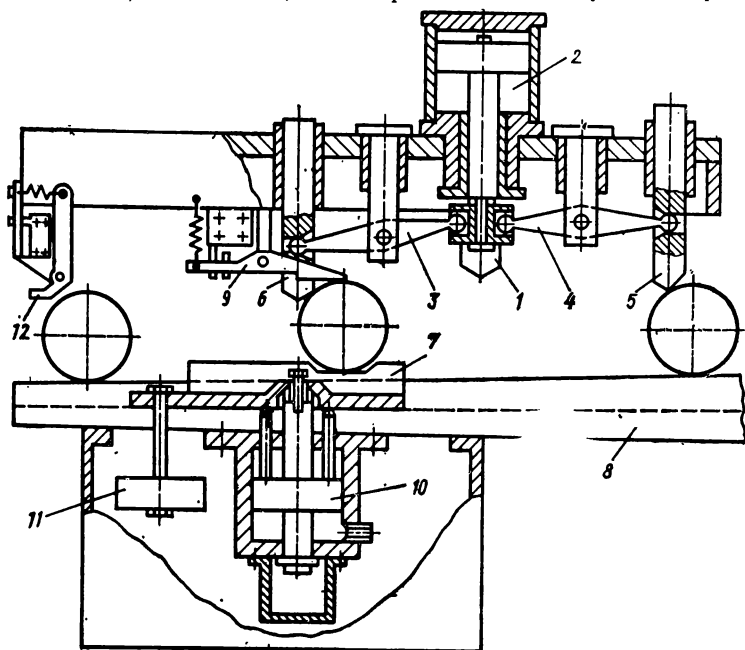
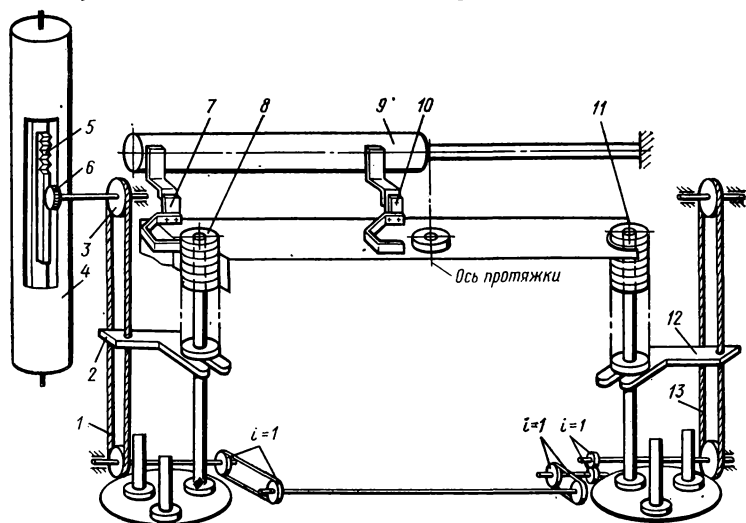


Рис. 4. Автоматизированное загрузочное устройство

опорной плиты станка, и автоматический подъемник, подающий заготовки на загрузочную позицию приспособления. Отсекатель 1 подготовительной позиции, приводимый в движение пневмоцилиндром 2, связан рычагами 3 и 4 с отсекателями 5 и 6 загрузочной и рабочей позиций. В исходном положении, когда протяжка отведена, отсекатель 1 опущен, заготовка находится на подготовительной позиции. Два других отсекаателя 5 и 6 в это время подняты. Поэтому загрузочная и рабочая позиции свободны. Балансирующий адаптер 7, расположенный между склизами 8, при этом опущен.

При пуске станка задний путевой переключатель подает команду на подъем отсекателя 1. Освобожденная заготовка перекачивается по склизу к рабочей позиции и задерживается отсекателем 6. Она нажимает на рычаг 9 микропереключателя. Последний подает команду на подвод протяжки и на подъем адаптера с помощью пневмо-



**Рис. 5. Автоматизированное загрузочно-разгрузочное приспособление для вертикально-протяжных станков:**

1, 13 — цепи; 2, 12 — подвижные площадки; 3 — звездочка; 4 — гидроцилиндр; 5 — рейка; 6 — зубчатое колесо; 7, 10 — захваты; 8 — магазин; 9 — гидроцилиндр; 11 — разгрузочное приспособление

цилиндра 10, который и устанавливает заготовку в рабочую зону. Чтобы исключить гравитационное воздействие на протяжку, заготовка уравнивается грузом 11. В конце рабочего хода подается команда на подъем отсекателей 5 и 6 и опускание адаптера 7. При этом очередная заготовка попадает на подготовительную позицию, а обработанная заготовка скатывается по склизам из рабочей позиции и задевает рычаги 12 двух сброкированных микропереключателей, которые подают команду на включение обратного хода ползуна станка.

Автоматизированное загрузочно-разгрузочное приспособление для вертикально-протяжных станков (рис. 5)

состоит из магазинного загрузочного приспособления 8, магазинного разгрузочного приспособления 11 и подвижных площадок 2 и 12 для подъема и опускания протянутых заготовок. Перемещение этих площадок соответственно вверх и вниз осуществляется после каждого цикла на высоту одной заготовки. Движение производится гидроцилиндром 4 через рейку 5, зубчатое колесо 6, звездочки 3 и 4 и цепи 1 и 13. Подача заготовок из магазинного приспособления 8 в зону протягивания и протянутых заготовок в магазинное приспособление 11 осуществляется гидроцилиндром 9, на котором расположены захваты 7 и 10.

Автоматизация горизонтально-протяжного станка осуществлена путем небольшого изменения схемы управления и дополнительной установки вновь спроектированных узлов: подъемника, наклонного лотка, питателя, магазина, призмы для загрузки и разгрузки (рис. 6).

Заготовки от трубоотрезного станка подаются подъемником 1 в наклонный лоток 2, из которого отсекателем 3 поштучно выдаются на призму 4 питателя протяжного станка. Происходит протягивание их внутренней поверхности. В конце рабочего хода протяжки призмы питателя, закрепленные на штоке гидроцилиндра 6, опускаются вниз, и обработанная втулка скатывается по наклонному лотку 5 в ящик. Для удаления металлической стружки с протяжки по ходу движения установлены щетки, приводимые в движение пневматическим цилиндром. Стружка удаляется во время холостого хода.

Управление автоматическим циклом работы станка осуществляется четырьмя конечными выключателями. Схема управления станком — электрогидравлическая.

На рис. 7 показана схема механизма подвода и отвода протяжки, применяемого на горизонтально-протяжных станках. Механизм состоит из поддерживающей ползушки 9, жестко связанной со штоком 7 цилиндра вспомогательной каретки 6; ползушки вспомогательного патрона 4; штанги 8, на которой закреплены шестерня 10 и кулачок замка 5; скалки 11, на которой нарезана зубчатая рейка; поддерживающего ролика 2; приводного ролика 12 и копира 13.

На схеме механизм изображен в исходном положении. Скалка 11 поднята вверх, протяжка 3 опирается на под-



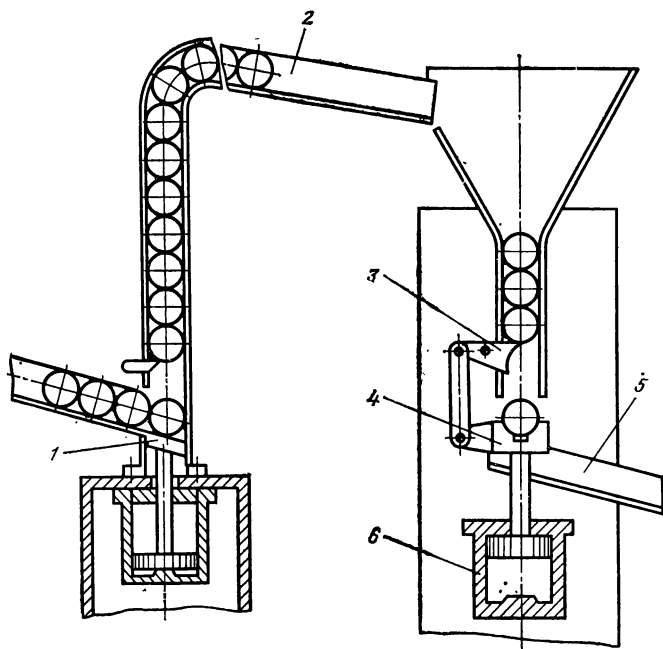


Рис. 6. Автоматизация горизонтально-протяжного станка:

1 — подъемник; 2, 5 — лотки; 3 — отсекатель; 4 — призма питателя; 6 — гидроцилиндр

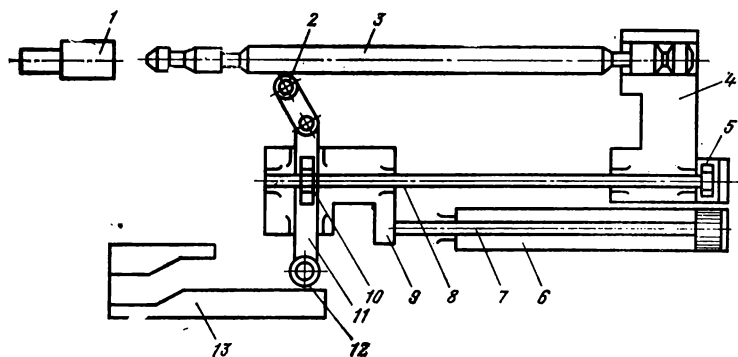


Рис. 7. Схема механизма подвода и отвода протяжки:

1, 6 — каретка; 2, 12 — ролики; 3 — протяжка; 4 — патрон, 5 — замок; 7 — шток; 8 — штанга; 9 — ползушка; 10 — шестерня; 11 — скалка; 13 — копир

держивающий ролик 2, кулачок замка 5 повернут так, что штанга 8 связана с ползушкой вспомогательного патрона 4. При включении цикла шток 7 перемещает поддерживающую ползушку 9 и связанную с ней через штангу 8 ползушку вспомогательного патрона 4, в котором находится задний хвостовик протяжки. Когда передний хвостовик протяжки войдет в патрон рабочей каретки 1, ролик 12 набегают на копиру 13 и опускает скалку 11 с поддерживающим роликом 2. При этом поворачивается шестерня 10 и соединенная с ней штанга 8, и кулачок замка 5 размыкает штангу с ползушкой вспомогательного патрона 4.

Ползушка 9 воздействует на конечный выключатель, подающий команду на отключение цилиндра 6 и на начало рабочего хода. Захваченная патроном рабочей каретки протяжка подается вперед и увлекает за собой ползушку вспомогательного патрона 4, которая перемещается до упора в ползушку 9. При продолжении рабочего хода протяжка выдергивается из патрона вспомогательной каретки и уходит вперед. По окончании рабочего хода происходит ускоренный обратный ход. Протяжка попадает задним хвостовиком в патрон вспомогательной ползушки и толкает ползушку назад. При своем движении назад ползушка вспомогательного патрона 4 упирается в кулачок замка и через штангу 8 увлекает назад ползушку 9. Перемещаясь по копиру, ролик 12 поднимает скалку 11 с поддерживающим роликом 2. При повороте шестерни 10 кулачок замка 5 соединяет штангу 8 с ползушкой вспомогательного патрона 4.

По окончании обратного хода рабочей каретки подается команда на обратный ход цилиндра вспомогательной каретки. Шток 7 перемещает ползушку 9 и связанную с ней штангой 8 ползушку вспомогательного патрона 4. Обе ползушки с протяжкой перемещаются назад и останавливаются в заднем исходном положении.

Тщательная очистка стружечных канавок протяжек от приставшей стружки является одним из важнейших условий улучшения работоспособности и повышения надежности протяжек, а также увеличения производительности процесса протягивания. Удаление стружки, оставшейся в стружечных канавках, особенно важно при автоматизированном производстве. Для очистки протяжек

от стружки применяют приспособления. Одно из этих приспособлений с поворачивающимися капроновыми щетками (рис. 8) может применяться на вертикально-протяжных станках при очистке от стружки круглых протяжек. Оно состоит из чугунного корпуса 10, в котором закреплена стальная втулка 11 со свободно посаженным зубчатым колесом 1. Это колесо приводится во вращение шестерней 9, закрепленной на валу двигателя.

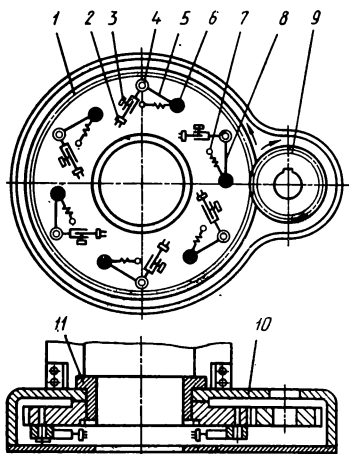


Рис. 8. Приспособление для очистки протяжек от стружки

определенного радиуса; затем щетки закрепляют винтами 3.

Очистку протяжки от стружки осуществляют следующим образом. В начале обратного хода протяжки включается двигатель очистительной установки и приводит во вращение шестерню и связанное с ней зубчатое колесо. При этом грузы под действием центробежной силы преодолевают сопротивление пружин 8 и поворачивают рычаги с насаженными щетками до упора 7, приближая их тем самым к протяжке и осуществляя удаление стружки. По окончании обратного хода двигатель выключается, и пружины возвращают рычаги с щетками в исходное положение, прекращая тем самым процесс очистки. Это предохраняет капроновые щетки от порчи их режущими кромками протяжки при ее рабочем ходе, а также режущие кромки протяжки от затупления при обратном ходе станка.

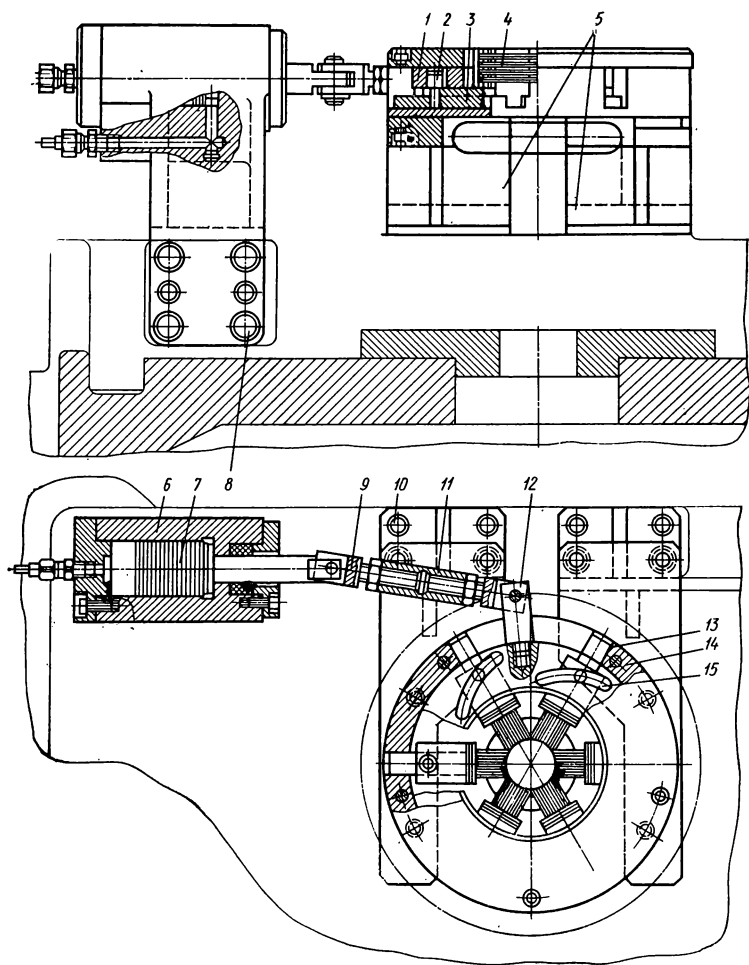
На диске колеса неподвижно закреплены по радиусу несколько осей 4, на которых могут свободно поворачиваться щеткодержатели, выполненные в виде подпружиненных рычагов 5 с грузом 6. Для обеспечения сбивки стружки с круглых протяжек различных диаметров и выбора при этом определенного режима очистки производится регулируемая установка щеток 2 на рычагах 5 по окружности

определенного радиуса; затем щетки закрепляют винтами 3.

Для механического удаления стружки разработано автоматическое действующее приспособление, которое может быть использовано как на вертикальных, так и на горизонтальных станках при протягивании отверстий различной формы. Приспособление применено на вертикально-протяжном станке Э103, встроенном в автоматическую линию по производству зубчатых колес.

Приспособление устроено следующим образом (рис. 9). Цилиндр 6 и кронштейн 5 винтами 8 и 10 крепят на столе станка. Шток цилиндра соединен тягой 9 с рычагом 12 при помощи муфты 11. Рычаг 12 жестко соединен с диском 1, расположенным в корпусе 14. Диск имеет шесть спиралеобразных пазов 15, в которые входят пальцы 2 подвижных кареток 3. На каждой подвижной каретке закреплены щетки 4 из стальной проволоки диаметром 0,5 мм. В корпусе 14 имеются пазы 13, по которым перемещаются подвижные каретки 3. При движении протяжки вниз во время рабочего хода масло поступает в правую полость цилиндра 6. Поршень 7, перемещаясь влево, поворачивает рычаг 12 и диск 1 против часовой стрелки. При помощи пазов 15 и диска 1 подвижные каретки 3 разводятся и протяжка свободно проходит в патрон рабочей каретки. При движении протяжки вверх во время обратного хода каретки станка масло поступает в левую полость цилиндра 6. Поршень 7 перемещается вправо, а рычаг 12 и диск 1 поворачиваются по часовой стрелке. Подвижные каретки 3 подводятся к центру устройства так, что диаметр отверстия, образуемого щетками, получается на 2—3 мм меньше диаметра протяжки.

Разработан бесконтактный способ автоматической очистки протяжек от стружки высоконапорной струей СОЖ. При этом способе (рис. 10, а) в начале рабочего хода, когда первые режущие зубья протяжки выходят из обрабатываемой заготовки, на них подают СОЖ тонкой струей, охватывающей режущий зуб протяжки по всему периметру. Струю СОЖ подают на протяжку под углом  $\gamma_1$  к передним поверхностям 4 ее зубьев; угол  $\gamma_1$  превышает наибольший передний угол  $\gamma$  зубьев протяжки. Струя СОЖ (шириной  $b$ ) попадает с высокой скоростью (20—100 м/с) между спинкой 1 предыдущего зуба и стружкой 2, отрывает последнюю от передней поверхности и перемещает ее через режущую кромку 3 и заднюю поверх-

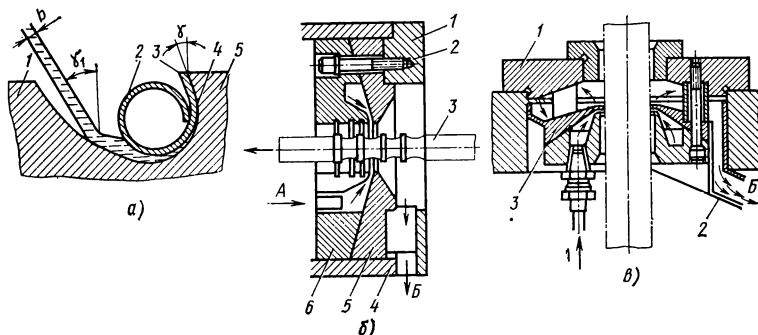


**Рис. 9. Автоматическое приспособление для очистки протяжек от стружки:**

1 — диск; 2 — пальцы; 3 — каретки; 4 — щетки; 5 — кронштейн; 6 — цилиндр; 7 — поршень; 8, 10 — винты; 9 — тяга; 11 — муфта; 12 — рычаг; 13, 15 — пазы; 14 — корпус

ность 5, отводя таким образом стружку от зоны резания.

Устройство для очистки протяжки от стружки (рис. 10, б) к горизонтально-протяжному станку монтируют в опорной плите 4 протяжного станка и крепят к планшайбе 1 винтами 2 с пружинными шайбами. Оно выполнено в виде разъемного кольца, состоящего из двух колец — переднего 5 с центрирующим выступом для установки в планшайбе 1 и заднего 6 с кольцевой выточкой



**Рис. 10. Очистка протяжки от стружки высоконапорной струей СОЖ:**

а — схема очистки протяжки от стружки; 1 — спинка зуба; 2 — стружка; 3 — режущая кромка; 4 — передняя поверхность; 5 — протяжка; 6 — устройство для очистки к горизонтально-протяжному станку; 1 — планшайба; 2 — винты; 3 — протяжка; 4 — опорная плита; 5, 6 — кольца; 7 — устройство для очистки к вертикально-протяжному станку; 1 — опорная плита; 2 — наклонный лоток; 3 — верхнее кольцо

и отверстием для подвода СОЖ. Поверхности разъема колец 5 и 6 образуют кольцевое сопло, струя из которого выходит под углом к направлению рабочего перемещения протяжки 3.

В начале рабочего хода протяжки СОЖ от насоса подают в кольцевое сопло, откуда она через щель в виде высоконапорной струи попадает на протяжку и смывает с нее стружку. Кольцевые канавки в центральном отверстии кольца 5 предотвращают разбрызгивание СОЖ на детали станка. СОЖ вместе со стружкой через отверстие в планшайбе 1 стекает в отстойник.

Устройство для очистки протяжек от стружки к вертикально-протяжному станку (рис. 10, в) устанавливают под опорной плитой 1. Его конструкция аналогична устройству к горизонтально-протяжному станку. Благодаря равномерному кольцевому зазору между сборной

плитой 1 и верхним кольцом 3 СОЖ со стружкой удаляется самотеком в отстойник по наклонному лотку 2.

В СССР разработан ряд конструкций непрерывно-протяжных автоматов с высокими технико-экономическими показателями. Созданы три типа автоматов: с непрерывно перемещающимися изделиями; с непрерывно перемещающимся инструментом и многопозиционными поворотными столами горизонтального и вертикального исполнения; зубопротяжные автоматы с непрерывным перемещением инструмента и делительным шпинделем для обработки зубьев прямозубых колес взамен зубофрезерования.

Характерной особенностью станков первого и второго типа являются высокие скорости протягивания (до 80 м/мин) и небольшое вспомогательное время.

Модификация этих автоматов дает возможность совместить в одном станке ряд последовательных операций протягивания. Это позволяет одним автоматом заменить линию из нескольких протяжных станков и повысить производительность в 2—3 раза.

Станки третьего типа позволяют с высокой производительностью обрабатывать не только зубчатые колеса, но и шлицевые валики, пазы корпусов фрез, пазы в дисках турбин и тому подобные заготовки.

Непрерывно-протяжные автоматы производительнее фрезерных станков в 8—12 раз и обычных протяжных станков в 4—6 раз. Потери на вспомогательное время у автоматов с непрерывным перемещением инструмента меньше (примерно в 5—8 раз), чем у обычных протяжных станков, а у автоматов с непрерывным перемещением заготовок их совсем нет. Съем продукции с единицы площади в среднем в 5—7 раз выше, чем при фрезеровании, и в 2—3 раза выше, чем при обычном протягивании.

Непрерывно-протяжные автоматы обеспечивают получение высоких точности и качества обработанной поверхности за счет конструктивной особенности главного рабочего узла транспортера, в котором ползушки, несущие заготовки или инструмент, на рабочем участке имеют прямолинейное перемещение.

Заготовки простой конфигурации и особенно заготовки массового изготовления целесообразно обрабатывать

на непрерывно-протяжных автоматах с перемещающимися изделиями.

Заготовки более сложной конфигурации, заготовки с большим съемом металла массового и крупносерийного производства выгоднее обрабатывать на непрерывно-протяжных станках с перемещающимся инструментом.

Заготовки сложной конфигурации, с множеством одинаковых элементов, подлежащих протягиванию, целесообразно обрабатывать на непрерывно-протяжных станках с перемещающимся инструментом и делительными шпинделями.

Непрерывно-протяжной автомат транспортного типа с движением заготовки (модель ДТГ2) (рис. 11) предназначен для обработки заготовок габаритом  $30 \times 30 \times 80$  мм. Станок транспортного типа с движением заготовки при обработке имеет максимально допустимое тяговое усилие 12 кН, скорость протягивания 4,5—9 м/мин.

Автомат имеет станину, на верхней плоскости которой в горизонтальном положении установлены транспортер, бункер с питателем, привод и другие исполнительные органы станка. Транспортер имеет двадцать ползушек, скрепленных между собой цепью и приводимых в движение зубчатыми колесами. На каждой ползушке транспортера укреплено автоматическое зажимное приспособление, назначение которого сводится к тому, чтобы автоматически подхватить из приемника питателя бункера очередную заготовку, зажать ее и после прохождения зоны резания в зоне сброса автоматически сбросить обработанную заготовку в ящик готовой продукции. Загрузочное устройство представляет собой агрегат, состоящий из вибробункера или магазина и питателя с приемником. Протяжка устанавливается неподвижно в зажимной обойме, что создает удобства при монтаже и демонтаже.

Заготовки загружаются в вибробункер, откуда поочередно движутся по питателю в направлении к приемнику питателя. Поступающие из приемника заготовки подхватываются по одной зажимным автоматическим приспособлением, зажимаются и переносятся в зону резания, после чего в зоне сброса приспособления раскрываются и сбрасывают обработанные заготовки в ящик готовой



продукции. После сброса зажимные приспособления промываются и вновь попадают в зону загрузки.

Непрерывно-протяжной автомат с многопозиционным поворотным столом (модель ТГ-1) предназначен для обработки всевозможных сквозных поверхностей в различные заготовки при крупносерийном и массовом производствах (рис. 12).

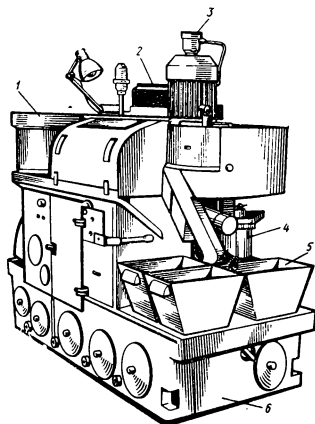


Рис. 11. Непрерывно-протяжной автомат ДТГ2 с движением заготовки:

1 — загрузочное устройство; 2 — панель управления; 3 — двигатель главного привода; 4 — лоток для готовых заготовок; 5 — бункер для готовых заготовок; 6 — станина

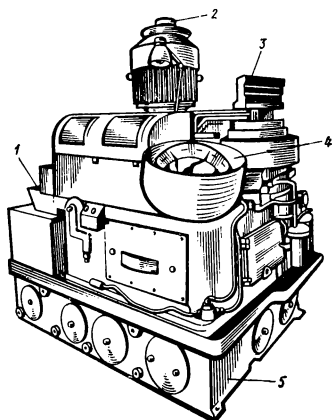


Рис. 12. Непрерывно-протяжной автомат ТГ-1 с поворотным столом:

1 — бункер для готовых заготовок; 2 — двигатель главного привода; 3 — панель управления; 4 — загрузочное устройство; 5 — станина

У станка горизонтального типа наибольшая зона резания составляет 80 мм, максимальные габариты обрабатываемой заготовки  $100 \times 60 \times 50$  мм, максимальная сила резания равна 17 кН, наибольшая масса обрабатываемой заготовки 1 кг, скорость протягивания 16—67 м/мин.

Станок снабжается двумя комплектами державок, ползушек и прибором для установки протяжек в державках вне станка. Может иметь ручную загрузку обрабатываемых заготовок и автоматическую. Автоматическая загрузка может быть магазинной или бункерной. Цикл работы станка во всех исполнениях — автоматический.

Обрабатываемая заготовка вручную или автоматически с помощью подающего механизма загружается в тиски,

расположенные на столе. Там она автоматически фиксируется и предварительно зажимается. По окончании обработки очередной заготовки стол автоматически поворачивается, надежно фиксируется и зажимается.

На трехпозиционном столе загруженная заготовка вместе с тисками из зоны загрузки попадает в зону обработки. Там она окончательно закрепляется, а ее поверхность протягивается непрерывно перемещающимися прямолинейными протяжками. После прохода ползушек с протяжками при пробеге холостого участка стол разжимается, освобождается от фиксации и поворачивается в следующую позицию. При этом обработанная заготовка попадает в зону сброса, а очередная загруженная — в зону обработки. При необходимости обработки с двух сторон применяется четырехпозиционный стол: две пары тисков для первой операции, две другие — для второй операции.

Загрузка обрабатываемых заготовок ведется через позицию. После выполнения первой операции они попадают в зону переносного механизма, где автоматически вынимаются и поворачиваются в требуемом направлении. Когда стол занимает следующую позицию, заготовку вставляют в тиски, предназначенные для второй операции. После поворота стола на несколько позиций эти тиски попадают в зону протягивания. В это время в зону обработки входит вторая секция протяжек. По окончании протягивания второй стол поворачивается, и заготовка переносится в зону сброса, где она сталкивается в улавливатель и далее в ящик готовой продукции.

Для заготовок, при обработке которых требуется три установки (три операции) применяется шестипозиционный поворотный стол с тремя парами тисков; в этом случае тиски работают автоматически и используют два переносных механизма.

Протяжки состоят из трех секций, каждая из которых обрабатывает одну из поверхностей заготовки.

Высокая производительность станка обеспечивается за счет высоких скоростей протягивания (16—33 м/мин при быстрорежущем инструменте; 33—67 м/мин при твердосплавных протяжках) и ничтожных потерь на вспомогательное время (большинство вспомогательных операций совмещено по времени с процессом резания).

Станок является базовой моделью и может быть использован не только для одной операции, но и для нескольких, т. е. в ряде случаев один автомат может заменить целую высокопроизводительную автоматическую линию. С этой целью станок оснащается загрузочно-разгрузочными и переносными механизмами и автоматическими тисками. При надобности в тисках можно размещать одновременно несколько заготовок, тогда производительность возрастает в то число раз, сколько заготовок зажимается в тисках одновременно.

Установку инструмента выполняют вне станка в приборе; тем самым при наличии двух комплектов инструмента и быстросъемных державок время на смену протяжек исчисляется несколькими минутами. Продолжительность переналадки станка с обработки одной заготовки на другую колеблется в диапазоне 0,5—5 ч.

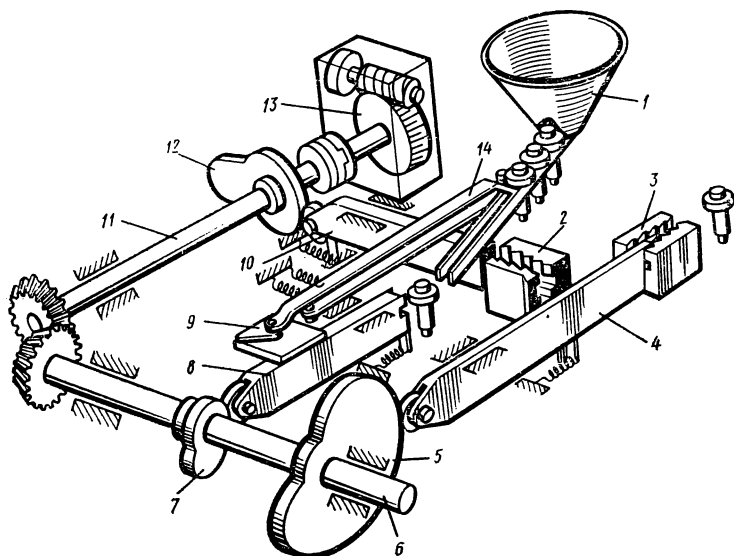
Станки этого типа обеспечивают производительность, которая выше производительности фрезерных станков в 8—12 раз и выше производительности обычных протяжных станков в 4—6 раз. Они надежны в эксплуатации, имеют большую жесткость, удобный отвод стружки и хорошую защиту направляющих. Все это обеспечивает высокую точность и низкую шероховатость обработанной поверхности заготовок.

Автомат для протягивания квадратов на цилиндрических заготовках приведен на рис. 13.

Заготовки, подлежащие обработке, насыпаются в бункер 1 загрузочного устройства, откуда в ориентированном виде поступают по лотку в механизм поштучной выдачи, которым и передаются на рабочую позицию. Квадраты протягиваются четырьмя протяжками 2 и 3, через которые заготовка проталкивается во взаимно перпендикулярном направлении толкателями 10 и 4. Толкатели перемещаются кулачками 12 и 5, насаженными на взаимно перпендикулярные валы 11 и 6. Вал 11 получает вращение от электродвигателя через червячный редуктор 13, а вал 6 — от вала 11 через конические зубчатые колеса. На вал 6 насажен еще кулачок 7, приводящий в движение толкатель 8 для загрузки заготовок. На толкателе 8 установлен кулачок 9, управляющий движением отсекателя 14.

Автомат работает следующим образом. Отсекатель 14 выдает из лотка одну заготовку на рабочую позицию;

заготовка перемещается толкателем 8 до направляющих, по которым движется толкатель 10. В это время толкатель 10 находится в своем крайнем заднем положении; под действием кулачка 12 он проталкивает заготовку через протяжки 2 и перемещает ее до направляющих, по которым движется толкатель 4. В это время толкатель 4 находится



**Рис. 13.** Принципиальная схема автомата для протягивания квадратов на цилиндрических заготовках:

1 — бункер; 2, 3 — протяжки; 4, 8, 10 — толкатели; 5, 7, 9, 12 — кулачки; 6, 11 — валы; 13 — редуктор; 14 — отсекатель

в своем крайнем заднем положении; под действием кулачка 5 он проталкивает заготовку через протяжки 3. Производительность автомата достигает 5,5—6 тыс. деталей в смену.

На рис. 14 показано протяжное приспособление с уравновешивающим грузом для поддержания заготовки во время процесса протягивания.

В приспособлении заготовка опирается на призму 1, масса которой, в свою очередь, вместе с заготовкой уравновешивается через рычаг 3 грузом 2. Груз, перемещаясь по рычагу, может уравновешивать детали разной массы.

Для деталей с разными диаметрами и массой необходимо иметь сменные призмы, которые можно легко и быстро менять, так как в приспособлении предусмотрено посадочное отверстие, а призма оканчивается валом, который сопрягается с этим отверстием.

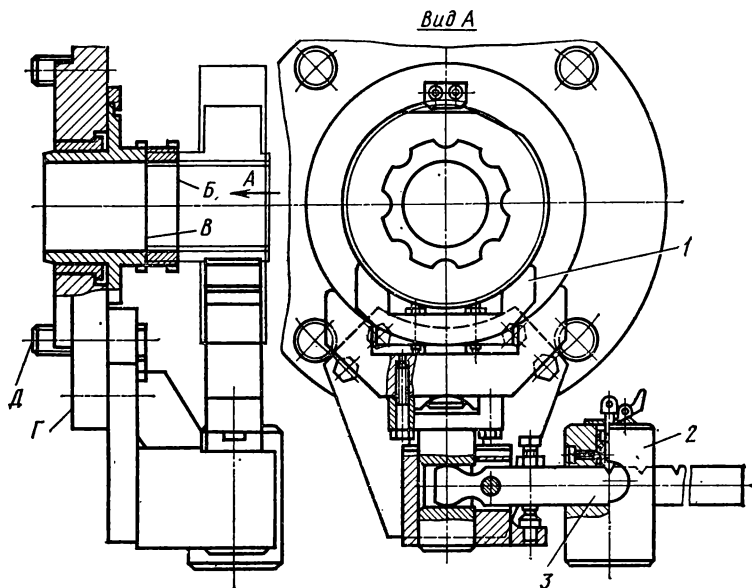


Рис. 14. Протяжное приспособление с уравнивающим грузом:  
1 — призма; 2 — груз; 3 — рычаг

При переводе станка на полуавтоматический цикл приспособление позволяет осуществлять подачу заготовок на сборку по наклонному лотку, что освобождает рабочего от операции загрузки.

На машиностроительном заводе разработана планшайба к горизонтально-протяжному станку, которая позволяет быстро менять адаптерные втулки (рис. 15).

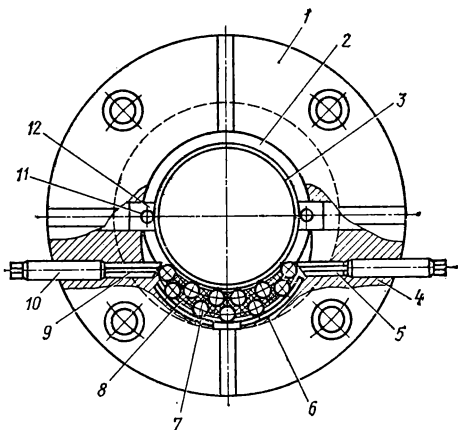
Планшайба представляет собой корпус 1, привернутый четырьмя винтами к станине станка и центрируемый ступицей относительно продольной оси станка. С некоторым смещением относительно оси отверстия в нижней части корпуса выполнен карман. В торцевой поверхности

корпуса имеются четыре горизонтально расположенных радиальных Т-образных паза. Ниже горизонтальных Т-образных пазов параллельно им выполнены резьбовые отверстия, переходящие затем в гладкие цилиндрические отверстия, выходящие в полость кармана.

Соосно с посадочным отверстием запрессовано кольцо 2, зафиксированное штифтом. В кольце на уровне кармана

**Рис. 15. Планшайба к горизонтально - протяжно-му станку:**

1 — корпус; 2 — кольцо; 3 — разрезное кольцо; 4 — винтовые шпонки; 5, 9 — толкатели; 6 — пружинная прокладка; 7 — ролики; 8 — вставки; 10, 11 — винты; 12 — пластины



выполнены срез и выточка, в которой помещено разрезное кольцо 3. Разрез направлен в сторону кармана. Кольцо закреплено пластинами 12, привернутыми к кольцу 2 винтами 11 с потайной головкой. В полость кармана корпуса помещены ролики 7, установленные в два ряда. Между ними расположены вставки 8, выполненные из поролона или другого губчатого материала. Нижний ряд роликов опирается на пружинную прокладку 6. С обеих сторон ролики 7 подпирают толкатели 9 и 5, имеющие продольные боковые шпоночные пазы, в которые входят винтовые шпонки 4. Толкатели 9 и 5 поджимаются винтами 10.

Адаптерная втулка зажимается следующим образом. При ввертывании винта 10 толкатели 9 и 5 передают усилие крайнему ролику 7, который, в свою очередь, передает усилие всей цепочке роликов. Усилие зажима, равномерно распределяясь по нижней части разрезного кольца 3 и, деформируя его, зажимает адаптерную втулку.

Вставки 8 предотвращают произвольное западание ролика.

Рациональность конструкции заключается в том, что при усилии винта во много раз увеличивается усилие зажима адаптерной втулки, предохраняя ее поверхность от деформации зажимных устройств и обеспечивая точность соединения и надежность зажима. Кроме того, появляется возможность применения других видов оснастки на станке без демонтажа планшайбы.

На одном из заводов внедрено автоматизированное протягивание фигурных пазов вместо фрезерования на продольно-фрезерном станке. На вертикально-протяжном станке одновременно обрабатывают четыремя протяжками две заготовки. Станок работает в автоматическом цикле. Заготовки загружают в бункер, откуда они поштучно попадают в приспособление.

## **НЕПОЛАДКИ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ И ИХ УСТРАНЕНИЕ**

Основные причины неполадок при протягивании следующие: ошибки при расчете и конструировании протяжки; низкое качество изготовления протяжки; неисправность станка и приспособлений; некондиционность заготовок под протягивание (по качеству материала, форме и размерам); неправильная эксплуатация протяжки (ошибки в наладке операции, подборе охлаждения, режимах резания, критерии затупления и др.).

Встречающиеся неполадки при протягивании можно разделить на следующие группы:

- неудовлетворительное качество поверхности после протягивания;

- неправильные размеры протянутого профиля;

- искажение геометрической формы протянутого профиля;

- смещение протянутого профиля относительно заданных координат (осей);

- низкая стойкость протяжек;

- разрушение (поломка) протяжек;

- застывание протяжки в заготовке, поломка подкладок при протягивании шпоночных пазов, вырывы металла у торца заготовки и др.

В табл. 1 приведены основные неполадки при протягивании и меры их устранения.

### **ПРИЗНАКИ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРОТЯЖЕК**

Протяжник должен не только обнаруживать и устранять неполадки в работе протяжек, но и знать признаки нормальной работы протяжки.



## 1. Основные неполадки при протягивании заготовок

Неполадка	Причи	Способ устранения
Неудовлетворительное качество протянутой поверхности		
Высокая шероховатость обработанной поверхности	Высокая скорость резания	Снизить скорость резания Уменьшить скорость резания при работе чистовых зубьев, применив специальное приспособление к станку
	Неправильный выбор смазочно-охлаждающей жидкости	Заменить СОЖ, обеспечить непрерывную ее подачу
	Неравномерная (рывками) работа станка	Устранить неисправность в рабочем приводе станка
	Неудовлетворительная термообработка заготовок	Обеспечить нужную термообработку
	Плохое качество заточки протяжек и неправильно заданный передний угол	Переточить протяжку, обеспечив требуемое качество заточки и нужное значение переднего угла
	Большая подача на зуб на зачистных зубьях	Уменьшить подачу на зуб $S_z$ на чистовых зубьях переточкой калибрующих зубьев в режущие
Местные дефекты на поверхности (вырывы металла, надиры, полосы и царапины)	Забойины, выкрашивания, некачественная прорезка стружкоразделительных канавок на режущих кромках, особенно на чистовых зубьях	Тщательно осмотреть режущие кромки, особенно чистовых и калибрующих зубьев, и устранить неполадки путем переточки, прорезки стружкоразделительных канавок на месте выкрашивания и др.

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устран
Местные дефекты на поверхности (вырывы металла, надиры, полосы и царапины)	Раковины в заготовках, вызывающие повреждение зубьев	Обеспечить получение качественных заготовок
	Налипание металла на заднюю поверхность зуба	Подобрать смазочный материал Выполнить доводку зубьев по задней поверхности Увеличить задний угол до требуемого значения
	Неравномерная острота режущих кромок по окружности, наличие обезуглероженных участков на режущей кромке, неправильное распределение подачи на зуб	Протяжку тщательно выправить; шлифовать зубья по задней поверхности, выдерживая подачу на зуб, при этом часть калибрующих зубьев необходимо переточить в режущие, затем заточить протяжку по передней поверхности зубьев
	Нарост или забоины на направляющей, неправильный зазор между задней направляющей и протянутым отверстием	Осмотреть направляющие и устранить дефекты. Проверить и исправить зазор между направляющей и отверстием (изменить диаметр направляющей или размер отверстия под протягивание)
Следы от предыдущей технологической операции (черновины)	Недостаточный припуск под протягивание	Проверить припуск на заготовках. Обеспечить получение требуемых заготовок
	Неправильная наладка операции, вследствие чего имеется перекосящий протяжки и заготовки	Выверить совпадение осей движения тяговой головки станка и люнета, поддерживающего протяжку, и оси опорного фланца станка
	Неправильная подрезка опорного торца заготовки	Проверить заготовки и обеспечить правильную подрезку торца

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
Следы от предыдущей технологической операции (черновины)	Провисание тяжелых заготовок под влиянием силы тяжести	Установить тяжелые заготовки в приспособление, разгружающее протяжку
	Отклонение оси протяжки от направления движения тяговой головки станка из-за неравномерности сил резания по окружности зубьев или изгиба протяжки	Обеспечить равномерную твердость, остроту режущей кромки зубьев и одинаковую по окружности зуба ширину ленточки. Проверить и выправить протяжку и при необходимости перешлифовать зубья по задней поверхности
На протянутой поверхности видны следы от стружкоразделительных канавок	Диаметр последнего режущего зуба равен или больше диаметра первого зуба без стружкоразделительных канавок (зачистного или калибрующего)	Уменьшить диаметр последнего зуба с канавками на 0,02—0,04 мм по сравнению с первым зубом без канавки, так чтобы обеспечить срезание тонкой стружки зубом без канавок
	Следы стружкоразделительных канавок на небольшом участке: внизу у выходного торца заготовки в конце рабочего хода, на различных участках в зависимости от перекоса протяжки	Устранить провисание заготовки, пока протяжка полностью не выйдет из работы. Проверить наладку станка и устранить перекосы оси движения протяжки и оси заготовки
	Следы канавок на протянутой поверхности вследствие «затягивания» протяжки в металл заготовки	Уменьшить передний угол зуба, сделать фаски на режущих кромках. Увеличить поперечное сечение для плоских, шпоночных протяжек, чтобы увеличить их жесткость. Применять конструкции протяжек без стружкоразделительных канавок
	Некачественная прорезка стружкоразделительных канавок	Обеспечить качественную прорезку стружкоразделительных канавок

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причи	Способ устранения
Волнистость на протянутой поверхности	Выдавливание металла задней поверхностью зуба, чему способствуют вибрации при протягивании	<p>Уменьшить скорость протягивания</p> <p>Подтянуть все звенья станка и приспособлений, закрепить станок на фундаменте, улучшить плавность работы гидравлической системы</p> <p>Заменить СОЖ для уменьшения усилия протягивания</p> <p>Увеличить передний угол зубьев</p> <p>Выполнить операцию на более мощном или менее изношенном станке</p> <p>Уменьшить подъем на зуб на зачистных зубьях</p> <p>Улучшить термообработку заготовки</p>
Чешуйчатость или рябь	Срыв частиц нароста, образующихся в процессе резания протягиванием	<p>Уменьшить подъем на зуб на зачистных зубьях</p> <p>Тщательно заточить и подвергнуть доводке зубья протяжки</p> <p>Не работать протяжкой с большим затуплением</p> <p>Подобрать термообработку заготовок, улучшающую их структуру и обрабатываемость</p>
Продольные риски или «струистость» на протянутой поверхности	Следы микронеровностей и выкрашиваний режущих кромок зубьев свидетельствуют о начавшемся затуплении протяжки	<p>Осмотреть режущие кромки зубьев протяжки, начиная с последнего зуба</p> <p>Устранить замеченные дефекты переточкой и доводкой зубьев протяжки</p>

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
Кольцевые следы	Упругие деформации заготовки при переменных радиальных усилиях и мгновенных изменениях скорости протягивания из-за зазоров в станке, плохого крепления протяжки, изменения усилия при выходе зуба из заготовки	<p>Применить конструкцию протяжки с увеличенным расстоянием между чистовыми и режущими зубьями</p> <p>Применить конструкцию, имеющую секцию с чистовыми зубьями или чистовую протяжку</p> <p>Применить конструкцию протяжки с промежуточными направляющими и с неравномерным шагом зубьев</p> <p>Уменьшить подачи на зуб на чистовых зубьях и проверить передний и задний углы</p> <p>Применить протяжку с винтовыми зубьями</p>
Высокая шероховатость боковых сторон шпоночных и шлицевых пазов	<p>Боковые поверхности паза обработаны вспомогательными кромками</p> <p>Трение срезаемой стружки о стенки паза</p> <p>Налипание частиц металла на мягкие гребни передних направляющих протяжек</p> <p>Отклонение оси протяжки в сторону боковыми силами, возникающими из-за несоосности протяжки и заготовки или неравномерной твердости и остроты зубьев по окружности, а также кривизны протяжки</p>	<p>Применить зачистные протяжки или секции чистовых зубьев на обычных протяжках</p> <p>Уменьшить подачу на зуб и расположить стружкоразделительные канавки ближе к уголкам зубьев или применить групповую схему резания</p> <p>Прошлифовать переднюю часть направляющих выступов</p> <p>Проверить наладку станка и исправить дефекты протяжек</p> <p>Применить выглаживающие протяжки</p>

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
Надиры на внутреннем диаметре шлицевого отверстия	Отсутствие зазора между протяжкой и заготовкой вследствие перекоса протяжки, неправильной наладки станка, неравномерной остроты зубьев по окружности, неправильной подрезки торца заготовки	<p>Проверить наладку операции и устранить дефекты</p> <p>Проверить отклонение от перпендикулярности опорного торца заготовки к его оси</p> <p>Проверить режущие кромки протяжек и исправить обнаруженные дефекты переточкой, а также проверить внутренний диаметр шлицев протяжки</p> <p>Проверить concentричность наружного и внутреннего диаметров передней направляющей той протяжки комплекта, после которой обнаружены надиры</p>
Надиры на протянутой поверхности отверстий с плоскими гранями (квадрат, шестигранник и т. п.)	Трение вспомогательных кромок зубьев	<p>Выполнить на плоских сторонах зубьев протяжки задний угол, равный <math>1^\circ</math>, оставляя ленточку 0,8—1 мм для сохранения размера зуба</p> <p>Прорезать по сторонам зуба дополнительную канавку глубиной 1,5—2 мм и радиусом 1 мм. Передняя поверхность канавки должна иметь небольшой положительный передний угол</p> <p>Для уменьшения трения вспомогательных кромок о стенки протягиваемой заготовки можно также прорезать продольные канавки глубиной 0,3—0,5 мм в середине вспомогательной кромки</p>

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
Отклонение размеров протянутого профиля		
Диаметр протянутого отверстия больше требуемого	Увеличенный диаметр чистовых и калибрующих зубьев вследствие ошибки при изготовлении или наличия заусенцев (от заточки) на лезвиях	Проверить диаметр зубьев и наличие заусенцев и снять их на заточном станке оселком Уменьшить скорость протягивания Уменьшить передний угол чистовых зубьев Уменьшить диаметр последнего режущего и калибрующих зубьев путем доводки по задней поверхности
	При протягивании отверстий большого диаметра увеличенный диаметр отверстия может получиться вследствие нагрева протяжки	Усилить охлаждение подбором состава жидкости, достаточным расходом ее и подавать ее при входе протяжки, выходе протяжки и на протягиваемую заготовку
Диаметр протянутого отверстия меньше требуемого	Неправильный размер зубьев протяжки	Проверить диаметры зубьев протяжки и в случае необходимости хромировать зубья или подвергнуть низкотемпературной обработке. Проверить диаметры зубьев протяжки и в случае необходимости подогреть протяжку горячей водой или паром
	Действие упругих деформаций, особенно при протягивании тонкостенных заготовок и при условиях, вызывающих увеличенные радиальные усилия протягивания	Уменьшить радиальные усилия протягивания путем увеличения переднего угла зубьев и (или) заточки зубьев без ленточек; уменьшить подачу на зуб на чистовых зубьях; увеличить скорость протягивания; увеличить шаг зубьев
	Притупление или завал режущей кромки на чистовых и калибрующих зубьях	Переточить протяжку. Устранить причины завалов режущей кромки при заточке

Продолжение табл. 1

Неполадки	Причина появления	Способ устранения
Различный диаметр отверстия в разных сечениях по длине заготовки	Разностенность заготовки и, как следствие, деформации заготовки в разных сечениях при прохождении протяжки	Устранить разностенность заготовки под протягивание (например, изменив порядок операций) Применять чистовые протяжки с увеличенными передними и задними углами, заточенные без ленточек с малыми подачами на зуб и большими шагами зубьев При тонкостенных деталях применять специальные приспособления, воспринимающие радиальные силы
Разбивка паза при протягивании шпоночных пазов и шлицевых отверстий	Продольная косина шлицев. При образовании сторон паза главными режущими кромками — те же причины, которые вызывают получение увеличенного диаметра отверстия	Устранить продольную косину шлицев Принять меры, указанные для случая получения отверстия завышенного диаметра
Разная глубина шлицев по окружности шлицевого отверстия у выходного торца заготовки	Действие на протяжку боковых сил, вызванных неправильной наладкой, неравномерной твердостью и остротой зубьев, кривизной протяжки, неправильным направлением протяжки	Проверить соосность протяжки, заготовки, опорной планшайбы и ползуна станка Проверить кривизну протяжки и равномерность остроты режущих кромок Проверить диаметр и длину заднего направления протяжки При протягивании глубоких отверстий проверить прямолинейность съемного хвостовика (тяги) и выправить последний



Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
Разная глубина шпоночного паза с разных сторон заготовки	Перекося оси протяжки Неправильный зазор между заготовкой и направляющей оправкой (адаптером) Неправильная установка тягового патрона при переходе на работу очередной протяжкой комплекта Отклонение от перпендикулярности опорного торца заготовки к оси отверстия	Проверить наладку станка Добавить к оправке опорный болт, который изменит направление выбора зазора  Сделать регулируемый упор, ограничивающий подъем тягового патрона станка  Проверить и исправить подрезку торцов заготовок. При протягивании отверстия пометить мелом верхнюю сторону заготовки; при протягивании пазов все заготовки ставить метками вверх

## Искажение геометрической формы протягиваемого профиля

Искажение протягиваемого профиля при работе протяжками с генераторной схемой резания	Отсутствие корректирования профиля зубьев при проектировании и изготовлении протяжек	Корректировать профиль зубьев при конструировании генераторных протяжек
Отклонение от круглости отверстия	Овальность зачистных и калибрующих зубьев протяжки Кривизна (биение) протяжки и перекося ее в работе Неравномерная твердость и острота режущих кромок зубьев по окружности	Устранить отклонение шлифовкой Проверить и выправить протяжку и проверить наладку станка  Проверить режущие кромки и при необходимости шлифовать

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
Отклонение от круглости отверстия	<p>Разностенность заготовки (особенно при небольшой толщине стенок)</p> <p>Наличие после протягивания операции, в процессе которой снимается значительный слой металла по наружному диаметру заготовки</p> <p>Смещение заготовки при выходе протяжки из отверстия</p>	<p>По возможности перестроить технологию так, чтобы протягивать отверстие до снятия наружного припуска, или применить протяжки для протягивания тонкостенных заготовок</p> <p>Продумать рациональный порядок операций и распределение межоперационных припусков</p> <p>Предусмотреть закрепление тяжелых заготовок</p>
Перегиб оси отверстия у заготовок значительной длины	<p>Кривизна протяжки</p> <p>Изгиб протяжки во время рабочего хода под действием боковых сил вследствие неправильной наладки станка</p> <p>Перекосящий опорного торца заготовки</p> <p>Наличие момента, когда в работе находится только один зуб протяжки</p>	<p>Проверить протяжку на бие и выправить ее</p> <p>Выверить наладку станка</p> <p>Проверить перпендикулярность опорного торца заготовки оси отверстия</p> <p>Применить протяжку с меньшим шагом или протяжку с винтовыми зубьями. Протягивать одновременно несколько скрепленных между собой коротких заготовок</p>
Образование «восьмерки» в круглом отверстии	Перекосящий протяжки и разностенность заготовки	<p>Устранить перекосящий</p> <p>Устранить разностенность заготовки</p>

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
Смещение протягиваемого профиля относительно заданных осей или других координат		
Смещение оси протягиваемого отверстия от первоначального положения	<p>Кривизна протяжки</p> <p>Неравномерная острота режущих кромок из-за некачественной термической обработки или неравномерной ширины ленточки по задней поверхности</p> <p>Отклонение оси протяжки боковыми силами, возникающими вследствие неправильной наладки станка и приспособлений</p> <p>Неправильное направление протяжки вследствие малого числа одновременно работающих зубьев, коротких направляющих и заниженного их диаметра</p> <p>Неравномерное попадание смазочно-охлаждающей жидкости по периметру зубьев. Неоднородность структуры металла</p>	<p>Устранить кривизну протяжки</p> <p>Обеспечить равномерную по окружности остроту режущих кромок и равномерную ширину ленточек по задней поверхности</p> <p>Выверить наладку станка и приспособлений</p> <p>Исправить направление протяжки путем изменения диаметра и длины направляющих или создания дополнительного направления с помощью подвижного люнета</p> <p>Увеличить число одновременно работающих зубьев</p> <p>Обеспечить равномерное охлаждение на всей длине режущих кромок</p> <p>Проверить материал заготовок и отбраковать последние</p>
Смещение одного профиля относительно другого в шлицевых и двухпазовых отверстиях	<p>Неправильное чередование круглых и шлицевых (пазовых) зубьев на протяжке</p> <p>Большой боковой угол вспомогательных режущих кромок зубьев шпоночных и шлицевых протяжек</p>	<p>Применить конструкцию чистовой протяжки или секцию с чистовыми зубьями с чередованием через один круглых и шлицевых зубьев.</p> <p>Обеспечить правильное направление протяжки</p> <p>Уменьшить боковой угол</p>

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
Низкая стойкость протяжек		
Низкая стойкость протяжек между переточками	Низкая твердость режущих кромок зубьев вследствие плохой термообработки	Проверить термообработку протяжки
	Высокая твердость материала обрабатываемых деталей	Подвергнуть заготовки нормализации или отжигу. При необходимости протягивать заготовки с высокой твердостью, проектировать протяжку с малыми подачами на зуб, закаливать на максимальную твердость, работать с низкой скоростью
	Неправильно выбраны СОЖ и способ ее подачи	Подобрать СОЖ. Обеспечить равномерную подачу СОЖ в достаточном количестве на все режущие кромки
	Плохое качество заточки: прижоги, завалы режущих кромок, высокая шероховатость передней поверхности, не обеспечен требуемый передний угол	Переточить протяжку, устранив все дефекты
	Большое изнашивание на задней поверхности вследствие малого заднего угла и высокой шероховатости задней поверхности, а также неправильного выбора состава СОЖ	Увеличить задний угол до оптимальной величины, провести доводку задней поверхности и зуба, правильно выбрать СОЖ
	Большая ширина ленточки по задней поверхности, высокая ее шероховатость	Уменьшить ширину ленточки по задней поверхности зуба и шероховатость поверхности доводкой
	Наличие литейной или штамповочной корки на входном торце заготовки	Снять корку с входного торца заготовки проточкой

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
<p>Низкая общая стойкость протяжки</p>	<p>Протяжка допускает малое число переточек из-за малой длины спинки зуба, большого значения заднего угла, заниженного размера зачистных и калибрующих зубьев</p> <p>При переточке снимается большой слой металла из-за неправильной эксплуатации (несвоевременное снятие протяжки на переточку) или из-за снятия всего допустимого износа по задней поверхности</p> <p>Частые заточки из-за высоких требований к шероховатости протянутой поверхности</p>	<p>Учитывать причины при конструировании протяжек</p> <p>Своевременно снимать протяжку для переточки, не допуская большой величины износа. При заточке снимать не весь износ по задней поверхности, а примерно <math>\frac{2}{3}</math> его величины</p> <p>При высоких требованиях к шероховатости поверхности применять выглаживающие зубья в конце протяжки</p>
<p>Выкрашивание зубьев протяжки</p>	<p>Недостаточный отпуск протяжки, увеличивающий ее хрупкость</p> <p>Высокая твердость заготовок</p> <p>Наличие твердых включений и песочных раковин в заготовках</p> <p>Неправильное распределение нагрузки между зубьями (в результате переточек отдельные зубья имеют большую подачу)</p> <p>Работа станка с рывками</p>	<p>Подвергнуть протяжку отпуску</p> <p>Подобрать режим термообработки заготовок</p> <p>Обеспечить получение заготовок, соответствующих техническим условиям</p> <p>Проверить подачу на зубья и в случае необходимости перераспределить нагрузку путем шлифования зубьев</p> <p>Наладить работу станка или выполнять операцию на более мощном станке</p>

Продолжение табл. 1

Неполадка	При	Способ устранения
-----------	-----	-------------------

## Разрушение протяжек

Поломка протяжек в результате изгибающих усилий	<p>Перекося заготовки при установке на станок вследствие неправильной подготовки заготовки (косой торец) или неправильного расположения опорного фланца станка</p> <p>Неправильное крепление хвостовика протяжки в тяговом патроне, большой зазор между патроном и хвостовиком; неправильная форма клина, искривление клина, неправильное расположение отверстия под клин, перекося вилки, кривизна вилки, смятие опорных поверхностей, несовпадение опорных плоскостей заплечиков у хвостовика или их отклонение от перпендикулярности к оси хвостовика, короткая задняя направляющая, перекося длинных протяжек, не поддерживаемых люнетами, небрежное обращение с протяжкой</p>	<p>Обеспечить правильную наладку станка, соосность заготовки, протяжки и ползуна станка, правильную подготовку заготовки к протягиванию</p> <p>Проверить тяговые патроны, рабочие поверхности кулачков, зазор между хвостовиком и патроном, форму клина, расположение отверстия под клин, качество вилки и ее опорных плоскостей, совпадение опорных поверхностей заплечиков хвостовика и их перпендикулярность оси хвостовика, длину задней направляющей. При длинных протяжках работать с поддерживающими люнетами</p>
---	--	--

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
<p>Обрыв протяжек в результате увеличения усилия протягивания, действующего вдоль оси протяжки</p>	<p>Малый диаметр отверстия под протягивание, большое затупление зубьев, отсутствие задних углов на вспомогательных кромках у шпоночных, шлицевых и плоских протяжек, наволакивание металла из-за выкрашивания зубьев, малого заднего угла или завала режущих кромок, забивание впадины зуба стружкой, повышенная твердость отдельных заготовок, работа станка рывками, неправильная прорезка стружкоразделительных канавок. Неисправность предохранительного клапана</p>	<p>Проверить размеры отверстия под протягивание, не допускать работы протяжкой с большим затуплением зубьев, провсрсить наличие задних углов на вспомогательных кромках, проверить режущие кромки на наличие завалов, выкрашиваний и устранить их переточкой, увеличить задний угол до требуемого, установить и устранить причины забивания впадины стружкой. Правильно регулировать предохранительный клапан и следить за его исправностью</p>
<p>Обрыв протяжки в результате недостатков в расчете и конструировании, а также дефектов в изготовлении протяжек</p>	<p>Внутренние напряжения и трещины в материале протяжки в результате неправильнойковки и термообработки заготовки</p> <p>Неправильный расчет протяжки на прочность и ошибки конструирования, вызывающие концентрацию напряжений в местах перехода, канавках и др.</p>	<p>Обеспечить качественную ковку и термообработку. Подвергнуть протяжку отпуску</p> <p>Рассчитать и сконструировать новую протяжку</p>

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причи	Способ устранения
Вырывы (сколы) металла у торца заготовки на выходе протяжки	Усилия протягивания превосходят прочность материала заготовки и на выходе протяжки образуются вырывы металла. Перекос протяжек, небольшие задние углы, дефекты режущих кромок зубьев, большие подачи на зуб	Использовать хорошо заточенную, исправленную протяжку с нормальными задними углами Обеспечить правильную наладку станка, без перекосов осей протяжки, заготовки и ползуна станка Уменьшить подачу на зуб Применить СОЖ, снижающую силу резания Использовать протяжки с наклонными и винтовыми зубьями Снабдить выходные края чугунных заготовок фасками для снятия получившихся сколов Улучшить структуру заготовок термообработкой
Самоврезание шпоночных протяжек	Врезание протяжек под действием усилий «затягивания» зуба в металл	Уменьшить передний угол зубьев. Прошлифовать ленточки на задней поверхности режущей кромки шириной 0,1—0,3 мм Уменьшить подачу на зуб. Спроектировать новую протяжку с большей высотой и шириной направляющей части, соответственно увеличив размеры направляющего паза в оправке (адаптере)
Заготовка с трудом надевается на переднюю направляющую или не заходит на нее	Увеличен диаметр передней направляющей  Отверстие заготовки имеет заниженный (против нормы) диаметр	Уменьшить диаметр переднего направления на 0,1—0,3 мм с распределением нагрузки между несколькими первыми зубьями  Обеспечить получение требуемого диаметра отверстия под протягивание



Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
<p>Заготовка застряла на протяжке во время протягивания</p>	<p>Усилие протягивания больше расчетного из-за забивания канавок протяжки стружкой вследствие недостаточного объема канавок; налипания металла на передние и задние поверхности зубьев вследствие затупления, выкрашивания или завала режущих кромок; неисправности станка или неправильной регулировки предохранительного клапана; завышенного внутреннего диаметра шлицевой протяжки</p>	<p>Углубить канавки для стружки</p> <p>Переточить протяжку</p> <p>Проверить станок и правильно отрегулировать предохранительный клапан</p> <p>Уменьшить внутренний диаметр шлицевой протяжки</p>
<p>Налипание стружки на режущей кромке и на передней поверхности зуба</p>	<p>Высокая скорость протягивания Большая подача на зуб Недостаточное количество подаваемой СОЖ или ее неправильный выбор Плохая обрабатываемость материала заготовки</p>	<p>Уменьшить скорость протягивания Уменьшить подачу на зуб Увеличить подачу СОЖ, подобрать СОЖ с хорошими охлаждающими свойствами</p> <p>Подобрать режим термообработки заготовок, улучшающий обрабатываемость При наружном протягивании труднообрабатываемых сталей закреплять рядом с заготовкой на выходе протяжки чугунный брусок длиной 100—150 мм, при трении о который зубья протяжки освобождаются от приварившихся стружек</p>
<p>Отламывается конец протяжки</p>	<p>Работа длинной, тяжелой протяжкой без люнета</p>	<p>При работе длинной протяжкой на горизонтально-протяжном станке обязательно пользоваться люнетом</p>

Продолжение табл. 1

Неполадка	Причина появления	Способ устранения
Поломка подкладок под шпоночные протяжки	Головка подкладки, имеющая Т-образную форму, не опирается на основание направляющей оправки, а находится на весу	Удлинить приспособления так, чтобы головка подкладки лежала на основании

Признаки нормальной работы протяжки следующие.

1. Ход протяжки ровный, ритмичный, без скрипа и рывков. В зависимости от мощности и жесткости станка, а также величины перепада усилия протягивания, от числа одновременно работающих зубьев работа протяжки может идти с более или менее заметными ритмичными ударами, толчками.

2. Стружка завивается в спираль и свободно размещается в канавке (при протягивании стали), легко отделяясь от передней поверхности самостоятельно или при помощи щетки. При работе на вертикальных станках вся стружка должна смываться струей смазочно-охлаждающей жидкости.

3. Наружная поверхность стальной стружки гладкая, блестящая, без видимых трещин, надрывов и продольных царапин, края стружки ровные, без зазубрин.

4. Протянутая поверхность заготовки гладкая, матовая, а при обработке твердых сталей и охлаждении эмульсией — блестящая, без чешуи, вырывов и других дефектов.

5. На зубьях протяжек нет выкрашиваний, приваривания или налипания металла.

6. Стружка разделяется полностью стружкоделительными канавками или выкружками, канавки зуба не забиваются стружкой, срезанной сплошным кольцом («чулком»).

7. Размеры протягиваемого профиля, его форма и взаимное расположение протянутых поверхностей относительно друг друга, а также относительно других поверхностей заготовки находятся в пределах допуска.

8. Усилие протягивания плавно нарастает с затуплением протяжки, но коэффициент увеличения усилия не превышает значения, указанного ниже.

Подача на зуб, мм	0,005	0,01—0,015	0,020—0,025	0,030 и выше
Коэффициент увеличения усилия	2—1,7	1,6—1,5	1,4—1,3	1,3—1,2

## НЕПОЛАДКИ В ПРОТЯЖНЫХ СТАНКАХ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

Наиболее частой причиной неполадок в работе протяжного станка является нарушение нормальной работы гидропривода. В этом случае не рекомендуется настраивать клапаны и другую регулирующую гидроаппаратуру.

Прежде всего необходимо установить, не вызваны ли эти нарушения попаданием воздуха в систему или загрязнением масла, питающего гидропривод. Показателем наличия воздуха в системе служит появление пены и пузырей на поверхности масла в резервуаре. В этом случае требуется проверить плотность соединений всасывающего трубопровода.

В случае попадания воздуха в цилиндр при первичном пуске или при пуске после замены масла в резервуаре присутствие воздуха обнаруживается по работе штока цилиндра с толчками и вибрацией.

Воздух из цилиндра устраняется посредством открытия отверстия в крышке цилиндра со стороны штока во время обратного хода. При наладочном цикле станку необходимо сообщить несколько раз рабочий и обратный ходы до крайних положений (до упора в крышки цилиндра). Загрязнение масла, питающего гидросистему, обычно вызывает заедание распределителей.

Клапаны и другую контрольно-регулирующую аппаратуру при загрязнении промывают.

В процессе эксплуатации станка необходимо систематически наблюдать за расходом масла в резервуаре. При уровне масла ниже нормы необходимо провести дополнительную заливку масла до верхнего уровня.

## 2. Неполадки вертикально-протяжных станков

Неполадка	Причины неполадки	Способ устранения
Стол при резании отходит назад	Кривошипно-шатунный механизм при подведенном на рабочую позицию столе не занимает положения самоторможения	Перенастроить стол
Стол подводится и отводится, но рабочая каретка не перемещается	Неправильно настроен стол: упоры, расположенные на столе, слишком сильно завернуты и в цилиндре стола не открывается отверстие, через которое должно пройти масло и переместить золотник каретки	Перенастроить стол. Полностью вывернуть задние упоры стола, подвести стол на рабочую позицию и сообщить каретке рабочий ход
	Засорилась командная трубка, через которую поступает масло от цилиндра стола к золотнику каретки	Отключить командную трубку и прочистить ее
	Заело распределитель каретки	Снять крышку распределителя и проверить перемещение его от руки
Стол подводится и отводится, рабочая каретка находится в крайнем нижнем или в крайнем верхнем положении и не перемещается	Нарушена соосность шайки поршня с проточкой в крышке цилиндра (демпфер)	Поднять рабочее давление в насосе до 12 000 кПа и, нажимая толчком на соответствующую кнопку, попытаться переместить каретку. После этого сообщить каретке рабочий и обратный ходы по крайним положениям до упора поршня в крышку. Перестроить клапан насоса на прежнее необходимое давление. В этом случае, когда давление, равное 12 000 кПа, окажется недостаточным, чтобы переместить каретку, необходимо демонтировать цилиндр и провести его проверку

Продолжение табл. 2

Неполадка	Причины неполадки	Способ устранения
Стол подводит-ся, рабочая каретка занимает промежуточное положение и не перемещается	Сильно затянуты направляющие Затянуто уплотнение штока цилиндра	Опустить винты направляющих планок, ослабить клин Отпустить сальник штока
Каретка поднимается вверх и сразу падает вниз, хотя по циклу должна остановиться в верхнем положении	Не срабатывает распределитель	Снять крышку распределителя и проверить пружину и перемещение распределителя от руки
Толчки и шум поршневого насоса, сопровождаемые колебаниями давления в сети	Наличие воздуха в системе Негерметичность во всасывающей линии Пониженный уровень масла	Выпустить воздух из системы Проверить герметичность мест соединения всасывающих труб Заполнить бак до нормального уровня
Поршневой насос не развивает нормального давления	Наличие воздуха в системе Большие потери масла в отдельных узлах или соединениях трубопроводов Засорение клапана высокого давления	Выпустить воздух из системы Проверить герметичность труб и их соединений, исправность прокладок, затяжку труб, болтов, винтов, фланцев и крышек Отвернуть до отказа винт, регулирующий пружину клапана, и промыть клапан струей масла при работающем насосе. Отрегулировать пружину на необходимое давление по манометру. Если давление не достигает требуемой величины, снять фланец, вынуть клапан и его прочистить. После этого собрать клапан и отрегулировать его на необходимое давление

Продолжение табл. 2

Неполадки	Причины неполадки	Способ устранения
Механизм управления не изменяет подачу поршневого насоса	Засорение клапана шестеренного насоса  Неисправность механизма управления  Заклинивание скользящего блока	Разобрать клапан насоса, прочистить его, снова собрать и отрегулировать его на необходимое давление установкой подкладных шайб Проверить исправность электромагнитов, их проводку и пружины. Если засорились распределители управления, разобрать их и прочистить Разобрать цилиндр управления. Проверить перемещение скользящего блока вручную. В случае надобности вынуть блок и устранить причину заклинивания
Вытекание большого количества масла по приводному валу шестеренного насоса	Засорение дренажного слива Наличие задиров или выработки трущихся поверхностей крышки	Проверить надежность слива масла Снять втулку и крышку и устранить задиры или выработку шлифованием или притиркой
Отсутствует всасывание масла при работе шестеренного насоса	Неправильное направление вращения приводного вала Пониженный уровень масла в баке Негерметичное уплотнение боковых крышек	Изменить направление вращения вала  Заполнить бак до нормального уровня Проверить надежность уплотнения боковых крышек насоса
Эмульсирование масла воздухом	Негерметичное соединение всасывающей трубы насоса Изнашивание сальниковых уплотнений	Проверить герметичность мест соединения  Снять втулку и крышку, устранить выработку сальников шлифованием или притиркой с одновременной заменой сальника

При нормальной эксплуатации станка первую замену масла необходимо проводить через 3 месяца после пуска станка в эксплуатацию, а затем через каждые 6 месяцев работы. Очистка резервуара от грязи приурочивается к текущему ремонту станка.

В табл. 2 приведены основные неполадки вертикально-протяжных станков и способы их устранения. Неполадки горизонтально-протяжных станков аналогичны соответствующим неполадкам вертикально-протяжных станков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашихмин В. Н. Протягивание. М.: Машиностроение, 1981. 144 с.
2. Баранов Л. П. Выбор способа заточки круглых и шлицевых протяжек. — Станки и инструмент, 1982, № 4, с. 24.
3. Дворов Ю. И. Эффективные способы испытания протяжек на работоспособность. — Станки и инструменты, 1982, № 7, с. 23.
4. Драчук А. В. Протягивание винтовых шлицев. М.: Машиностроение, 1972. 88 с.
5. Жигалко Н. И., Лемешонок В. Д., Ковзель Н. И. Протяжки для обработки поверхности большой длины. Минск: Высшая школа, 1973. 126 с.
6. Кацев П. Г. Протяжные станки и работа на них. М.: Высшая школа, 1981. 184 с.
7. Матвеев В. В., Баранов Л. П. Очистка протяжек от стружки. — Станки и инструмент, 1979, № 4, с. 28—29.
8. Пронкин Н. Ф. Протягивание труднообрабатываемых материалов. М.: Машиностроение, 1978. 119 с.
9. Расчет и проектирование твердосплавных деформирующих протяжек и процесса протягивания/Под ред. А. М. Розенберга. Киев: Наукова думка, 1978. 256 с.
10. Скиженок В. Ф., Лебедев Н. Ф., Ковзель Н. И. Автоматизация и механизация протяжных работ. М.: Машиностроение, 1974. 200 с.
11. Элькун Л. Я. Устройство для испытания протяжек. — Станки и инструмент, 1983, № 10, с. 31.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

### А

- Автомат для протягивания квадратов на цилиндрических заготовках 240, 241  
Автоматизация протяжных станков — Типы автоматических устройств и приспособлений — см. под их названиями, например, *Устройство автоматического загрузочное для коромысел клапана к станку МП-11*  
Автоматы непрерывно-протяжные — Назначение 236  
— ДТГ2 с движением заготовки 237, 238  
— ТГ-1 с поворотным столом 238, 239  
Адаптер для протягивания пазов больших размеров — Особенности конструкции 130, 131  
— переналаживаемый для протягивания шпоночных пазов 141

### В

- Вариант схемы резания шахматно-шлицевой Особенности 53  
— шахматный — Особенности 54, 55  
— шлицевой — Особенности 53  
Величина разбивания отверстия 138  
Втулка адаптерная 243, 244  
Выбор условий работы протяжек с выглаживающими зубьями 200—202

### Г

- ГОСТ 4043—70\* 124  
16158—70\* 121, 123  
16160—70\* 125  
18217—80 72, 73  
18218—80 73  
18219—80 73  
Группы качества протягиваемых поверхностей 147  
— обрабатываемости материалов в зависимости от марки материала и его твердости 147, 148

### Д

- Доводка протяжек 156

### З

- Заготовка обрабатываемая — Подготовка ее под протягивание 183—187  
Заточка зубьев протяжек наружных — Особенности процесса 157  
— цилиндрических (круглых и шлицевых) — Выбор диаметра шлифовального круга 153—155 — Критерии затупления 149 — Режимы заточки 153, 155 — Схемы 149, 152  
Формы заточки 155, 156

### И

- Испытание протяжек в работе — Методы испытаний 170—172  
— Назначение 169

### К

- Калибрующая часть протяжек — Назначение 41  
Канавки стружко-разделительные — Назначение 31  
— Расположение 31  
Комплект протяжек — Секция сборной твердосплавной протяжки 96, 97  
Контроль протяжек — Контролируемые параметры 164—169  
Крепление зубьев горизонтальное клиновое 101, 102  
— коническим штифтом 101, 102  
— пакетное в пазах корпуса 99, 100  
— силами упругой деформации 100  
Крепление зубьев — пластин клиновое 100  
— зубьев — резцов в прямоугольном пазу корпуса 100

### Л

- Линии автоматические с протяжными станками 219, 220

### М

- Метод кругового протягивания для нарезания конических колес Схема круговой протяжки 206, 207  
Механизм подвода и отвода протяжки — Схема 229—231



## Н

- Напайка** открытая — Область применения 99 — Особенности крепления 99  
 — полузакрытая — Особенности крепления 98  
 — полукоткрытая — Область применения 97, 98 — Особенности крепления 97, 98  
**Направляющая часть протяжки** задняя — Назначение 40, 41  
 — передняя — Назначение 40  
**Наработка средняя протяжного инструмента между отказами** — Значения постоянной  $C_T$  и показателей степени  $n$  и  $y$  158, 159  
 — Факторы, влияющие на нее 157  
**Неполадки в протяжных станках** 264—268  
 — при протягивании заготовок 245, 246—263  
**Нормы изнашивания круглых протяжек** 149, 150

## О

- Обработка отверстий** прошивками 193, 194  
 — протяжка с выглаживающими и деформирующими зубьями — Область применения 196, 197 — Особенности заготовок 197  
**Опора шаровая самоустанавливающаяся** — Особенности конструкции 129, 130  
**Охлаждение при протягивании** — Виды СОЖ 160, 161  
 — Меры предосторожности при работе с СОЖ 162—164  
 — Назначение СОЖ 159, 160  
 — Области применения СОЖ 163  
 — Состав СОЖ 162  
**Очистка протяжек от стружки** высоконапорной струей СОЖ 233, 235

## П

- Патроны для внутренних протяжек** — Конструктивные разновидности 120—126  
**Планшайба к горизонтально-протяжному стану** 242, 243  
**Площадь поперечного сечения стружки** — Понятие 30  
**Подача на зуб** — Понятие 30  
**Приспособление автоматизированное для загрузки** — разгрузки и закрепления заготовки гайки рулевого управления при протягивании паза 223—227  
 — загрузочно-разгрузочное для вертикально-протяжных станков 228, 229  
**Приспособление для обработки большой головки шатуна** — Особенности конструкции 132—134  
**Приспособление для очистки протяжек от стружки** 232  
 — автоматизированное 233, 234  
**Приспособление для предупреждения деформации заготовок** — Конструктивные разновидности 136—143  
**Приспособление для протягивания винтовых шлицев** — Методы протягивания 113 — Схемы 113, 114  
 — глубоких отверстий — Особенности конструкций 112 — Схема 113  
 — поверхности пальцев рессоры — Особенности конструкции 128 — Принципы работы 128, 129  
**Приспособление протяжного станка ЛМ-1-С6 для протягивания плоскостей блока цилиндров дизеля СМД** — Схема 222, 223  
 — протяжное с уравнивающим грузом 241, 242  
 — универсальное для протягивания шпоночных пазов в отверстиях — Особенности конструкции 131, 132  
**Протягивание** — Достоинства 10, 11  
 — Особенности процесса 7, 8  
 — Припуски 177—183  
 — Способы и их преимущества 12—29  
 — Схемы резания — см. под их названиями, например, *Схема резания профильная*  
**Протягивание внутреннее** — Область применения 8, 9  
**Протягивание внутреннее координатное** — Примеры применения 194, 195 — Сущность способа 194  
 — без принудительного направления протяжки 196  
**Протягивание гладких цилиндрических отверстий** 187, 188  
**Протягивание глубоких отверстий отдельными зубьями-дисками** 210, 211  
 — протяжками с винтовыми зубьями — Расчет протяжек 211—215  
**Протягивание двустороннего паза** — шириной  $18+0,08$  мм на диаметре  $48+0,2$  мм и отверстия диаметром  $34+0,06$  мм 216, 217  
 — шпоночного с высокой точностью по размерам и симметрии 216

- Протягивание крупных трапецеидальных реек на заготовках типа валов 206—209 — Приспособление для закрепления заготовки 208
- Протягивание наружное — Область применения 9 — Особенности протягивания на различных станках 203—205
- координатное — Назначение 9 — Протяжки — см. *Протяжки для наружного протягивания*
- Протягивание предварительное зубьев зубчатого колеса полуоси заднего моста 205, 206
- шлицевых отверстий — Конструктивные особенности протяжек 192, 193 — Способы протягивания 193
- шпоночного пазы большой длины в отверстии малого диаметра 215, 216
- шпоночных пазов — Особенности конструкции протяжек 190, 191 — Способы протягивания 189
- Протяжки — Геометрия зубьев 11, 30, 31—37 — Элементы резания — см. под их названиями, например, *Подача на зуб*
- внутренние — см. *Протяжки для внутреннего протягивания*
- Протяжки деформирующие составные с зубьями из твердого сплава — Особенности конструкции 86
- для внутреннего протягивания — Основные их части — см. под их названиями, например, *Шейка протяжек* — Типы — см. под их названиями, например, *Протяжки для гладких круглых отверстий*
- для гладких круглых отверстий — Конструктивные разновидности 55—58 — Назначение 55
- для наружного протягивания — Классификация 87 — Назначение 87 — Особенности конструкции 87 — Схемы резания 89, 90 — Типы — см. под названиями, например, *Протяжки, оснащенные зубьями из твердого сплава*
- для протягивания шлицевых отверстий — см. *Протяжки шлицевые*
- для протягивания шпоночных пазов — см. *Протяжки шпоночные*
- Протяжки, изготовленные по схеме резания генераторной — Недостатки 51 — Особенности конструкции 50, 51
- перемной — Допустимые подачи на зуб 52 — Недостатки 51, 52 — Особенности конструкции 51
- профильной — Особенности конструкции 49, 50
- шахматной — Достоинства и недостатки 53 — Особенности конструкции 52, 53
- Протяжки квадратные — Особенности конструкции 76
- многогранные — Конструктивные разновидности 77 — Назначение 76, 77 — Особенности конструкции 76
- оснащенные зубьями из твердого сплава — Конструктивные разновидности 93—97 — Назначение 92 — Регулирующие устройства 97, 98 — Схемы крепления твердосплавных пластинок к корпусу 94 — Форма 92
- с выглаживающими и деформирующими твердосплавными зубьями — Достоинства 77, 78 — Конструктивные разновидности 79—83 — Особенности работы с ними 78—80
- со вставными или напаянными зубьями из быстрорежущей стали или твердого сплава — Крепление секций рабочей части к корпусу 91 — Назначение 90 — Регулирование протяжек клином для компенсации изнашивания 91, 92 — фасонные — Назначение 59 — Особенности конструкций 59
- цилиндрические — Особенности схемы переменного резания 47 — Схемы резания, применяемые для их изготовления 46
- шлицевые — Классификация 60 — Конструктивные разновидности 61, 66—72 — Особенности многогранной схемы резания 48 — Особенности схемы переменного резания — Схемы резания, применяемые для их изготовления 47, 48 — Типы конструкций 62—65
- шпоночные — Конструктивные разновидности 73—76 — Назначение 72 — Стандартизованные типы 72
- Процессы образования стружки — Особенности 31—33
- Элементы срезаемого слоя 33, 34
- Прошивки — Назначение 83 — Особенности конструкции 83
- выглаживающие твердосплавные — Конструктивные разновидности 84, 85 — Назначение 85
- Показатели качества обработки 85

## Р

- Работа на протяжных станках — Организация труда 173, 174
- Охрана труда 174—177
- Радиус кривизны стружки 33
- Регулирование ступенчатое зубьев по высоте 102

**Режимы резания при протягивании** — Влияние различных параметров на скорость резания 146  
— Влияние ширины среза 144  
— Зависимость от подачи на зуб 144  
**Режущая часть протяжки** — Назначение 41

## С

**Сила резания** — Значения коэффициентов и показателей степени в расчете силы протягивания 36, 37  
— Значения удельной осевой силы резания 35, 37  
— Расчеты 34, 37  
**Скорость резания** — Понятие 30  
**Способы устранения неполадок в протяжных станках** 264—268  
— при протягивании заготовок 246—263  
**Станки для протягивания глубоких отверстий** — Особенности работы 115, 116 — Способы подачи охлаждающей жидкости 111, 112  
— протяжные — Классификация 103, 105—110 — Область применения 104 — Привод 103 — Технические характеристики 105—110 — Техническое обслуживание 118, 119  
— шпоночно-протяжные — Область применения 117 — Принципиальная схема работы 117, 118  
**Схема автоматизации горизонтально-протяжного станка** 229, 230  
**Схема резания генераторная** — Назначение 42, 43—45 — Недостатки 43 — Особенности 42  
— групповая — Назначение 44, 45 — Особенности 43  
— переменного 47  
— при протягивании внутренних и наружных поверхностей литых и кованных заготовок без предварительной обработки 53—55 — Варианты — см. под их названиями, например, *Вариант схемы резания шахматно-шлицевой*  
— профильная — Назначение 42, 44, 45 — Особенности 42

## Т

**Типизация технологических процессов, включающих деформирующее протягивание** 197—200  
**Толщина среза** — Понятие 30

## У

**Угол режущих зубьев задний** — Назначение 31  
— передний 30, 31  
**Установка заготовок** — Схемы установочных баз 134, 135 — Типы используемых приспособлений — см. под их названиями, например, *Приспособление для протягивания поверхностей пальцев рессоры*  
**Устройство автоматизированное загрузочное** 227, 228  
— автоматическое загрузочное для коромысел клапана к станку МП-11 220—222

## Х

**Хвостовик протяжек** — Разновидности 39

## Ш

**Шейка протяжек** — Назначение 40  
**Ширина среза** — Понятие 30  
**Шлицы винтовые** — Конструктивные особенности протяжек, применяемых при протягивании 217, 218  
— Специфические особенности их протягивания 217

## Э

**Эксплуатация протяжек** — Изнашивание зубьев и их заточка 149, 157  
— Испытания протяжек в работе 169—172  
— Контроль протяжек 164—169  
— Охлаждение при протягивании 159—164  
— Режимы резания 144—148  
— Средняя наработка протяжного инструмента между отказами 157—159  
**Элементы протяжек твердосплавные** 78  
**Элементы режущие наружных протяжек** — Типы их крепления пайкой — см. под их названиями, например, *Напайка полуоткрытая*  
— Типы их разъемных креплений — см. под их названиями, например, *Крепление зубьев пакетное в пазах корпуса*





Обработка протягиванием



П. Г. КАЦЕВ

---

# Обработка протягиванием