

УДК 621. 7 (075.8)  
ББК 34. 5я7  
В31

Факультет «Машиностроительные технологии»  
Кафедра «Инструментальная техника и технологии»

*Рекомендовано Редакционно-издательским советом  
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

*Авторы:*

С.Г. Васильев, А.Р. Маслов

*Рецензент*

Д-р техн. наук, профессор МГТУ «СТАНКИН» Зверев И.А.

**Васильев С.Г.**

**В31** Приспособления для затачивания режущего инструмента: учебное пособие /  
С.Г. Васильев, А.Р. Маслов / М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021 – 135 с.

Рассмотрены основные виды станочных приспособлений для закрепления заготовок и режущего инструмента на универсально-заточных станках.

Дано описание и методические указания по выбору шлифовальных кругов и режимов шлифования при затачивании для получения заданных геометрических параметров и параметров шероховатости шлифуемых поверхностей.

Содержатся необходимые сведения об универсально-заточных станках, абразивных материалах и средствах контроля качества затачивания.

УДК 621. 7 (075.8)  
ББК 34. 5я7

*Учебное издание*

**Васильев** Сергей Геннадьевич

**Маслов** Андрей Руффович

**Приспособления для затачивания режущего инструмента**

## Содержание

Предисловие .....	3
1. Особенности шлифования инструментальных материалов .....	4
2. Характеристика шлифовальных кругов .....	9
3. Способы правки шлифовальных кругов .....	18
4. Способы заточки инструмента .....	21
5. Универсальные станки для затачивания инструмента .....	24
5.1. Станки с ручным управлением.....	24
5.2. Многокоординатные станки с ЧПУ .....	27
6. Приспособления для затачивания режущих инструментов .....	30
6.1. Приспособления для затачивания резцов.....	30
6.2. Приспособления для затачивания многолезвийных инструментов .....	41
6.3. Приспособления для затачивания многолезвийных инструментов по плоскостям .....	48
6.4. Затачивание фасонных фрез. ....	53
6.5. Приспособления для затачивания метчиков .....	67
6.6. Затачивание ступенчатых свёрл .....	79
6.7. Затачивание дисковых фрез по радиусу .....	84
6.8. Алмазно-электроэрозионное затачивание фрез.....	92
7. Контроль качества изготовления режущего инструмента .....	96
7.1. Измерение шероховатости поверхностей режущих инструментов.....	96
7.2. Инструменты и приборы для контроля угловых размеров .....	101
8. Назначение шлифовальных кругов и режимов затачивания .....	116
8.1. Шлифовальные круги общего назначения .....	116
8.2. Шлифовальные круги из сверхтвёрдых материалов.....	120
Литература.....	135

## Предисловие

Широкое внедрение 5-координатных шлифовально-заточных станков с ЧПУ, обеспечивающих полный цикл изготовления режущей части сверл и концевых фрез из твердосплавных и закаленных стальных цилиндрических заготовок, не исключило применение универсально-заточных станков с ручным управлением.

Именно на них осуществляются заточка и восстановление абразивными, алмазными и эльборовыми кругами режущих свойств самой широкой номенклатуры стандартного и специального режущего инструмента: резцов, фрез, зенкеров, разверток, метчиков, ступенчатых сверл с режущими частями из инструментальных сталей и напайных, оснащенных твердыми сплавами.

Большая номенклатура инструментальных материалов вызывает необходимость знать особенности шлифования каждого из них. Важна также применяемость шлифовальных кругов в зависимости от их характеристик. Сложность профилей затачиваемого инструмента и износ шлифовальных кругов определяют включение в технологию затачивания такой операции как правка шлифовальных кругов.

Конструкция универсальных станков для затачивания инструмента изначально предполагает использование широкого спектра специальных приспособлений, обеспечивающих выполнение практически всех задач по затачиванию инструмента.

После выполнения затачивания очевидным является контроль качества заточенного инструмента по его геометрическим параметрам, шероховатости обработанных поверхностей и точности взаимного расположения режущих частей и поверхностей, служащих для крепления инструмента на металлорежущих станках.

В данном учебном пособии раскрыто содержание указанных задач, стоящих перед инструментальщиками, осваивающих тонкости технологии инструментального производства, и приведены конструкции приспособлений для универсально-заточных станков.

Предназначено для обучающихся специальности (уровень специалитета) по направлению подготовки 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» дисциплинам "Проектирование технологической оснастки" и "Технология инструментального производства".

## 1. Особенности шлифования инструментальных материалов

Современные режущие инструменты изготавливают большей частью из быстрорежущих сталей, твердых сплавов, керамики, сверхтвердых композиционных материалов, которые обладают различными физико-механическими свойствами и вследствие этого различной шлифуемостью.

**Быстрорежущие стали** (табл. 1.1) обладают лучшей обрабатываемостью по сравнению с более теплостойкими и износостойкими твердыми сплавами и сверхтвердыми материалами.

На шлифуемость быстрорежущей стали большое влияние оказывают ее химический состав, структура и фазовый состав. В наибольшей степени на износ абразивных зерен шлифовального круга влияет содержание карбидов ванадия (VC), так как твердость этих карбидов (2500...3000 HV) выше твердости электрокорунда (1800...2400 HV), применяемого при шлифовании быстрорежущих сталей. Чем больше объемное содержание карбидов ванадия, тем хуже шлифуемость стали. При содержании ванадия менее 1,5...2% в закаленной и отпущенной стали карбиды ванадия могут полностью отсутствовать или быть в незначительном количестве. Это объясняется тем, что содержащийся в стали ванадий при закалке и отпуске переходит в первую очередь в твердый раствор и сложные карбиды вольфрама и только оставшееся количество ванадия образует карбиды ванадия. Количество образовавшихся карбидов ванадия зависит от содержания вольфрама (W) и молибдена (Mo). При большом суммарном содержании W и Mo количество карбидов ванадия уменьшается, и это положительно сказывается на относительной шлифуемости стали.

### 1.1. Физико-механические свойства быстрорежущих сталей в термически обработанном состоянии.

Марка	Твердость по Роквеллу, HRC <sub>3</sub>	Плотность $\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности на изгиб $\sigma_{изг} \cdot 10^{-7}$ , Па
P18	62	8,8	300
P6M5	63	8,2	335
P6AM5	64	8,1	330
P6M5K5	64	8,2	300
P6M5K5-МП	66	8,2	380
P6M5Ф3	8,1	63	330

Весьма существенно влияние термической обработки на шлифуемость быстрорежущей стали, так как при термообработке изменяются количество карбидов VC и их размеры. При закалке стали растворяется часть карбидов, в том числе VC, а при отпуске наряду с другими дисперсными карбидами, упрочняющими сталь, из нее выделяется и VC. Чем выше температура закалки, тем больше выделяется карбидов VC и тем хуже шлифуемость стали. Стабильность шлифуемости быстрорежущих сталей определяется постоянством ее химического состава и режимов термической обработки. Изменение содержания W и Mo в пределах допустимого состава и нестабильность режима термической обработки могут существенно изменить относительную шлифуемость стали (табл. 1.2).

На шлифуемость стали влияют также размеры карбидов и их распределение. У порошковых сталей (P6M5K5-МП, P6M5Ф3-МП) карбиды распределены более равномерно, а их размер составляет 2...3 мкм, в то время как у обычных сталей того же химического состава – 12...13 мкм. Это определяет значительно лучшую шлифуемость порошковых сталей по сравнению с обычными.

1.2. Коэффициенты относительной шлифуемости  $K_{ш}$  и относительного изменения интенсивности съема  $K_Q$  различных быстрорежущих сталей.

Сталь	$K_{ш}$	$K_Q$
P6M5	1	1
P6AM5	1,1	0,91
P6M5Ф3	1,19	0,83
11P3AM3Ф2	1,13	0,88
P6M5K5-МП	0,94	1,05
P6M5Ф3-МП	0,99	1

По степени ухудшения шлифуемости быстрорежущие стали располагаются в следующем порядке: P18, P6M5, P6M5K5-МП, P6M5Ф3-МП, P6AM5, P6M5Ф3.

Наличие в составе быстрорежущей стали карбидов вольфрама, молибдена и особенно высокотвердых карбидов ванадия вызывает необходимость применять при шлифовании абразивные материалы повышенной твердости и прочности: высококачественный электрокорунд, монокорунд, хромтитанистый электрокорунд, эльбор. Наибольшую износостойкость и режущую способность при шлифовании быстрорежущих сталей имеет эльбор. Однако из-за высокой стоимости эльбор получил применение в основном при окончательном шлифовании и заточке инструмента. При предварительном шлифовании быстрорежущих сталей применяют главным образом электрокорунд. Использование алмазных шлифовальных кругов для предварительной обработки быстрорежущих сталей экономически не эффективно вследствие низкой их

износостойкости, которая объясняется повышенным истиранием алмаза при взаимодействии со сталью. Достаточно эффективны алмазные круги при окончательном круглом шлифовании быстрорежущих сталей.

**Твердые сплавы** (табл. 1.3) по сравнению с быстрорежущими сталями обладают большей твердостью (на 5...8 единиц HRC<sub>3</sub>), большей износостойкостью, сохраняют твердость при высоких температурах, но имеют значительную хрупкость. По прочности твердые сплавы существенно уступают быстрорежущим сталям и весьма чувствительны к температурным напряжениям.

По степени ухудшения шлифуемости вольфрамовые твердые сплавы располагаются в следующем порядке: ВК3, ВК4, ВК6, ВК6-ОМ, ВК8, ВК10.

### 1.3. Физико-механические свойства твердых сплавов, применяемых для металлорежущего инструмента.

Марка	Твердость по Роквеллу HRC <sub>3</sub> (не менее)	Плотность $\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности на изгиб $\sigma_{изг} \cdot 10^{-7}$ , Па
ВК3	89,5	15,0...15,3	110
ВК3-М	91,0	15,0...15,3	110
ВК4	89,5	14,9...15,2	130
ВК6	88,5	14,6...15,0	135
ВК6-М	90,0	14,8...15,1	135
ВК6-ОМ	90,5	14,7...15,0	120
ВК8	87,5	14,4...14,8	140
ВК10	87,0	14,2...14,6	150
ВК10М	88,0	14,3...14,6	150
ВК10-ОМ	88,5	14,3...14,6	140
Т30К4	92,0	9,5...9,8	95
Т15К6	90,0	11,1...11,6	115
Т14К8	89,5	11,2...11,6	125
Т5К10	88,5	12,4...13,1	140

Титано-вольфрамовые твердые сплавы имеют меньшую прочность, чем вольфрамовые, и поэтому лучше шлифуются. Даже при одинаковой прочности силы резания при шлифовании сплавов группы ТК несколько меньше, чем при шлифовании сплавов группы ВК. Однако сплавы группы ТК имеют теплопроводность, в 2 раза меньшую, чем сплавы группы ВК, вследствие чего они обладают повышенной склонностью к трещинообразованию при циклическом нагреве и охлаждении в процессе шлифования. По степени склонности к трещинообразованию сплавы этой группы располагают в следующем порядке: Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т30К4.

Шлифуемость титанотанталовольфрамовых сплавов хуже, чем сплавов вольфрамовых и титановольфрамовых, так как с повышением содержания карбидов тантала склонность к появлению трещин возрастает.

Безвольфрамовые твердые сплавы по прочности уступают большинству сплавов, относящихся к первым трем группам, и имеют более низкую ударную вязкость, теплопроводность и более высокий коэффициент термического расширения, что делает их более чувствительными к тепловым нагрузкам. По степени ухудшения шлифуемости эти сплавы располагаются в следующем порядке: ТН20, ТМ1, КНТ16, причем производительность шлифования сплава КНТ16 почти в 9 раз ниже, чем сплава ТН20.

Шлифование твердых сплавов кругами из электрокорунда практически невозможно. Это объясняется тем, что твердость электрокорунда близка к твердости карбидов вольфрама и ниже твердости карбидов титана, поэтому зерна электрокорунда в процессе шлифования быстро затупляются и шлифовальный круг теряет работоспособность. Карбид кремния зеленый обладает большей твердостью, чем электрокорунд, что обуславливает его большую стойкость при шлифовании твердых сплавов. Однако эффективное шлифование твердых сплавов кругами из карбида кремния зеленого возможно только при условии их интенсивного самозатачивания [1]. Круги из карбида кремния зеленого рекомендуется применять только при предварительном шлифовании и заточке. Круги из эльбора обладают низкой режущей способностью при обработке твердых сплавов и не рекомендуются для данного вида обработки. Наиболее высокой износостойкостью при шлифовании твердых сплавов обладают алмазные круги, которые могут работать не только в условиях самозатачивания круга, но и в режиме затупления при шлифовании. Поэтому алмазные круги используют как при предварительном, так и при окончательном шлифовании и заточке твердосплавных инструментов.

**Керамические режущие материалы** обладают такой же твердостью, как и твердые сплавы наиболее износостойких марок, и имеют повышенную теплостойкость (до 1100...1200°C). Однако прочность керамических материалов примерно в 3 раза ниже прочности твердых сплавов.

Керамические инструментальные материалы отличаются низкой ударной вязкостью, малой пластичностью и повышенной хрупкостью, поэтому в большей степени, чем твердые сплавы, керамические материалы чувствительны к температурным напряжениям. Шлифование керамических инструментальных пластин возможно только алмазными кругами при условиях, исключаящих высокую температуру нагрева шлифуемых поверхностей.

**Алмаз** обладает наивысшей твердостью и наибольшим модулем упругости из всех известных режущих материалов. Теплопроводность алмаза также значительно выше, чем у других инструментальных материалов, а коэффициент линейного расширения в 5...10 раз меньше, что обуславливает высокую стойкость алмаза при тепловых нагрузках до 800 ... 1200 °С, выше которой алмаз графитизируется. Шлифование алмазных инструментов возможно только алмазными шлифовальными кругами из высокопрочных алмазов на металлических связках.

**Композиты** на основе кубического и вюрцитоподобного нитрида бора (табл. 1.4) обладают твердостью в 2...4 раза большей, чем у твердых сплавов, высокой теплостойкостью (1100...13000°C), хорошей теплопроводностью (42...50 Вт/(м·К), близкой к теплопроводности твердых сплавов группы ВК и не снижающейся при повышении температуры, химической инертностью к соединениям железа с углеродом, достаточной вязкостью и прочностью. Вследствие этого они имеют очень низкую шлифуемость. Шлифуют композиционные поликристаллические материалы алмазными кругами.

#### 1.4. Физико-механические свойства композитов.

Обозначение композита	Торговая марка композита	Твердость HRC <sub>3</sub>	Модуль упругости $E \cdot 10^{-10}$ , Па	Плотность $\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности на изгиб $\sigma_{изг} \cdot 10^{-7}$ , Па
01	Эльбор – Р	92...94	82	3,4	38
05	Кубонит	92...94	61	4,3	47
10	Гексанит – Р	92...94	68...78	3,4	40



## 2. Характеристика шлифовальных кругов

Абразивные материалы, применяемые при шлифовании и заточке режущих инструментов: алмаз, эльбор, электрокорунд, карбид кремния обладают различными физико-механическими свойствами, которые определяют их области применения.

*Алмаз* по сравнению с другими абразивными материалами имеет наивысшую микротвердость, достигающую по Виккерсу  $10^{11}$  Па и самый высокий модуль упругости  $88 \cdot 10^{10}$  Па (табл. 2.1), что определяет его высокую износостойкость и абразивную способность при обработке материалов, не содержащих углерод. При шлифовании сталей в условиях повышенных нагрузок на зерно, приводящих к высокой температуре в зоне контакта, происходит интенсивный диффузионный износ алмазного зерна, что определяет повышенный расход алмазов.

*Эльбор* имеет микротвердость несколько меньшую, чем алмаз, но значительно большую, чем другие абразивные материалы. Важным свойством эльбора является его способность противостоять циклическому воздействию высоких температур. При нагревании кристаллов эльбора в воздушной среде до  $1000^{\circ}\text{C}$  на их поверхности образуется тонкая оксидная пленка  $\text{B}_2\text{O}_3$ , которая служит как бы защитным покрытием и препятствует дальнейшему окислению. Эльбор в отличие от алмаза инертен к железу, что обеспечивает гораздо меньший его износ при обработке инструментальных и быстрорежущих сталей.

### 2.1. Физико-механические свойства абразивных материалов.

Абразивный материал	Плотность $\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup>	Микротвердость по Виккерсу $HV \cdot 10^{-10}$ , Па	Модуль упругости $E \cdot 10^{-10}$ , Па	Предел прочности на изгиб $\sigma_{\text{изг}} \cdot$ $10^{-7}$ , Па
Алмаз	3,48...3,56	10	88	20,6...48
Эльбор	3,44...3,49	9,0...9,25	70	-
Карбид кремния	3,12...3,21	3,3...3,6	35,8...38,6	4,9...14,7
Электрокорунд	3,93...4,1	1,8...2,4	31,3	7,8...8,8

Шлифовальные порошки из природных и синтетических алмазов классифицируются по механической прочности (табл. 2.2). В зависимости от вида исходного сырья шлифовальные порошки обозначают: А – природный алмаз, АС – синтетический монокристаллический алмаз, АР – синтетический поликристаллический алмаз. К обозначению синтетического поликристаллического алмаза АР добавляют букву, обозначающую тип поликристаллического алмаза: АРВ – баллас, АРК – карбонадо, АРС – спеки.

Для создания прочной связи между зёрнами и связкой разработаны различные методы металлизации зёрен. Металл покрывает поверхность зёрна слоем толщиной 3...4 мкм и связывает отдельные части зёрна.

Наиболее эффективны металлизированные зёрна алмаза в инструментах на бакелитовых связках. Использование шлифовальных кругов из металлизированных абразивов улучшает отвод теплоты из зоны шлифования, что особенно важно в тех случаях, когда обработка осуществляется без охлаждения.

## 2.2. Алмазные порошки.

Марка алмазных порошков (ГОСТ 9206-80)	Рекомендуемые операции
A1, A2, A3, A5	Шлифование и заточка инструментов из алмаза, сверхтвёрдых материалов, керамики
A8	Правка шлифовальных кругов
AC2	Предварительное и окончательное шлифование и заточка инструментов из твёрдых сплавов, керамики, сверхтвёрдых материалов
AC4	Предварительное шлифование, заточка инструментов из твёрдых сплавов
AC6	Профильное шлифование, резьбошлифование, вышлифовка канавок в инструменте из твёрдого сплава
APB1, APK4, APC3	Предварительное хонингование, резка, правка шлифовальных кругов
AM, ACM	Доводка, полирование инструментов из твёрдых сплавов, керамики и сверхтвёрдых материалов
AN, ANH	Доводка и полирование инструментов из сверхтвёрдых материалов
AM5, ACM1, ACM5	Сверхтонкая доводка и полирование инструмента из твёрдых сплавов

Абразивные материалы из кубического нитрида бора (эльбор и кубонит) рекомендуются для операций, указанных в **Ошибка! Источник ссылки не найден.** 2.3. Применение шлифовальных кругов из эльбора при шлифовании и заточке инструмента из быстрорежущих сталей позволяет избегать прижоги и повышать производительность операций шлифования.

Период стойкости инструмента, заточенного кругами из эльбора, в 1,5 раза выше, чем при заточке кругами из электрокорунда.

### 2.3. Абразивные материалы из кубического нитрида бора.

Зерно	Обозначение		Рекомендуемые операции
	Из эльбора	Из кубонита	
Обычной прочности	ЛО	КЛ	Окончательное шлифование и заточка инструментов из быстрорежущих сталей
Повышенной прочности	ЛП	КР	Предварительное и окончательное шлифование инструментов из быстрорежущих сталей
Высокой прочности	ЛКВ	-	Профильное шлифование, резьбошлифование, вышлифовывание канавок инструментов из быстрорежущих сталей
Дробленое из поликристаллов	ЛД	-	
Обычной прочности с металлическим покрытием	ЛОМ	КОМ	Окончательное шлифование и заточка инструментов из быстрорежущих сталей кругами повышенной стойкости на металлической связке
Агрегатированное с металлическим покрытием	-	КОМА	Предварительное и окончательное шлифование и заточка инструментов из быстрорежущих сталей кругами с повышенной стойкостью

*Электрокорунд* в зависимости от содержания окиси алюминия и примесей имеет различный цвет, структуру, свойства и соответственно области применения его различны (табл. 2.4).

### 2.4. Абразивные материалы из электрокорунда.

Абразивный материал	Обозначение	Рекомендуемые операции
Электрокорунд нормальный	12А	Предварительное шлифование корпусов сборных инструментов из конструкционных сталей Ведущие круги при бесцентровом шлифовании
	13А	
	14А	
	15А	
	16А	
Электрокорунд белый	22А	Предварительное и окончательное шлифование и заточка инструментов из быстрорежущих сталей
	23А	
	24А	
	25А	
Электрокорунд хромистый	32А	Предварительное и окончательное шлифование с повышенной производительностью инструментов из быстрорежущих сталей
	33А	
	34А	
Электрокорунд титанистый	37А	Шлифование заготовок из углеродистых и конструкционных сталей
Монокорунд	43А	Шлифование и заточка инструментов из быстрорежущих сталей ухудшенной шлифуемости
	44А	
	45А	

Электрокорунд нормальный имеет значительную вязкость, которая необходима при выполнении работ с переменными нагрузками.

Зерна электрокорунда белого обладают высокой прочностью и острыми кромками. Шлифовальные круги из белого электрокорунда отличаются стабильными свойствами, обладают хорошей самозатачиваемостью.

Абразивные инструменты из хромистого электрокорунда повышают на 20...30% производительность обработки конструкционных и углеродистых сталей по сравнению с инструментами из электрокорунда белого.

Шлифовальные круги из хромотитанистого электрокорунда имеют повышенную стойкость, относительный расход электрокорунда хромотитанистого снижается в 1,6 раза по сравнению с электрокорундом белым.

Зерна монокорунда имеют изометрическую форму, высокую механическую прочность и большое число режущих граней. Их абразивная способность выше, чем зерен электрокорунда белого. Благодаря этому шлифовальные круги из монокорунда обладают высокими режущими свойствами и обеспечивают меньшие силы шлифования.

*Карбид кремния* производят двух видов, имеющих различное содержание примесей: зеленый и черный. По химическому составу они отличаются незначительно, однако карбид кремния зеленый содержит меньше примесей, имеет несколько большую хрупкость и более высокую абразивную способность. В инструментальном производстве используют в основном круги из карбида кремния зеленого (табл. 2.5).

## 2.5. Абразивные материалы из карбида кремния зеленого

Абразивный материал	Обозначение	Рекомендуемые операции
Карбид кремния зеленый	63С 64С	Предварительное шлифование и заточка инструментов из твердых сплавов при съеме большого припуска

**Зернистость** абразивных материалов характеризует размеры абразивных зерен, представляющих собой геометрические тела неправильной формы. Основным размером зерна является его ширина. Классификацию абразивных зерен по размерам осуществляют ситом ситами на специальной аппаратуре. Номер зернистости для всех абразивных материалов, кроме алмазов, обозначает номинальный размер стороны ячейки сита в свету, на котором задерживаются зерна основной фракции. Номер зернистости алмазных порошков обозначается дробью, знаменатель дроби – размер сторон ячейки сита, на

которой задерживаются зерна, а числитель – размер стороны ячейки сита, через которую проходят зерна.

Шероховатость поверхности определяется работой зерен предельной и крупной фракций, а съём обрабатываемого материала – работой зерен крупной или основной фракций в зависимости от того, в каком количественном соотношении содержатся они в микропорошке. При содержании зерен крупной фракции более 20% интенсивность съема будет такой же, как при обработке абразивом большего (следующего) номера зернистости, а при содержании зерен мелкой фракций свыше 50% – как при обработке абразивом меньшего номера зернистости. Чем больше номер зернистости шлифовального круга, тем большую нагрузку выдерживает шлифовальный круг и тем большую производительность он обеспечивает при шлифовании. На шероховатость шлифованной поверхности зернистость шлифовального круга оказывает обратный эффект: чем больше номер зернистости, тем хуже шероховатость поверхности.

**Связка** (табл. 2.6). При производстве абразивных инструментов из электрокорунда и карбида кремния применяют два типа связок: неорганические (керамические) и органические (бакелитовые, вулканитовые и др.).

#### 2.6. Связки шлифовальных кругов.

Связка	Абразивный материал	Рекомендуемые операции и условия обработки
<b>Керамические связки</b>		
K1-K10	Электрокорунд	Предварительное и окончательное шлифование и заточка инструментов из быстрорежущих сталей с охлаждением и всухую
K	Карбид кремния	Предварительное круглое и плоское шлифование и заточка твердосплавного инструмента при съеме больших припусков и обработке твердого сплава совместно с державкой
K	Алмаз	Заточка инструмента при обработке твердого сплава совместно с державкой
C10	Эльбор	Предварительное и окончательное шлифование и заточка инструмента из быстрорежущих сталей с охлаждением и всухую
K19	Кубонит	Заточка инструментов из быстрорежущих сталей без охлаждения
<b>Органические связки</b>		
B	Электрокорунд	Шлифование и заточка инструментов из быстрорежущих сталей всухую и при повышенных требованиях к качеству шлифованных поверхностей
B		Отрезка, вышлифовывание канавок инструмента из быстрорежущей стали

В2-01 (Б)	Алмаз	Окончательное шлифование, заточка и доводка инструмента из твердых сплавов, керамических и сверхтвердых материалов с охлаждением и всухую
Б1	Эльбор, Кубонит	Окончательное шлифование, заточка, доводка инструментов из быстрорежущих сталей
В1-04 (Б2)	Алмаз	Профильное шлифование, резьбошлифование, вышлифовывание канавок твердосплавного инструмента
В3-01 (БР)		Окончательное шлифование и заточка инструментов из твердых сплавов и быстрорежущих сталей
В1-01 (БП-2)		Высокопроизводительное механизированное шлифование и заточка твердосплавных инструментов, шлифование твердосплавных многогранных пластин
В1-02 (Б156)		Шлифование и заточка инструмента из твердого сплава и сверхтвердых материалов с повышенной производительностью, профильное шлифование, заточка узкокрючочными кругами
Металлические связи		
М1, МФ	Эльбор, кубонит	Профильное шлифование, вышлифовывание канавок инструмента из быстрорежущих сталей
М1-01 (МВ1) М1-05 (М013)	Алмаз	Предварительное шлифование, заточка, вышлифовывание канавок твердосплавного инструмента с охлаждением

Абразивный инструмент из электрокорунда изготавливают на плавящейся керамической связке, а инструмент из карбида кремния – на спекающейся. Плавящиеся связки химически взаимодействуют с абразивными зёрнами из электрокорунда и поэтому обеспечивают большую прочность абразивного инструмента.

Зёрна карбида кремния весьма непрочны удерживаются на рабочей поверхности инструмента. Причина заключается в том, что связь между зёрнами карбида кремния и керамической связкой недостаточно прочная вследствие низкой смачиваемости зёрен и их слабого химического взаимодействия со связкой. Керамические связки обладают высокими огнеупорностью, водоупорностью, химической стойкостью и относительно высокой прочностью. Недостатком этих связок является их высокая хрупкость, вследствие чего круги на этой связке не могут использоваться при ударных нагрузках и для отрезных работ, где возникают большие изгибающие силы.

Абразивный инструмент на бакелитовой связке обладает большей прочностью, особенно на сжатие, чем инструмент на керамической связке, что позволяет ему работать на высоких скоростях резания. Шлифовальные круги на бакелитовой связке, армированные стеклосеткой, применяют для обдирочного шлифования и отрезных операций. Недостаток

бакелитовой связки – ее малая теплостойкость. Бакелитовая связка недостаточно устойчива к действию СОЖ, содержащих щелочные растворы.

Вулканитовая связка обладает большой эластичностью и плотностью. В абразивном инструменте на вулканитовой связке зерна закреплены слабее, чем в инструменте на керамической и бакелитовой связках. При увеличении давления в зоне контакта круга с заготовкой и вследствие нагрева связки зерна углубляются в нее и режут с меньшей глубиной, вследствие чего обрабатываемая поверхность получается менее шероховатой. Инструменты на вулканитовой связке, будучи более плотными, вызывают повышенный нагрев обрабатываемой заготовки. Шлифовальные круги на вулканитовой связке применяют в основном при отрезке и прорезке пазов, в качестве ведущих при бесцентровом шлифовании и для вышлифовывания канавок в инструментах из быстрорежущих сталей.

Алмазные и эльборовые шлифовальные круги изготавливают на органических (бакелитовых), металлических и керамических связках. Бакелитовые связки обладают более низкими прочностными характеристиками по сравнению с металлическими, что позволяет кругам на этих связках работать с большей степенью самозатачивания, тем самым обеспечивая постоянство их режущих свойств.

**Твердость** абразивного инструмента характеризует силы связи, удерживающие абразивные зерна в инструменте. Обычно мягким абразивным инструментом в отличие от твердого называют такой, из которого зерна легко выкрашиваются. Шлифовальные круги из электрокорунда и карбида кремния подразделяются по твердости на группы и степени (табл. 2.7). Большой номер степени соответствует большей твердости.

### 2.7. Степень твердости абразивного инструмента.

Характеристика круга по твердости	Обозначение твердости по ГОСТ52587-2006	Связка круга		
		Обозначение твердости по ГОСТ19202-83		
		Керамическая	Бакелитовая	Вулканитовая
Мягкий	H, I, J	M1, M2, M3	-	-
Среднемягкий	K, L	CM1, CM2	CM1, CM2	-
Средний	M, N	C1, C2	C1, C2	C1
Среднетвердый	O, P, Q	CT1, CT2, CT3	CT1, CT2, CT3	CT1
Твердый	R, S	T1, T2	T1, T2	T1

Определение твердости (см. ГОСТ52587-2006) абразивных инструментов из электрокорунда, карбида кремния на керамической и бакелитовой связках зернистостью 12 и выше производится с помощью специального пескоструйного аппарата путем измерения глубины лунки, образующейся на абразивном инструменте под действием струи кварцевого

песка, выбрасываемой из камеры прибора сжатым воздухом под давлением  $1,5 \cdot 10^3$  Па. Твердость шлифовальных кругов из электрокорунда и карбида кремния при зернистости от 12 до М14 и твердость эльборовых кругов на керамической связке определяются на твердомере «Роквелл» путем измерения глубины лунки, образуемой при вдавливании стального шарика под действием определенной нагрузки. Твердость абразивных инструментов на вулканитовой связке измеряется на приборе ТКИ методом вдавливания конуса с вершиной из твердого сплава.

Шлифовальные круги высокой степени твердости обеспечивают наибольший период стойкости круга, но работают с затуплением. Это вызывает опасность образования дефектов на шлифуемой поверхности, и поэтому необходима частая правка круга. Мягкие шлифовальные круги работают с интенсивным самозатачиванием, поэтому абразивные зерна имеют небольшую степень затупления, что дает возможность вести более производительную обработку. Однако такие круги не обладают достаточной стойкостью, отличаются повышенным износом и не пригодны для обработки фасонных поверхностей. Наилучшие результаты по износостойкости и производительности обеспечивают круги средней твердости, работающие в режиме ограниченного самозатачивания. При этом, чем выше степень твердости шлифовального круга, тем более затупленными зернами он работает и тем выше опасность образования дефектов на обрабатываемой поверхности.

При выборе твердости шлифовального круга следует руководствоваться следующими правилами:

- ✓ чем ниже жесткость и виброустойчивость станка, тем более твердым должен быть круг;
- ✓ при обработке фасонных и прерывистых поверхностей твердость круга должна быть выше; применение СОЖ позволяет использовать более твердые круги;
- ✓ чем больше площадь контакта круга с обрабатываемой поверхностью, тем мягче должен быть круг;
- ✓ при появлении дефектов на обрабатываемой поверхности необходимо применять более мягкие круги;
- ✓ круги на бакелитовой связке должны быть на одну-две ступени более твердыми, чем круги на керамической связке;
- ✓ при работе торцом круга следует применять более мягкие круги, чем при работе периферией.

Структура абразивного инструмента характеризует объемное содержание зерен и связки в шлифовальном круге и обозначается номерами от 0 до 12. С увеличением номера структуры число зерен в круге уменьшается, а объем связки – увеличивается.



Абразивные инструменты структуры 0...3 имеют очень плотное расположение зерен с малыми промежутками между ними и малыми порами. Такие инструменты целесообразно использовать для работ, требующих высокую точность профиля абразивного инструмента, и для снижения шероховатости поверхности.

Абразивные инструменты структуры 5...8 имеют среднее соотношение объемов зерен и связки, применяются для всех видов работ, обеспечивают большую интенсивность съема и имеют достаточный период стойкости. Для плоского шлифования периферией круга и внутреннего шлифования применяют круги 7...8 структур, для отрезки рекомендуют круги 8...9 структур.

Абразивные инструменты с открытой структурой (9...12) имеют наименьшее объемное содержание зерен, что увеличивает расстояние между соседними абразивными зёрнами и обеспечивает большие размеры пор. Работа такими инструментами улучшает условия отвода стружки, охлаждения круга и заготовки, уменьшает засаливание круга, что позволяет работать такими кругами на повышенных режимах и предотвращает появление дефектов на шлифованных поверхностях.

Однако инструменты с открытой структурой обладают меньшей прочностью. Инструменты с открытой структурой рекомендуется применять при обработке мягких и вязких материалов, при шлифовании мелкозернистыми абразивами; для предварительного шлифования инструментов из сталей ухудшенной шлифуемости, при большой площади контакта круга с заготовкой.

**Концентрация** алмазных или эльборовых кругов характеризует объемное содержание в них алмазных или эльборовых зерен. За 100%-ную концентрацию принято содержание 4,4 кар (0,88 г) в 1 см<sup>3</sup> рабочего слоя, что составляет 25% объема независимо от вида связки. Концентрация алмазного и эльборового абразивного инструмента определяет его режущие свойства, удельный расход и выбирается в зависимости от выполняемой операции.

С увеличением концентрации повышаются режущая способность и период стойкости кругов на органических связках, поэтому для окончательного шлифования и доводки рекомендуют круги 100%- и 150%-ной концентрации, а для профильного шлифования – круги 150%- и 200%-ной концентрации.

Для предварительного шлифования и заточки твердосплавного инструмента применяют круги на металлической связке со 100%- или 150%-ной концентрацией. Для вышлифовки стружколомных канавок и лунок, резьбошлифования твердосплавных метчиков, мелко модульных фрез и профильного шлифования применяют круги со 150%-ной концентрацией алмазов.

### 3. Способы правки шлифовальных кругов

Для правки кругов из электрокорунда и карбида кремния точением применяется алмазный правящий инструмент.

Правка точением алмазными карандашами производится на операциях круглого, внутреннего, плоского, бесцентрового шлифования, а также на отдельных операциях профильного, резьбо- и зубошлифования. Алмазные карандаши в соответствии с ГОСТ 607-80 изготавливают четырех типов (рис. 3.1).

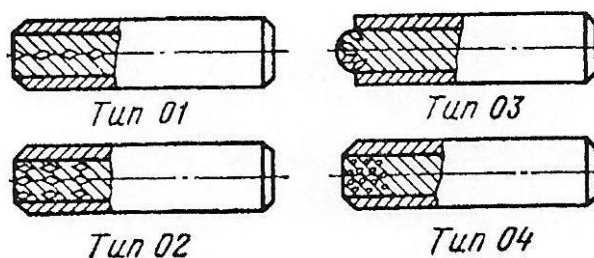


Рис. 3.1. Типы алмазных карандашей с алмазами, расположенными: 01 – по оси карандаша; 02 – слоями; 03 – на сферической поверхности; 04 – неориентированно

При изготовлении карандашей применяют следующие виды алмазного сырья: природные алмазные кристаллы первого, второго, третьего и четвертого качества; природные алмазные шлифовальные порошки зернистостью от 80/63 до 500/400 и дробленые синтетические алмазы АС32.

Карандаши из алмазов первого качества должны применяться только на операциях шлифования заготовок для получения точности 6-го и меньшего квалитетов с шероховатостью поверхности  $Ra = 0,63$  мкм и ниже, а также при выполнении профильного шлифования. Карандаши из синтетических алмазов рекомендуется использовать при скорости круга до 35 м/с для правки шлифовальных кругов из электрокорунда белого, нормального и монокорунда.

Чем больше объем абразива, снимаемый при правке (больше диаметр и высота круга), тем больше должна быть масса алмазов в карандаше. Правку необходимо проводить при непрерывной и обильной подаче охлаждающей жидкости с расходом 15...20 л/мин. Перед правкой шлифовальный круг должен быть отбалансирован. Алмазные карандаши типов 01 и 03 следует устанавливать под углом 10...15° в направлении вращения круга и периодически поворачивать вокруг собственной оси на угол 50...60°. Карандаши типов 02 и 04 следует устанавливать по отношению к шлифовальному кругу без наклона. Величина съема абразива при ручной правке шлифовальных кругов зернистостью 40 при внутреннем

шлифовании и зубошлифовании не должна превышать 0,07 мм, для остальных видов шлифования – 0,13 мм, а кругов зернистостью 25 и ниже – соответственно 0,05 мм и 0,1 мм.

При автоматической правке величина съема абразива не должна превышать 0,03 мм для всех видов шлифования, кроме резбошлифования.

При автоматической правке однопрофильного круга для шлифования резьбы алмазным карандашом типа 04 съем абразива не должен превышать: 0,05 мм - для шага 1,0 мм и менее, 0,1 мм - для шага 1,25...1,5 мм, 0,14 мм - для шага 1,75 мм и более. Рекомендуемые режимы правки шлифовальных кругов алмазными карандашами приведены в табл. 3.1.

Для правки кругов сложного профиля применяют алмазные резцы или иглы с различной формой алмаза (долотообразная, коническая, пирамидальная).

### 3.1. Рекомендуемые режимы правки шлифовальных кругов алмазными карандашами

Вид и способ шлифования	Режим правки	
	Скорость подачи, м/мин	Подача, мм/дв.ход
Круглое:		
Врезанием	0,15...0,30	0,02...0,03
Напроход	0,20...0,30	0,02...0,03
Шлифование торцов (круга)	0,20...0,30	0,02...0,03
Бесцентровое:		
Врезанием	0,15...0,30	0,02...0,03
Напроход	0,20...0,30	0,02...0,03
Правка ведущего круга	0,10...0,15	0,02...0,03
Плоское:		
Периферией круга	0,3...0,8	0,02...0,03
Торцом круга	0,2...0,3	0,02...0,03
Резбошлифование		
Однопрофильное	0,08...0,15	0,01...0,02
Шлицешлифование		
Боковых сторон	0,40...0,60	0,02...0,03
Дна впадины	0,50...0,70	0,02...0,03
Профильное шлифование		
Напроход	0,20...0,30	0,03...0,04

**Правка эльборовых кругов.** Эльборовые круги на керамической связке наиболее целесообразно править точением алмазным карандашом, однако расход алмазного

карандаша на правку эльборового круга возрастает в 5...8 раз по сравнению с правкой круга из электрокорунда.

Правку рекомендуется производить алмазными карандашами типа 04 при рабочей скорости шлифовального круга, обильной подаче СОЖ с расходом 20 л/мин, скорости продольного движения 0,5 м/мин, подаче 0,01...0,02 мм/дв. ход для цилиндрических поверхностей и соответственно 0,6 м/мин и 0,06...0,08 мм/дв. ход для торцовых поверхностей.

#### 4. Способы заточки инструмента

Заточка – процесс шлифования передних и задних поверхностей режущего инструмента, обеспечивающий придание им заданных геометрических параметров и качества с образованием режущих кромок.

Элементы режима резания при шлифовании (рис. 4.1) определяются тремя параметрами: скоростью круга, продольной и поперечной подачами (при жестком шлифовании) или нормальной силой (при упругом шлифовании).

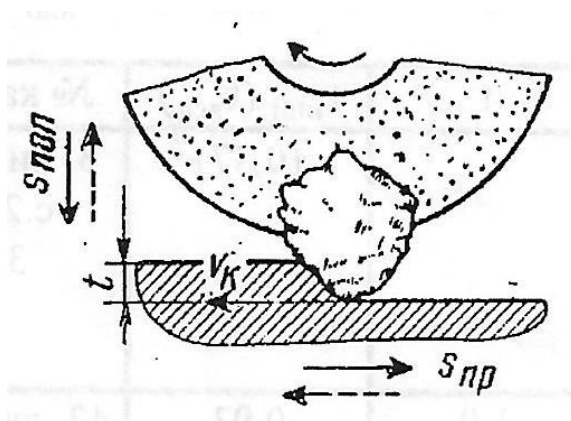


Рис. 4.1. Процесс резания при шлифовании

**Скорость круга** (м/с) – окружная скорость периферийных зерен круга:  $v_k = (\pi D_k n) / 1000 \cdot 60 \approx 0,5 \cdot 10^{-4} D_k n$ , где  $D_k$  – Диаметр шлифовального круга, мм;  $n$  – частота вращения шлифовального круга, об/мин.

**Продольная подача**  $S_{пр}$  (мм/мин) – скорость взаимного перемещения круга и изделия в плоскости обработки.

**Поперечная подача**  $S_{поп}$  (мм/мин или мм/дв. ход) – взаимное перемещение инструмента, круга и изделия на глубину шлифования  $t$ .

Применяют различные виды заточки: а) торцом круга; б) периферией круга; в) с непрерывным контактом; г) с прерывистым контактом; д) упругая заточка (рис. 4.2).

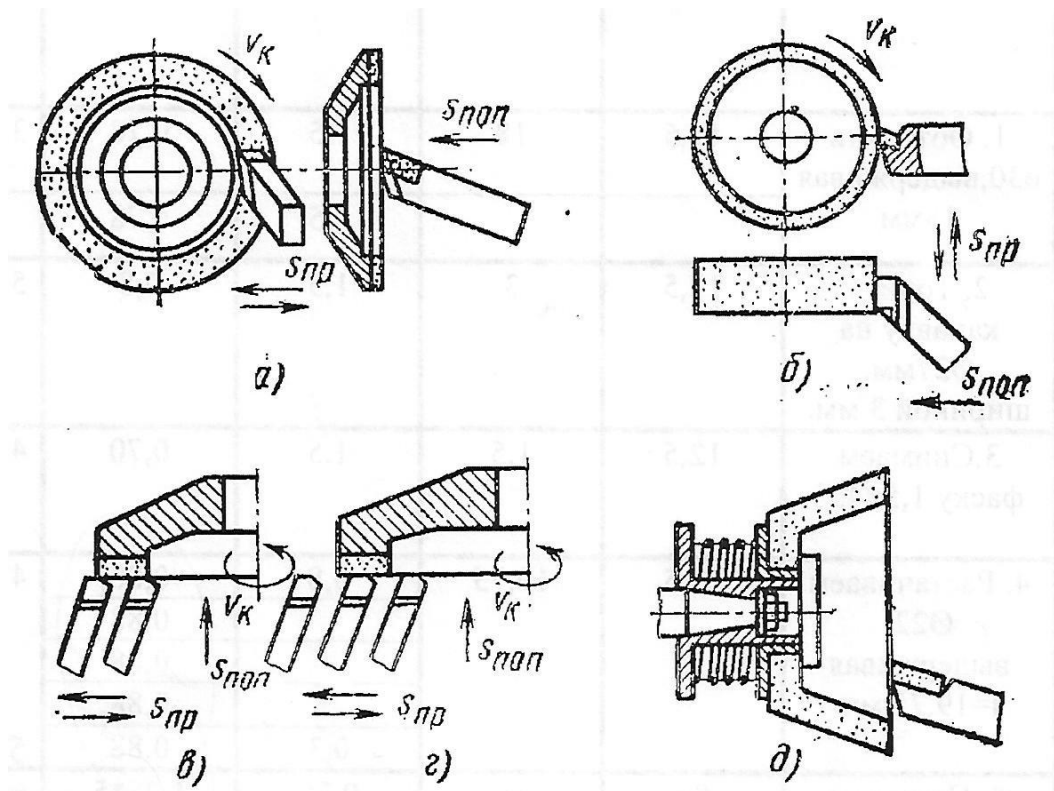


Рис. 4.2. Разновидности заточки: а – торцом круга; б – периферией круга; в – с непрерывным контактом; г – с прерывистым контактом; д – упругая заточка

При заточке торцом круга (рис. 4.2, а) повышается производительность обработки и снижается шероховатость обработанной поверхности по сравнению с заточкой периферией круга (рис. 4.2, б).

Заточка с непрерывным контактом (рис. 4.2, в) более производительна и применяется в автоматизированных станках, работающих торцом круга, при использовании врезного шлифования.

При заточке с прерывистым контактом (рис. 4.2, г) круг и изделие в процессе продольной подачи периодически выходят из контакта. Недостаток этого способа – образование завалов на участках входа и выхода обрабатываемой поверхности, особенно при работе на нежестких станках.

Упругая заточка (рис. 4.2, д) осуществляют введением в систему станка или круга упругих элементов, задающих силу прижатия круга к обрабатываемой поверхности.

Часто применяется в операциях заточки так называемое жесткое шлифование, при котором сьем припуска осуществляется заданием поперечной подачи.

При многопроходной заточке припуск снимается за большое число проходов при малой глубине шлифования (0,005–0,1 мм) и повышенной продольной подаче (0,5–4 м/мин для алмазных и эльборовых и 3–15 м/мин для абразивных кругов).

При глубинной заточке весь припуск снимается за 1–3 прохода при большой глубине шлифования (от 0,2 до 2 мм) и низкой продольной подаче (0,01–1 м/мин для алмазных и эльборовых и 0,3–2 м/мин для абразивных кругов). Глубинная заточка по сравнению с многопроходной имеет повышенную производительность обработки за счет сокращения потерь времени на холостые ходы, перебеги, отводы и подводы круга.

Для предотвращения появлений дефектных слоев на рабочих поверхностях режущего инструмента глубинная заточка ведется с обильным охлаждением и во многих случаях с подачей СОЖ под давлением.

Черновая заточка проводится для удаления основной части припуска с максимальной допустимой интенсивностью съема и подготовки обрабатываемых поверхностей к чистой заточке и доводке.

Чистовая заточка повышает точность размеров и уменьшает шероховатость обрабатываемой поверхности.

Доводка – процесс тонкого чистового шлифования со съемом припуска в пределах 0,03–0,05 мм, позволяющий достигнуть шероховатости  $Ra = 0,16 - 0,04$  мкм.

Большинство заточных операций осуществляется способами обычного (механического) шлифования, при котором припуск снимается в процессе резания обрабатываемого материала абразивными зёрнами из карбида кремния, электрокорунда, алмаза и эльбора.

При электрохимической алмазной заточке припуск удаляется сочетанием двух процессов: анодного растворения и резания. Обработка происходит при пропускании постоянного тока напряжением 4–12 В через электролит, непрерывно поступающий в зону обработки, причем затачиваемый инструмент является анодом, а алмазный круг на металлической связке – катодом. По сравнению с обычной алмазной заточкой электрохимическая заточка повышает производительность обработки и снижает затупление круга, обеспечивает обработку твердого сплава совместно со стальной державкой.

При электроэрозионной алмазной заточке алмазный круг на металлической связке подключают к положительному, а затачиваемый инструмент – к отрицательному полюсу источника тока. Электрические разряды разрушают связку круга и сжигают стружку, что улучшает режущие свойства круга. Электроэрозионная заточка по сравнению с электрохимической повышает производительность обработки на 10–15 %, позволяет использовать химически менее активные и дешевые электролиты (3%-ный содовый раствор).

## 5. Универсальные станки для затачивания инструмента

Режущий инструмент затачивают на универсальных и специализированных станках. Наиболее распространенными являются универсально-заточные станки производства Витебского завода заточных станков «ВИЗАС» (Республика Беларусь).

На универсально-заточных станках, используя специальные приспособления, можно затачивать любые виды режущего инструмента.

### 5.1. Станки с ручным управлением

Универсально-заточной станок – основной тип оборудования, используемого для затачивания многолезвийного инструмента: зенкоров, разверток, фрез, долбяков и метчиков. Можно затачивать также резцы, червячные фрезы, зуборезные головки и протяжки. Станки приспособлены для круглого (наружного и внутреннего) и плоского шлифования.

На станке можно производить: круглое шлифование цилиндрических и конических поверхностей, шлифование винтовых поверхностей, шлифование по радиусу, шлифование фасонных поверхностей. Заточка производится всухую или с охлаждением. Универсально-заточные станки мод. 3В642 (рис. 5.1), 3М642 и 3Д642Е предназначены для затачивания и доводки разнообразного режущего инструмента в условиях среднего машиностроения. Станки с буквой Е являются гидрофицированными.

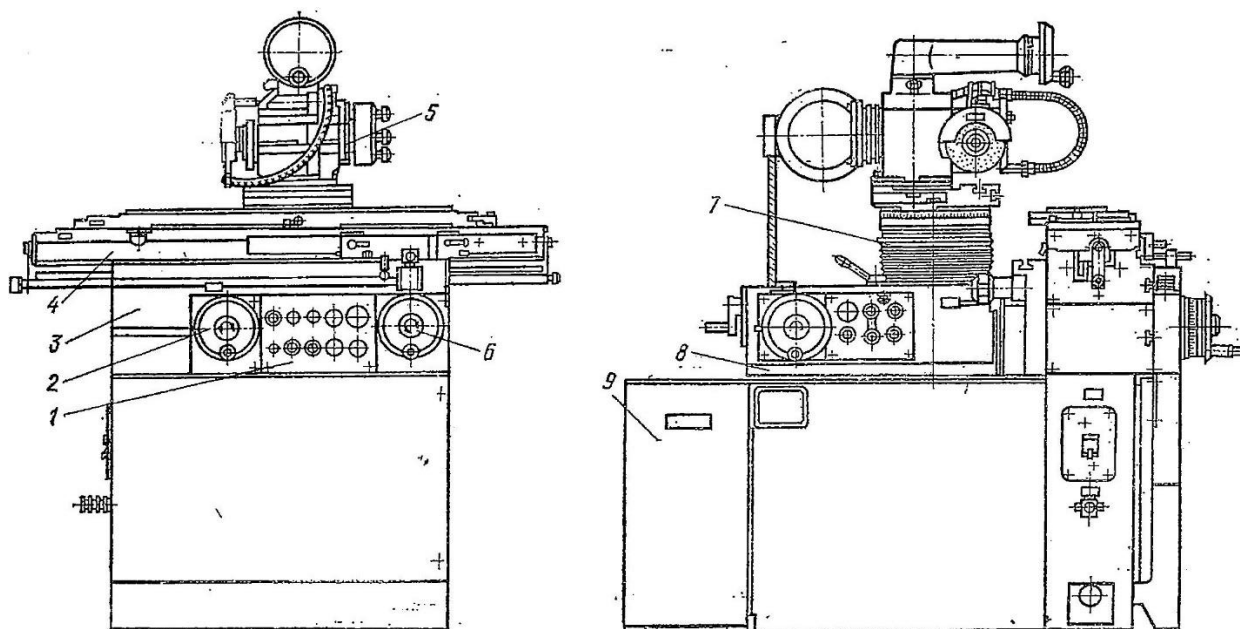


Рис. 5.1. Универсально-заточной станок мод. 3М642: 1 – пульт управления; 2 – маховик поперечной подачи; 3 – основание стола; 4 – стол; 5 – шлифовальная бабка; 6 – маховик тонкой продольной подачи; 7 – колонна; 8 – каретка; 9 – бак охлаждения



Технические характеристики универсально-заточных станков мод. 3В642, 3М642, 3Д642Е приведены в табл. 5.1.

#### 5.1. Технические характеристики универсально-заточных станков

Параметр станка	3В642	3М642	3Д642Е
Класс точности	П	П	П
Диаметр изделия (в центрах), мм	До 250	До 250	До 250
Длина изделия (в центрах), мм	До 630	До 500	До 500
Высота центров, мм	125	125	125
Размеры стола, мм	900х140	800х140	800х140
Угол поворота стола, град	± 45	± 45	± 45
Угол поворота шлифовальной бабки, град	± 180	± 180	± 180
Диаметр шлифовального круга, мм	До 200	До 200	До 200
Частота вращения круга, мин <sup>-1</sup>	2240–6300 (4 ступени)	2240–6300 (4 ступени)	2000–7000 (бесступенчато)
Мощность привода шлифовального круга, кВт	1,0/0,75	1,5/1,1	2,2
Габариты, мм	2330х1660х1550	1800х1470х1625	1715х1720х1636

На базе перечисленных универсально-заточных станков завод заточных станков «ВИЗАС» выпускает модернизированные станки 3Е642 и 3Е642Е.

Станок 3Е642 (рис. 5.2) позволяет выполнять заточку и доводку не только режущего инструмента из инструментальных сталей и твердых сплавов, но и изготовленного из режущей керамики.



Рис. 5.2. Универсально-заточной станок мод. 3E642

Заточка многолезвийного инструмента на станке 3E642 может производиться двумя методами: а) с подачей на оборот изделия; б) с подачей на каждом зубе до жесткого упора.

Заточка с подачей на оборот изделия производится съем части припуска последовательно с каждого зуба. После оборота изделия вновь осуществляется подача круга и повторяется цикл. Таким методом можно затачивать многолезвийный инструмент как вручную, так и в автоматическом цикле. Продольные перемещения стола у станка 3E642 осуществляются вручную.

Заточка с подачей на каждом зубе до жесткого упора производится съем припуска с одного зуба инструмента, и положение режущей части шлифовального круга фиксируется жестким упором. Затем круг отводят, производят деление и повторяют операцию на каждом зубе.

Станок 3E642 (см. рис. 5.2) имеет возможность установки на нем широкого ряда приспособлений, в частности, для закрепления заготовок, что позволяет обрабатывать практически любой режущий инструмент.

Станок 3E642 изготавливается в следующих исполнениях: а) с бесступенчатым регулированием частоты вращения шлифовального шпинделя (3E342E); б) со ступенчатым регулированием частоты вращения шлифовального шпинделя (3E342).

Станок универсально-заточной **3E642E** (рис. 5.3) является модификацией станка 3E642. В отличие от базового станка, продольные перемещения стола у станка 3E642E осуществляются за счет гидравлического привода, это дает плавность хода стола и увеличение производительности в смену.



Рис. 5.3. Универсально-заточной станок мод. 3E642E

Особенностями станков мод. 3E642E являются а) синусная плита, установленная на станок; б) разворот двигателя шлифовального круга в сторону, противоположную шпинделю, что позволяет весомо ускорить переналадку и увеличить технологические возможности.

Механизированный подъем и опускание шлифовальной головки способствует улучшению условий труда и снижению вспомогательного времени. Шпиндель шлифовального круга может поворачиваться на  $360^\circ$  в горизонтальной плоскости, а в вертикальной – на  $20^\circ$  вверх и на  $40^\circ$  вниз относительно горизонтальной оси, что упрощает настройку на заданный угол затачивания и расширяет технологические возможности станков.

С применением подкладных плит и дополнительных приспособлений возможна обработка деталей диаметром до 330 мм и длиной до 1040 мм.

## 5.2. Многокоординатные станки с ЧПУ

Универсальные шлифовально-заточные 5-, 6-координатные станки с ЧПУ, могут работать трём схемам, которые отличаются тем, что оси вращения могут быть реализованы различными конструктивными узлами (например, ось С может быть реализована либо столом станка, либо шпиндельным узлом станка). Остальные движения станков схожи: перемещение вдоль оси Х реализовано столом станка, перемещение вдоль осей У и Z реализовано шпиндельным узлом станка (рис. 1.7). В зависимости от используемой кинематической схемы могут быть различия в написании управляющих программ.

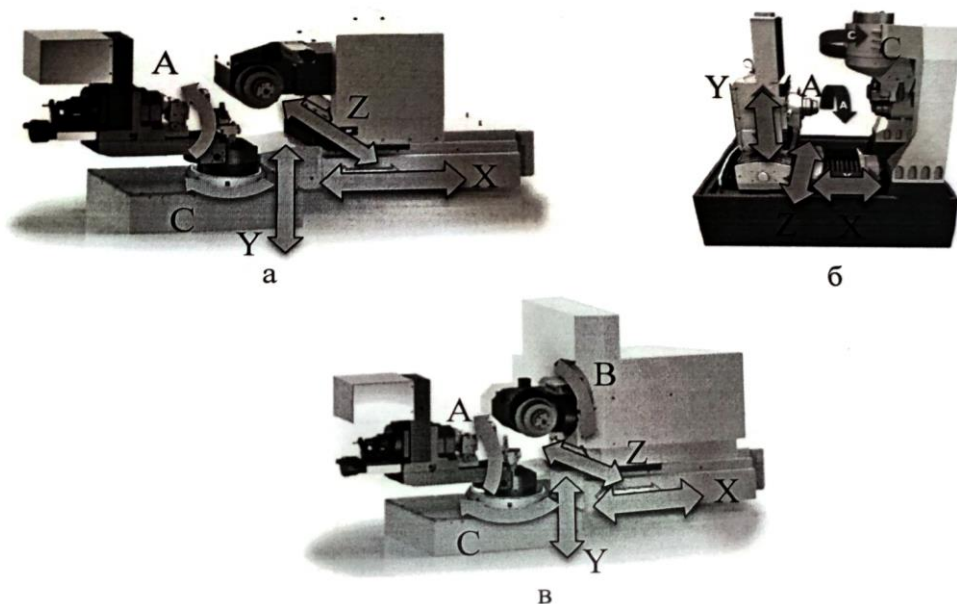


Рис. 5.4. Схемы работы шлифовально-заточных станков с ЧПУ: а – с осью С, реализованной столом станка; б – с осью С, реализованной шпиндельным узлом станка; в) б -координатный станок

При изготовлении сложных поверхностей б-координатные узлы станков с ЧПУ совершают сложные пространственные движения, что позволяет получать такие траектории, при которых точка контакта (угловое положение точки касания шлифовального круга и заготовки в системе координат шлифовального круга) может быть сохранена, что обеспечивает требуемую точность изготавливаемой поверхности. Такое качество важно, например, при изготовлении задних поверхностей на цилиндрической части концевых радиусных фрез.

При изготовлении концевых резьбовых фрез на шлифовально-заточных станках с ЧПУ выполняются следующие технологические операции: изготовление стружечной канавки, затылование по профилю и затылование по наружному диаметру.

При изготовлении стружечной канавки шлифовальным кругом совершаются движения вдоль оси заготовки при зависимом от этого перемещении повороте заготовки для изготовления винтовой или наклонной стружечной канавки.

Шлифовальный круг при этом устанавливается в определенном относительно заготовки положении по трем осям и поворачивается на угол, часто превышающий угол наклона стружечной канавки по абсолютной величине.

Параметрами стружечной канавки при её задании на шлифовально-заточном станке с ЧПУ обычно является передний угол в торцевом сечении, диаметр сердцевины, угловая или линейная ширина зуба или угловая ширина (центральный угол раскрытия) стружечной канавки. Все параметры задаются в торцевом сечении.

При затыловании шлифовальный круг может быть повернут и наклонен в двух плоскостях, однако при этом возникает изменение точки контакта шлифовального круга и заготовки. Движение затылования обеспечивается вращением заготовки и движением шлифовального круга по радиусу вдоль одной или двух осей. Параметрами при затыловании на шлифовально-заточных станках с ЧПУ являются величина заднего угла в торцевом сечении и углы начала шлифования и окончания шлифования на зубе.

У большинства шлифовально-заточных станков с ЧПУ точность позиционирования находится в диапазоне 0,0001 - 0,0005 мм, угловое разрешение -0,0001 - 0,0005° при повторяемости линейного позиционирования 0,001 мм и углового позиционирования 0,001°. Такая точность позволяет использовать оборудование для изготовления точных фасонных режущих инструментов.

## 6. Приспособления для затачивания режущих инструментов

Приспособления, применяемые для установки и закрепления затачиваемых инструментов, должны быть достаточно жёсткими, точными и обеспечивать необходимую производительность заточных и доводочных операций. Для затачивания и доводки режущих инструментов используют различные приспособления к заточным станкам, которые нашли широкое применение в промышленности.

Ниже приведены описания наиболее широко применяемых в инструментальном производстве конструкций приспособлений для затачивания и доводки различных режущих инструментов абразивными и алмазными кругами.

### 6.1. Приспособления для затачивания резцов

Конструкция двух-поворотных тисков для затачивания призматических и дисковых резцов показана на рис. 6.1.

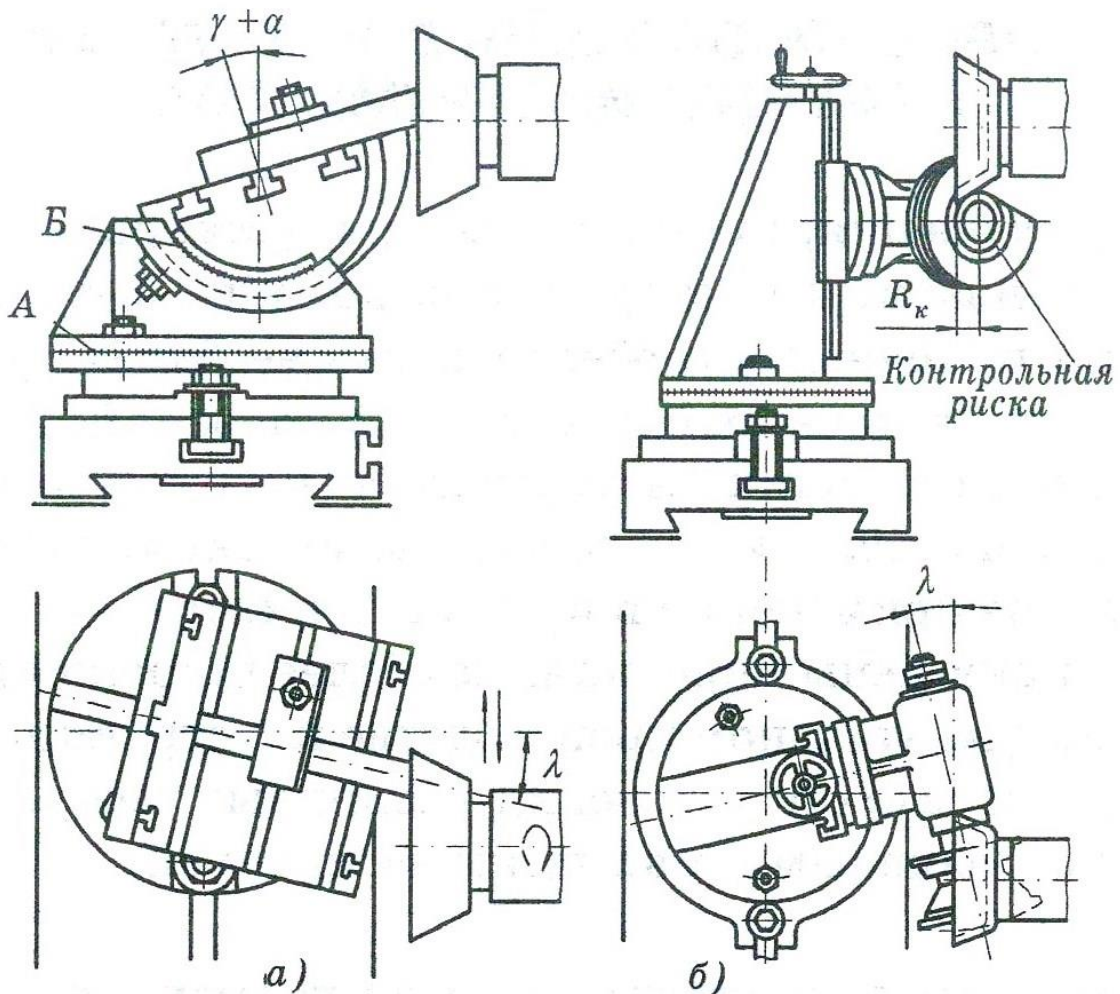


Рис. 6.1. Двух-поворотные тиски: а - заточка призматических фасонных резцов;  
б - заточка дисковых фасонных резцов

Они имеют возможность поворота закреплённого в них изделия в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Отчёт углов поворота производится по шкалам *A* и *B*. Установка призматических фасонных резцов сводится к наклону державки с резцами по шкале *B* на угол  $\alpha + \gamma$  и их повороту в горизонтальной плоскости по шкале *A* на угол  $\lambda$ .

При установке дискового фасонного резца его смещают относительно торцевой поверхности круга на величину  $R_k$  окружности контрольной риски. Практически этого добиваются касанием ребра линейки, прикладываемой к рабочей поверхности чашечного круга, контрольной риски на торце изделия. Затем тиски поворачивают в горизонтальной плоскости на угол  $\lambda$ , обеспечивая тем самым заточку резца под требуемыми углами  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\lambda$ . Заточку резцов ведут до тех пор, пока контрольное измерение линейкой не покажет, что плоскость передней поверхности резца стала касательной к окружности контрольной риски. В двух-поворотных тисках резец можно устанавливать только в двух плоскостях. При заточке задней плоскости угол в плане может быть установлен только нулевого значения. Эти резцы с углами в плане не нулевого значения затачивать в тисках без дополнительного приспособления не предоставляется возможным.

В трёх-поворотных универсальных тисках (рис. 6.2) предусмотрена возможность поворота, закреплённого в них изделия в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях.

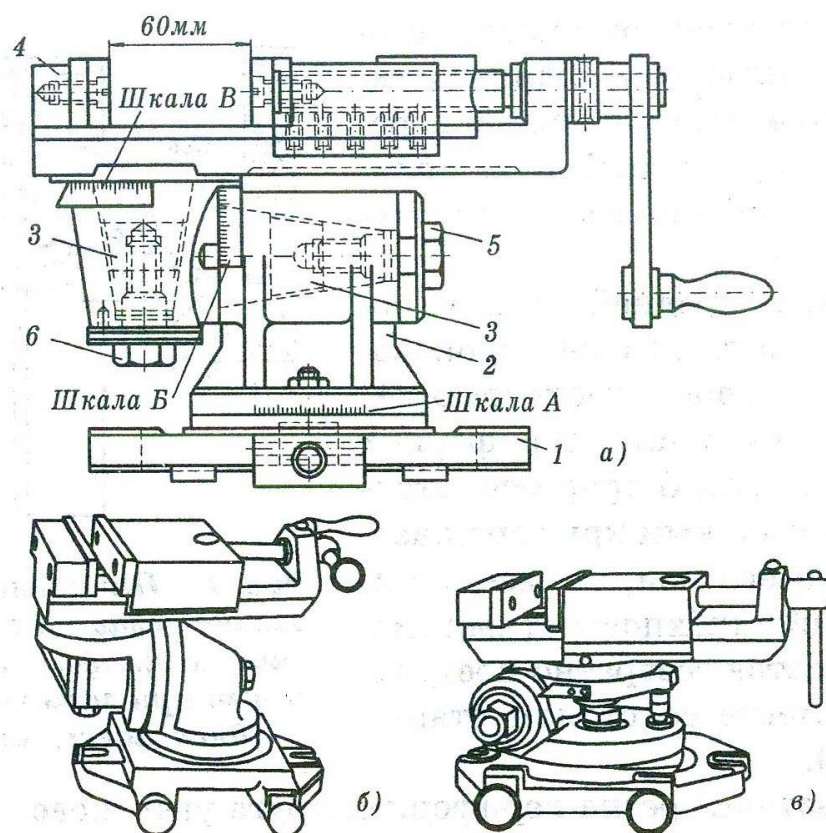


Рис. 6.2. Трёх-поворотные универсальные тиски: а – конструкция тисков мод. 3Б642-П16; б - тиски мод. 3Б642-П16; в - тиски мод. 3Б642-П37

Отсчёт углов поворота производят по шкалам  $A$ ,  $B$  и  $B$  с ценой деления  $1^\circ$ . Трёхповоротные универсальные тиски модели ЗБ642-П16 состоят из плиты - 1, корпуса - 2, консольной оправки - 3, тисков - 4, болтов шкал - 5 и 6.

Заточку резцов по передней поверхности осуществляют либо периферией круга плоского прямого профиля (форма 1), либо торцем чашечного круга (формы 6 или 11); заточку задних поверхностей - только торцем круга; заточку плоских протяжек - торцом тарельчатого круга формы 12, 14. При заточке инструментов торцом круга шлифовальную головку поворачивают на угол  $1^\circ - 1,5^\circ$  или, в целях уменьшения площади контакта круга с затачиваемой поверхностью, круг поднутряют.

Настройка трёхповоротных тисков при заточке передней поверхности резцов производится следующим образом. При заточке передней поверхности резца необходимо выдерживать заданные по чертежу главный передний угол  $\gamma_M$ , главный угол в плане  $\phi$ , угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$ .

Заточка передней плоской поверхности резца может производиться торцевой плоскостью чашечного круга или периферией плоского круга. В процессе затачивания шлифовальный круг вращается вокруг его оси, а резец, укрепленный в трёхповоротных тисках, движется возвратно-поступательно вместе со столом станка (рис. 6.3).

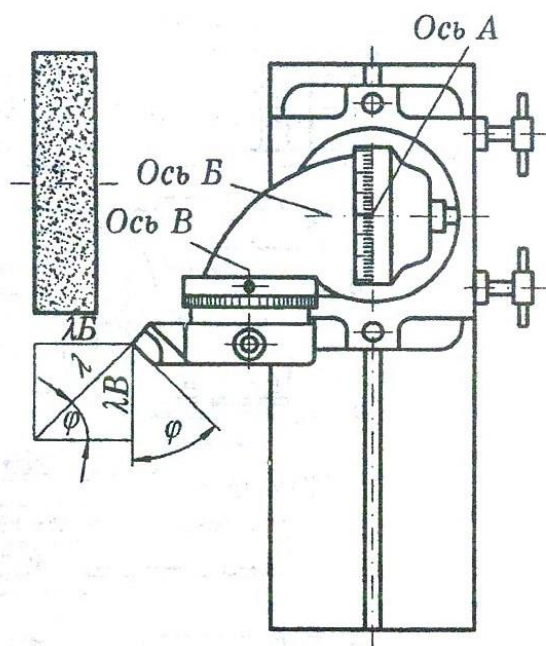


Рис. 6.3. Начальное положение резца по отношению к шлифовальному кругу при заточке передней поверхности

При заточке резца периферией круга углы поворота вокруг осей  $A$ ,  $B$  и  $B$  (по соответствующим лимбам) имеют значения:



$$\begin{aligned}\theta_A &= \gamma'_N \cdot \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \lambda_B; \\ \theta_B &= \lambda_B + \gamma'_N \cdot \sin \varphi; \\ \theta_B &= \lambda_B \cdot \sin \varphi - \frac{\gamma'_N \cdot \cos \varphi}{\cos \lambda_B},\end{aligned}\tag{6.1}$$

где  $\lambda_B = \lambda \cdot \cos \varphi$ .

Здесь угол  $\gamma'_N$  - передний угол, измененный в сечении, нормальном к режущей кромке.

При выводе приведённых формул принято, что шлифовальный круг располагается над заточиваемым резцом, т.е. заточка производится нижней частью шлифовального круга.

При заточке передней поверхности резца торцевой плоскостью чашечного шлифовального круга расчёт углов поворота вокруг осей  $A$ ,  $B$  и  $B$  производят по следующим соотношениям:

$$\begin{aligned}\theta_A &= 90^\circ; \\ \theta_B &= 90^\circ + \lambda_B + \gamma'_N \cdot \sin \varphi; \\ \theta_B &= -\lambda_B \cdot \sin \varphi + \frac{\gamma'_N \cdot \cos \varphi}{\cos \lambda_B};\end{aligned}\tag{6.2}$$

где  $\lambda_B = \lambda \cdot \cos \varphi$ .

При заточке задней поверхности резца (рис. .4) необходимо выдержать заданные по чертежу величины:  $\alpha_N$  - главный задний угол,  $\varphi$  - главный угол в плане и  $\lambda$  - угол наклона главной режущей кромки.

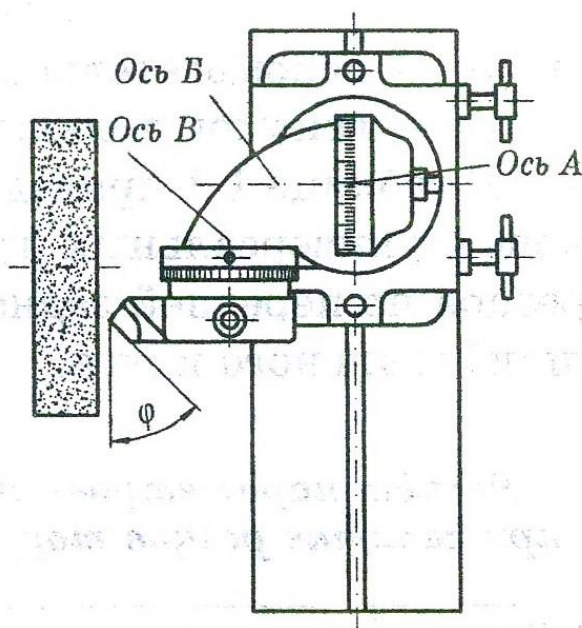


Рис. 6.4. Начальное положение резца по отношению к шлифовальному кругу при заточке задних поверхностей

Между главным задним углом  $\alpha_N$ , измеряемым в главной секущей плоскости (перпендикулярной проекции главной режущей кромки на основную плоскость) и главным задним углом  $\alpha'_N$ , измеренным в сечении нормальном к режущей кромке, существует зависимость

$$tg\alpha'_N = \frac{tg\alpha_N}{\cos\lambda}. \quad (6.3)$$

При заточке резцу необходимо придать такое положение, при котором его задняя затачиваемая поверхность станет параллельной рабочей плоскости шлифовального круга. Углы поворота вокруг осей  $A$ ,  $B$  и  $V$  приспособления:

$$\begin{aligned} \theta_A &= \varphi + \alpha'_N \cdot \sin \lambda; \\ \theta_B &= \alpha'_N \cdot \cos \lambda \cdot \sin \varphi; \\ \theta_B &= \alpha'_N \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi. \end{aligned} \quad (6.4)$$

Заточка резца при этих углах установки приспособления обеспечит получение требуемого заднего угла  $\alpha_N$ .

При заточке вспомогательной задней поверхности резцов углы поворота приспособления вокруг осей  $A$ ,  $B$  и  $V$  определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \theta_A &= \varphi_1; \\ \theta_B &= \alpha_1 \cdot \sin \varphi_1; \\ \theta_B &= \alpha_1 \cdot \cos \varphi_1, \end{aligned} \quad (6.5)$$

где  $\alpha_1$  - вспомогательный задний угол;

$\varphi_1$  - вспомогательный угол в плане.

В табл. 6.1 приведён пример расчёта параметров установки универсальных трёхповоротных тисков при заточке резцов по передней задней поверхностям торцом чашечного шлифовального круга.

6.1. Расчёт параметров настройки трёхповоротных тисков при заточке резцов торцом чашечного шлифовального круга

Затачиваемая поверхность режущей кромки резца	Параметры затачивания	Формула	Расчет	Результат
Задняя поверхность	$\alpha_N = 6^\circ$ $\varphi = 45^\circ$ $\lambda = +5^\circ$	$\theta_A = \varphi + \alpha_N \cdot \sin \lambda$ $\theta_B = \alpha'_N \cdot \cos \lambda \cdot \sin \varphi$ $\theta_B = \alpha'_N \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi$	$\theta_A = 45^\circ + 6^\circ \cdot \sin 5^\circ$ $\theta_B = 6^\circ \cdot \cos 5^\circ \cdot \sin 45^\circ$ $\theta_B = 6^\circ \cdot \cos 5^\circ \cdot \cos 45^\circ$	$\theta_A = 45^\circ 30'$ $\theta_B = 4^\circ$ $\theta_B = 4^\circ$

Передняя поверхность	$\gamma_N = 10^\circ$	$\theta_A = 90^\circ$	$\theta_A = 90^\circ$	$\theta_A = 90^\circ$ $\theta_B = 100^\circ 30'$ $\theta_B = 3^\circ 30'$
	$\lambda = +5^\circ$	$\theta_B = 90^\circ + \lambda \cdot \cos \varphi + \gamma'_N \cdot \sin \varphi$	$\theta_B = 90^\circ + 5^\circ \cdot \cos 45^\circ + 10^\circ \sin 45^\circ$	
	$\varphi = 45^\circ$	$\theta_B = \lambda_B \cdot \sin \varphi - \frac{\gamma_N \cdot \cos \varphi}{\cos(\lambda \cdot \cos \varphi)}$	$\theta_B = 5^\circ \cdot \sin 45^\circ - \frac{10^\circ \cdot \cos 45^\circ}{\cos(5^\circ \cdot \cos 45^\circ)}$	

На рис. 6.5 показана конструкция трёхповоротных пневматических тисков к универсально-заточному станку модели 3А64.

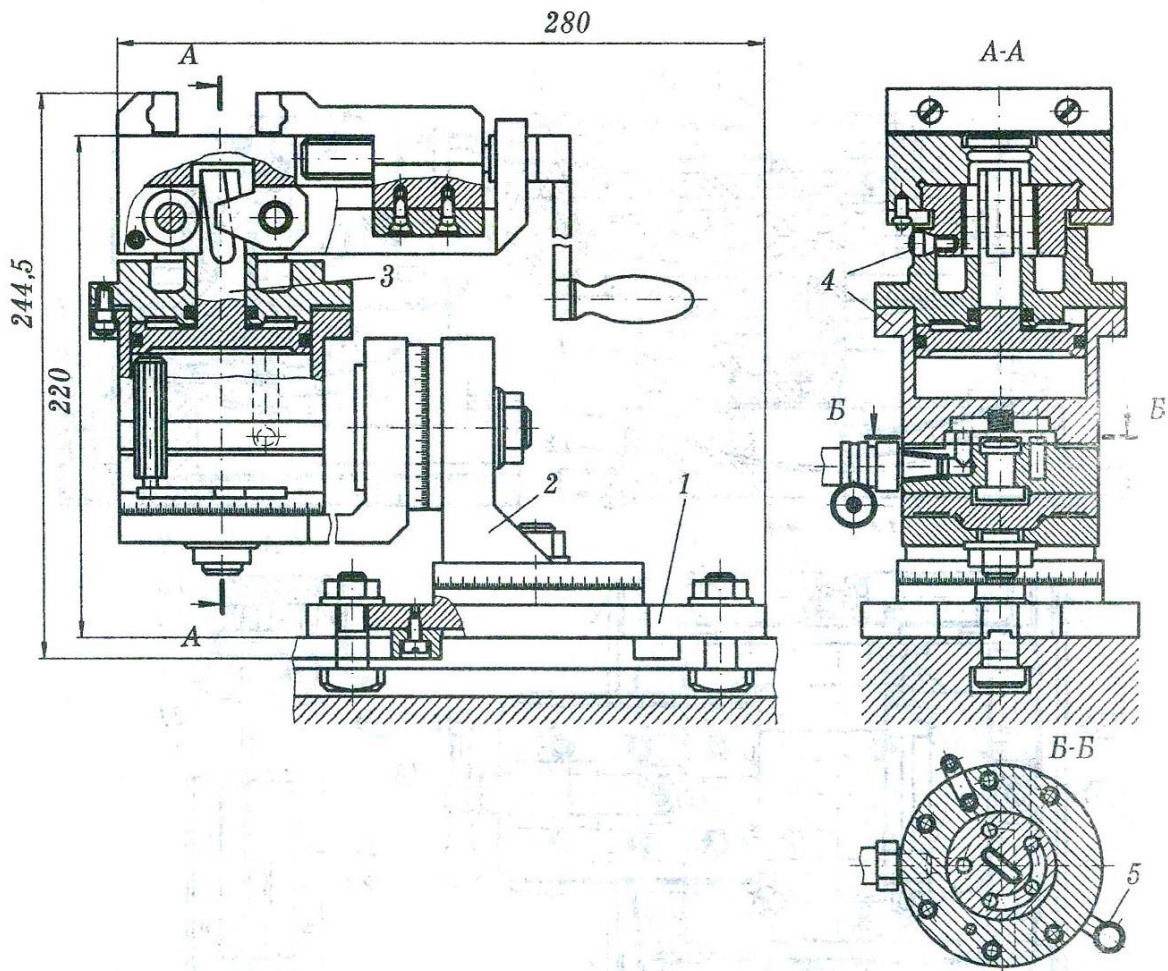


Рис. 6.5. Трёх-поворотные пневматические тиски: 1 - основание; 2 - корпус; 3 - механизм зажима; 4 - пневмоцилиндр; 5 - рукоятка управления

Режущий инструмент закрепляют в тисках с помощью пневматического устройства. Установку и настройку тисков на заданный угол производят так же, как и трёх-поворотных тисков с ручным зажимом заготовки.

Универсальные тиски с установкой в трёх направлениях с пневмоприводом показаны на рис. 6.6. Их применяют для разнообразных фрезерных и шлифовально-зачочных работ при изготовлении резцов, плоских протяжек, ножей для сборного инструмента и других видов РИ. Тиски позволяют зажимать одну или несколько заготовок размером от 3 до 120 мм между губками, привёрнутыми к неподвижной 4 и подвижной 5 частям тисков с силой 3200 кгс (32000 Н). Подвижная часть тисков перемещается по Т-образным направляющим тисков с помощью пневмоцилиндра и поршней нижнего 15 со штоком 2 и верхнего 8 со штоком 1.

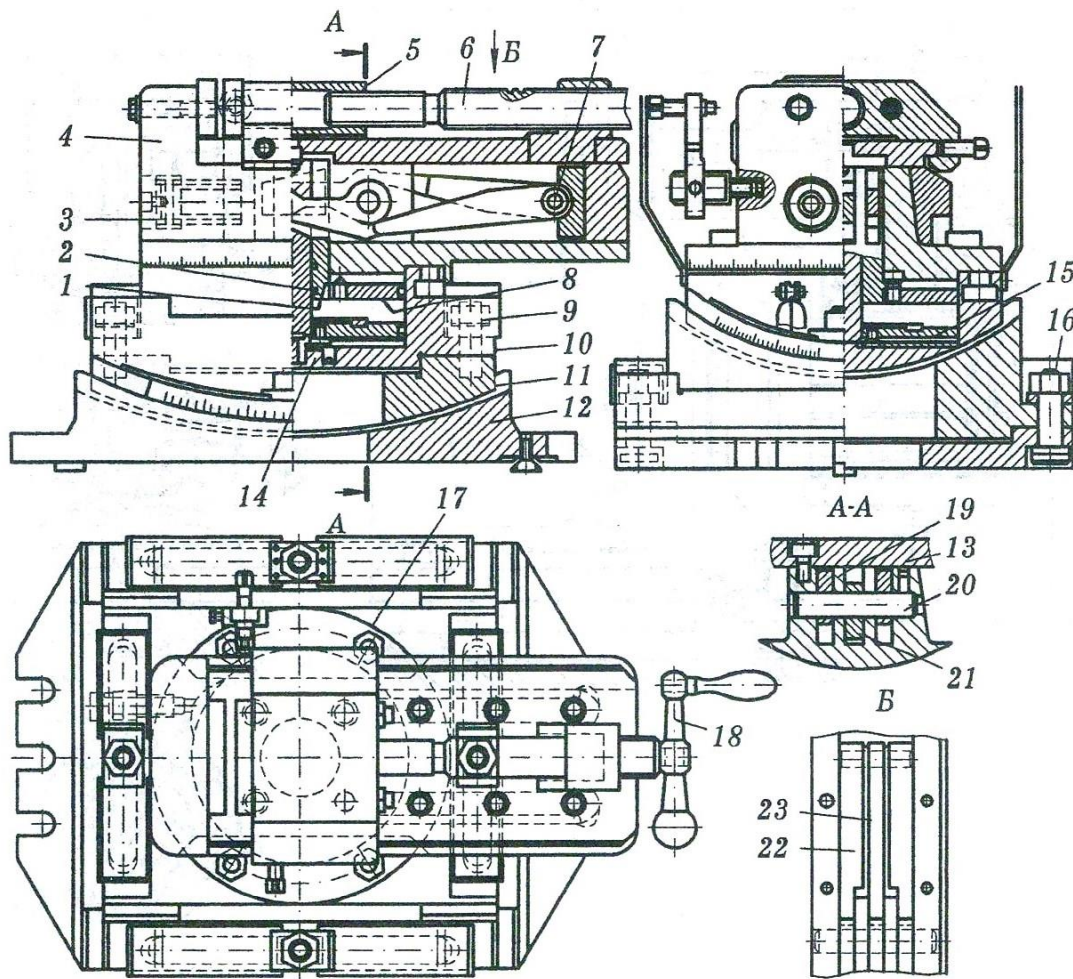


Рис. 6.6. Станочные тиски с поворотом в трёх направлениях с пневмоприводом

Поворот тисков вокруг вертикальной оси на  $180^\circ$  производят по градуированной шкале. В этом положении они закрепляются гайками 1. Верхняя часть 10 тисков поворачивается на угол  $15^\circ$  по цилиндрическим направляющим 11 и закрепляется гайками 9. Средняя часть тисков поворачивается на угол  $25^\circ$  по цилиндрическим направляющим 12 и закрепляется гайками 16. Установка подвижной части тисков на размер заготовок инструмента производится винтом 6 и рукояткой 18. Установка по длине - по упору. Закрепление и освобождение заготовок осуществляется перемещением штоков поршней и

передачей ими силы рычагами: среднему 21 и двум крайним 19 и 13, находящимся на оси валика 20 подвижной части тисков с помощью толкателей: среднего 23 и двух крайних 22, находящихся на оси 7. Для подъёма поршня 15 служит пружина 14. Воздух в полости цилиндра подаётся через штуцер.

На рис. 6.7 представлено трёхповоротное приспособление упрощённой конструкции для затачивания резцов, которое можно использовать при обработке как малых, так и значительных партий резцов.

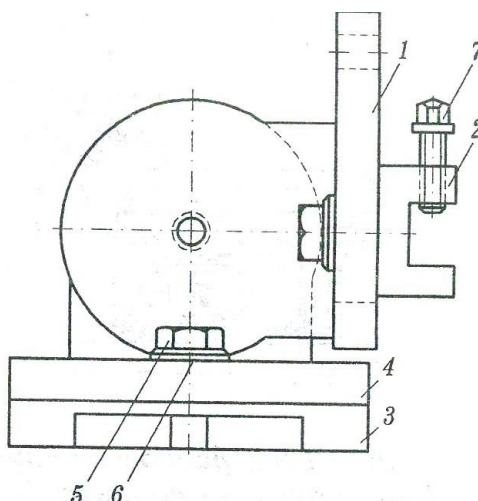


Рис. 6.7. Трёх поворотное приспособление для затачивания резцов:  
1 - кронштейн; 2 - резцедержатель; 3 - основание; 4 - поворотная плита;  
5 - болт; 6 - шайба; 7 – винт

Принципиальная конструкция приспособления для затачивания и доводки радиуса вершины резцов показана на рис. 6.8. Основным условием при его использовании является необходимость совмещения центра окружности заданного радиуса при вершине резца с осью вращения поворотной части приспособления.

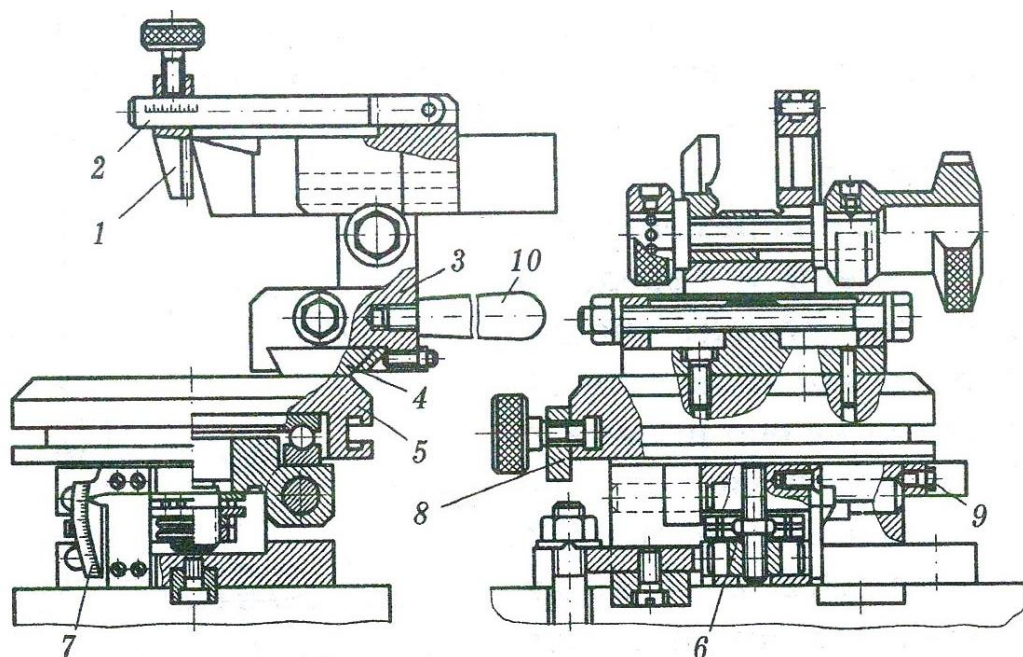


Рис. 6.8. Приспособление для затачивания вершины резца: 1 - упор; 2 - штанга; 3 - каретка; 4 - направляющие; 5 - основание; 6 - винт; 7 - шкала; 8 - кулачок; 9 - упор; 10 - рукоятка

Поперечную установку резца производят по упору *1*, который закрепляют на штанге *2*, имеющей шкалу *7* для отсчёта заданного радиуса закругления. Установка тисков в продольном направлении осуществляется смещением каретки *3* по направляющим *4* основания *5* поворотной части приспособления. Верхнюю часть приспособления поворачивают на величину заднего угла специальным винтом *6*, имеющим правую и левую резьбы. Величину сектора поворота, соответствующую положению точек сопряжения радиусной переходной кромки с главной и вспомогательной режущими кромками резца, устанавливают с помощью кулачка *8* и упора *9*.

Поворот верхней части приспособления при доводке резцов осуществляется рукояткой *10*.

Универсальные приспособления для затачивания и доводки радиусных и резьбовых резцов предназначено для использования на универсально-заточных станках.

На рис. 6.9 показана конструкция такого приспособления для затачивания и доводки резцов по задним поверхностям и радиусу при вершине.

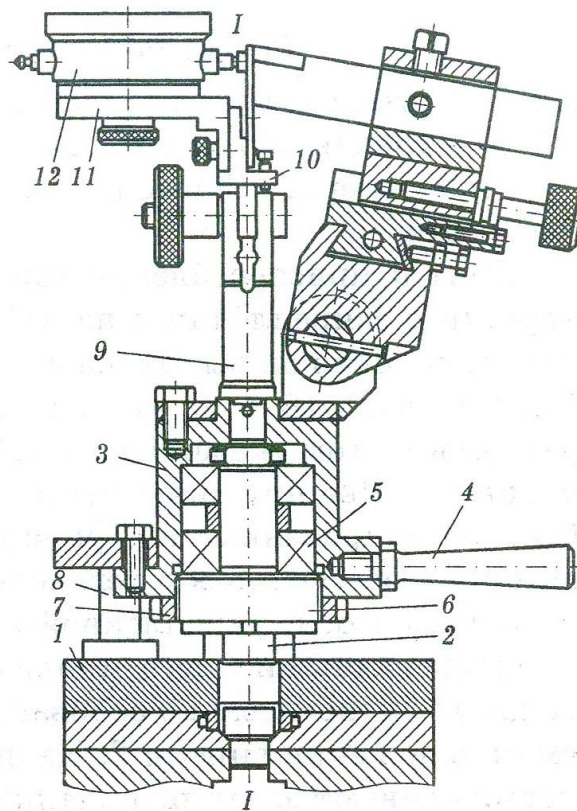


Рис. 6.9. Приспособление для затачивания и доводки резцов по задним поверхностям и радиусу при вершине

В плите *1* приспособления жёстко закреплена ось *2*, вокруг которой поворачивается стакан *3* с помощью рукоятки *4*. Два подшипника качения *5* обеспечивают плавность и лёгкость поворота подвижной части приспособления. Для выбора зазора в подшипниках служат гайка *6* и контргайка *7*. Поворот подвижной части в горизонтальной плоскости ограничен двумя регулируемым упорами *8*, которые выставляют в соответствии с заданными углами в плане  $\varphi$  и  $\varphi_1$ . В стакане *3* закреплена стойка *9*, в верхней части которой имеется продольный паз для размещения откидного кронштейна *10*. На кронштейне с помощью угольника *11* закреплён индикатор *12* с ценой деления 0,01 мм, который служит для отсчёта смещения «*e*» вершины резца относительно оси *I-I* качания приспособления.

Смещение:

$$e = \frac{r}{\sin \varepsilon'} \cdot \cos(\alpha_{\text{прод}} + \gamma_{\text{прод}}), \quad (6.6)$$

где  $r$  - радиус при вершине, мм;

$\varepsilon'$  - половина угла при вершине резца;

$\alpha_{\text{прод}}$  и  $\gamma_{\text{прод}}$  - соответственно задний и передний углы инструмента, измеренные вдоль его оси, которые определяют из выражений:

$$\begin{aligned} \operatorname{ctg} \alpha_{\text{прод}} &= \cos \alpha \cdot \cos \varphi - \operatorname{tg} \lambda \cdot \sin \varphi ; \\ \operatorname{tg} \gamma_{\text{прод}} &= \cos \gamma \cdot \cos \varphi - \operatorname{tg} \lambda \cdot \sin \varphi, \end{aligned} \quad (6.7)$$

где  $\lambda$  - угол наклона главной режущей кромки;

$\varphi$  - главный угол в плане;

$\gamma$  и  $\alpha$  - передний и задний углы резца в главной секущей плоскости.

Винт 6 приспособления (рис. 6.10) служит для подачи каретки с закреплённым на ней резцом на алмазный круг.

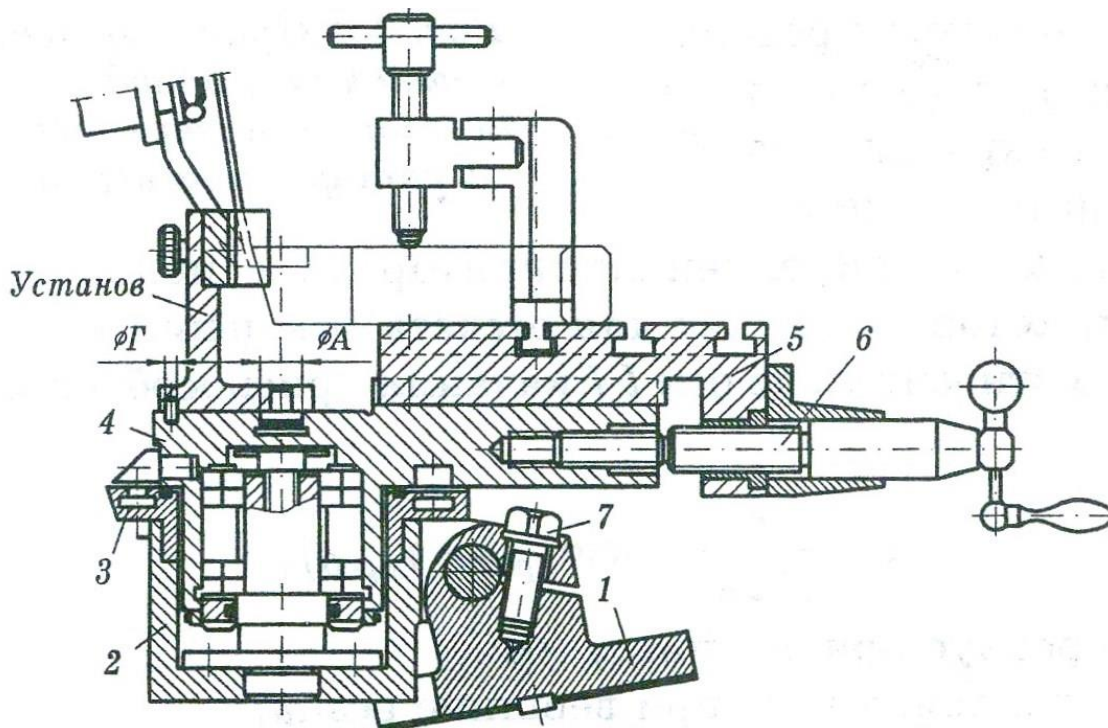


Рис. 6.10. Универсальное приспособление для затачивания и доводки радиусных и резьбовых резцов: 1 - основание; 2 - ковш; 3 - диск; 4 - корпус; 5 - каретка; 6 и 7 – винты

Конструктивно он выполнен ступенчатым и с разным шагом (M12x1,5 и M16x1,5), что позволяет перемещать каретку на разность шагов указанных резьб (0,25 мм) за один поворот рукоятки. Две пружины постоянно выбирают люфт в резьбах. Вмонтированные в корпус два радиально-упорных подшипника обеспечивают лёгкость и плавность поворота корпуса вокруг оси, укрепленной в ковше 2, который со всеми вмонтированными в него деталями может наклоняться в пределах  $15^\circ$  относительно основания 1, закреплённого в требуемом положении винтом 7. На шкале, нанесённой на ковше, устанавливают заданный задний угол затачивания. Резец на каретке ориентируют относительно оси вращения корпуса быстросменным призматическим установом, рассчитанным так, чтобы через центр радиуса проходила ось вращения корпуса.



После ориентации резца его прижимают к каретке, а установ убирают. Винтом б отводят каретку с резцом на величину снимаемого припуска. Поперечной подачей станка подводят стол с приспособлением до касания резца с кругом, после чего качением вокруг оси производят заточку (доводку) задней грани резца. Подачу на врезание на каждый двойной обкат осуществляют винтом б, что даёт постоянство настроенного заранее радиуса независимо от величины снимаемого припуска в процессе затачивания. Эту подачу можно осуществлять в приспособлении, начиная от 0,002-0,003 мм.

В приспособлении можно затачивать резьбовые резцы по задним граням, выдерживая угол в плане в соответствии с требованиями чертежа, для чего служат подвижные упоры, устанавливаемые предварительно по круговой шкале, нанесённой на диске 3. После затачивания первого резца положение уточняют и затем обрабатывают всю партию резцов. Врезание в данном случае целесообразнее производить поперечной подачей стола станка. Резьбовой резец устанавливают, как и радиусный, по установу, который в обоих случаях ставят на площадку корпуса в посадочное место и фиксируют штифтом.

Геометрия затачиваемых на таком приспособлении резцов соответствует техническим условиям на их изготовление.

## 6.2. Приспособления для затачивания многолезвийных инструментов

В этих приспособлениях передние бабки имеют неподвижные, а задние — подвижные центры, благодаря чему обеспечивается быстрая установка и снятие затачиваемого инструмента (рис. 6.11).

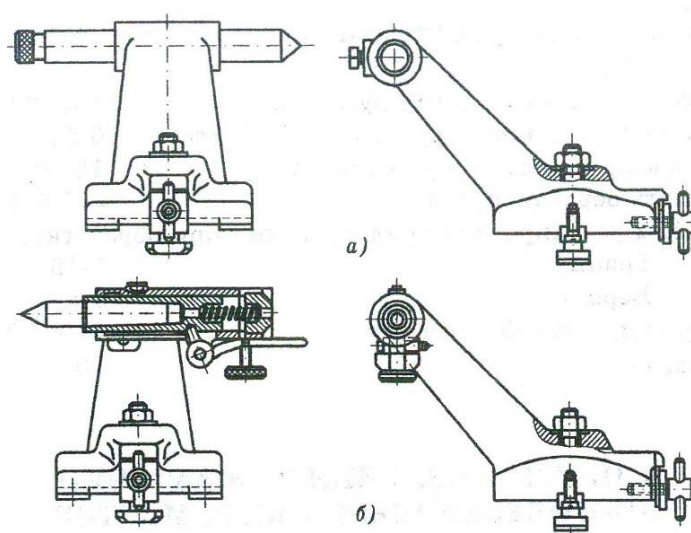


Рис. 6.11. Центровые бабки для универсально-заточных станков: а - передняя; б - задняя

В центровых бабках производят заточку и доводку зубьев многолезвийных инструментов как по передней, так и по задней поверхности. Затачиваемую поверхность

зуба устанавливают относительно рабочей поверхности круга при помощи упорки. При заточке задней поверхности, параллельной оси затачиваемого инструмента, упорку крепят на столе, а при заточке задней винтовой поверхности, не параллельной оси затачиваемого инструмента, упорку крепят на шлифовальной головке.

При формообразовании задней поверхности зубьев на цилиндрической части инструментов стол ставят в нулевое положение. Для получения требуемого заднего угла режущую кромку затачиваемого зуба устанавливают ниже оси инструмента на величину  $h$  (рис. 6.12).

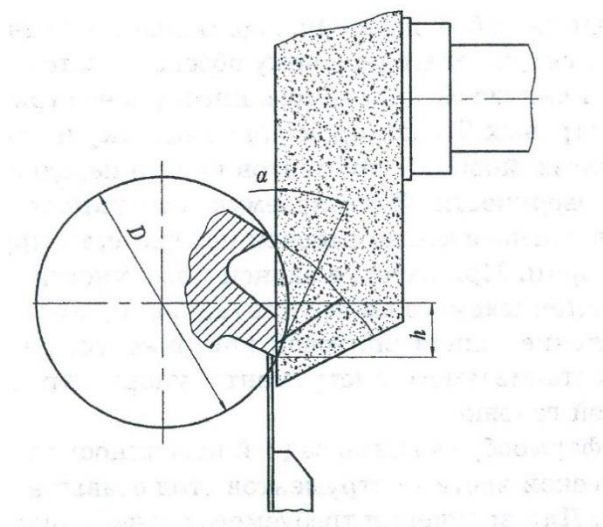


Рис. 6.12. Установка инструмента при затачивании задних углов на цилиндрической части

$$h = \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha, \quad (6.8)$$

где  $D$  - диаметр затачиваемого инструмента.

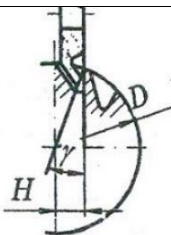
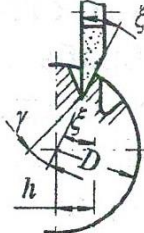
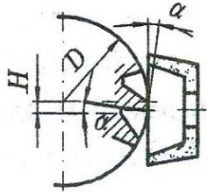
Зуб устанавливают в нужное положение с помощью упорки, закреплённой на столе заточного станка, к которой прижимают переднюю поверхность обрабатываемого зуба.

При затачивании задних углов на цилиндрической части инструментов с винтовыми зубьями их установка производится аналогично рассмотренному, но упорка закрепляется на неподвижном корпусе шлифовальной головки, как показано на рис. 6.13.

В табл. 6.2 приведены формулы для расчёта величины смещения упорок при заточке передних и задних поверхностей инструментов, закрепляемых в центрах.

При заточке цилиндрических фрез с винтовыми зубьями необходимо обеспечить заданные величины углов  $\alpha$  и  $\gamma$  (в торцевом сечении) или  $\alpha_N$  и  $\gamma_N$  (в нормальном сечении), а также угла  $\omega$  (рис. 6.14), с одновременным обеспечением цилиндричности и минимального биения режущих кромок.

## 6.2. Формулы для расчета величины смещения упорки

Наименование операции	Эскиз	Формулы
Заточка передней поверхности торцом круга		$H = \frac{D}{2} \cdot \sin \gamma, \quad (6.2-1)$ <p>где D – диаметр инструмента в мм; <math>\gamma</math> – передний угол в град.</p>
Заточка передней поверхности конусной поверхностью круга		$H = \frac{D}{2} \cdot \sin(\gamma + \xi), \quad (6.2-2)$ <p>где <math>\xi</math> – угол заправки круга в град</p>
Заточка задней поверхности зубьев, расположенных на цилиндрической части		$H = \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha, \quad (6.2-3)$ <p>где <math>\alpha</math> – задний угол в град</p>
Заточка задней поверхности зубьев, расположенных на заборной конической части или на торце инструмента	См. рис. 6.14	$H = \frac{D}{2} \cdot \sin(\theta_B + \omega), \quad (6.2-4)$ $\operatorname{tg} \theta_B = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \varphi}; \operatorname{tg} \theta_A = \cos \theta_B = \operatorname{tg} \varphi,$ <p>где <math>\omega</math> - угол наклона режущей кромки в град; <math>\theta_B</math> - угол поворота затачиваемой поверхности относительно оси инструмента в град; <math>\theta_A</math> - угол поворота стола или головки в горизонтальной плоскости в град;  <math>\varphi</math> – угол в плане в град</p>

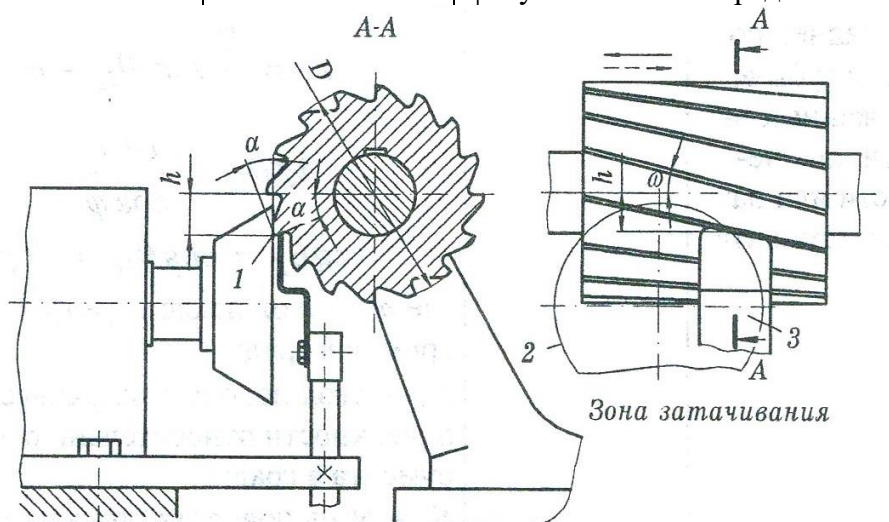


Рис. 6.13. Схема затачивания задних улов на цилиндрической части инструментов с винтовыми зубьями: 1 - обрабатываемая поверхность; 2 - положение шлифовального круга; 3 – упорка

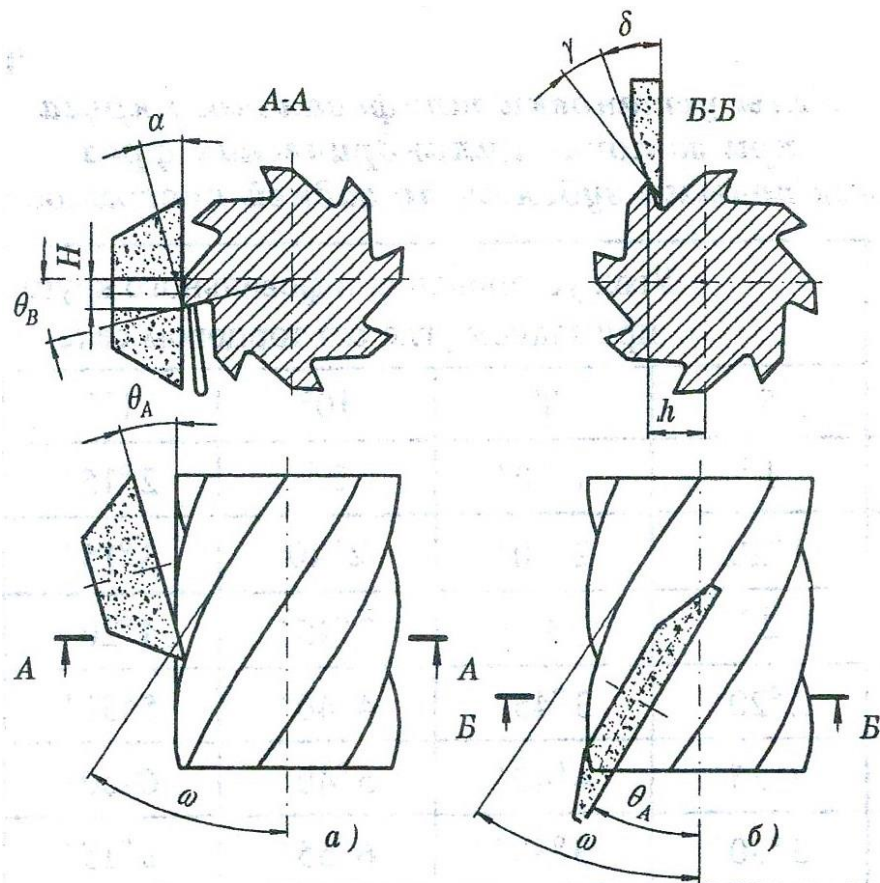


Рис. 6.14. Схема затачивания зубьев цилиндрической фрезы, с винтовыми зубьями по поверхностям: а - задней; б – передней

Для обеспечения двух последних условий необходимо, чтобы задняя и передняя винтовые поверхности зуба имели одинаковые углы наклона. Поэтому при заточке задней поверхности упорку устанавливают на шлифовальной головке перед рабочей поверхностью шлифовального круга около места контакта его с фрезой. Вследствие того, что затачиваемый зуб прижимается к установленной на неподвижной части станка упорке, одновременно с продольным перемещением фрезы происходит ее поворот вокруг собственной оси.

Ввиду того, что в процессе затачивания зуб скользит по упорке, качество и точность заточенной поверхности зависят от состояния передней поверхности и жёсткости упорки. Получение требуемого значения заднего угла обеспечивается поворотами затачиваемой фрезы на угол  $\theta_B$  и шлифовального круга на угол  $\theta_A$  (рис. 6.14, а), которые определяют его по формулам:

$$\operatorname{tg} \theta_A = \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \omega, \quad \theta_B = \alpha, \quad (6.9)$$

где  $\alpha$  – задний угол в торцовом сечении;

$\omega$  - угол наклона винтовой линии зуба.

Часто у цилиндрических фрез, особенно с большим наклоном зуба, задаётся и контролируется задний угол  $\alpha_N$  в нормальном к режущей кромке сечении. В этом случае формулы настройки имеют вид:

$$\begin{aligned} \sin \theta_A &= \sin \alpha_N \cdot \sin \omega ; \\ \operatorname{tg} \theta_B &= \operatorname{tg} \alpha_N \cdot \cos \omega . \end{aligned} \quad (6.10)$$

Между углами  $\alpha$  и  $\alpha_N$  существует зависимость

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_N \cdot \cos \omega . \quad (6.11)$$

В табл. 6.3 приведены значения углов установки шлифовального круга  $\theta_A$ .

6.3. Углы установки шлифовального круга при заточке цилиндрических фрез с винтовыми зубьями по задней поверхности

$\omega$ в град	Угол установки шлифовального круга $\theta_A$ при заднем угле $\alpha$ в торцовом сечении				
	5°	8°	10°	12°	15°
10	1°	1°30′	2°	2°15′	2°45′
15	1°20′	2°10′	2°40′	3°15′	4°
20	2°	3°	3°45′	4°20′	5°25′
25	2°20′	3°45′	4°40′	5°35′	6°50′
30	2°55′	4°40′	5°40′	6°50′	8°30′
35	3°30′	5°35′	6°55′	8°15′	10°10′
40	4°10′	6°40′	8°20′	10°	12°15′
45	5°	8°55′	9°50′	11°45′	14°35′

Из приведённых данных видно, что с увеличением углов  $\alpha$  и  $\omega$  угол поворота шлифовальной головки  $\theta_A$  увеличивается. Пренебрежение этим фактом приводит к значительному искажению геометрии затачивания.

Заточка цилиндрических фрез с винтовыми зубьями по передней поверхности производится конической поверхностью тарельчатого шлифовального круга. При заточке фрез с большим углом  $\omega$  лучше применять круги меньшего диаметра с большим углом профиля  $\delta$  (рис. 6.14) или выполнять профильную правку шлифовального круга по дуге, кривизну которой подбирают практически, наблюдая за затачиваемой передней поверхностью. Угол поворота шлифовальной головки  $\theta_A$  (рис. .14) определяют по формуле:

$$\operatorname{tg} \theta_A = \operatorname{tg} \omega \cdot \cos(\gamma + \delta), \quad (6.12)$$

где  $\gamma$  - передний угол в торцовом сечении;

$\delta$  - угол профиля шлифовального круга.

Величина смещения  $h$  шлифовального круга относительно оси фрезы:

$$h = \frac{D}{2} \cdot \frac{\sin(\gamma_N + \delta) \cdot \cos \omega}{\sqrt{\cos^2(\gamma_N + \delta) + \sin^2(\gamma_N + \delta) \cdot \cos^2 \omega}}, \quad (6.13)$$

где  $\gamma_N$  – передний угол в нормальном сечении.

Между передними углами в нормальной и торцовой плоскостях существует зависимость:

$$tg\gamma_N = tg\gamma \cdot \cos\omega. \quad (6.14)$$

В табл. 6.4 приведены некоторые значения углов установки шлифовального круга  $\theta_A$ .  
Затачивают цилиндрическую фрезу по передним поверхностям продольным перемещением стола заточного станка, поджимая её рукой к шлифовальному кругу.

Цилиндрические фрезы с равномерным окружным шагом и небольшим углом наклона зубьев могут быть заточены в приспособлениях, в которых для образования винтовой канавки используется синусная линейка, а поворот на окружной шаг производится с помощью делительного диска.

#### 6.4. Углы установки шлифовального круга при заточке по передней поверхности цилиндрических фрез с винтовыми зубьями

$\omega$ в град	Угол установки шлифовального круга $\theta_A$ при переднем угле в торцовом сечении и угле профиля шлифовального круга ( $\gamma + \delta$ )				
	20°	24°	28°	32°	35°
10	9°25′	9°	8°50′	8°30′	8°15′
15	14°	13°45′	13°20′	12°45′	12°10′
20	19°	18°20′	1°35′	1°10′	16°35′
25	23°45′	23°	22°18′	21°35′	20°50′
30	28°40′	2°40′	2°	26°	25°15′
35	33°20′	32°35′	31°40′	30°40′	29°50′
40	38°15′	3°30′	36°20′	35°25′	34°30′
45	43°	42°25′	41°20′	40°15′	30°15′

Упорки, используемые при заточке многолезвийных инструментов, закрепляемых в центрах, разделяют на жёсткие, пружинящие, шарнирные и специальные (рис. 6.15).

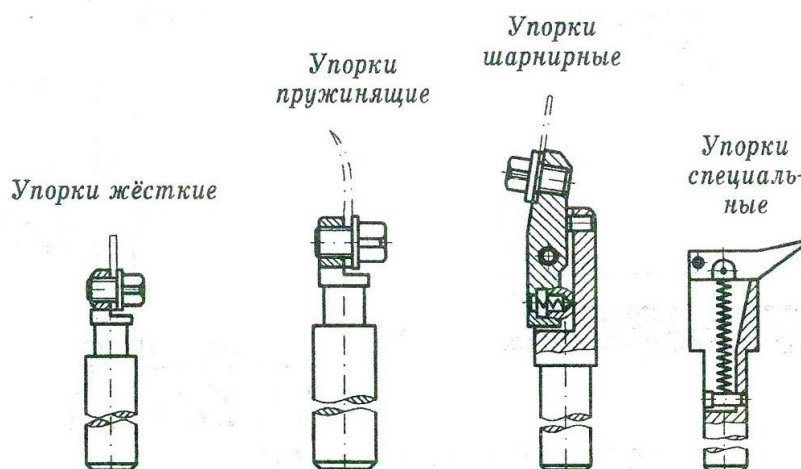


Рис. 6.15. Разновидности упорков для затачивания многолезвийных режущих инструментов

Упорки жесткие используют для установки и фиксации затачиваемого или доводимого инструмента в определённом положении по отношению к шлифовальному кругу. Жёсткие упорки чаще применяют при заточке и доводке инструментов с винтовым зубом. Упорки пружинящие и шарнирные применяют для затачивания и доводки инструментов с прямым зубом. Специальные упорки используют в тех случаях, когда применение перечисленных ранее упорок не удовлетворяет условиям обработки.

Для затачивания и доводки прецизионных (повышенной точности) инструментов применяют упорки с микрометрическим винтом (рис. 6.16).

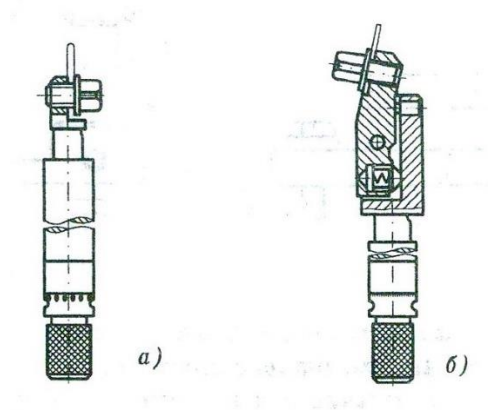


Рис. 6.16. Упорки с микрометрическим винтом: а - жесткие; б – шарнирные

Для закрепления упорок на станке, при установке затачиваемого инструмента, используют державки (прямые и изогнутые) и стойки (рис. 6.17).

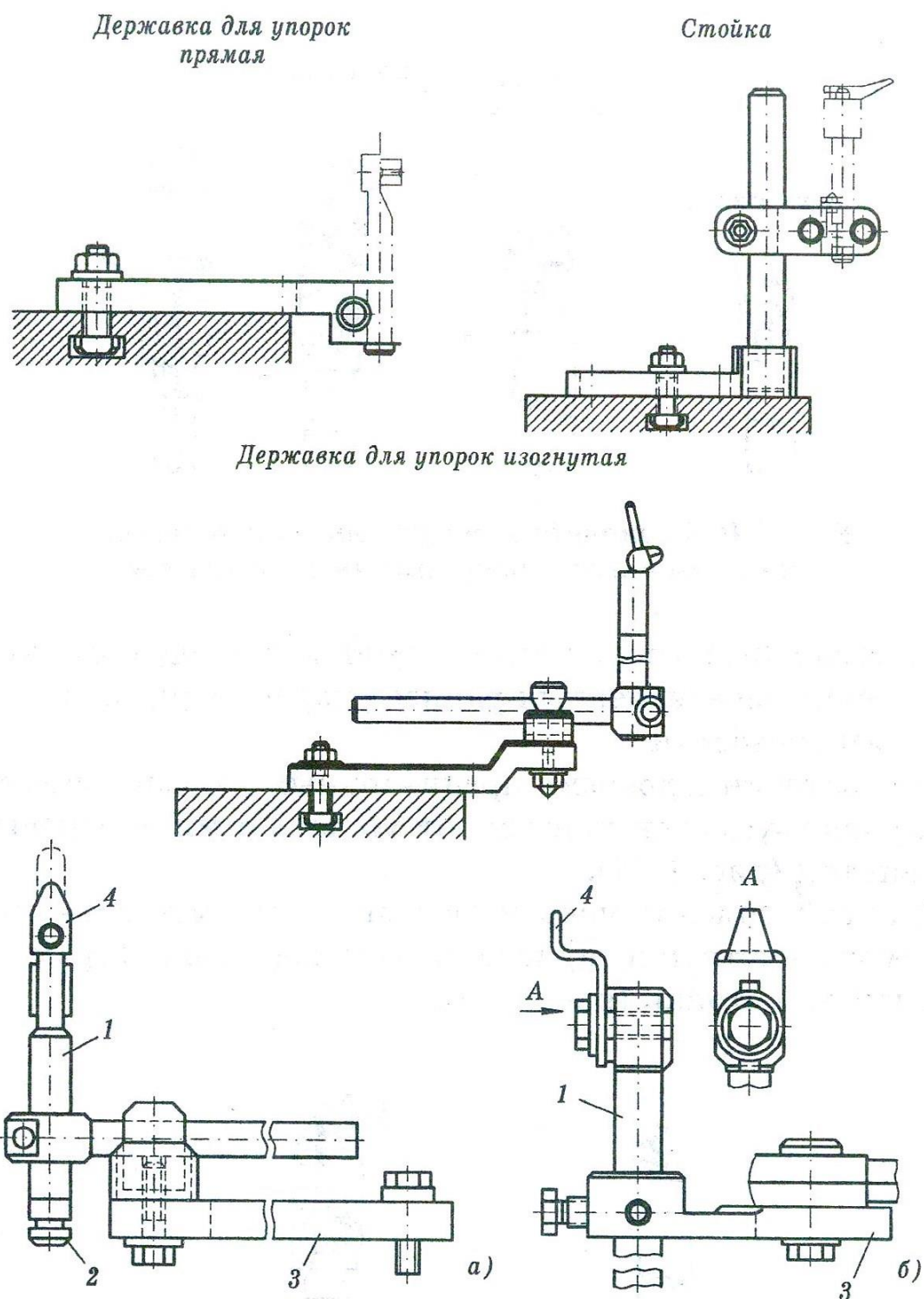


Рис. 6.17. Державки и стойки для закрепления упорков на заточных станках: а - микрометрическая упорка; б - жёсткая; 1 - стержень упорки; 2 - винт микрометрической подачи; 3 - державка; 4 - опорная пластина

### 6.3. Приспособления для затачивания многолезвийных инструментов по плоскостям

Универсальная головка для затачивания многолезвийных инструментов с плоскими передними и задними поверхностями при базировании их по коническим или



цилиндрическим поверхностям хвостовиков или оправок, по которым они закрепляются на станках, показана на рис. 6.18.

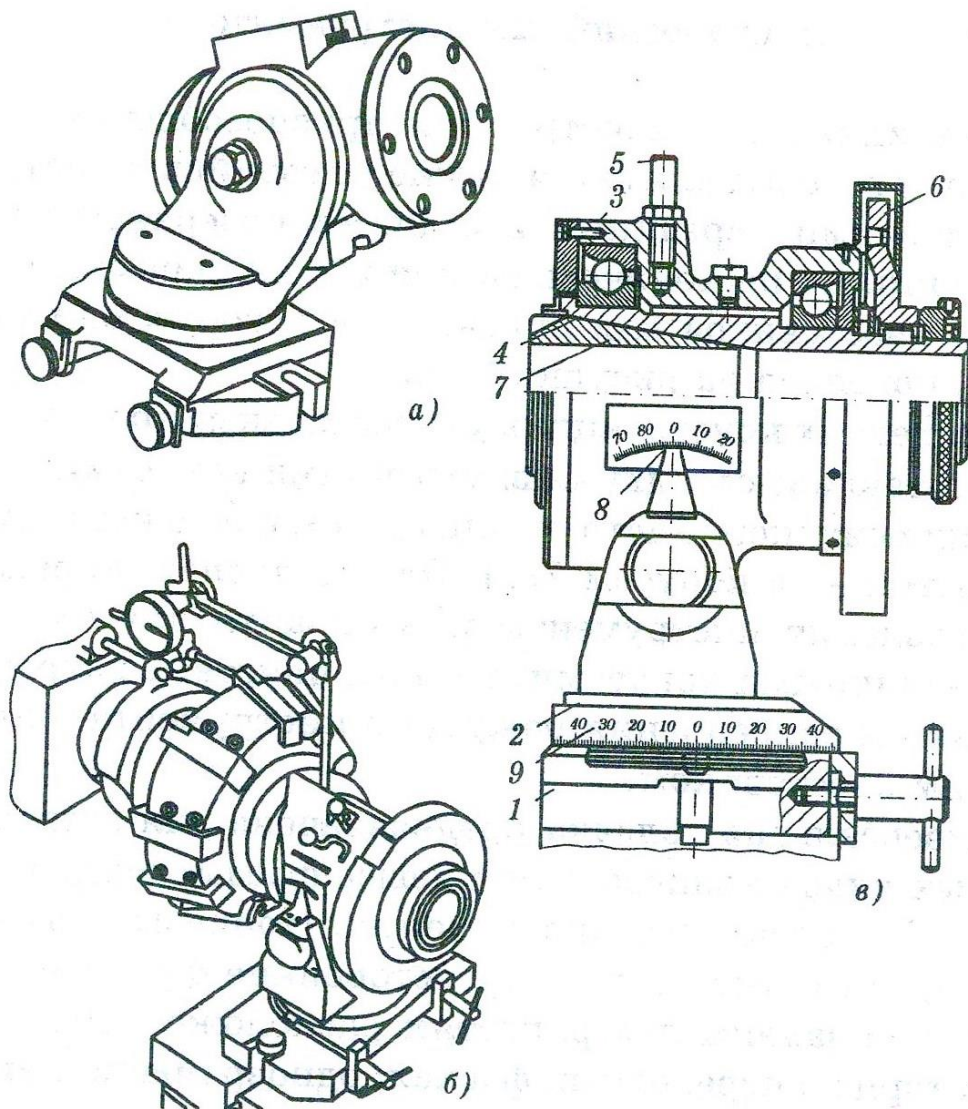


Рис. 6.18. Универсальная головка для затачивания многолезвийных инструментов:

а - общий вид головки; б - затачивания торцевой головки в приспособлении на универсально-заточном станке; в - принципиальная конструкция; 1 - плита; 2 - основание; 3 - корпус; 4 - шпиндель; 5 - стержень; 6 - диск; 7 - переходная втулка; 8 и 9 – шкалы

В конструкциях универсальных головок шпиндель изготавливают также с двумя внутренними конусами для закрепления режущего инструмента: один конец с конусом Морзе, а другой - с конусом 7:24. Это позволяет закреплять в приспособлении инструменты или оправки для их крепления с различными конусами, а также цанговые патроны для установки и закрепления режущего инструмента с цилиндрическим хвостовиком.

Универсальная головка предназначена для затачивания основных видов концевых (концевые фрезы, зенкеры, свёрла и т.п.) и насадного инструментов (торцевые, фасонные,

угловые, дисковые двух- и трёхсторонние фрезы и т.п.) по передним и задним поверхностям расположенным на периферии, торце и переходных фасках; одновременно с этим она может использоваться в качестве передней приводной головке (бабке) при круглом наружном и внутреннем шлифовании, заточке долбяков, а также в качестве передней центральной бабки при заточке инструментов в центрах.

Для получения необходимых при заточке углов инструмент, закреплённый в универсальной головке, может поворачиваться вокруг трёх взаимно перпендикулярных осей. При необходимости шпиндель может быть зафиксирован от поворота с помощью винта.

При установке для затачивания на головке фрез на оправках с конусностью :24 они затягиваются в гнезде шпинделя болтом.

При заточке торцовых фрез с помощью универсальных головок необходимо обеспечить требуемые величины переднего угла  $\gamma_N$ , заднего угла  $\alpha_N$ , угла в плане  $\phi$ , угла наклона главной режущей кромки  $\lambda$ . Торцовые фрезы обычно имеют прямолинейные главные и вспомогательные режущие кромки, а также плоские передние и задние поверхности, поэтому в большинстве случаев их затачивают торцом чашечных шлифовальных кругов.

Настройка универсальной головки на заточку задних поверхностей сводится к следующему:

1) бабку с закреплённой на ней фрезой устанавливают в начальное положение, выставляют вершину зуба на высоте оси головки и в таком положении закрепляют шпиндель;

2) по шкалам  $A$ ,  $B$ ,  $V$  поворачивают бабку соответственно на рассчитанные предварительно углы  $\theta_A$ ,  $\theta_B$  и  $\theta_V$ ;

3) подводят под зуб упорку, установленную на корпусе бабки или на столе, освобождают шпиндель и продольным перемещением стола затачивают заднюю поверхность зуба фрезы, прижимая его к упорке;

4) подачу осуществляют поперечным перемещением стола на каждый оборот фрезы.

Деление при заточке можно осуществлять по упорке или с помощью делительного диска.

На рис. 6.19 изображено начальное положение торцовой фрезы, установленной в универсальной головке, относительно шлифовального круга. Ось фрезы перпендикулярна направлению продольного хода стола и параллельна оси шлифовального круга. Вершина затачиваемого зуба установлена на высоте оси универсальной головки.

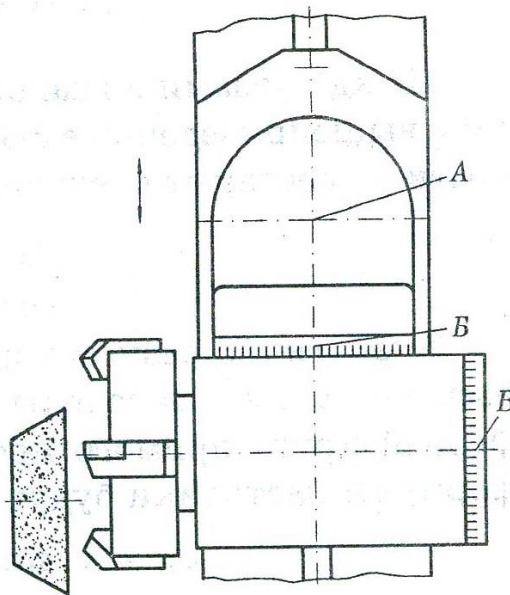


Рис. 6.19. Начальное положение торцевой фрезы относительно шлифовального круга при заточке задних поверхностей

Для подсчёта углов поворота головки можно использовать формулы настройки трёхповоротных тисков, так как каждый зуб торцевой фрезы можно рассматривать как самостоятельный резец. Таким образом, после внесения корректировки формулы для настройки головки при заточке задних поверхностей зубьев торцевых фрез будут иметь вид:

$$\begin{aligned}\theta_A &= \varphi + \alpha_N \cdot \sin \varphi; \\ \theta_B &= \alpha_N \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi; \\ \theta_B &= \alpha_N \cdot \cos \lambda \cdot \sin \varphi.\end{aligned}\quad (6.15)$$

При заточке передних поверхностей торцевой плоскостью шлифовального круга расчёт углов поворота универсальной головки производят по следующим формулам:

$$\begin{aligned}\theta_A &= 90^\circ; \\ \theta_B &= 90^\circ + \lambda \cdot \sin \varphi - \gamma_N \cdot \cos \varphi; \\ \theta_B &= \lambda \cdot \cos \varphi + \frac{\gamma_N \cdot \sin \varphi}{\cos(\lambda \cdot \sin \varphi)}.\end{aligned}\quad (6.16)$$

Между углами в главной секущей плоскости и входящими в вышеприведённые формулы углами в нормальной плоскости существуют следующие зависимости:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \lambda}; \quad \operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \lambda. \quad (6.17)$$

Аналогично резцам торцевые фрезы с малым числом зубьев могут быть заточены по передним поверхностям периферией круга прямого профиля (форма 1). В связи с этим формулы настройки будут иметь вид:

$$\theta_B = \lambda \cdot \sin \varphi - \gamma_N \cdot \cos \varphi; \quad (6.18)$$

$$\theta_B = \lambda \cdot \cos \varphi + \frac{\gamma_N \cdot \sin \varphi}{\cos(\lambda \cdot \sin \varphi)}$$

Заточка двусторонних и трёхсторонних фрез. У двусторонних фрез режущие кромки на периферии располагаются так же, как у цилиндрических, а на торце переходной фаски - как у торцовых фрез, поэтому соответствующим образом осуществляется и их заточка. Шлифование плоских передних плоскостей периферийных режущих кромок производят торцом круга, при этом ось фрезы располагают в горизонтальной плоскости под углом  $\omega$  (рис. 6.20) к направлению продольного перемещения стола и разворачивают фрезу вокруг её оси на угол  $\gamma$  - передний угол в торцовой плоскости. Для затачивания таких фрез используют универсальные головки.

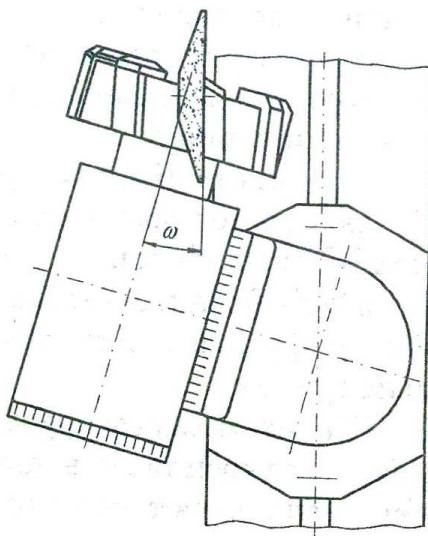


Рис. 6.20. Схема затачивания плоской передней поверхности зубьев двусторонней фрезы в универсальной головке торцом тарельчатого круга

Трёхсторонние фрезы разделяют на две основные группы, прямозубые, имеющие на каждом зубе режущие кромки, как на периферии, так и на обоих торцах, и косозубые, имеющие чередующиеся разнонаправленные зубья, режущие кромки которых располагаются на периферии и одном из торцов. Прямозубую фрезу закрепляют в универсальной головке и с одной установки затачивают режущие кромки на периферии, торце и переходной фаске; затем фрезу переустанавливают и затачивают кромки на втором торце и переходной фаске. Настраивается станок так же, как при заточке торцовых фрез. Трёхсторонние фрезы с разнонаправленными зубьями можно рассматривать как совокупность двух двусторонних фрез. Поэтому их затачивают так же, как двусторонние, но за два установка: сначала зубья с одним направлением, а затем - с другим.

Затачивая трёхсторонние фрезы, необходимо следить за соблюдением их размера по ширине, а для фрез с разнонаправленными зубьями надо, кроме этого, обеспечить располо-

жение всех периферийных режущих кромок на цилиндрической поверхности одного диаметра. Для облегчения затачивания фрезу желательно предварительно шлифовать по цилиндру и торцам.

Заточка концевых фрез. Концевые фрезы имеют винтовые режущие кромки на цилиндрической поверхности и прямолинейные на торце. В связи с этим при заточке зубьев на периферии станок настраивается так же, как для цилиндрических фрез, а зубья на торце затачивают аналогично торцовым фрезам.

В первом случае фрезу устанавливают в центрах, во втором - закрепляют в шпинделе универсальной бабки, для чего используют переходные конусные втулки (для фрез с коническим хвостовиком) или цанговый зажим (для фрез с цилиндрическим хвостовиком). Заточка задних поверхностей на цилиндрической части может также осуществляться с креплением фрезы в универсальной головке с использованием установленной на шлифовальной головке упорке.

#### **6.4. Затачивание фасонных фрез.**

Фасонные фрезы разделяют на две основные группы: затылованные и острозаточенные.

Затылованные фрезы затачивают только по передней поверхности. При этом необходимо обеспечить требуемую радиальность передней поверхности (для фрез с передним углом  $\gamma = 0$ ) или величину переднего угла (для фрез с  $\gamma > 0$ ), требуемый угол наклона зубьев или шаг винтовой канавки (для фрез с винтовыми и наклонными зубьями), а также наименьшее биение режущих кромок в одноимённых точках профиля. Наивысшая точность по окружному шагу и биению обеспечивается заточкой затылованных фрез с делением по делительному диску. При этом фрезу с прямыми зубьями закрепляют на оправке и устанавливают в центрах задней бабки и универсальной головки с делительным механизмом.

Оправка со шпинделем универсальной головки соединяется поводковым устройством. Фрезы небольшой ширины могут быть установлены также на концевой оправке непосредственно в шпинделе делительной головки. Заточка осуществляется торцовой поверхностью шлифовального круга тарельчатой формы, заправляемого с поднутрением 3-5°, которое необходимо для устранения возможности образования завалов передней поверхности у режущей кромки при износе круга.

Для фрез с  $\gamma = 0$ , чтобы обеспечить радиальность передней поверхности, необходимо торец шлифовального круга расположить в плоскости, проходящей через ось фрезы. Это осуществляется с помощью центроискателя или шаблона. Шейка оправки для установки



$h_u$  - высота профиля зуба фрезы (не изменяется в процессе переточки);

$$\varphi_x = \arcsin \frac{R \cdot \sin \gamma}{R - h_u} - \gamma, \quad (6.20)$$

где  $R$  - номинальный радиус фрезы;

$\gamma$  - номинальный передний угол.

Подсчёт величины переднего угла по приведённым формулам занимает много времени. Поэтому для повышения производительности и сокращения времени настройку станка на рабочем чертеже фрезы необходимо иметь таблицу величин передних углов  $\gamma_x$  и смещения торца шлифовального круга  $h_x$  в зависимости от диаметра переточенной фрезы. Например, переточка затылованной фрезы диаметром  $D = 80$  мм,  $z = 16$ ,  $\gamma = 15^\circ$  и величиной затылования  $k = 4$  мм в целях обеспечения постоянства профиля фрезы должна осуществляться согласно табл. 6.5.

6.5. Величины переднего угла  $\gamma_x$  и смещения торца шлифовального круга  $h_x$  в зависимости от диаметра фрезы

Диаметр фрезы $D$ в мм	Передний угол $\gamma_x$ после затачивания	Величина смещения торца шлифовального круга $h_x$ в мм
80	$15^\circ$	10,35
90	$14^\circ 45'$	10,06
80	$14^\circ 30'$	9,70
90	$14^\circ 15'$	9,48
80	$14^\circ 05'$	9,24

Подача осуществляется поворотом фрезы вокруг её оси.

Затылованные прямозубые фрезы могут быть заточены также с делением по упорке. Фрезу устанавливают в центрах, а для фиксирования положения зуба относительно шлифовального круга затылок зуба упирают в упорку 1 (рис. 6.22), пружинящую только в сторону вращения фрезы при делении. Этот метод затачивания не обеспечивает получение высокой точности.

Фрезы с наклонными зубьями, имеющими плоскую переднюю поверхность, затачивают торцом шлифовального круга в тех же приспособлениях, что и прямозубые, только дополнительно поворотную часть стола с приспособлениями и фрезой разворачивают в горизонтальной плоскости на угол  $\omega$  наклона зубьев. При заточке на концевой оправке на угол  $\omega$  поворачивают универсальную бабку.

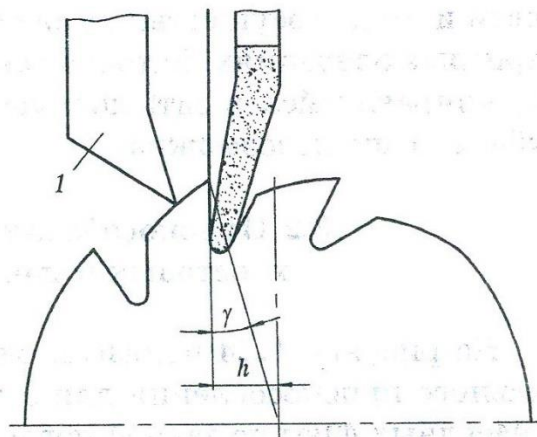


Рис. 6.22. Схема затачивания передней поверхности зуба фасонной фрезы с упором в затылочную поверхность

Фасонные затылованные фрезы с винтовыми зубьями затачивают конической поверхностью шлифовального круга. Однако настройка станка и, в частности, установка шлифовального круга относительно детали должны быть выполнены более тщательно, так как это в значительной степени сказывается на параметрах затачивания, на профиле фрезы и обработанной детали.

Кроме того, обязательно использование специальных приспособлений, сообщающих инструменту винтовое движение, снабжённых делительным механизмом и обеспечивающих получение надлежащей точности затачивания. Заточка же в центрах с поджимом шлифуемой поверхности к кругу вручную не обеспечивает получение высокой точности и может осуществляться только в крайних случаях на черновых операциях. Заточка таких фрез с делением по упорке, упирающейся в затылочную поверхность или в спинку зуба, вообще невозможна.

На рис. 6.23 показана конструкция универсального приспособления для затачивания и доводки хвостовых и насадных фрез по задней поверхности зубьев, расположенных на периферии и торце. При использовании переходных втулок, патронов и оправок можно затачивать на данном приспособлении указанный инструмент диаметром до 250 мм.

Наличие поворотного устройства и головки, смонтированной на шарикоподшипниках, даёт возможность также шлифовать инструмент по торцу. Риска, нанесённая на плите 1 позволяет вести отсчёт градусов по шкале  $A$  при повороте угольника 2 на заданную величину угла в плане  $\varphi$ . Поворотный угольник 2 соединяет корпус головки 3 с плитой 1 и даёт возможность поворота приспособления в плоскостях I-I и II-II. Шпиндель 4 смонтирован на двух шарикоподшипниках. В корпусе головки 3 вращение



шпинделя осуществляется маховиком 5. При помощи валика 6 заточенный инструмент выталкивается из шпинделя.

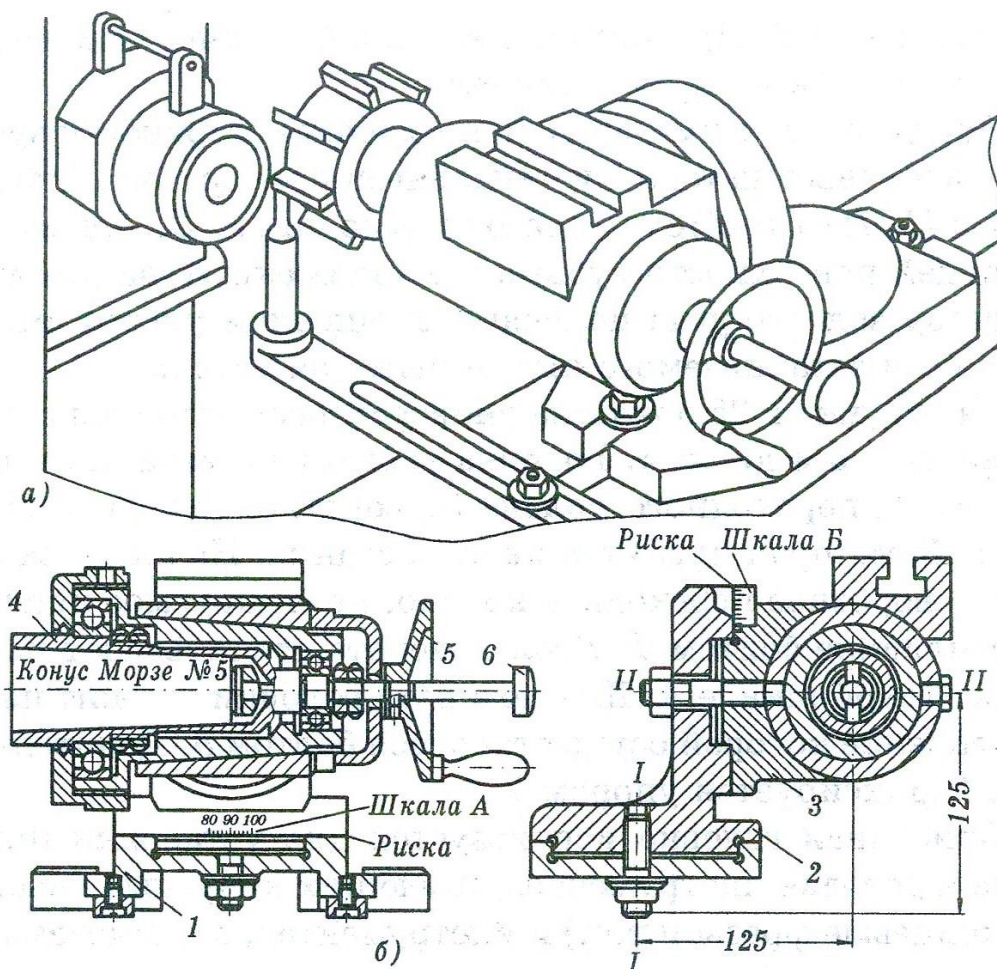


Рис. 6.23. Приспособление для затачивания хвостового и насадного инструментов по задним поверхностям зубьев, расположенных на диаметре и торце: а - установка приспособления на станке; б - конструкция приспособления: 1 - сменная плита; 2 - поворотный угольник; 3 - головка; 4 - шпиндель; 5 - маховик; 6 - валик; А и Б – шкалы

Инструмент, затачиваемый по задней поверхности зубьев, расположенных на торце, устанавливают поворотом головки 3 (на оси II-II) с отсчётом заднего угла по шкале Б. При заточке по задней поверхности зубьев, расположенных на диаметре, величину заднего угла получают смещением упорки относительно оси затачиваемого инструмента на угол  $\alpha$ .

На рис. 6.24 показана универсальная заточная головка с делительным диском. Головка состоит из узла шпинделя, корпуса 1, переходного колена (поворотного угольника) 2 и плиты 3, которая крепится на стол станка. На плите закреплено поворотное переходное колено, центрируемое цапфой и закрепляемое болтом 4. Угол поворота отсчитывают по

градуированной шкале *A*. Для поворота головки служит цапфа, закрепление которой осуществляется болтом 5. Делительный диск **6** фиксируется упором 7.

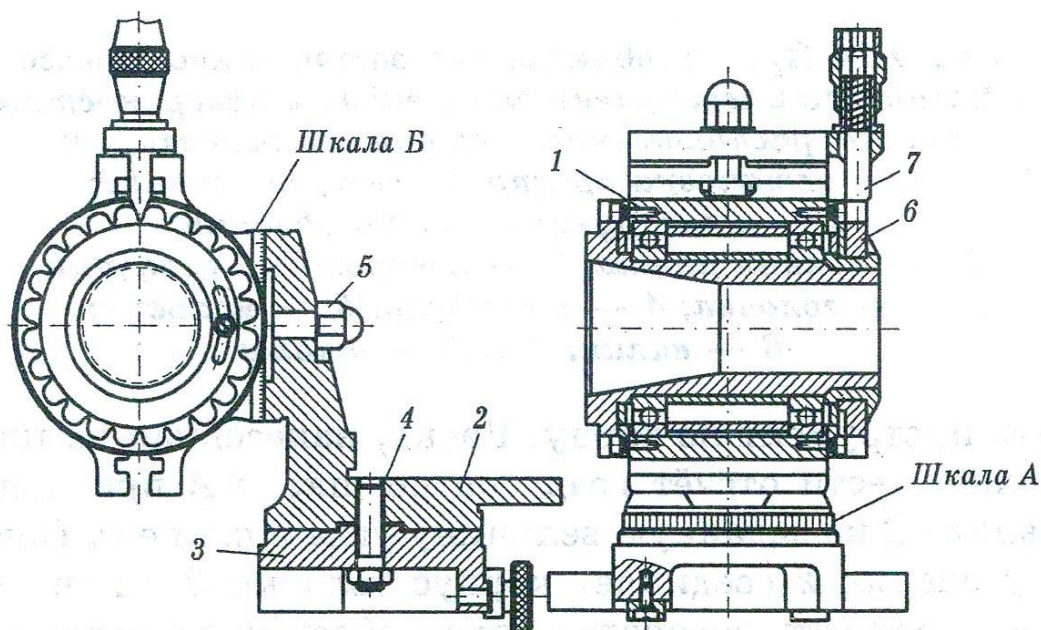


Рис. 6.24. Универсальная заточная головка с делительным диском

Описанная головка используется для установки при заточке и доводке инструментов, имеющих конусные хвостовики (концевые фрезы и т.п.) и инструментов, затачиваемых на консольных оправках (фрезерные головки, фасонные резцы, насадные фрезы с торцовыми зубьями, угловые фрезы, плиты и т.п.), а также для наружного и внутреннего шлифования.

На универсальном приспособлении для затачивания инструментов (рис. 6.25) можно затачивать резцы, концевые и торцовые фрезы и др.

Приспособление состоит из основания 1, в базовое отверстие которого входит выступ стойки 2, а в отверстие стойки - корпус 3, вращающийся вокруг горизонтальной оси. На верхнем конце вертикального валика 6, входящего в отверстие корпуса, установлены тиски 4, крепящиеся штифтом 5. Тиски вращаются вокруг вертикальной оси. В тисках закрепляются резцы и другие виды инструментов, подвергающихся заточке.

Для затачивания фрез тиски и валик 6 снимаются с приспособления и в отверстие корпуса 3 вставляется втулка 11 с делительным диском 9 и втулкой 10 с коническим отверстием для закрепления концевых фрез с коническим хвостовиком или оправок для насадного инструмента. В корпусе 3 закреплён фиксатор 8 с плоской пружиной 7.

С помощью имеющихся на приспособлении трёх осей поворота различные режущие инструменты могут устанавливаться на требуемые углы для затачивания.

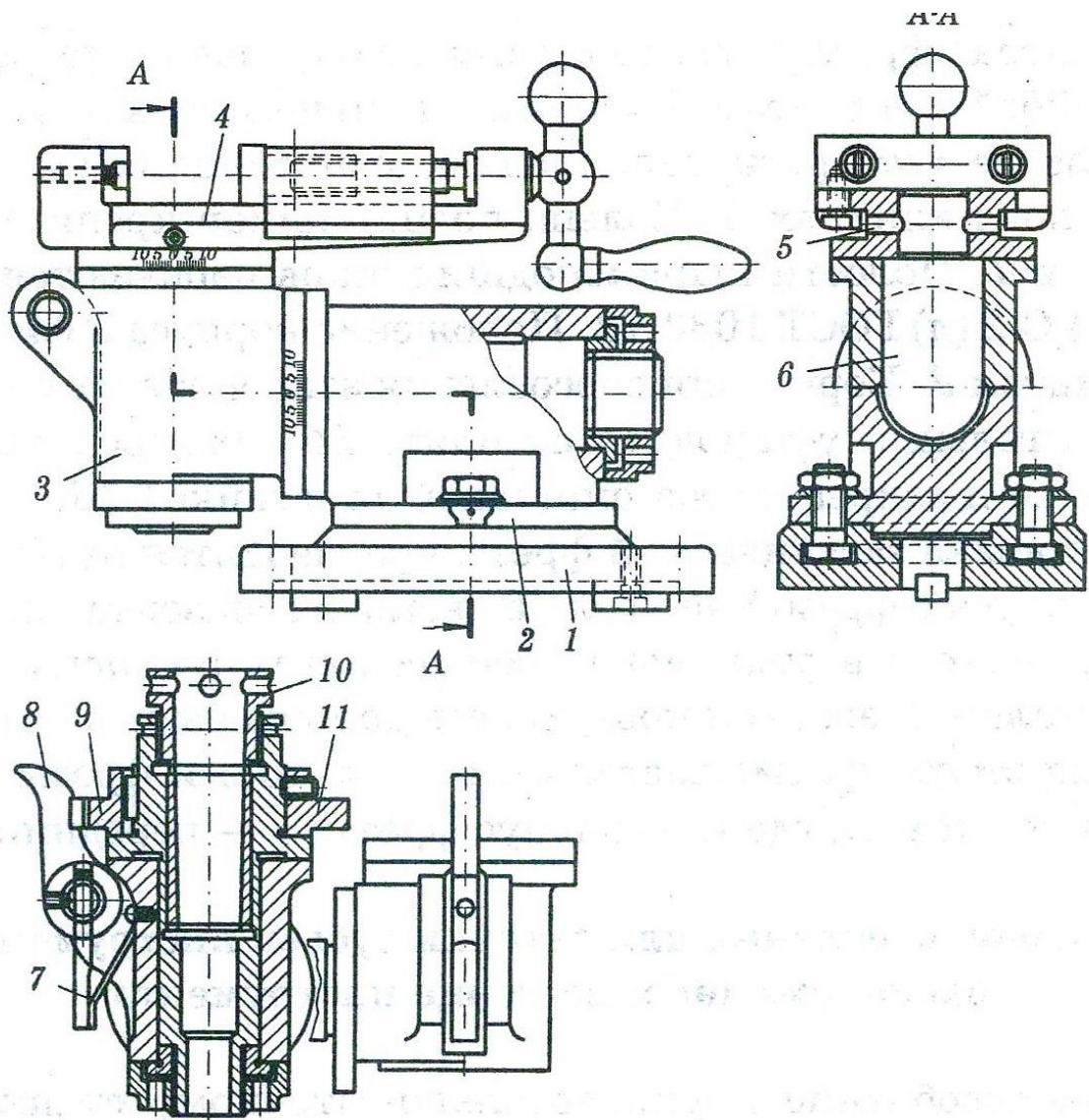


Рис. 6.25. Универсальное приспособление для затачивания инструмента

Доводка передней поверхности ножей, оснащённых пластинками твёрдого сплава у торцовых фрез в мелкосерийном производстве, может производиться алмазным кругом 13 на универсально-заточных станках с применением приспособления, показанного на рис. 6.26.

Торцовая фреза 11 закрепляется на оправке 7 быстросменной шайбой 6 и болтам 8. Оправка коническим хвостовиком вставляется в отверстие шпинделя 4, вращающегося на шариковых подшипниках 5. Кольца подшипников крепятся гайками 2 и 1. Положение корпуса 3 фиксируется винтом 9. Корпус приспособления закреплён на угольнике 12. Угольник установлен на плите 14 с базированием по отверстию и закрепляется шпилькой 15 с гайкой 16.

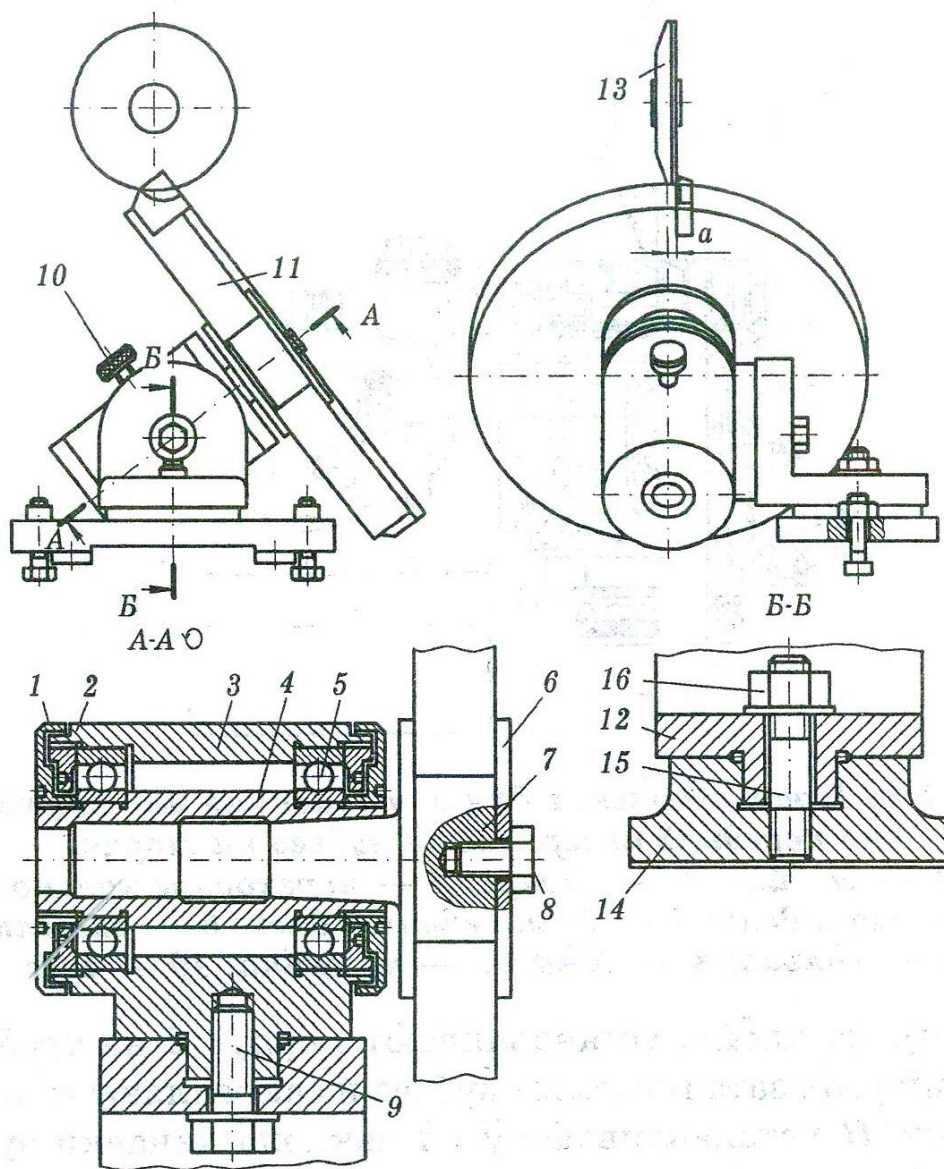


Рис. 6.26. Приспособление для доводки передней поверхности ножей, оснащённых пластинками твёрдого сплава, у торцовых фрез

Установка затачиваемой фрезы производится путём поворота корпуса с фрезой на угол  $45^\circ$  вокруг горизонтальной оси на угольнике и вертикальной оси на плите по горизонтальным шкалам. Передняя поверхность должна быть вертикальной, для этого она смещается относительно оси фрезы на величину  $\alpha = R \sin \gamma$ , где  $R$  - радиус фрезы;  $\gamma$  - передний угол.

Приспособление к универсально-заточному станку для затачивания инструмента по передней поверхности зубьев, расположенных на торце концевых и насадных инструментов (двух- и трёхсторонних фрез, цековок и др.) показано на рис. 6.27. Оно позволяет затачивать инструменты диаметром до 120 мм, с числом зубьев 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24. Размер отверстия шпинделя - конус Морзе № 5.

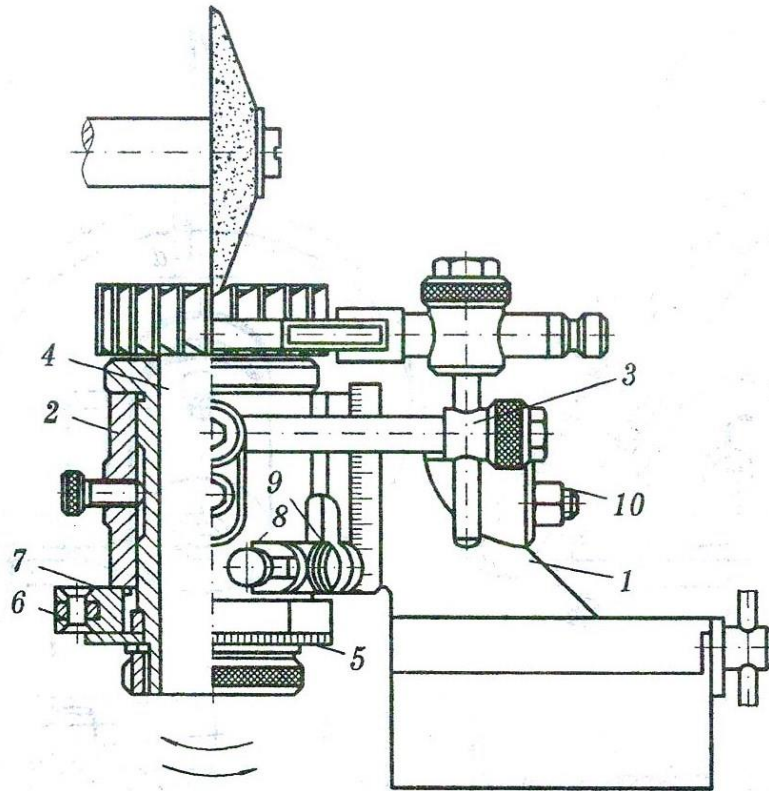


Рис. 6.27. Приспособление для затачивания инструмента по передней поверхности зубьев на торце: 1 - стойка; 2 - корпус; 3 - переходное колено; 4 - шпиндель; 5 - делительный диск; 6 - защёлка; 7 - кольцо; 8 - винт; 9 - пружина; 10 - гайка

Настройка и работа с приспособлением заключается в следующем: устанавливают затачиваемый инструмент непосредственно в шпиндель 4 или с переходной втулкой (для затачивания насадного инструмента применяют соответствующие оправки), по шкале 9 устанавливают корпус 2 на требуемый передний угол затачиваемых зубьев и закрепляют гайкой 10, по шкале 5 устанавливают угол наклона канавки зубьев к оси фрезы, после чего закрепляют кольцом 7 с защелкой 6 переходное колено 3, устанавливают положение передней поверхности затачиваемого зуба относительно шлифовального круга при помощи винта 8.

Затачивание передних и задних поверхностей на торце у концевых фрез с цилиндрическим хвостовиком может производиться с применением приспособления (рис. 6.28), которое представляет собой универсальную головку, состоящую из основания 1, стойки 2 и корпуса 5, скрепленных болтами 3 и 4. В корпусе 5 на радиально-упорных шарикоподшипниках 9 свободно вращается шпиндель 6 с цангой 7. Обработываемая фреза вставляется хвостовиком в цангу до упора 8 и закрепляется тарельчатой пружиной 11 через стержень 10 с гайкой 12.

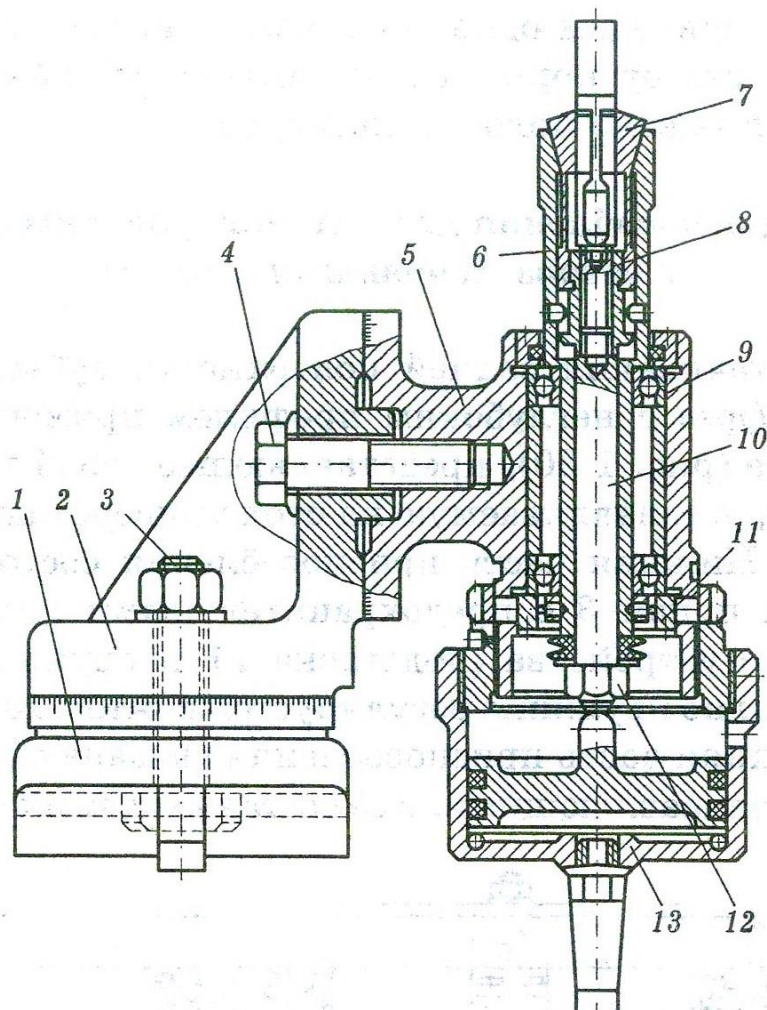


Рис. 6.28. Приспособление для затачивания зубьев на торце у концевых фрез с цилиндрическим хвостовиком

По делениям на деталях 1 и 5 ось фрезы можно повернуть на любой угол в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях и таким образом расположить фрезу в нужное положение относительно шлифовального круга. Затачиваемый зуб прижимается к упору и затачивается при продольном перемещении стола станка периферией круга. Упор (тонкая упругая закаленная пластина) посредством специальной державки прикреплён к столу станка. Поворот фрезы на следующий зуб осуществляется вручную, для чего на поверхности переднего конца шпинделя предусмотрена накатка. После затачивания фреза освобождается поршневым пневмоприводом одностороннего действия 13, установленным на резьбу корпуса 5 и затянутого гайкой. Воздух подаётся в нижнюю полость цилиндра.

Для затачивания задней поверхности зубьев длинных фасонных фрез с острозаточенными зубьями с неглубоким профилем применяется приспособление (рис. 6.29), представляющее собой плавающую платформу, устанавливаемую на стол универсально-заточного станка.

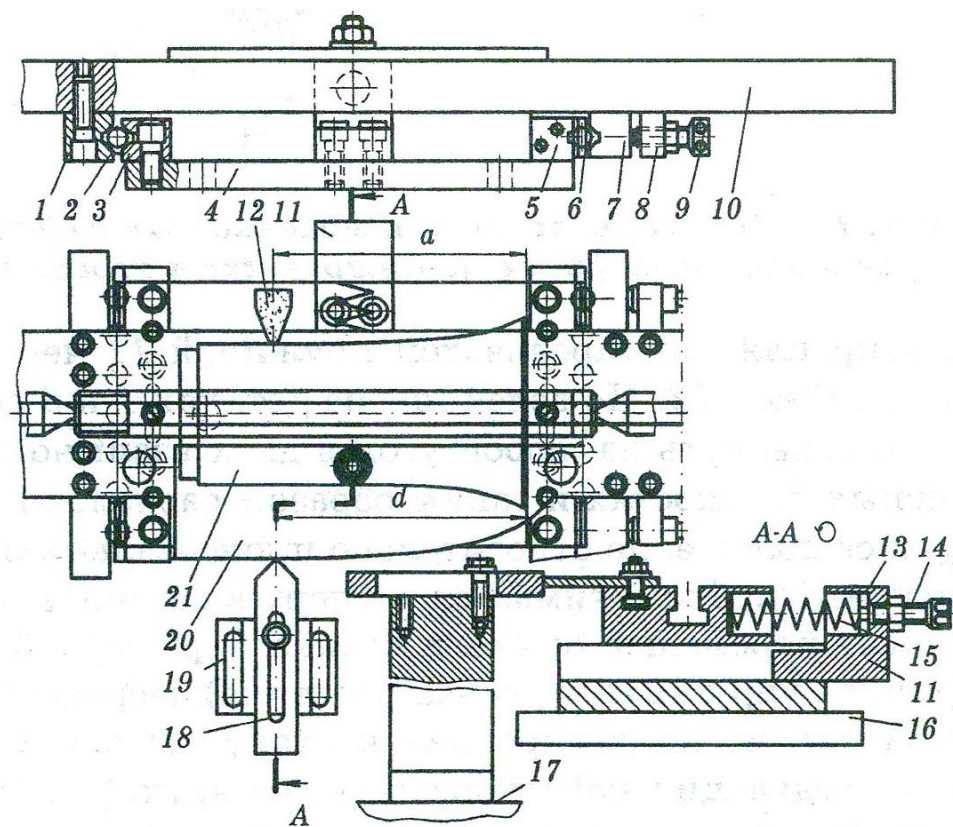


Рис. 6.29. Приспособление для затачивания фасонных фрез

Нижняя часть приспособления состоит из плиты 4, двух призм 3 с предохранительными планками 5 и пружинного устройства (подставка 11 и пружина 15). Нажимное усилие пружины регулируется винтом 14 через шайбу 13. Верхняя часть приспособления связана с нижней шариковыми направляющими; в её состав входят платформа 10, жёсткая призма 1, подвижная призма 7 и планка 8. Двумя регулируемыми винтами 9 создаётся необходимый натяг по шарикам, заключённым в сепараторы 2.

В платформе 10 имеются два Т-образных продольных паза, один из них (сквозной) служит для крепления центровых стоек, поддерживающих оправку с инструментом, а другой предназначен для установки и крепления копира 20. Под действием пружины копир всегда прижимается к упору 18, укреплённому посредством подставки 19 на неподвижной части 1 заточного станка. При перемещении стола 16 с обрабатываемой фрезой 21, установленной в приспособлении, шлифовальный круг 12 будет затачивать фрезу по профилю, соответствующему профилю копира.

При настройке станка необходимо точно установить смещение шлифовального круга относительно торца обрабатываемой фрезы, с одной стороны, и упора 18 относительно риски на копире - с другой. В обоих случаях эти смещения должны быть одинаковыми и равными размеру  $a$ . Фреза, установленная в приспособлении, затачивается периферией шлифовального круга плоского прямого профиля, заправленного по радиусу.

Упор устанавливается под затачиваемый зуб фрезы, располагаемый ниже оси круга на величину:

$$H = \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha, \quad (6.21)$$

где  $\alpha$  - задний угол зуба фрезы в радиальном сечении;  $D$  - диаметр круга.

Большое влияние на режущие свойства фрезы и особенно на её стойкость оказывает задний угол  $\alpha_N$  в нормальном сечении профиля, связанный с углом  $\alpha$  зависимостью:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi, \quad (6.22)$$

где  $\varphi$  - угол между нормалью к оси фрезы и касательной к точке, лежащей на её профиле.

У фрез с криволинейным профилем величина угла  $\varphi$  различна для разных точек профиля, поэтому и задние углы  $\alpha_N$  в разных точках профиля неодинаковы. Данное приспособление не обеспечивает постоянство заднего угла  $\alpha_N$ . Этот недостаток приспособлений ограничивает его применение только для затачивания фасонных фрез с плавным и неглубоким профилем. Оно пригодно для затачивания фрез с углом  $\varphi$  не более  $35^\circ$ .

Приспособление для затачивания задней поверхности зубьев фасонных канавочных фрез с острозаточенными зубьями (рис. 6.30) должно обеспечивать постоянство задних углов в нормальном сечении по всему профилю.

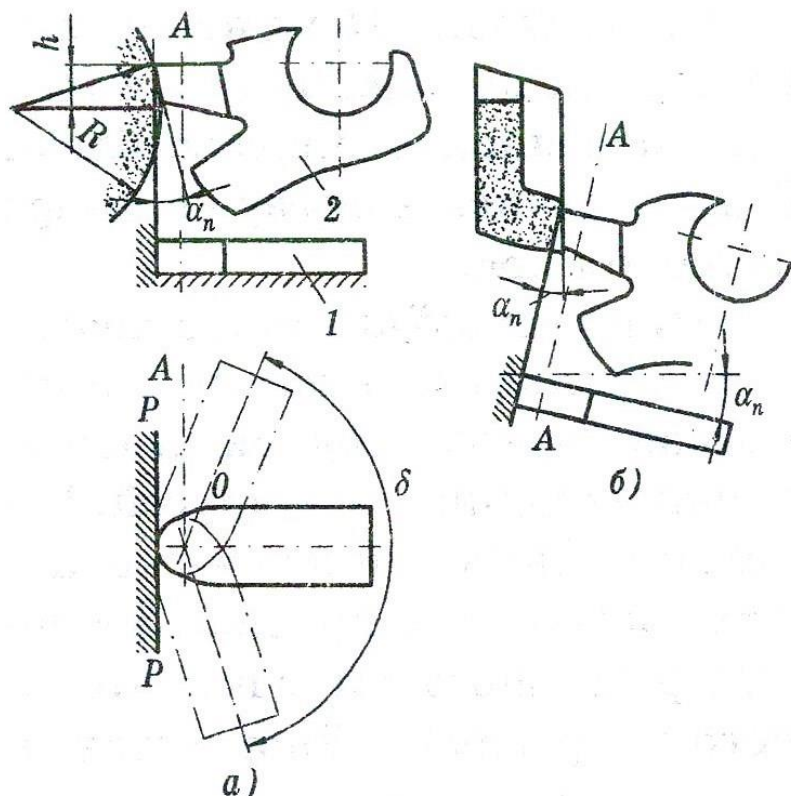


Рис. 6.30. Методы затачивания фасонных канавочных фрез: 1 - копир; 2 - фреза



Если копир с профилем, соответствующим профилю фрезы, прижимая к неподвижной поверхности  $P-P$ , вращать вокруг оси  $A-A$ , проходящей через точку  $O$  на угол  $\delta$ , то фреза, установленная над копиром так, что проекция её зуба точно совпадает с профилем копира, будет совершать точно такое же движение. Постоянно касаясь шлифовального круга, зуб фрезы получит профиль, точно совпадающий с профилем копира. Если же установить ось фрезы выше оси круга на величину  $h$ , то зуб фрезы получит по всему профилю одинаковый задний угол

$$\sin \alpha_N = \frac{h}{R}, \quad (6.23)$$

где  $R$  - радиус шлифовального круга.

Фасонные резцы можно затачивать в таком приспособлении и торцом шлифовального круга (рис. 6.30, б). Для этого ось вращения  $A-A$  необходимо наклонить по отношению к плоскости торца круга на угол  $\alpha_N$ , который и будет задним углом в нормальном сечении профиля зуба затачиваемой фрезы.

На рис. 6.31 показано приспособление, выполненное по описанной схеме.

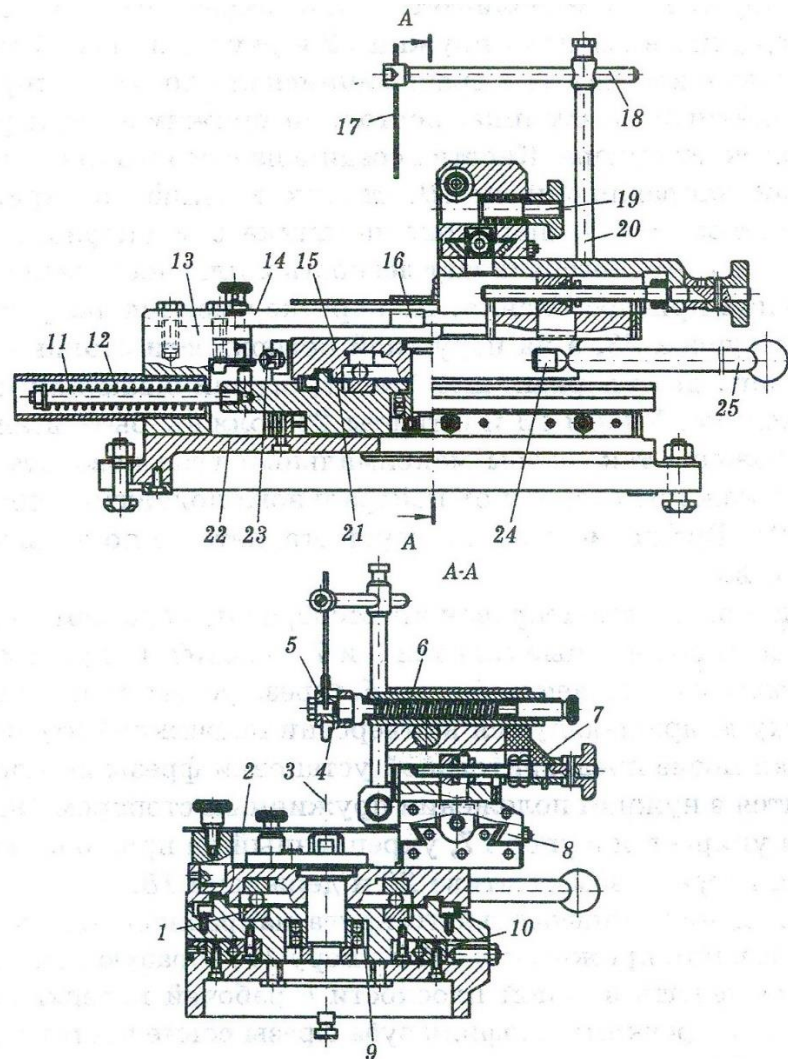


Рис. 6.31. Приспособления для затачивания фасонных канавочных фрез

Основание 22 с подставкой 13 и жёстким упором 14 устанавливается на неподвижный стол станка. Под действием двух пружин 12 и двух шпилек 11 через подвижную каретку 21 и вращающийся столик 15, копир 16, закреплённый на столике, постоянно прижимается к рабочей плоскости упора. Каретка соединена с основанием шариковыми направляющими 10, столик соединён с кареткой посредством оси 3, шарикоподшипника 9 и упорного подшипника 1, что обеспечивает лёгкость и плавность основных движений приспособления. На каретке имеются два регулируемых упора 23, а на наружной поверхности столика запрессованы два упорных штифта 24, ограничивающих поворот столика. Упоры 23 и штифты 24 должны быть взаимно расположены так, чтобы максимальный угол поворота столика в каждую сторону от нейтрального положения составлял 90°. Вращение столика осуществляется с помощью рукоятки 25.

На столике смонтирован крестообразный суппорт - продольные и поперечные салазки 8 и 7, снабжённые узлом для установки затачиваемой фрезы 5. Фреза 5 устанавливается на оправку 4, вращающуюся в отверстии подвижной втулки 6, которая после предварительной установки фрезы по копиру крепится в нужном положении пружинным стопором 19. Зуб фрезы упирается в упор 1, укрепленный на продольных салазках посредством штатива 20 и державки 18.

Вращение шлифовального круга направлено так, чтобы силы резания прижимали зуб к упору 1, образующая круга должна лежать в одной плоскости с рабочей поверхностью упора 14. Проекция профиля зуба фрезы 5 совмещается с профилем копира путём перемещения продольных и поперечных салазок при нейтральном положении копира, когда ось симметрии копира перпендикулярна рабочей плоскости упора 14. Для этого предусмотрен вмонтированный в столик 15 пружинный фиксатор, рабочий конец которого входит в коническое отверстие втулки, запрессованной в каретку 21. Профиль копира должен изготавливаться по тому же шаблону, которым проверяется профиль затачиваемой фрезы. Рабочие поверхности копира и упора 14 покрыты кожухом 2. Приспособление пригодно для затачивания фасонных фрез с любым выпуклым профилем и непригодно для фрез с вогнутым профилем.

Дополнительное устройство к приспособлению, позволяющее затачивать фрезы по радиусу любой величины (рис. 6.32), состоит из копира 2, выполненного в виде цилиндрического диска за одно целое с осью вращения столика и двух ограничителей 1 и 3. Копир прижимается к упору 4. Фреза устанавливается так, чтобы центр радиуса затачиваемого зуба совпал с осью вращения столика; при этом шлифовальный круг нужно подвести к оси вращения на расстояние, равное радиусу затачиваемого зуба. Это легко

достигается перемещением продольных и поперечных салазок. Ограничители устанавливаются на угол поворота столика при затачивании.

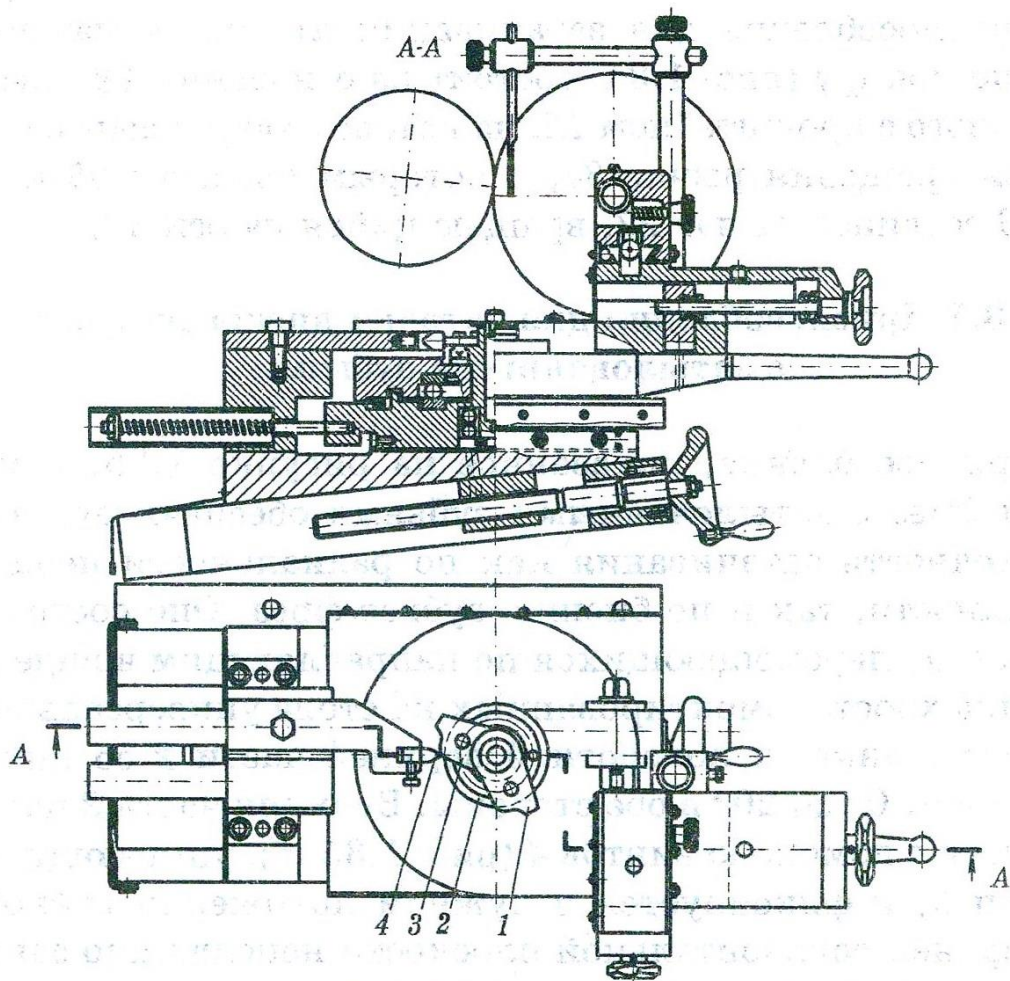


Рис. 6.32. Приспособление для затачивания фрез по радиусу

Основным недостатком рассмотренных приспособлений является то, что движение от копира к обрабатываемой фрезе передаётся с отношением 1:1, т.е. все неточности профиля копира полностью передаются профилю затачиваемой фрезы, а чем меньше габарит профиля, тем труднее изготовить его с необходимой точностью.

Фрезы для обработки канавок малых диаметров до 3 мм и другие фрезы с точными профилями затачиваются на подобных приспособлениях, но с передаточным отношением профиля копира к профилю фрезы, равным 50:1.

### 6.5. Приспособления для затачивания метчиков

Заточку метчиков по передней поверхности производят на универсально-заточных станках. Для этого метчик устанавливают в центровых бабках, закреплённых на столе станка, где также закрепляют микрометрическую упорку, которая служит для фиксирования метчика в определённом положении при заточке (рис. 6.33).

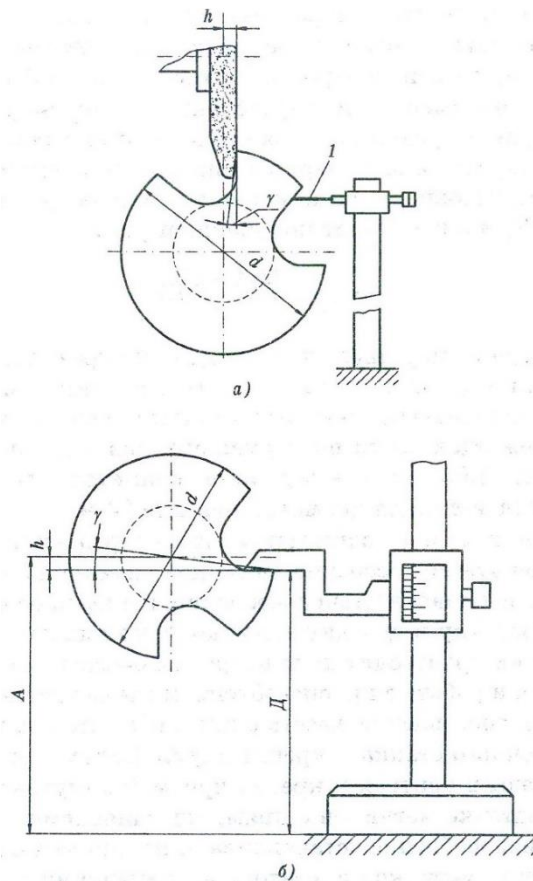


Рис. 6.33. Схема установки метчика при заточке по передней поверхности (а) - микрометрическая упорка и схема контроля переднего угла после затачивания (б)

С помощью этой упорки осуществляют также поперечную подачу поворотом метчика в направлении к кругу.

Для получения заданного переднего угла необходимо, чтобы рабочий торец шлифованного круга был смещён относительно оси метчика на величину

$$h = \frac{d}{2} \cdot \sin \gamma, \quad (6.24)$$

где  $d$  - наружный диаметр резьбы метчика.

Для получения величины  $h$  сначала с помощью шаблона-центроискателя устанавливают торец круга в осевой плоскости метчика. Затем поперечной подачей перемещают стол станка на величину  $h$  в сторону круга. При заточке метчика стол станка в сторону круга больше не перемещают.

Износ метчиков происходит по задней поверхности зубьев и на первых двух нитках калибрующей части, поэтому перетачивать их рекомендуется по задним поверхностям на заборной части. Для повышения суммарной стойкости следует после каждых двух переточек по задним поверхностям делать одну переточку по передним поверхностям.

Производят заточку метчика по передней поверхности. Подачу на врезание обеспечивают за счёт микрометрического винта упорки.

По завершении операции затачивания контролируют величину переднего угла (рис. 33, б) и биение режущих кромок.

Передний угол  $\gamma$  проверяют с помощью штангенрейсмуса при установке метчика в центрах прямо на станке или в специальном приспособлении для контроля угла  $\gamma$ .

Штангенрейсмус настраивают на размер  $D = A - h$ , где  $A$  - расстояние от поверхности, на которой установлен штангенрейсмус, до оси центров в которых закреплён метчик,  $h$  - величина смещения, определённая по приведённой ранее формуле. Передняя поверхность метчика должна совпадать с измерительной поверхностью ножи штангенрейсмуса. При их несовпадении измеряют фактическую величину размера  $D_\phi$  и определяют полученный угол (отклонение переднего угла не должно превышать  $\pm 2^\circ$ ).

$$\sin \gamma_\phi = \frac{|2(A - D_\phi)|}{d}. \quad (6.25)$$

Величину биения режущих кромок метчика измеряют в центрах с помощью индикатора на стойке с точностью 0,01 мм. Биение режущей части по наружному диаметру не должно превышать 0,03 мм для метчиков диаметром до 24 мм и 0,04 мм для метчиков диаметром свыше 24 мм.

Для затачивания и доводки метчиков по передней поверхности рекомендуется (особенно метчиков, имеющих винтовые стружечные канавки) приспособление, показанное на рис. 6.34.

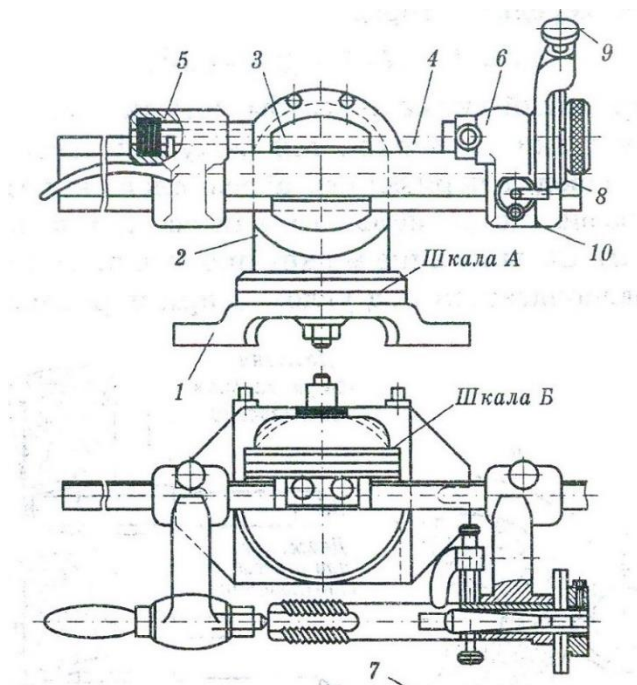


Рис. 6.34. Приспособление для затачивания метчиков по передней поверхности: 1 - плита; 2 - корпус; 3 - планшайба; 5 и 6 - кронштейны; 7 - хомутик; 8 - делительный диск; 9 - фиксатор; 10 - винт

Заточку и доводку метчиков с помощью этого приспособления производят на универсально-заточных станках. Настройка и работа с приспособлением заключается в следующем: приспособление вместе с плитой 1 устанавливают на столе заточного станка и крепят двумя болтами; метчик устанавливают в центрах и крепят хомутиком 7.

При заточке метчиков с прямыми канавками и без подточки приспособление устанавливают по шкалам А и Б в нулевое положение. При заточке метчиков с винтовыми канавками или с подточкой на заборной части приспособление устанавливают по шкалам А и Б на соответствующие углы наклона канавки или под углом подточки. Для переднего угла метчик сначала устанавливают по шаблону-центроискателю относительно торца круга, а затем смещают от оси на величину  $h$  при помощи поперечной подачи стола. Подачу на врезание производят винтом 10.

При заточке метчиков по задним поверхностям задний угол режущей части метчиков получается путём затылования шлифовальным кругом.

Величина затылования:

$$K = \frac{\pi \cdot d_T}{Z} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (6.26)$$

где  $d_T$  - диаметр переднего торца метчика, мм;

$Z$  — число перьев метчика.

Диаметр переднего торца:

$$d_T = d - 1, \cdot P - (0,3 \div 0,5), \quad (6.27)$$

где  $d$  — наружный диаметр резьбы метчика, мм.

Заточку задних поверхностей режущей части метчиков обычно производят периферией абразивного круга плоского прямого профиля с радиальным или осевым затылованием (рис. 6.35, *а*). Затылование может производиться кругом, ось которого располагается под углом  $\varphi$  при параллельном расположении осей абразивного круга и метчика. Затылование метчиков с винтовыми стружечными канавками производится обычно заправленным на конус торцом чашечного круга при смещении оси метчика относительно оси шлифовального круга (рис. 6.35, *б*).

Схема затачивания по задней поверхности и механизма затылования показаны на рисунке 6.36.

При заточке задней поверхности метчик устанавливают в центрах механизма затылования станка и закрепляют в механизме каретки. Вращения метчика связано кинематически с вращением кулачка 1, имеющего выступы, очерченные по архимедовой спирали.

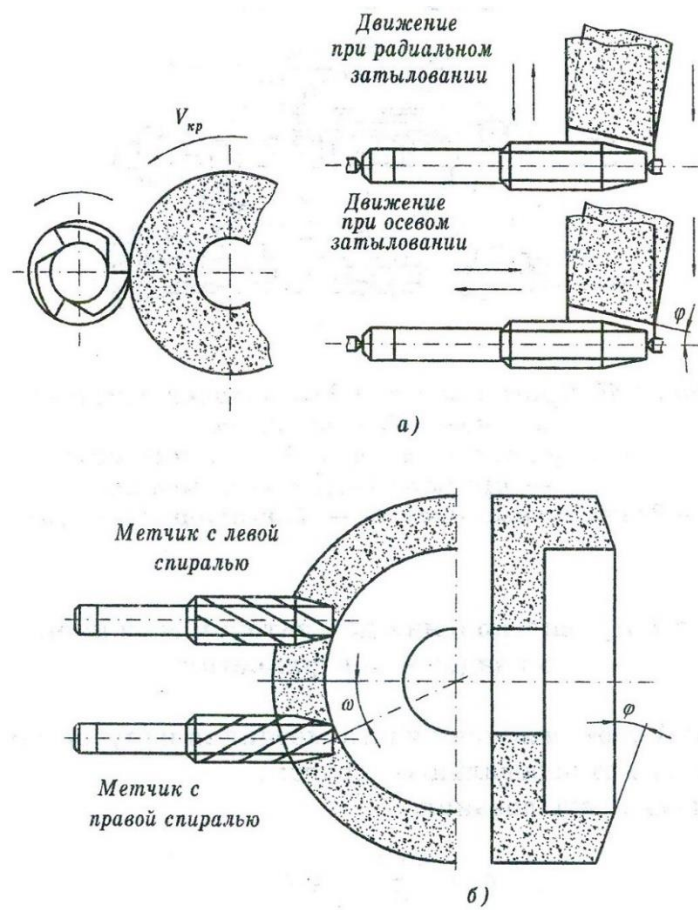


Рис. 6.35. Схемы затылования метчиков с прямыми (а) и винтовыми (б) канавками

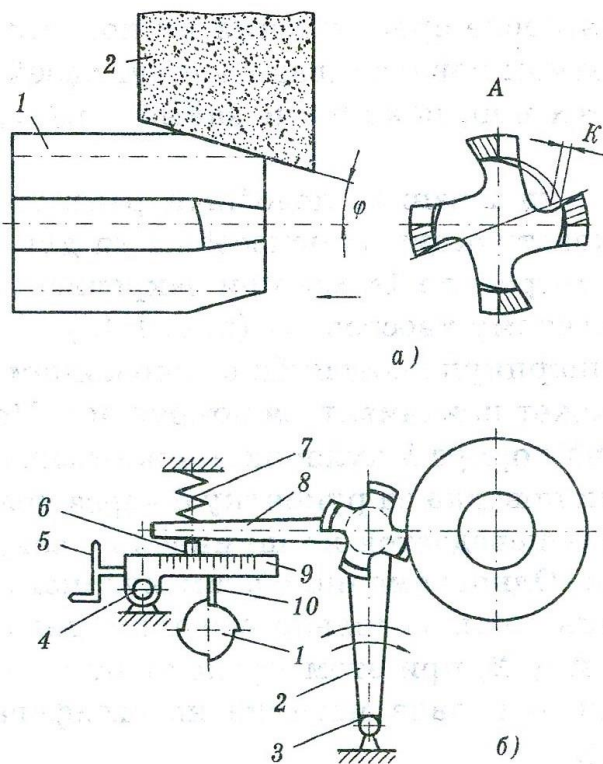


Рис. 7.36. Схема затачивания метчика по задней поверхности заборного конуса (а) и механизма затылования (б)

Число выступов кулачка должно соответствовать числу перьев затачиваемого метчика. От кулачка через упор **10** колебательное движение передаётся рычагу **9**, установленному на оси **4**. На этом рычаге имеется подвижный сухарь **б**, упирающийся в рычаг **8**, тесно связанный с кареткой **2**, на которой закреплён метчик. Каретка **2** может поворачиваться на оси **3**. Рычаг **8** посредством пружины прижимается к сухарю **б**. Колебательные движения рычага **9** передаются через рычаг **8** каретке, а, следовательно, и метчику, который непрерывно вращаясь, периодически то приближается к шлифовальному кругу, то отходит от него. Необходимый задний угол  $\alpha$  у метчика получают за счёт установки сухаря **б** на определенном расстоянии  $L$  оси **4**. Перемещают сухарь рукояткой **5**.

Для получения необходимого угла заборной части  $\varphi$  абразивный круг должен быть заправлен под этим же углом. Положение метчика в центрах должно быть согласовано с затылюющим движением каретки. Движение затылования должно начинаться до соприкосновения пера с кругом и заканчиваться после прекращения их контакта. В противном случае метчик поворачивают вокруг своей оси вместе с патроном до тех пор, пока он не займёт правильного положения.

Принцип затылования, подобный рассмотренному выше, использован в конструкции приспособления для затылования метчиков диаметром до 18 мм при закреплении их в цанге по цилиндрическому хвостовику (рис. 6.37).

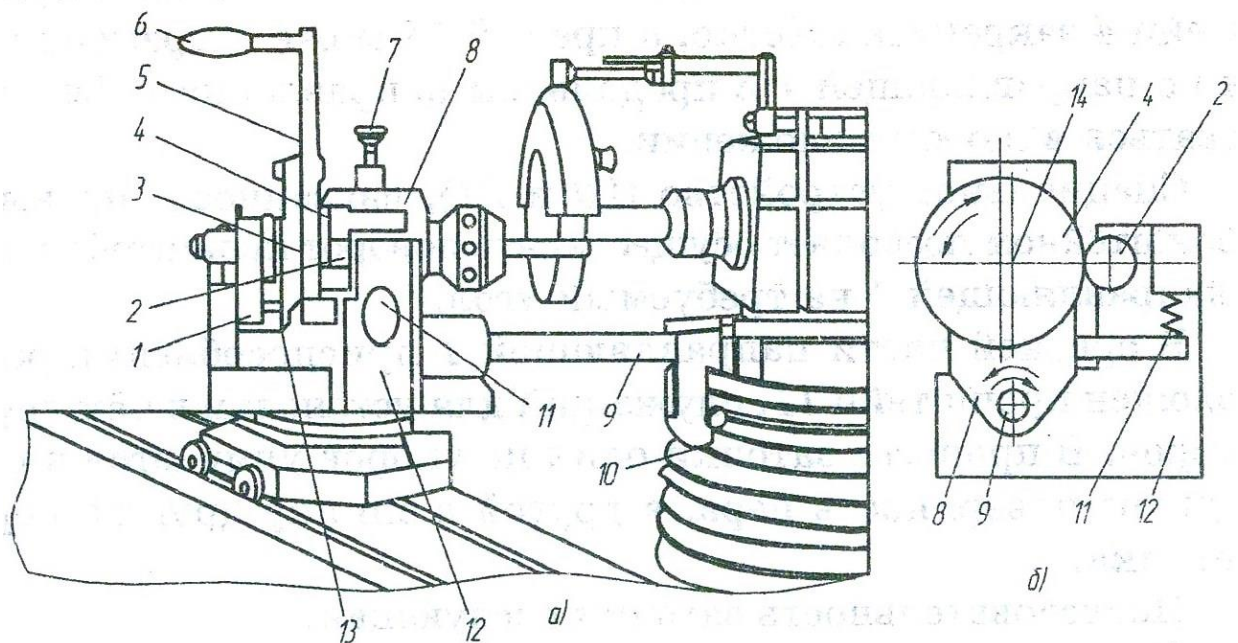


Рис. 6.37. Приспособление для затачивания метчиков по задней поверхности заборного конуса (а): 1, 13 - упоры; 2 - ролик; 3 - храповик; 4 - эксцентриковый кулачок; 5 - поводок; 6 - рукоятка; 7 - фиксатор; 8 - корпус; 9 - штанга; 10 - упорка; 11 - пружина; 12 - основание; 14 - ось шпинделя; схема работы приспособления (б)



Корпус 8 шарнирно соединён с основанием посредством штанги 9 и может покачиваться вокруг неё. Под действием пружины 11 на корпус 8 кулачок прижимается к ролику 2. При вращении поводка за рукоятку 6 через храповый механизм вращение передаётся на шпиндель с закреплённым в нём метчиком. Одновременно с этим кулачок, эксцентрично закреплённый относительно оси шпинделя 14, обкатывается по ролику 2, при этом происходит поворот корпуса вокруг штанги и подача метчика на шлифовальный круг (затылование).

Вращение поводка происходит до упора 13. При обратном качании поводка шпиндель с метчиком не вращаются, а корпус под действием пружины возвращается в исходное положение. Так происходит затылование одного пера метчика. Для затачивания следующего пера процесс необходимо повторить.

Величина затылования на метчике регулируется изменением эксцентриситета кулачка, а настройка на число перьев метчика осуществляется установкой с помощью упора 1 определённого угла поворота поводка. Число зубьев храповика должно быть кратно числу перьев затачиваемого метчика, в противном случае заточка невозможна, так как угол деления будет не соответствовать угловому шагу между зубьями метчика.

Для крепления шпинделя во время установки метчика служит фиксатор 7, а для ориентации метчика относительно кулачка-упора 10. Угол заборного конуса настраивается поворотом приспособления на плите универсальной бабки, относительно образующей шлифовального круга. Для обеспечения надлежащей точности затачивания при закреплении в цанге необходимо, чтобы биение цилиндрического хвостовика метчика относительно его рабочей части было не более половины допуска на биение режущих кромок. Метчики, не отвечающие указанному требованию (например, ручные), затачивают в центрах.

В условиях инструментальных цехов и участков машиностроительных заводов заточку задних затылованных поверхностей заборной части метчиков производят в специальном приспособлении (рис. 6.38), устанавливаемом на центры передней и задней бабок, закреплённых на столе универсально-заточного или круглошлифовального станка. В приспособлении могут затачиваться метчики размером до М52.

Приспособление состоит из цилиндрической направляющей 1 с установленными на ней правыми 18 и левым 4 кронштейнами со сменным и подвижным центрами 6. Левый кронштейн 4 закреплён жёстко, а правый 18 может перемещаться по направляющей 1 в продольном направлении и фиксироваться в любом положении.

Специальное устройство (20 и 21), связанное с правым кронштейном, позволяет осуществлять поворот кронштейна 18 с направляющей 1 на требуемый угол.

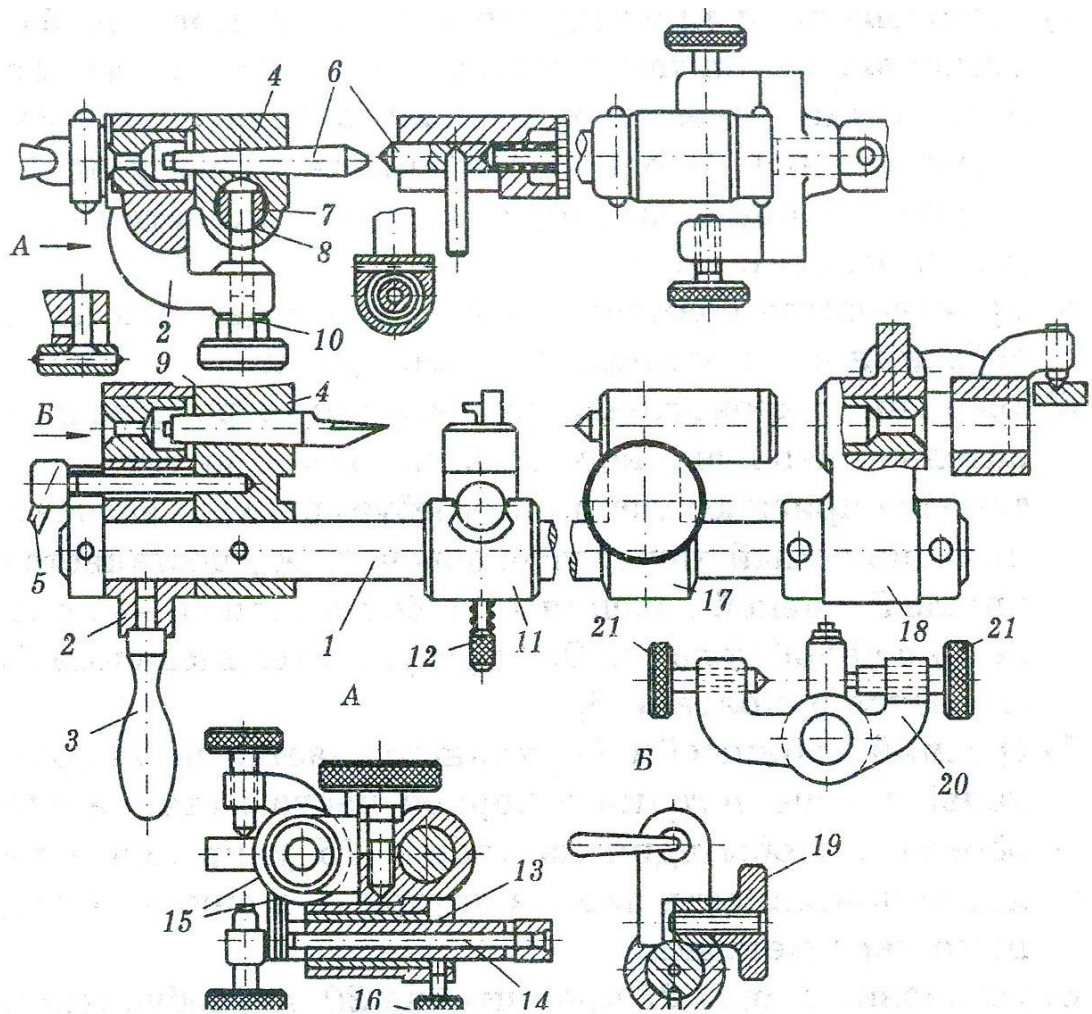


Рис. 6.38. Приспособление для затачивания задних поверхностей зубьев метчика:

1 - цилиндрическая направляющая; 2 - кронштейн, свободно установленный на направляющей; 3 - рукоятка кронштейна(2); 4 - кронштейн, жёстко установленный на направляющей; 5 - фиксатор; 6 - сменные центры; 7 и 8 - гайки и ходовой винт кронштейна (4); 9 и 10 - шкалы для глубокого и более точного отсчёта углов поворота; 11 - кронштейн, свободно установленный на направляющей; 12 - фиксатор; 13 - втулка кронштейна с установленной на ней цилиндрической направляющей; 14, 15 - упоры; 16 - фиксатор; 17 и 18 - кронштейны, свободно установленные на направляющей; 19 - фиксатор кронштейна 17; 20 - кронштейн, установленный на центр задней бабки; 21 - упоры кронштейна 20

В средней части направляющей 1 приспособления расположен кронштейн 11, служащий для установки в нём двух упоров. В процессе затачивания один из упоров упирается в переднюю поверхность пера, а другой в спинку другого пера метчика.

Последовательность затачивания следующая:

1) приспособление устанавливается в центрах передней и задней бабок; при этом на задний центр надевается кронштейн 20 с регулируемыми упорами 21;

2) затачиваемый метчик устанавливается в центрах приспособления;

3) стол станка поворачивается на угол наклона заборного конуса  $\varphi$  метчика;

4) шлифованный круг (дисковый — прямого профиля) устанавливается так, чтобы ось шпинделя была параллельна направлению продольного хода стола. Затем шлифованная головка поворачивается на угол  $1-2^\circ$ , обеспечивающий заточку задней поверхности метчика узкой полоски круга;

5) производится совмещение по высоте центров приспособления и оси шлифовального круга;

6) смещением кронштейна поворотного устройства 2 относительно неподвижного кронштейна 4 достигается установка приспособления на требуемый угол затачивания  $\alpha$ ; приближённый отсчёт угла поворота осуществляется по шкале 9 с ценой деления  $1^\circ$ , а более точный - по шкале 10 с ценой деления  $0,1^\circ$ ; результаты смещения фиксируются рукояткой 5;

7) средний кронштейн 11 устанавливается на направляющей в зоне затачивания заборной части метчика таким образом, чтобы один из упоров 15 упирался в переднюю поверхность пера, а другой — в спинку следующего пера метчика;

8) установив опоры 21 кронштейна 20 на требуемый предел покачивания приспособления (в зависимости от длины дуги пера метчика), затачивают первое перо метчика, при этом стол перемещается в продольном направлении относительно шлифовального круга на длину заборного конуса;

9) после затачивания первого пера втулка 13 среднего кронштейна 11 вместе с упорами 15 поворачивается на угол  $90^\circ$ . Затем поворотом метчика от руки устанавливается горизонтальное положение передней поверхности следующего пера метчика; это положение фиксируется упорами 15 при обратном повороте втулки 13.

Далее производится заточка следующего пера. При этом на каждый оборот затачиваемого метчика производится поперечная подача на глубину снимаемого слоя.

Недостатком данного приспособления является низкая производительность и разделённая заточка перьев метчика, которая не обеспечивает высокой точности.

На рис. 6.39 показана конструкция еще одного приспособления для затачивания метчиков по заборной части при радиальном затыловании. Оно состоит из бабки затылования 10, поводкового патрона 12, задней бабки 14 и цангового зажима.

Установленное на плите 18 основание 1 вместе с бабкой затылования может поворачиваться в горизонтальной плоскости для настройки на угол заборного конуса. На

закреплённых в основании полых полуосей смонтирован корпус бабки. Приводной вал 8 проходит внутри полуосей и соединён цилиндрическими шестернями со шпинделем.

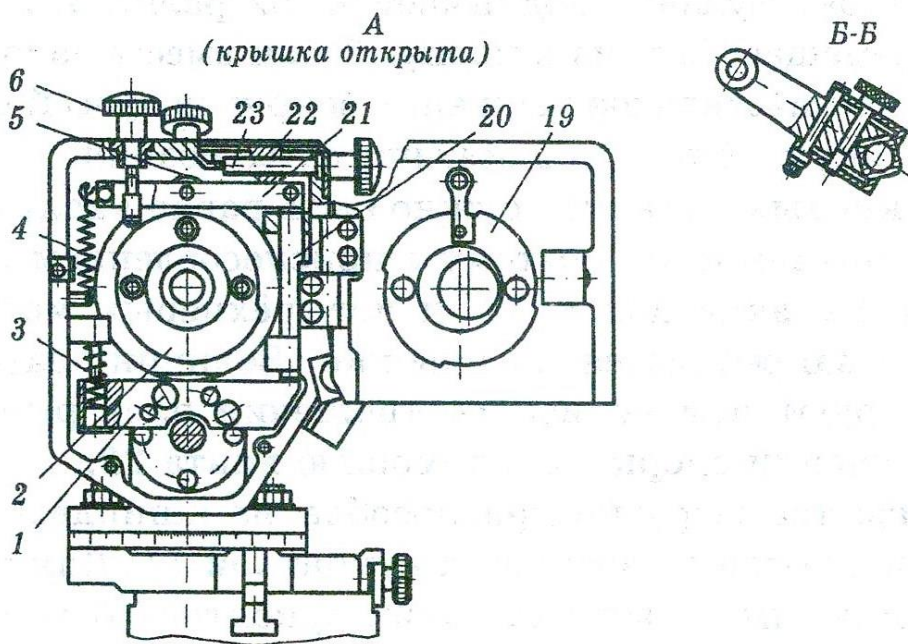
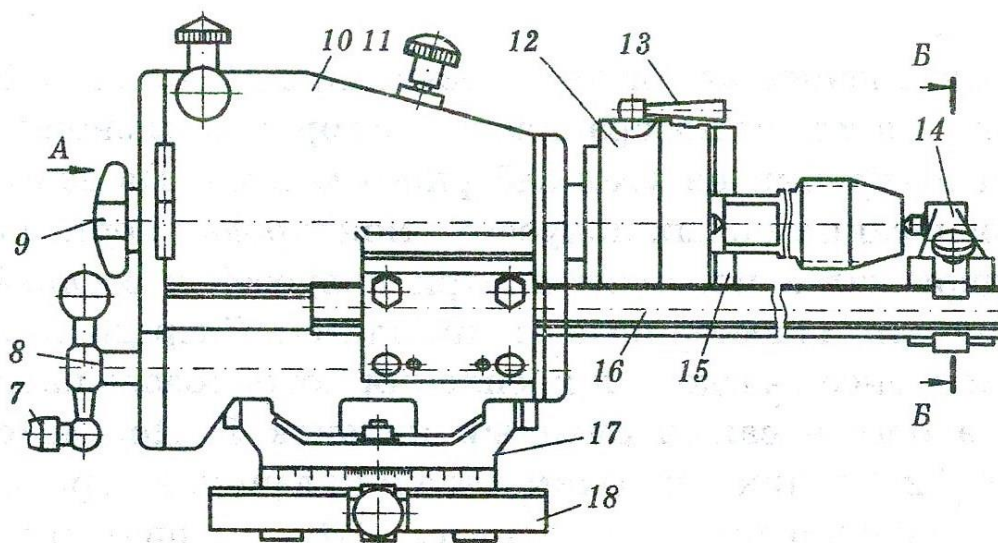


Рис. 7.39. Приспособление для затачивания метчиков по задним поверхностям на заборном конусе

Спереди шпиндель имеет конусное гнездо для крепления поводкового патрона, а сзади на него насажен сменный кулачок 2. Под действием пружин 3 и 4 ролик 5 прижимается к кулачку, а корпус бабки через опору 22, рычаг 21 и толкатель 20 - к прикрепленному на основании 1 упору 1. Таким образом, при вращении за рукоятку приводного вала вращается шпиндель, а вместе с ним и кулачок. Кулачок поднимает вверх ролик 5, а толкатель 20 перемещается вниз и корпус бабки вместе со шпинделем получает

качательное движение вокруг полуосей основания, а метчику сообщается движение затылования.

Число кривых кулачка должно быть равно числу перьев затачиваемого метчика, поэтому с приспособлением поставляется два кулачка для трёх- и четырёхперых метчиков. Кулачок 19 закрепляется на крышке. Величину затылования регулируют изменением соотношения Плеч рычага 21 при перемещении опоры 22 с помощью винта 23.

Для удобства загрузки приспособления шпиндель может быть зафиксирован от вращения рукояткой 11. Для измерения величины спада затылка ролик рукояткой 6 приподнимается над кулачком.

Двух-кулачковый поводковый патрон 12 устанавливают в конусном гнезде шпинделя и затягивают шомполом 9. Заднюю бабку 14 устанавливают на штанге 16. Метчик устанавливают в центрах поводкового патрона и задней бабки и закрепляют кулачками 15, настраиваемыми на размер квадрата метчика. Подпружиненный центр поводкового патрона подвижный (для удобства установки инструмента) и перемещается рукояткой 13. Метчики небольших диаметров, имеющие соосный с рабочей частью хвостовик, закрепляют в цанге, при этом поводковый патрон и заднюю бабку со штангой снимают, а в шпинделе бабки затылования устанавливают цанговый режим.

При закреплении метчика следует следить за тем, чтобы при положении ролика на спаде кулачка режущая кромка метчика несколько не доходила до рабочей поверхности шлифовального круга. Профиль кулачка выполнен по спирали Архимеда, а поэтому точная ориентация режущей кромки не требуется. Для затачивания левых метчиков необходимо переустановить кулачок и изменить направление вращения приводного вала.

Описанное приспособление сложно по устройству, но обеспечивает непрерывную заточку всех перьев метчика, что значительно повышает производительность и точность обработки. Кроме того, с помощью этого приспособления можно осуществлять поперечное затылование инструмента с любым числом зубьев, для чего следует изготовить соответствующий кулачок.

Затылование задних поверхностей перьев на режущей части метчика на заточных и круглошлифовальных станках может производиться с применением специального приспособления методом продольного шлифования (рис. 6.40).

Метчик 1 устанавливается в центрах передней и задней бабок приспособления. Поводком служат два регулируемые кулачка 13, закреплённые в диске 12 винтами 14, по размеру квадрата метчика, по шкале 18.

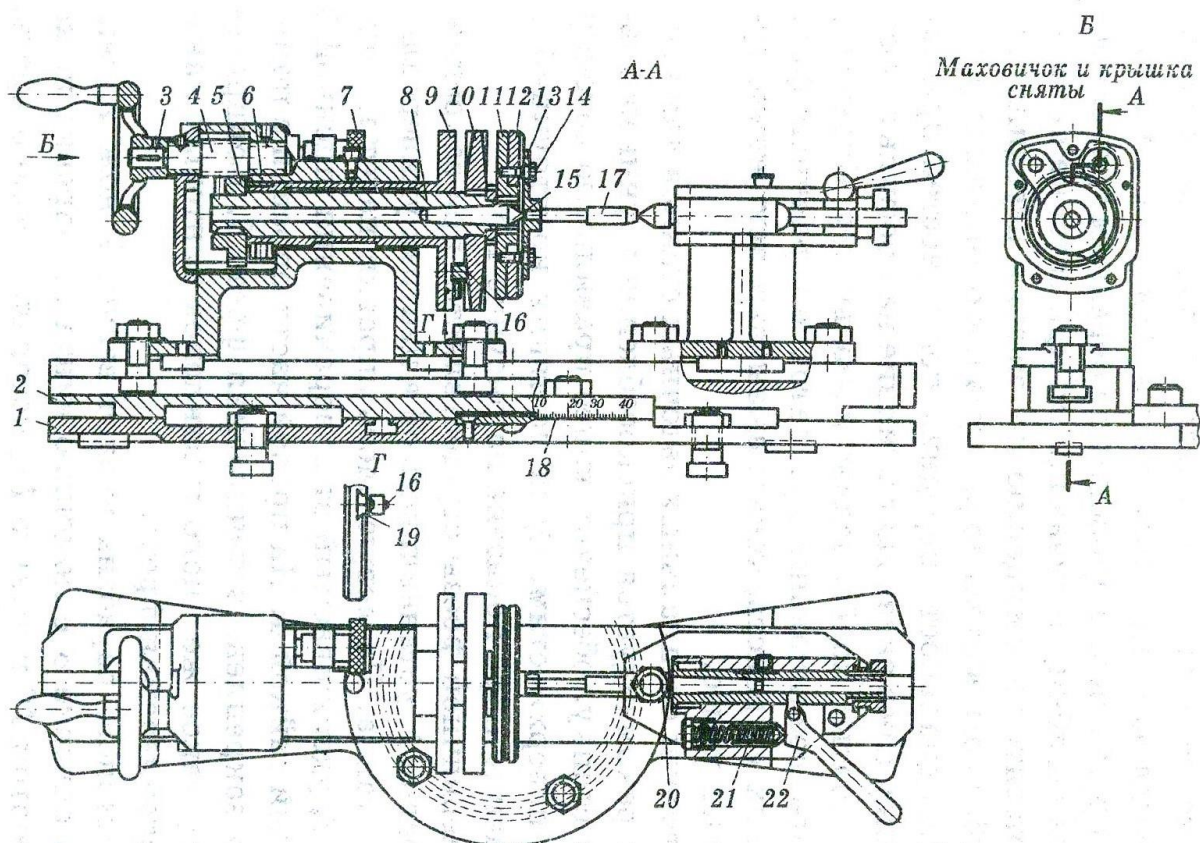


Рис. 6.40. Приспособление для затылования задних поверхностей режущей части метчиков

Нижняя плита 1 крепится на столе станка. Передний центр 15 вставлен в коническое отверстие шпинделя 8, вращающегося во втулке 9. Передний конец втулки имеет форму диска, в пазу которого устанавливается на требуемую величину затылования планка 19 с упорным шариком 16. Шарик упирается в кулачок 10 с веерообразными архимедовыми спиралями, число которых равно числу стружечных канавок метчика. Установка упорного шарика с планкой на размер 1 производится по шкале, нанесённой на диске, в зависимости от требуемого заднего угла  $\alpha$  на режущей части метчика. Величина затылования в радиальном сечении режущей части метчика  $K = s \cdot tg \varphi$ , где  $s$  - величина возвратно-поступательного перемещения метчика вдоль оси;  $\varphi$  - угол режущей части метчика.

Кулачек 10 имеет на боковых сторонах разное число архимедовых спиралей. Если с одной стороны - три спирали, то с другой - четыре для метчиков с четырьмя канавками. Задние углы по длине режущей части метчика будут различными, они зависят от диаметра. Шлифование задних поверхностей у гаечных и других метчиков с большой длиной режущей части возможно производить с продольной подачей на круглошлифовальных станках. Шлифование этим методом улучшает качество метчиков, повышает стойкость их в работе.

Кулачок 10 закреплён на переднем конце шпинделя, на заднем конце шпинделя находится зубчатое колесо 5, сцепляющееся с колесом 4. При вращении маховика 3 производится вращение шпинделя и метчика при шлифовании задней поверхности на режущей части метчика. Осевое положение втулки 9 устанавливается и фиксируется винтом, перемещающим кольцо с рычагом 6 и вместе с ним и втулку.

Во время работы метчик, зажатый кулачками, должен занимать такое положение, чтобы осевое перемещение его не доходило до соприкосновения вершины режущей кромки с шлифовальным кругом. В противном случае на задней поверхности режущей части будет отрицательный угол и метчик с диском 12 необходимо будет повернуть относительно диска 11, пока метчик не займёт требуемого положения. После этого диск 12 закрепляется на диске 11 винтами 14. При шлифовании круг правится по цилиндру.

Конструкция задней бабки является аналогичной задним бабкам некоторых круглошлифовальных станков. Задний центр 20 под действием пружин 21 прижимает метчик к переднему центру. Рукоятка 22 служит для вывода заднего центра из центрального отверстия метчика.

### 6.6. Заточивание ступенчатых свёрл

При заточке ступенчатых свёрл ряд операций выполняют вручную или на универсально-заточных станках с помощью ручных специальных приспособлений. Для качественного выполнения заточивания задних поверхностей таких свёрл необходимо, чтобы диаметр заточенной задней поверхности был не более диаметра  $d_2 > d$ , где  $d$  - диаметр малой ступени сверла (рис. 6.41).

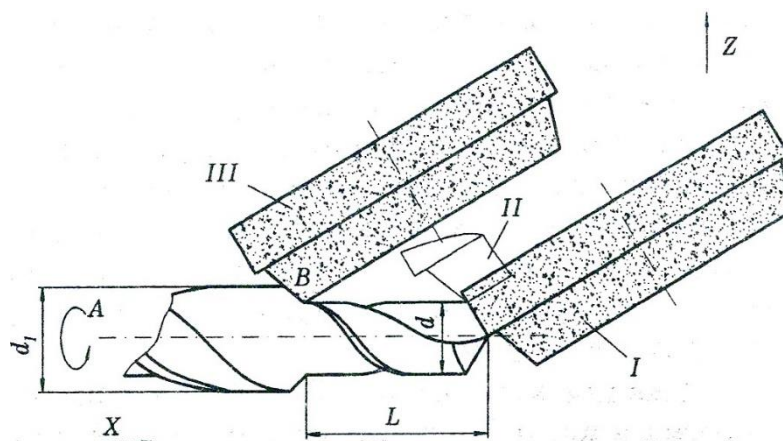


Рис. 7.41. Схема взаимного расположения сверла и шлифовального круга

При невыполнении этого требования ленточка малой ступени сверла часто повреждается, так как заточка осуществляется при вращении сверла и его затыловочном перемещении относительно шлифовального круга параллельно своей оси или

перпендикулярно к затылуемой поверхности. При этом иногда в месте перехода от малой ступени к большой образуется канавка. Процесс затачивания упрощается, однако эксплуатационные качества сверла ухудшаются из-за ослабления его поперечного сечения, ухудшения отвода стружки и резкого сокращения допустимого числа переточек.

На существующих конструкциях свёрл есть возможность затачивания малой ступени сверла до диаметра  $d_2 > d$  на станке с ЧПУ без повреждения ленточки. Для этого разработан алгоритм расчёта максимально возможной разности диаметров  $2d = d - d_2$ , исходя из геометрических параметров затачиваемого сверла.

В соответствии с рис. 6.42 могут быть определены значения  $\delta$  (центрального угла между следом плоскости, в которой расположены оси сверла и шлифовального круга, и ближайшей к этому следу точкой ленточки в рассматриваемом поперечном сечении сверла).

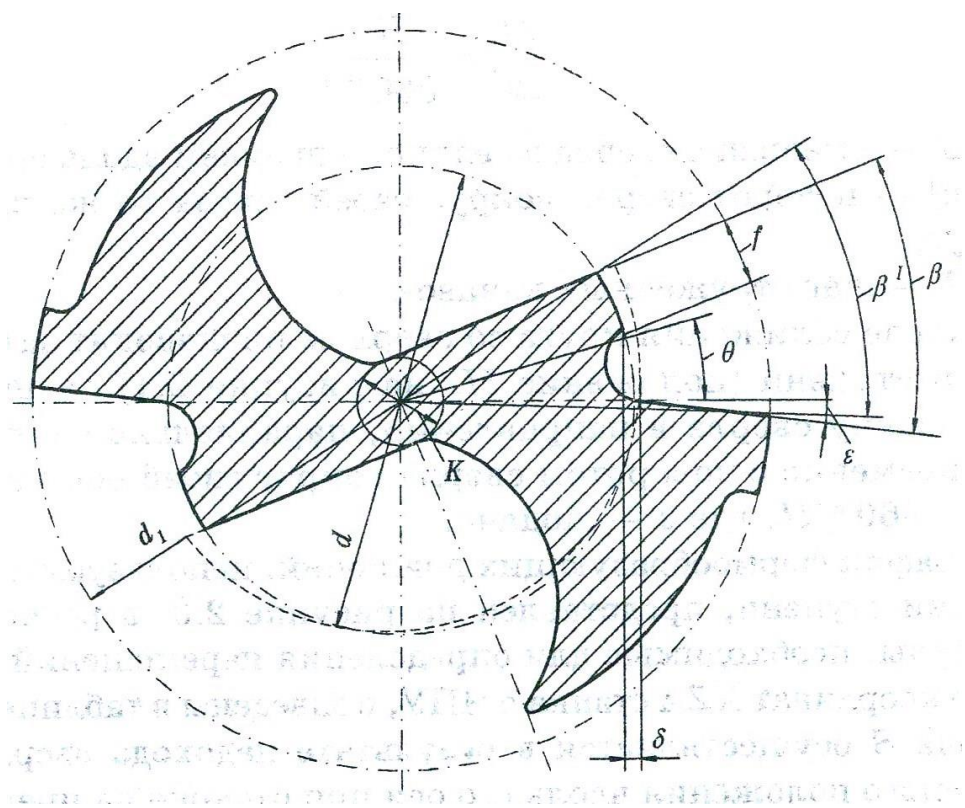


Рис. 6.42. Поперечное сечение затачиваемого сверла. Указаны следующие размеры:  $d$  - диаметр малой ступени сверла;  $d1$  - диаметр большой ступени;  $f$  - ширина ленточки;

$K$  - диаметр сердцевины;  $\beta$  - угол между перьями ступеней сверла;  $\beta' = \beta + \varepsilon$  -

центральный угол между этими перьями;  $\varepsilon = \arcsin \left( \frac{K}{d} \right) - \arcsin \left( \frac{K}{d_1} \right) = 2 - 3^\circ$  -

угол, определяющий исходное положение сверла при заточке ступени и обеспечивающий начало формообразующих движений до возникновения контакта между сверлом и кругом.



Для упрощения ввода информации в режиме диалога в УЧПУ заточного станка после анализа геометрии свёрл для расчёта формообразующих движений затачивания ступени принимают постоянный угол  $\theta = 11^\circ$ , что при  $d = 5-25$  мм позволяет затачивать малую ступень до диаметра  $d_2 = d - (0,05 - 0,25)$  мм без повреждения ленточки.

Для реализации этой идеи разработан способ затачивания малой ступени путём осевого затылования с введением возвратно-поступательного движения круга относительно сверла в направлении, перпендикулярном к оси последнего, при переходе от одного пера ступени к другому. Траектория движения ближайшей к оси сверла точки  $B$  (см. рис. 6.41) шлифовального круга в поперечном сечении сверла показана на рис. 6.42 (см. штрихпунктирную линию).

Указанный способ реализован на заточных станках-полуавтоматах с ЧПУ, аналогичных по компоновке серийно выпускаемым универсально-заточным станкам моделей ЗМ642 и ЗЕ642, и позволяет увеличить число допускаемых переточек свёрл в среднем в 1,6 раза (например, от 11 до 2 для свёрл с  $d = 5$  мм, от 18 до 26 для свёрл с  $d = 12$  мм, от 25 до 41 для свёрл с  $d = 25$  мм и т.д.).

Особенно эффективно применение заточных станков с ЧПУ при заточке ступенчатых свёрл, когда необходимо выдержать длину  $L$  малой ступени (см. рис. 6.41) с точностью 0,05-0,08 мм. При использовании фасонного круга или набора из двух кругов возможно за одну установку круга и сверла произвести заточку вершины и ступени с разными углами при вершине.

Винтовая заточка вершины сверла производится ступенью круга большего диаметра (положение I на рис. 6.41). Затем круг перемещают в направлении, перпендикулярном к оси сверла, на расстояние, определяемое как разность между исходными положениями круга при заточке вершины и ступени сверла. После этого производят одновременно поворот сверла вокруг своей оси и его плоскопараллельное перемещение до совмещения линии пересечения торца меньшей ступени круга с его периферией и точки пересечения главной и вспомогательной режущих кромок вершины сверла (положение II на рис. 6.41). Затем осуществляют одновременно два движения: перемещение круга вдоль оси сверла и поворот последнего вокруг его оси так, чтобы выдерживалось соотношение

$$\frac{\Delta L}{\Delta \theta} = \frac{H}{360^\circ}, \quad (6.28)$$

где  $\Delta L$  - смещение сверла за единицу времени вдоль его оси;

$\Delta \theta$  - поворот сверла вокруг своей оси за то же время, градус;

$H$  - шаг стружечных канавок.

После сближения круга со сверлом производят заточку малой ступени (положение III на рис. 6.41) осуществляя подачу сверла в направлении, параллельном его оси, одновременно с поворотом сверла вокруг своей оси на угол  $\gamma = s \cdot 360^\circ / H$ , где  $s$  — подача.

График формообразующих движений, используемых для затачивания ступени, представлен на рис. 6.43, а расчётные формулы, необходимые для определения перемещений в системе координат XZA станка с ЧПУ, приведены в табл. 6. Подача  $S$  осуществляется в результате недохода сверла до исходного положения вдоль его оси при отскоке на предыдущем обороте.

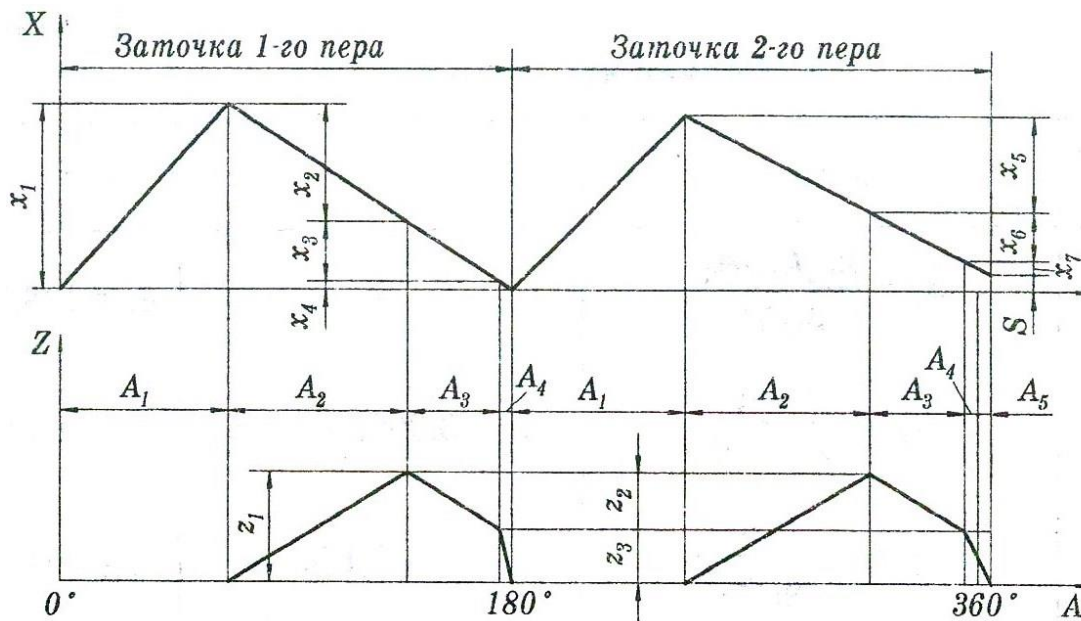


Рис. 6.43. График формообразующих движений при заточке малой ступени сверла

Производительность затачивания удалось значительно повысить благодаря автоматическому определению величины снимаемого припуска при обработке заданного размера  $L$ . При слишком большом припуске оператор имеет возможность изменить заданную первоначальную длину ступени и тем самым уменьшить припуск.

Определение припуска производится при наладке полуавтомата с ЧПУ на заточку партии свёрл. При безопасном сближении (без контакта) вершины сверла с большей ступенью круга оператор включает вращение круга и движения формообразования, необходимые для затачивания вершины. Далее осуществляется медленный подвод сверла к кругу по координате  $X$ .

После соприкосновения сверла и круга их относительное расположение по команде оператора фиксируется УЧПУ.

Затем, как было указано выше, осуществляется сближение меньшей ступени круга и ступени сверла (положение II на рис. 6.41). При их безопасном сближении оператор

включает движения формообразования, необходимые для затачивания ступени. Одновременно оператор производит медленный подвод сверла к кругу по координате X; при этом перемещение сверла по координате X связано с его поворотом вокруг своей оси зависимостью (6.28).

После соприкосновения ступени с кругом их относительное расположение по команде оператора фиксируется УЧПУ. По разности зафиксированных исходных положений сверла и круга для затачивания вершины и ступени сверла, а также исходя из геометрических параметров ступеней круга, длины ступени сверла и значений минимального припуска, подлежащего съёму с вершины и ступени сверла, в УЧПУ рассчитывается величина припуска на ступени или дополнительного припуска на вершине сверла (табл. 6.6).

#### 6.6. Расчетные формулы

Номер пера	x, мм	z, мм	A, град
1	$x_1 = \frac{\pi d_1 \operatorname{tg} \alpha A_1}{360^\circ}$ $x_2 = \frac{x_1 A_2}{A_2 + \beta}$ $x_3 = -\frac{x_1 A_3}{A_2 + \beta}$ $x_4 = -x_1 - x_2 - x_3$	$z_1 = 0,0095d + 0,2$ $z_2 = 0,15d$ $z_3 = -(0,0095d + 0,05)$	$A_1 = 108,5^\circ - \beta$ $A_2 = 1,5^\circ$ $A_3 = \beta - 11^\circ$ $A_4 = 11^\circ$
2	$x_5 = -\frac{x_1}{(x_1 - s)A_2}$ $x_6 = -\frac{(x_1 - s)A_3}{A_2 + \beta + A_5}$ $x_7 = -\frac{(x_1 - s)(A_4 + A_5)}{A_2 + \beta + A_5}$	$z_1$ $z_2$ $z_3$	$A_1$ $A_2$ $A_3$ $A_4 + A_5 = 11^\circ + (s/H) \cdot 360^\circ$
Примечания. Перемещения по координатам X, Z, A – см рис. .43; $\alpha$ - задний угол затачиваемой ступени; $\beta$ - угол между перьями ступеней (см. рис. 6.42)			

Погрешность длины L ступени существенно зависит от соответствия вводимых в УЧПУ геометрических параметров шлифовального круга фактическим их значениям, что необходимо учитывать при наладке станка на заточку. Величина погрешности может быть уменьшена внесением коррекции в геометрические параметры, вводимые в УЧПУ.

Заточные станки с ЧПУ могут найти широкое применение также на операции шлифования ленточки малой ступени сверла и других операциях его изготовления.

## 6.7. Заточивание дисковых фрез по радиусу

Заточка двух- и трёхсторонних дисковых фрез по радиусу представляет определённые трудности. При этом должны обеспечиваться необходимые задние углы  $\alpha$  и  $\alpha_1$  по периферийной и торцевой поверхностям фрезы и радиус  $R$  режущей кромки ножа с углом  $\lambda$  наклона и передним углом  $\gamma$ , которые в зависимости от обрабатываемого материала могут иметь отрицательное или положительное значения (но не равны нулю).

Заточку целесообразно производить методом обкатки непрофилированными шлифовальными кругами, например чашечными. Чтобы образующая задних поверхностей ножа в процессе качания фрезы (или круга) находилась в плоскости торца круга, ось качания фрезы при заточке двугранного угла ножа с различными величинами  $\alpha$  и  $\alpha_1$  должна быть параллельна обоим задним поверхностям и находиться в биссекторной плоскости угла.

Окружность радиуса  $R$ , которая описывает проекцию режущей кромки на плоскость  $\Pi$  (рис. 6.44, а) в рабочем положении фрезы и копируется на обработанной детали, искажается при установке фрезы в положение заточивания (рис. 6.44, б).

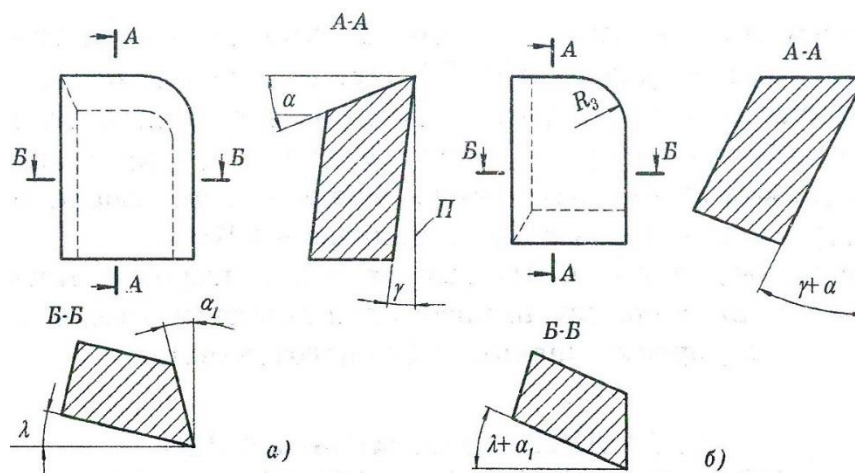


Рис. 7.44 Схема положений ножа фрезы в пространстве:

а - рабочее положение; б - положение при заточке

Основные геометрические зависимости, определяющие форму режущей радиусной кромки в обоих положениях фрезы, могут быть найдены с помощью схемы на рис. 6.45, а, где представлен цилиндр  $CDEF$ , радиус основания которого равен радиусу  $R_3$  заточивания, образующая  $EF$  цилиндра соответствует задней поверхности, а плоскость её - передней поверхности ножа в положении заточивания.

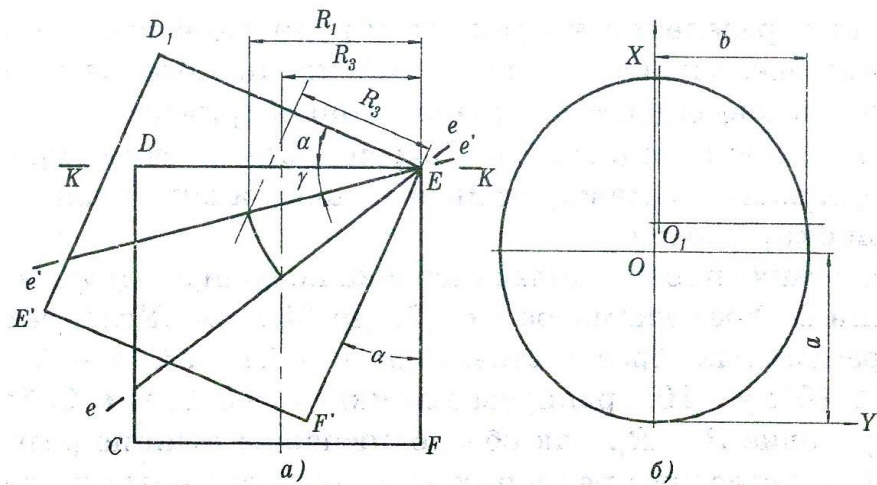


Рис. 6.45. Расчётная схема для определения формы затачивания

При повороте цилиндра на углы  $\alpha$  и  $\alpha_1$ , относительно точки  $E$  задняя поверхность ножа устанавливается в рабочее положение. Проекция  $e'-e'$  на плоскость  $KK$  является эллипсом (рис. 6.45, б), полуоси которого равны:

$$b = \frac{R_3 \cos \lambda}{\cos(\lambda + \alpha_1)}; \quad a = \frac{R_3 \cos \gamma}{\cos(\gamma + \alpha_1)}. \quad (6.29)$$

Этот эллипс представляет собой проекцию затаченной режущей кромки на основную плоскость. Уравнение эллипса в виде

$$x = \pm a \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}} \quad (6.30)$$

используется для расчёта отклонения контура эллипса от контура окружности радиуса  $R$ . Значения  $R$  могут приниматься за радиус затачивания, т.е.  $R = R_3$ .

Чтобы определить погрешность формы режущей кромки двугранного угла ножа после затачивания, необходимо контур окружности наложить на контур эллипса, т.е. окружность провести из центра  $O$ , смещённого относительно центра  $O_1$  системы координат  $X$  и  $Y$ .

Если контуры окружности (штриховая линия) и эллипса совмещены в средней части дуги, то погрешности по обеим осям весьма незначительны. В этом случае дуга окружности почти совпадает с дугой эллипса. Экспериментальная проверка рассмотренного метода затачивания дисковых фрез по радиусу проведена на опытном радиусно-заточном станке, бабка изделия которого позволяет поворачивать фрезу на углы  $\alpha$  и  $\alpha_1$ .

Станок снабжён оптическим проектором типа ИЗП-25 со сменным объективом (максимальное увеличение  $\times 50$ ) для определения центра качания затачиваемой фрезы и контроля радиусов затачивания ножей. Контроль совмещения геометрической оси качания фрезы с осью поворота крестового стола станка производится путём проектирования ножа

на экран проектора таким образом, чтобы его режущие кромки располагались на расстоянии, равном радиусу затачивания от центра размерной сетки, нанесённой на экран.

Для определения погрешности радиусной кромки после затачивания фрезу поворачивают в рабочее положение и проекцию ножа совмещают на экране с концентрическими окружностями заданного радиуса. Погрешность затачивания определяется как разность между кривой затачивания и дугой концентрической окружности.

Известные аналитические методы, позволяющие определять параметры процесса формообразования винтовых поверхностей, хотя и обеспечивают высокую точность расчёта, но сложны и громоздки. Поэтому их трудно использовать при наладке станка в цеховых условиях для затачивания многолезвийных инструментов с винтовыми стружечными канавками, например концевых фрез.

Создан простой и достаточно точный метод определения параметров наладки заточного станка для затачивания по передней поверхности зубьев цилиндрических концевых фрез с винтовыми стружечными канавками с помощью стандартных тарельчатых кругов. Разработан алгоритм, моделирующий процесс формообразования передней поверхности винтового зуба фрезы в соответствии с расчётной схемой (рис. 6.46).

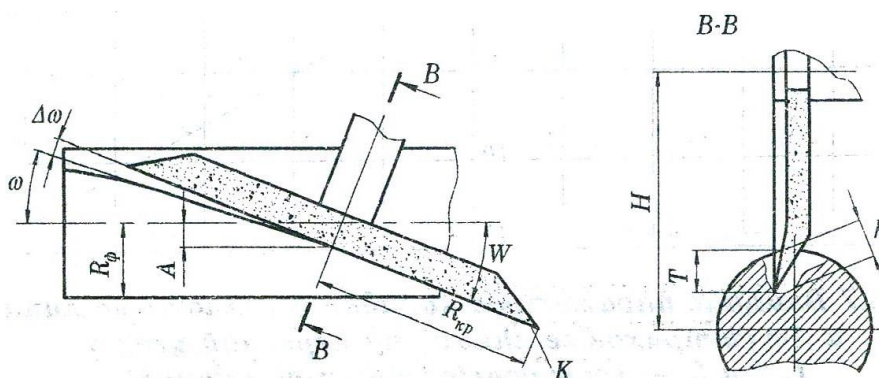


Рис. 6.46. Расчётная схема формообразования передней поверхности винтового зуба фрезы. Обозначены:  $R\phi$  - радиус затачиваемой фрезы;  $\omega$  - угол наклона стружечной канавки на наружном диаметре фрезы;  $W$  - угол установки рабочего торца круга;  $\Delta\omega = W - \omega$ ;  $R_{KP}$  - радиус круга;  $H$  - расстояние по вертикали между осями фрезы и круга;  $A$  - смещение проекции центра рабочего торца круга относительно оси фрезы.

Высота  $h$  зуба фрезы зависит от параметров  $T = R_{KP} + R_{\phi} - H$ ,  $A$  и  $\omega$ , однако при  $A < 0,2R_{\phi}$  можно в первом приближении считать, что  $h \approx T$ . Для удобства и большей общности результатов моделирования введены безразмерные параметры: относительный радиус круга  $r = R_{KP}/R_{\phi}$ , относительная высота зуба  $t = T/R_{\phi}$ , относительное смещение  $a = A/R_{\phi}$ .

Алгоритм затачивания торцевой кромкой  $K$  круга состоит из последовательности математических моделей:

- 1) определение исходных координат «активных» точек рабочей кромки круга;
- 2) движение «активных» точек с заданным шагом (или углом  $\omega$ ) по винтовым траекториям, оси которых совпадают с осью фрезы;
- 3) расчёт координат точек пересечения винтовых траекторий с нормальной плоскостью;
- 4) расчёт параметров профиля передней поверхности.

Программа позволяет при заданных исходных параметрах затачиваемой фрезы ( $\omega f$ ), круга ( $r$ ) и наладки ( $\Delta\omega$  и  $a$ ) не только определять параметры профиля передней поверхности в нормальном сечении (передний угол  $\gamma$ , относительный радиус  $r_c$ , округления дна стружечной канавки (он равен отношению абсолютного значения радиуса скругления к  $R_\phi$ ); коэффициент непрямолинейности рабочей части профиля), но и воспроизводить профиль на дисплее компьютера.

Некоторые результаты анализа влияния исходных параметров наладки на передний угол  $\gamma$  показаны на рис. 6.47, где кривые 1, 2 и 3 соответствуют нижнему, среднему и верхнему уровням остальных исходных параметров ( $\omega = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ ;  $t = 0,2, 0,35, 0,5$ ;  $r = 2$ ; 4; 6,  $a = -0,19; 0, 0,11, \Delta\omega = 0^\circ; 5^\circ; 11,4^\circ$ ).

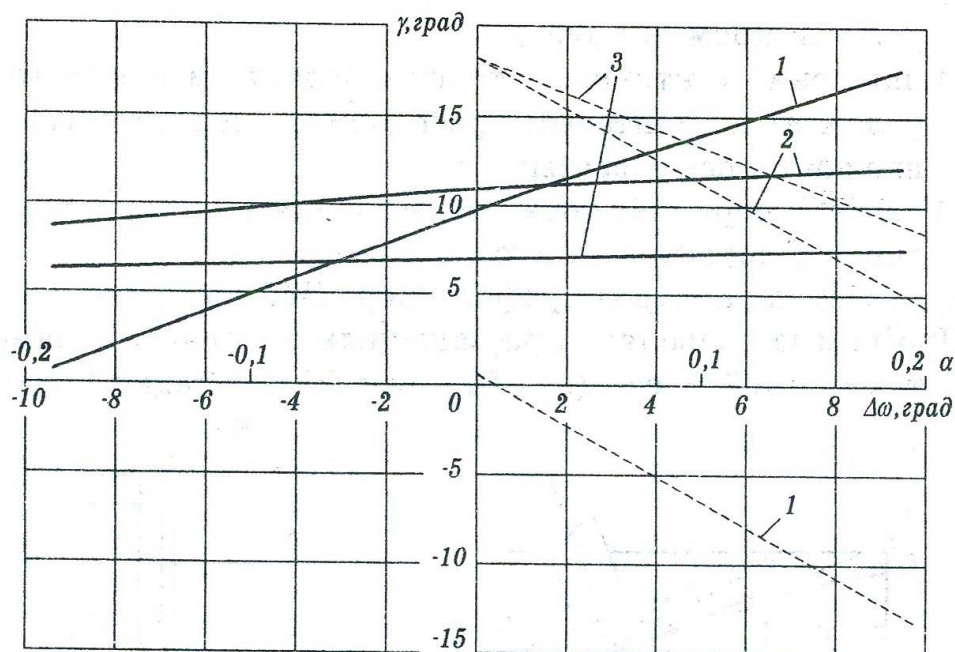


Рис. 6.47. Влияние параметров наладки  $a$  (сплошные линии) и  $\Delta\omega$  (штриховые линии) на передний угол  $\gamma$  1, 2 и 3 - соответственно при нижнем, среднем и верхнем уровнях значений остальных исходных параметров

Из графиков видно, что при увеличении  $a$  и уменьшении  $\Delta\omega$  угол  $\gamma$  возрастает, но степень влияния  $a$  значительно снижается при среднем и верхнем уровнях остальных параметров. Следовательно, при заточке фрезы с  $\omega < 15^\circ$  целесообразно обеспечивать заданное значение  $\gamma$  путём смещения  $a$  круга, а при  $\omega > 15^\circ$  более эффективно изменение угла  $\Delta\omega$ . При отрицательных значениях  $\Delta\omega$ , которые могут понадобиться, чтобы наладка обеспечивала значения  $\gamma > 10^\circ$  при нижнем уровне остальных параметров, возможно подрезание режущей кромки зуба фрезы, поэтому использовать такие значения  $\Delta\omega$  при наладке нежелательно.

Кроме того, установлено следующее: увеличение  $t$  при прочих равных условиях приводит к возрастанию  $\gamma$ . Характер влияния параметров  $\omega$  и  $r$  на угол  $\gamma$  изменяется в зависимости от уровня остальных параметров. Так, если при нижнем уровне остальных параметров увеличение  $\omega$  и  $r$  ведёт к возрастанию  $\gamma$ , то при верхнем уровне картина обратная. Значение  $r_c$  зависит от сочетания уровней всех параметров. Каждый из них в отдельности, кроме  $\Delta\omega$  и  $t$ , влияет на  $r_c$  слабо. Увеличение  $\Delta\omega$  и  $t$  ведёт к росту  $r_c$ , но заметное влияние параметр  $t$  оказывает только при среднем и верхнем уровнях остальных.

Анализ большого числа результатов расчёта значений  $\gamma$  при разных сочетаниях уровней параметров наладки и затачиваемой фрезы позволили аппроксимировать зависимость  $\gamma = f(r, a, \Delta\omega)$  следующей моделью:

$$\gamma = (M_1 - M_2\Delta\omega) + a(M_3 - M_4\Delta\omega) / \cos(\omega + \Delta\omega), \quad (6.31)$$

где  $M_i = m_{0i} + m_{1i}r + m_{2i}r^2; i = 1; 2; 3; 4;$

углы  $\Delta\omega, \omega$  и  $\gamma$  - в градусах.

Значения  $m_{ji}$  ( $j = 0; 1; 2$ ) для разных сочетаний значений  $t$  и  $\omega$ , соответствующих размерам концевых фрез по ГОСТ 17025-71, представлены в табл. 6.7. Сопоставление расчётов, выполненных по модели (6.31) с другим методом, показало, что в рассматриваемом интервале значений параметров разница значений  $\gamma$  не превышает 1.

#### 6.7. Значения $m_{ji}$

$\omega$ , в град	$t$	$m_{01}$	$m_{11}$	$m_{21}$	$m_{02}$	$m_{12}$	$m_{22}$
30	0,45	18,85	0,94	-0,063	0,48	0,204	-0,0113
30	0,30	14,55	0,3	-0,052	0,822	0,199	-0,0108
35	0,45	19,25	0,46	-0,034	0,621	0,153	-0,008
35	0,30	15,06	0,36	-0,029	0,86	0,155	-0,0086
35	0,52	21,08	0,50	-0,040	0,526	0,154	-0,0089
40	0,45	18,4	0,15	-0,01	0,668	0,129	-0,0081
40	0,52	20,68	0,14	-0,01	0,623	0,114	-0,006
45	0,45	16,56	0,61	-0,052	0,05	0,095	-0,005
45	0,52	19,48	-0,0	-0,003	0,65	0,088	-0,0052



$\omega$ , в град	$m_{03}$	$m_{13}$	$m_{23}$	$m_{04}$	$m_{14}$	$m_{24}$
30	30,08	-5,1	0,286	1,412	-0,216	0,0106
30	2,6	-4,66	0,252	1,35	-0,22	0,0120
35	22,12	-4,02	0,229	1,119	-0,19	0,010
35	22,00	-3,90	0,218	0,98	-0,19	0,0085
35	23,03	-4,21	0,241	1,154	-0,198	0,0104
40	15,81	-2,92	0,12	0,858	-0,166	0,0096
40	16,56	-3,10	0,183	0,89	-0,13	0,0100
45	-2,83	1,99	-0,160	0,509	-0,091	0,0005
45	11,52	-2,15	0,126	0,649	-0,129	0,008

Однако на практике необходимо решать обратную задачу, т.е. определять, какими должны быть значения параметров наладки для получения заднего угла  $\gamma$ . Она может быть решена с помощью модели (6.31) после её несложного преобразования.

$$a = (\gamma - M_1 + M_2\Delta\omega) \cos(\omega + \Delta\omega) / (M_3 - M_4\Delta\omega). \quad (6.32)$$

Значение  $\Delta\omega$  выбирают в соответствии с рис. 6.47 и шириной стружечной канавки фрезы. Но как показал анализ, для наиболее распространённых концевых фрез с  $\gamma = 15^\circ$  определение параметров наладки заточного станка можно существенно упростить. Графики связи параметров  $a$  и  $\Delta\omega$  наладки для разных значений  $r$  и типовых уровней  $\omega$  и  $t$ , построенные в соответствии с моделью (6.32) показали (рис. 6.48), что для каждого сочетания уровней  $\omega$  и  $t$  существует такое сочетание значений  $a$  и  $\Delta\omega$ , при котором изменение  $r$  не оказывает влияния на угол  $\gamma$ . Это оптимальное сочетание значений  $a$  и  $\Delta\omega$  соответствует точке (области) пересечения кривых (рис. 6.48) для разных значений  $r$ . При такой наладке даже в случае изменения  $r$  в результате износа и правки круга не требуется менять установленные значения  $a$  или (и)  $\Delta\omega$ .

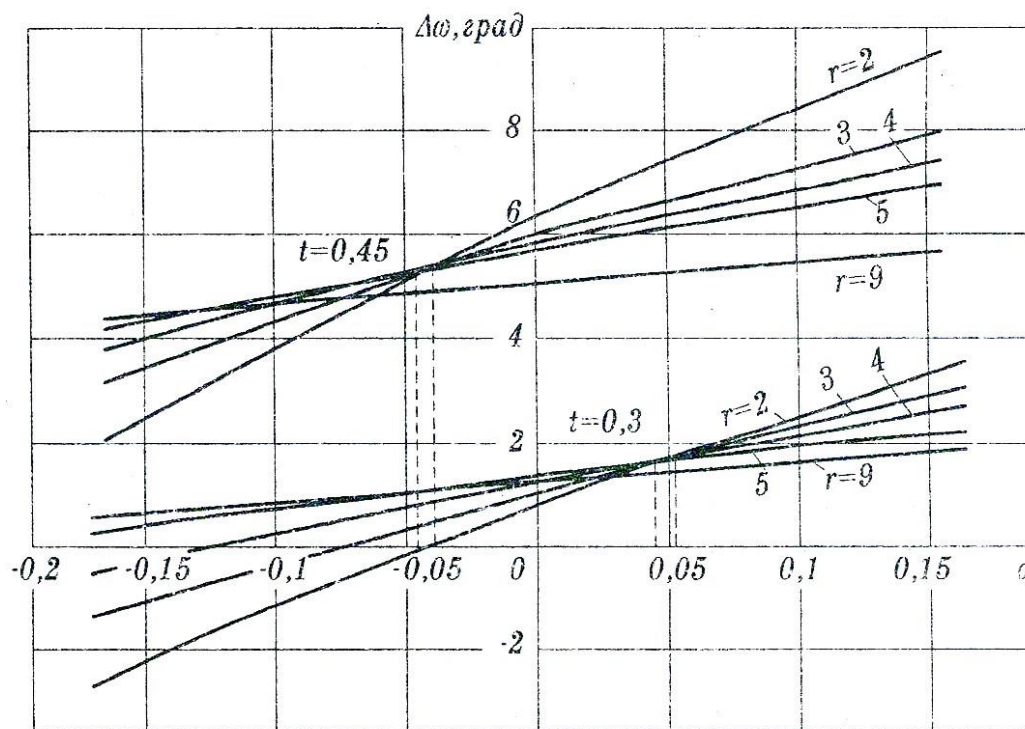


Рис. 6.48 Влияние относительного радиуса  $r$  круга на характер связи параметров  $a$  и  $\Delta\omega$  наладки при  $\gamma = 15^\circ$ ,  $\omega = 30^\circ$

Оптимальные сочетания  $a$  и  $\Delta\omega$  для разных значений  $t$  и  $\omega$  определяют с помощью ЭВМ. Результаты расчётов могут аппроксимированы математическими моделями (последние здесь не приводятся ввиду громоздкости). На основании расчетов построена номограмма (рис. 6.49).

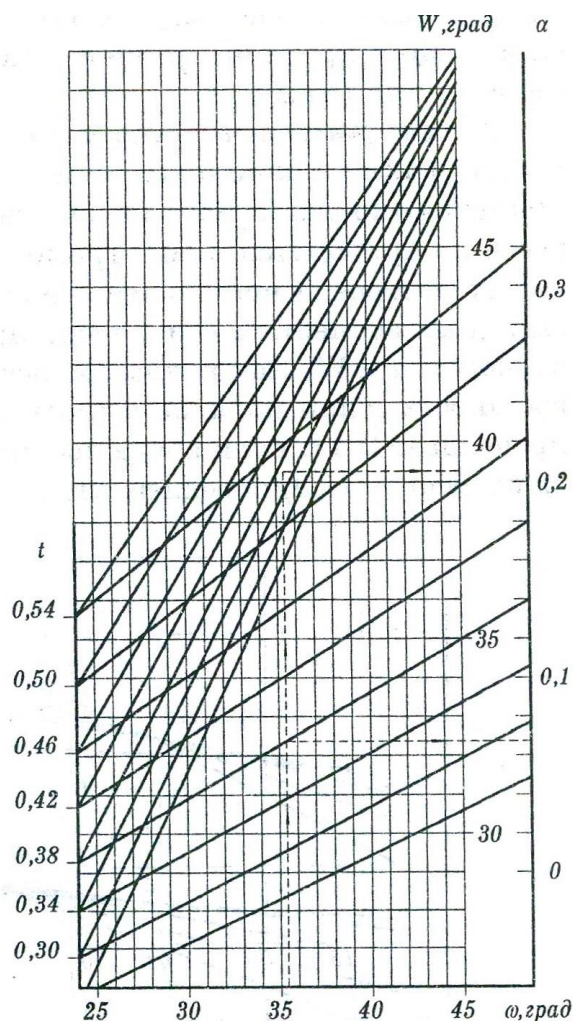


Рис. 6.49 Номограмма для выбора параметров наладки для затачивания концевых фрез с  $\gamma = 15^\circ$

С её помощью при заданных значениях  $\omega$  и  $t$  очень просто найти оптимальные значения  $\alpha$  и  $\Delta\omega$ . Как показали расчёты и эксперименты, погрешность  $\gamma$  при наладке в соответствии с номограммой не превышает  $\pm 1^\circ$ . Если после пробной затачивания обнаруживается погрешность  $\Delta\gamma$  переднего угла, то необходимо изменить  $\omega$  на величину  $\Delta\omega = -0,88 \Delta\gamma$ . При малом угле наклона стружечных канавок ( $\omega < 15^\circ$ ) наладку можно скорректировать, изменив значение  $\alpha$  на величину  $\Delta\alpha = 0,02 \Delta\gamma$ . (В приведённых формулах  $\Delta\gamma$  - в градусах).

При заточке кромкой круга стойкость его мала. Для повышения стойкости круг обычно профилируют, т.е. кромку круга скругляют радиусом  $r_1$  так, что рабочая поверхность становится тороидальной. При заточке таким кругом, как показали эксперименты и моделирование на ЭВМ, угол  $\gamma$  уменьшается, а радиус  $r_c$  увеличивается по сравнению с получаемыми при заточке кромкой, причём тем больше, чем больше  $r_1$ . Если

$r_1 < 0,6 r_t$ , то можно использовать номограмму (рис. 6.49), при этом вместо  $t$  по соответствующей оси откладывают значение  $(t - r_1)$ .

Проверка метода выбора параметров наладки с помощью номограммы без их коррекции после пробной затачивания показала, что отклонение переднего угла концевых фрез от заданных значений не превышает после затачивания  $2^\circ$ . Это позволяет рекомендовать номограмму и приведённые корректирующие выражения для практического использования в инструментальном обеспечении.

### **6.8. Алмазно-электроэрозионное затачивание фрез**

Фрезы, оснащённые напайными твердосплавными режущими пластинами, затачивают в основном путём абразивного шлифования с последующей алмазной доводкой режущей поверхности. Такая технология имеет существенные недостатки: большой расход шлифовальных кругов; неудовлетворительное качество поверхности (наличие прижогов и микротрещин), а также недостаточная точность фрез.

Алмазно-электрохимическая заточка торцовых твердосплавных фрез не получила широкого распространения из-за эксплуатационной и конструктивной сложности используемых для этой цели станков, что обусловлено, главным образом, применением коррозионно-активных рабочих сред.

Разработан алмазно-электроэрозионный метод шлифования, при котором процесс микрорезания совмещён с электроэрозионной правкой кругов, проводимой непосредственно в рабочей зоне или вне её (в зоне автономного правящего электрода).

При использовании алмазно-электроэрозионной затачивания (АЭЭЗ) производительность повышается (по сравнению с абразивной заточкой на том же станке) на 40-45 %; появляется возможность совмещать на одном станке чёрновую и чистовую заточку, а также доводку; на обработанной поверхности отсутствуют трещины, прижоги и сколы; стабилизируются режущие свойства шлифовального круга до полного его износа и, как следствие — обеспечивается стабильность качества заточенных фрез, при использовании кругов на связках М1-01 и М2-01, с алмазами марок АС6 или АС15 зернистостью 200/160, 160/125, 125/100.

Однако при одинаковых условиях затачивания износ кругов на связке М1-01 в 1,5-2 раза выше, чем на связке М2-01. При выборе зернистости алмазов следует учитывать требования не только к шероховатости поверхности затачиваемых фрез, но также к производительности и удельному износу кругов.

Перед работой шлифовальный круг (в сборе с планшайбой) должен быть статически отбалансирован, а затем подвергнут электроэрозионной черновой правке для обеспечения

малого биения рабочей поверхности (не более 20-30 мкм) и вскрытия режущих зёрен. Такую правку осуществляют при напряжении, превышающем рабочее напряжение на 2-5 В. В качестве правящего инструмента используют заготовку фрезы или специальный стальной электрод (деталь, имитирующую фрезу, но без твердосплавных элементов).

После черновой правки проводят повторную балансировку круга и чистовую электроэрозионную правку при рабочем напряжении. По завершении чистовой правки биение рабочей поверхности круга не должно превышать 10-15 мкм; она должна иметь равномерную структуру с ясно различимыми алмазными зёрнами. Как черновая, так и чистовая правка проводятся при чередовании подачи на врезание с выхаживанием до исчезновения видимого искрения.

В табл. 6.8 приведены параметры типовых режимов черновой (в числителе дробей) и чистовой (в знаменателе дробей) правки алмазного и эльборового шлифовальных кругов.

#### 6.8. Параметры правки

Характеристики алмазного круга	12А2-45 200×6×20×3 АС6 200/160 М2-01, 100%	12А2-45 200×40×32×16×3 ЛКВ 125/100 М2-01, 100%
Напряжение, В	(48-50)/(42-44)	(40-42)/(35-36)
Продольная подача, мм/дв. ход	(3...5)/(3...5)	
Подача врезания, м/мин	0,3/0,0	

При правке кругов с зернистостью на разряд больше (меньше), чем зернистость, указанная выше, напряжение должно быть повышено (понижено) на 2-3 В. Например, для алмазных кругов с зернистостью 125/100 рекомендуется  $U = 44 \div 46$  В при черновой правке и 38-40 В при чистовой.

При АЭЭЗ в качестве рабочей жидкости применяют обычные СОЖ на водной основе, использование масляных эмульсий нежелательно. Расход СОЖ составляет 2-3 л/мин на 1 см высоты круга.

При выборе технологического режима для АЭЭЗ торцовых фрез следует иметь в виду, что для каждого уровня режимов механической обработки существуют свои оптимальные электрические режимы; любое отклонение от этого соотношения вызывает увеличение удельного износа круга или сокращение периода его стойкости. Скорость резания должна поддерживаться на уровне  $v = 28 \div 30$  м/с, а продольная подача  $S_{пр} = 1 \div 5$  м/мин.

Подачу  $S_{пр}$  задают в зависимости от марки обрабатываемого материала, соотношения площадей поверхностей из твёрдого сплава и стали, а также от площади  $F$

затачиваемой поверхности. С ростом содержания кобальта в твёрдом сплаве подачу  $S_{пр}$  следует повышать, а с увеличением площади  $F$  - уменьшать.

В табл. 6.9 произведены рекомендуемые значения подачи  $S_{пр}$  и напряжения  $U$  в зависимости от марки обрабатываемого материала и площади  $F$  при использовании алмазного круга с производительностью 600 мм<sup>3</sup>/мин. При заточке фрез кругами с другими характеристиками необходимо руководствоваться следующими рекомендациями, при уменьшении зернистости на один разряд напряжение должно быть снижено на 1-2 В; при использовании кругов на связке М1-01 подача  $S_{пр}$  может быть повышена на 15-20 %, однако при этом возрастает удельный расход алмазов в 1,5-1,8 раза. При площадях  $F$ , отличающихся от приведённых в табл. .9, подачу  $S_{пр}$  следует увеличить (уменьшить) пропорционально уменьшению (увеличению) площади.

#### 6.9. Рекомендуемые значения параметров $S_{пр}$ и $U$

Марка обрабатываемого материала	Характеристика круга	Подача $S_{пр}$ мм/мин (в числителе дроби), и напряжение $U$ , В (в знаменателе дроби), при площади $F$ , мм <sup>2</sup>					
		100	200	300	400	500	600
Твердый сплав ВК8	12А2-45 200×6×20×3 АС6 200/160 М2-01, 100%	$\frac{5,8}{38}$	$\frac{2,8 - 3,0}{40}$	$\frac{1,5 - 2,0}{45}$	$\frac{1,3 - 1,5}{50}$	$\frac{1,0 - 1,5}{55}$	$\frac{0,8 - 1,0}{60}$
Твердый сплав Т15К6	То же	$\frac{6,0 - 6,5}{38}$	$\frac{3,0 - 3,5}{40}$	$\frac{2,0 - 2,5}{45}$	$\frac{1,5 - 1,8}{50}$	$\frac{1,0 - 1,2}{55}$	$\frac{0,8 - 1,0}{60}$
Сталь 45	То же	$\frac{6,0 - 7,0}{38}$	$\frac{3,0 - 3,5}{40}$	$\frac{2,0 - 2,5}{42}$	$\frac{1,5 - 2,8}{44}$	$\frac{1,2 - 1,4}{46}$	$\frac{1,0 - 1,2}{48}$
ВК8 + сталь 45*	То же	$\frac{6,0}{40}$	$\frac{3,0}{42}$	$\frac{2,0}{44}$	$\frac{1,5}{46}$	$\frac{1,2}{48}$	$\frac{1,0}{50}$
Сталь Р6М5	12А2-45 200×40×32×16×3 ЛКВ 125/100 М2-01, 100%	-	$\frac{4,2}{30}$	$\frac{2,0}{33}$	-	-	$\frac{1,0}{42}$
Сталь Р18	То же	-	$\frac{4,0}{32}$	$\frac{2,0}{35}$	-	-	$\frac{1,0}{45}$

\* Отношение площадей поверхностей из твердого сплава и стали составляет 1:3.

Если в процессе затачивания мощность на приводе шпинделя начинает расти (что свидетельствует о затуплении круга), следует осуществить правку по описанной выше схеме, после чего продолжить заточку, но повысив напряжение на 1-2 В.

При выборе режима затачивания торцовых фрез по главной задней поверхности алмазными кругами необходимо учитывать их наружный диаметр  $D$  (табл. 6.10):

#### 6.10. Параметры подач и напряжения

$D$ , мм	160-200	250-320	400-630
$S_{пр}$ , мм/мин.	0,8-1,0	0,5-0,	0,4-0,5
$U$ , В	40-44	42-46	44-48

При заточке торцовых фрез по вспомогательной задней поверхности рекомендуется  $S_{пр} = 2,54 \div 3$  мм/мин. для всех значений  $D$ .

Одним из наиболее сложных вопросов при заточке фрез является обеспечение следующих точностных параметров: торцовое биение не более 40 мкм; радиальное биение не более 25 мкм на двух смежных зубьях и не более 50 мкм на двух противоположных зубьях. Расчёты показывают, что такую точность можно получить без компенсации износа круга, например, для фрезы, оснащённой пластинами из твёрдого сплава ВК8 и имеющей диаметр  $D = 315$  мм и число зубьев 18, только при удельном расходе алмазов не более 5 мг/г.

Для снижения износа круга при заточке твердосплавного инструмента разработан вариант АЭЭЗ с электроэрозионной правкой круга в зоне автономного правящего электрода, позволяющий снизить удельный расход алмазного инструмента в 2-3 раза. Однако его применение на станках для затачивания фрез ограничено из-за конструктивных трудностей.

Для снижения износа алмазного круга в пределах цикла затачивания одной фрезы можно воспользоваться некоторыми технологическими приёмами. Например, можно осуществлять черновую заточку с электроэрозионным воздействием на круг при врезной подаче на каждый зуб фрезы, а числовую заточку - без электроэрозионного воздействия на круг (при выключенном источнике питания) при врезной подаче на каждый оборот фрезы, кроме того, снизить его рабочую поверхность оксидной плёнкой, хотя это несколько усложнит конструкцию станка.

Производственная эксплуатация заточных станков с ЧПУ показала, что при правильном выборе и соблюдении технологических режимов обеспечивается производительная и, главное, бездефектная заточка твердосплавных и быстрорежущих фрез с требуемой точностью.

## 7. Контроль качества изготовления режущего инструмента

### 7.1. Измерение шероховатости поверхностей режущих инструментов

Согласно ГОСТ 289-93 установлено 14 пределов изменения числовых значений параметров шероховатости при определённых длинах базовой линии, которые приведены в табл. 7.1.

#### 7.1. Параметры шероховатости поверхности

Среднее арифметическое отклонение профиля $Ra$ , мкм	Высота неровностей $Rz$ , мкм	Базовая длина, мм	
-	От 320 до 160	8	
-	От 160 до 80		
-	От 80 до 40		
-	От 40 до 20	2,5	
-	От 20 до 10		
От 2,5 до 1,25 От 1,25 до 0,63 От 0,63 до 0,32	- - -	0,8	
От 0,32 до 0,16 От 0,16 до 0,08 От 0,08 до 0,04	- - -		0,25
От 0,04 до 0,02 - -	- От 0,1 до 0,050 От 0,05 до 0,025		

Требования к шероховатости поверхностей на режущих инструментах различны в зависимости от назначения. Наиболее высокие требования предъявляются к поверхностям режущей части инструмента передней и задней поверхностям, режущему лезвию, направляющим ленточкам рабочей или калибрующей части, стружечным канавкам. Опыт использования режущего инструмента показывает, что для большинства инструментов шероховатость этих поверхностей должна быть не ниже  $Ra = 0,63-0,16$  мкм, а для некоторых инструментов - не ниже  $Ra = 0,16-0,08$  мкм.

Такие высокие требования к шероховатости поверхностей режущих инструментов связаны с тем, что чем меньше высота неровностей на рабочих поверхностях режущих инструментов, тем меньше величина радиуса округления режущих лезвий-линий перенесения рабочих поверхностей инструмента. А он, в свою очередь, играет важную роль при резании с тонкими стружками. Величина радиуса скругления у инструментов для чистовой обработки должна быть не более 10 мкм, что возможно обеспечить только при малой шероховатости поверхностей, образующих режущую кромку. Значения шероховатости поверхностей режущей части инструментов приведены в табл. 7.2.



Высокие требования предъявляются также к поверхностям, с помощью которых инструмент закрепляется на станках или в приспособлениях: хвостовикам, цилиндрическим и коническим отверстиям, опорным торцам и т.п. Шероховатость этих поверхностей также должна быть не ниже  $Ra = 0,32$  мкм.

## 7.2. Шероховатость поверхностей режущей части некоторых видов инструментов

Наименование инструмента	Поверхность	Среднее арифметическое отклонение профиля $Ra$ , мкм
Резцы токарные цельные или составные с пластинами из быстрорежущей стали	Передняя поверхность Задние поверхности на пластинке Задние поверхности на державке	0,2 0,2 1,6
Резцы токарные составные с пластинами из твёрдого сплава	Передняя поверхность Фаска на передней поверхности Задние поверхности на пластинке Задние поверхности на державке	0,8-0,2 0,2 0,2 1,6
Свёрла спиральные из быстрорежущей стали	Поверхность канавок Задние поверхности Поверхность ленточек	1,6-0,8 0,8-0,4 0,4
Свёрла спиральные составные с пластинами из твёрдого сплава	Передние поверхности Задние поверхности	0,2 0,2
Развёртки из быстрорежущей стали	Передние поверхности Задние поверхности	0,4-0,2 0,2-0,1
Развёртки, оснащённые пластинами твёрдого сплава	Передние поверхности Задние поверхности	0,2-0,1 0,1-0,05
Протяжки круглые	Передние поверхности Задние поверхности Спинка зуба Передняя и задняя направляющие части Поверхности хвостовика и шейки	0,4-0,2 0,2-0,1 0,8-0,4 0,4 1,6-0,8
Фрезы цилиндрические цельные и сборные с ножами из быстрорежущей стали	Передние поверхности Задние поверхности Спинка зуба Ленточка	0,2 0,2 1,6-0,8 0,2-0,1
Фрезы торцовые с ножами, оснащёнными твёрдым сплавом	Передние поверхности Задние поверхности	0,2-0,1 0,2-0,1
Метчики	Передние поверхности Задние поверхности Остальные поверхности	0,4 0,4 3,2-0,8
Круглые плашки	Передние поверхности Задние поверхности	0,8-0,4 0,8
Долбяки зуборезные	Передние поверхности Задние поверхности	0,2-0,1 0,2

Некоторые инструменты изготавливают сборными (фрезы, зенкеры, развёртки и др.). Поверхности, определяющие положение вставных ножей в корпусе инструмента, могут иметь более шероховатую поверхность ( $Ra = 2,5-0,63$  мкм) по сравнению с поверхностями режущей части инструмента, хотя к некоторым поверхностям, в зависимости от их конструкции и назначения, предъявляются высокие требования ( $Ra = 0,63-0,16$  мкм).

Наиболее низкие требования предъявляются к свободным поверхностям на инструменте, которые не находятся в непосредственном контакте с обрабатываемой заготовкой или установочными поверхностями.

Для измерения шероховатости применяют профилографы - профилометры (рис. 7.1), их характеристики приведены в табл. 7.3.

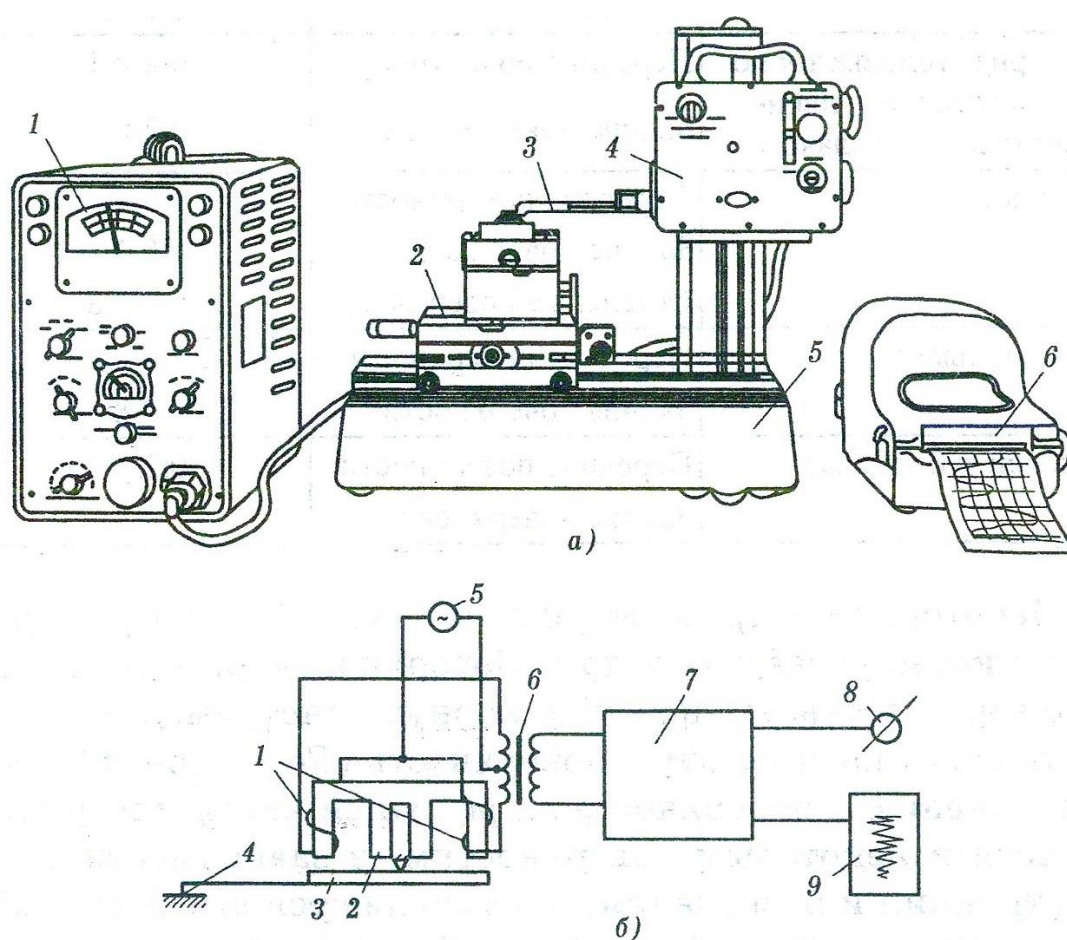


Рис. 7.1. Профилограф-профилометр блочной конструкции завода «Калибр»: а - общий вид: 1 - электронный блок с показывающим прибором; 2 - универсальный столик; 3 - датчик; 4 - мотопривод; 5 - стойка; 6 - записывающий прибор; б - электрическая часть прибора: 1 - катушки; 2 - Ш-образный сердечник, 3 - коромысло; 4 - алмазная игла; 5 - генератор звуковой частоты; 6 - дифференциальный входной трансформатор; 7 - электронный блок; 8 и 9 - показывающий и записывающий приборы

### 7.3. Техническая характеристика профилографов - профилометров

Показатели	Модели приборов			
	201	202	253	240
Пределы измерения $R_a$ , мкм – по показывающему прибору	3,2-0,025	3,2-0,025	1,6-0,025	1,6-0,025
– при записи профилограмм	3,2-0,005	12,5-0,005	-	-
Погрешность измерений, % до	$\pm 10$	$\pm 10$	$\pm 16$	$\pm 16$
Вертикальное увеличение, до	200000	200000	-	-
Горизонтальное увеличение, до	4000	4000	-	-
Радиус ощупывания иглы, мкм	10-12 или 2-4	10 или 2	10	10
Измерительная сила иглы, Н	0,1	0,1	1,0	1,0

В производственных условиях проводят также качественную оценку шероховатости грубых поверхностей ( $R_a > 1,25$  мкм) путём визуального контроля невооружённым глазом или с помощью лупы 5-10-кратного увеличения. Однако этот способ субъективен и требует высокой квалификации измеряющего. Применяется чаще для.

Субъективность оценки шероховатости можно снизить, если использовать метод сравнения контролируемой поверхности с поверхностью образцов-эталонов, шероховатость которых предварительно измерена на приборах. Образцы шероховатости представляют собой набор пластин или образцовых деталей, обработанных с определённой шероховатостью. Этот метод прост, доступен и при  $R_a > 1,25$  и  $R_z > 10$  мкм обеспечивает достоверность, широко применяется в цеховых условиях. Для повышения точности сравнительной оценки используют сравнительные микроскопы, в которых рядом устанавливают образец-эталон и контролируемую поверхность изделия.

Для контроля шероховатости поверхности широко используется контактный метод, при котором происходит соприкосновение ощупывающей алмазной иглы датчика прибора непосредственно с обработанной поверхностью. Колебательные движения ощупывающей иглы с радиусом при вершине 10 мкм при её перемещении по поверхности вызывают изменения напряжения в датчике прибора, которые регистрируются показывающим прибором или записываются с помощью профилографа.

Для бесконтактного измерения шероховатости поверхности используют оптические приборы. Среди них наибольшее распространение получили двойной микроскоп МИС-11, (рис. 7.2).

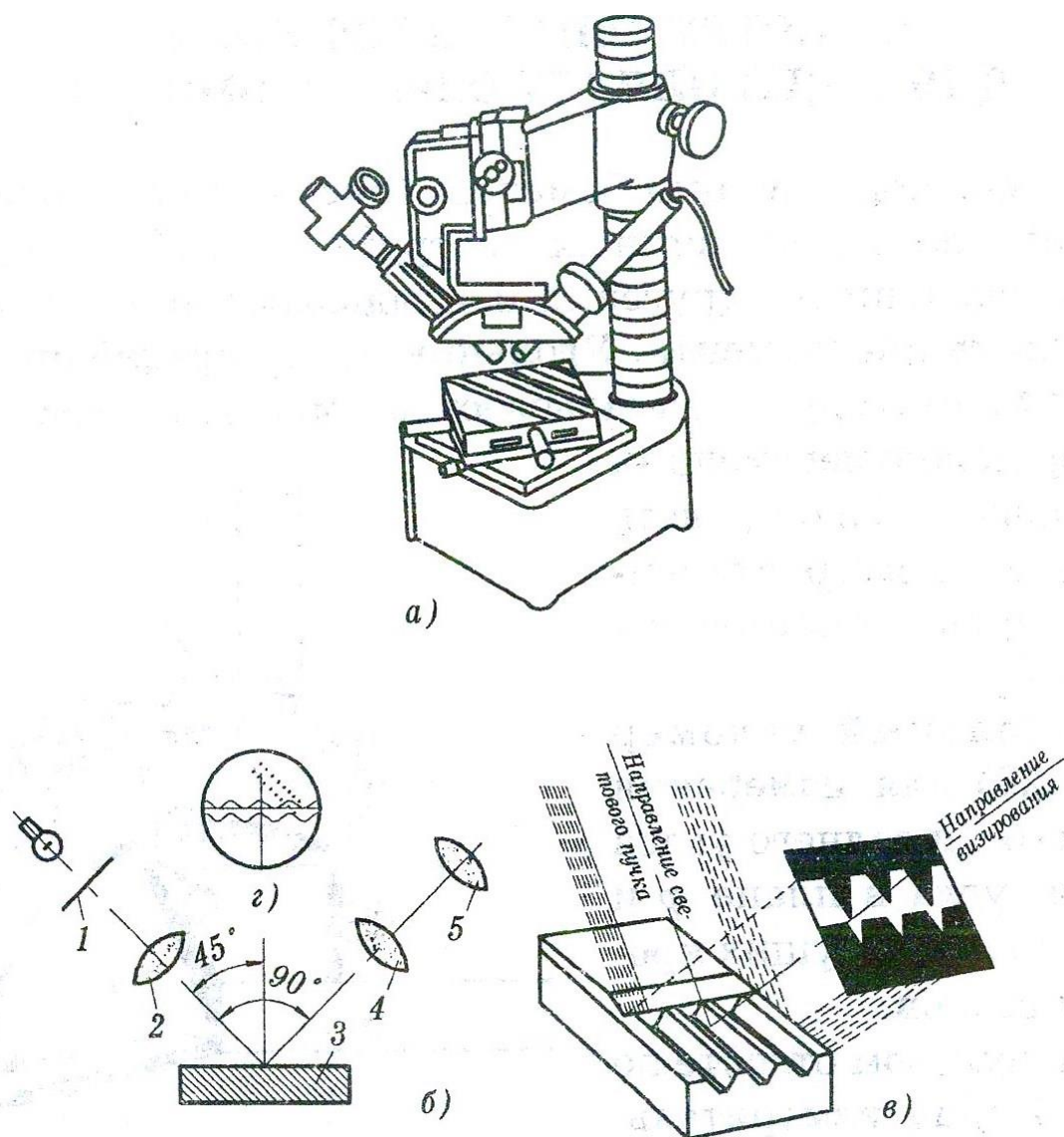


Рис. 7.2 Двойной микроскоп МИС-11: а - общий вид; б - оптическая схема: 1 - узкая щель; 2 - объектив; 3 - контролируемый объект (деталь); 4 - объектив микроскопа наблюдения; 5 - окуляр; в - поле зрения микроскопа

Выпускаются также упрощённые пружинные приборы ИПШ для определения шероховатости плоских, сферических, наружных и внутренних цилиндрических поверхностей (табл. 7.4).

#### 7.4. Технические характеристики приборов ИПШ

Основные показатели	01 ИПШ	02 ИПШ	1 ИПШ	2 ИПШ
Контролируемые значения шероховатости $Ra$ , мкм	0,1-0,05	0,4-0,2	1,6-0,8	6,3-3,2
Цена деления шкалы, мм	0,0001	0,0002	0,001	0,002
Пределы измерения, мм	$\pm 0,003$	$\pm 0,006$	$\pm 0,03$	$\pm 0,06$

## 7.2. Инструменты и приборы для контроля угловых размеров

Угломер конструкции Семенова (рис. 7.3) предназначен для контроля однолезвийных инструментов. Линейку 1 угломера, связанную с другой 2, накладывают на измеряемую поверхность инструмента. Угольник 3, прикрепленный державкой 4 к сектору 5, накладывают на смежную поверхность. Угломер можно перемещать в державке и фиксировать винтом 6. Сектор относительно дуги фиксируется винтом 7.

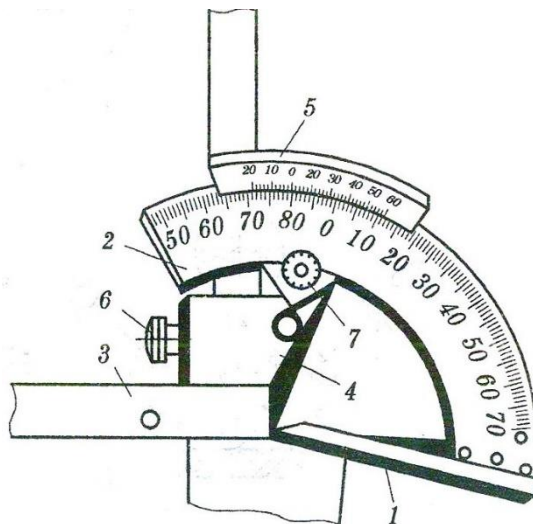


Рис. 7.3. Угломер конструкции Семенова: 1 - линейка, 2 - дуга; 3 - угольник; 4 - державка; 5 - сектор; 6 и 7 – винты

Настольный угломер (рис. 7.4) используется для измерения переднего  $\gamma$  и заднего углов заточки, угла в плане  $\varphi$  и угла наклона режущих кромок  $\lambda$  у резцов.

При нулевом отсчёте по шкале 5 одну измерительную плоскость следует располагать вертикально, а другую - горизонтально. При нулевом отсчёте на соответствующих шкалах измерительную плоскость С располагают горизонтально, а плоскость D - перпендикулярно линейке 11, которая может перемещаться по пазу основания 1. Цена делений на шкалах  $1^\circ$ .

Для измерения переднего  $\gamma$  и заднего  $\alpha$  углов державку 3 устанавливают в соответствии с высотой резца (при этом державку 4 снимают и поворачивают). Плоскость А совмещают с задней гранью резца и на шкале 5 отсчитывают значение заднего угла. Аналогично плоскость В совмещают с передней гранью резца и на той же шкале отсчитывают значение переднего угла. Измерение производят в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке.

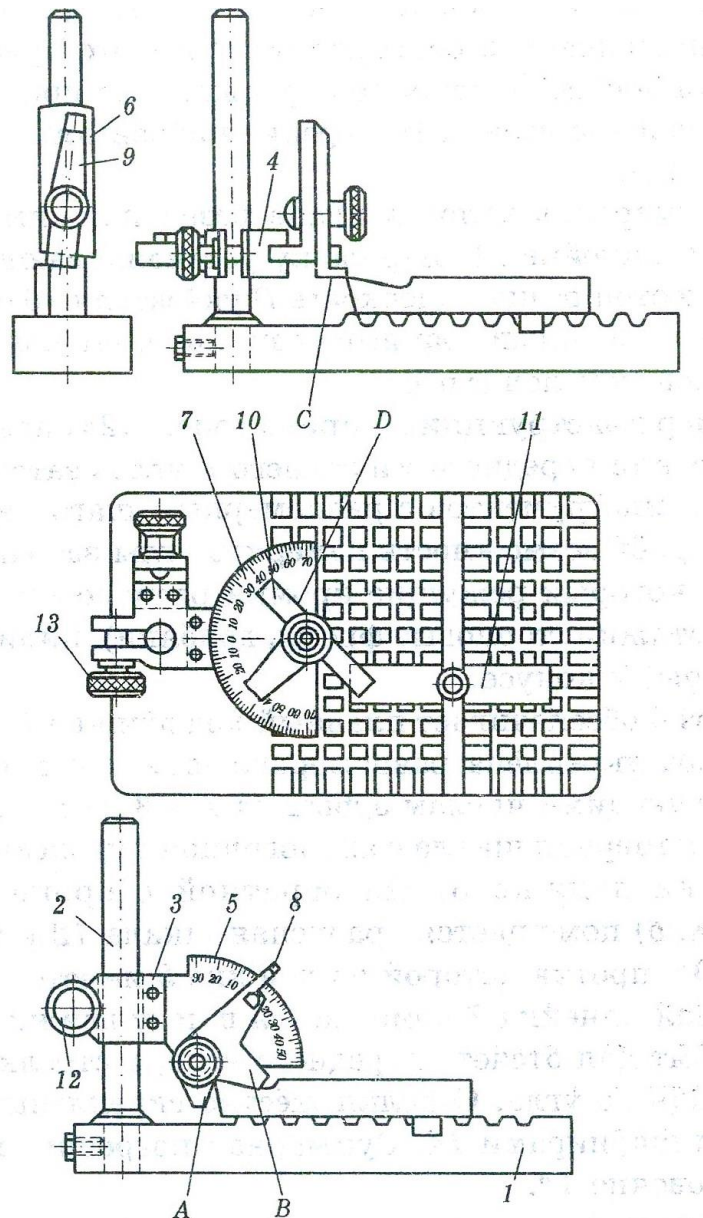


Рис. 7.4. Настольный угломер: 1 - основание; 2 - стойка; 3 и 4 - державки; 6 и 7 - шкалы; 8, 5 и 10 - указатели; 11 - линейка; 12 и 13 – винты

Для измерения углов наклона режущих кромок державку 4 устанавливают в соответствии с высотой резца. Плоскость *C* совмещают с режущей гранью, и на шкале 6 отсчитывают значение угла  $\lambda$ . Измерение производят в плоскости режущей грани.

Для измерения углов в плане резец прижимают одной стороной к линейке 11. Державку устанавливают в соответствии с высотой резца. Плоскость *D* указателя 10 совмещают поочередно с задними гранями резца, и по шкале 7 отсчитывают значения углов  $\varphi$  и  $\varphi_1$ .

Угломер конструкции Неприна (рис. 7.5) предназначен для измерения переднего  $\gamma$  и заднего  $\alpha$  углов заточки многолезвийных инструментов с равномерным шагом зубьев от 5 до 30 мм, даёт возможность измерять углы заточки инструментов, у которых режущие

кромки расположены на плоскости (протяжки, торцовые фрезы, долбяки), цилиндре (фрезы, зенкеры) и конусе.

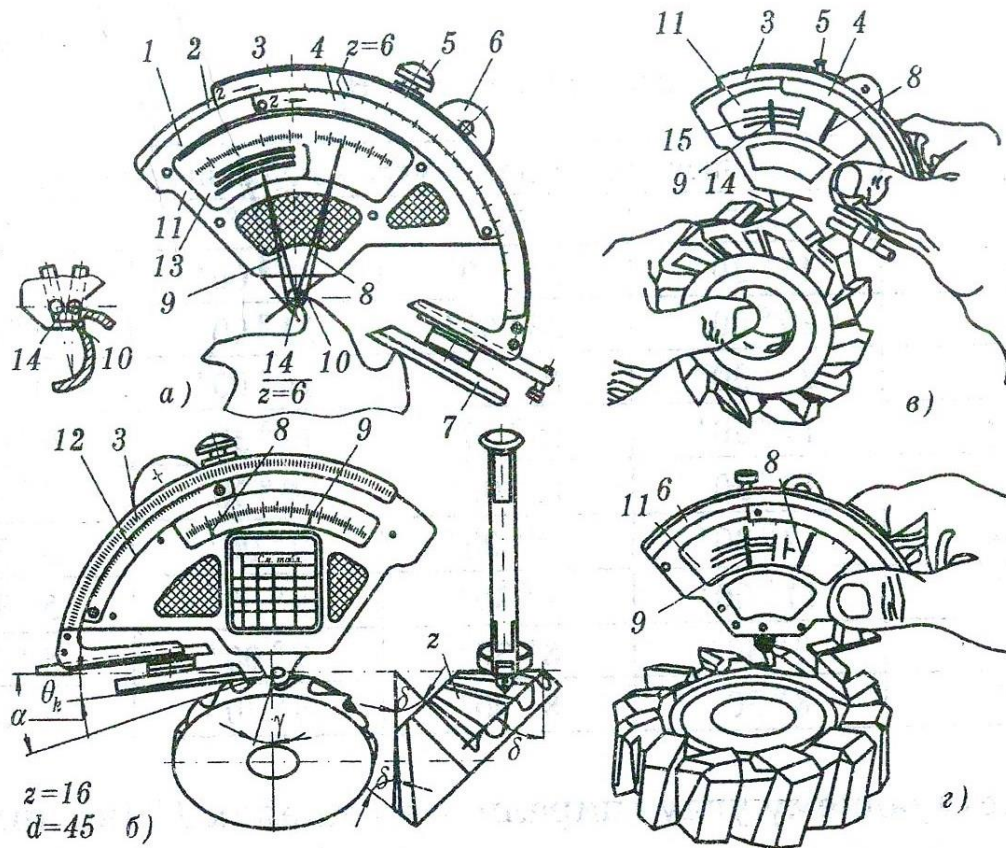


Рис. 7.5. Самоустанавливающийся угломер конструкции Неприна: а - измерение углов заточки зубьев по цилиндру; б - измерение углов заточки зубьев по конусу; в - измерение углов заточки зубьев на цилиндрических поверхностях; г - измерение углов заточки зубьев на торцовых поверхностях: 1 - корпус; 2 - направляющая; 3 - движок; 4, 11, 12 и 13 - шкалы; 5 - стопор; 6 - тормоз; 7 - опорная линейка; 8 и 9 - стрелки; 10 - ось; 14 - измерительный шарнир; 15 - шкала

Тормоз 6 обеспечивает плавный ход движка 3. На корпусе угломера укреплена равномерная шкала 4 с делениями, соответствующими числам зубьев от  $z = 3$  до  $z = \infty$ .

Неравномерная шкала с аналогичной индексацией рисок имеется на движке 3. На обратной стороне угломера (рис. 7.5, б) помещается градусная шкала 12 с делениями от 0 до  $50^\circ$ , против которой на движке 3 имеется риска.

Опорная линейка 7 помещается в пазе движка 3. Стрелка 9 служит для отсчёта переднего угла, а стрелка 8 - для отсчёта заднего угла. Стрелки жёстко скреплены с измерительными шарнирами 14. Суммарная погрешность прибора ориентировочно  $1^\circ$ .

Для измерения углов заточки зубьев на цилиндрических поверхностях (рис. 7.5, а, б и в) необходимо движок 3 установить так, чтобы риска на его шкале, соответствующая чис-

лу зубьев проверяемую инструмента, совместились с идентичной рисккой на шкале 4 (в данном примере установка соответствует  $z = 6$ ), и закрепить винтом 5. Угломер наложить на режущие кромки двух смежных зубьев в плоскости, перпендикулярной к оси инструмента. Шарнир 14, снабжённый мерительной площадкой, под действием собственного веса угломера поворачивается на оси 10 и плотно прилегает к граням зуба, а соединённые с ним стрелки 8 и 9 показывают на шкале 11 значения углов. Приложение дополнительного усилия при измерении может вызвать повреждение оси 10, на которой вращаются шарниры.

При измерении спиральных зубьев значения передних углов  $\gamma_H$  в плоскости нормального сечения отсчитывают по соответствующему углу спирали  $\omega$  на шкалах 13 (на них приведены значения углов  $\gamma_H$  для  $\omega = 20, 25, 30, 35, 40$  и  $45^\circ$ ), составленных по зависимости:

$$tg\gamma_H = tg\gamma_m \cdot \cos\omega.$$

Для измерения углов заточки зубьев на конусных поверхностях (рис. 7.5, б) необходимо движок 3 установить по градусной шкале 12 на  $\theta_K$ , значение которого определяют по табл. 7.5 или подсчитывают по формуле:

$$\theta_K = \frac{\cos\delta}{z},$$

где  $\delta$  - половина угла конуса инструмента;  $z$  - число зубьев инструмента.

В положении, показанном на рис. 7.5, б, установка соответствует  $z = 16$  и половине угла конуса  $\delta = 45^\circ$ .

Затем следует наложить угломер на режущие кромки двух соседних зубьев и определить величины углов  $\alpha$  и  $\gamma$  на шкале 11 (на обратной стороне угломера) по показаниям стрелок 8 и 9.

Для измерения углов заточки зубьев на торцовых поверхностях (рис. 7.5, а, б и г) необходимо движок 3 установить так, чтобы риска  $\infty$  совместилась с крайней правой рисккой на шкале корпуса 1. Затем наложить угломер на режущие кромки двух соседних зубьев в плоскости, перпендикулярной к оси инструмента, и определить величины  $\alpha$  и  $\gamma$  на шкале 11 по показаниям стрелок 8 и 9.

#### 7.5. Значения угла $\theta_K$

z	Значения $\theta_K$ для S угла конуса инструмента			
	15°	30°	45°	60°
4	45° 30'	39° 00'	32° 00'	22° 30'
6	29° 00'	26° 00'	21° 00'	15° 00'
8	21° 30'	19° 30'	16° 00'	11° 00'
10	1° 30'	15° 30'	12° 30'	9° 00'
12	14° 30'	13° 00'	10° 30'	° 30'



14	12° 30'	11° 00'	9° 00'	6° 30'
16	11° 00'	9° 30'	8° 00'	5° 30'
18	9° 30'	8° 30'	° 00'	5° 00'
20	8° 30'	8° 00'	6° 30'	4° 30'

Угломер конструкции Бабчиницера (рис. 7.6) для измерения углов  $\alpha$  и  $\gamma$  заточки многолезвийных инструментов с равномерным шагом зубьев от до 80 мм даёт возможность измерять углы заточки инструментов с зубьями, расположенными на плоскости (торцовые фрезы, протяжки и т.д.) и на цилиндре (фрезы с остроконечным зубом, зенкеры и т.д.).

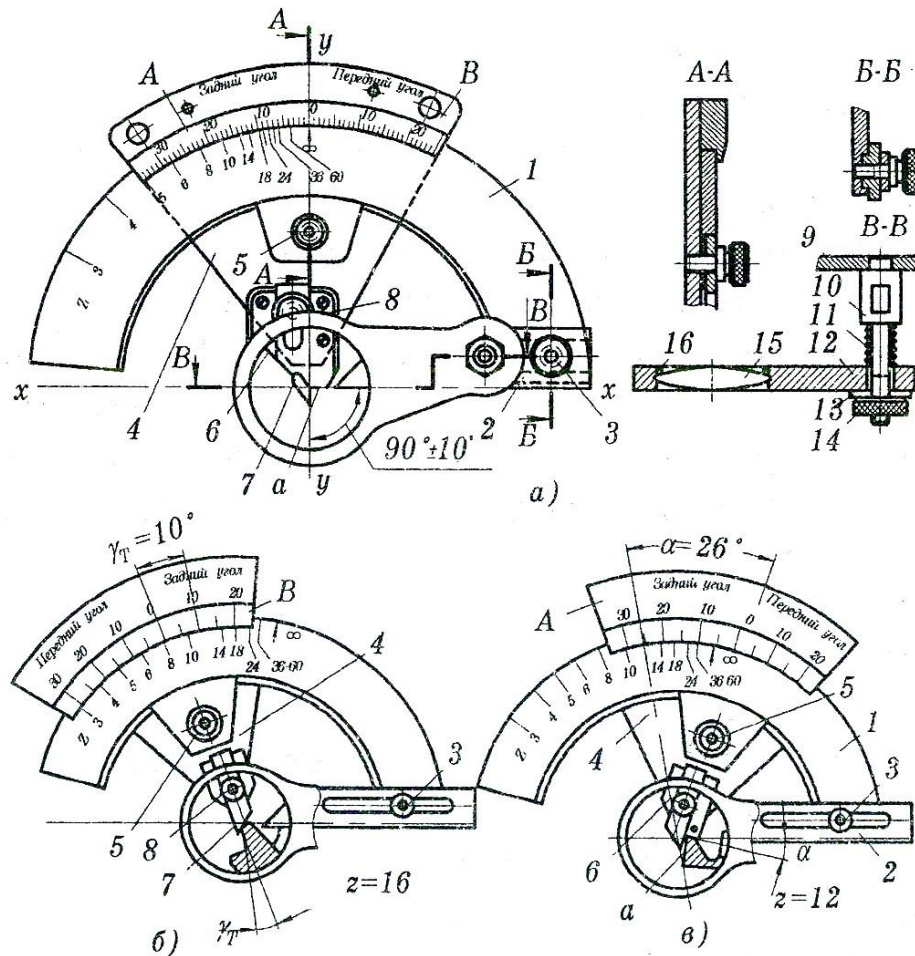


Рис. 7.6. Угломер конструкции Бабчиницера: а - конструкция прибора; б в - измерение переднего и заднего углов: 1 - дуга с равномерной шкалой Z; 2 - линейка; 3 - винт; 4 - сектор; 5 - винт; 6 - пластина; 7 - паз; 8 - винт прибора; 9 - основание; 10 - кронштейн; 11 - пружина; 12 - оправка; 13 - шайба; 14 - гайка; 15 - линза; 16 - пружина съёмного оптического устройства

При совпадении риски 0 на шкале сектора 4 и стрелки  $\infty$  на шкале Z продолжение рабочей плоскости линейки 2 проходит через центр вращения сектора 4 и составляет с линейкой прямой угол.

Суммарная погрешность прибора ориентировочно 1,5 градуса. Для уменьшения погрешности измерения угла с малой протяжённостью стороны угломер имеет съёмное оптическое устройство, прикреплённое к опорной линейке 2 гайкой 3. Линза 15 (5-кратного увеличения) плосковыпуклая с плоскостью, обращённой к глазу. Оправку с линзой располагают на угломере с таким расчётом, чтобы передняя поверхность прибора находилась в фокальной плоскости, а оптическая ось совпадала с центром вращения.

Для измерения переднего угла (рис. 7.6, б) опорную линейку 2 устанавливают в зависимости от шага зубьев измеряемого инструмента и закрепляют винтом 3 или линейку 2 устанавливают в зависимости от высоты зубьев инструмента и фиксируют винтом 8.

Угломер накладывают на вершину двух смежных зубьев в плоскости, перпендикулярной к оси измеряемого инструмента, затем сектор поворачивают до совмещения мерительной плоскости линейки 2 с передней гранью зуба измеряемого инструмента и закрепляют винтом 5.

Значение переднего угла отсчитывают на градусной шкале В против риски, соответствующей числу зубьев фрезы. При измерении переднего угла спиральных зубьев значение его в плоскости нормального сечения определяют по табл. 7.6, рассчитанной по формуле:

$$tg\gamma_H = tg\gamma_T \cdot \cos\omega,$$

где  $\gamma_H$  - передний угол в нормальном сечении;

$\gamma_T$  - передний угол в торцовом сечении;

$\omega$  - угол наклона спирали.

7.6. Значение переднего угла  $\gamma_T$

$\gamma_T$	Угол $\gamma_T$ при угле наклона спирали $\omega$					
	20°	25°	30°	35°	40°	45°
5	4° 42'	4° 30'	4° 20'	4° 6'	3° 50'	3° 32'
10	9° 23'	8° 50'	8° 40'	8° 3'	° 41'	° 6'
15	14° 9'	13° 34'	13° 00'	12° 22'	11° 36'	10° 44'
20	18° 53'	18° 39'	1° 26'	16° 36'	15° 30'	14° 26'
25	23° 40'	22° 46'	21° 59'	20° 53'	19° 39'	18° 14'

Для измерения заднего угла (рис. 7.6, в) настройка угломера аналогична приведённой выше. Сектор 4 поворачивают до совмещения мерительной грани, а пластины б с задней поверхностью зуба и закрепляют винтом 5. Значение заднего угла отсчитывают на градусной шкале А против риски, соответствующей числу зубьев измеряемого инструмента.

Для определения переднего и заднего углов зубьев протяжек, торцовых фрез и зенкеров отсчёт производят на шкалах *A* и *B* относительно риски со стрелкой  $\infty$ . В остальном настройка угломера аналогична приведённой выше.

Угломер конструкции Мартынова А.Д. (рис. 7.7) применяется для измерения углов заточки  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\varphi$  и  $\lambda$ , резцов и  $\alpha$  и  $\gamma$  многолезвийных инструментов (фрез, развёрток и т.п.) с шагом зубьев от 10 мм и более даёт возможность приближённо измерять угол наклона винтовой канавки у фрез.

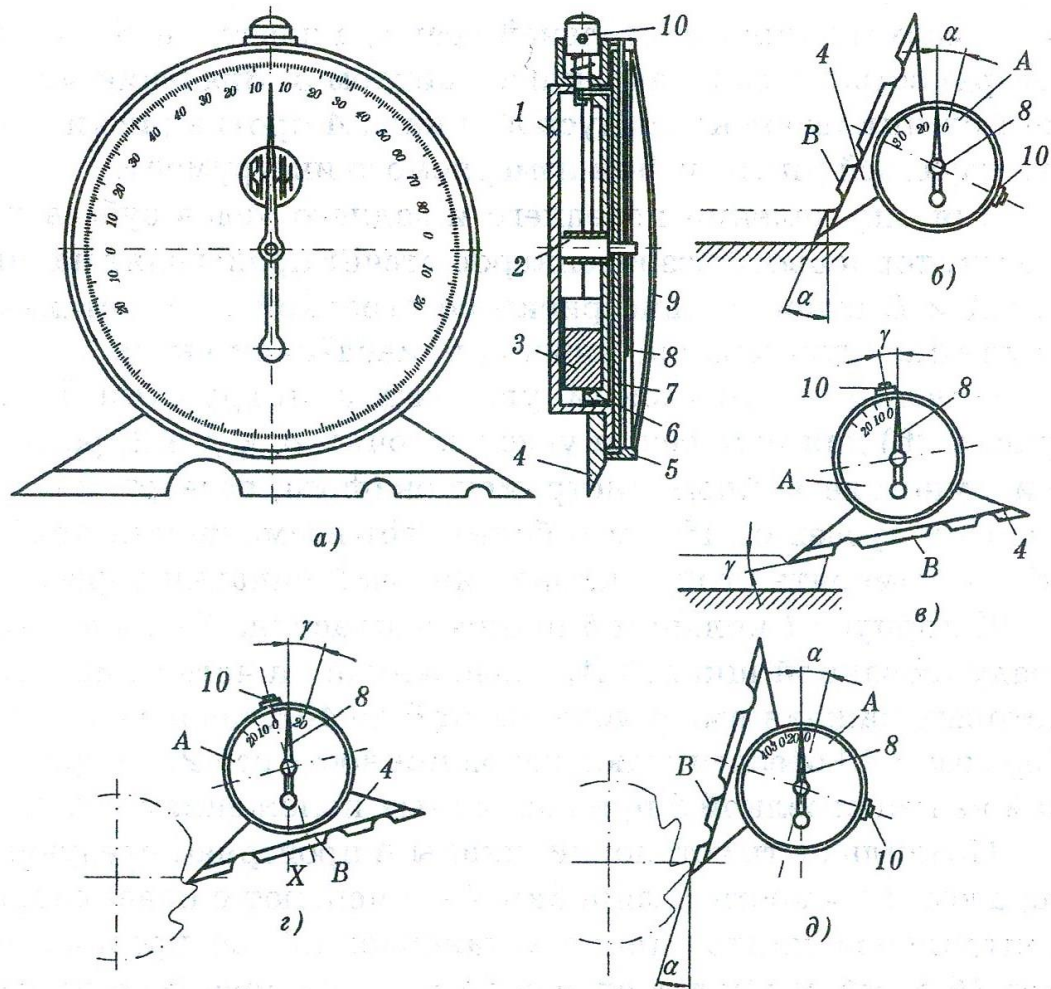


Рис. 7.7. Угломер конструкции А.Д. Мартынова

К корпусу *1* кольцом *5* прижата пластина с нанесенной градуированной шкалой *A*, разделённой на четыре части, из которых каждая имеет деления от 0 до 45°, цена деления 1°. Тормозом *10* обеспечивают неподвижность оси *2*, с укрепленной на ней стрелкой *8* при различных положениях угломера.

Правильность установки шкалы *A* проверяют следующим образом: плоскость *B* линейки *4* совмещают с поверхностью контрольной плиты, точно установленной по уровню. Тормоз *10* освобождают, а стрелку *8* устанавливают на нулевом штрихе шкалы *A*. Суммарная погрешность угломера  $\sim 2^\circ$ .

Углы заточки резцов измеряют в следующей последовательности (рис. 7.7, б и в): проверяют горизонтальность поверхности контрольной плиты; измеряемый резец укладывают на контрольную плиту; угломер прикладывают к поверхности измеряемой грани резца в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке, и плоскость *B* линейки 4 совмещают с гранью резца; нажатием на кнопку тормоза 10 освобождают стрелку 8, которая устанавливается в вертикальном положении под действием груза-отвеса; после фиксации нового положения стрелки 8 угломер снимают с измеряемого инструмента и производят отсчёт по шкале *A*. Угол наклона режущей грани  $\lambda$  и угол в плане  $\varphi$  измеряют аналогично.

Углы заточки фрез и развёрток (рис. 7.7, г и д) измеряют в следующей последовательности: измеряемый инструмент устанавливают в горизонтальных центрах; режущую кромку измеряемого зуба совмещают с горизонтальной плоскостью и закрепляют в горизонтальном положении; угломер прикладывают к поверхности измеряемого зуба в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке, плоскость *B* линейки 4 совмещают с измеряемой поверхностью зуба; нажатием на кнопку тормоза 10 освобождают стрелку 8, которая устанавливается в вертикальном положении под действием груза-отвеса; после фиксации нового положения стрелки 8 угломер снимают с измеряемого инструмента и производят отсчёт по шкале *A*.

Индикаторный прибор (рис. 7.8) - для одновременного контроля переднего  $\gamma$  и заднего  $\alpha$  углов заточки многолезвийных инструментов с режущими зубьями, расположенными на цилиндрических или конусных поверхностях, с равномерным шагом зубьев. Наибольший диаметр контролируемого инструмента 110 мм; длина  $\leq 300$  мм; угол конуса  $\leq 120^\circ$ ; угол спирали  $\leq 35^\circ$ ; наименьший шаг зубьев 4 мм.

Мерительную головку 5 с индикатором 6 перемещают на салазках по основанию 7. Смонтированные в головке 5 рычаги 13, 14 и упор 9 устанавливают по эталону 12, который имеет два зуба, соответствующие углам заточки 0 и  $15^\circ$ . Суммарная погрешность прибора  $\sim 30'$ . Нулевые положения стрелок на индикаторах 6 соответствуют зубу эталона со знаком 0, а показания индикаторов  $30'$  соответствуют  $15^\circ$ .

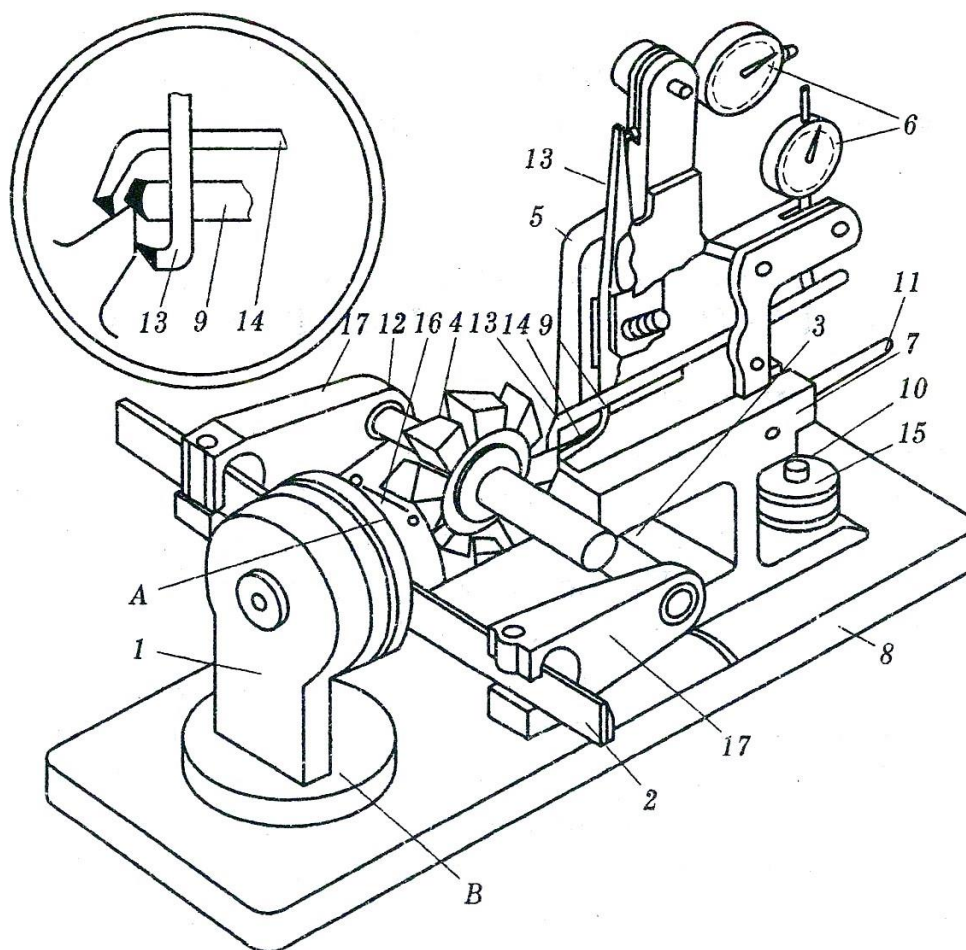


Рис. 7.8. Индикаторный прибор для контроля углов заточки многолезвийных инструментов: 1 - корпус; 2 - линейка; 3 и 4 - центры; 5 - мерительная головка; 6 - индикаторы; 7 - основание; 8 - плиты; 9 - упор; 10 - винт; 11 - рукоятка; 12 - эталон; 13 и 14 - рычаги; 15 - гайка; 16 - поворотная планшайба; 17 – кронштейн

Контролируемый инструмент закрепляют в центрах 3 и 4. Шкалы *A* и *B* устанавливают в зависимости от контролируемого инструмента: для цилиндрического инструмента с прямыми зубьями шкалы *A* и *B* - на ноль; со спиральными зубьями шкалу *B* - на ноль, а шкалу *A* - на угол спирали; для конусного инструмента шкалу *A* - на ноль, а шкалу *B* - на половину угла при вершине контролируемого инструмента.

Мерительную головку 5 вместе с основанием перемещают по пазу в плите 8 до соприкосновения упора 9 с вершиной зуба контролируемого инструмента и закрепляют гайкой 15. Точную установку упора 9 осуществляют винтом 10. Рычаг 13 соприкасается с задней поверхностью зуба контролируемого инструмента, а рычаг 14 - с передней его поверхностью. По показаниям стрелок индикаторов определяют величины углов из соотношения  $0,01 \text{ мм} = 0^\circ 30'$ . При повороте инструмента на следующий зуб головку 5 отводят рукояткой 11.

Прибор конструкции ВНИИИНСТРУМЕНТ (рис. 7.9) предназначен для контроля углов развёрток на инструментальном микроскопе бесконтактным методом.

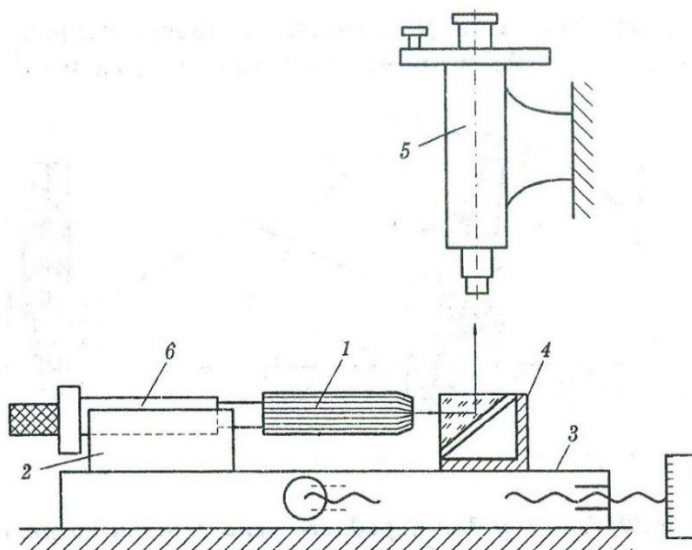


Рис. 7.9. Схема бесконтактного измерения углов развёрток на инструментальном микроскопе: 1 - развёртка; 2 и 4 - призмы; 3 - микроскоп; 5 - объектив микроскопа; 6 – хвостовик развертки

Измерение переднего угла этим методом производят фокусированием на торец развёртки 1, которую устанавливают хвостовиком 6 на стальной призме, а перед торцом развёртки, на столе микроскопа 3 укрепляют прямоугольную стеклянную призму 4, проектирующую изображение в объективе 5 микроскопа. При измерении заднего угла стеклянную призму снимают и фокусируют микроскоп непосредственно на развёртку.

Прибор конструкции ВНИИИНСТРУМЕНТ предназначен для измерения переднего угла метчиков (рис. 7.10).

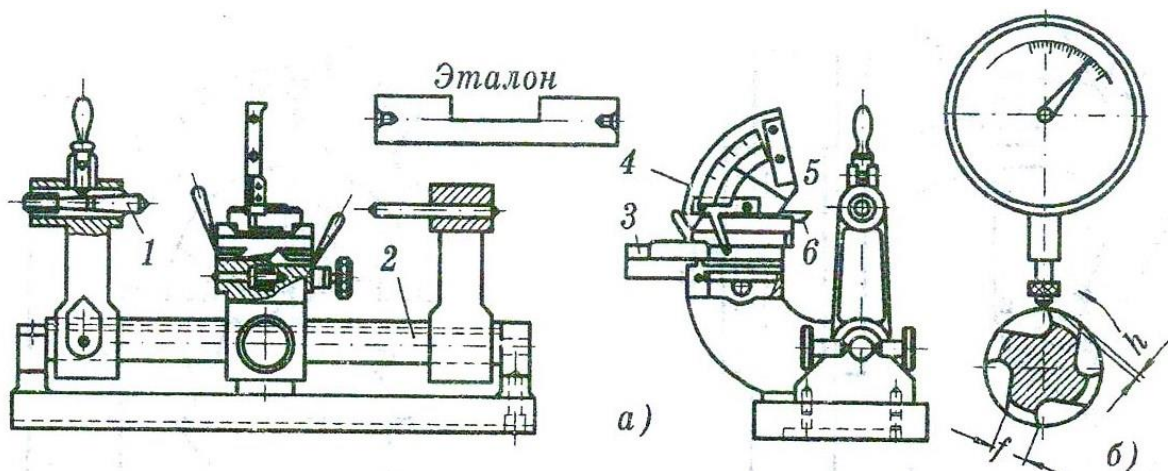


Рис. 7.10. Прибор для измерения переднего угла метчиков: б - измерение величины затылования с помощью индикатора; 1 - центры; 2 - ось; 3 - каретка; 4 - измерительное устройство; 5 - стрелка; 6 – колодка

Метчик устанавливают в раздвижные центры на оси 2 и к передней грани подводят каретку 3 с закреплённым на ней измерительным устройством 4. Колодку 6 измерительного устройства приводят в соприкосновение с передней гранью метчика и устанавливают на ней, при этом стрелка 5 показывает на шкале величину переднего угла.

Установку прибора на нулевое положение производят по специальному эталону. Погрешность прибора не превышает 20'. Контроль заднего угла  $\alpha$  производят путём определения спада  $h$  затылка по ширине пера, связанного с углом  $\alpha$  зависимостью:

$$h = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $D$  - диаметр переднего торца метчика в мм;  $z$  - число перьев.

Контроль величины затылования  $h$  на режущей части метчика осуществляют в центрах с помощью индикатора с ценой деления 0,01 мм по схеме, показанной на рис. 7.10, б.

Прибор для контроля переднего угла развёрток показан на рис. 7.11. На дуге движка 2 перемещается сектор 4 с указателем. В пазах сектора укреплены измерительная линейка 5, которую можно устанавливать вдоль паза. Упор 6 можно перемещать в пределах ширины угольника и закреплять в определённом положении винтом 7. Погрешности измерений - 2°.

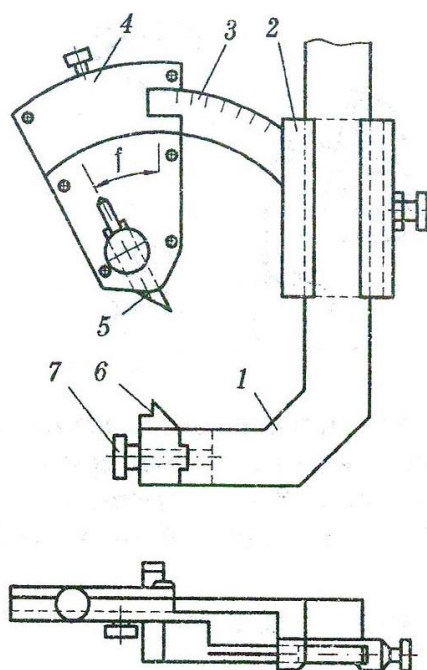


Рис. 7.11. Прибор для контроля переднего угла развёрток: 1 - угольник; 2 - движок; 3 - шкала; 4 - сектор; 5 - линейка; 6 - упор; 7 - винт

Прибор для измерения переднего и заднего углов развёрток показан на рис. 7.12). Плоскость упора 3 перпендикулярна измерительной плоскости ножки 2. К неподвижной

ножке 1 с транспортиром прикреплен сектор 5 так, чтобы нулевая риска транспортира и измерительная поверхность упора 3 находились на одной прямой с плоскостью упора 4. Цена деления шкалы - 1°.

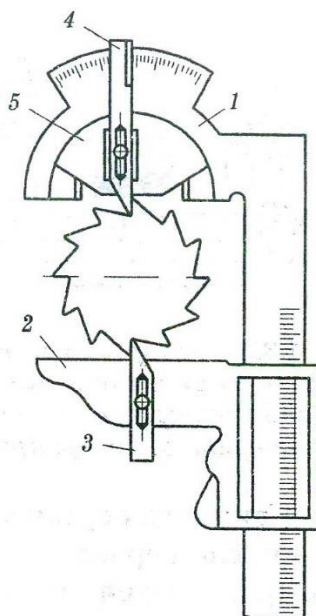


Рис. 7.12. Прибор для измерения углов развёрток: 1 - неподвижная ножка;  
2 - подвижная ножка; 3 и 4 – упоры;  
5 - сектор

Для измерения развёртку зажимают между ножками штангенциркуля, устанавливая её так, чтобы рабочие стороны линейки 2 и сектора 5 при нулевом положении индекса соприкасались с вершинами противоположных зубьев. При соответствующем повороте сектора 5 отсчитывают по шкале величину переднего или заднего угла развёртки.

Прибор для контроля углов заточки и величины возвышения режущей кромки над центром изделия у дисковых гребёнок к резбонарезным головкам показан на рис. 7.13.

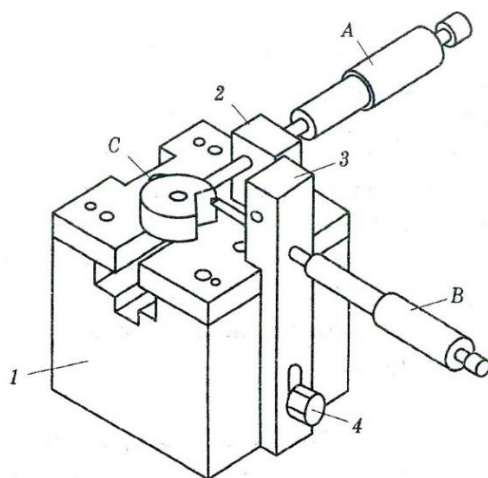




Рис. 7.13 Прибор для проверки заточки дисковых резьбовых гребёнок: 1 - корпус; 2 и 3 - стойки; 4 - винт; А и В - микрометрические головки; С – паз

Гребёнки (в сборе с кулачками, звёздочками и винтами) затачивают на специальных приспособлениях. При совмещении пятки микрометрической головки А с осью головки В показания на шкале соответствуют 5 мм. При помощи микрометрических головок А и В определяют координаты точки измерения контролируемой гребёнки. Для контроля гребёнок с левой резьбой стойку 3 устанавливают в паз С. Пояснения к настройке приведены на рис. 7.14.

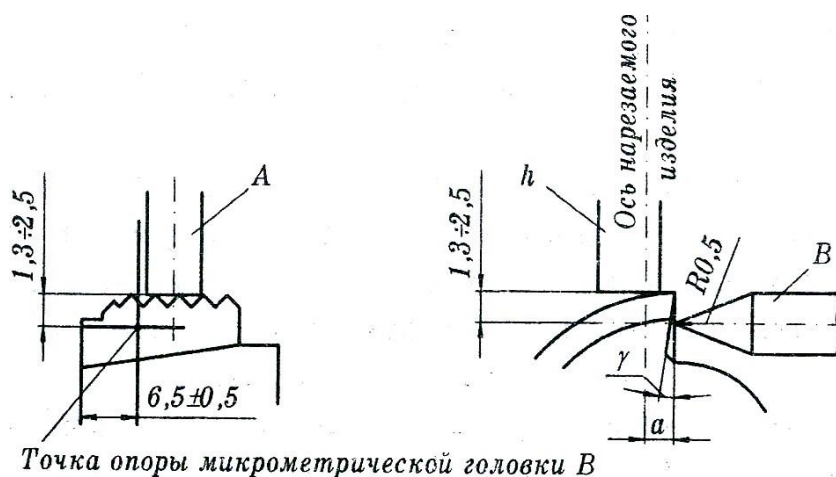


Рис. 7.14. Параметры заточки дисковых гребенок

Настройку прибора производят в следующей последовательности: контролируемую гребёнку с кулачком вводят в паз корпуса 1, острие микрометрической головки В (рис. 7.13 и 7.14) устанавливают по высоте перемещением стойки 3 на расстояние 6- мм от начала заборной части гребёнки, перемещением стойки 2 пятку микрометрической головки А устанавливают по высоте против средней части резьбы гребёнки, гребёнку подводят к пятке микрометрической головки А до упора в наружный диаметр. Установка микрометрической головки А зависит от переднего угла  $\gamma$ , осевого угла  $\lambda$  и величины возвышения режущей кромки гребёнок над центром изделия.

Показания микрометрической головки А в зависимости от шага резьбы приведены в табл. 7.7.

#### 7.7. Показания микрометрической головки А

Шаг резьбы в мм	менее 1,5	2-2,5	2,5-3
Показания головки А	6,3	6,9	,5

Показания микрометрической головки В определяют по табл. 7.8 или рассчитывают по формуле:

$$X = S + a,$$

где  $a = (0,05 - 0,001) d$ ;  $d$  – номинальный диаметр резьбы.

### 7.8. Показания микрометрической головки В

Передний угол $\gamma$	Осевой угол $\lambda$	Показания головки В при номинальном диаметре резьбы $d$ изделий в мм									
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
20°	1°30'	5,25	5,33	5,4	5,45	5,50	5,54	5,58	5,60	5,62	5,63
	2° °-8°	5,22	5,30	5,3	5,42	5,4	5,51	5,55	5,5	5,59	5,61

Для проверки правильности установки микрометров пользуются эталоном. Разница показаний микрометрической головки В при проверке заточки гребёнок одного комплекта не должна превышать  $\pm 0,015$  мм, а разных комплектов -  $\pm 0,025$  мм. Отклонение угла  $\lambda$  не должно превышать  $\pm 15'$  при  $\lambda < 4^\circ$  и  $30'$  при  $\lambda > 4^\circ$ .

Схема прибора для контроля задних углов свёрл индикатором в делительной головке показана на рис. 7.15.

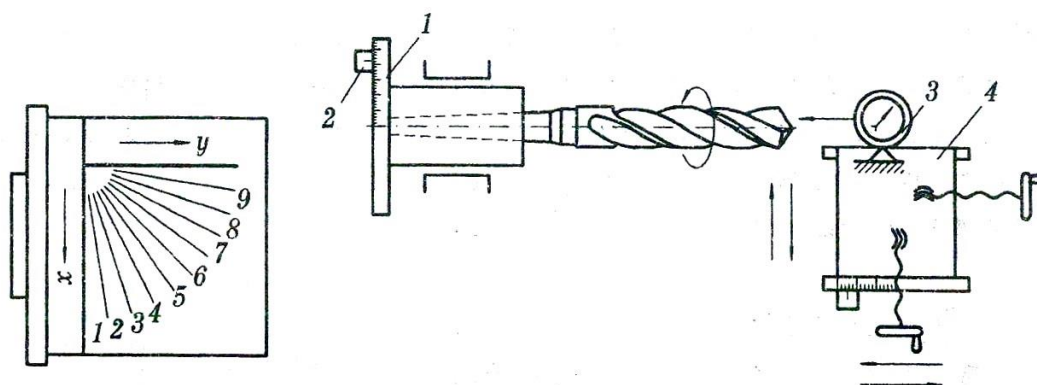


Рис. 7.15. Схема измерения задних углов сверла с помощью лимба и индикатора:

1 - лимб; 2 - индекс; 3 - индикатор; 4 – стол

На патроне головки укрепляют лимб 1 с делениями в градусах и индекс 2, по которым производят отсчёт угла поворота сверла. Патрон со шпинделем и закреплённым в ней сверлом можно легко поворачивать (при выключенном приборе) от руки на любой угол. Индикатор 3 для отсчёта величины падения кривой задней заточки укрепляют в державке на столе 4 по оси сверла.

Измерение величины падения кривой заточки сверла производят, поворачивая патрон со сверлом на некоторый угол и записывая показания индикатора. Такие повороты и соответствующие отсчеты производят через каждые 5 или  $10^\circ$  по всей поверхности заточки на одном диаметре сверла, повторяя это измерение и по другим диаметрам.

В результате измерения определяют величину падения и соответственно подсчитывают длину дуги поворота сверла для данного диаметра по формуле:

$$S = \frac{\pi dx}{360},$$

где  $d$  - диаметр инструмента, при котором производится измерение падения кривой задней поверхности;  $x$  - угол поворота сверла.

На основании измеренных длин дуг для данного угла поворота и диаметра можно построить кривые, характеризующие поверхность заточки на разных измеренных диаметрах.

Угол заточки задней поверхности сверла определится из соотношения:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{S},$$

где  $h$  - показания индикатора;  $S$  - длина дуги, соответствующая повороту сверла.

Прибор для контроля положения перемычки спиральных свёрл после их заточки состоит из призм 2 и 3 (рис. 7.16), перемещаемых вдоль корпуса 1 и закрепляемых гайками 7. В передней части корпуса укрепляют стойку 4 с пазом, в котором помещается визир 5 с рисками.

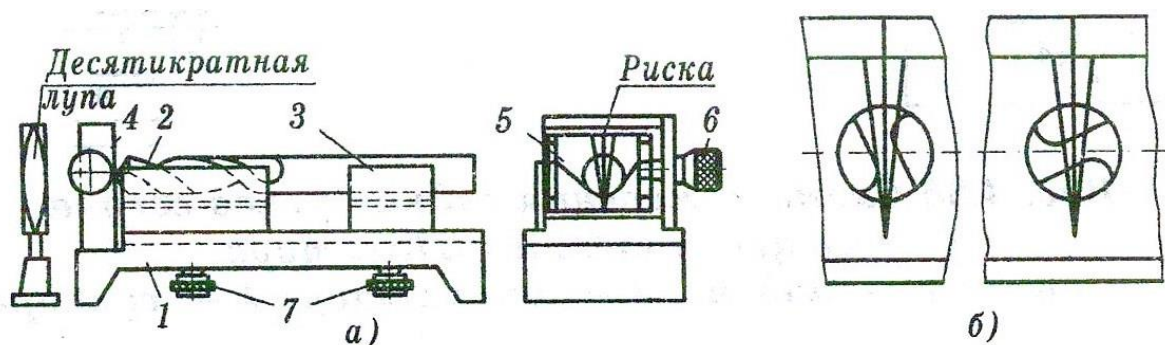


Рис. 7.16. Прибор для контроля положения перемычки спиральных свёрл после заточки:  
 а - схема прибора; б - схема контроля: 1 - корпус; 2 и 3 - призмы; 4 - стойка; 5 - визир;  
 6 - микрометрическая головка; 7 – гайка

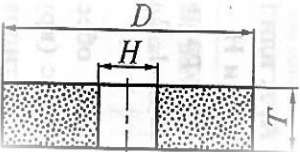
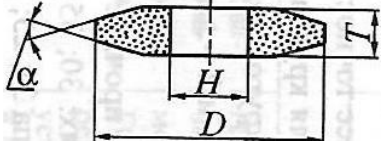
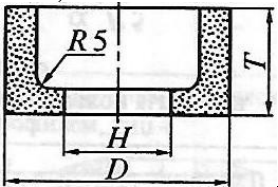
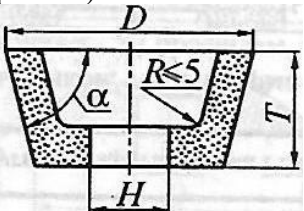
Сверло устанавливают в призмах 2 и 3 перемычкой к стеклу визира 5 так, чтобы она была параллельна основанию корпуса 1. Визир 5 перемещают при помощи микрометрической головки 6 до совпадения центральной линии на визире с риской на верхней части стойки 4. Через лупу с 10-кратным увеличением совмещают положение перемычки с рисками визира так, чтобы ось сверла проходила через середину перемычки, его поворачивают на  $90^\circ$ . Величину скоса перемычки определяют по шкале микрометрической головки 6 с ценой деления 0,01 мм.

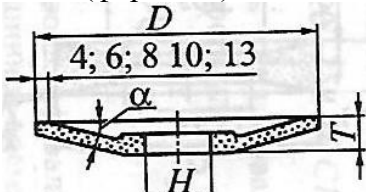
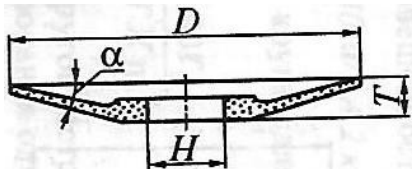
## 8. Назначение шлифовальных кругов и режимов затачивания

### 8.1. Шлифовальные круги общего назначения

В табл. 8.1. приведены типы и размеры шлифовальных кругов на керамической (К), бакелитовой (Б) или вулканитовой (В) связках по ГОСТ 2424—83.

8.1. Шлифовальные круги на керамической, бакелитовой, вулканитовой связках (ГОСТ 2424-83 (в ред. 1996 г.))

Круги, тип круга (форма ФЕРА)	D	H	T	Угол $\alpha$ , °	Область применения
<p>Плоские: прямого профиля, тип 1 (форма 01)</p> 	3...1060	1...305	6...200	-	<p>Круглое наружное шлифование изделий при <math>D &lt; 1060</math> мм. Круглое внутреннее шлифование отверстий при <math>D \leq 150</math> мм. Бесцентровое шлифование деталей при <math>D \leq 1060</math> мм. Плоское шлифование периферией круга. Заточка инструмента, резьбо-, шлице-, зубошлифование.</p>
<p>С двусторонним коническим профилем, тип 4</p> 	250...500	76...203	8-32	40: 60	<p>Заточка многолезвийных инструментов. шлифование зубьев шестерен, резьбошлифование</p>
<p>С коническим профилем, тип 3</p>	63...500	10...203	6...40	10...45	
<p>Чашечные: цилиндрические, тип 6 (форма 6)</p> 	40...300	13...150	25...100	-	<p>Заточка инструмента, плоское шлифование</p>
<p>Конические, тип 11 (форма 11)</p> 	50; 300	13...150	25...150	50...80	

Тарельчатые: Тип 12 (форма 12) 	80; 100; 125; 150; 200; 250	13; 20; 32	8; 10; 13; 16; 20; 25	15...25	Заточка и доводка передних поверхностей зубьев фрез, заточка червячных фрез, обработка зубьев долбяков
Тип 14 	100; 150; 200; 250; 300; 350	20; 32; 40; 127	10; 16; 20; 25; 40	15; 30; 45	
<b>Примечание.</b> Круги выпускаются из шлифовальных материалов зернистостью: электрокорунд (18А; 15А; 14А; 13А; 12АР) — 50—4, белый корунд (25А; 24А; 23А) и карбид кремния зеленый (64С; 63С) — 50—М10, хромотитанистый электрокорунд (94А; 93А; 92А; 91А) — 50—6, монокорунд (45А; 44А; 43А) и карбид кремния черный (55С; 54С; 53С) — 50—5.					

Твердость кругов — по ГОСТ Р 52587-2006, другие технические условия – по ГОСТ 2424-83. Класс точности кругов — АА, А или Б; зерновой состав — с индексами В и П для кругов класса АА; В; П и Н — для кругов класса А; В, П, Н и Д — для кругов класса Б; Классы неуравновешенности: 1 — для кругов класса АА; 1 и 2 — для кругов класса А; 1, 2 и 3 — для кругов класса точности Б.

Механическая прочность кругов должна обеспечивать работу при окружных скоростях: 30; 35; 40; 50; 60; 80 м/с (круг типа 1); 30; 35; 40; 50; 60 м/с (круг типа 3); 25; 30; 35 м/с (круги типов 36; 2); 20; 25; 30 м/с (круги типов 11; 6; 12; 14); 15; 25; 30; 35; 50 м/с (прочие).

Сравнение обозначений характеристик абразивных инструментов отечественного производства с обозначениями зарубежных стран приведено в табл. 8.2.

### 8.2. Сравнение обозначений характеристик кругов

Характеристика абразивного инструмента	Отечественное обозначение	Зарубежные страны
Степень твердости	Весьма мягкие ВМ1, ВМ2 Мягкие М1, М2, М3 Среднемягкие СМ1, СМ2 Средние С1, С2 Твердые Т1, Т2 Весьма твердые ВТ1, ВТ2 Чрезвычайно твердые Чт1, ЧТ2	Очень мягкие А, В, С, D, E, F Мягкие G, H, J, K Среднемягкие К, L Средние L, M, N, O Твердые P, Q, R, S Весьма твердые T, V Чрезвычайно твердые X, Y, Z

Структура	Плотная 1,2, 3, 4 Средняя 5,6,7,8 Открытая 9, 10, 11, 12	Плотная 0, 1, 2, 3 Средняя 4,5,6 Открытая 7. 8, 9, 10, 11, 12
Связка	Керамическая К Бакелитовая Б Вулканитовая В	Керамическая V Органическая В (Ва) Вулканитовая R (Re)

Маркировка кругов должна включать товарный знак предприятия-изготовителя, условное обозначение круга, окружную скорость круга, класс точности и класс неуравновешенности.

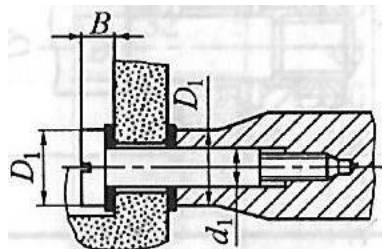
**Пример обозначения** круга типа 1 с размерами D=100, T=16 и H=20 из белого электрокорунда 25А, зернистостью 16, средней твердостью С1 и со средней структурой 7 на керамической связке К2 с рабочей скоростью 40 м/с класса точности А с неуравновешенностью по 2 классу:

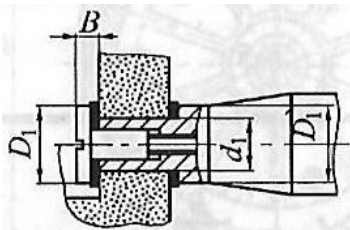
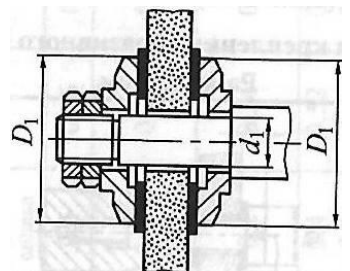
**1 100 x 16 x 20 25А 16 С1 7 К3 40 м/с А 2 кл. ГОСТ 2424-83**

Основные размеры элементов крепления шлифовальных кругов берутся по ГОСТ 2270-80 (табл. 8.3).

### 8.3. Элементы крепления абразивного инструмента

Размеры, мм

		Крепежное приспособление		
		Абразивный инструмент		
D	T	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	B, не более
До 10	До 13	3	4	3
» 12	» 15	4	6	4
» 15	» 20	5	8	
» 20	» 25	6	10	
» 25	» 25	10	12	6
» 35	» 32		16	
» 50	» 40	13	20	8
» 50	» 50	16	25	
» 70	» 63	20	32	

				
До 35	До 40	10	16	6
» 40	» 32	13	20	6
» 50	» 32	13	25	6
» 75	» 10	13	32	6
» 50	» 63	16	25	8
» 60	» 63	20	32	8
» 80	» 63	20	40	8
» 100	» 100	20	50	8
				
D	T	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	B, не более
До 35	До 32	10	16	-
» 60	» 13		20	-
» 80	» 100	20	32	-
» 100	» 100		40	-
» 125	» 50		50	-
» 150	» 40	32		-
» 200	» 32		80	-
» 300	» 5		100	-
» 500	» 5		1/5	-

Затупление зерен круга, засаливание круга и потеря геометрии рабочей части круга вызывает необходимость правки шлифовальных кругов. Правка шлифовальных кругов преследует две цели: придание режущей поверхности круга правильной формы и обновление зерен. Частота правки зависит от абразивного материала, твердости, зернистости, структуры, связки круга, а также от механических характеристик обрабатываемого материала, предъявляемых требований к чистоте и точности формы шлифуемой поверхности и от режимов шлифования. Более частая правка применяется при фасонном шлифовании, внутреннем шлифовании методом врезания и других специальных видах шлифования. Необходимость правки круга определяется и устанавливается практически в процессе работы: по виду стружки, искре, внешнему виду круга, прижоге шлифуемой поверхности и геометрическим размером детали. Стойкость шлифовальных кругов

ориентировочно может быть принята по табл. 8.4.

#### 8.4. Период стойкости шлифовальных кругов между двумя правками

Вид шлифования		Период стойкости рабочих кругов между двумя правками, мин
Круглое наружное шлифование	Методом продольной подачи на проход	40
	Методом продольной подачи в упор	30
	Методом врезания	30
	С одновременным шлифованием галтели	20
Бесцентровое шлифование	Методом продольной подачи на проход	60
	Методом врезания	30
Внутреннее шлифование		10
Плоское шлифование периферией круга на проход		25
Плоское шлифование периферией круга врезанием		10
Фасонное шлифование		10

### 8.2. Шлифовальные круги из сверхтвердых материалов

Типы, размеры и обозначения эльборовых кругов приведены в табл. 8.5, а алмазных – в табл. 8.6. Механическая прочность этих кругов должна обеспечивать работу при окружных скоростях до 50 м/с.

#### 8.5. Эльборовые шлифовальные круги ГОСТ 17123-79 (в ред. 1991 г.)

Размеры в мм

Тип	Форма круга	$D$	$H$	$T$
Чашечный конический	<p>12A2-45°</p>	50...200	16...51	20...50
	<p>12V5-45°</p>	50...160	16...32	20...35



Тарельчатый		15...200	16...201	10...23,5
		80...200	20; 32	10...20
		75...125	20; 32	10; 11,5
Плоский с двусторонним коническим профилем		50...400	16...203	5
<p><b>Примечание.</b> Эльборосодержащий слой кругов должен изготавливаться из эльбора марок: ЛО; ЛП; ЛД; ЛОМ; ЛОС, зернистостью 250/200 - 14/10; твердостью МЗ; СМ1; СМ2; С1; С2; СТ1; СТ2; СТ3; Т1; Т2 для кругов на керамической связке и 250/200 — 3/2 для кругов на органической связке. 3. Твердость остальных кругов определяется рецептурой</p>				

### 8.6. Алмазные шлифовальные круги ГОСТ 17123-79 (в ред. 1991 г.)

Размеры в мм

Тип	Форма круга	$D$	$H$	$T$
Чашечный конический с углом 45°		50...250	16...76	20...52
Чашечный конический с углом 70°		50...150	16...51	20; 32; 40

Тарельчатый с углом 45°		50...150	16...51	20; 25; 32; 40
Тарельчатый конической формы с углом 20°		50...250	10...51	6...23
Тарельчатый с углом 25°		50...150	16; 20; 32; 51	6; 10; 13; 16
Тарельчатый с углом 20° и наклонным алмазонасным слоем		32...150	10...51	5...16
Тарельчатый с углом 15° или 20° и алмазонасным слоем с обратной стороны		125...300	12; 51; 76	11...25
Плоский с двусторонним коническим профилем		40...400	6...203	5...15
<p><b>Примечание.</b> Алмазонасный слой кругов состоит из порошков алмазов марок и зернистостью: не органической связке АС2 160/125; АСМ (АСН) 5/3; АС4 200/160; АСМ (АСН) 5/3; АС6 250/200; АСМ (АСН) 5/3; на керамической связке А3 250/200 — АМ 5/3 (АН 5/3); АСЧ 200/160—АСМ (АСН) 5/3; на металлической связке А1; А2; А3 400/315— А1; А2; А3 400/315 — АСМ (АСН) 5/3; АС4 200, 160 — АСМ (АСН) 5/3; АС6 250/200 — АСМ (АСН) 5/3; АС15; АС20; АС32 400/315 — АСМ (АСН) 5/3.</p>				

Маркировка кругов диаметром более 200 мм из эльбора должна включать: товарный знак предприятия-изготовителя, тип, размер круга по ГОСТ 17123—79 ( в ред. 1993 г.),

марку эльбора, зернистость, степень твердости кругов на керамической связке, марку связки кругов на керамической связке К, окружную скорость круга (кроме 35 м/с) на керамической связке, относительную концентрацию эльбора (100 %-ная концентрация не маркируется}, номер партии (или круга), обозначение стандарта. В маркировку кругов диаметром менее 200 мм входят: зернистость, твердость, относительная 100 %-ная концентрация.

Концентрация зерен в абразивном слое является характеристикой режущей способности инструмента из эльбора и алмазного инструмента. За 100%-ную концентрацию принимается содержание 0,878 г (4,4 карата) зерен эльбора или алмаза в 1 см<sup>3</sup> абразивного слоя.

В промышленности находят применение инструменты с 25-, 50-, 75-, 100-, 125- и 150 %-ной концентрацией эльбора или алмаза. При маркировке алмазного инструмента концентрация обозначается цифровым индексом. Относительная 25 %-ная концентрация маркируется цифрой 1, 50 %-ная — цифрой 2, 75 %-ная — цифрой 3, 100 %-ная — цифрой 4, 125 %-ная — цифрой 5, 150 %-ная — цифрой 6. При маркировке инструмента из эльбора цифровой индекс должен соответствовать относительной концентрации (100 %-ная концентрация не маркируется).

Алмазные круги должны иметь маркировку, которая содержит: товарный знак предприятия-изготовителя, марку и зернистость алмазного порошка, относительную концентрацию алмазов, марку связки, номер круга, последние две цифры года изготовления.

Рекомендуемые зернистость и основные марки связок приведены в табл. 8.7 и 8.8. Области применения алмазных и эльборовых кругов различной формы приведены в табл. 8.9.

8.7. Рекомендуемая зернистость алмазных кругов для различных условий обработки

Вид и марка связки	Зернистость	Шероховатость обработанной поверхности $R_a$ , мкм		
		Торцовое шлифование и заточка	Плоское шлифование периферией круга	Круглое шлифование
Органическая: БП2, Б156, ТО2,	200/160— 100/80	0,63 — 0,16	1,0—0,32	1,0—0,32
Б2 (с металлическим наполнителем)	80/63 — 50/40	0,32—0,16	0,63 — 0,2	0,63 — 0,2
Б1, 01 (алмазы с покрытием)	125/100 — 50/40	0,32—0,10	0,63 — 0,16	0,8—0,2
Б1, Б3, БР, Р1, Р9, Р14Е (алмазы без покрытий)	125/100— 20/14	0,32 — 0,05	0,5 — 0,1	0,63—0,125
Металлическая:				
МВ1, ПМ1 (повышенной производительности)	200/160 — 125/100 100/80—80/63	10 — 0,32 0,5 — 0,16	1,25—0,63 1,0—0,32	1,25 — 0,63 1,25 — 0,4
МК, М15, М1, М (повышенной стойкости)	63/50 — 50/40 250/200— 125/100 100/80—80/63 63/50—50/40	0,32 — 0,16 1,0—0,32 0,5—0,16 0,32—0,16	0,63 — 0,16 1,25 — 0,63 1,0—0,32 0,63 — 0,16	0,63—0,32 1,25 — 0,63 1,25 — 0,4 0,63 — 0,32
Керамическая К1 Для электролитического шлифования:	160/125— 60/63	0,8—0,32	1,25—0,32	1,25—0,32
МВ1, ПМ1, МК, М15, М1, М (металлические)	200/160— 125/100 100/80 — 80/63	1,25—0,32 0,63—0,20	2,0—0,63 1,25 — 0,63	2,0—0,63 1,25 — 0,63
БП3 (органическая токопроводная)	160/125— 100/80 80/63 — 50/40	0,5—0,1 0,16—0,05	0,63—0,16 0,32 — 0,08	0,63 — 0,16 0,32—0,08

### 8.8. Основные марки связок для алмазного инструмента

Марка связки	Вид и материал связки	Наполнитель	
		Материал	Объемное содержание, %
Б1	<i>Органическая</i> Бакелит	Карбид бора	50
Б2		Железный порошок ПЖ1-ПМ5	75,8
Б3		Электрокорунд белый	55,2
		Препарат С1 (коллоидно-графитовый)	5
Б4		Карбид кремния зеленый	56,2
Б8		Барий сернокислый	46,6
		Тальк медицинский	18,6
БР		Резина дробленая	32,5
Б156	Карбид бора	10,0	
	Смесь порошков цветных металлов	40,0	
ПБ2	Пульвербакелит (ПБ)	Карбид бора Порошок меди и др.	10,0 40,0
КЛ	<i>Керамическая</i> Боросиликатное стекло	Керамический шамот	46
		Карбид бора	7,5
		Алюминий	8,5
М1, М1П, МО 16 МО 13 МО 37 МС15	<i>Металлическая</i> Смесь порошков меди, олова Смесь порошков меди, алюминия, цинка То же, но с кадмиевым порошком Смесь порошков меди, олова, хрома, кобальта	—	—

## 8.9. Рекомендуемые области применения алмазных и эльборовых кругов различной формы

Тип круга	Назначение
1A1 (специальный на металлической связке)	Бесцентровое шлифование твердосплавных материалов
A8	Обработка внутренних цилиндрических поверхностей
6A2; 9A3; 11A2, 12A2; 14V1	Заточка и доводка инструмента
11V9	Заточка и доводка фрез со вставными ножами
12V5	Заточка и доводка по задним поверхностям режущего инструмента со спиральным зубом
12R4	Заточка и доводка передней поверхности многолезвийного прямозубого инструмента
12D9	Заточка и доводка червячных фрез по передним поверхностям
14EE1X; 1D1; 1E1; 1E6Q	Шлифование и доводка фасонных поверхностей, шлифование резьбы
1FF1X; 1F1X; 14A1	Обработка стружколомающих канавок, шлифование фасонных поверхностей

По данным производителей шлифовальных кругов винтовые стружечные канавки режущего инструмента из цельных заготовок обычно изготавливают шлифовальным кругом с прямым профилем (типа 1A1 - для открытых профилей канавок) или с одноугловым профилем (типа 1V1, 12R4 - для закрытых и открытых профилей канавок), резьбообразующий профиль на зубе — двуугловым профилем (тип 14EE1, 1E1, 1E6Q и пр.).

Характеристики шлифовальных кругов, рекомендуемые для различных заточных и шлифовальных операций, встречающихся при изготовлении и заточке инструмента, приведены в табл. 8.10.

Ориентировочные режимы затачивания инструмента из быстрорежущей стали и твердых сплавов даны в табл. 8.11, а инструмента из сверхтвердых материалов на основе кубического нитрида бора — в табл. 8.12.

Затачивание разделяют на многопроходное, на глубинное и с врезанием. При многопроходном затачивании многозубого инструмента весь припуск снимается за несколько оборотов инструмента (с делением на зуб после каждого прохода, При глубинном затачивании припуск снимается за 1-3 прохода. Затачивание с врезанием осуществляют поперечной подачей круга с наложением в ряде случаев продольного (вдоль обрабатываемой поверхности) осциллирующего движения.

Затачивание нового инструмента производят, разделяя операцию на черновые, чистовые и доводочные переходы. Для обработки быстрорежущего инструмента используют

электрокорундовые (черновая обработка), а затем эльборовые (чистовая обработка) круги. Для обработки твердосплавного инструмента, соответственно – круги из карбида кремния, а затем алмазные круги.

Круги из карбида кремния при обработке твердосплавной пластины и стальной державки рекомендуется использовать при припуске более 0,5 мм и соотношении площадей шлифуемой державки и пластинки более чем 1:1.

Круги из электро- и монокорунда (на бакелитовой или вулкониновой связке) дают наибольший эффект при глубинном затачивании инструмента из быстрорежущей стали: затачивании сверл, вышлифовка канавок инструмента и т.п.

Круги из эльбора предназначены для глубинного, с обильным охлаждением, затачивания торцом круга и чистовых операций, на которых обеспечивают шероховатость до  $Ra = 0,16$  мкм.

Алмазные круги на металлической связке используют на черновых и получистовых (иногда и на чистовых) операциях, при вышлифовке стружечных канавок на твердосплавном инструменте, и на операциях электрохимического затачивания. Параметр шероховатости заточенных поверхностей  $Ra > 0,32$  мкм. Для чистового затачивания ( $Ra < 0,32$  мкм) служат круги на керамической (при одновременной обработке твердого сплава со сталью) или органической связках.

8.10. Рекомендуемые характеристики шлифовальных кругов при обработке различных инструментов

Изделие	Материал изделия	Операция обработки	Характеристика абразивных инструментов			
			Материал	Зернистость	Степень твердости (для инструментов из эльбора и алмаза (%— концентрация абразивных материалов)	Связка
Гребенки зуборезные	Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Обработка рабочей части зубьев: фасонное шлифование	91А; 23А; 24А	25—16	СМ1-СМ2	К
			ЛО	16—8	СМ1— С1 100 %	К
		затачивание	91А; 23А; 24А	25—16	М3— СМ1	К
			63С	6—5	М3— СМ1	Б
		доводка	ЛО	16—5	СМ2— С2, 100%	К
			ЛО	М14—М40	100%	Б
затачивание канавки	91 А; 23 А; 24А	16—12	GM2— С1	К		
Гребенки резьбовые круглые	То же	Круглое наружное шлифование	91 А; 23А; 24А	25—10	СМ2— С1	К
			Шлифование резьбы с шагом, мм; до 1 1-1,5 1,5—2,5 До 4	23 А; 24 А	М40— М28	С1— С2
		24А; 25 А		СМ2—С1		К
		24 А; 25А		5— М40		СМ1— СМ2
		24А; 25 А	6—5	М3— СМ1	К	
	10—6					



Долбяки зуборезные	То же	Плоское шлифование: торцом круга	91 А; 23А 91А; 23А ЛО 91А; 23А; 24А	50—40 40—25 16—8 25—16	М3— СМ1 СМ1 — СМ2 100 % СМ1— СМ2	К Б Б К
		Шлифование зубьев с модулем $m$ :				
		$\leq 1$	23А; 24А	10—8	СМ1—СМ2	К
		1...2	9 1А; 23 А; 24А	16—12	СМ2— М3	К
		3...4	91 А; 23А; 24А	25— 1G	М2—М3	К
		5...6	91А; 23А; 24А ЛО	40—25 16—8	М3— СМ1 СМ2, 100 %	К К
Затачивание	91А; 24А ЛО	40—25 12—8	М3— СМ1 100%	К Б		
Доводка	ЛО	6—5	100 %	Б		
Метчики	Сталь инструментальная углеродистая и быстрорежущая незакаленная Сталь инструментальная углеродистая и быстрорежущая закаленная  Сталь конструкционная углеродистая и легированная закаленная	Круглое обдирочное шлифование	14А; 15А	50—40	СТ2—СТ3	Б
		Плоское шлифование квадрата	15А; 91 А; 23А	40—25	С1— С2	К
		Затачивание по передней поверхности	ЛО	10—8	100 %	Б

Ножи вставные для разверток	Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Плоское шлифование: предварительное окончательное	91А;23А; 24А 14А; 15А ЛО	40—25 50—40 16- 5	М3— СМ1 СМ2— С1 СМ2— С2, 100 %	К Б К
	Твердый сплав	Затачивание Доводка Затачивание Доводка	91А; 23А; 24А 63С 63С; 64С АСР	25-16 0—5 25—36 80/63	СМ1— СМ2 С1-С2 СМ1— СМ2 100 %	К Б К Б
Ножи вставные для фрез	Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Плоское шлифование	91 А; 23 А; 24А 91 А; 23А;24Л	40—25 16—12	С1— С2 СТ1— СТ2	К К
	Твердые сплавы Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Затачивание Доводка	91 А; 23А; 24Л G3С; G4С АСР	40—25 25— 16 80/63	СТ1— СТ2 СМ1 -СМ2 100 %	К К Б
Плашки круглые	Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Плоское шлифование: периферией круга торцом круга Внутреннее шлифование Заточка	91А; 23А; 24Л 14 А; 15А 91А; 23А	40—25 50—40 20-12	СМ— С1 СМ2— С1 СТ1-СТ2	К Б К
Протяжки круглые	То же	Круглое наружное шлифование	91 Л; 24А; 25А 91 Л; 23А 24А	20—12 25—16 16—5	СТ1 — СТ2 СМ1— СМ2 СМ2, 100 %	К К К
		Шлифование шлицев	ЛО 43 А; 44 А ЛО	25—16 12—8	М3 – СМ2 СМ2— С2 100 %	К К К
		Обработки передней поверхности зубьев: затачивание	91А; 23А; 24А 43 А; 44 А ЛО ЛО 63С	25— 16 25—16 8—5	СМ2-С1 С1-С2 100 %	К К Б

		доводка		2—6 6—5	CM1-C1, 100% CM2-C1	К Б
Протяжки плоские	Сталь инструментальная быстрорежущая закаленная	Плоское шлифование  Затачивание передней и шлифование задней поверхности зубьев	91A; 23A; 24A 43 A; 44 A ЛО 91A; 23A; 24A ЛО	40—25 40—16 16—5 25—16 12—8	CM2-C1 M3—CM2 CM2—C2, 100 % CM2—C1 100 %	К К К К Б
Развертки	Сталь инструментальная и легированная закаленная       Твердые сплавы	Круглое наружное шлифование: предварительное окончательное  Плоское шлифование задних граней Обработка передних граней: затачивание  доводка Обработка передних граней:  заточка доводка	91 A; 23A; 24A 91A; 24A; 25A 43A; 44A 23 A; 24A  93A; 13A; 91A; 24A 43A ЛО ЛО  63C ACP	40—25 25—16 25—20 40—25  25—16  40-25 12—8 6—5  25—16 80/63	CM2—C2 CM2-C1 C1-C2 CM1—CM2  CM1—CM2  M3—CM1 100% 100 %  M3—CM1 100 %	К К К К  К  К Б Б
Резцы	Сталь конструкционная незакаленная	Заточка державки	14A; 15A; 93A	50—40	C1—C2	
Сверла	Сталь инструментальная углеродистая и быстрорежущая закаленная	Заточка рабочей части: предварительная окончательная	91A; 23A; 24A 91A; 23A; 24A ЛО	40—25 16 12-8	CM2—C1 CM1—CM2 100 %	

Фрезы торцовые со вставными ножами	Твердый сплав	Затачивание Доводка	63С; 64С АСР	25—16 125/100- 100/80	М3— СМ1 100%	К Б
	Сталь быстрорежущая закаленная	Плоское шлифование:  торцом круга периферией круга Внутреннее шлифование	23 А; 24 А	50—40	М3— СМ1	К
			91 А; 23А; 24 А	40—25	СМ1— СМ2	К
			91А; 24А; 24А	40—25	СМ1— СМ2	К
	Затачивание	23 А; 24 А	40—25	СМ1-СМ2	К	
	Доводка	ЛО	8—12	100 %	Б	
			63С	СМ2— С1	Б	
			ЛО	100 %	Б	
Фрезы червячные	Сталь быстрорежущая Закаленная	Плоское шлифование Внутреннее шлифование Шлифование профиля зуба Затачивание	93А; 14А; 15А	40-25	СМ1-СМ2	К
			91А; 23А; 24А	40—25	СМ1—СМ2	К
			23 А; 24 А	25—16	СМ2 - С1	К
			23 А; 24 А	25—16	СМ1— СМ2	К
			43А	40- 25	М3 – СМ1	К
			ЛО	8—12	100 %	Б
Фрезы шлицевые	То же	Шлифование профиля  Затачивание	91 А; 23А; 24А	16—12	СМ2— С1	К
			43А	25—16	М3— С1	К
			23 А; 24 А	40—25	С1 – С2	К
			43А	40—25	М3— СМ1	К
			ЛО	8—5	100 %	Б
			ЛО	12—6	СМ1— 01, 100 %	К

8.11. Режимы резания при затачивании инструмента

Материал обрабатываемого инструмента	Характеристики шлифовального круга		Режимы обработки					
			Скорость шлифования, м/с	Продольная и поперечная подача при шлифовании				
	Абразивный материал	Связка		многопроходном		глубинном		врезанием
				$S_{пр}$ , м/мин	$S_{поп}$ , мм/дв. ход	$S_{пр}$ , м/мин	$S_{поп}$ , мм/дв. ход	$S_{поп}$ , м/мин
Быстро-режущая сталь	Электрокорунд монокорунд	Керамическая	18—25	3—15	0,03—0,06	—	—	1—8
		Бакелитовая, вулканическая	40—80	—	—	0,3—2	0,2—2 *	—
	Эльбор	Органическая, керамическая	20—30	1-4	0,01 -0,03	0,05—1	0,2—0,5	—
	Алмаз	Органическая	15—20	0,5—1	0,005- 0,01	—	—	—
Твердый сплав	Карбид кремния	Керамическая, бакелитовая	6— 15	5—8	0,08-0,12	—	—	4—12
	Алмаз	Металлическая	15—20	2 - 3	0,05—0,08	0,01—0,5	0,2-1 **	0,5—4
		Керамическая	25— 35	1,5 -2	0,03—0,05	—	—	—
		Органическая	25—30	0,5—2	0,005—0,02	—	—	0,3—1

\* При вышлифовывании до 8 мм. \*\* При вышлифовывании до 5 мм.

8.12.Рекомендуемые режимы резания при затачивании и доводке резцов и державок фрез, оснащенных сверхтвердыми синтетическими материалами на основе кубического нитрида бора

Операция	Характеристика шлифовального круга, пасты	Скорость круга, м/с	Продольная подача, м/мин	Глубина резания, мм/дв. ход
Предварительная обработка корпуса (державки)	24А 25 СМ2 К	25	3	0,04
Затачивание по главной и вспомогательной задним поверхностям под углом $\alpha$	АГО 8СV63— 125/100- Б1. 100%	25	1	0,01—0,02
Заточка по передней поверхности под углом $\gamma$	АГО 80/63—125/100 Б1 100 %	25	1	0,01—0,02
Доводка передней поверхности под углом $\gamma$	АСМ 28/20— 14/10 Б1 100 % Паста АМ, АСМ 28/20—20/14	25 —	0,5 —	0,005 —
Доводка главной задней поверхности под углом $\alpha$ , вершины резца по радиусу $r$ и по вспомогательной задней поверхности под углом $\alpha_1$	АСМ 3/2 — Б1 100 % Паста АМ, СМ 28/20—20/14	25 —	0,5 —	0,005 —
Примечание. Затачивание и доводку рекомендуется производить с применением СОЖ				

## Литература

1. Флид М.Д. Повышение эффективности процесса шлифования твердых сплавов // М.: НИИМАШ, 1971. – 59 с.
2. Звягольский Ю. С., Солоненко В. Г., Схиртладзе А. Г. Технология производства режущего инструмента: учеб. пособие для вузов // М.: Высш. шк., 2010. – 333 с.
3. Григорьев С.Н., Гречишников В.А., Маслов А.Р., Схиртладзе А.Г. Инструментальное обеспечение интегрированных машиностроительных производств: учебник // Старый Оскол: «ТНТ», 2016. – 348 с.
4. Котельников В.К. Приспособления для изготовления металлорежущего инструмента // М.: Машиностроение, 1977. – 175 с.
5. Дибнер Л.Г. Справочник молодого заточника металлорежущего инструмента // М.: Высш. шк., 1984. – 160 с.
6. Палей М.М. и др. Технология шлифования и заточки режущего инструмента // М.М. Палей, Л.Г. Дибнер, М.Д. Флид // М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.