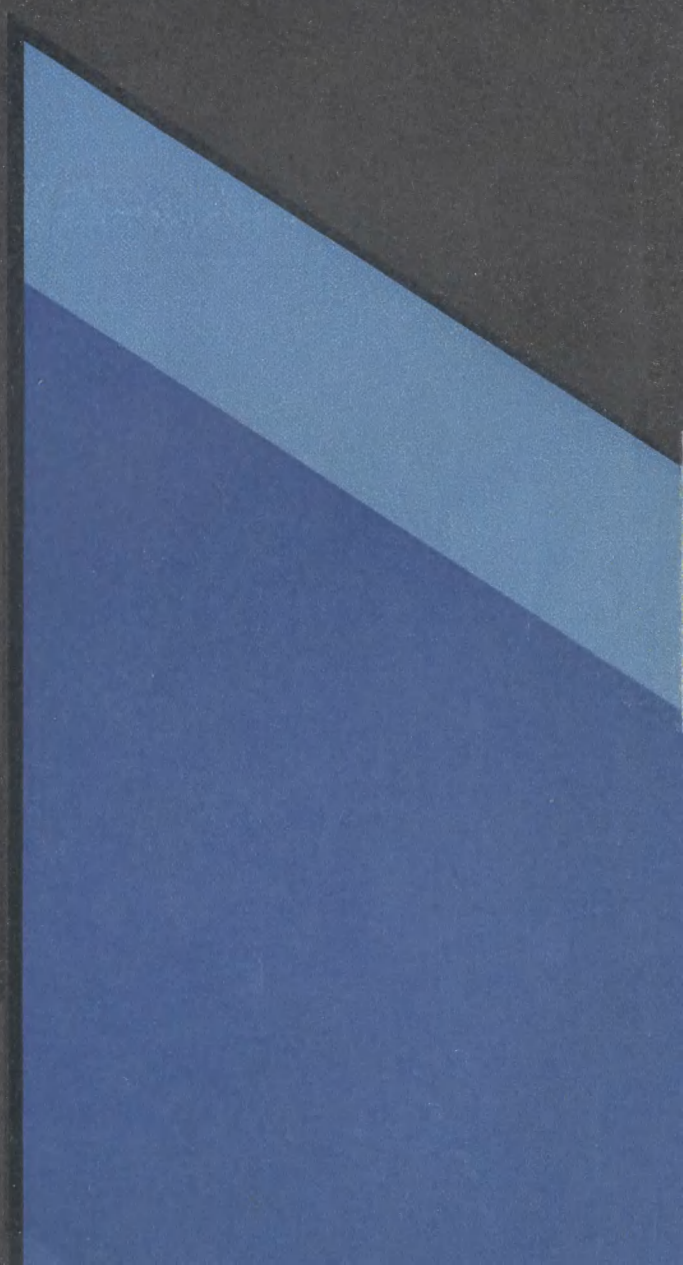


А. М. КАРАТЫГИН
Б. С. КОРШУНОВ

ЗАТОЧКА И ДОВОДКА ИНСТРУМЕНТА



А. М. КАРАТЫГИН,
Б. С. КОРШУНОВ

ЗАТОЧКА И ДОВОДКА ИНСТРУМЕНТА

ИЗДАНИЕ 3-е, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ



Москва
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1977



Scan AAW

6П4.6.08
К21
УДК 621.9.02.002

Редактор **инж. В. Р. Малиновский**
Рецензент **инж. М. Л. Черняков**

Каратыгин А. М., Коршунов Б. С.
К21 Заточка и доводка инструмента. Изд. 3-е, перераб и доп
М., «Машиностроение», 1977.

182 с.

В книге приведены данные о режущем инструменте, штампах, фильерах и пресс-формах, о материалах, из которых они изготавливаются, об оборудовании и приспособлениях, применяемых при изготовлении и эксплуатации указанных инструментов. Даны режимы шлифования, заточки и доводки. Рассмотрены вопросы технологии отделочных способов обработки (абразивной, электрон스크ровой, анодно-механической, электрохимической и ультразвуковой). Третье издание (2-е изд. 1963 г.) переработано с учетом достижений, современной технологии и дополнено новым материалом.

Книга предназначена для квалифицированных рабочих и мастеров машиностроительных заводов.

К $\frac{31304-135}{038(01)-77}$ 135-77

6П4.6.08

ПРЕДИСЛОВИЕ

В основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг. отмечается, что на основе проведения единой технической политики во всех отраслях народного хозяйства необходимо ускорить техническое перевооружение производства, широко внедрить прогрессивную технику и технологию, обеспечивающие повышение производительности труда и качества продукции, увеличение фондоотдачи, экономию материальных ресурсов, улучшение условий труда. Дальнейшее повышение качества продукции является одной из коренных задач развития экономики нашей страны. Проблема качества охватывает все стороны хозяйственной деятельности. Высшее качество — это сбережение труда и материальных ресурсов, рост экспортных возможностей, а в конечном счете лучшее, более полное удовлетворение потребностей общества.

Машиностроение является материальной основой технического перевооружения всего народного хозяйства. В десятой пятилетке должно быть увеличено производство станков, и в частности станков для шлифования и других финишных операций, а также станков электрофизического и электрохимического действия. Значительно должен быть улучшен и абразивный инструмент, предназначенный для обработки деталей из различных материалов. Операции шлифования, заточки и доводки режущего инструмента, деталей штампов, пресс-форм и фильер в конечном счете определяют качество изготовления инструмента, что влияет на его надежность и долговечность во время эксплуатации, особенно на станках-автоматах и станках с ЧПУ.

Под качеством обработки инструмента понимают не только шероховатость поверхности и режущей кромки инструмента, но и наличие на поверхности дефектных слоев с трещинами и прижогами. Некачественная обработка рабочих поверхностей инструмента, деталей штампов и фильер приводит к их повышенно-

му износу, а следовательно, и к минимальному сроку службы. Поэтому работники, занимающиеся вопросами изготовления и эксплуатации инструмента, должны решать задачи улучшения качества изготовления и восстановления инструмента в процессе обработки, увеличения производительности обработки, а также изыскивать новые способы отделочных операций.

В книге наряду с известными материалами, служащими для оснащения рабочих поверхностей режущих инструментов, рассмотрены новые высокопроизводительные стали и заменители твердых сплавов на основе титана, кобальта и т. п. Особое внимание уделено способам, с помощью которых наиболее высокопроизводительно и качественно можно обработать инструмент, оснащенный различными материалами. Лучшее и рациональное использование различных абразивных инструментов достигается на современном оборудовании, работающем на оптимальных режимах.

Глава I.

МАТЕРИАЛ, КОНСТРУКЦИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, ШТАМПОВ И ФИЛЬЕР

МАТЕРИАЛ ИНСТРУМЕНТА

Рабочие части режущего инструмента, штампов и фильер должны иметь высокие твердость при возможно меньшей хрупкости, износостойкость, особенно при больших давлениях и температурах, а также механическую прочность. Державки и корпуса режущих инструментов должны обладать большими ударной вязкостью и пределом прочности при изгибе.

Для изготовления режущих инструментов используют углеродистые и высоколегированные инструментальные стали, быстрорежущие стали и их заменители, металлокерамические твердые сплавы, минералокерамику, керметы, природные и синтетические алмазы. Для изготовления деталей штампов и прессформ применяют высоколегированные стали, жаропрочные и титановые стали и сплавы, металлокерамические твердые сплавы. Фильеры изготавливают из металлокерамических твердых сплавов и природных алмазов. Для державок и корпусов штампов и фильер применяют конструкционные углеродистые и легированные стали.

Основными показателями, по которым оценивают качество инструментальных материалов, являются твердость, предел прочности при сжатии и изгибе, ударная вязкость, красностойкость, теплопроводность, износостойкость и др. Кроме того, эти материалы должны обладать технологичностью (закаливаемостью, прокаливаемостью, минимальной склонностью к трещинообразованию, шлифуемостью и т. д.).

При шлифовании и заточке деталей из сталей температура в зоне резания резко возрастает, что вызывает изменение структуры поверхностного слоя шлифуемой детали, появление тепловых деформаций, остаточных напряжений, прижогов и трещин.

При шлифовании деталей из быстрорежущих сталей опасность появления трещин увеличивается, так как эти стали имеют меньшую теплопроводность по сравнению с углеродистыми и легированными. Под влиянием выделяющейся теплоты в поверхностных слоях происходят структурные превращения. В зависимости от скорости структурных превращений могут появиться либо микротрещины, либо глубокие трещины. На поверхности

детали появляются прижоги, которые уменьшают твердость и износостойкость поверхностного слоя детали и инструмента.

Различные инструментальные материалы имеют следующую твердость: быстрорежущие стали *HRA* 79—83; вольфрамокобальтовые твердые сплавы *HRB* 83—90; титановольфрамовые сплавы *HRB* 87—92; минералокерамика *HRB* 92—93. Красностойкость быстрорежущих сталей до 700° С, твердых сплавов 800—950° С и минералокерамики 1200° С.

Прочность при изгибе и сжатии указанных выше инструментальных материалов приведена в табл. 1, а их некоторые тепловые свойства — в табл. 2.

1. Прочность инструментальных материалов при изгибе и сжатии

Инструментальный материал	Предел прочности, кгс/мм ²	
	при изгибе	при сжатии
Быстрорежущая сталь	370—380	380
Твердые сплавы:		
вольфрамокобальтовые	110—200	300—350
титанокобальтовые	160	350—400
Минералокерамика	40—60	300—400

2. Тепловые свойства инструментальных материалов

Инструментальный материал	Коэффициент теплопроводности при 16° С, кал/(см·с·°С)	Теплоемкость, кал/°С	Коэффициент теплового расширения, мкм·10 ⁶
Быстрорежущая сталь	0,07	0,140	11,72
Твердые сплавы:			
вольфрамокобальтовые	0,141	0,045	6
титанокобальтовые	0,065	0,059	5
Минералокерамика	0,046	0,206	7,9—8,26

Из углеродистых инструментальных сталей изготавливают режущие инструменты, главным образом работающие на низких скоростях резания: развертки ручные и под конические штифты, плашки круглые и для трубных резьб, ручные метчики, зенковки, напильники, рашпили и надфили.

Наибольшее применение находят стали У10А и У11А, которые при термической обработке (закалке и отпуске) обладают твердостью *HRC* 61—65; эти стали применяют и при изготовлении матриц и пуансонов.

Заточка инструментов из углеродистой стали при рекомендо-

ванных режимах не представляет технологических трудностей. Однако повышенные режимы шлифования и заточки, особенно большие глубины снимаемого слоя и скорости круга, опасны для этого инструмента.

Режущие инструменты из углеродистой инструментальной стали выдерживают температуру не выше 250° С, при которой наступает полный отпуск стали и потеря режущих свойств. Поэтому местный перегрев и появление прижогов на режущих кромках инструмента при заточке делают его непригодным к работе.

Инструменты из углеродистых сталей изготавливают целиком, что облегчает их термическую обработку, шлифование и заточку. В некоторых случаях заточку осуществляют вручную.

Инструментальные легированные стали обладают более высокими режущими свойствами, чем углеродистые, из-за легирующих элементов.

Легированные инструментальные стали при нормальной термической обработке приобретают твердость *HRC* 60—64 и выдерживают температуру резания до 400° С, что позволяет изготавливать из них инструменты, работающие при более высоких режимах резания, чем инструменты из углеродистых сталей.

Легирующие элементы улучшают физико-механические и режущие свойства этих сталей, но отрицательно влияют на их обрабатываемость, в том числе на шлифуемость и затачиваемость абразивными и алмазными инструментами.

Из быстрорежущих сталей изготавливают почти весь режущий инструмент, для которого необходимы высокая износостойкость и длительное сохранение формы режущей кромки. Для экономии из этих сталей изготавливают лишь режущие части инструментов. Так, большинство резцов оснащают пластинками из быстрорежущей стали, приваренными к державкам из конструкционной стали. Пластинки из быстрорежущей стали также приваривают и к ножам фрез.

Инструменты со сложной кинематикой резания, работающие в напряженных условиях, а также инструменты, обрабатывающие детали из жаропрочных и труднообрабатываемых материалов, изготавливают из сталей P14Ф4, P18Ф2, P9K10, P18K5Ф2. Эти стали отличаются повышенным содержанием кобальта, ванадия и молибдена, и имеют сравнительно повышенную износостойкость. Однако детали из перечисленных сталей трудно шлифовать. При заточке инструментов из сталей P14Ф4, P18Ф2, P9K10 и P18K5Ф2 можно обеспечить ту же шероховатость поверхности, что и при заточке инструментов из сталей P9 и P18, но при меньшей глубине шлифования, и кругами из зеленого карбида кремния, а не корундовыми, заточка которыми вызывает глубокие структурные изменения в поверхностном слое. Для чистовой заточки режущего инструмента из быстрорежущих сталей и их заменителей применяют круги из эльбора.

При неблагоприятных условиях заточки (мелкая зернистость кругов, большая твердость, небольшая концентрация алмаза в круге) шлифовальными кругами на поверхности инструмента из стали могут появиться прижоги и трещины (глубиной от 0,01 до 0,5 мм), что в первом случае снижает твердость и микротвердость и во втором — вызывает скол режущей кромки инструмента.

По склонности к образованию дефектов на поверхности приведенные выше группы сталей располагаются в такой последовательности: быстрорежущие, вольфрамомолибденовые, вольфрамокобальтовые и вольфрамованадиевые.

Отличительной особенностью новых сталей с повышенным содержанием углерода является высокая вторичная твердость и красностойкость при относительно высоких механических свойствах и хорошей шлифуемости. Наиболее высокой твердостью ($HRC\ 68-68,5$) и красностойкостью характеризуются стали Р9М4К8 и Р12Ф2; наилучшая шлифуемость и карбидная неоднородность у стали Р6М5К5.

Металлокерамические твердые сплавы в виде пластин разной формы и размеров широко используют для оснащения режущих частей инструментов. Монолитные режущие инструменты изготовляют полностью из твердых сплавов (сверла, дисковые фрезы, торцовые, концевые и цилиндрические фрезы).

Твердые сплавы в основном делятся на две группы. Вольфрамокобальтовые (ВК) сплавы состоят из тугоплавких и твердых карбидов вольфрама (WC), связанных кобальтом. Их используют для оснащения режущего инструмента, предназначенного преимущественно для обработки деталей из чугуна, цветных металлов и пластмасс, а также для изготовления деталей штампов, пресс-форм и фильер. Вольфрамтитанокобальтовые сплавы (ТК) состоят из карбидов титана (TiC) и карбидов вольфрама (WC), связанных кобальтом. Сплавы этой группы применяют преимущественно в инструментах для обработки деталей из высокопрочных и пластичных сплавов. Кроме того, для обработки стальных деталей применяют инструменты твердых сплавов с присадкой тантала (ТТ7К12 и ТТ10К8Б). Вместо твердых сплавов этих марок используют низковольфрамовые и безвольфрамовые твердые сплавы.

Обладая высоким сопротивлением сжатию ($\sigma_{сж}=300\div 400\text{ кгс/мм}^2$), высокой твердостью, малым сопротивлением изгибу ($\sigma_{изг}=100\div 150\text{ кгс/мм}^2$), твердые сплавы сравнительно трудно шлифуются.

Инструмент с припаянными пластинами затачивают, как правило, раздельно: сначала державку, затем пластину. При небольшой обрабатываемой поверхности и отношении толщины пластины из твердого сплава к толщине стальной державки 1 : 1 державку и пластину затачивают одновременно алмазными кругами; при больших отношениях (1 : 2, 1 : 3) наблюдается боль-

шой износ кругов, и в этих случаях совместную заточку применять не следует.

Металлокерамические твердые сплавы применяют для изготовления рабочих частей штампов (матриц и пуансонов), а также пресс-форм и фильер (волокон). Основное отличие твердых сплавов, применяемых в этом случае, от твердых сплавов, используемых для режущего инструмента, заключается в повышенном содержании кобальта, что делает твердый сплав более износостойким, обладающим большей ударной вязкостью и сопротивлением изгибу. Заточка и шлифование деталей из этих сплавов проще, так как выбор характеристик кругов и режимов более широк и в то же время на поверхности деталей из этих сплавов в меньшей степени появляются дефекты (трещины, сетка трещин и т. д.).

Разработаны мелкозернистые вольфрамокобальтовые сплавы группы ОМ, которые предназначены в основном для инструмента, обрабатывающего детали из нержавеющей, жаропрочных и других труднообрабатываемых сталей и сплавов.

На качество заточки инструментов, оснащенных твердым сплавом, влияют факторы, связанные как с выбором характеристик кругов, так и режимов. Большая склонность к дефектам наблюдается при использовании твердых абразивных кругов (твердостью выше СМ1), кругов с мелким зерном (для абразивных зернистостью 10—16 и для алмазных зернистостью 50—40), и особенно при больших глубинах резания.

Характеристики кругов и режимы меньше влияют на сплавы группы ВК (более чувствительны сплавы ВК2, ВК3) и больше на сплавы группы ТК (более чувствительны сплавы Т30К4 и Т15К6). Глубина трещин может быть 1 мм для сплава Т15К6 и 0,7 мм для сплава ВК8, что может привести к сколам режущих лезвий инструмента (в большей степени это относится к шлифованию и заточке абразивными кругами, в меньшей — к алмазным кругам).

Минералокерамические инструментальные материалы (минералокерамика) по механическим свойствам значительно отличаются от металлокерамических твердых сплавов и не содержат дорогостоящих элементов: вольфрама, тантала, кобальта и т. д. Минералокерамика ЦМ332 не уступает по твердости и превосходит по износостойкости металлокерамические сплавы, но имеет низкие ударную вязкость, сопротивление изгибу и теплопроводность.

При резании металлов используют инструменты также из новых минералокерамических материалов — керметов, состоящих из керамики и металлов или керамики и карбидов металлов. Введение в состав минералокерамики металлов или карбидов металлов позволило несколько улучшить ее физико-механические свойства и в первую очередь повысить предел прочности при изгибе. Для керметов, представляющих систему Al_2O_3 — металл,

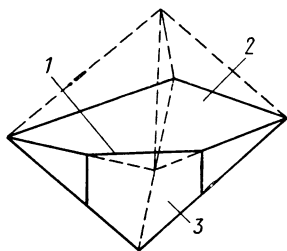


Рис. 1. Алмазная заготовка для резца:

1—режущая кромка; 2—передняя поверхность; 3—задняя поверхность

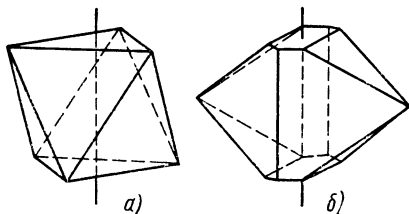


Рис. 2. Схема ориентации канала алмазных фильеры

наиболее благоприятными добавками являются молибден и хром или вольфрам и молибден.

Для чистовой обработки деталей из цветных металлов и их сплавов, а также пластмасс применяют резцы, оснащенные алмазом. Заточку резцов с последующей доводкой осуществляют алмазной пастой или алмазными кругами на металлической связке.

Для фильер применяют алмазы массой 3 кар. в зависимости от диаметра каналов. Каналы обрабатывают различными способами: ультразвуковым, электролитическим сверлением и доводкой с помощью алмазного порошка. Алмазную волоку закрепляют в стальном корпусе, который изготавливают из конструкционной стали.

При изготовлении режущей части резца из алмаза последний разрезают в мягком кристаллографическом направлении сеток куба и ромбододекаэдра. Передние и задняя поверхности алмазного резца должны быть расположены в сетках ромбододекаэдра (рис. 1). Эти сетки в алмазе являются более плотными и износостойкими, что способствует большей стойкости алмазного резца. Режущая кромка резца должна быть ориентирована таким образом, чтобы поверхности резца изнашивались сходящей стружкой и вращающейся деталью в твердом кристаллографическом направлении плоских сеток ромбододекаэдра. Эти же поверхности резца затачивают и доводят при восстановлении.

При изготовлении алмазных фильер наибольшую стойкость имеют волокна с каналом, направленным вдоль тройной (рис. 2, а) и двойной (рис. 2, б) оси симметрии кристалла.

КОНСТРУКЦИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Резцы. Основные и базовые поверхности при обработке деталей резцом показаны на рис. 3, а режущие части наиболее распространенных инструментов и поверхности, образующие режущие кромки, — на рис. 4.

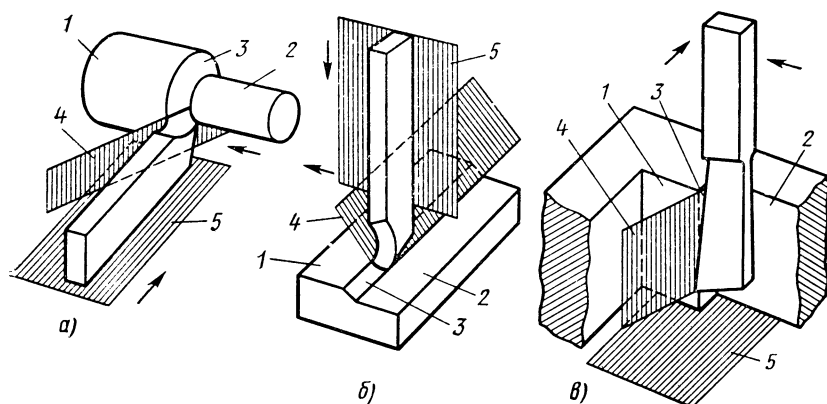


Рис. 3. Основные поверхности при обработке резанием:

а—при токарной обработке; *б*—при строгании; *в*—при долблении: 1—обрабатываемая поверхность; 2—обработанная поверхность; 3—поверхность резания; 4—плоскость резаний; 5—основная плоскость

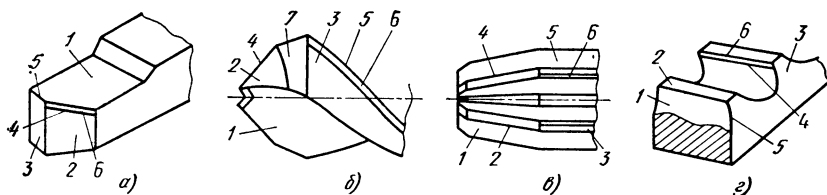


Рис. 4. Режущие элементы инструментов:

а—резцов; *б*—сверл; *в*—разверток; *г*—протяжек: 1—передняя поверхность; 2—главная задняя поверхность; 3—вспомогательная задняя поверхность; 4—главная режущая кромка; 5—вспомогательная режущая кромка; 6—плоская или цилиндрическая фаска и ленточка; 7—задняя поверхность переходных режущих кромок

Особенностью многих инструментов (резцов, сверл, разверток, протяжек и т. д.) является наличие на их режущих частях фасок и ленточек (у сверл и разверток). На резцах (рис. 4, *а*) они служат для упрочнения режущих кромок. Заточка и доводка плоских фасок не представляет трудностей, криволинейные ленточки получаются при изготовлении инструмента. На инструментах для обработки отверстий (сверлах, зенкерах, развертках) ленточки (рис. 4, *б* и *в*) обеспечивают направление этих инструментов в процессе резания. На зубьях фрез, протяжек (рис. 4, *г*) ленточки служат для обеспечения одинаковой высоты зубьев и равномерной их загрузки при работе.

Переходные режущие кромки получаются при пересечении главной и вспомогательной режущих кромок. Переходные режущие кромки могут быть прямолинейными и криволинейными. Заточка и доводка криволинейных кромок (рис. 5, *а*) связана с некоторыми трудностями (применением специальных приспособ-

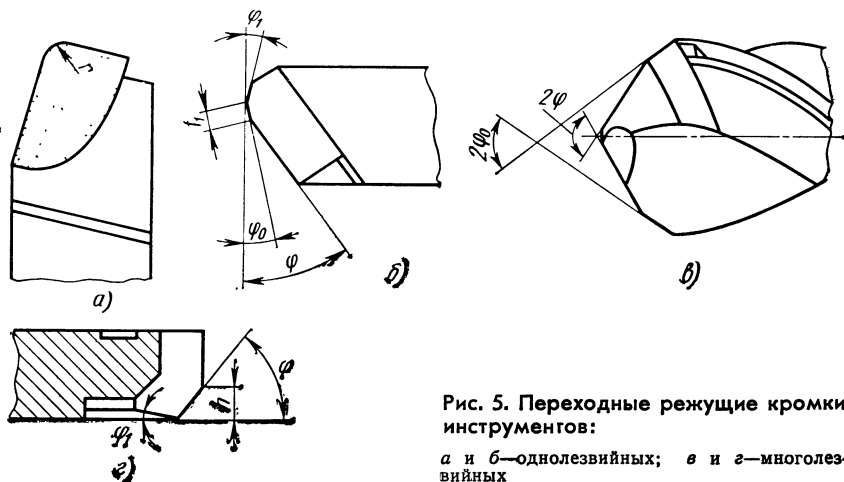


Рис. 5. Переходные режущие кромки инструментов:

а и *б*—однолезвийных; *в* и *г*—многолезвийных

лений). Чаще затачивают прямолинейные кромки (рис. 5, б, в, г) как резцов, так и многолезвийных инструментов.

Основные типы резцов приведены на рис. 6. Эти резцы изготовляют либо целиком, либо с приваренными пластинками из быстрорежущей стали. Широкое распространение имеют резцы с напаянными пластинками из твердого сплава или минералокерамики. Используют различные способы врезания напаянных пластинок из твердого сплава. Напайка пластин сопряжена с опасностью образования трещин, плохого припаивания пластинок к корпусу. Поэтому чаще применяют механическое крепление пластинок к державке и крепление с использованием сил, действующих на резец в процессе резания. Конструкции резцов при различных способах крепления пластинок приведены на рис. 7. Пластины резцов при механическом креплении затачивают только вне корпуса.

Резцы, оснащенные алмазом, применяют в основном для обработки деталей из цветных металлов. Резцами, оснащенными новым синтетическим сверхтвердым материалом — кубическим нитридом бора (торговое название эльбор), можно обрабатывать заготовки из стали и чугуна. Новые модификации кубического нитрида бора — гексонит-Р и гексонит-10 могут работать с ударами и при прерывистом резании. Конструкции таких резцов приведены на рис. 8. Заточку и доводку этих резцов осуществляют только алмазом.

В зависимости от условий обработки, назначения и материала резцов передняя поверхность имеет различную форму. Резцы из инструментальных сталей затачивают без образования фаски (рис. 9, а). Заточка фаски f вдоль главной режущей кромки (рис. 9, б) увеличивает прочность кромки, что имеет значение при обработке деталей из твердых материалов. Криволинейная

Исполнение I

Исполнение II

Исполнение I

Исполнение II

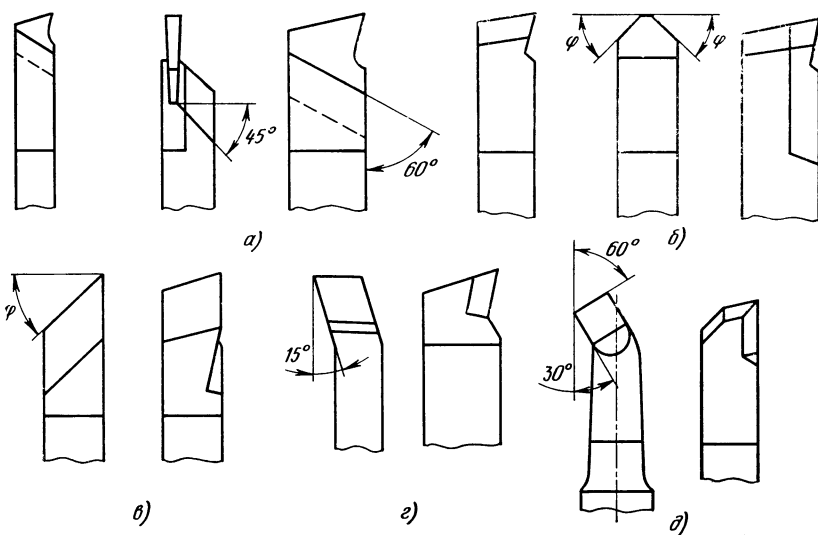


Рис. 6. Типы токарных резцов:

а—отрезные правые и левые; б—фасонные двусторонние; в—фасонные односторонние; г—подрезные правые и левые; д—расточные для сквозных отверстий

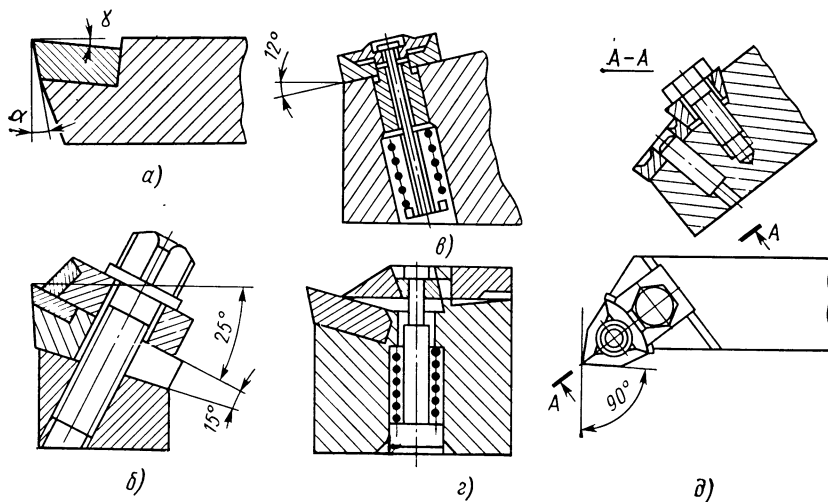


Рис. 7. Конструкции резцов при различных способах крепления режущих пластинок:

а—резец с напаянной пластинкой из твердого сплава; б—механическое крепление ножа с напаянной твердосплавной пластинкой; в—круглый резец с механическим креплением; г—крепление пластинок из твердого сплава в корпусе резца силами резания; д—конструкция резца с неперетачиваемыми пластинками

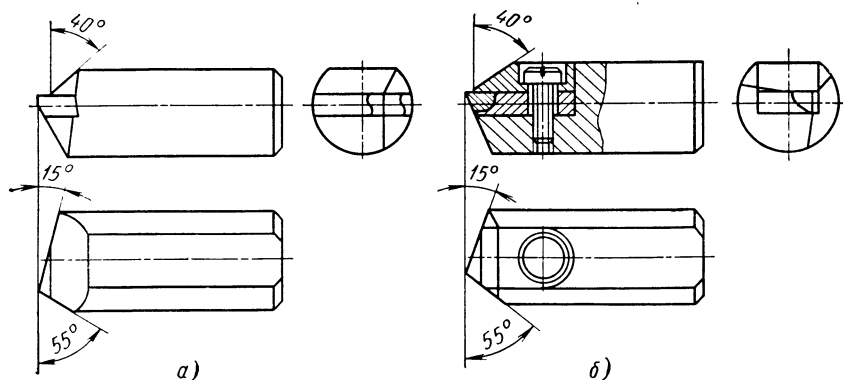


Рис. 8. Конструкции резцов, оснащенных алмазом:

а—с впаянным алмазом; б—с механическим креплением алмаза

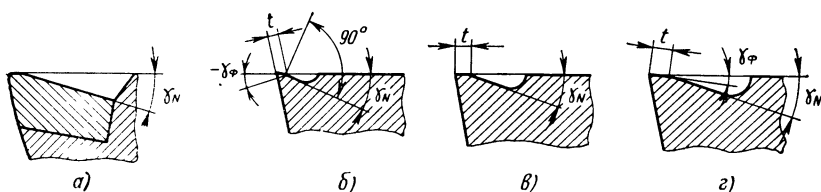


Рис. 9. Формы заточки передних поверхностей резцов из инструментальных сталей

форма передней поверхности с большим радиусом и фаской (рис. 9, в) не только увеличивает прочность кромки, но и облегчает деформацию стружки и ее отвод.

Заточка по криволинейным и нескольким поверхностям (рис. 9, б—г) несколько сложнее, чем заточка плоских поверхностей, однако на резцах из инструментальных сталей ее выполняют без особых затруднений.

У резцов из твердых сплавов такую заточку осуществить труднее. Переднюю поверхность резцов из твердых сплавов рассматривают в плоскости, перпендикулярной главной режущей кромке (рис. 10).

Отрицательные фаски и двойной передний угол служат для усиления режущей кромки и облегчения процесса заточки и особенно доводки, так как всю остальную переднюю поверхность уже не доводят. Лунка вдоль режущей кромки создает лучшие условия для завивания и ломания стружки.

Износ и последующее затупление режущих инструментов происходят вследствие трения стружки и обрабатываемой детали по контактным площадкам передней и задней поверхностей, пластического деформирования материала инструмента под влиянием

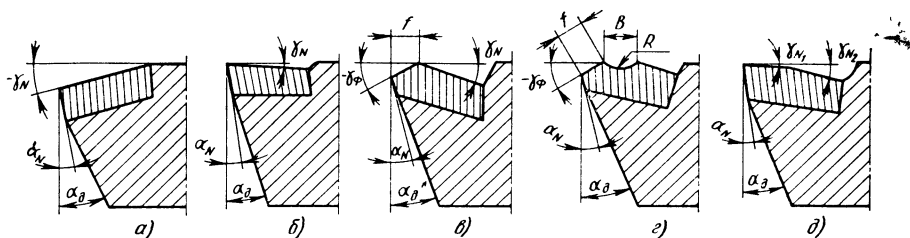


Рис. 10. Формы заточки передней поверхности твердосплавных резцов:

а—плоская с отрицательным углом γ_N ; б—плоская с положительным углом γ_N ; в—плоская с положительным углом γ_N и отрицательной фаской f ; г—комбинированная двойная с отрицательным углом α_ϕ ; д—комбинированная с положительными углами γ_{N1} и γ_{N2} .

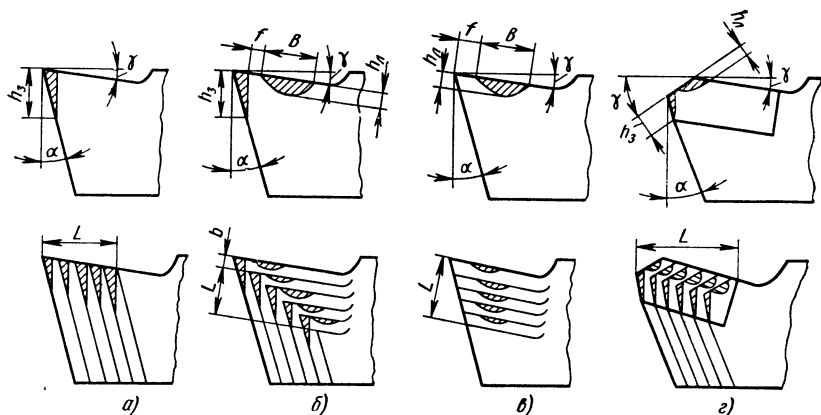


Рис. 11. Схемы износа и переточки резцов

янием теплоты резания и давления стружки, вырывания или выкрашивания мельчайших частиц. Выкрашивание режущей части инструмента крупными кусками рассматривается как его поломка.

Схема износа и переточки резцов приведена на рис. 11. В зависимости от материала детали, условий резания и материала инструмента отчетливо видимый износ происходит по задней (рис. 11, а) или передней (рис. 11, в) поверхности, или по обеим одновременно (рис. 11, б и г). Наиболее часто наблюдается износ по обеим поверхностям как у инструмента из стали, так и у инструмента из твердого сплава. В этом случае к моменту затупления на задней поверхности образуется фаска износа h_3 с углом $\alpha=0^\circ$, а на передней поверхности — лунка глубиной h_1 и шириной B . Моменту полного затупления резца соответствует разрушение полочки f . Изнашивается вся режущая часть резца, участвующая в работе (главная режущая кромка, вершина и вспомогательная кромка), но с разной интенсивностью. В наи-

большей степени изнашивается главная задняя поверхность около вершины резца.

Нормальный износ резца с пластинкой из твердого сплава по задней главной поверхности допускается 0,4—1,7 мм в зависимости от режимов резания и материала детали и инструмента. Износ по главной задней поверхности является лимитирующим, обеспечивающим наибольшее число возможных переточек инструмента.

Экономически целесообразный допускаемый износ устанавливают на основе учета практики машиностроительных заводов и научных исследований. Характер и величина допускаемого износа определяют величину стачиваемого слоя при переточках инструмента, а также схему переточки.

У подлежащего переточке режущего инструмента из твердого сплава пластинка не должна иметь сколы и выкрашивания. Инструменты из инструментальной стали не должны иметь отпущенной зоны ниже лунки или за площадкой износа по задней поверхности, так как наличие такой зоны вызывает необходимость удалить при заточке значительно больший слой, чем при нормальном затуплении.

Теоретически величина слоя, снимаемого при заточке инструмента, определяется износом в главной секущей плоскости, т. е. перпендикулярно режущей кромке. При заточке снимается слой, больший на величину припуска, который оставляется на устранение биения, зазубрин и доводку. Для резцов этот слой ориентировочно составляет 0,15—0,20 мм.

Толщину стачиваемого слоя определяют с учетом формы передней поверхности, величины износа по задней поверхности и углов α_n и γ_n .

Сверла. Для повышения производительности труда и удовлетворения возрастающих требований к качеству обработанных отверстий кроме стандартных сверл разработаны сверла новых конструкций, а также способы улучшения режущей части сверл для повышения их износостойкости и улучшения стружкообразования (ломания) и отвода стружки из зоны резания. Сверла различных конструкций и назначения приведены на рис. 12.

В процессе резания у сверл изнашиваются передние и задние поверхности, ленточки, уголки, поперечная кромка. В зависимости от условий сверления, материала сверла и материала детали изменяется характер и величина износа (рис. 13). При повышенном износе на ленточках образуются глубокие поперечные канавки, что вызывает необходимость стачивать значительную часть сверла для восстановления его режущих свойств. Большой износ по уголкам, образование цилиндрического или конического участков может привести к защемлению сверла в отверстии и его поломке. При заточке затупившегося сверла нужно сточить слой с расчетом полного удаления следов износа ленточек и уголков. Если это не будет сделано, то при дальнейшей работе

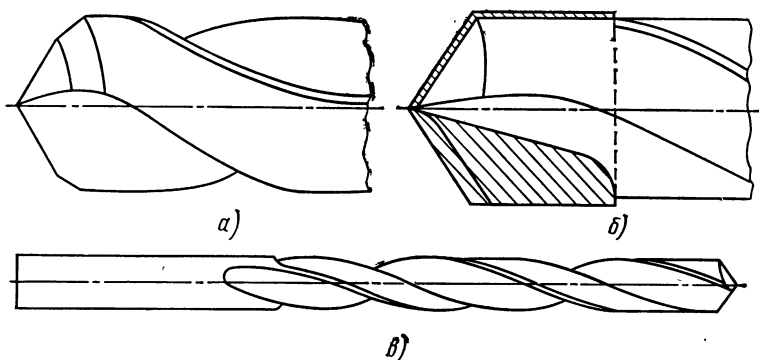


Рис. 12. Основные виды сверл:

а—с режущей частью из стали; б—с пластижкой из твердого сплава; в—мо-
нолитное твердосплавное

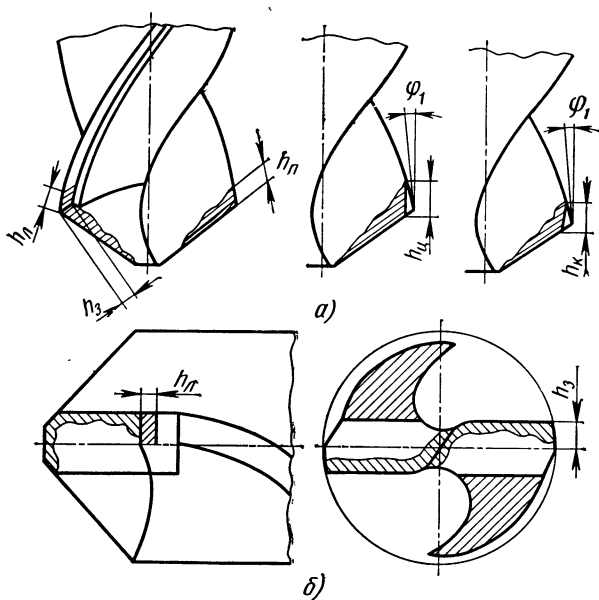


Рис. 13. Схемы износа сверла:

а—из стали; б—оснащенного пластинами из твердого спла-
ва: $h_{\text{л}}$ —износ по ленточке; $h_{\text{п}}$ —износ по передней поверхно-
сти; $h_{\text{ц}}$ —износ цилиндрического участка; $h_{\text{к}}$ —износ кониче-
ского участка

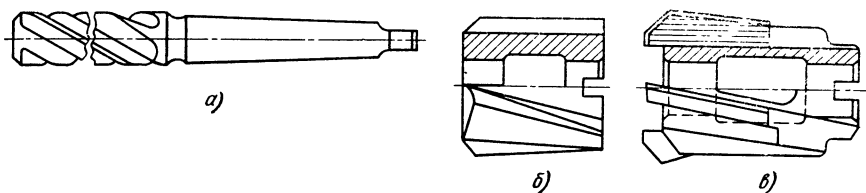


Рис. 14. Зенкеры из инструментальной стали:

а—трехзубый с хвостовиком; б—насадной цельный; в—четырёхзубый насадной со вставными ножами

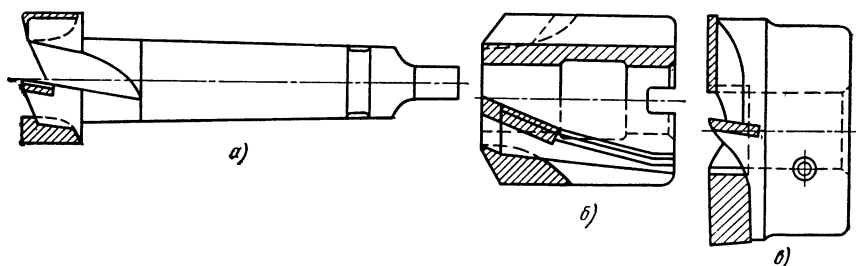


Рис. 15. Зенкеры, оснащенные пластинками из твердого сплава

износ ленточек увеличится и сверло снова станет непригодным к работе. Большой износ особенно опасен для сверл из твердого сплава, так как резко сокращает число возможных переточек пластины и может привести к ее выкрашиванию и поломке.

При нормальных условиях эксплуатации сверл принимают: 1) при сверлении деталей из стали износ по задней поверхности примерно $\frac{2}{3}$ ширины ленточки; 2) при сверлении чугунных деталей износ по уголкам в пределах 0,5—1,2 мм; 3) при сверлении чугунных деталей сверлами, оснащенными пластинками из твердого сплава, износ по задней поверхности 0,9—1,1 мм. Слой металла, удаляемый при заточке для сверл из быстрорежущей стали, — до 2,5 мм, а для сверл из твердого сплава — до 1,2 мм.

Зенкеры. В зависимости от назначения зенкеры изготавливают цельными, насадными и сборными (рис. 14). Рабочую часть цельных зенкеров диаметром 10 мм и выше делают из быстрорежущей стали и с помощью сварки соединяют с хвостовиком из конструкционной стали. Цельные зенкеры изготавливают полностью из инструментальной стали. Цельные хвостовые зенкеры с винтовыми канавками отличаются от сверл профилем стружечных канавок, расположением и числом режущих кромок. Зенкеры имеют три или четыре пера (зуба).

Зенкеры почти всех видов оснащают пластинками из твердых сплавов (рис. 15). Цельные зенкеры с коническим хвостовиком (рис. 15, а) изготавливают диаметром до 35 мм; со вставными

зубьями — больших размеров; насадные зенкеры (рис. 15, б) — диаметром 25—80 мм; торцовые зенкеры (рис. 15, в) — диаметром до 500 мм.

В процессе работы зенкер изнашивается (рис. 16): 1) по задним поверхностям, где образуются площадки с задним углом, равным 0° , шириной h_3 , достигающей ширины ленточки; 2) по передним поверхностям с образованием лунки; 3) по ленточке в виде поперечных проточек шириной h_4 ; 4) по уголкам с образованием цилиндрического или конического участков шириной h_5 .

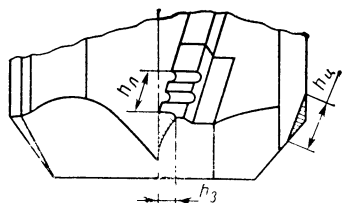


Рис. 16. Площадки износа зенкера из твердого сплава.

Лимитирующим износом, от которого зависит допускаемое зенкером число переточек, является износ по ленточкам. При обработке стали допускаемый износ по ленточке $h_4 = 1,0 \div 1,2$ мм, что соответствует износу по задней поверхности $h_3 \approx 0,60 \div 0,65$ мм. При обработке чугуновых деталей зенкерами из быстрорежущей стали изнашиваются уголки. Допустимый износ при этом $h_5 = 0,8 \div 1,5$ мм. Для зенкеров из твердого сплава величина допускаемого износа по задней поверхности составляет 0,7—1,0 мм при обработке стальных деталей и 1,0—1,6 мм при обработке чугуновых деталей. Так как зуб или пластинка расположены в корпусе под углом $\omega \approx 10^\circ$, то износ $h = 0,15 \div 0,35$ мм. Припуск на заточку 0,05—0,1 мм для зенкеров из твердого сплава и 0,1—0,15 мм для зенкеров из инструментальных сталей.

Развертки. Цилиндрические и конические отверстия 1—3-го класса точности в сталях из различных материалов обрабатывают развертками на станках и вручную (рис. 17). Режущие части этих разверток изготовляют из сталей У10А, У12А, 9ХС, Р18; хвостовые части и корпуса сборных конструкций — из сталей У7, 45, 40Х.

Развертки, оснащенные пластинками из твердых сплавов (рис. 18), изготовляют цельными, насадными, сборными с выдвижными и с привернутыми ножами. Развертки могут иметь рав-

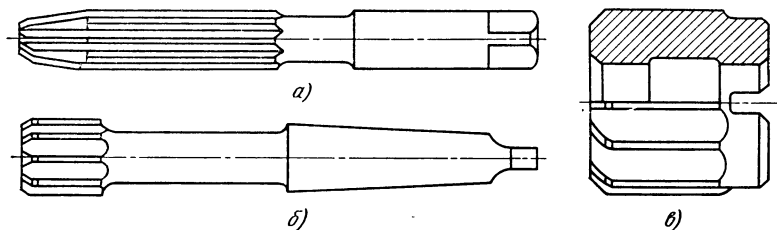


Рис. 17. Развертки из инструментальных сталей:

а—ручная; б—машинная; в—насадная машинная

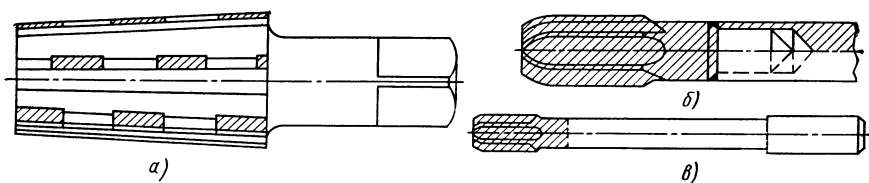


Рис. 18. Развертки, оснащенные пластинками из твердого сплава:

а—коническая с припаянными пластинками; *б*—развертки с напаянной режущей частью с помощью хвостовика; *в*—развертки с напаянной режущей частью встык

номерное и неравномерное расположение зубьев по окружности, причем последнее предпочтительнее, так как позволяет устранить огранку отверстия. Неравномерность шага зубьев не влияет на геометрические параметры затачиваемого зуба, если заточку выполняют в условиях базирования передней поверхности зуба на установленный упор.

Стойкость разверток оценивают следующими технологическими критериями: шероховатостью обработанной поверхности и точностью расположения поверхностей. Развертка считается затупившейся и подлежит переточке, если обработанные отверстия выходят за пределы поля допуска или когда шероховатость обработанной поверхности увеличивается по сравнению с шероховатостью, заданной техническими условиями.

Развертки изнашиваются по задним поверхностям режущей части, ленточкам и уголкам, а также в месте перехода от режущей части к калибрующей. Лимитирующим износом разверток считается износ по задней поверхности режущей части, величину которого принимают в качестве критерия затупления; лимитирующий износ для деталей из закаленной стали и чугуна 0,4—0,7 мм, а для деталей из незакаленной стали 0,3—0,35 мм.

Если на ленточках нет следов износа, то развертку затачивают по задним поверхностям. При появлении дефектов на ленточках или затуплении режущих кромок калибрующей части необходимо шлифовать развертки с получением меньших их размеров. При нормальном затуплении стачиваемый слой в осевом направлении определяется износом по задней поверхности режущих зубьев и геометрическими параметрами зубьев развертки.

Фрезы. Фрезерование является одним из распространенных и высокопроизводительных видов обработки резанием разнообразных поверхностей. В зависимости от конструкционных и технологических факторов фрезы разделяют: а) по конструкции зубьев (остроконечные, острозаточенные, затылованные); б) по виду поверхности, на которой расположены зубья (цилиндрические, торцовые, угловые, фасонные); в) по способу закрепления на шпинделе (концевые, насадные); г) по конструкции (цельные, составные, сборные); д) по форме зуба (прямые, винтовые); е) по форме обрабатываемой поверхности; ж) по направлению

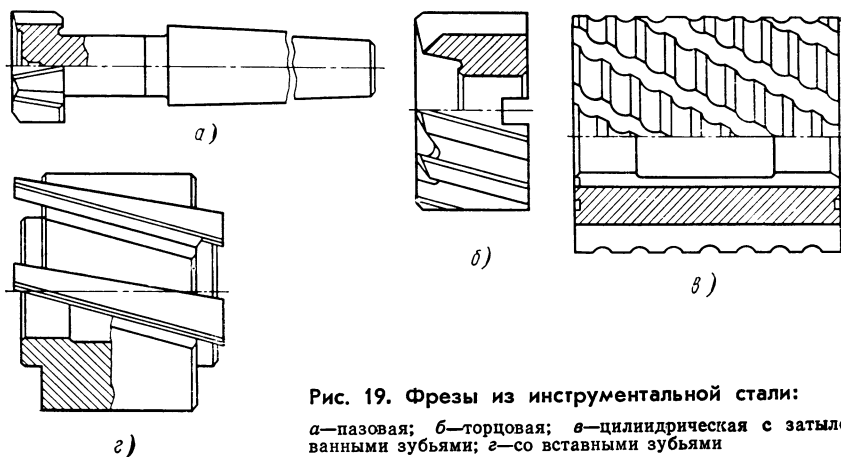


Рис. 19. Фрезы из инструментальной стали:

а—пазовая; б—торцовая; в—цилиндрическая с затылованными зубьями; г—со вставными зубьями

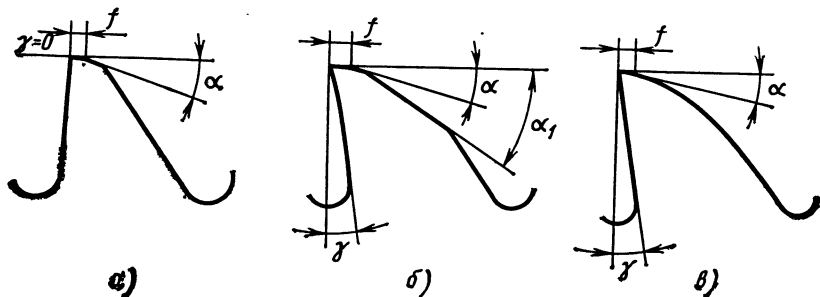


Рис. 20. Формы зубьев фрез из инструментальных сталей:

а—одноугловая; б—двухугловая; в—затылованная

винтовых канавок (правые и левые); 3) по направлению вращения (право- и леворежущие). Фрезы из инструментальной стали приведены на рис. 19, а формы их зубьев — на рис. 20. Фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава или коронками, изображены на рис. 21.

В зависимости от формы режущей части, материала инструмента и режима работы фрезы изнашиваются или по задним поверхностям, или одновременно по задним и передним поверхностям. Схема износа зубьев твердосплавных фрез дана на рис. 22. Наибольший износ по задней поверхности определяет величину слоя, стачиваемого при заточке. Износ по передней поверхности также влияет на величину стачиваемого слоя, особенно при необходимости сохранения положения режущей кромки в пределах тела пластинки из твердого сплава. В этом случае стачиваемый слой следует рассчитывать так же, как для резцов с отрицательными передними углами.

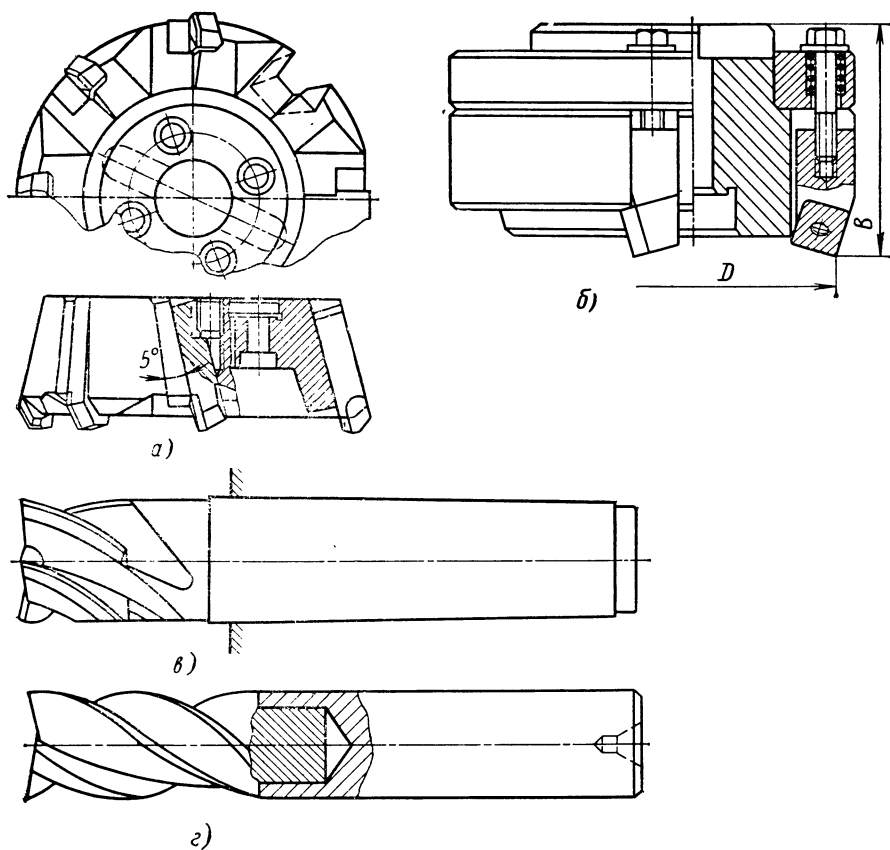


Рис. 21. Фрезы:

а—торцовая сборная; б—с многогранными пластинками; в—с винтовыми пластинками; г—концевая с насадной коронкой

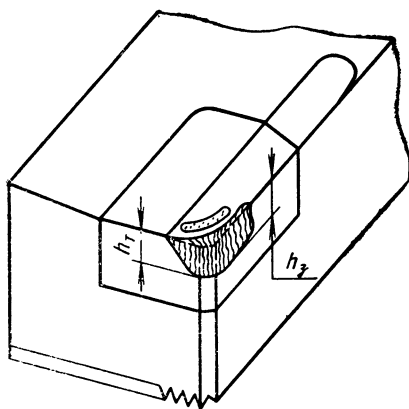


Рис. 22. Схема износа зубьев твердосплавных фрез, h_z — износ по задней поверхности; h_T — износ по торцу ножа.

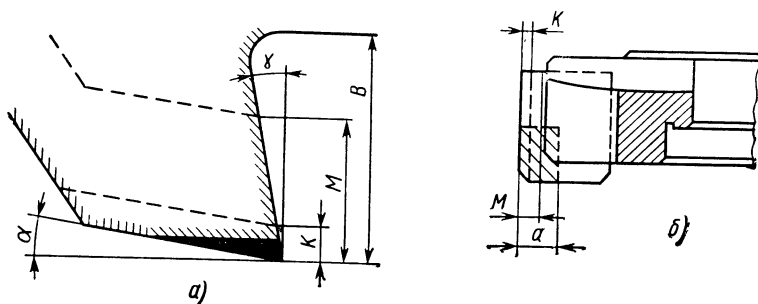


Рис. 23. Схемы стачиваемых слоев при износе фрезы:

а—цилиндрической из быстрорежущей стали; *б*—торцовой сборной с зубьями, оснащенными пластинками из твердого сплава

Зубья фасонных фрез изнашиваются преимущественно по задним поверхностям. Наиболее интенсивному износу подвергаются участки профиля зубьев с неблагоприятными условиями резания. Для обеспечения длительного использования фасонных фрез устанавливают сравнительно меньшие допустимые величины износа зубьев по задним поверхностям.

При определении слоя, стачиваемого за одну переточку, оптимальный критерий затупления принимают соответствующим наибольшему сроку службы инструмента. Число возможных переточек до полного износа фрез при износе задней поверхности зависит от вида фрез. У фрез с цельными незатылованными зубьями стачиваемый слой равен примерно половине высоты зуба B (рис. 23, *а*). У фрез с цельными затылованными зубьями с толщиной зуба B величина допустимого стачивания равна $0,7B$. У торцовых фрез со вставными ножами из быстрорежущей стали с глубиной паза H под вставной нож стачиваемый слой равен $0,5H$. У торцовых фрез со вставными ножами с напаянными твердосплавными пластинками стачиваемый слой M равен $0,5a$, где a — ширина твердосплавной пластинки (рис. 23, *б*).

Слой, стачиваемый за одну переточку (мм),

$$K = h_3 + e,$$

где h_3 — износ по задней поверхности, мм (нормальное затупление фрез); $e \approx 0,05 \div 0,10$ мм — припуск на заточку.

Зуборезные инструменты. Инструменты этого типа работают методами копирования (дисковые и пальцевые модульные фрезы; рис. 24), а также обкатки (червячные фрезы, долбяки, гребенки, резцы, шевера). Наиболее широкое применение имеют червячные фрезы и долбяки.

Червячные зуборезные фрезы изготавливают преимущественно из быстрорежущей стали. Фрезы больших размеров целесообразно изготавливать сборной конструкции со вставными зубьями-рейками из быстрорежущей стали. Разработаны также фрезы, осна-

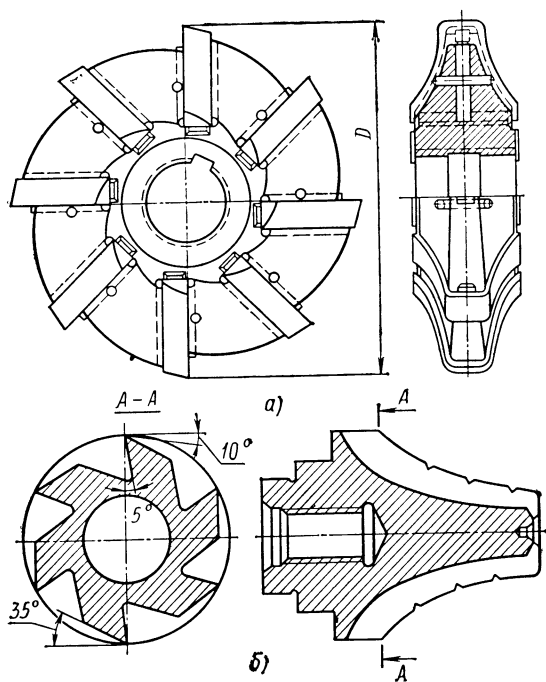


Рис. 24. Модульные фрезы:
а—дисковая сборная; *б*—пальцевая

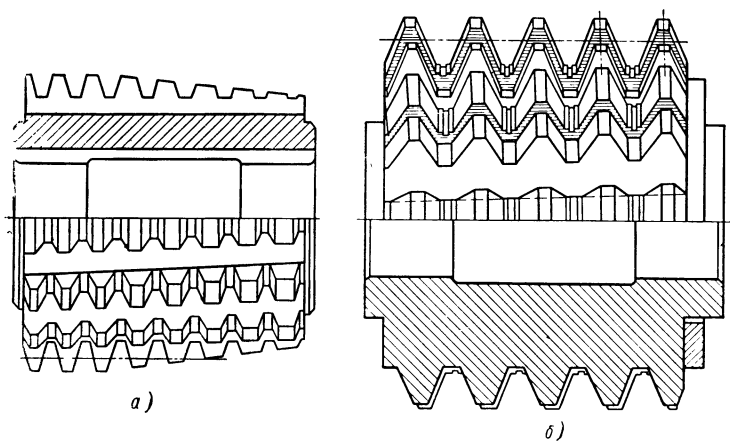


Рис. 25. Модульные червячные фрезы:
а—цельная; *б*—сборная с механическим креплением ножей

щенные твердосплавными пластинками, и монолитные фрезы мелких модулей. Фреза, изготовленная из быстрорежущей стали, приведена на рис. 25, а, а фреза со вставными зубьями или гребенками — на рис. 25, б.

Червячные фрезы изготовляют трех классов точности: А, В и С. Фрезы классов А и В предназначены для обработки зубчатых колес высших классов точности и имеют шлифованный профиль. В соответствии с классом точности фрез устанавливаются допуски на их изготовление и заточку.

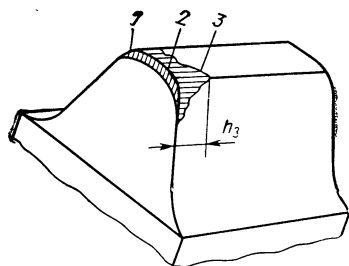


Рис. 26. Схема износа зубьев червячной фрезы

Фрезы из быстрорежущей стали имеют зубья, затылованные по архимедовой спирали, с радиальным расположением передних поверхностей, т. е. с передним углом $\gamma=0$. У черновых фрез угол γ может быть больше нуля. Профиль зубьев в виде прямолинейной рейки получается в осевом сечении. Угол подъема винтовой линии червяка ω изменяется в пределах $1^{\circ}13'—6^{\circ}31'$ для фрез модулей 1—20 мм; его величина зависит также от числа заходов фрезы.

Износ зубьев червячных фрез происходит по боковым поверхностям 3 (рис. 26), передним поверхностям 1 и режущим кромкам. На боковых поверхностях износ происходит интенсивнее, чем по вершинам. Износ по передним поверхностям характеризуется наличием лунки у вершин зубьев глубиной 0,05—0,06 мм.

К моменту затупления износ по боковым поверхностям оказывается в 3—5 раз больше износа по вершинам зубьев 2. Зубья червячной фрезы изнашиваются неравномерно вследствие неравномерной загрузки в процессе работы. Наибольшему износу подвергаются пять—восемь зубьев фрезы в средней части по ее длине, необходимость переточки определяется наибольшим износом одного—трех зубьев. Повышения стойкости червячных фрез и более равномерного износа всех зубьев добиваются путем перемещения их на рабочих оправках.

Нормальное затупление фрез лимитирует величина допустимого износа h_z по боковым поверхностям около вершины зуба, который принимается равным 1,2—1,6 мм при черновом и 0,2—0,35 мм при чистовом фрезеровании зубьев. Слой, стачиваемый за одну переточку, измеряют от вершины зуба в радиальном направлении.

Основные конструкции долбяков приведены на рис. 27. В основном их изготовляют из высоколегированных инструментальных сталей, но в последнее время освоено производство твердо-

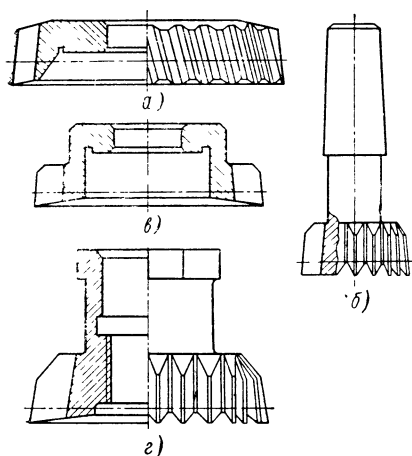


Рис. 27. Долбьяки:

а—дисковый косозубый; б—хвостовой;
в—чашечный; г—втулочный

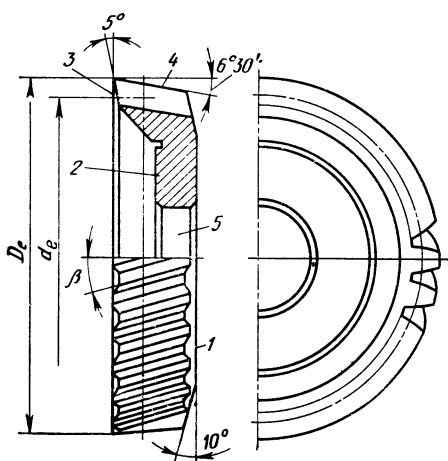


Рис. 28. Основные поверхности долбьяка:

1—внешняя опорная; 2—внутренняя опорная; 3—передняя; 4—задняя; 5—посадочное отверстие (D_e —диаметр выступов долбьяка, d_e —диаметр делительной окружности; β —угол наклона зубьев долбьяка)

сплавных долбьяков. Основные элементы долбьяка приведены на рис. 28. Заточку и переточку долбьяков осуществляют по конической передней поверхности. Профиль шлифуют по эвольвенте.

Передний угол долбьяка образован плоскостью, перпендикулярной к его продольной оси, и передней поверхностью. Для чистовых долбьяков всех типов передний угол равен 5° ; для черновых долбьяков передний угол может быть равен 10° . Из-за разной точности долбьяков и ограничения переднего угла дается жесткий допуск на заточку по передней поверхности: $\pm 0^\circ 10'$ для чистовых долбьяков и $\pm 0^\circ 30'$ для обдирочных долбьяков. Для уменьшения трения долбьяка о деталь предусмотрены задние углы на вершинах зубьев и на боковых сторонах. Толщина зуба по мере удаления от торца уменьшается.

Износ долбьяков происходит преимущественно по задним поверхностям зубьев. По передним поверхностям износ незначителен. Наибольший износ наблюдается на боковой поверхности зубьев вблизи вершины. Это обусловлено тем, что на боковых сторонах задний угол в 2—3 раза меньше, чем основной задний угол. Неравномерность износа объясняется тем, что по всей длине режущих кромок условия резания неодинаковые.

При нормальных условиях эксплуатации износ по задним поверхностям должен протекать без выкрашиваний и сколов режущих кромок и равномерно на всех зубьях долбьяка. Допуска-

емый износ должен быть 0,8—1,0 мм при черновой и 0,06—0,1 мм при чистовой обработке.

Все зубья долбяков затачивают по передней конической поверхности, а зубья косозубых долбяков — по передней поверхности каждого зуба. Переточка долбяка ограничена плоскостью $X-X$; в этом случае прочность остающейся части зуба становится уже недостаточной; кроме того, могут оказаться нарушенными условия получения правильного профиля и размеров зуба нарезаемого колеса.

Протяжки. Целые протяжки различного назначения (рис. 29) изготовляют из инструментальных сталей У12А, ХВГ, Р9 и Р18. По форме режущих элементов зубьев и методам заточки протяжки из стали и твердого сплава похожи. Заточку и переточку, как правило, производят по передним поверхностям.

Особое значение для нормальной работы протяжек имеют объем и профиль впадин между зубьями, которые рассчитывают из условий достаточно свободного размещения стружки.

Элементами зубьев протяжек, обеспечивающих их нормальную эксплуатацию, при переточке являются передние γ_N и задние α_N углы, а также подъем на зуб.

Режущие и калибрующие зубья протяжек показаны на рис. 30, а и б. Передний угол на режущей части затачивают в пределах $0-15^\circ$ в зависимости от свойств материала деталей, а на калибрующей части $\gamma_K = 0 \div 5^\circ$. Задний угол α_P назначают в зависимости от условий работы протяжки. Так, для внутреннего протягивания (круглые, шлицевые, шпоночные протяжки) на режущей части $\alpha_P = 2^\circ \div 3^\circ 30'$, а на калибрующей $\alpha_K = 0^\circ 30' \div 1^\circ$; для наружного протягивания $\alpha = 10^\circ$ на режущих и калибрующих зубьях. Шпоночные и пазовые протяжки на боковых сторонах зуба имеют задний угол $\alpha_1 = 0^\circ 30' \div 1^\circ$. На переходных кромках задний угол затачивают равным заднему углу по главной задней поверхности.

В зависимости от материала детали, условий работы (скорости резания, подачи на зуб, смазки и т. д.) и материала протяжки режущие зубья изнашиваются в основном по задним поверхностям или по задним и передним поверхностям одновременно. Износ калибрующих зубьев незначителен. Износ передних поверхностей невелик, и поэтому при заточке следует учитывать главным образом износ задних поверхностей. Этот износ неодинаков как по длине режущей кромки каждого зуба, так и по всем зубьям протяжки. Заточку необходимо осуществлять с учетом износа каждого зуба при условии сохранения принятого подъема на зуб. Стачиваемый слой должен быть минимально допустимым, обеспечивающим максимальное число переточек. Для протяжек различных типов рекомендуются следующие величины стачиваемого за одну переточку слоя с учетом допуска на заточку: для круглых 0,15—0,3 мм; для шлицевых, профильных и комбинированных 0,15—0,25 мм; для шпоночных 0,25—0,3 мм.

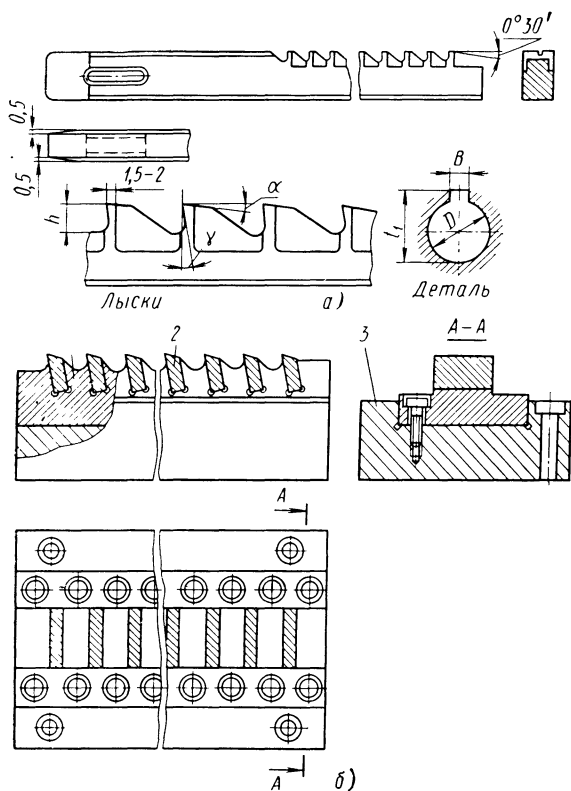


Рис. 29. Протяжки, изготовленные из инструментальной стали и твердых сплавов:

а—шпоночная из стали; б—плоская сборная твердосплавная: 1—колодка; 2—вставной зуб; 3—корпус протяжки

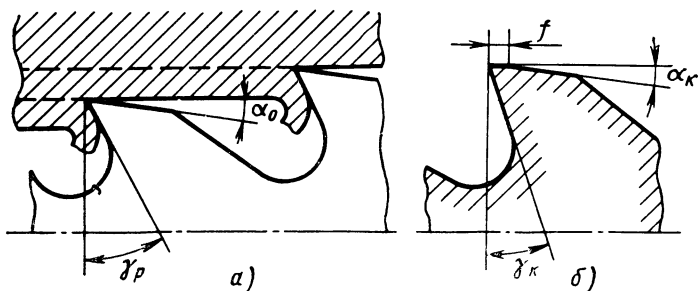


Рис. 30. Профили режущих и калибрующих зубьев протяжки

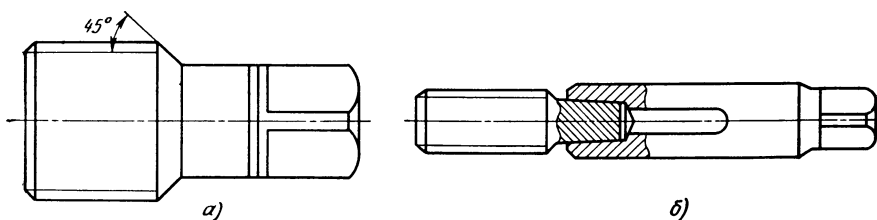


Рис. 31. Конструкции метчиков:

а—из стали (ручной); *б*—с режущей твердосплавной вставкой

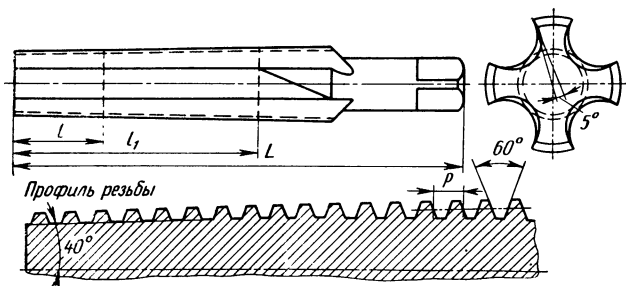


Рис. 32. Основные части и элементы метчика:

L —длина метчика; l —коническая часть заборного конуса l_1 метчика с углом $0^\circ 40'$; P —шаг резьбы

Метчики. Резьбу нарезают различными инструментами, среди которых метчики и плашки имеют конструктивные особенности, определяющие их эксплуатацию, износ и заточку.

Некоторые виды метчиков представлены на рис. 31. Рабочая часть метчика состоит из режущей и калибрующей частей (рис. 32). Наибольшую работу выполняет режущая часть метчика; калибрующая часть служит для зачистки резьбы и направления метчика в процессе резания. На рабочей части образовано несколько стружечных канавок и соответствующее число режущих перьев.

Профиль канавок определяет размещение стружки, прочность метчика и обеспечивает образование необходимого переднего угла. Наиболее распространенные профили стружечных канавок метчика приведены на рис. 33. При заточке по передней поверхности шлифовальный круг необходимо править в соответствии с профилем канавок метчика.

Угол λ наклона стружечных канавок метчиков является одновременно углом продольного наклона режущих кромок. Направление (правое, левое) канавок с углом λ позволяет обеспечить целесообразное направление выхода стружки. При левой винтовой канавке стружка выходит вперед, что удобно для нарезания сквозных отверстий; при правой канавке стружка отводится на-

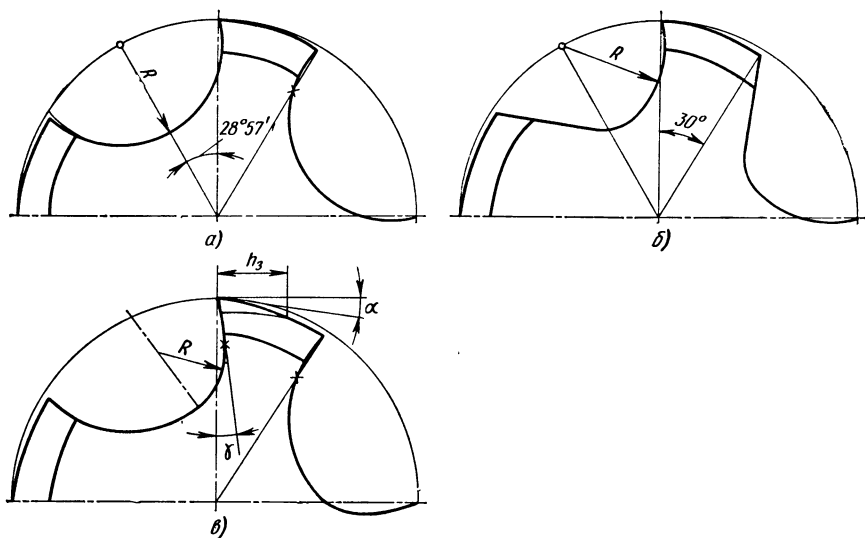


Рис. 33. Профили стружечных канавок:

а—канавка, полученная полукруглой фрезой; *б*—канавки гаечных метчиков; *в*—канавка с прямолинейной режущей кромкой, полученная заточкой

зад, что необходимо для нарезания глухих отверстий. У метчиков с прямыми канавками иногда срезают конец пера под углом λ , что также позволяет при нарезании сквозных отверстий направить стружку вперед.

Зубья режущей части метчика изнашиваются преимущественно по задним поверхностям, при этом наиболее интенсивно зубья, непосредственно прилегающие к калибрующей части. Зубья калибрующей части также изнашиваются. В связи с этим метчики затачивают по передним (под зубом) и по задним поверхностям режущей части. Если износ на калибрующей части отсутствует, можно ограничиться только заточкой по задним поверхностям режущей части.

Для метчиков различного назначения и размеров допустимый износ по задним поверхностям

$$h_3 = x d_0,$$

где d_0 — наружный диаметр метчика, мм; x — коэффициент, принимаемый равным 0,125 для автоматных метчиков; 0,05 — для гаечных метчиков; 0,125 — для машинных метчиков при нарезании резьбы в стальных деталях; 0,07 — для машинных метчиков при нарезании резьбы в чугунных деталях. Например, для гаечного метчика диаметром 20 мм допустимый износ по ширине пера составит 1 мм.

Плашки. Различные виды плашек применяют как при ручном, так и при машинном нарезании резьбы. Наиболее простыми

и распространенными являются круглые плашки (рис. 34). В крупносерийном и массовом производстве применяют резьбонарезные головки со вставными гребенками. Заточку и переточку осуществляют по передним поверхностям (по выкружкам) на специальных станках. Наибольшему износу подвергаются режущие элементы на заборном конусе и элементы на первом витке резьбы калибрующей части. Затупившиеся плашки затачивают по передним поверхностям. В стружечное отверстие круглой плашки вводят шлифовальный круг, диаметр которого меньше диаметра отверстия. Плашку устанавливают на столе станка типа МФ-27А и вручную прижимают передней поверхностью к кругу. При этом круг получает возвратно-поступательное движение. Слой, стачиваемый за одну переточку, определяется допускаемым износом $h_3 = 0,1 \sqrt{d_0}$, где d_0 — диаметр нарезаемой резьбы.

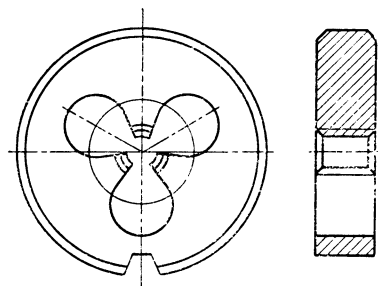


Рис. 34. Круглая плашка

Более производительным резьбонарезным инструментом являются резьбонарезные головки. Плашки к резьбонарезным головкам бывают радиальными, тангенциальными и круглыми. Эти плашки перетачивают только по передним поверхностям. Круглые плашки обладают преимуществом перед плоскими, так как допускают большее число переточек, чем и объясняется их более широкое распространение.

КОНСТРУКЦИЯ И ГЕРМЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ШТАМПОВ

Штампы различают в зависимости от оборудования и выполняемых операций (для горячих штамповочных прессов, для обрезных прессов и т. д.). По совмещенности операций штампы разделяют на простые (однооперационные) и комбинированные (многооперационные). Комбинированные штампы подразделяют по характеру совмещения операций во времени на штампы последовательного действия, совмещенного действия и последовательно-совмещенного действия. Кроме того, штампы подразделяют по конструктивному признаку. Наиболее характерными штампами, которые могут быть отнесены к режущим, являются вырубные, обрезные, прошивочные, применяемые при листовой штамповке.

Стойкость штампов, изготовленных из углеродистых инструментальных сталей У9А, У10А и У11А, составляет около 10—40 тыс. деталей. Применение легированных сталей, а также методов химико-термической обработки позволяет повысить стой-

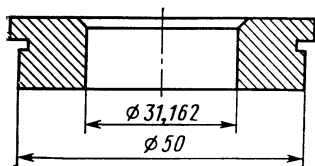


Рис. 35. Твердосплавная матрица штампа 54ШТС:

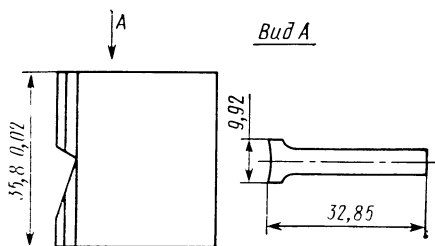


Рис. 36. Секция твердосплавной матрицы штампа ШТ-600

кость штампов до 25—100 тыс. деталей. Рабочие части штампов (матрица и пуансон) из твердых сплавов позволяют повысить их стойкость в 50 раз по сравнению со стальными. Матрица, предназначенная для вырубки и высадки круглых деталей, приведена на рис. 35. Форма пуансона аналогична форме отверстия матрицы. Вырубные матрицы, как и пуансоны, бывают более сложной формы. Так как монолитные твердосплавные матрицы, особенно сложной формы, целиком изготовить трудно, их делают разъемными. Секция твердосплавной матрицы штампа ШТ-600 показана на рис. 36. Рабочие твердосплавные детали матриц запрессовывают в корпус с натягом. Матрицы обрабатывают до запрессовывания алмазными кругами и пастами, а также электрофизическими и электрохимическими способами. Пуансоны могут быть изготовлены целиком из стали или твердого сплава.

Их рабочая часть может быть также приварена или напаяна на стержень пуансона.

Матрицы имеют плоскую рабочую поверхность в виде конуса (рис. 37, а, б) с поднутрением для выхода пуансона из пробиваемой детали, в то время как пуансон может иметь рабочую поверхность с поднутрением (рис. 37, в), вогнутую (рис. 37, г) или выпуклую (рис. 37, д) и с наружным скосом (рис. 37, е). Рабочие поверхности матрицы и пуансона перетачивают по мере их износа. Обрабатывать пуансон значительно легче, чем матрицу.

Штампы, предназначенные для объемной штамповки, с простым и сложным профилем

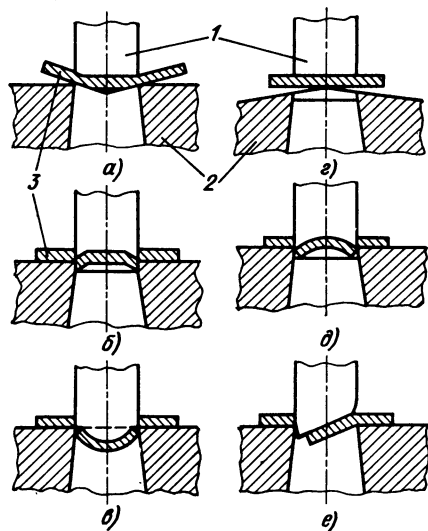


Рис. 37. Формы матрицы и пуансона штампа:

1—пуансон; 2—матрица; 3—лист

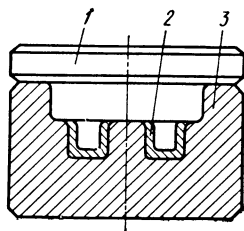


Рис. 38. Пресс-форма прямого прессования:

1—пуансон; 2—деталь;
3—матрица

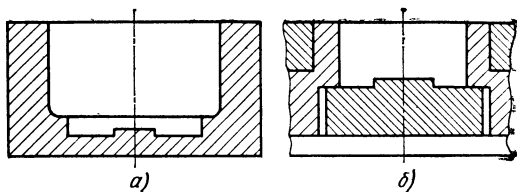


Рис. 39. Конструкция цельных (а) и сборных (б) матриц пресс-формы.

рабочей части напоминают пресс-формы. Пресс-формы прямого прессования простые (рис. 38). Конструкции цельных и сборных матриц пресс-форм приведены на рис. 39. Рабочие части изготовляют из углеродистых инструментальных или хромоникелевых сталей. Пресс-формы предназначены не только для получения деталей из цветных металлов и сплавов, пластмасс и т. д., но также для изготовления алмазных кругов. Матрицы таких пресс-форм делают сборными. В зависимости от формы и материала матрицы пресс-форм их изготовляют различными способами: абразивными или алмазными, электрофизическими или электрохимическими. Инструмент для изготовления деталей пресс-форм и режимы обработки выбирают так же, как при обработке деталей штампов.

КОНСТРУКЦИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФИЛЬЕР

Фильеры применяют для изготовления различного рода профилей волочением. Они могут быть изготовлены из высоколегированных инструментальных сталей, твердых сплавов и природных алмазов. Фильеру запрессовывают или закрепляют в корпусе (оправе), изготовленном из хромистой или хромоникелевой

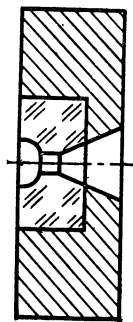
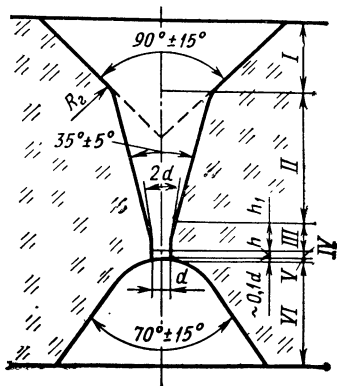


Рис. 40. Алмазная фильера

Рис. 41. Герметические параметры алмазной фильеры:

I—входная распушка; II—смазочный конус; III—рабочий конус; IV—калибрующая зона; V—обратный конус; VI—выходная распушка



стали. Преимущество твердосплавных фильер по сравнению со стальными заключается в том, что они обладают большей стойкостью и обеспечивают большую точность обрабатываемых деталей.

Тонкую проволоку высокой точности лучше изготавливать с помощью фильер из природных алмазов. Стойкость алмазных фильер при изготовлении проволоки диаметром 0,2—0,39 мм составляет 12—20 тыс. км, а стойкость твердосплавных фильер 25—40 км. Кроме того, применение алмазных фильер (рис. 40) при производстве тонкой проволоки на 25—30% повышает производительность волочильных машин.

Геометрические параметры канала фильеры приведены на рис. 41. Размеры h , h_1 и $2d$ зависят от того, для каких работ предназначена фильера: ОМ — холодного волочения для очень мягких металлов (цинка, алюминия); М — для холодного волочения мягких металлов (меди, серебра и т. д.); П — для холодного волочения полутвердых металлов и сплавов (бронзы, латуни и т. д.); Т — для холодного волочения твердых металлов и сплавов (вольфрама, никрома и т. д.).

Глава II

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВ И ФИЛЬЕР

АБРАЗИВНО-АЛМАЗНАЯ ОБРАБОТКА

Шлифование, заточка и доводка всухую и с подачей рабочей жидкости (поливом). Абразивно-алмазную обработку осуществляют с помощью шлифовальных кругов, брусков, паст и т. п. Под шлифовальными операциями принято понимать обработку разнообразных поверхностей, включая также профильную обработку с использованием абразивных материалов. Под заточкой понимают обработку рабочих поверхностей режущего инструмента, а под доводкой — окончательную их обработку.

При обработке без охлаждения (шлифованием, заточкой и доводкой) в качестве инструмента используют круги из электрокорунда или эльбора (при обработке стальных деталей) и из зеленого карбида кремния или алмаза (при обработке деталей из твердых сплавов). При доводке применяют в основном круги на бакелитовой связке, а также пасты из карбида кремния, карбида бора, алмазных порошков и эльбора.

При обработке с охлаждением (шлифованием и заточкой) применяют различные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Жидкость АВК-1 (0,2% триэтаноламина; 0,4% нитрида натрия; 0,1% тринатрийфосфата; 0,2% буры; 0,3% кальцинированной соды; 0,1% смачивателя ОП7, вода — остальное) используют при алмазной заточке инструмента из твердого сплава, доводке инструмента из быстрорежущей стали алмазными и эльборовыми кругами. Другая жидкость, применяемая при алмазном шлифовании инструмента из твердого сплава, содержит 0,7% триэтаноламина; 0,6% нитрида натрия; 0,3% бензоната натрия; 0,1% смачивателя ОП7 или ОП10 и воду. Жидкость ТУН применяют при заточке инструментов из твердого сплава, ее состав: 0,16% триэтаноламина; 0,16% уротропина; 0,3% нитрида натрия; вода — остальное.

Шлифование плоских и фасонных поверхностей деталей из конструкционных и инструментальных сталей, а также их хонингование осуществляют при применении 30—40%-ной эмульсии на основе эмульсола НГЛ-205; 3—10%-ную эмульсию этого же эмульсола используют при алмазной заточке и доводке инструмента из твердого сплава. С помощью 3%-ного раствора антизамазливателя БВ можно осуществлять чистовое шлифова-

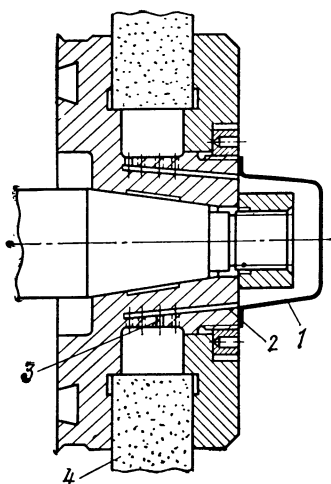


Рис. 42. Устройство для подвода жидкости через поры круга:

1—воронка; 2, 3—каналы для подвода жидкости; 4—круг

ние и доводку инструмента из быстро-режущей стали алмазно-эльборовыми кругами.

Шлифование и заточка с применением распыленных жидкостей. При шлифовании и заточке деталей с применением распыленных жидкостей достигается наиболее полное и эффективное использование, а также наибольшая работоспособность круга. Для обеспечения смазочного действия достаточно подавать в зону резания 0,5—2 г распыленного масла в час. При этом наблюдается и некоторый охлаждающий эффект. Для обеспечения охлаждающего действия в зависимости от ширины зоны резания и расстояния от сопла до места охлаждения достаточно подавать распыленную эмульсию в количестве 200—500 г в час. Воздух поступает от цеховой сети. Расход жидкости регулируется изменением давления и применением пористых элементов различной проницаемости.

Расход воздуха составляет 3—5 м³/ч, давление находится в пределах 2—5 кгс/см², расход жидкости на водной основе до 500 г/ч, масла 0,5—10 г/ч. Для упрощения эксплуатации установок и повышения их экономичности система охлаждения работает в соответствии с пуском и остановом станка.

Шлифование и заточка с применением двойного охлаждения. Двойное охлаждение (внешнее — эмульсией и внутреннее — веретенным маслом через поры круга) используют в основном для обеспечения повышенного качества изготавливаемых деталей (рис. 42). Связка круга при этом керамическая, твердость СМ1—СМ2, зернистость 25—16. При шлифовании круглых и плоских деталей жидкость для наружного охлаждения подают в количестве 8—10 л/мин, а для внутреннего шлифования в количестве 2—3 г/мин. Этот способ можно применять и при заточке периферией круга.

Вибрационное шлифование и заточка шлифовальными кругами. Для интенсификации процесса шлифования и улучшения качества обработанной поверхности применяют дополнительные средства, улучшающие работу абразивных зерен как в свободном состоянии, так и в круге. Одним из таких средств является сообщение вибрации шлифовальному кругу (или притиру) и обрабатываемой детали. Уменьшение шероховатости поверхности при шлифовании с вибрациями создает условия для совмещения предварительного и окончательного шлифования в одну опера-

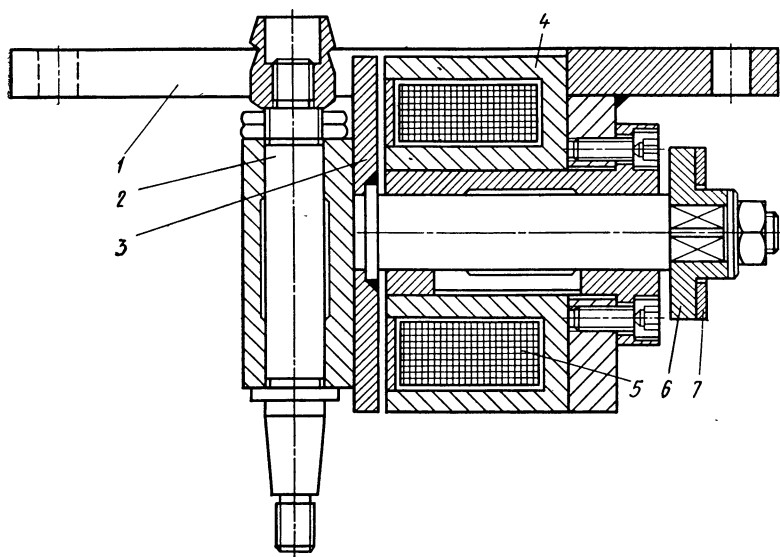


Рис. 43. Вибрационная электромагнитная головка:

1—корпус; 2—шпиндель; 3—сердечник; 4—корпус магнита; 5—катушка; 6—башмак; 7—плоская пружина

цию без последующего полирования, а при доводке — ускорение процесса. Использование вибрационного шлифования и заточки создает условия, при которых на обрабатываемой поверхности не возникают ни трещины, ни прижоги.

Вибрационная электромагнитная головка приведена на рис. 43. В случае использования ее на универсально-заточном станке подача на глубину, поперечная подача и продольная подача осуществляются маховиками и ручками станка. Круг закрепляют на шпинделе шлифовальной головки станка, а электромагнитную головку — на шлифовальной головке станка. Электромагнитная вибрационная головка имеет следующую характеристику: электромагнит — постоянный; напряжение 220 В; сила тока 3 А; максимальная частота 100 колебаний в секунду. Изменение частоты колебаний может быть осуществлено с помощью автотрансформатора.

Рабочую часть инструмента изготовляют либо заодно со съемным конусом (при прошивке отверстий и т. д.), либо ее припаивают или соединяют механическим путем (у шлифовального круга). Профиль инструмента при обработке отверстий должен соответствовать профилю обрабатываемого отверстия. Инструмент для обработки отверстий изготовляют из холодногнущей и незакаленной углеродистой стали, которая обладает наименьшей изнашиваемостью и наибольшей производительностью. В качестве абразивного материала используют электрокорунд,

карбид кремния, карбид бора, синтетический алмаз и эльбор в зависимости от того, из какого материала изготавливают деталь. Абразив смешивают с водой, маслом (индустриальным) или другой рабочей жидкостью и подают в зазор между инструментом и обрабатываемой деталью. Зернистость абразива выбирают в зависимости от требуемой шероховатости поверхности.

Этим способом можно обрабатывать штампы, фильеры, пресс-формы и т. д. Точность обработки 0,01—0,005 мм, шероховатость $Ra = 0,04 \div 0,16$ мкм.

Полирование деталей из сталей и твердых сплавов кругами с графитовым наполнителем. Детали из термически обработанных инструментальных сталей обрабатывают со скоростью вращения круга 7—20 м/с, глубиной шлифования 0,06—0,5 мм/мин и продольной подачей 0,2—5 м/мин; при плоской доводке этих деталей без охлаждения производительность 0,005 г/мин, а при обработке с охлаждением 0,003 г/мин. Износ круга при этих условиях обработки 0,025 г/мин, что позволило получить удельную производительность 0,2—0,3.

Полирование и доводку плоских поверхностей следует производить при больших скоростях (20—40 м/с) и подаче 0,03—0,045 мм/мин, так как при этих режимах обеспечивается наименьшая шероховатость и устраняются «завалы» обработанной поверхности.

При полировании деталей из твердых сплавов удельная производительность резко уменьшается, вследствие чего указанные круги при данных условиях применять нецелесообразно. Однако, если при доводке и полировании деталей из твердых сплавов кругами с графитовым наполнителем использовать электрический ток, служащий для интенсификации процесса обработки (при применении охлаждения), то производительность увеличивается. Изменение производительности и износа кругов в зависимости от напряжения тока приведено в табл. 3. Производительность доводки и полирования возрастает по мере увеличения скорости резания и концентрации нитрида натрия. Увеличивать концентрацию нитрида натрия выше 5% не рекомендуется из-за испарений, происходящих при применении электрического тока. Шероховатость поверхности после такой обработки $Ra = 0,08 \div 0,32$ мкм.

3. Показатели обработки при использовании кругов с графитовым наполнителем

Производительность, г/мин	Расход круга, г/мин	Напряжение, В
0,01	4	8
0,02	12	15
0,028	16	20
0,03	18	30

Использование тока напряжением выше 15 В вызывает возникновение прижогов и сетки микротрещин на обрабатываемой поверхности. В качестве рабочей среды используют различные сорта масел.

Круги из электрокорунда с графитовым наполнителем можно применять также и при

плоском и круглом шлифовании, а также при заточке на режимах: $v_k = 20 \div 25$ м/с; $s_n = 0,3$ мм/дв.ход; $s_{np} = 2 \div 3$ м/мин; $u = 10 \div 15$ В.

Обработка поверхностей деталей машин магнитно-абразивным способом. Поверхности любой конфигурации полируют зернами ферромагнитного порошка, прижатыми к обрабатываемой поверхности силами магнитного поля, при перемещении зерен относительно поверхности. На предварительно шлифованных ($Ra = 0,32 \div 1,25$ мкм) поверхностях деталей из закаленных и незакаленных конструкционных сталей достигается шероховатость $Ra = 0,02 \div 0,08$ мкм. При этом необходимая точность размеров поверхностей и геометрические параметры достигаются на предшествующей операции. Вследствие небольших припусков ($0,002 - 0,003$ мм на сторону) и погрешностей процесса магнитно-абразивной обработке подвергают поверхности 1-го класса точности. Исходные погрешности макрогеометрии (конусообразность, некруглость и т. д.) не устраняются.

Для достижения малой шероховатости поверхности рекомендуется осуществлять два движения с перпендикулярными траекториями. Например, при обработке цилиндрических поверхностей необходимо вращать деталь и дополнительно сообщать ей колебательное движение вдоль оси вращения. При этом на обрабатываемой поверхности получается сетка рисок, взаимное расположение которых регулируется изменением скоростей вращательного и колебательного движений. Глубина рисок определяется размерами зерен абразивного порошка, геометрическими параметрами этих зерен, величиной магнитной индукции в зоне резания, определяющей силы прижима зерен к обрабатываемой поверхности.

В качестве абразивных порошков применяют материалы, обладающие магнитными свойствами. Лучшие результаты показали керметы, получаемые спеканием абразивной составляющей (например, белого корунда) с железом или ферритами. Величина зерна исходного белого электрокорунда определяет параметры достигаемой шероховатости.

Мелкозернистые абразивы позволяют получить менее шероховатые поверхности. Но при обработке мелкозернистыми керметами металл снимается не только по гребешкам, но и по впадинам исходной поверхности. В результате получается волнистая поверхность с шагом, соответствующим шагу рисок предшествующей обработки. Поэтому при использовании керметов с более мелким зерном для достижения меньшей шероховатости поверхности необходимо предварительно обрабатывать поверхность на предшествующей операции (с получением параметра $Ra = 0,16 \div 0,32$ мкм).

После магнитно-абразивной обработки в тончайших слоях глубиной до $0,005$ мм создаются остаточные напряжения сжатия $120 - 160$ кгс/мм². При этом знак остаточных напряжений после

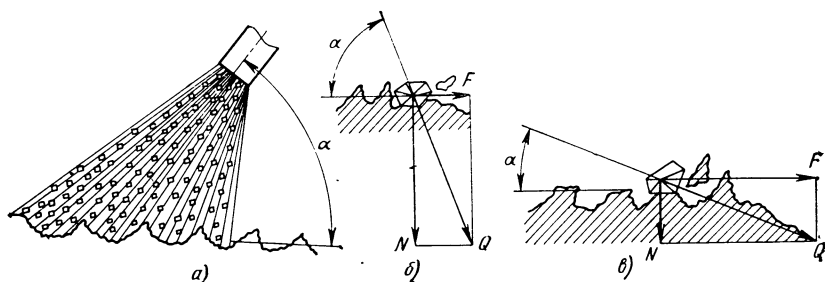


Рис. 44. Схемы обработки абразивно-жидкостным способом (а), различного наклона струи (б и в) и действия абразивного зерна при обработке неровностей (α — угол наклона струи; Q — результирующая сила; N — нормальная сила; F — тангенциальная составляющая сила)

предшествующего шлифования может быть как положительным, так и отрицательным.

Абразивно-жидкостная (гидроабразивная) обработка. Для полирования, доводки и снятия заусенцев с изделий и, в частности, с инструмента применяют также гидроабразивный способ. Этот способ можно использовать для полирования сверл (и в частности, стружечных канавок), для удаления припоя с поверхности инструмента с припаянными твердосплавными пластинками, улучшения и придания внешнего вида различным инструментам, при обработке штампов и пресс-форм.

Струю жидкости, содержащую абразивные зерна, с помощью сжатого воздуха с большой скоростью (40—50 м/с) направляют через форсунку на обрабатываемое изделие. Абразивные зерна, ударяясь об обрабатываемое изделие, снимают незначительный слой металла, сглаживая следы предшествующей обработки. Качество обрабатываемой поверхности зависит от условий и режимов обработки, материала и крупности абразивного зерна, рабочей жидкости, расстояния от сопла форсунки до обрабатываемой поверхности, угла наклона струи.

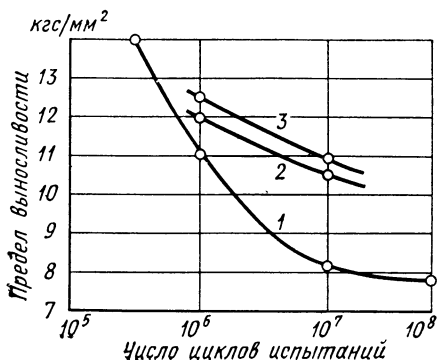
Схема обработки абразивно-жидкостным способом приведена на рис. 44; на том же рисунке приведены различные положения наклона струи и результирующей силы резания абразивного зерна при обработке поверхности. Абразивно-жидкостная обработка развилась на основе пескоструйной обработки и имеет по сравнению с ней некоторые преимущества. Она более удобна с точки зрения техники безопасности и в санитарном отношении, обеспечивает лучшее качество обработанной поверхности, производительность повышается в 5—10 раз. Абразивно-жидкостную обработку целесообразнее применять для изделий из твердых материалов (термически обработанных сталей, титановых и твердых сплавов).

В качестве абразива используют электрокорунд или карбид кремния зернистостью от 25 до 8 в зависимости от того, какие параметры шероховатости требуются; весовое соотношение зер-

Рис. 45. Влияние гидроабразивной и других способов обработки на предел выносливости поверхностей:

1—полированной с углублениями; 2—обработанной гидроабразивным способом; 3—полированной без углублений

на и жидкости (содового раствора или эмульсии) 1 : 2,5 или 1 : 5; давление подаваемой суспензии 4—5 кгс/см².



Влияние гидроабразивной обработки на предел выносливости поверхностей в зависимости от ее исходного состояния приведено на рис. 45. Хорошие результаты получают при абразивно-жидкостной обработке поверхностей, на которых в первоначальном виде не было грубых штрихов от абразивно-алмазной обработки крупнозернистыми кругами, и полировании, но последний способ трудоемок. Коррозионная стойкость изделий после абразивно-жидкостной обработки в 2—4 раз выше стойкости изделий после электрополирования.

Абразивно-вакуумная обработка поверхностей стальных и твердосплавных изделий. Для обработки поверхностей применяют абразивно-вакуумный способ. При этом способе деталь перемещается в вакуумной камере, в которую автоматически подается сухой абразивный материал (шлифзерно или шлифпорошок), отделяемый затем с помощью циклонов от окалины. Скорость потока абразивных частиц на выходе из сопла возрастает вследствие подачи в зону небольшой порции воздуха через отверстие малого сечения. Создаваемое при этом завихрение абразивного потока (явление кавитации) обеспечивает равномерность обработки поверхности. Этим способом обрабатывают детали из разнообразных материалов: цветных сплавов и металлов, нержавеющей стали и титановых сплавов.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ

Классификация электрофизических и электрохимических способов. Эффективная высокопроизводительная обработка деталей из твердого сплава осуществляется не только путем шлифования алмазно-абразивными кругами, но и с применением прогрессивных электрофизических и электрохимических способов обработки. Классификация этих способов приведена на рис. 46.

Электроэрозионная обработка основана на тепловом действии импульсов электрического тока, возбуждаемых между электродами — инструментом и деталью. Различают электроэрозион-

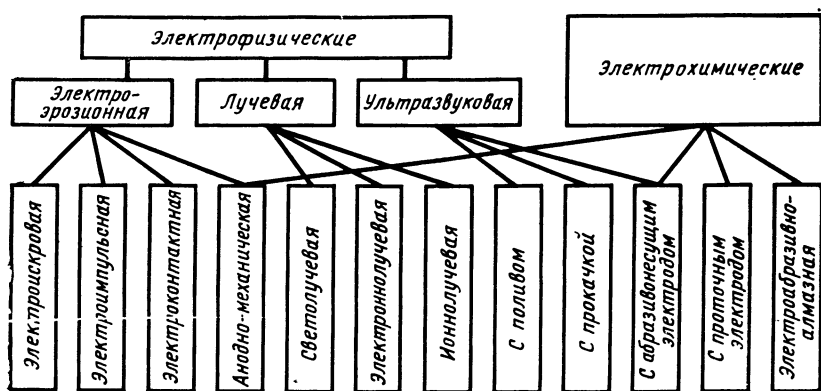


Рис. 46. Классификация электрофизических и электрохимических способов обработки

ную обработку размерную, в результате которой получают поверхность заданной формы и размеров, и электроэрозионную с целью упрочнения поверхности или покрытия ее защитным слоем, в результате которой происходит изменение структуры и качества поверхностного слоя. Область применения электроэрозионной обработки приведена в табл. 4.

Электроискровая обработка основана на том, что размерное формообразование производится в диэлектрической жидкости (керосине или низковязком масле), подаваемой под давлением. На поверхности детали происходят очень короткие искровые разряды, во время которых выделяется большее количество тепла, идущего на оплавление, частичное испарение и выброс частиц с поверхности детали (анода). Катодом является инструмент, имеющий форму, зеркально отображающую форму заданной поверхности детали. Электроискровую обработку применяют при обработке отверстий и пазов, изготовлении штампов, пресс-форм, твердосплавных фильер и др.

Электроимпульсная обработка основана на использовании униполярных (одного направления) импульсов электрических разрядов, вырабатываемых электромагнитными генераторами. При этом формообразующий инструмент является анодом, а деталь — катодом. Электроимпульсную обработку применяют для предварительного профилирования деталей, для покрытия и упрочнения поверхностей деталей из магнитных, жаропрочных и тугоплавких сплавов.

При электроконтактной обработке происходит размерное разрушение поверхностных слоев металла вследствие его сплавления. Источник тепла в зоне обработки — импульсные дуговые разряды и контактный нагрев. Электрод-инструмент (катод) — металлический диск; второй электрод (анод) — обрабатываемая деталь. Электроконтактную обработку применяют для очистки

4. Область применения электроэрозионной обработки

Метод обработки	Шероховатость поверхности Ra , мкм	Точность, мм	Обрабатываемые детали
Копирование формы электрода-инструмента	—	0,003—1	Сетки, сита, штампы, пресс-формы, фильеры, детали с фасонными отверстиями, прокатные валки, фасонные резцы и т. д.
Прямое копирование Обратное копирование	0,32 5—0,32	0,005—0,1	Фасонные пуансоны, инструмент для выдавливания, детали с отверстиями и т. д.
Обработка непрерывно движущимся электродом, проволокой: вырезание	5—0,63	0,005—0,05	Шаблоны, копии, матрицы, пуансоны, электроды-инструменты, детали с прорезями и т. д.
шлифование	5—1,25	0,02—0,05	Цанги, втулки малых размеров и т. д.
Разрезка	1,6—12,5	0,03—0,05	Фасонные резцы из твердых сплавов, резьбонакатные плашки и т. д.
Шлифование плоское	0,63	0,005—0,5	Твердосплавные матрицы, пуансоны и т. д.
Шлифование внутреннее и наружное	0,63	0,001—1	Топливная аппаратура, втулки, цанги, пресс-формы и т. д.

чугунных и стальных отливок, обдирки слитков, черновой обработки поверхностей.

Шлифование, заточка и доводка анодно-механическим способом. Анодно-механическая обработка основана на одновременном использовании анодного растворения металла и механического удаления продуктов распада. Анодно-механический способ применяют для заточки, доводки и шлифования резцов, сверл, зенкеров, фрезерных головок (с небольшим числом зубьев), круглых и плоских фасонных резцов и фрез, оснащенных твердосплавными коронками и винтовыми пластинками. Этот способ может быть также использован для образования стружколомательных канавок на резцах, при заточке ножей-пластинок к инструменту с механическим креплением, при резке металлов и т. д.

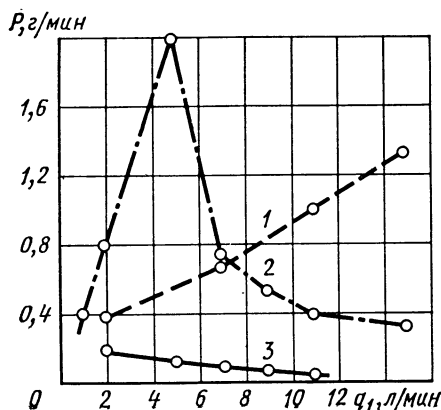


Рис. 47. Зависимость производительности заточки деталей из твердого сплава Т15К6 анодно-механическим способом от подачи электролита и режимов обработки:

1— $u_1=18 \div 20$ В; 2— $u_2=14 \div 16$ В; 3— $u_3=8 \div 10$ В

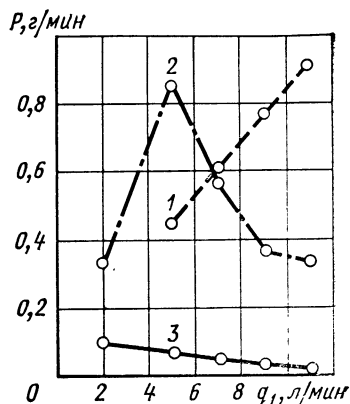


Рис. 48. Зависимость производительности заточки деталей из твердого сплава ВК8 анодно-механическим способом от подачи электролита и режимов обработки:

1— $u_1=18 \div 20$ В; 2— $u_2=14 \div 16$ В; 3— $u_3=8 \div 10$ В

При анодно-механическом способе обрабатываемый инструмент соединяют с положительным полюсом источника тока низкого напряжения, а обрабатывающий инструмент — с отрицательным. Изменения производительности заточки в зависимости от подачи электролита при различных режимах приведено на рис. 47 и 48. Биение заточного диска допускается до 0,005 мм. Правку диска можно осуществлять резцом на токарном станке или металлическим электродом непосредственно на анодно-механическом станке. Режимы анодно-механической обработки приведены в табл. 5.

5. Режимы анодно-механической обработки

Расположение канавок на диске	Режим					
	грубый		средний		мягкий	
	P , г/мин	Ra , мкм	P , г/мин	Ra , мкм	P , г/мин	Ra , мкм
Радиальное	0,1	2,5	0,06—0,015	1,5	0,04	0,5
Спиральное	0,045	2,0	0,05—0,1	1,5	0,003	0,5

Примечание. P — производительность обработки 1 см² площади детали.

В зависимости от применяемого режима и подачи электролита изменяется и качество заточенной поверхности. По мере сни-

жения режимов обработки улучшается качество заточки и тем больше, чем меньше величина подачи электролита.

При профилировании круглых фасонных резцов устанавливают $s_{\text{доп}} = 1,0$ мм на оборот шлифуемой детали. При обдирке $u = 18 \div 20$ В, $I = 25 \div 30$ А; при шлифовании $u = 16 \div 18$ В; $I = 8 \div 10$ А.

Применяя различные рабочие жидкости (электролиты), можно получить различную производительность обработки (при остальных равных условиях). Наибольшая производительность достигается при использовании водного раствора жидкого стекла (Na_2SiO_3), смешанного с веретенным маслом ($P = 0,25 \div 0,27$ г/мин). Удовлетворительная производительность ($P = 0,18 \div 0,20$ г/мин) получена при применении жидкого стекла плотностью $\rho = 1,26$ г/см³, 5%-ного водного раствора NaCl , 10%-ного водного раствора Na_3PO_4 (с электрокорундом и без него).

Электрохимическая обработка. Электрохимическая обработка — способ обработки деталей в потоке электролита (растворе хлористого, азотнокислого и сернокислого натрия) при пропускании электрического тока от внешнего источника, когда деталь является анодом. Электрохимическую обработку применяют при изготовлении деталей сложной конфигурации (штампов, прессформ и др.) для снятия заусенцев.

Абразивный электролитический способ обработки деталей из сталей и твердых сплавов. Для электрошлифования и заточки твердого сплава могут применяться круги из электрокорунда и карбида кремния на металлических связках, которые используют при применении постоянного электрического тока небольшого напряжения. Такие круги получают способом прессования и спекания абразивных зерен и металлического порошка (СЭШ-1, СЭШ-2 и т. д.). Круги, используемые при шлифовании и заточке, могут быть целыми, с канавками и сборными со вставными абразивными пластинками (рис. 49).

Алмазный электролитический способ обработки. Электролитический способ по сравнению с обычным способом увеличивает производительность обработки в 2—3 раза и обеспечивает по-

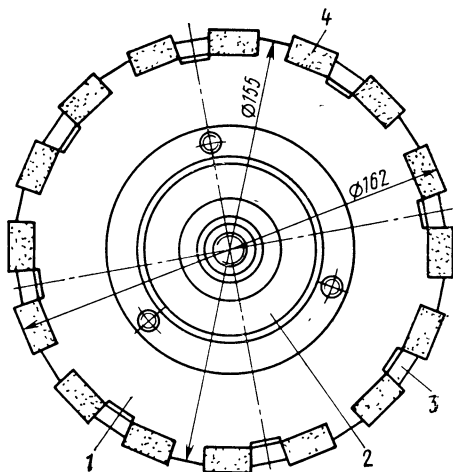


Рис. 49. Сборный абразивный круг:

1—корпус круга; 2—фланец; 3—прижимная пластина; 4—абразивный брусок

лучение поверхностей без дефектов. Указанный способ может быть использован при шлифовании плоских поверхностей, заточке и доводке деталей из твердых сплавов и сталей, а также при хонинговании и суперфинишировании.

При электролитическом способе шлифования происходит электрохимическое растворение обрабатываемого материала с удалением продуктов растворения соскабливанием абразивным материалом. Электрохимические процессы в значительной степени интенсифицируют съем металла с обрабатываемой поверхности.

Алмазные зерна, выступая из электропроводной связки круга, создают зазор между связкой и поверхностью обрабатываемой детали. Электрический ток в месте соприкосновения круга с поверхностью проходит через слой электролита, которым заполнено пространство между алмазными зернами, и окисляет компоненты твердого сплава. При обработке деталей, площадь которых постоянна, проводимость электролита обуславливается его концентрацией и в процессе работы меняется незначительно. Таким образом, проходящий через электролит ток, а следовательно, и металл, снятый электрохимическим путем, пропорциональны зазору между электродами.

При электрохимическом шлифовании деталей из твердых сплавов, в состав которых входят карбиды титана, вольфрама, тантала, ванадия и кобальтовая связка, возможны химические реакции. Получающиеся в результате реакций окислы частично растворяются в электролите. Другая часть окислов образует анодную пассивированную пленку, которая обладает высоким электрическим сопротивлением. Используемый в качестве катода вращающийся круг удаляет пассивированную анодную пленку, препятствующую непрерывному продолжению процесса, обновляет электролит в зоне обработки и обеспечивает необходимый зазор между анодом и катодом. При обработке в электролитическом режиме напряжение должно быть в пределах 6—10 В, а плотность тока 100 А/см². С увеличением напряжения характер процесса изменяется, и эрозионный процесс начинает преобладать над электролитическим. Электролиты, применяемые при электролитическом шлифовании, должны удовлетворять следующим условиям: не влиять на здоровье рабочего, быть дешевыми, обладать достаточной электропроводностью, не оказывать коррозионного воздействия на станок, растворять продукты химических реакций электрохимического процесса, обладать достаточной стабильностью, по возможности быть универсальными.

Наиболее полно этим условиям удовлетворяют водные растворы неорганических солей. Однако водные растворы почти всех неорганических солей вызывают коррозию металлов, соприкасающихся с электролитом, поэтому в электролиты вводят ингибитор коррозии — нитрид натрия.

Результатом химических реакций при обработке твердого сплава являются нерастворимые в воде соединения. Они могут забивать поры алмазного круга и образовывать уплотнения, препятствующие нормальному протеканию процесса. Для предотвращения подобных явлений в некоторые составы электролитов вводят комплексообразователи, которые участвуют в образовании растворимых соединений. Наибольшая производительность достигается при применении 10—15%-ных водных растворов KNO_3 или NaNO_3 с добавкой нитрида натрия NaN_2 (0,9—1,0 г/мин) на режимах $v=30$ м/с, $p=5$ кгс/см², $u=6$ В, $I=24$ А.

Бак для электролита должен иметь вместимость 35—40 л. Электролит должен подаваться в зону обработки ровной струей и заполнять равномерно зазор между деталью и кругом.

Ультразвуковой способ обработки. Ультразвуковая обработка основана на воздействии ультразвуков на деталь с помощью электроакустических преобразователей (в основном магнетострикционными). Для усиления амплитуды ультразвука вместе с электроакустическими преобразователями используют акустические концентраторы. Ультразвуковую обработку применяют при обработке отверстий сложного профиля, шлифовании, полировании.

Обработка на ультразвуковом станке заключается в долящем действии абразивной суспензии и кавитационных процессах в суспензии, которые ускоряют направленное разрушение обрабатываемого материала. Производительность обработки деталей из хрупких материалов может достигнуть 10 000 мм³/мин при шероховатости обработанной поверхности $Ra=0,32$ мкм. Точность обработанных поверхностей 0,005 мм.

Детали из хрупких материалов подвергают размерной ультразвуковой обработке. С помощью ультразвуковой обработки можно очищать рабочую поверхность шлифовального круга. Режущим инструментам сообщают ультразвуковые колебания для облегчения процесса резания. Ультразвуковая обработка деталей из твердых сплавов типа ВК15 снижает как твердость, так и электросопротивление этих сплавов, а следовательно, повышает их прочность на изгиб. Наибольший эффект упрочнения характерен для сплавов, содержащих более высокий процент кобальта.

СТАНКИ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ, ЗАТОЧКИ, ДОВОДКИ И ДРУГИХ ОПЕРАЦИЙ

Применение различных способов обработки возможно при использовании соответствующих станков и установок. Ниже приведены основные типы механических, электроискровых, анодно-механических, электрохимических и ультразвуковых станков.

Шлифовальные, заточные, доводочные и полировальные станки могут быть разделены на простые, универсальные и специа-

лизированные. В приложении приведены технические характеристики отечественных шлифовальных, заточных, доводочных и других станков, работающих с применением абразивных и алмазных кругов, лент и паст. Простые станки предназначены для ручной обработки. Они несложны в изготовлении и эксплуатации, но при работе на этих станках не достигается качественная обработка инструментов.

На машиностроительных заводах наиболее широко используют универсальные станки. Специализированные станки чаще применяют в массовом производстве.

При модернизации имеющегося оборудования для использования алмазных кругов должны соблюдаться следующие условия: осевое биение круга, работающего торцом, должно быть в пределах 0,003—0,005 мм, радиальное биение — в пределах 0,005—0,01 мм. Жесткость шлифовального круга заточного оборудования 500—900 кгс/мм. Амплитуда колебаний системы станок—деталь 5—10 мкм. Скорость вращения алмазного круга 20—45 м/с с тремя-четырьмя диапазонами. Механизм подачи на глубину должен обеспечивать подачу 0,005—0,01 мм/дв.ход. Станки должны быть оборудованы системой охлаждения и ограждений от разбрызгивания. Несоблюдение указанных основных условий уменьшает производительность обработки, увеличивает износ круга и нерациональное использование алмазных кругов на различных связках, ухудшает качество обработанной поверхности.

Из заточного оборудования следует модернизировать станки отечественного производства. Необходимо создавать заводские модели с использованием шлифовальных головок, выпускаемых Витебским станкостроительным заводом им. Коминтерна. Типовой проект модернизации разработан ЭНИМСом. Он предусматривает модернизацию универсально-заточного станка. Модернизация оборудования может вестись самими заводами, но с учетом своих условий и возможностей.

Станки для электроискровой обработки разделяют на универсальные копировально-прошивочные и специального назначения. Наиболее совершенными являются станки 4531Ф3 для профильного вырезания по копиру и станок 4532Ф с числовым программным управлением (см. приложение).

Типаж электроимпульсных станков включает гамму универсальных копировально-прошивочных станков, специальные и специализированные станки для обработки различных деталей из сталей, твердых и сверхтвердых материалов. Наибольшее применение в промышленности получили универсальные копировально-прошивочные электроимпульсные станки.

Широкое распространение имеют универсальные электрохимические установки, на которых можно выполнять разнообразные операции: снятие заусенцев, обработку плоских поверхностей и т. д. В промышленности используют станки для электро-

химической заточки и доводки инструмента как отечественного производства, так и зарубежных фирм.

В приложении приведено оборудование для электролитической заточки и шлифования. Универсальные электроискровые копировально-прошивочные станки используют при обработке сквозных отверстий диаметром 0,5—30 мм, щелей, фильер, матриц вырубных штампов; при этом обеспечивается шероховатость поверхности $Ra=2,5\div 1,25$ мкм. Крупные детали (пресс-формы, твердосплавные штампы и фильеры) с большей производительностью можно обработать на универсальных электроимпульсных станках 4А722, 4Б722. Диаметр отверстий, обрабатываемых сплошным инструментом, 1—40 мм, а полым инструментом 5—80 мм. Шероховатость обработанной поверхности детали из твердого сплава $Ra=0,4\div 0,8$ мкм; точность обработки 0,02 мм. Крупные детали (высотой до 500 мм) обрабатывают на универсальном электроимпульсном копировально-прошивочном станке 4А724. Для вырезки профиля вырубных штампов, матриц, шаблонов и т. д. размером 160×80 мм используют электроискровые станки 4531 для профильной вырезки по копиру. Шероховатость обработанной поверхности при этом $Ra=2,5\div 1,25$ мкм, точность 3-го класса; производительность обработки не выше 10 мм³/мин.

Электроискровые станки 4531Ф с программным управлением обеспечивают такие же точность и производительность. Анодно-механический станок 4А822 обеспечивает производительность 18—20 см³/мин (диаметр заготовки 360 мм), а станок 4А821 (диаметр заготовки 160 мм) — производительность 20—40 см³/мин. Эти станки работают дисковым инструментом. Анодно-механический станок ленточного типа предназначен для резки заготовок диаметром до 300 мм (длиной 600 мм).

Для профильных работ, удаления заусенцев с деталей и инструмента применяют станки электрохимического действия. Станок ЭХО-1 используют для обработки деталей сложной формы. Размер заготовки 20—160 мм; скорость (производительность) обработки 0,4—0,6 мм/мин; шероховатость поверхности $Ra=1,2\div 0,32$ мкм. Для обработки больших изделий применяют станок ЭХА-300.

Детали из стали и твердого сплава любой формы обрабатывают на электрохимических копировально-прошивочных станках 4423 и МА4423. Станки обеспечивают шероховатость поверхностей $Ra=2,5\div 0,32$ мкм; точность $\pm 0,025\div 0,25$ мм; производительность обработки 18000 мм³/мин.

Для обработки профильных поверхностей, удаления заусенцев с деталей и инструмента используют ультразвуковые станки и установки. Ультразвуковой станок МЭ-22, предназначенный для сверления и восстановления алмазных и твердосплавных волокон диаметром 0,2—1,2 мм, обеспечивает шероховатость поверхности $Ra=0,16$ мкм при производительности 3 мм³/мин. Для

обработки твердосплавных фильер и деталей штампов большой площади и глубиной до 40 мм применяют станок 4Б772; при обработке на глубине 50 мм — станок 4772А, при обработке на глубине 90 мм — станок 4773А. Достижимая точность 0,02 мм, шероховатость поверхности $Ra=0,32\div 0,16$ мкм.; производительность обработки соответственно равна 40, 100 и 200 мм³/мин.

Для снятия заусенцев с деталей штампов и фильер небольших габаритных размеров используют ультразвуковые установки УЗВД-6 и УЗВД-8. Ультразвуковую установку УГС-1 используют для гравировальных работ по копиру на плоских и цилиндрических поверхностях деталей из твердого сплава.

Модернизация оборудования для электролитической обработки сводится к следующему. Шпиндель станка через токосъемное кольцо и меднографитовые щетки соединяют с отрицательным полюсом источника тока. Положительный полюс подключают к столу станка или непосредственно к приспособлению. Устанавливают бак для рабочей жидкости с отстойником, электронасосом и трубопроводом, а также специальное ограждение, предохраняющее станок и рабочего от брызг рабочей жидкости. Монтируется электрическая часть, содержащая пульт управления с контрольно-измерительной и защитной аппаратурой. Устанавливается выпрямитель или генератор, обеспечивающий на выходе ток напряжением 6—12 В и силой 500—600 А. При модернизации необходимо следить за схемой размещения щеток и изоляций той или иной части станка. Рекомендуется производить изоляцию как детали, так и шпиндельной группы станка. Ток можно подводить к контактному кольцу по периферии или через торец. Комбинированный станок 4427 эрозионно-химического действия для размерной обработки изделий разработан ЭНИМСом. Сущность размерной обработки заключается в сочетании в одной

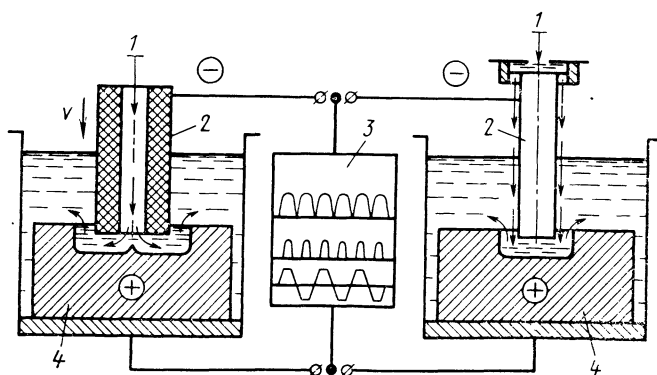


Рис. 50. Схема эрозионно-химической размерной обработки:

1—электролит; 2—инструмент; 3—источник питания; 4—обрабатываемая деталь; v —скорость подачи инструмента

операции процессов анодного растворения металлов и тепловой эрозии с использованием для электрода-инструмента высокоэрозионностойкого графита. Схема обработки приведена на рис. 50. Между деталью и инструментом поддерживается зазор, через который прокачивается электролит. Электролит может поступать через отверстие в инструменте или омыwać его стенки. В качестве электролитов применяют водные растворы неорганических солей (хлористого натрия или нитрата натрия концентрации 200—300 г/л). Обработку производят при прохождении импульсного пульсирующего или переменного тока. При униполярном напряжении полярности подключения источника питания прямая (инструмент — катод; деталь — анод).

Электроэрозионная обработка осуществляется при плотностях тока 200—800 А/см², напряжении на электродах 17—36 В, давлении электролита на входе 5—10 кгс/см². Сложная форма электрода-инструмента копируется в заготовке при поступательном движении электрода.

Основные технологические характеристики процесса: скорость углубления инструмента в заготовку 20—50 мм/мин, точность формообразования $\pm 0,1$ —0,3 мм, шероховатость обработанной поверхности $Rz=40\div 20$ мкм). Характерные технологические операции: прошивка щелей и отверстий (сквозных и глухих, круглых и фасонных); извлечение сломанного инструмента; калибровка внутренних и наружных поверхностей; снятие облоя; округление кромок и снятие заусенцев; предварительное формирование наружных поверхностей в деталях из труднообрабатываемых механическими способами материалов (инструментальные и нержавеющие стали, жаропрочные, магнитные и твердые сплавы, молибден, вольфрам и другие материалы).

Глава III

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ, ЗАТОЧКИ И ДОВОДКИ, И ИХ НАСТРОЙКА

КОНСТРУКЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Станки абразивно-алмазного, электрофизического и электрохимического действий оснащают приспособлениями для установки и закрепления обрабатываемых инструментов, деталей штампов, пресс-форм и т. д. Кроме того, имеются вспомогательные инструменты, которые уменьшают вспомогательное время на установку и закрепление обрабатываемых деталей (оправки, упоры и т. д.).

Все приспособления, устройства и вспомогательные инструменты можно укрупненно разделить на три группы в соответствии с тем, к каким станкам они относятся и где наиболее часто употребляются; это приспособления и вспомогательный инструмент, применяемые на различных шлифовальных станках; на заточных и доводочных станках; при электрофизической, электрохимической и ультразвуковой обработках.

К приспособлениям и вспомогательному инструменту предъявляются требования по качеству обработки, надежности, точности изготовления, технике безопасности.

Качество обработанных поверхностей отдельных деталей и в целом приспособления и вспомогательного инструмента является определяющим фактором точности обработки, надежности и производительности обработки инструментов, деталей штампов и т. д. Под качеством понимают не только достижение малой шероховатости обработанной поверхности, но и определенного состояния поверхностных слоев обрабатываемых инструментов. Назначение меньших величин шероховатости вызывает лишние затраты (рис. 51). Дефектные слои на поверхности в значительной степени влияют на долговечность и надежность работы деталей любых устройств. Отклонения в расположении поверхностей приспособлений и вспомогательного инструмента вызывают неудовлетворительное качество обрабатываемых поверхностей инструмента и деталей штампов и большой износ обрабатываемого инструмента. Зависимость износа алмазного круга от его биения вместе с вспомогательным инструментом и шпинделем станка приведена на рис. 52. С повышением биения круга растет и его износ во время эксплуатации.

Для установки режущих инструментов при их заточке и доводке на заточных и доводочных станках используют различного рода подручники, которые имеют поворотный стол и механизм его перемещения. Для получения различных углов в плане резцы устанавливают на подручники с помощью угольников (рис. 53). На планке монтируют сектор вместе с базовой планкой, служащей для установки обрабатываемого резца. Сектор может поворачиваться на любой угол в плане относительно оси.

Для установки однолезвийного инструмента используют приспособления для заточки режущих поверхностей. Приспособления такого же рода применяют для доводки резцов по радиусу (рис. 54), для шлифования стружколомательных канавок и т. п. Резец 1 устанавливается на подручнике 2, который поворачивается относительно оси и корпуса 3 приспособления.

Универсальные трехповоротные тиски служат для установки и закрепления резцов при заточке и доводке, ножей к фрезерным головкам, небольших плоских протяжек и т. п. (рис. 55). Осевой инструмент с хвостовиком, не имеющий центрального отверстия на переднем торце, устанавливают и закрепляют в призматических тисках. Эти приспособления, так же как и трехповоротные тиски, могут быть оснащены пневматическими устройствами, служащими для зажима инструмента.

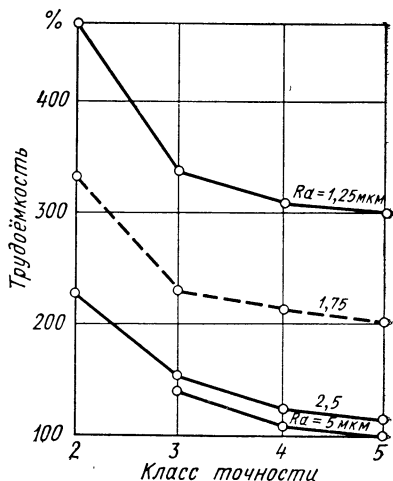


Рис. 51. Зависимость трудоемкости обработки от шероховатости и точности изготовления деталей

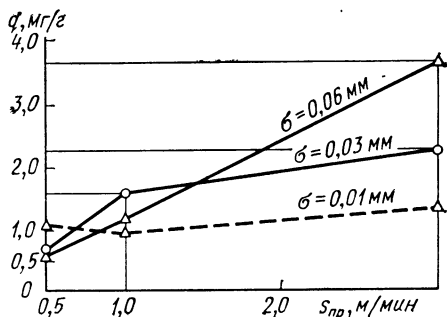


Рис. 52. Зависимость износа q алмазного круга от его биения σ и продольной подачи s

Приспособление для заточки и доводки резцов по выпуклым и вогнутым поверхностям приведено на рис. 56. Резец устанавливают и закрепляют в держателе 6 приспособления и выставляют по шаблону 2. Настройку приспособления осуществляют с помощью линейных перемещений маховиками 4 и 5.

Точность перемещения обеспечена нониусом А. Для

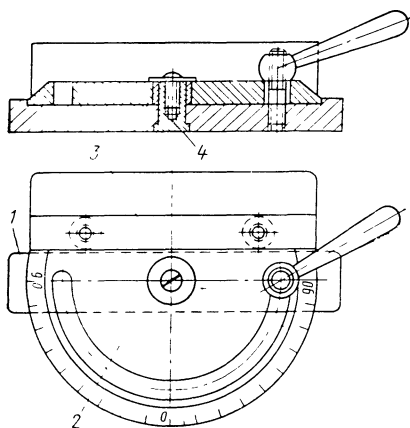


Рис. 53. Угольник:

1—планка-опора; 2—сектор; 3—базовая планка; 4—ось

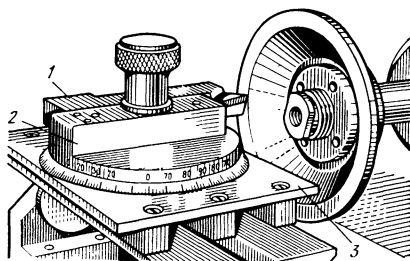


Рис. 54. Приспособление для заточки и доводки резцов:

1—резец; 2—подручник; 3—корпус

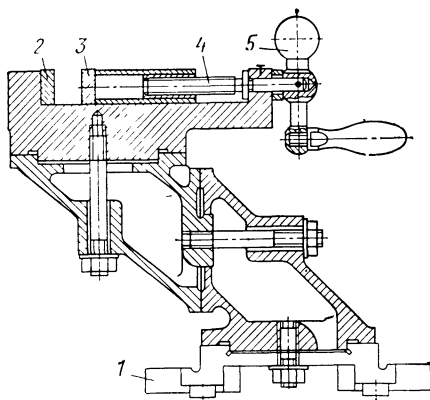
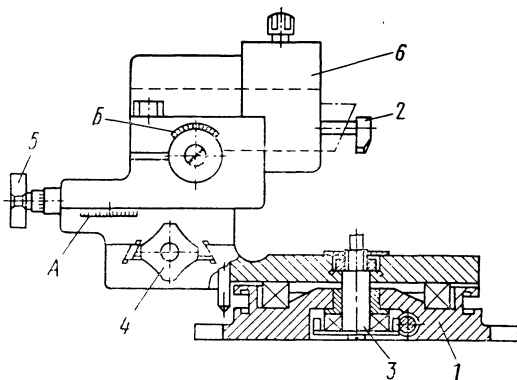


Рис. 55. Универсальные трехповоротные тиски:

1—основание; 2—неподвижная губка; 3—подвижная губка; 4—ходовой винт; 5—рукоятка

Рис. 56. Приспособление для заточки и доводки резцов по выпуклым и вогнутым поверхностям



получения необходимого заднего угла резец устанавливаются по нониусу Б. Заточка по радиусной поверхности осуществляется поворотами держателя относительно оси 3. Все приспособление крепится к столу станка с помощью плиты 1. Аналогичное приспособление существует для заточки и доводки радиусных и резьбовых резцов.

Приспособление, с помощью которого на резцах можно получить стружкозавивающие канавки, показано на рис. 57. Резец устанавливается на основание 1, закрепленное на стойке 3 болтом. Основание вместе с резцом можно наклонять. Линейное перемещение осуществляется кареткой 4. Планка 5 служит упором, устанавливаемым с помощью индикатора 6.

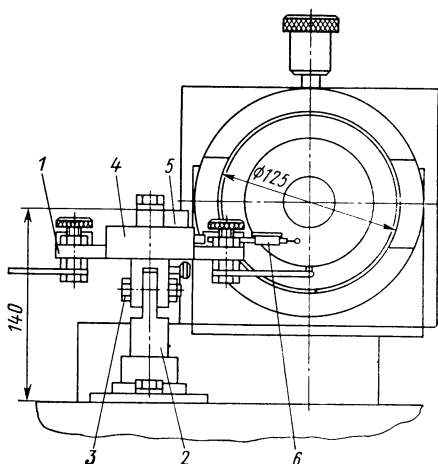


Рис. 57. Приспособление для образования стружкозавивающих канавок на резцах

Однолезвийный инструмент можно закреплять с помощью магнитных плит (рис. 58). Обрабатываемые детали укладываются на пластины 2—4 плиты при обработке плоских поверхностей. При обработке деталей под углом используют пластины 5—7. Поворот и закрепление плиты осуществляется с помощью винтов 1. Все приведенные приспособления применяют для установки и закрепления инструмента одного вида.

Многоместное приспособление для заточки задних поверхностей пластин и ножей показано на рис. 59. Детали помещают в

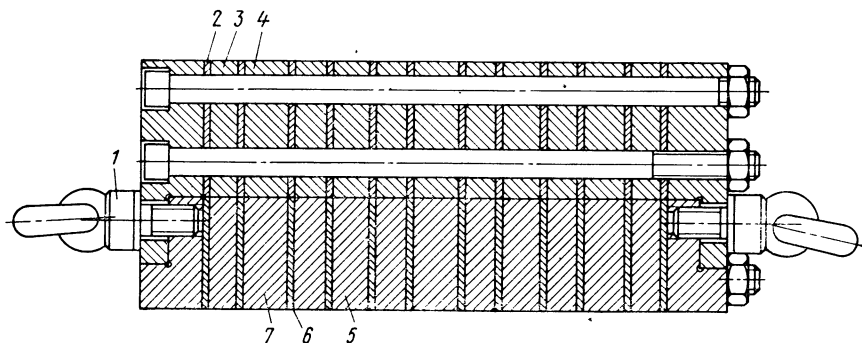


Рис. 58. Магнитная плита

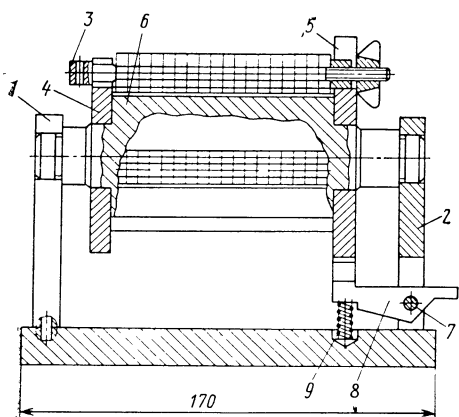


Рис. 59. Многоместное приспособление для заточки задних поверхностей твердосплавных пластин и ножей

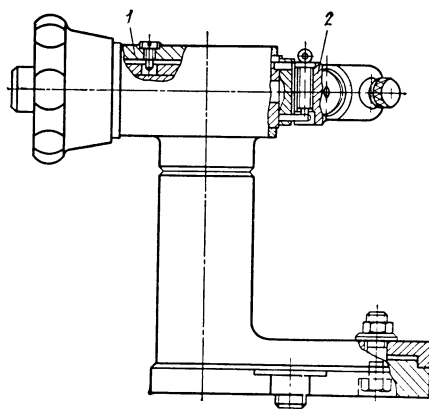


Рис. 60. Приспособление для заточки сверл

барaban 6 и закрепляют штырем 3. Барабан устанавливают на дисках 4 и 5 и кронштейнах 1 и 2. Система для закрепления имеет фиксатор 7, коромысло 8 и пружину 9.

Для установки и закрепления многолезвийного инструмента в центрах или на оправках служат центровые бабки. Но имеются и специальные приспособления для заточки и доводки сверл диаметром 1—20 мм (рис. 60). Приспособление имеет нижнюю неподвижную плиту и верхнюю трехповоротную плиту, изготовленную заодно со стойкой. На стойке смонтирован шпиндель 1, на конце которого имеется втулка 2 для закрепления обрабатываемого сверла. Установка под углом осуществляется поворотом верхней плиты или втулки.

Приспособление для заточки и доводки зенкеров по радиусу приведено на рис. 61. Зенкер устанавливают и закрепляют в шпинделе 1 приспособления, который соединен с основанием 2 системой суппортов 3—5, необходимых для установления зенкера относительно оси $O—O$ до упора 6.

Приспособление для заточки и доводки длинных разверток (развертки небольшой длины затачивают в обычных центровых бабках) приведено на рис. 62. Осевой инструмент устанавливают в центрах 1 и 2 задней 3 и передней 4 бабок. Бабки соединены с корпусом 5 приспособления штангой 6. Все приспособление закрепляют на столе станка с помощью плиты 7. Фасонные и дисковые фрезы можно затачивать и доводить с помощью специального приспособления (рис. 63). На приспособлении можно затачивать затылованные фрезы и дисковые пилы диаметром до 200 мм. На оправке 2 основания 1 установлен кронштейн 3, на котором жестко закреплен палец 4. Палец служит осью двупле-

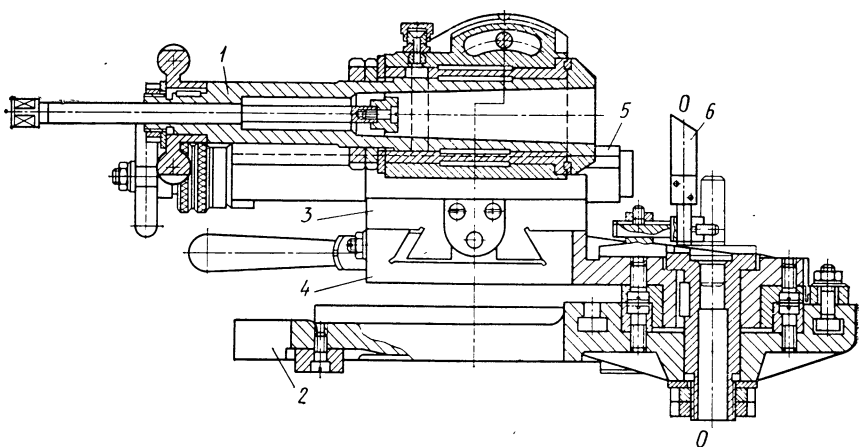


Рис. 61. Приспособление для заточки зенкеров по радиусу.

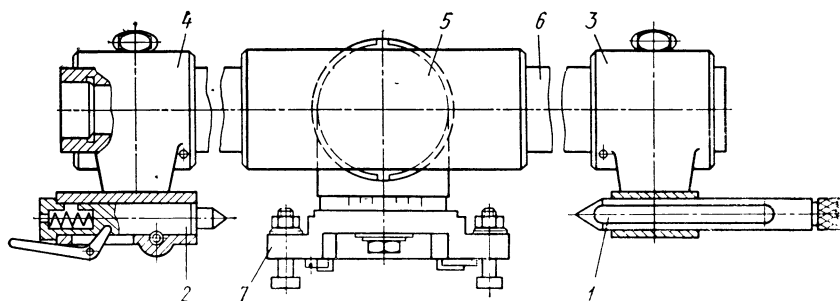


Рис. 62. Приспособление для заточки и доводки длинных разверток.

чего рычага 6, на плече которого имеется собачка 8. Второе плечо служит для подачи фрезы, установленной и закрепленной на пальце 4, при ее повороте относительно оси. Опорная шайба 5, служащая основанием для затачиваемой фрезы, закреплена сверху рычага 6. Для установки передней поверхности зуба, а также шлифовального круга служит откидной упор 7, который упирается в переднюю поверхность зуба фрезы и фиксирует ее в определенном положении. При заточке фрез с наклонным зубом установка на передний угол производится по шкале 9 кронштейна 3.

Приспособление для заточки прямозубых и косозубых долбяков по передней поверхности показано на рис. 64. Приспособление имеет плиту 1 и корпус 3, в который вставлена державка 2. На державке закреплен долбяк, который зафиксирован упорами 4. Поворот на угол осуществляется маховиком 5.

Кроме приспособлений, необходимых для установки и закрепления режущего инструмента для заточки и доводки, станки долж-

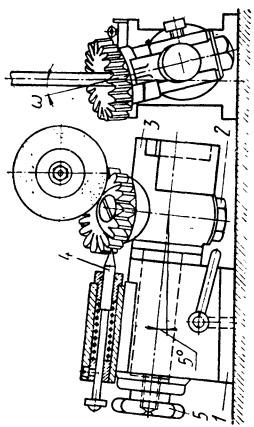


Рис. 64. Приспособление для заточки долбяков

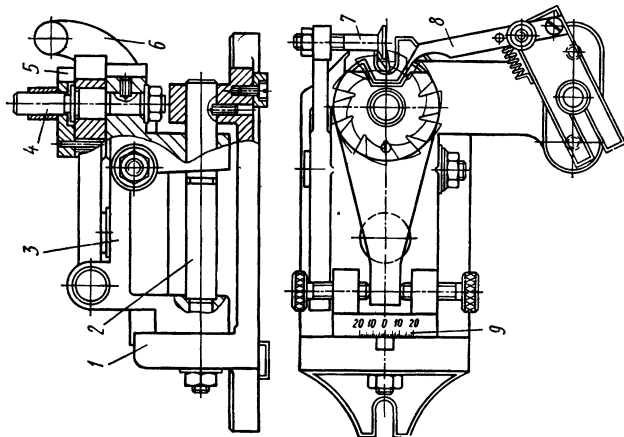


Рис. 63. Приспособление для заточки фрез и пил.

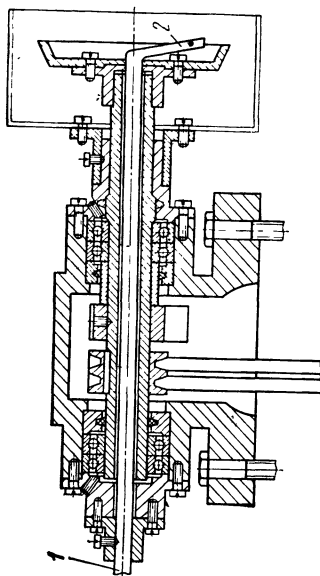


Рис. 65. Устройство для подачи жидкости поливом:

1—трубопровод; 2—шпиндель

ны быть оснащены устройствами для подачи и отвода рабочей жидкости (особенно при электролитической и электроискровой обработках).

Устройство для подачи жидкости поливом приведено на рис. 65. Жидкость подается из бака насосом, а затем через шланг к трубопроводу 1 и штуцеру 2. Устройства такого типа применяют при абразивно-алмазной и при электролитической обработках. Иногда при алмазной обработке СОЖ лучше подавать не сплошной струей, а каплями. В этом случае используют устройство, приведенное на рис. 66. Жидкость подается через трубку к фетровому томпону, который соприкасается с кругом.

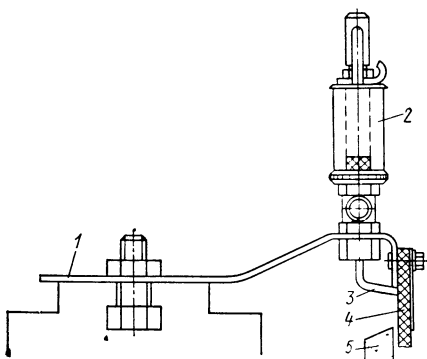


Рис. 66. Устройство для подачи жидкости каплями:

1—кронштейн; 2—капельное устройство;
3—трубка; 4—томпон; 5—круг

Крепежные инструменты необходимы при всех операциях шлифования, заточки и доводки. К таким инструментам относятся ключи, оправки, хомутики, стойки, патроны, цанги, упоры и т. п. Большинство из них является принадлежностью станков.

НАСТРОЙКА ОБОРУДОВАНИЯ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ ЗАТОЧКИ ИНСТРУМЕНТА

Общие сведения. Настройка и наладка оборудования, приспособлений и вспомогательного инструмента имеют большое значение, так как выполнение их в производственных условиях в кратчайшие сроки повышает производительность труда, улучшает качество и обеспечивает необходимую точность обработанных деталей. Эти вопросы особенно актуальны в связи с широким использованием алмазной обработки, а также электрофизических, электрохимических и ультразвуковых способов обработки. При этих способах припуск на обработку минимален, и поэтому точная установка как обрабатывающего, так и обрабатываемого инструмента является особенно важной. Настройка и наладка шлифовальных, заточных и доводочных станков осуществляется согласно инструкциям и паспортам, прилагаемым к этим станкам. Более трудной задачей является настройка различных приспособлений и вспомогательного инструмента.

Простым приспособлением считается то, которое имеет только одну степень свободы (одно вращение или одно перемещение); более сложными являются приспособления, имеющие две, три степени свободы и более. Например, трехповоротные тиски

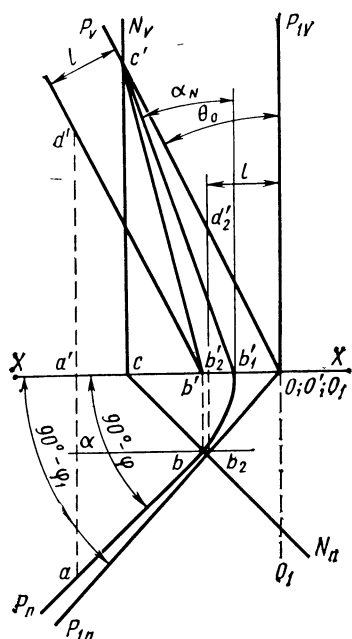


Рис. 67. Схема определения углов заточки.

для заточки резцов настраивают путем поворотов относительно трех осей; шпиндельная головка (бабка) для заточки имеет тоже три перемещения: два относительно осей самого приспособления и одно относительно оси закрепляемого инструмента и т. д. С учетом степеней свободы выведены формулы настройки приспособлений для шлифовальных, заточных и доводочных станков.

Определим угол установки приспособления (центровых бабок) при заточке задних поверхностей заборного конуса разверток, зенкеров или хвостовых фрез. Первоначальное положение оси инструмента — параллельное поверхности стола станка. Режущая кромка затачиваемого зуба инструмента должна быть также параллельна поверхности стола станка. За H (рис. 67) примем плоскость, проходящую через ось инструмента и затачиваемую режущую кромку. За V примем плоскость, перпендикулярную оси инструмента.

Тогда рабочая поверхность шлифовального круга будет расположена в плоскости W .

В выбранной системе плоскостей проекций V и H изображена режущая кромка AB (ab — горизонтальная проекция, $a'b'$ — вертикальная проекция); ось инструмента O_1O расположена в плоскости H . Через точку b проведена нормальная к режущей кромке плоскость N (ее следы обозначены N_V и N_H). В этой плоскости измеряют задний угол α_N . Действительный задний угол изображен в плоскости N , совмещенный с плоскостью V . При повороте плоскости N в первоначальное положение определяем проекции линий CB (cb и $c'b'$), которая расположена в плоскости задней поверхности инструмента. Линии AB и CB определяют положение плоской задней поверхности P и ее следы P_V и P_H .

При повороте инструмента приводим поверхность P в положение горизонтально-проецирующей плоскости. В этом новом положении следы поверхности P обозначены P_{IV} и P_{1n} . Угол θ_0 , на который была повернута поверхность P_1 , равен углу между старым и новым вертикальными следами. Поверхность P может быть приведена из положения горизонтально-проецирующей плоскости в положение, параллельное плоскости W , путем поворота вокруг вертикального следа P_V или параллельной ему оси.

Угол этого поворота равен углу φ_1 между горизонтальным следом P_1 и прямой, перпендикулярной к оси проекции XX .

По построению $cb = cb'$; из треугольника $cc'b'$ $cc' = cb'_1' \operatorname{ctg} \alpha_N$ или $cc' = cb \operatorname{ctg} \alpha_N$.

Из $\triangle cOb$ получим

$$cO = \frac{cb}{\cos \varphi}.$$

Из $\triangle cc'O$.

$$\operatorname{tg} \theta_0 = \frac{cO}{cc'}.$$

Заменяя cO и cc' их значениями, будем иметь

$$\operatorname{tg} \theta_0 = \frac{cb}{\cos \varphi \cdot cb \cdot \operatorname{ctg} \alpha_N}.$$

После сокращения получим

$$\operatorname{tg} \theta_0 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_N}{\cos \varphi}.$$

Для определения угла φ_1 рассмотрим $\triangle b'O b$: $bb' = b'O \cdot \operatorname{ctg} \varphi$,
но $b'O = \frac{l}{\cos \theta_0}$;

$$\text{поэтому } bb' = \frac{l \operatorname{ctg} \varphi}{\cos \theta_0}.$$

Из $\triangle b'_2 b_2 O$:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{b'_2 O}{b'_2 b_2},$$

но $b'_2 b_2 = bb'$ по построению.

После преобразования

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \cos \theta_0 \operatorname{tg} \varphi.$$

Требуемая величина угла θ_0 обеспечивается установкой инструмента с определенной величиной

$$H = \frac{D}{2} \sin \theta_0.$$

Настройка трехповоротных тисков при заточке задних поверхностей резцов. Настройка тисков при заточке резцов по главным поверхностям аналогична настройке при заточке по вспомогательным поверхностям. При заточке главной задней поверхности резца (рис. 68) необходимо выдержать следующие геометрические параметры режущей части (заданные по чертежу): главный задний угол α_N измеренный в сечении, нормальном к режущей кромке, главный угол в плане φ и угол наклона главной режущей кромки λ .

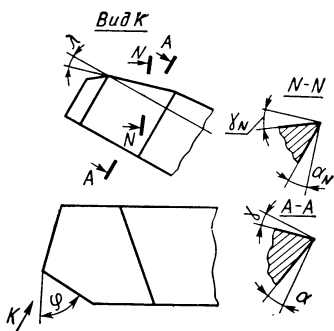


Рис. 68. Геометрические параметры режущей части резца.

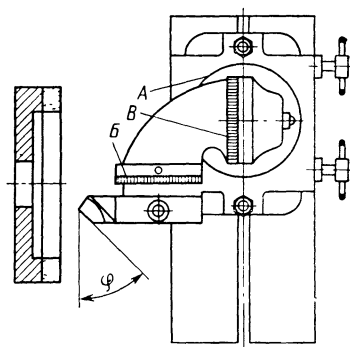


Рис. 69. Схема начального положения резца и шлифовального круга при заточке резца торцом круга.

Главный задний угол можно также измерять в главной секущей плоскости (главная секущая плоскость перпендикулярна проекции главной режущей кромки на основную плоскость). Обозначим главный задний угол, измеренный в главной секущей плоскости, через α_c . Углы α_c , α_N и λ связаны зависимостью

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{\operatorname{tg} \alpha_c}{\cos \lambda}.$$

При заточке необходимо придать резцу такое положение, при котором затачиваемая задняя поверхность будет параллельна рабочей поверхности шлифовального круга. Схема начального положения резца и шлифовального круга приведена на рис. 69.

В результате двух поворотов резца (первоначального на угол φ вокруг оси A и последующего на угол α_N вокруг главной режущей кромки резца) суммарные углы поворота тисков с резцом относительно осей A , B и B будут соответственно равны

$$\theta_A = \varphi + \alpha_N \sin \lambda;$$

$$\theta_B = \alpha_N \cos \lambda \sin \varphi;$$

$$\theta_B = \alpha_N \cos \lambda \cos \varphi.$$

Эти углы установки трехповоротных тисков обеспечивают получение требуемого заднего угла резца во время заточки.

Настройка трехповоротных тисков при заточке передней поверхности резцов. При заточке главной передней поверхности резца необходимо выдержать заданные по чертежу величины: главный передний угол γ_N , измеренный в сечении, нормальном к главной режущей кромке; главный угол в плане φ и угол λ наклона главной режущей кромки.

Главный передний угол можно также измерять в главной секущей плоскости. Переднюю поверхность резца можно затачи-

вать торцовой поверхностью круга (плоского с выточкой и чашечного конического) или периферией круга плоского прямого профиля. В процессе заточки шлифовальный круг вращается вокруг своей оси, а резец, закрепленный в трехповоротных тисках, движется возвратно-поступательно вместе со столом станка.

Если заточку осуществляют периферией круга, то в результате сочетания движений круга и резца на последнем образуется горизонтальная поверхность, параллельная поверхности стола станка и касательная к цилиндрической поверхности круга. Поэтому во время заточки резец следует устанавливать таким образом, чтобы передняя затачиваемая поверхность его была параллельна горизонтальной поверхности стола станка:

Схемы начального положения резца и шлифовального круга приведены на рис. 70. В результате двух последовательных поворотов резца на углы λ и γ_N суммарные углы поворота тисков с резцом относительно осей A , B и B соответственно будут равны

$$\begin{aligned}\theta_A &= \gamma_N \cos \varphi \operatorname{tg} \lambda_B; \\ \theta_B &= \lambda_B + \gamma_N \sin \varphi; \\ \theta_B &= \lambda \sin \varphi - \frac{\gamma_N \cos \varphi}{\cos \lambda_B},\end{aligned}$$

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

Затачивая резец периферией круга, получаем при этих углах установки приспособления требуемый главный передний угол. В частном случае угол поворота резца вокруг оси A можно принять равным нулю. При выводе приведенных выше формул предполагалось, что шлифовальный круг расположен выше вершины затачиваемого резца и обработка производится нижней частью круга. При заточке периферией круг можно также помещать ниже затачиваемого резца. В этом случае заточку производят верхней частью шлифовального круга, и тогда углы поворота тисков с резцом относительно осей A , B и B подсчитывают по формулам

$$\begin{aligned}\theta_B &= \lambda_B + \gamma_N \sin \varphi; \\ \theta_B &= \frac{\gamma_N \cos \varphi}{\cos \lambda_B} - \lambda \sin \varphi, \text{ где } \lambda_B = \lambda \cos \varphi,\end{aligned}$$

угол θ_A можно выбирать произвольно.

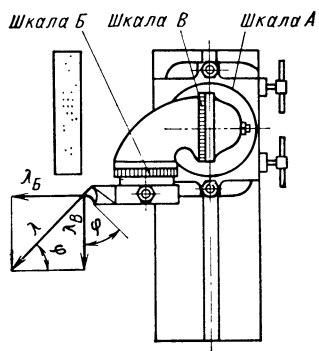


Рис. 70. Схема начального положения резца при его заточке периферией круга

При обработке резца верхней частью шлифовального круга затачиваемая передняя поверхность занимает горизонтальное положение при следующих углах поворота тисков с резцом относительно его осей;

$$\theta_B = \lambda_B + \gamma_N \sin \varphi$$

и

$$\theta_B = \frac{\gamma_N \cos \varphi}{\cos \lambda_B} - \lambda \sin \varphi,$$

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

Угол θ_A при этом может иметь любое значение. Примем, что угол θ_A равен 90° . В этом случае ось B (см. рис. 71) будет параллельна торцовой поверхности шлифовального круга. Если после этого повернуть тиски вокруг оси B на 90° , то передняя поверхность резца займет вертикальное положение, параллельное торцовой поверхности шлифовального круга. Именно при этой установке и производят заточку передней поверхности резца торцовой поверхностью шлифовального круга.

Углы поворота тисков с резцом относительно осей A , B и B подсчитывают в данном случае по следующим формулам:

$$\theta_A = 90^\circ; \theta_B = 90^\circ + \lambda_B + \gamma_N \sin \varphi;$$

$$\theta_B = \frac{\gamma_N \cos \varphi}{\cos \lambda_B} - \lambda \sin \varphi, \text{ где } \lambda_B = \lambda \cos \varphi.$$

При углах поворота тисков $\theta_A = 45^\circ 30'$, $\theta_B = 4^\circ$ и $\theta_B = 4^\circ$ достигаются следующие геометрические параметры резца: $\alpha_N = 6^\circ$, $\varphi = 45^\circ$ и $\lambda = 5^\circ$, при углах поворота приспособления $\theta_A = 90^\circ$, $\theta_B = 100^\circ 30'$ и $\theta_B = 3^\circ 30'$ достигаются углы $\gamma_N = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$ и $\lambda = 5^\circ$.

Настройка приспособления для заточки инструмента, установленного в центровых бабках. Конструкция приспособления для заточки разверток на универсально-заточном станке позволяет поворачивать развертку или зенкер вокруг двух взаимно-перпендикулярных осей (оси инструмента и оси, перпендикулярной поверхности стола станка). Углы поворота инструмента вокруг этих осей выбирают с таким расчетом, чтобы получить при заточке заданные геометрические параметры. При заточке задних поверхностей главных режущих кромок разверток (заборного конуса) необходимо выдерживать требуемый угол в плане φ и задний угол α_N , измеренный в сечении, нормальном к режущей кромке (рис. 71). При заточке плоская задняя поверхность должна быть параллельна поверхности шлифовального круга.

В начальном положении ось развертки параллельна рабочей поверхности шлифовального круга и поверхности стола станка. Режущая кромка затачиваемого зуба развертки также параллельна поверхности стола станка.

Формула настройки следующая

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \cos \theta_0 \operatorname{tg} \varphi,$$

где $\varphi_1 (\theta_A)$ — угол поворота инструмента вокруг вертикальной оси.

Так как в рассматриваемом приспособлении нет шкалы, по которой можно отсчитывать углы поворота $\theta_0 (\theta_B)$, то для получения требуемого угла θ_0 устанавливают упор, поддерживающий затачиваемый зуб на расстоянии H ниже или выше центральной оси развертки (в зависимости от направления вращения). При наладке станка расстояние H можно измерять штангенрейсмусом.

Заднюю поверхность цилиндрической части развертки затачивают также с помощью рассматриваемого приспособления. В этом случае угол в плане φ затачиваемой кромки будет равен 0° .

Угол поворота θ_0 развертки вокруг оси определяют из уравнения

$$\operatorname{tg} \theta_0 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_N}{\cos \varphi}.$$

Но поскольку $\varphi = 0^\circ$, то $\cos \varphi = 1$, откуда $\operatorname{tg} \theta_0 = \operatorname{tg} \alpha_N$ и $\theta_0 = \alpha_N$.

Таким образом, угол поворота развертки вокруг оси равен заднему углу α_N затачиваемой режущей кромки, расположенной на цилиндрической части инструмента.

Угол поворота φ_1 развертки вокруг вертикальной оси определяют из выражения $\operatorname{tg} \varphi_1 = \cos \theta_0 \operatorname{tg} \varphi$ или $\operatorname{tg} \varphi_1 = \cos \alpha_N \operatorname{tg} \varphi$; отсюда $\varphi_1 = 0^\circ$. Следовательно, при заточке задних поверхностей цилиндрической части развертки не поворачивают вокруг их вертикальной оси.

Смещение затачиваемого зуба относительно оси развертки

$$H = \frac{D}{2} \sin \theta_0, \text{ но } \theta_0 = \alpha_N.$$

Поэтому при заточке цилиндрической части развертки

$$H = \frac{D}{2} \sin \alpha_N.$$

Задние поверхности зенкоров также можно затачивать в центровых бабках. При заточке необходимо получать заданные на рис. 72 параметры режущей части зенкера: угол в плане φ и задний угол α_N , причем углы эти следует определять в сечениях,

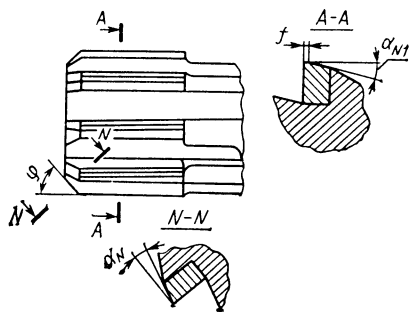


Рис. 71. Геометрические параметры режущей части развертки

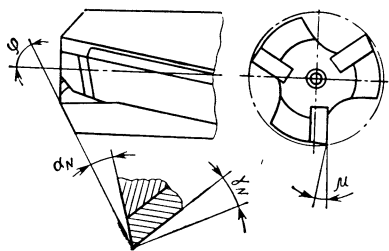


Рис. 72. Геометрические параметры режущей части зенкера

указанных на рисунке. При измерении углов φ и α_N в других сечениях необходимо производить пересчет по соответствующим формулам.

За первоначальное принимают такое положение зенкера, при котором режущая кромка затачиваемого зуба параллельна поверхности стола станка, т. е. горизонтальной плоскости проекций. При этом ось зенкера параллельна рабочей поверхности шлифовального круга. Поэтому углы установки зенкера при заточке его задних поверхностей подсчитывают по формулам, аналогичным формулам, определяющим установку разверток.

Угол поворота зенкера вокруг его оси находят из уравнения

$$\operatorname{tg} \theta_0 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_N}{\cos \varphi}.$$

После поворота зенкера на угол φ_1 задняя плоская поверхность затачиваемого зуба займет положение, параллельное горизонтально-проецирующей плоскости. Угол поворота зенкера вокруг вертикальной оси приспособления находят из выражения $\operatorname{tg} \varphi_1 = \operatorname{tg} \varphi \cos \theta_0$. После поворота на угол φ_1 задняя плоская поверхность зенкера располагается параллельно рабочей поверхности шлифовального круга; в этом положении и производят заточку зенкеров. Требуемый угол θ_0 получается путем установки затачиваемого инструмента (в данном случае зенкера) с определенным смещением.

Смещение затачиваемого зуба относительно оси зенкера

$$H = \frac{D}{2} \sin (\theta + \mu).$$

Угол μ наклона режущей кромки заборного конуса задается на чертеже зенкера. При заточке и доводке задней поверхности цилиндрической части разверток и зенкеров при $H=2,86$ мм (рис. 71 и 72) достигаются углы $\alpha=22^\circ$, $\alpha_{N1}=15^\circ$ и $\mu=0^\circ$. При заточке задней поверхности заборного конуса, разверток и зенкеров при $H=5,28$ мм, $\theta_B=28^\circ 30'$ и $\theta_A=56^\circ 30'$, достигаются углы $\alpha=22^\circ$, $\alpha_N=15^\circ$ и $\varphi=60^\circ$. Заточка осуществляется торцом плоского круга с выточкой.

Смещение H затачиваемого зуба относительно оси инструмента при заточке развертки определяют по формуле, приведенной на стр. 65, а при заточке зенкеров — по формуле, приведенной на стр. 66. Углы поворота зенкера вокруг его оси и вертикальной оси приспособления при заточке заборного конуса приведены на стр. 68.

Настройка универсально-заточной головки при заточке зенкеров. Заточку плоской задней поверхности зенкеров производят торцовой поверхностью шлифовального круга. При этом необходимо получить указанные на чертеже (см. рис. 72) углы φ , μ и α_N .

Схема начальной установки зенкера и шлифовального круга приведена рис. 73. Ось зенкера перпендикулярна рабочей поверхности шлифовального круга. Заточиваемая режущая кромка занимает горизонтальное положение, параллельное поверхности стола станка. Для совмещения заточиваемой режущей кромки с рабочей поверхностью шлифовального круга зенкер необходимо повернуть вокруг вертикальной оси A приспособления на угол $\theta_A = 90^\circ - \varphi$. Если заточивать зенкер при такой установке, то угол α_N окажется равным нулю градусов. Поэтому необходимо дополнительно повернуть зенкер вокруг заточиваемой режущей кромки на угол α_N . В результате заточиваемая задняя поверхность зенкера расположится параллельно рабочей поверхности шлифовального круга. Таким образом, заданные углы φ , μ и α_N получаются при заточке зенкера путем поворота его под углами $\theta_A = 90^\circ - \varphi$; $\theta_B = \alpha_N \sin \varphi$; $\theta_B = \alpha_N \cos \varphi$.

При этих углах поворота зенкера режущая кромка заточиваемого зуба занимает горизонтальное положение. Как и в случае заточки резцов, рассмотренная установка зенкера при заточке его задней поверхности не является единственно возможной.

Переднюю плоскую поверхность зенкеров можно заточивать торцом чашечного конического круга или периферией круга плоского прямого профиля. В результате должны быть получены углы φ , μ и γ_N , указанные на чертеже.

При заточке периферией круга на обрабатываемой детали образуется горизонтальная поверхность, касательная к цилиндрической поверхности круга. Поэтому зенкеру необходимо придавать такое положение, при котором передняя поверхность заточиваемого зуба была бы параллельна горизонтальной поверхности стола станка.

Начальное положение зенкера и шлифовального круга выбирают таким же, как и при заточке задней поверхности зенкера торцовой поверхностью круга. В этом положении режущая кромка горизонтальна. Поэтому для получения заданного угла γ_N необходимо повернуть зенкер вокруг режущей кромки на угол γ_N . Таким образом, получение заданных углов φ , μ и γ_N при заточке

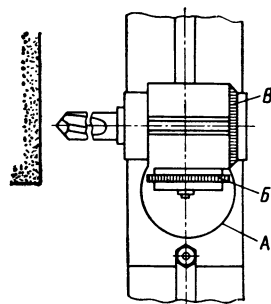


Рис. 73. Схема начального положения зенкера и шлифовального круга при заточке задней поверхности в универсально-заточной головке

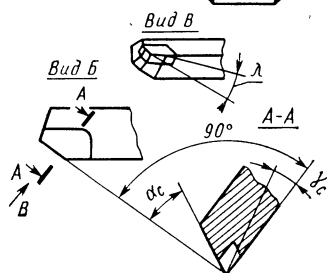
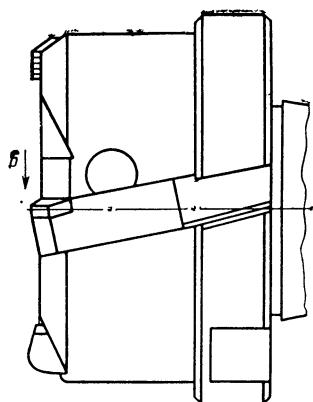


Рис. 74. Геометрические параметры режущей части торцевой фрезы.

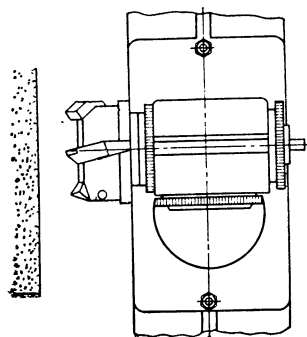


Рис. 75. Схема начального положения торцевой фрезы и шлифовального круга при заточке задней поверхности зуба:

передней поверхности зенкера достигается установкой зенкера в приспособлении под углами $\theta_A = 0$ (либо любое другое значение); $\theta_B = \gamma_N \sin \varphi$; $\theta_B = \gamma_N \cos \varphi$.

Плоскую переднюю поверхность инструмента можно легко установить параллельно торцовой поверхности шлифовального круга. Для этого надо повернуть приспособление вокруг оси A на 90° , а затем

повернуть зенкер вокруг его режущей кромки на угол γ_N . Соответствующие углы установки зенкера будут при этом $\theta_A = 90^\circ + \gamma_N \sin \varphi$; $\theta_B = 0^\circ$; $\theta_B = 90^\circ + \gamma_N \cos \varphi$.

При этой установке можно производить заточку передней поверхности зенкера торцевой поверхностью круга. Режущая кромка затачиваемого зуба зенкера должна быть расположена в вертикальной плоскости, параллельной торцовой поверхности шлифовального круга.

Зенкеры можно затачивать и в призматических тисках. Поскольку у тисков нет шкалы B , по которой можно отсчитывать углы θ_B , требуемый угол θ_B получают при такой установке зенкера, при которой затачиваемый зуб расположен выше оси на величину H .

Настройка универсально-заточной головки при заточке торцовых фрез. Плоскую заднюю поверхность зуба торцовых фрез затачивают торцевой поверхностью чашечного конического круга. При заточке необходимо получить указанные на рис. 74 углы φ , α_c и λ . Схема начального положения фрезы и шлифовального круга приведена на рис. 75. При заточке каждый зуб фрезы можно рассматривать как самостоятельный резец. Поэтому

формулы для установки фрезы идентичны формулам, используемым при установке резца в трехповоротных тисках. Суммарные углы поворота головки относительно осей A , B и B при заточке задних поверхностей фрез следующие: $\theta_A = \varphi + \alpha_N \sin \lambda$; $\theta_B = \alpha_N \cos \lambda \sin \varphi$; $\theta_B = \alpha_N \cos \lambda \cos \varphi$, где угол α_N подсчитывают из уравнения

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{\operatorname{tg} \alpha_c}{\cos \lambda}.$$

Переднюю поверхность фрез можно затачивать торцом чашечного конического круга или периферией круга прямого профиля.

При заточке необходимо получить указанные на рис. 74 углы φ , γ_c и λ . Начальная установка фрезы и шлифовального круга при заточке передних и задних поверхностей зубьев одинакова. Углы поворота фрез вокруг осей A , B и B универсально-заточной головки следующие: θ_A можно выбирать произвольно; $\theta_B = \lambda \sin \varphi - \gamma_N \cos \varphi$; $\theta_B = \lambda \cos \varphi + \frac{\gamma_N \sin \varphi}{\cos (\lambda \sin \varphi)}$.

При заточке фрез торцевой поверхностью шлифовального круга углы поворота головки относительно осей A , B и B следующие:

$$\theta_A = 90^\circ; \theta_B = 90^\circ + \lambda \sin \varphi - \gamma_N \cos \varphi; \theta_B = \lambda \cos \varphi + \frac{\gamma_N \sin \varphi}{\cos (\lambda \sin \varphi)}.$$

Полученные формулы для установки торцовых фрез при их заточке не тождественны формулам, выделенным для заточки зенкеров. Различие формул объясняется тем, что заданные чертежом геометрические параметры (углы α , γ и λ) определяются в обоих рассматриваемых случаях по-разному. Углы α и φ , задаваемые на чертежах, не отражают истинного взаимного положения передних и задних поверхностей зуба. Эти углы необходимы для заточки инструмента и определяют положение передних и задних поверхностей отдельных зубьев на корпусе инструмента.

При заточке и доводке задней поверхности главной режущей кромки торцовых фрез при углах поворота головки $\theta_A = 65^\circ 30'$, $\theta_B = 10^\circ 30'$ и $\theta_B = 18^\circ 30'$ обеспечиваются углы $\alpha_N = 22^\circ$, $\lambda = 15^\circ$ и $\varphi = 60^\circ$. При заточке и доводке передней поверхности обеспечиваются углы $\gamma_N = 10^\circ$, $\lambda = 15^\circ$ и $\varphi = 60^\circ$ при углах поворота головки $\theta_A = 90^\circ$, $\theta_B = 108^\circ$ и $\theta_B = 1^\circ 30'$.

Настройка приспособления при заточке и доводке резцов по задним поверхностям и радиусу при вершине. В плите 1 приспособления (рис. 76) жестко закреплена ось 2, вокруг которой поворачивается стакан 3 с помощью рукоятки 4. Два подшипника качения 5 обеспечивают плавность и легкость поворота подвижной части приспособления. Для выбора зазоров в подшипниках служат гайка 6 и контргайка 7. Поворот подвижной части при-

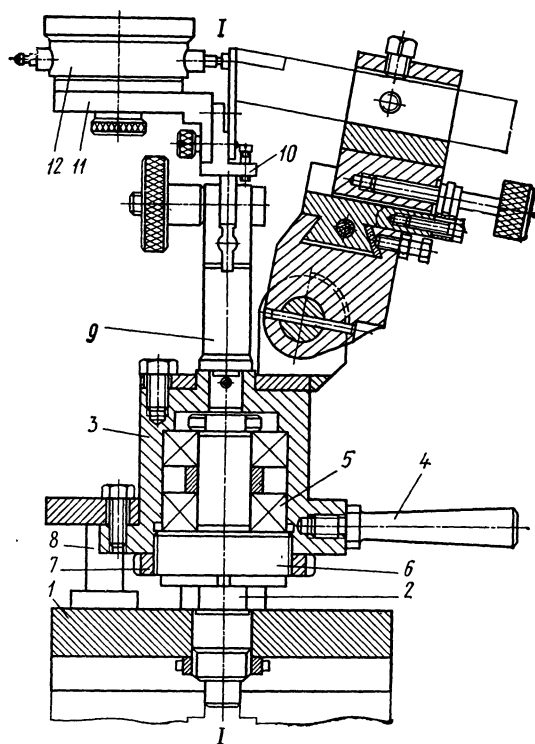


Рис. 76. Приспособление для заточки и доводки резцов по задним поверхностям и радиусу при вершине

шине резца; $\alpha_{\text{прод}}$ и $\gamma_{\text{прод}}$ — соответственно задний и передний углы инструмента, измеренные вдоль оси инструмента, которые определяют из выражений

$$\text{ctg } \alpha_{\text{прод}} = \cos \alpha \cos \varphi - \text{tg } \lambda \sin \varphi;$$

$$\text{tg } \gamma_{\text{прод}} = \text{tg } \gamma \cos \varphi - \text{tg } \lambda \sin \varphi,$$

где λ — угол наклона главной режущей кромки; φ — главный угол в плане; γ и α — передний и задний углы резца (в главной секущей плоскости).

Настройка приспособления при заточке зенкоров и сверл.

В процессе заточки сверло, закрепленное в шпинделе 3 (рис. 77), совершает относительно шлифовального круга движение по винтовой линии, которое осуществляется с помощью кулачка 4, имеющего винтовую поверхность. Кулачок винтовой поверхностью прижимается пружиной к пальцу 5, укрепленному в корпусе 2 приспособления; при вращении маховичка 6 палец 5,

способления в горизонтальной плоскости ограничен двумя регулируемыми упорами 8, которые выставляют в соответствии с заданными углами в плане резца φ и φ_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 закреплен индикатор 12 с ценой деления 0,01 мм, который служит для отсчета смещения e вершины резца относительно оси $I-I$ качания приспособления.

Смещение

$$e = \frac{r}{\sin \varepsilon} \cos (\alpha_{\text{прод}} + \gamma_{\text{прод}});$$

здесь r — радиус при вершине, мм; ε — половина угла при вершине

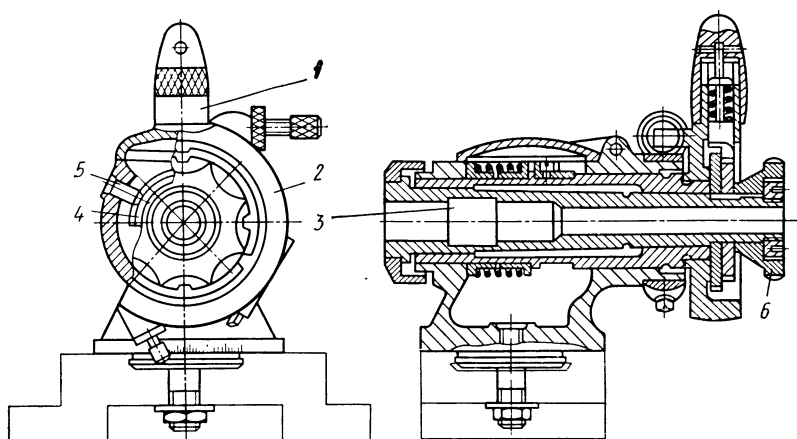


Рис. 77. Приспособление для заточки зенкеров и сверл.

скользя по винтовой поверхности кулачка, совершает поступательное движение. Деление затачиваемого инструмента на зуб осуществляется с помощью делительных дисков и фиксатора 1. Сочетание вращательного и поступательного движения стола с приспособлением обеспечивает винтовое движение сверла и зенкера во время заточки и доводки.

Шаг спирали кулачков 3—20 мм и более (для крупных зенкеров).

Зная шаг спирали, можно определить задние углы затачиваемого инструмента

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2H}{\pi D} = \frac{H}{\pi R_x},$$

где H — шаг кулачка, мм; R_x — радиус рассматриваемой точки режущей кромки инструмента в мм.

При заточке режущую кромку устанавливают горизонтально. Ось инструмента составляет с рабочей поверхностью шлифовального круга угол, равный половине угла при вершине соответствующих режущих кромок сверла.

Примеры настройки приспособления. 1. Определить задний угол для заточки сверла диаметром 12 мм периферией круга. Кулачок, применяемый при заточке, имеет шаг спирали 5 мм. Угол наклона режущих кромок сверла $\lambda = 0^\circ$.

Задний угол для заточки сверла

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{\pi R_x}, \text{ но } R_x = 0,5D = 6 \text{ мм.}$$

Следовательно $\operatorname{tg} \alpha = 0,27$, откуда $\alpha = 15^\circ 30'$.

2. Определить шаг спирали кулачка для заточки сверла диаметром 12 мм. Задний угол на периферии режущей кромки $\alpha = 10^\circ$. Угол наклона режущих кромок сверла $\lambda = 0^\circ$.

Шаг спирали кулачка $H = \pi R_x \operatorname{tg} \alpha$, но $R_x = 0,5D$.

$$\text{Следовательно, } H = \frac{\pi D \operatorname{tg} \alpha}{2}.$$

Подставляя численные значения, получим

$$H = \frac{\pi \cdot 12,0,176}{2} = 3,31 \text{ мм.}$$

Приспособление не имеет кулачка с шагом спирали кулачка, равным 3,31 мм. Выбираем кулачок с ближайшим шагом 3,59 мм.

Задний угол при применении этого кулачка будет $\operatorname{tg} \alpha = 0,135$; $\alpha = 7^\circ 40'$.

Шаг спирали кулачка H приведен в табл. 6. Значения кулачка — средние для указанных диапазонов диаметров и рассчитаны при угле $\alpha = 10 \pm 1^\circ$.

6. Зависимость шага спирали кулачка от диаметра сверла

Диаметр сверла D , мм	Шаг спирали кулачка H , мм	Диаметр сверла D , мм	Шаг спирали кулачка H , мм
12—14	3,59	33—36	9,53
15—18	4,55	37—39	10,5
19—21	5,52	40—43	11,46
22—25	6,49	44—47	12,57
26—27	7,46	48—50	13,54
29—32	8,42		

Настройка приспособлений при заточке червячных фрез. Профиль зубьев цилиндрических и червячных колес зависит от качества заточки червячных зуборезных фрез, которые обычно перетачивают по передним поверхностям.

Основные ошибки, получающиеся при заточке червячной фрезы, — сме-

щение положения передних поверхностей зубьев относительно радиальной плоскости и ошибки в окружном шаге. Непараллельность передней поверхности зуба радиальной плоскости при заточке червячной фрезы влияет на профиль зуба колеса, искажая эвольвенту зуба.

Если при заточке получается поднутрение по передней поверхности, искажающее профиль зуба фрезы, то и профиль зуба нарезаемого колеса искажается. Если при заточке фрезы передняя поверхность оказывается «заваленной» ($\gamma > 0^\circ$), то профиль зуба фрезы также искажается, что искажает и профиль зуба нарезаемого колеса. Ошибки в окружном шаге, получаемые при делении без делительного устройства при заточке червячной фрезы, также искажают профиль зуба колеса и нарушают нормальное прилегание боковых поверхностей зубьев нарезаемых колес.

Заводам, на которых нет специальных станков для заточки червячных фрез, рекомендуется простое по устройству и изготовлению в заводских условиях приспособление (рис. 78), обеспечивающее правильную их заточку по передним поверхностям. Качественная заточка фрезы обеспечивается точной установкой оправки и выбором и установкой шлифовального круга. Червячные фрезы можно затачивать в центрах универсально-заточного станка. На левую часть оправки 1 надет копирный барабан 2,

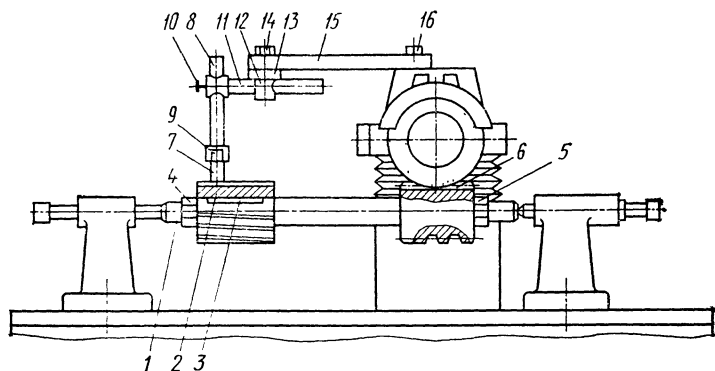


Рис. 78. Приспособление для заточки червячных фрез с копиром.

удерживаемый от перемещения и проворачивания шпонкой 3 и гайкой 4. На правой части оправки с помощью гайки 5 закреплена затачиваемая фреза 6. Копирный барабан имеет число винтовых канавок, соответствующее числу зубьев затачиваемой фрезы и углу наклона стружечной канавки ω . В паз копирного барабана 2 входит ведущий нож 7, закрепленный в оправке 8 с помощью винта 9. Оправка 8 ножа закреплена болтом 10 в горизонтальной штанге 11, которая, в свою очередь, закреплена с помощью прижимного болта 12 с шайбой 13 и гайки 14 в кронштейне 15. Кронштейн 15 укреплен на неподвижной части станка болтом 16 и гайкой. Вся система стержней имеет достаточную подвижность, необходимую при наладке станка. После установки и балансировки круг необходимо заправить по торцу под углом 10° . Для этого алмаз закрепляют в бабке, а стол станка поворачивают на угол 10° относительно оси направляющих стола. При заточке фрезы столу сообщают продольное возвратно-поступательное движение.

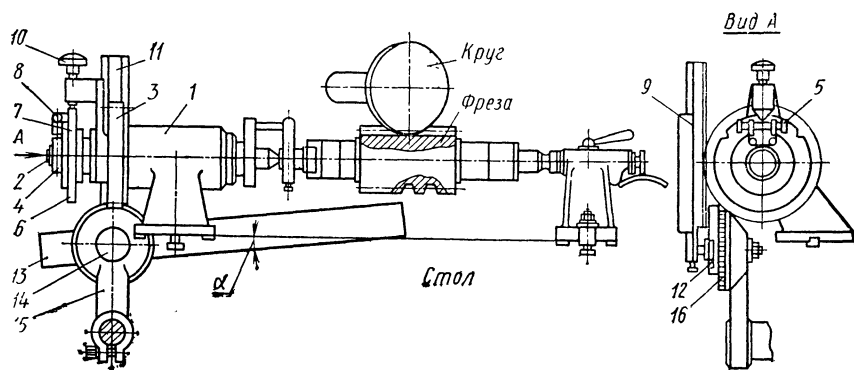


Рис. 79. Приспособление для заточки червячных фрез:

При установке червячной фрезы 6 и копирного барабана 2 на центровой оправке 1 и установке их в центрах станка необходимо тщательно протереть и слегка смазать центры. После установки оправки в центрах стол необходимо повернуть на угол наклона стружечной канавки, указываемый на затачиваемой фрезе. Рабочую поверхность шлифовального круга устанавливают вдоль оси затачиваемой червячной фрезы с помощью шаблона. Для заточки червячных фрез на универсально-заточном станке используют приспособление, отличающееся универсальностью и большей точностью при работе (рис. 79). На этом приспособлении можно затачивать фрезы с наибольшим диаметром 200 мм при угле подъема винтовой линии канавки 0—25°. Задняя бабка служит опорой оправки, на которую насажена затачиваемая фреза. В корпусе 1 передней бабки смонтированы подшипники и шпиндель 2. В конусную часть отверстия шпинделя вставлен центр. На другом конце шпинделя свободно насажены зубчатое колесо 3 и втулка 4 с упорными винтами 5. На втулке 4 установлен сменный делительный диск 6, закрепляемый гайкой 7 и упором 8. К втулке прикреплен кронштейн 10, зуб которого входит в паз делительного диска. Зубчатое колесо 3 находится в зацеплении с рейкой 11, на конце которой установлен ползун 12, входящий в паз. Рейка укреплена в колодке 9. Линейка 13 закреплена на диске 14, который соединен с кронштейном 15. Диск вместе с линейкой 13 может быть повернут относительно кронштейна 15 на угол, отсчитываемый по шкале 16. Таким образом, ползун 12 рейки 11, скользя по пазу линейки 13, при возвратно-поступательном движении стола станка вместе с приспособлением сообщает движение затачиваемой фрезе.

Угол поворота линейки определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{238,4}{S},$$

где S — шаг стружечной канавки фрезы, мм; 238,4 — постоянное число.

При заточке фрез в указанном приспособлении не выдерживается шаг канавки. Это происходит из-за значительного зазора, получающегося при зацеплении зубчатого колеса 3 с рейкой 11. В тех случаях, когда настройка на угол наклона стружечной канавки основана на применении зубчатой передачи, применять рассмотренное приспособление не рекомендуется.

Лучшее качество заточки обеспечивается с помощью приспособления, в котором передача движения от ползуна к шпинделю осуществляется через барабан и стальную ленту.

Глава IV

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ

Абразивно-алмазные материалы. При различных способах обработки деталей из твердых сплавов и сталей используют инструменты из природных и синтетических абразивов и алмазов. Характеристика алмазно-абразивных материалов приведена в табл. 7.

АБРАЗИВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Круги. Шлифовальные круги служат для шлифования, заточки, доводки и полирования деталей из различных материалов на различных станках. Шлифовальный круг представляет собой пористое тело, состоящее из зерен абразивного материала, связанных связкой. Основными характеристиками круга являются форма, размеры, род абразивного материала, твердость, связка и структура.

На поверхности шлифовального круга должны быть следующие обозначения: марка завода-изготовителя, вид абразивного материала, зернистость, степень твердости, связка, структура, типоразмер круга и наибольшая допустимая окружная скорость его вращения в м/с. По указанным характеристикам выбирают шлифовальный круг для той или иной операции.

Зернистость абразивного круга в меньшей степени влияет на производительность процесса и в большей степени на шероховатость и точность обработанной поверхности (табл. 8). Абразивные материалы удерживаются в круге различными связками, основные из которых приведены в табл. 9. Качество связки определяется в первую очередь прочностью ее сцепления с зерном. Чем выше прочность сцепления с зерном, тем лучше связка, тем меньшее количество ее надо применять для получения заданной твердости. Связку СКН используют для изготовления резьбовых кругов, применяемых при шлифовании резьб с мелким шагом; связки СК, ГБ и другие — для кругов, применяемых при шлифовании резьб с крупным шагом; связки ГБ и ОС — для правки кругов и брусков.

7. Характеристика и применение различных алмазно-абразивных материалов

Абразивный материал	Условное обозначение	Краткая характеристика	Основной составляющий элемент	Твердость			Шлифующая способность, г	Затупляемость	Температура, при которой теряются свойства абразива, °С	Применение
				по Моосу	по Риктвену	микро-твердость				
Природные: кварц	Кв	Кристаллы кремнекислоты	SiO_2	7	—	1 000	0,02	10—11	1100—1200	В виде шлифующих зерен в свободном состоянии
	Н	Мелкокристаллическая окись алюминия с примесью окиси железа, цвет различных	Al_2O_3	6—8	—	1 200	0,06	9—10	1100—1200	В виде шлифующих зерен в кругах для заточки инструмента из сталей
корунд	Е	Кристаллическая окись алюминия, цвет различных	Al_2O_3	9	12	3 000	0,10	7,8	1200—1400	В виде зерен в кругах, а также в виде шлифпорошков в свободном состоянии для обработки деталей из сталей
алмаз	А	Лучший сорт «Карбонадо» черного цвета, остальные различной окраски	С	10	15	10 060	1,0	1,0	600—700	В виде зерен в кругах и брусках при обработке деталей из твердых сплавов и сталей, а также в виде микрпорошков для доводки и полировки

Синтетиче- ские:	1А	Кристаллическая окись алюминия бурокрасного или коричневого цвета	85—91% Al_2O_3	9	12	2 000	0,1—0,12	11—12	1200—1400	В виде зерен в кругах и микропо- рошков в свобод- ном состоянии для обработки сталь- ных деталей
белый электро- корунд, моноко- рунд	2А 4А	Кристаллическая окись алюминия белого, сероватого или светлорозового цвета	96—99% Al_2O_3	9	12	2 250	0,14—0,16	10,5	1200—1400	То же
зеленый карбид кремния	6С	Кристаллы зеле- ного цвета	SiC	—	13	3 500	0,45—0,50	6,0	1000—1200	В виде зерен в кругах для шлифо- вания и заточки, а также в виде по- рошков для довод- ки деталей из твердых сплавов
черный карбид кремния	5С	Кристаллы чер- ного цвета	SiC	—	13	3 300	0,25—0,40	6,5	1000—1200	То же
карбид бора	—	Кристаллы чер- ного цвета с гра- фитом	B_4C	—	14	4 900	0,5	4,5	2000	В виде порошков для доводки дета- лей из твердых сплавов

Абразивный материал	Условное обозначение	Краткая характеристика	Основной составляющий элемент	Твердость			Шлифующая способность, г	Затупляемость	Температура, при которой теряются свойства абразива, °С	Применение
				по Моосу	по Роквеллу	микро-твердость				
хромистый корунд	ЗА	Кристаллическая окись алюминия с присадками титана, светло-розового цвета	Al_2O_3	—	13	2500	0,2—0,25	7—8	—	В виде порошков для доводки деталей из сталей
	—	Кристаллы черного цвета с графитом	B_4C	—	14	5000	0,55	3,5—4,5	—	В виде порошков для доводки деталей из твердых сплавов
алмаз	АС	Серые и бесцветные кристаллы	C	10	15	10 000	0,9—1,0	1,5—2,0	600—700	В брусках, притирах и кругах, а также в свободном состоянии для обработки деталей из твердых сплавов и сталей
	Л	Бесцветные кристаллы	B	10	15	9000	1,0	1,0	1200	В кругах и в виде порошков для обработки деталей из сталей и труднообрабатываемых сталей и сплавов

8. Рекомендации применения кругов в зависимости от их зернистости

Материал детали	Операция	Зернистость абразивного материала				
		50—32	25—16	12—8	6—4	M40—M28
Твердый сплав	Шлифование плоских деталей и деталей типа тел вращения	—	+	+	0	—
	Предварительная заточка	0	+	—	—	—
	Окончательная заточка	—	—	0	+	—
	Доводка	—	—	—	+	+
Минералокерамика	Шлифование плоских деталей и деталей типа тел вращения	—	—	+	0	—
	Заточка	—	+	+	—	—
	Доводка	—	—	—	+	+
	Полирование	—	—	—	0	+
Коррозионно-стойкие и нержавеющие стали	Шлифование плоских деталей и деталей типа тел вращения	0	+	+	—	—
	Доводка	—	—	0	+	—
Титановые сплавы и стали	Шлифование плоских деталей и деталей типа тел вращения	—	0	+	+	—
	Доводка	—	—	—	+	+
Быстрорежущие стали	Шлифование плоских деталей и деталей типа тел вращения	0	+	+	—	—
	Предварительная заточка	0	+	+	—	—
	Окончательная заточка	—	0	+	0	—
	Доводка	—	—	—	0	+

Материал детали	Операция	Зернистость абразивного материала				
		50—32	25—16	12—8	6—4	M40—M28
Конструкционные стали	Шлифование плоских деталей и деталей типа тел вращения	+	+	0	—	—
	Заточка	+	+	0	—	—
	Доводка	—	—	0	+	+

Примечание. При шлифовании плоских деталей из сталей, чугунов и цветных металлов можно применять круги более крупной зернистости. Условные обозначения: + — применимо безусловно; 0 — применимо условно; — — применять невозможно из-за большой шероховатости или из-за прижогов поверхности.

9. Основные виды связок и область их применения

Связка	Условное обозначение	Инструмент	Область применения
Неорганические			
Керамическая	К	Абразивный алмазный и	Для шлифования и заточки деталей штампов и пресс-форм и инструментов, изготовленных из разных материалов
Силикатная	С	Абразивный	Для шлифования и заточки профильного и резбового инструмента из сталей
Магнезиальная	М	То же	Для шлифования и заточки деталей и инструмента из сталей
Органические			
Бакелитовая	Б	Абразивный алмазный и	Для шлифования, заточки, доводки и полирования деталей штампов и пресс-форм и инструментов, изготовленных из различных материалов
Вулканитовая	В	То же	Для доводки, полирования и отрезки
Шеллаковая	Ш	Абразивный	Для доводки и полирования

Примечание. Круги на шеллаковой связке изготавливают по специальному заказу.

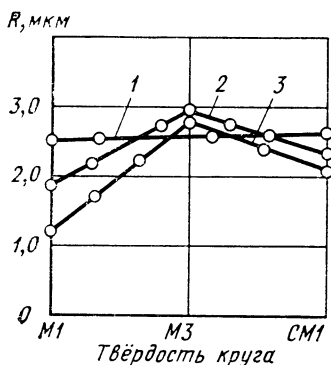


Рис. 80. Влияние твердости шлифовального круга на шероховатость поверхности при обработке деталей из твердого сплава Т15К6 ($t=0,04$ мм/дв. ход) с различными скоростями резания:

1— $v=8,5$ м/с; 2— $v=12,5$ м/с;
3— $v=18,5$ м/с

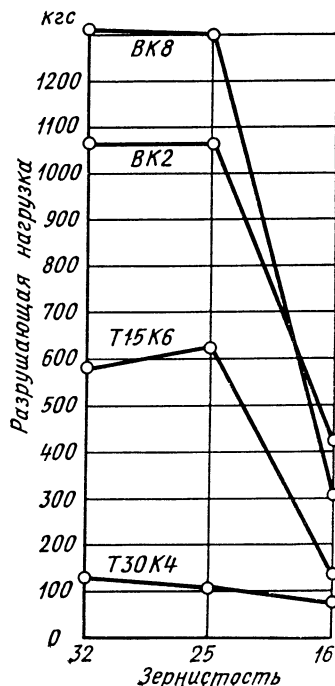


Рис. 81. Влияние зернистости шлифовального круга на прочность деталей из твердых сплавов при $v=18,5$ м/с; $t=0,04$ мм/дв. ход

Под твердостью абразивного инструмента понимают сопротивляемость связки вырыванию абразивных зерен с поверхности инструмента под влиянием внешних сил. Чем выше твердость абразивного инструмента, тем прочнее связка удерживает зерна, тем большие силы они способны воспринять без выкрашивания. Чем тяжелее режим работы, тем тверже должен быть абразивный инструмент. Твердость зависит не только от количества и качества связки, но и от вида абразивного материала, шероховатости, поверхности абразивных зерен и их конфигурации. Чем тверже материал детали, тем мягче должен быть абразивный инструмент и меньше допускаемая степень затупления абразивных зерен.

Влияние твердости шлифовального круга на шероховатость поверхности при обработке деталей из твердого сплава Т15К6 приведено на рис. 80, а влияние зернистости шлифовального круга на прочность деталей из твердых сплавов на рис. 81. По твердости абразивный инструмент подразделяют на группы (табл. 10).

Важной характеристикой абразивного инструмента является его структура, которая характеризует его строение и определяет соотношение объемов зерна, связи и пор. Существует три группы структур: 1 — плотная (№ структур 0, 1, 2, 3; объемная

10. Твердость абразивных кругов

Твердость и обозначение круга	Подразделение твердости	Обработка деталей
Мягкие М	М1, М2, М3	Из твердых сплавов, минералокерамики
Среднемягкие СМ	СМ1, СМ2	
Средние С	С1, С2	, Из закаленных сталей, титановых и других сплавов
Среднетвердые СТ	СТ1, СТ2, СТ3	
Твердые Т	Т1, Т2	Из сталей без термической обработки
Весьма твердые ВТ	—	Правка кругов и их шлифование
Чрезвычайно твердые ЧТ	—	

доля абразивных зерен соответственно равна 0,62; 0,6; 0,58; 0,56); 2 — средняя (№ 4, 5, 6, 7, 8; объемная доля абразивных зерен 0,54; 0,52; 0,5; 0,48; 0,46); 3 — открытая (№ 9, 10, 11, 12; объемная доля 0,44; 0,42; 0,4; 0,38).

В зависимости от условий работы при шлифовании можно применять абразивные инструменты следующих структур. Открытая структура обеспечивает возможность лучшего отвода снимаемой стружки, позволяет работать с более высокими режимами, создает лучшие условия для охлаждения обрабатываемой детали и круга, уменьшает опасность засаливания абразивного инструмента и возникновения прижогов шлифуемой детали. Недостатком абразивных инструментов с открытой структурой является их большой износ и малая прочность. Круги с такой структурой применяют при шлифовании деталей из вязких металлов, обладающих низким сопротивлением разрыву, при большой поверхности контакта обрабатываемой детали и круга (внутреннее шлифование). Абразивные инструменты плотной структуры применяют главным образом для доводочных работ. Абразивные инструменты средней структуры используют при обработке деталей из материалов, обладающих высоким сопротивлением разрыву.

Основная номенклатура абразивных кругов, предназначенных для различных операций шлифования приведена в табл. 11. Рабочие окружные скорости инструмента не должны превышать скорости, гарантированные поставщиком, за исключением кругов на магнезиальной связке, гибких вулканитовых кругов, шлифовальных головок всех форм и некоторых брусков на керамической и бакелитовой связке (см. гл. IX).

11. Абразивные круги

Круги	Обозначение	Применение
Плоские: прямого профиля	ПП	Для круглого и плоского шлифования и доводки цилиндрических и конических поверхностей, заточка резцов, долбяков
с двусторонним коническим профилем 45°-ного конического профиля с малым углом конического профиля	2П	Для нарезания и шлифования резьбы
	3П	Для заточки протяжек, разверток, червячных фрез по передней поверхности
	4П	То же
с выточкой	ПВ	Для заточки и доводки резцов и плоского шлифования. Внутреннее в упор
с конической выточкой	ПВК	Круглое шлифование с подрезкой торца
с двусторонней выточкой	ПВД, ПВДК	Для заточки и доводки резцов и других инструментов
Диски	Д	Прорезка канавок у резцов, подточка сверл и т. д.
Чашки: цилиндрические	ЧЦ	Для заточки и доводки режущих инструментов, внутреннего шлифования
конические	ЧК	Для заточки и доводки режущих инструментов, внутреннего шлифования
Тарелки	1Т, 2Т, 3Т	Для заточки и доводки инструмента по передней поверхности

Примечание. Для внутреннего шлифования (фильер, плашек и т. д.), профильных работ (шлифования профиля пресс-форм и т. д.) применяют головки форм ГЦ, ГУ, ГК, ГШ и др.

Правильная эксплуатация шлифовальных кругов возможна только при контроле качества кругов, их крепления, балансировки и правки. Все шлифовальные круги диаметром 150 мм и выше, предназначенные для работы при окружных скоростях 15 м/с перед установкой на станок должны проходить испытания на прочность при скорости, превышающей нормальную допустимую скорость на 50%. Продолжительность испытаний зависит от наружного диаметра круга:

D_n	150—250	300—475	Св. 500
t , мин	5	7	10

На каждом круге, выдержавшем испытание, делается соответствующая пометка о его пригодности к работе. Испытывают все новые абразивные круги, а также круги, подвергшиеся какой-либо обработке или изготовленные из старых.

Переделанные круги должны быть испытаны при скорости вращения, превышающей эксплуатационную на 75%, с продолжительностью испытания до 13 мин.

Твердость кругов контролируют с помощью нескольких методов: 1) круги на керамической или бакелитовой связках зернистостью 50—16 — измерением глубины лунки, образующейся на поверхности инструмента под воздействием струи кварцевого песка, выбрасываемой из пескоструйного прибора системы завода «Калибр»; 2) круги на керамической и бакелитовой связках зернистостью 10—M14 — измерением глубины лунки, образующейся от вдавливания в круг стального шарика, под действием постоянной нагрузки на приборе Роквелла; 3) круги на вулканитовой связке зернистостью 50—12 — измерением частоты вращения сверла, необходимой для высверливания в круге лунки определенной глубины при заданной нагрузке.

Уравновешенным или сбалансированным абразивным кругом следует считать круг, центр тяжести которого совпадает с его осью вращения. Работа неотбалансированным кругом опасна, так как неуравновешенная масса вызывает появление центробежной силы, что может вызвать его разрыв во время работы. Статической балансировке (на специальных приспособлениях, вне станка) подвергают круги диаметром от 250 мм и выше.

Статический дисбаланс определяют на балансировочном приспособлении. Основной частью его являются два параллельно расположенных стальных цилиндрических валика одинакового диаметра с гладкой поверхностью и твердостью не ниже HRC 50. Шлифовальный круг укрепляют на стальной балансировочной оправке твердостью не ниже HRC 50 с помощью конусной втулки или четырехопорной крестовины. Балансировочная оправка с конусной втулкой или четырехопорной крестовиной должны быть предварительно отбалансированы. В местах контакта крестовины со стенками отверстия круга устанавливают стальные вставки. Круг с оправкой размещают на балансировочном

приспособлении таким образом, чтобы ось балансирующей оправки была перпендикулярна валикам приспособления, а круг располагался между ними симметрично. Круг уравнивают с помощью грузов, прикрепляемых к нему по периферии. Когда требуется определить лишь дисбаланс, на круге закрепляют предельный груз, и если круг с грузом останется в покое, то круг удовлетворяет требованиям данного класса дисбаланса.

Для балансировки кругов и контроля дисбаланса на заводе-потребителе круги можно монтировать в рабочие фланцы станка вместе с оправкой. Путем перемещения сухариков круг приводят в статическое равновесие. Рабочие фланцы (без сухариков) и балансирующая оправка должны быть предварительно отбалансированы. Кроме статической балансировки круга осуществляют и динамическую балансировку кругов диаметром 300 мм и выше, преимущественно на круглошлифовальных станках. Существует много способов динамического уравнивания. Способ, разработанный ЭНИМСом, основан на смещении грузов относительно друг друга. Круг считается отбалансированным тогда, когда амплитуда колебаний станка получается наименьшей.

Точение шлифовального круга по наружным поверхностям, торцам, посадочному отверстию производят на токарном и сверлильном станках. В некоторых случаях использованные фасонные круги типа ЧК, ЧЦ, ПВ и др. после износа перетачивают и получают круг прямого профиля. При наличии шлифовально-карусельного станка торцы круга лучше обрабатывать крупнозернистыми кругами. При обработке на токарном станке в качестве режущего инструмента используют конические резцы из сталей У10 или У12, термически обработанные до твердости *HRC* 60—62. Резец закрепляют в специальной державке. Скорость вращения обрабатываемого круга 7—12 м/мин. При такой скорости обеспечивается необходимая шероховатость поверхности круга и нормальный износ резца. Круг для обтачивания зажимают в кулачковом патроне; чтобы избежать выкрашиваний в местах зажима, между кулачками и кругом вставляют свинцовые прокладки. Обработку следует производить при охлаждении водой. После обработки круг сушат на воздухе в продолжение 8—10 ч или в электросушильном шкафу при температуре 100° с выдержкой при этой температуре в течение 3—7 ч, в зависимости от размеров круга и вида связки, затем круг балансируют.

Для обработки кругов применяют также шарошки-звездочки. Круги на керамической, силикатной, магнезиальной и бакелитовой связках обтачивают, а круги на вулканитовой связке шлифуют кругами из карбида кремния. Если диаметр посадочного отверстия круга необходимо немного уменьшить, то на стенки отверстия круга наносят тальк, смешанный с нитролаком. Когда слой только затвердеет (через 30—40 мин в зависимости от толщины), отверстие растачивают до требуемого диаметра. Для

уменьшения диаметра отверстия круга можно также применять расплавленную комовую серу, которую наносят кистью. Сера можно расплавлять на паяльной лампе, предварительно раздробив ее на небольшие куски. При плавке на паяльной лампе трудно поддерживать равномерную температуру плавления серы (112—119° С), однако эта температура не должна быть превышена, так как сера может перейти из кристаллического состояния в аморфное и потерять связывающие свойства. Залитое такой серой отверстие будет недостаточно прочным. В некоторых случаях отверстие заливают гипсом. Независимо от того, какой технологический процесс применяют для увеличения или уменьшения диаметра посадочного отверстия шлифовального круга, для кругов, работающих с обычной окружной скоростью разность между диаметром отверстия круга и диаметром посадочного места должна быть 0,1—1,0 мм при диаметре отверстия до 100 мм; 0,2—1,2 мм — при диаметре отверстия до 250 мм; 0,3—1,5 мм — при диаметре отверстия свыше 250 мм.

Для повышения твердости керамические круги пропитывают раствором силиката в воде. Для ускорения процесса раствор следует подогреть до 80—90° С или добавить 2—3 капли фенолфталеина на 1 л раствора. Пропитанный круг следует просушить в два приема: сначала при температуре 20° С в течение 12 ч (мелкие круги) и двух суток (большие круги), затем в сушильных шкафах при 100—220° С с выдержкой 1—2 ч. Круги, предназначенные для работы с охлаждением, рекомендуется после пропитки и просушки покрыть масляным лаком или скипидаром. Другим способом повышения твердости керамических кругов является пропитка их жидким бакелитом. Бакелит растворяют в смеси равных объемов воды и денатурированного спирта. Чтобы ускорить растворение бакелита, его можно подогреть до 60° С.

После пропитки круги складывают стопками и сушат в естественных условиях: круги диаметром до 200 мм — в течение 8 ч, более крупные круги — в течение суток. Каждые 10—12 мин круги нужно переворачивать во избежание стекания бакелита к нижней части круга. Бакелизацию проводят в течение 8—24 ч при 160—180° С. Твердость кругов на керамической связке снижают с помощью водного раствора едкого натра. Операцию повышения и понижения твердости абразивного инструмента осуществляют в случаях крайней необходимости.

При установке и креплении шлифовальных кругов на станках надевать круг на шпиндель с усилием недопустимо. Отверстие круга должно быть больше диаметра шпинделя или буртика фланца. Применяют несколько способов установки и крепления шлифовальных кругов на шпиндель (рис. 82): на шпильке наклеиванием (рис. 82, а); на винте (рис. 82, б); на шпинделе (оправке) — винтом (гайкой) и фланцами (рис. 82, в); на переходных фланцах винтами (рис. 82, г).

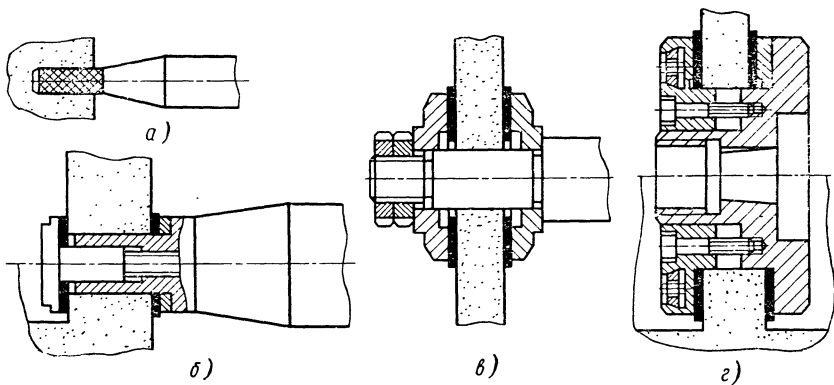


Рис. 82. Схемы крепления кругов на шпинделе (оправке).

Для обдирочных шлифовальных работ используют сегментные круги или бруски, закрепляемые в сегментной головке либо механически, либо склеиванием. Кольцевые круги устанавливают на переходных фланцах наклеиванием. Диаметр крепежных фланцев должен быть равен $\frac{1}{2} - \frac{2}{3}$ диаметра круга (при шлифовальных работах). Только при заточных работах для кругов малых размеров можно допустить фланцы диаметром $\frac{1}{3}$ диаметра круга. С внутренней стороны фланцы должны иметь выточку и соприкасаться с кругом по кольцевой поверхности шириной $\frac{1}{8} - \frac{1}{16}$ диаметра фланца. Кольцевые прокладки между фланцами и кругом должны иметь толщину 0,5—1,5 мм и наружный диаметр на 4—6 мм больше диаметра фланцев. Установка кругов на шпиндель, имеющий радиальное биение более 0,03—0,05 мм, недопустима.

Правка кругов необходима для обеспечения наибольшей производительности, меньшей шероховатости и точности обрабатываемой поверхности. Шлифовальные круги правят при значительном затуплении зерен круга, при засаливании и загрязнении его поверхности, при нарушении формы кругов из-за выбоин, неравномерного износа, и как следствие, неоднородности круга, в случае придания кругу определенной формы для воспроизводства ее на шлифуемом или затачиваемом инструменте.

Существует три метода правки: обтачивание, обкатка и шлифование. Метод обтачивания применяют при правке алмазным инструментом при окружной скорости шлифовального круга 10—35 м/с. Для правки (обтачивания) шлифовальных кругов используют алмазы в оправках массой 0,5—1 кар.; ограненные алмазные инструменты (резцы и иглы).

Правку алмазами в оправках (рис. 83) применяют при всех видах чистового шлифования. Размер алмаза в оправках должен быть тем больше, чем крупнее зерно шлифовального круга и чем больше его диаметр.

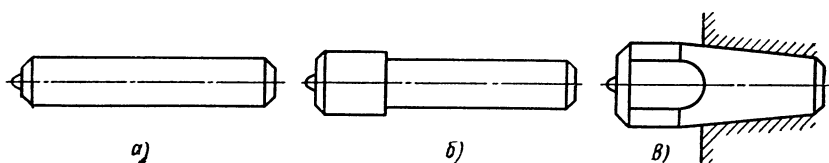


Рис. 83. Различные способы закрепления алмазов для правки:

а—в цилиндрической оправке; *б*—цилиндрической ступенчатой оправке; *в*—в оправке с конусом для закрепления

Форма оправок различная. В торце сверлится отверстие диаметром немного больше диаметра алмаза. В отверстие вкладывают «подушку» из мягкого материала (медь, свинец или цинк), а затем вставляют алмаз и зачеканивают (или припаивают). Правку осуществляют при обильном охлаждении и рабочей скорости круга ($v = 20 \div 30$ м/с). Алмаз устанавливают на 2—3 мм ниже оси вращения круга и под углом $15\text{--}20^\circ$.

Иглы для правки резбошлифовальных кругов (абразивных червяков) показаны на рис. 84. Правка алмазами, закрепленными в оправках, обходится сравнительно дорого, поэтому стараются использовать мелкие алмазы (массой 0,1—0,3 кар.), закрепленные в карандаше; эти карандаши называют алмазно-металлическими. Основными типами карандашей являются: карандаши типа Н с неориентированным расположением алмазов; типа Ц с алмазами, расположенными цепочкой вдоль оси карандаша, и типа С — с алмазами, расположенными слоями; последний тип карандашей применяют наиболее часто. При профильных работах применяют ролики, работающие методом обкатки или шлифования. Алмазная правка позволяет на 25—50% повысить полезное использование шлифовальных кругов и в некоторых случаях автоматизировать этот процесс.

На износостойкость алмазного правящего инструмента и качество правки влияют режимы правки (табл. 12). При отсутствии алмазных правящих инструментов правка может быть осуществлена брусками или кусками (боем кругов) на заточных станках или кругами из черного карбида кремния на керамиче-

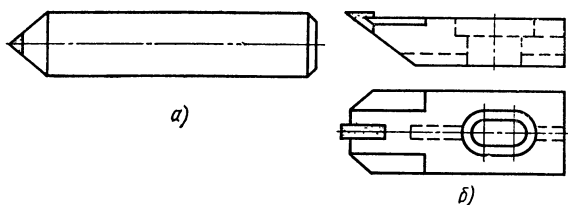


Рис. 84. Иглы для правки:

а—профиля резбошлифовальных кругов; *б*—абразивных червяков

12. Режимы алмазной правки (алмазами и карандашами)

Шлифование	R_a , мкм	S_{np} , м/мин	Черновая правка		Чистовая правка		Число хо- дов без подачи
			S_{nop} , мм/ход	Число ходов	S_{nop} , мм/ход	Число ходов	
Цилиндри- ческих по- верхностей	1,25 0,16	0,3—0,4 0,05—0,1	0,02—0,03	2—3	0,01—0,005	1—2	— 1—2
Плоских поверхно- стей	1,25 0,32	0,6—0,8 0,2—0,4	0,02—0,03	2—3	0,01—0,005	1—2	1 2—3
Внутрен- них поверх- ностей	1,25 0,32	2—3 0,5—1	0,02—0,03	2—4	0,01—0,005	1—2	1—2 2—3
Профиль- ное	0,63 0,32	0,1—0,2	0,02—0,03	3—4 (число подач)	0,005—0,01	2—3	—
Резьб	0,63	0,05—0,08	0,01—0,02	3—5 (число подач)	0,005—0,01	1—2	—

Примечания: 1. Скорость круга 15—50 м/с (нижний предел для правки при внутреннем шлифовании; верхний — при круглом наружном шлифовании).
2. Необходимо обильное охлаждение.

ской связке большой твердости (ВТ и ЧТ) методом шлифования. На заточных станках для правки используют металлические шарошки или звездочки. Иногда для правки методом обкатки применяют монокристаллы твердосплавные диски или диски из крошек твердого сплава.

Шкурки. Шлифовальные шкурки изготавливают из ткани или бумаги, на поверхности которых с одной стороны с помощью клея закреплены абразивные зерна. Шлифование и полирование шкурками можно производить вручную или на станках (ленточных, дисковых и валиковых). В зависимости от абразивного материала различают шкурки электрокорундовые, карбид-кремниевые (карборундовые), кремниевые и стеклянные. В особых случаях применяют шкурки из окиси железа и других, более мягких полирующих материалов. Шкурки могут работать всухую, а также при применении масла или керосина. Шкурки на той или иной основе изготавливают всех зернистостей. Абразив может быть нанесен в один или несколько слоев. Шкурка может быть в рулонах (рулонная) и в листах (листовая).

Пасты. Абразивными пастами называют смеси абразивных и неабразивных материалов различной консистенции. Пасты пред-

назначены для доводки и полирования инструмента, штампов, пресс-форм, фильер и т. д.

Доводка и шлифование неукрепленными абразивными зернами имеют преимущества. В отличие от доводки кругами и лентами при этом способе доводки обрабатываемые поверхности получаются без дефектов (вследствие меньшей температуры при

13. Абразивные пасты для доводки деталей из сталей

Паста	Компоненты	Содержание, %	Применение
Твердая (брикетированная) химико - механического действия	Электрокорунд или карбид кремния	60	Для предварительной доводки
	Стеарин или парафин	35	
	Олеиновая кислота	5	
	Электрокорунд	70	Для доводки деталей из быстрорежущих сталей
	Парафин	28	
	Олеиновая кислота	2	
Мазеобразная	Карбид кремния Зеленое мыло Технический воск Вода	35	Для доводки деталей из инструментальных сталей
		22	
		10	
		33	
Жидкая	Электрокорунд или карбид кремния	30—35	То же
		Минеральное масло 65—70	

14. Абразивные пасты для доводки деталей из твердых сплавов

Паста и ее компоненты	Содержание, %	Характеристика по производительности
Мазеобразная: зеленый карбид кремния технический вазелин Парафин	58—59 38—39 2—3	Малопроизводительная
Твердая: карбид бора М10—М14 Парафин	70 30	Среднепроизводительная
Карбид бора или В1 Парафин	85 15	Высокопроизводительная
Карбид бора Парафин Олеиновая кислота	85 13 2	

обработке и небольшого давления, что исключает возможность образования остаточных напряжений в поверхностных слоях). Наибольшие напряжения получаются при заточке и шлифовании образцов из твердого сплава только абразивными кругами; эти напряжения снижаются после доводки пастами из карбида бора.

Свойства пасты зависят от абразивного материала, зернистости, состава неабразивных материалов, концентрации (процентного соотношения абразивного материала в пасте), консистенции. Ассортимент применяемых на практике паст для различных операций доводки и полирования широк.

Состав наиболее распространенных доводочных и полирующих паст, изготовленных из различных абразивов, приведен в табл. 13—15. Кроме того, для доводки и полирования изделий из сталей применяют пасты ГОИ.

15. Абразивные пасты для полирования

Компоненты	Содержание, %	Полирование деталей
Оксид хрома Стеариновая кислота Парафин Олеиновая кислота Канифоль	64 23 8 4 1	Из углеродистых сталей
Оксид хрома Каолин Стеариновая кислота Петролатум	36,8 36,8 13,2 13,2	Из нержавеющей сталей, титановых сплавов
Белый электрокорунд Синтетические жирные кислоты	70 30	Из нержавеющей и углеродистых сталей, а также титановых сплавов
Белый электрокорунд Синтетические жирные кислоты	72 28	

АЛМАЗНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Круги. Для шлифования, заточки и доводки деталей из твердых сплавов и сталей используют алмазные круги. На периферии или торце алмазного круга закреплен алмазоносный слой. Корпус изготавливают из стали, дюралюминия или пластмассы; алмазоносный слой состоит из алмазного порошка, скрепленного связкой. Между корпусом и алмазоносным слоем может находиться промежуточный безалмазный слой — подушка (рис. 85).

На корпусе алмазных кругов указывают следующие характеристики: материал алмазного зерна или порошка; зернистость

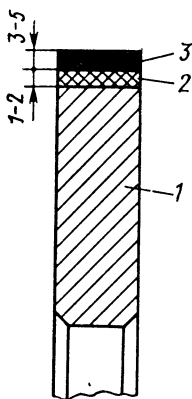


Рис. 85. Конструкция алмазного круга:

1—корпус; 2—подушка;
3—алмазоносный слой

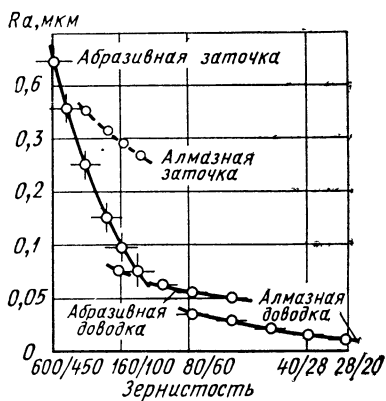


Рис. 86. Шероховатость поверхности деталей из твердых сплавов после заточки и доводки:

зерна или порошка; связку; концентрацию алмазного зерна в алмазоносном слое; типоразмер круга. Алмазные инструменты и, в частности, круги изготовляют в основном из синтетических алмазов.

Синтетические алмазы АСО выпускают для заточки и доводки твердосплавного нормализованного инструмента и инструмента из сталей; АСП для заточки и доводки твердосплавного инструмента, к которому предъявляются повышенные требования; АСВ для заточки и доводки профильного и резьбового инструмента.

Зернистость алмазного зерна выбирают в соответствии с параметрами шероховатости поверхности (рис. 86). Вследствие остроты и большой твердости алмазные круги с более крупным зерном обеспечивают получение большей шероховатости поверхности по сравнению с абразивными кругами. При обработке деталей пастами создается меньшая шероховатость поверхности, так как в процессе доводки алмазные зерна не измельчаются так сильно, как абразивные. При доводке и полировании режущего и измерительного инструмента, штампов и фильер используют микрошлифпорошки: АСМ1 с размером зерна 0,7; 0,5; 0,3 мкм.

Алмазный инструмент изготовляют на различных связках.

1. Металлические связки М1, М5, МИ, МК, МО13, МО4, МВ1, МС6 применяют для изготовления кругов, брусков и т. д. при снятии больших припусков при предварительном шлифовании, заточке, хонинговании, а также для кругов, работающих в электролитическом режиме.

Алмазные круги на керамических связках, в основном К1 и К5, применяют при шлифовании и заточке твердосплавных инст-

рументов и деталей штампов, а также для шлифования деталей из различных сталей. Как при работе кругами на металлической связке, так и при работе кругами на керамических связках должно быть обильное охлаждение.

Органические связки предназначены для инструментов, работающих при чистовом шлифовании и заточке, а также доводке изделий из твердых сплавов и сталей. Серийно выпускаются круги на связках Б1, Б2, Б3, Б156, Б8 и др.

Для закрепления алмазного зерна в инструменте применяют также гальванический способ. Этот способ экономически выгоден и эффективен, так как позволяет получить алмазный инструмент любых размеров и конфигураций. Алмазный порошок осаждают на покрываемом инструменте несколькими слоями. Такой инструмент может быть использован при шлифовании, заточке и доводке изделий из твердых и титановых сплавов.

За 100%-ную концентрацию алмазного круга принято содержание в 1 мм³ алмазного кольца 0,878 мг алмаза. Концентрация алмаза в круге должна соответствовать связке и характеру выполняемой операции. Круги на металлической связке изготовляют 100%-ной концентрации и выше; круги на органической связке концентрации 25—150%; круги на керамической связке концентрации не ниже 100%. В каждом конкретном случае концентрацию круга подбирают в зависимости от технологического процесса. При шлифовании и заточке используют круги на органической связке 100%-ной концентрации, при доводке круги 50 и 25%-ной концентрации, при шлифовании фасонных поверхностей — круги 100%-ной концентрации и выше.

Масса алмазов, содержащихся в круге, зависит от концентрации

$$A = \frac{439KV}{107},$$

где A — масса алмазов, кар. (1 кар.=0,2 г); K — концентрация алмаза, ‰; V — объем алмазоносного слоя, мм³.

Влияние зернистости и вида связки на прочность деталей из твердых сплавов после их обработки приведено на рис. 87. Назначение алмазных кругов в зависимости от их характеристик и выполняемой работы приведено в табл. 16, основная номенкла-

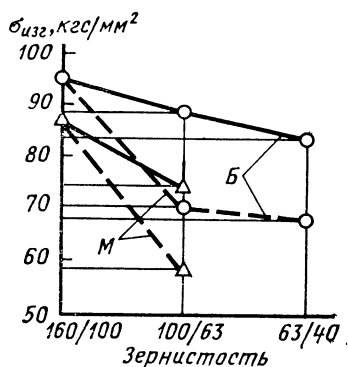


Рис. 87. Влияние зернистости и вида связки на прочность деталей из твердых сплавов после их обработки:

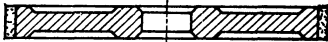






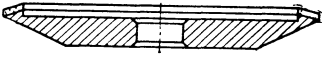
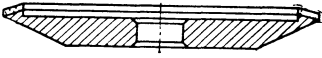

Б—бакелитовая связка; М—металлическая связка; сплошные кривые — работа с охлаждением; штриховые кривые — работа без охлаждения

16. Алмазные и эльборовые круги

Обработка	Материал детали	Характеристика круга			
		Материал зерна	Зернистость	Связка	Концентрация, %
Плоских поверхностей торцом круга: заточка	Твердый сплав	АСР	160/125—100/80	М, К	100—150
	Термически обработанная сталь	АСР, АСО, Л	100/80—80/60	К, Б	50—100
	Твердый сплав	АСО	60/40—40/28	К, Б, Г	50—100
Плоских поверхностей периферией круга: шлифование	Термически обработанная сталь	АСО, Л	80/40—40/28	Б	50
	Твердый сплав	АСР, АСО	140/120—80/60	М, К, Г	100
	Термически обработанная сталь	АСО, АСР, Л	100/80—80/60	К, Б	100
доводка	Твердый сплав	АСР, АСО	60/40—40/28	К, Б	50—100
	Термически обработанная сталь	АСО, АСР, Л	60/40—40/28	Б	50—100

Цилиндрических на- ружных поверхностей: предварительная (черновая)	Твердый сплав	АСР, АСО	160/125—80/60	М, К	50—100
	Термически обра- ботанная сталь	АСО, АСР, Л	100/80—80/60	К, Б	50—100
	Твердый сплав	АСВ, АСР	60/40—40/28	Б	50—100
	Термически обрабо- танная сталь	АСВ, АСР, Л	60/40—40/28	Б	50—100
Цилиндрических внут- ренних поверхностей: предварительная (черновая)	Твердый сплав	АСР	100/80—80/40	М, К	50—100
	Термически обрабо- танная сталь	АСО, Л	100/80—80/40	К, Б	50—100
	Твердый сплав	АСО, АСР	60/40—28/20	М, К, Г	100
	Термически обрабо- танная сталь	АСО, АСР, Л	60/40—40/28	Б	100

17. Алмазные круги

Круг	Форма сечения	Примечание
Плоский: АПП		Шлифование и доводка: цилиндрических и плоских поверхностей
АПП		
АПВ		Заточка и доводка: резцов и некоторых деталей штампов
АПВД		резцов, скоб и деталей штампов
Чашечный конический: АЧК А1ЧК, А2ЧК		режущего инструмента многолезвийного инструмента
Тарельчатый: АТ		по передней поверхности
А1Т		Шлифование деталей штампов
А2Т		
А3Т, А4Т		Заточка и доводка: инструмента по передней поверхности с винтовым зубом фасонных резцов и деталей штампов
Профильный: А2П А5П		

Примечание. Круги А2ПП, А2ЧК, А4Т, АОК предназначены для заточки червячных фрез, обработки стружколомательных канавок, отрезки и т. д.

тура алмазных кругов, их обозначение и область применения в табл. 17. Кроме стандартизованных применяют специальные круги, которые используют при обработке фасонных поверхностей.

Зависимость производительности P обработки и износа q кругов на различных связках от зернистости круга приведена на рис. 88, а зависимость этих же показателей от концентрации зерна в круге — на рис. 89.

На заводах-потребителях контролируют качество поступивших кругов. При этом круги должны быть со вскрытыми алмазными зернами. Круги осматривают и измеряют, проверяют на прочность (особенно это относится к кругам на бакелитовой связке). Скорость круга при испытаниях должна быть на 50% больше рабочей скорости. Радиальное и торцовое биение должно проверяться индикатором на станке или иногда на специальных приспособлениях при установке круга на оправку. Биение кругов влияет на их износ. Радиальное биение большинства алмазных кругов (за исключением формы ПП) несколько выше (на 0,05 мм), чем торцовое биение (0,02—0,03 мм). Проверяют также твердость кругов.

Круги должны быть уравновешены (отбалансированы). Неуравновешенность (дисбаланс) измеряют в соответствии с мето-

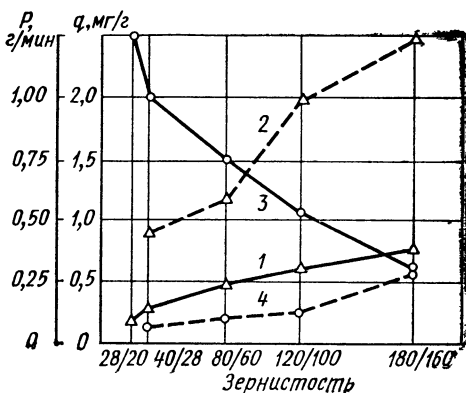


Рис. 88. Зависимости производительности обработки P и износа q алмазных кругов на различных связках от их зернистости:

1— P для Б; 2— P для М; 3— q для Б; 4— q для М

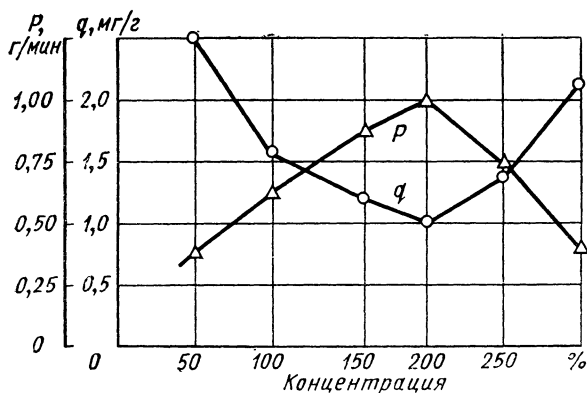


Рис. 89. Зависимости производительности P обработки и износа q алмазных кругов от концентрации алмазов в связке (бакелитовой):

дами измерения, установленными для абразивных кругов в соответствии с ГОСТ 16181—70. За единицу дисбаланса принимают груз, устраняющий неуравновешенность, вызванную смещением центра тяжести относительно геометрического центра круга на 0,008 см:

$$E = \frac{0,016F}{D},$$

где F — масса алмазного круга, г; D — наружный диаметр круга, см.

Предельные значения неуравновешенности для алмазных кругов на бакелитовой связке в зависимости от размера (чем больше размер круга, тем больше допустимый дисбаланс) 0,25—5 г; самый большой дисбаланс у кругов на металлической связке (до 15 г).

Причины неуравновешенности кругов различные; наиболее частые — неодинаковая плотность круга в различных его частях, расположение наружной поверхности круга относительно поверхности посадочного отверстия с эксцентриситетом, некруглость и другие отклонения формы круга. Неуравновешенность круга может проявляться либо в смещении центра тяжести относительно оси вращения (статическая неуравновешенность), либо в несовпадении свободной оси вращения или главной центральной оси инерции с осью вращения (динамическая неуравновешенность). Статическая неуравновешенность может быть обнаружена без вращения с помощью приспособлений, а динамическая выявляется только при вращении шпинделя станка с установленным кругом в специальных оправках.

Головки, бруски, притиры, надфили. Головки (рис. 90) применяют для обработки отверстий (фильер, режущих инструментов) или полуоткрытых полостей у различных изделий (прессформ, деталей штампов). На стальной корпус головки нанесен алмазонасный слой. Головки простой формы изготавливают методом прессования, а головки сложной формы — методом гальванопластики; в этом случае алмазный порошок наносят в несколько слоев (от одного до десяти). Выбор связки, зернистости, концентрации алмазонасного слоя головки зависит от материала детали, задаваемой точности и шероховатости поверхности.

Алмазные бруски применяют при хонинговании и машинной притирке деталей, а также как оселки (например, для правки ре-

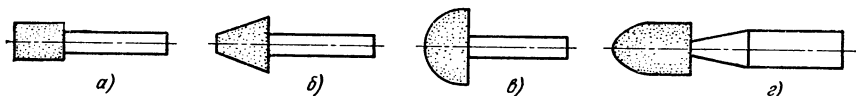


Рис. 90. Алмазные головки:

а—АГц; б—АГКу; в—АГПн; г—АГСв

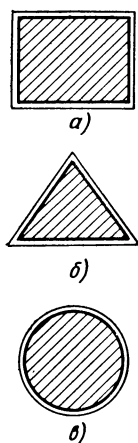


Рис. 91. Форма сечений брусков:

а—АБП; б—АБТ; в—АБК

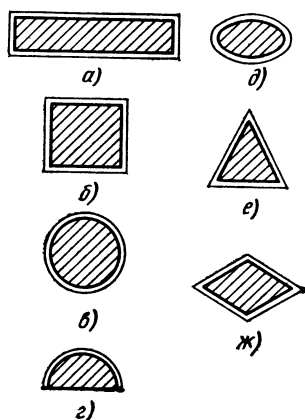


Рис. 92. Форма сечений надфилей:

а—АПЛТ; б—АКВ; в—АКР; г—АПК;
д—АО; е—АІТ; ж—АР

жущего инструмента, не снимая его со станка). Бруски используют на операциях суперфиниширования. Бруски могут быть изготовлены как методом прессования, так и методом гальванопластики.

Бруски (рис. 91), закрепленные на державке (стальной или пластмассовой), называют притирами и применяют при ручной обработке деталей штампов, пресс-форм и инструмента.

Надфили применяют при ручной обработке сложных профилей деталей штампов, инструмента, пресс-форм и т. д. Форму и зернистость надфиля выбирают в зависимости от конфигурации обрабатываемой поверхности и тех требований, которые предъявляются к детали. На рис. 92 даны разрезы сечения некоторых надфилей.

Пасты. Меньшая шероховатость и высокая точность обработанной поверхности достигаются доводкой. В различных областях машиностроения широко используют алмазные пасты для доводки деталей из твердого сплава и термически обработанных сталей (табл. 18). Алмазные пасты содержат жирные кислоты, вазелиновое или касторовое масло и олеиновую кислоту. Поверхностно-активные вещества повышают производительность доводки. Однако на производительность в основном влияют свойства алмазного порошка, форма и гранулометрический состав зерен. Для доводки и притирки можно использовать алмазные порошки в свободном состоянии. Однако это нерационально из-за большого расхода порошка.

Производительность возрастает по мере увеличения давления и зернистости алмазного порошка, а также при применении чугуна в качестве материала притира (рис. 93). Удельный расход

18. Зернистость и концентрация алмазных паст

Зернистость пасты	Концентрация алмазного порошка в % по массе		Цвет пасты
	<i>H</i>	<i>П</i>	
60/40	10	20	Красный
40/28 28/20	7	14	
20/14 14/10	5	10	Голубой
10/7 7/5	3	6	Зеленый
5/3 3/2	2	4	
2/1 1/0	2	2	Желтый

алмазного порошка при доводке уменьшается по мере уменьшения его зернистости, а также при обработке стальным притиром; но при работе стальным притиром производительность резко снижается.

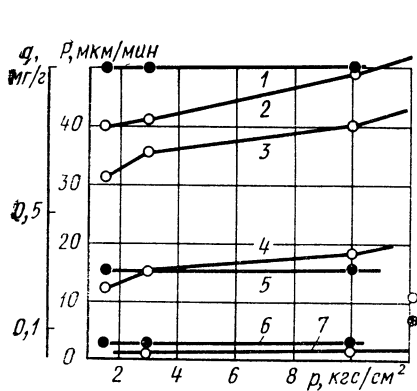


Рис. 93. Зависимость производительности *P* и расхода *q* паст при доводке плоских образцов из твердых сплавов от давления ($v_n=6$ м/мин; $t=1,5$ мин):

1—3—АС 20/14; 4, 5—АС 5/3; 6, 7—АС 20/14

100

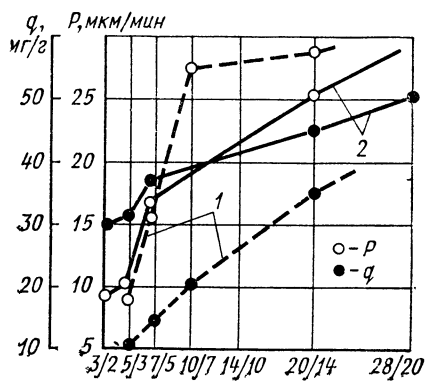


Рис. 94. Зависимость производительности *P* и расхода *q* паст при доводке плоских образцов из стали ХВГ от зернистости пасты:

1—наружная доводка; 2—внутренняя доводка

Шероховатость обработанной поверхности уменьшается по мере уменьшения зернистости и давления на деталь. Меньшая шероховатость наблюдается при доводке чугуном притиром. Производительность и износ алмазов при доводке образцов из стали ХВГ приведены на рис. 94. Образцы обрабатывали при различных давлениях и скоростях (наружная доводка при $v_n = 29,4$ м/мин, $p = 4$ кгс/см²; внутренняя при $v_n = 4,3$ м/мин и $p = 0,5 \div 1,0$ кгс/см²). Успешное применение алмазных паст зависит не только от зернистости алмазных порошков, но и от концентрации и консистенции паст:

Обозначение консистенции паст **М** **Т**
 Консистенция в делениях пенетрометра 200—300 20—40

Производительность доводки внутренних поверхностей значительно выше, чем наружных, а расход пасты меньше.

Лучшая производительность наблюдается при доводке стальных деталей пастами крупных зернистостей и при больших давлениях. Но при этих условиях расходуется большее количество алмазного порошка и увеличивается шероховатость обработанной поверхности. Технологические показатели доводки деталей из твердого сплава ВК8 и стали ХВГ при $v_n = 6$ м/мин и $p = 6 \div 8$ кгс/см² приведены в табл. 19.

19. Технологические показатели доводки

Зернистость алмазных паст	Материал детали	Производительность, мм/мин	Расход паст, мг/г	Ra , мкм
40/28—20/14	ХВГ ВК8	45—70 35—50	1,5—2 1—1,5	0,1—0,4
20/14—5/3	ХВГ ВК8	20—45 8—25	1—1,2 0,8—1	0,05—0,2
3/2—1/0	ХВГ ВК8	10—20 2—8	0,3—0,6 0,1—0,4	0,025—0,1

20. Область применения алмазных паст различной зернистости

Зернистость	Доводка		Полірование
	предварительная	окончательная	
40/28—20/14	+	—	—
20/14—5/3	0	+	—
3/2—1/0	—	0	+

Примечание. Условные обозначения: + основное применение; 0 допустимое применение; — применять не следует.

Область применения алмазных паст разнообразна (табл. 20).

Используя алмазные пасты взамен паст из электрокорунда и карбида кремния, при той же зернистости можно увеличить производительность в 2—3 раза и более. Применяя более мелкие порошки, можно уменьшить шероховатость поверхности без снижения производительности труда.

В качестве материала для притиров применяют чугун, сталь, медь, фибру, древесину и т. д. Притиры выбирают в зависимости от материала детали и требуемой шероховатости поверхности. Для осуществления процесса доводки необходимо, чтобы абразивные зерна шаржировались на поверхности притира.

Пасты из эльбора изготовляют зернистостью ЛМ40—ЛМ1. В зависимости от зернистости микропорошка эльбора изготовляют пасты различных характеристик (табл. 21). Высокие режущие свойства позволяют использовать пасты для доводки деталей из труднообрабатываемых сталей и цветных металлов.

21. Характеристика паст из эльбора

Зернистость порошка	Концентрация	Консистенция	Зернистость порошка	Концентрация	Консистенция
ЛМ40	P_2 P_0 P_1	T M M	ЛМ7	P_2 P_0 P_1	M
ЛМ28	P_2 P_0 P_1	T M M	ЛМ5	P_2 P_0 P_1	M
ЛМ20	P_2 P_0 P_1	M	ЛМ3	P_2 P_0 P_1	M
ЛМ14	P_2 P_0 P_1	M M T	ЛМ1	P_2 P_0 P_1	M
ЛМ10	P_2 P_0 P_1	M			

Примечание. Концентрация: P_2 — высокая; P_0 — средняя; P_1 — низкая; консистенция: T — твердая; M — маэобразная

22. Рекомендации по применению паст из эльбора

Зернистость паст	Доводка	Снимаемый припуск, мм	Рекомендуемый материал притира	Ra , мкм
ЛМ40 ЛМ28 ЛМ10	Предварительная	0,05—0,02	Чугун, сталь	0,63—0,32
ЛМ14 ЛМ10 ЛМ7	Чистовая	0,02—0,01	Чугун, текстолит, самшит, цветные металлы	0,16—0,04
ЛМ5 ЛМ3 ЛМ1	Окончательная	0,002—0,003	Чугун, кварц, липа, самшит, войлок, фетр, велюр, замша, батист	0,08—0,02

23. Характеристика эластичных алмазных лент

Типораз- меры лент	Ширина алмазос- ного слоя, мм	Ширина ленты с тка- невыми концами, мм	Масса алмазов, кар., при концентрации 100%	Связка
АЛП25	25	125	13,2	P1
АЛП32	32	132	15,8	
АЛП40	40	140	21,1	
АЛП50	50	150	26,4	
АЛП60	60	160	32,0	P4
АЛП75	75	175	40,0	
АЛП80	80	180	42,0	
АЛП100	100	200	53,0	P9
АЛП125	125	225	66,0	
АЛП150	150	250	80,0	P14
АЛП160	160	260	84,0	
АЛП180	180	280	95,0	

24. Шероховатость поверхности при обработке лентами с различными связками

Связка	Параметр R_a , мкм	
	исходный	достигае- мый
P1	0,08—0,04	0,04—0,02
P4	0,32—0,08	0,08—0,03
P9	1,25—0,32	0,32—0,08
P14	2,5—0,63	1,25—0,32

25. Съём и параметры шероховатости поверхности (в мкм) в зависимости от зернистости лент

Зернистость	Связка			
	P1	P4	P9	P14
АСО 80/30: Съём R_a	4 0,25	6 0,32	13,5 0,05	30 0,2
АСО 63/50: Съём R_a	3 0,16	5,5 0,25	12 0,05	26 0,2
АСО 50/40: Съём R_a	2 0,125	4 0,025	9,5 0,04	17,5 0,125
АСО 40/28: Съём R_a	1,5—2 0,25	3 0,025	4 0,025	13,5 0,063
АСО 20/14: Съём R_a	1,5 0,025	1,5 0,02	2 0,02	4 0,032
АСО 10/7: Съём R_a	1 0,02	1 0,02	1,5 0,02	2 0,032
АСМ 3/2: Съём R_a	0,5 0,01	0,5 0,025	1 0,02	1 0,02

Некоторые данные, характеризующие процесс доводки пастами из эльбора, приведены в табл. 22. Использование паст из эльбора вместо абразивных на доводочных операциях деталей из сталей и цветных металлов при правильном ведении процесса доводки позволяет увеличить производительность в 2 раза и уменьшить шероховатость обработанных поверхностей.

Ленты с зерном из алмаза и эльбора. Шлифовальные ленты применяют на операциях окончательной доводки стальных деталей. Ленту изготавливают в виде рулонов или листов с закрепленными алмазными зёрнами зернистостью 120/100—7/5.

Полирование можно осуществлять склеенными и несклеенными лентами в специальных быстросменных державках (табл. 23).

На поверхность алмазоносного слоя ленты наносят рифления, вследствие чего вскрывать его перед началом работы не нужно. Толщина алмазоносного слоя с учетом рифлений у конечных лент 1,2 мм, а у бесконечных лент 1,0 мм. Концентрация алмаза в лентах составляет 25, 50 и 100%; зернистость 80/63—3/2. В зависимости от жесткости различают следующие связки лент: P1 и P4 — эластичные, P9 — полужесткая, P14 — жесткая (табл. 24). Для получения поверхностей с наименьшей шероховатостью необходимо использовать мелкозернистые ленты (табл. 25).

В качестве основы для эльборовых шкурок используют шифон или лавсан, а в качестве клея — масляный или пентафталевый лаки. В зависимости от зернистости на единице площади поверхности шкурки закреплено различное количество эльбора.

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ, ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ

Инструмент для электрофизических способов обработки. Электроды-инструменты являются одним из основных элементов, определяющих эффективность применения электроимпульсного и электроискрового способов обработки. Электроды-инструменты должны обладать высокой стойкостью против эрозии при стабильной производительности, быть технологичными и легко поддаваться обработке методами, соответствующими типу их производства, иметь базы для крепления на станке и быть выполнены с точностью, достаточной для достижения требуемой точности обрабатываемой поверхности.

Электроды-инструменты имеют рабочую часть, участвующую в формообразовании, и вспомогательные элементы, необходимые для фиксации положения и крепления электродов на станке и ограниченные сочетанием вспомогательных и базовых поверхностей.

Рабочую часть изготавливают из материала с высокой устойчивостью против эрозии; вспомогательные элементы могут быть изготовлены из того же материала, что и рабочая часть, или из других материалов, более дешевых и лучше отвечающих требованиям, предъявляемым к вспомогательным элементам электрода-инструмента. Электроды-инструменты из меди применяют при обработке твердосплавных деталей, прошивании щелевидных отверстий и отверстий сравнительно малого диаметра, при чистовой обработке на повышенных частотах. Алюминий и алюминиевые сплавы близки по износу к меди; но стабильность обработки этими электродами несколько ниже, чем медными. Лучшая

износостойкость получается при уплотнении указанных материалов прокаткой, прессованием, ковкой. Электроды из меди, алюминиевых сплавов и т. д. применяют при предварительной обработке полостей и отверстий без резко выделяющихся выступов в стальных деталях и деталях из жаропрочных сплавов. Устойчивость против эрозии медного сплава М1 такая же, как устойчивость меди. Электроды-инструменты из этого сплава применяют при обработке твердосплавных деталей вследствие хорошей обрабатываемости резанием (сплава М1). Электроды-инструменты из серого чугуна позволяют получить стабильный эрозионный процесс в узком диапазоне режимов при небольших мощностях.

Наиболее износостойким является графитированный материал ЭЭГ. Электроды из этого материала можно широко применять при обработке вращающимся электродом-инструментом на операциях шлифования. Одним из преимуществ материала ЭЭГ является возможность получить на электроде-инструменте малые радиусы скругления.

Инструмент для электрохимической обработки. Инструментом-катодом при электрохимическом способе обработки являются токопроводящие электроды, конфигурация рабочей части которых соответствует форме обрабатываемой детали. Рабочая часть инструмента заканчивается хвостовиком для закрепления инструмента в державке или шпинделе станка. Материалы для изготовления инструмента могут быть те же, что и при электроискровой и электроимпульсной обработке. Однако при этом виде обработки решающее значение имеет меньшая изнашиваемость электрода, чем электропроводность. Чаще используют стальной инструмент, конструкция которого предусматривает подачу электролита под давлением. Электроабразивный способ может быть использован при применении абразивных токопроводящих инструментов.

Абразивным материалом кругов и других инструментов может быть электрокорунд и карбид кремния зернистостью 8—12, концентрации 50%. Связки могут быть любые металлические.

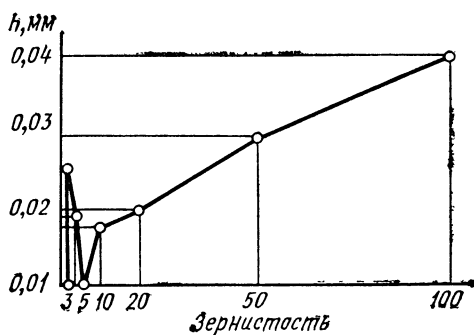


Рис. 95. Изменение размеров заусенцев на деталях в зависимости от зернистости абразивного материала.

26. Шлифующая способность и затупляемость алмазно-абразивных зерен при вибрационной обработке

Показатели	Синтетический алмаз АСО	Искусственный рубин Д	Карбид бора КБ	Зеленый карбид кремния 6С	Монокорунд 4А
Шлифующая способность h , мм	1,0	0,95	0,5	0,4	0,2
Затупляемость K	0,25	0,30	0,5	1,0	0,8

Круги могут быть изготовлены цельными, а также сборными. Используют и токопроводящие круги с графитовым наполнителем. При алмазной электролитической обработке применяют алмазные круги на металлических связках. При электролитической обработке синтетический и природный алмазы работают одинаково, и это делает экономически выгодным использование синтетических алмазов. Лучшей обрабатываемостью обладают детали, изготовленные только из твердых сплавов. Детали из сталей лучше обрабатывать абразивными токопроводящими кругами.

Инструмент для ультразвуковой обработки. При обработке инструмент прикрепляют к концентратору магнитострикционной головки станка. Материалом инструмента могут быть углеродистые инструментальные стали, а также хромистые, хромоникелевые и нержавеющие. При отделочных операциях материал инструмента должен быть менее твердым, чем при предварительной обработке.

Износ инструмента зависит от материала детали и составляет 3,5 мм при обработке деталей из твердого сплава, 2,8 мм при обработке деталей из стали 45, 4,45 мм при обработке деталей из латуни, 0,4 мм при обработке деталей из нержавеющей стали и 0,3 мм при обработке деталей из стали У10.

Рабочий инструмент сообщает колебания рабочей среде — суспензии, состоящей из жидкой фазы и абразива. Зернистость и материал обрабатывающего абразива выбирают в зависимости от выполняемых операций, материала обрабатываемой детали, точности и шероховатости обработанной поверхности.

При обработке деталей из твердых сплавов и закаленных сталей применяют инструменты из карбида кремния и карбида бора, а также синтетического алмаза и отходов при добыче природного алмаза зернистостью 12—6; при отделочных операциях применяют микропорошки.

Изменение размеров заусенцев на поверхности детали после ее ультразвуковой обработки приведено на рис. 95, а шлифующая способность и затупляемость алмазно-абразивных зерен — в табл. 26.

Глава V

РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

ОБРАБОТКА АБРАЗИВНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

С помощью абразивных кругов, паст и микропорошков осуществляют шлифование, заточку и доводку деталей из различных материалов. Режимы и условия обработки деталей из различных инструментальных сталей, твердых сплавов приведены в табл. 27—39*.

27. Шлифование плоских поверхностей абразивными кругами (периферией)

Сталь или сплав	Режим обработки		
	v_k , м/с	$s_{пр}$, м/мин	t , мм
P18, P18Ф2, P18К5Ф2, P6МЗ	$\frac{20-23}{25-30}$	$\frac{5-6}{8-10}$	$\frac{0,03-0,06}{0,05-0,1}$
P9, P9К5	$\frac{15-20}{20-25}$	$\frac{3-4}{6-8}$	$\frac{0,02-0,04}{0,03-0,06}$
ХВГ, 40ХН	$\frac{15-20}{20-25}$	$\frac{2-3}{5-7}$	$\frac{0,01-0,03}{0,02-0,04}$
12Х13, 40Х13 и др.	$\frac{15-20}{20-30}$	$\frac{5-6}{8-10}$	$\frac{0,03-0,05}{0,05-0,1}$
ВТ1, ВТ3 и др.	$\frac{15-20}{20-30}$	$\frac{5-6}{8-10}$	$\frac{0,03-0,05}{0,05-0,1}$
35, 45	$\frac{25-30}{-}$	$\frac{5-10}{-}$	$\frac{0,05-0,2}{-}$

* В таблицах в числителе приведены режимы при работе без охлаждения, а в знаменателе — при работе с охлаждением.

28. Шлифование наружных цилиндрических поверхностей абразивными кругами с охлаждением

Сталь или сплав	Режим обработки			
	v_k , м/с	v_d , м/мин	$s_{пр}$, м/мин	t , мм
P18, P18Ф2, P18K5Ф2	25—30	15—20	7—8	0,04—0,08
P9, P9K5	20—25	8—10	5—6	0,02—0,05
ХВГ, ЭИ-347	20—25	10—15	5—6	0,05—0,1
12Х13, 30Х13	20—30	10—12	5—6	0,05—0,1
ВТЗ ЖС6кп	20—30	15—20	5—10	0,05—0,1
35, 45	25—30	15—20	5—10	0,05—0,1

Примечание. При шлифовании внутренних поверхностей $v_k=10\div15$ м/с; $v_d=15\div20$ м/мин; $t=0,005\text{—}0,01$ мм.

29. Заточка абразивными кругами с зажимом вручную

Сталь	Режим обработки		
	v , м/с	p , кгс/см ²	$s_{пр}$, м/мин
P18, P18Ф2, P18K5Ф2	20—25	3,5—4,0	1,0—1,5
	25—30	4,0—5,0	1,5—2,5
P9, P9K5	15—20	2,5—3,5	1,0—1,5
	20—25	3,0—4,0	1,5—2,5
ХВГ	15—20	2,5—3,5	1,0—1,5
	20—25	3,0—4,0	1,5—2,0
35, 45	20—30	4,0—5,0	2—4
	—	—	—

Примечание. При работе с охлаждением $q_1=3\div4$ л/мин, кроме обработки деталей из конструкционных сталей.

30. Заточка абразивными кругами с жестким креплением детали

Сталь	Режим обработки		
	v , м/с	$s_{пр}$, м/мин	t , мм
P18, P18Ф2, P18K5Ф2	$\frac{15-20}{20-25}$	$\frac{1-1,5}{1,5-2}$	$\frac{0,005-0,1}{0,06-0,15}$
P9, P9K5	$\frac{12-15}{15-20}$	$\frac{0,75-1}{1-1,5}$	$\frac{0,02-0,04}{0,03-0,06}$
ХВГ	$\frac{12-15}{15-20}$	$\frac{0,5-1}{1-1,5}$	$\frac{0,02-0,03}{0,03-0,04}$
35, 45	$\frac{25-30}{-}$	$\frac{1,5-3}{-}$	$\frac{0,1-0,2}{-}$

Примечание. При работе с охлаждением $q_1=3+4$ л/мин, кроме обработки деталей из конструкционных сталей.

31. Полирование абразивными кругами

Сталь	Режим обработки		
	$v_{п.к}$	$v_{р.к}$	p , кгс/см ²
	м/с		
P18, P18Ф2, P18K5Ф2	$\frac{25-30}{30-35}$	$\frac{35-45}{45-50}$	$\frac{2,5-4,0}{3,0-5,0}$
P9, P9K5	$\frac{25-30}{30-35}$	$\frac{30-40}{45-50}$	$\frac{2,5-4,0}{3,0-5,0}$
12X13, 30X13	$\frac{25-30}{-}$	$\frac{30-40}{-}$	$\frac{3-5}{-}$
35, 45	$\frac{25-30}{-}$	$\frac{40-55}{-}$	$\frac{2-3}{-}$

Примечание. $v_{п.к}$ — скорость полировального круга; $v_{р.к}$ — скорость рабочего круга.

**32. Доводка абразивными кругами на бакелитовой
связке с жестким креплением детали**

Сталь или сплав	Режим обработки		
	v , м/с	$s_{пр}$, м/мин	t , мм
P18, P18Ф2, P18K5Ф2	30—35	1—2,5	0,01—0,02
P9, P9K5, P9K10	30—35	1—1,5	0,05—0,01
ХВГ	30—35	1—1	0,005—0,01
12X13, 30X13	15—20	1—1,5	0,01—0,03
BT1, BT3	15—20	1—1,5	0,01—0,03

**33. Шлифование плоских поверхностей абразивными
кругами (периферией)**

Твердый сплав	Режим обработки		
	v_k , м/с	$s_{пр}$, м/мин	t , мм
Т60К6, Т30К4	10—15	3—4	0,01—0,02
	15—20	4—5	0,02—0,03
Т15К6, Т5К10	15—20	4—5	0,02—0,04
	20—25	5—6	0,05—0,06
BK20, BK12	20—25	5—6	0,03—0,05
	25—30	6—8	0,06—0,08
BK8, BK6	20—25	5—7	0,03—0,06
	25—30	7—10	0,06—0,1
BK3, BK2	10—15	2—3	0,01—0,02
	15—20	3—4	0,02—0,03

34. Заточка абразивными кругами с упругими зажимами (вручную) детали

Твердый сплав	Режим обработки		
	v , м/с	p , кгс/см ²	$s_{пр}$, м/мин
Т60К6, Т30К4	12—15	2,0—3,0	0,5—1
	18—25	2,5—3,5	1—1,5
Т15К6, Т5К10	15—20	2,5—3,5	1—1,5
	18—22	3,5—4,5	1,5—2
ВК20, ВК12	15—20	3—3,5	1—1,5
	20—25	3,5—4	1,5—2
ВК8, ВК6	18—20	4—5	1,5—2
	20—25	5—7	2—2,5
ВК3, ВК2	12—15	2—3	0,5—1
	18—20	2,5—3,5	1—1,5

Примечание. При работе с охлаждением $q_1=3÷4$ л/мин.

35. Заточка абразивными кругами с жестким креплением детали

Твердый сплав	Режим обработки		
	v , м/с	$s_{пр}$, м/мин	t , мм
Т60К6, Т30К4	8—10	0,5—1	0,02—0,03
	10—12	1—1,5	0,03—0,04
Т15К6, Т5К10	12—14	1—1,5	0,03—0,04
	14—18	1,5—2	0,04—0,06
ВК20, ВК12	10—15	1—1,5	0,03—0,04
	15—20	1,5—2	0,04—0,05
ВК8, ВК6	15—20	1—1,5	0,04—0,06
	18—22	1,5—2	0,05—0,10
ВК3, ВК2	8—10	0,5—1	0,02—0,03
	10—12	1—1,5	0,03—0,04

Примечание. При работе с охлаждением $q_1=3÷4$ л/мин.

36. Доводка абразивными пастами на чугунных дисках

Твердый сплав	Режим обработки		
	v_d , м/с	$s_{пр}$, м/мин	p , кгс/см ²
Т60К6, Т30К4	$\frac{1,5-2,5}{-}$	0,5—0,75	0,2—0,3
Т15К6, Т5К10	$\frac{1,5-2,5}{-}$	0,5—1	0,3—0,5
ВК20, ВК12	$\frac{2,5-3,5}{-}$	1,5—2	0,3—0,5
ВК8, ВК6	$\frac{2,0-2,5}{-}$	0,5—1	0,4—0,8
ВК3, ВК2	$\frac{1,5-2,5}{-}$	0,5—0,75	0,2—0,3

37. Шлифование, заточка и доводка деталей из минералокерамики

Операция	Режим обработки				
	v_k , м/с	$s_{пр}$, м/мин	t , мм	p , кгс/см ²	q_1 , л/мин
Шлифование *	$\frac{15-20}{20-25}$	$\frac{3-4}{5-6}$	$\frac{0,005-0,01}{0,01-0,02}$	—	$\frac{-}{5-8}$
Заточка: вручную	$\frac{20-25}{25-30}$	$\frac{1-2}{1,5-3}$	—	$\frac{0,5-1}{1-2}$	$\frac{-}{3-4}$
с жестким креплением	$\frac{10-15}{15-20}$	$\frac{0,5-1}{1-2}$	$\frac{0,005-0,01}{0,01-0,03}$	—	$\frac{-}{3-4}$
Доводка: кругами	$\frac{20-25}{25-35}$	$\frac{0,5-1}{1-1,5}$	$\frac{0,005-0,01}{0,01-0,02}$	—	$\frac{-}{1-2}$
пастами	$\frac{1,5-2,5}{-}$	$\frac{0,5-1}{-}$	—	$\frac{0,2-0,5}{-}$	—

* При шлифовании $v=10 \div 15$ м/мин при работе без охлаждения и $v=15 \div 20$ м/мин при работе с охлаждением.

Примечание. При применении алмазных кругов их скорость 30—40 м/с.

38. Обработка абразивными лентами¹

Сталь или сплав	Режим обработки		
	v_d , м/с	$\xi_{пр}$, м/мин	p , кгс/см ²
P18, P18Ф2, P18К5Ф2	$\frac{20-25}{35-40}$	$\frac{1-2}{2-4}$	$\frac{1,0-2,0}{1,5-2,5}$
P9, P9К5, P14Ф4	$\frac{20-25}{35-40}$	$\frac{1-2}{2-4}$	$\frac{0,5-1,0}{1,0-1,5}$
ХВГ	$\frac{20-25}{35-40}$	$\frac{1-2}{2-4}$	$\frac{0,5-1,0}{1,0-1,5}$
BT1, BT3 и др.	$\frac{30-35}{35-40}$	$\frac{2-3}{4-5}$	$\frac{1,0-1,5}{1,5-2,0}$
35, 45	$\frac{30-35}{35-40}$	$\frac{1-2}{2-3}$	$\frac{1,5-2,0}{2,0-2,5}$

¹ В числителе приведены режимы для обычной шкурки, а в знаменателе — для водостойкой.

39. Гидроабразивная обработка

Сталь или сплав	Режим обработки	
	$v_{аб}$, м/с	$p_{ст}$, кгс/см ²
P18, P18Ф2, P18К5Ф2	$\frac{—}{50-80}$	$\frac{—}{4-6}$
P9, P9К5,	$\frac{—}{50-80}$	$\frac{—}{4-5}$
BT1, BT3 и др.	$\frac{—}{40-60}$	$\frac{—}{3-5}$
35, 45	$\frac{—}{60-100}$	$\frac{—}{6-7}$

Примечание. В качестве абразива используют электрокорунд.

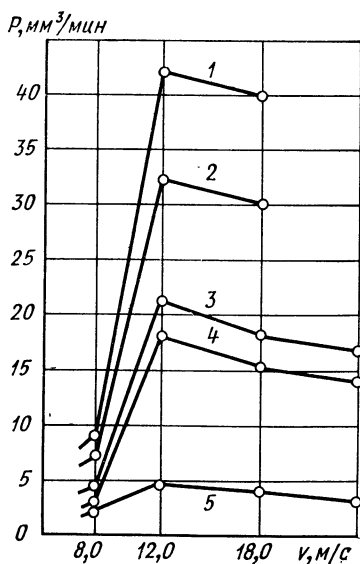


Рис. 96. Зависимость производительности P заточки деталей из твердого сплава ВК8 от скорости абразивного круга при применении охлаждения и без охлаждения:

1—зернистость круга 32, охлаждение, $t=0,045$ мм; 2—зернистость круга 12, охлаждение, $t=0,045$ мм; 3—зернистость круга 12, без охлаждения, $t=0,045$ мм; 4—зернистость круга 12, без охлаждения, $t=0,060$ мм; 5—зернистость круга 12, без охлаждения, $t=0,030$ мм

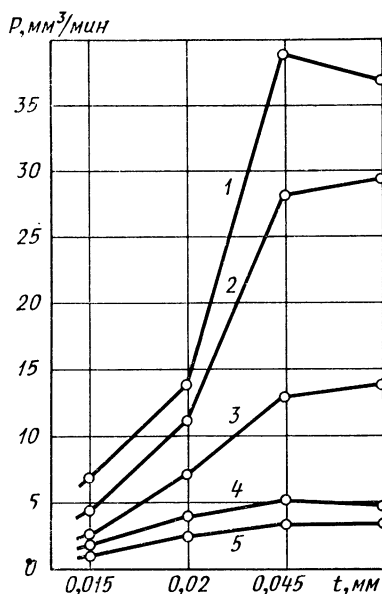


Рис. 97. Зависимость производительности P заточки деталей из твердого сплава ВК8 от глубины резания при $v=10 \div 12$ м/с:

1—зернистость круга 25, охлаждение; 2—зернистость круга 25, без охлаждения; 3—зернистость круга 32, без охлаждения; 4—зернистость круга 10, охлаждение; 5—зернистость круга 10, без охлаждения

Зависимость производительности заточки деталей из твердого сплава ВК8 от скорости абразивного круга различной зернистости с применением охлаждения и без него приведена на рис. 96, а от глубины резания — на рис. 97.

Применение охлаждения при абразивной заточке резко повышает производительность (рис. 98), оптимальной подачей охлаждающей жидкости является 1,5—2 л/мин.

Наиболее эффективно при обработке деталей из сталей применять круги из электрокорунда (при шлифовании и заточке) и абразивных лент (при полировании); при шлифовании и заточке деталей из твердых сплавов — круги из зеленого карбида кремния, а при доводке — пасты из карбида бора.

Изменение производительности доводки пастами из карбида бора деталей из сплавов ВК8 и Т15К6 в зависимости от зернистости приведено на рис. 99. Приведенные в таблицах режимы обеспечивают при шлифовании шероховатость $Ra=1,25 \div$

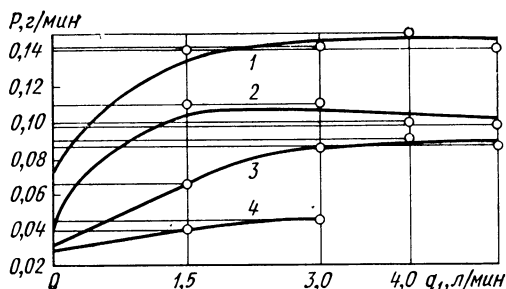


Рис. 98. Зависимость производительности P заточки деталей из твердого сплава кругом из зеленого карбида кремния на керамической связке от подачи охлаждающей жидкости при $v=12\div 16$ м/с и $t=0,04$ мм; зернистость:

1—32; 2—12; 3—10; 4—5

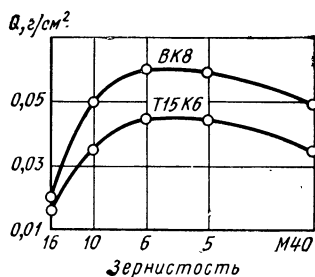


Рис. 99. Зависимость съема твердого сплава при доводке деталей из твердых сплавов от зернистости абразивной пасты.

$\div 0,32$ мкм; при доводке $Ra = 1,25 \div 0,08$ мкм. Для достижения меньшей шероховатости поверхности применяют мелкозернистые круги из электрокорунда с графитовым наполнителем.

ОБРАБОТКА АЛМАЗНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Эффективное использование алмазного инструмента зависит главным образом от правильного выбора его характеристики и режима обработки.

Режимы обработки деталей из твердых сплавов кругами на металлических и органических связках приведены в табл. 40, а кругами на керамических связках — в табл. 41. Режимы обработки деталей из сталей приведены в табл. 42. Режимы обработки инструментами из эльбора на органической связке приведены в табл. 43; а на керамической связке — в табл. 44. Режимы шлифования деталей из различных материалов кругами из эльбора даны в табл. 45. Наиболее эффективно при шлифовании, заточке и доводке деталей из твердых сплавов применять круги из синтетических алмазов, а при обработке деталей из сталей — круги из эльбора.

При определении режимов обработки было исследовано влияние различных параметров алмазных кругов на основные технологические показатели. Глубина шлифования алмазными кругами на бакелитовой и металлической связках влияет на производительность обработки (рис. 100) и на износ кругов (рис. 101). Разработан и усовершенствован глубинный способ заточки и шлифования различных деталей, например твердосплавных резцов на станке. На шпинделе устанавливают абразивный или алмазный круг. На торце круга сделан скос под углом 15° . В торце шпинделя закрепляют торцовую твердосплавную фрезу диаметром 40 мм. Фрезой обрабатывают державку под пластинкой

40. Режимы обработки деталей из твердых сплавов алмазными кругами

Обработка	Ra, мкм	Характеристика кругов			Припуск на обработку, мм	Режим обработки			t, мм
		Обозначение формы круга	Зернистость	Связка		v _к , м/с	v _д , м/мин	s _{пр} , м/мин	
Плоских поверхностей периферий круга	0,8	АПП	120/100	М	0,1—0,2	15—20	—	5,0	0,04
	0,4		100/800	—	—	—	—	4,0	0,03
	0,2		80/60	О	0,05—0,1	25—35	—	3,0	0,02—0,03
	0,1		50/40	—	—	—	—	2,0	0,01—0,02
Цилиндрических поверхностей: наружных	0,8	АПП	120/100	М	0,1—0,2	15—20	10—20	0,8	0,0075—0,01 на два хода
	0,4		100/80	—	—	—	—	0,5	0,0075—0,01 на три хода
	0,2		80/60	О	0,05—0,1	30—35	20—30	0,5	0,0075—0,01 на пять ходов
	0,1		50/40	—	—	—	—	0,3	0,0075—0,01 на девять ходов
внутренних	0,8	АПП	120/100	М	0,1—0,2	10—20	20—30	0,5	0,0075—0,01 на два хода
	0,4	АПП	100/80	—	—	—	—	0,4	0,005—0,0075 на три хода
Профильная (плоская)	0,8	А2ПП	120/100	М	0,1—0,2	20—25	—	—	0,002—0,03
	0,4		100/80	—	—	—	—	—	1,0—1,5
	0,2		80/60	О	0,05—0,1	20—25	—	—	0,01—0,02
Заточка	1,6—0,4	АЧК	160/140	М	0,1—0,5	15—25	—	1,5—2,0	0,01—0,1
Доводка	0,4—0,05	АЧК	50/40, 28/20	О	0,01—0,02	30—40	—	0,5—1,0	0,005—0,01

Примечания: 1. При обработке деталей из сталей скорость вращения круга следует уменьшать на 25—30%, глубину резания в 2 раза.
2. Обработку осуществляют с охлаждением.

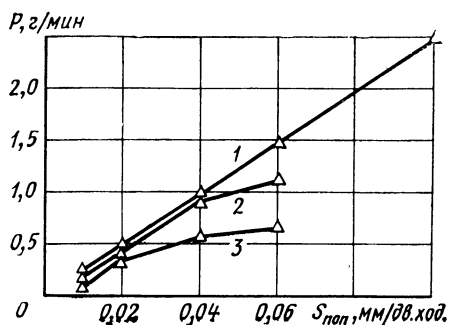


Рис. 100. Зависимость производительности P заточки от поперечной подачи (глубины) при работе алмазными кругами на различных связках ($v=20\div30$ м/с и $s_{\text{пр}}=1$ м/мин):
1—связка М5; 2—связка МИ; 3—связка Б1

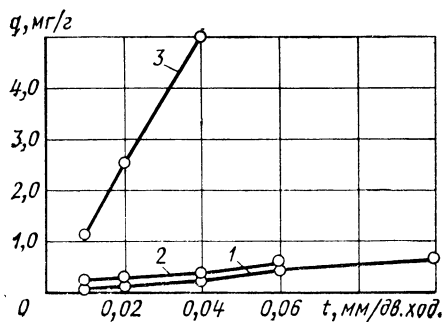


Рис. 101. Зависимость износа алмазных кругов на различных связках от поперечной подачи (глубины):
1 — связка М5; 2 — связка МИ; 3 — связка Б1

41. Обработка деталей из твердых сплавов алмазными кругами на керамической связке

Обработка	Режим обработки				
	Связка круга	$v_k, \text{м/с}$	$v_d, \text{м/мин}$	$s_{\text{пр}}, \text{м/мин}$	$t, \text{мм}$
Заточка	K1	25—30	—	1—2	0,01—0,03
	K5	19—25	—	1—2	0,01—0,03
Плоских поверхностей	K1	28—35	—	5—8	0,01—0,02
	K5			5—10	0,002—0,04
Цилиндрических внутренних поверхностей	K1	19—25	20—60	5—10	0,0025
	K5			1—2	0,005

твердого сплава с тем, чтобы обеспечить выход алмазного круга. Затем осуществляют заточку, причем глубину шлифования увеличивают (до 1 мм/дв. ход) с одновременным снижением продольной подачи (до 0,15—0,25 м/мин). При заточке фрезу закрывают колпачком. Этот способ повышает производительность заточки в 2—3 раза, исключая местный перегрев затачиваемой поверхности; шероховатость обработанной поверхности $Ra=0,63\div0,32$ мкм. При наличии заборного конуса, который увеличивает контактную поверхность круга и уменьшает давление на алмазоносный слой, температура в зоне резания понижается, создаются благоприятные условия для работы алмазных зерен, а следовательно, и в целом для процесса заточки при повышенных глубинах шлифования. При этом способе лучше применять

42. Обработка деталей из инструментальных сталей алмазными кругами на бакелитовой связке

Обработка	Режим обработки			
	v_k , м/с	v_d , м/мин	$s_{пр}$, м/мин	t , мм
Цилиндрических на- ружных поверхностей	$\frac{—}{15—20}$	$\frac{—}{10—12}$	$\frac{—}{3—5}$	$\frac{—}{0,01—0,03}$
Плоских поверхностей	$\frac{—}{15—20}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{6—12}$	$\frac{—}{0,01—0,02}$
Заточка	25—30	—	1,0—1,5	0,02—0,05
Доводка	25—30	—	0,5—1,0	0,01—0,02

Примечания: 1. Заточку и доводку без охлаждения осуществляют только кругами на бакелитовой или керамической связке.

2. В числителе приведены режимы работы без охлаждения, а в знаменателе — при работе с охлаждением.

43. Обработка деталей из различных сталей инструментом из эльбора на бакелитовой связке с охлаждением

Обработка	Режим обработки			
	v_k , м/с	v_d , м/мин	$s_{пр}$, м/мин	t , мм/лв. ход
Цилиндрических по- верхностей: наружных	30—50	15—20	0,5—1,0	0,005—0,01
внутренних	10—15	10—15	0,5—0,7	0,003—0,008
Плоских поверхностей (периферией круга)	30—40	—	3,0—5,0	0,01—0,02
Заточка	30—40	—	0,5—1,5	0,01—0,02
Доводка	35—45	—	0,5—1,0	0,005—0,01

круги марок MO13 и MB1. Глубинная заточка кругами из эльбора эффективна также при обработке инструмента из сталей.

В инструментальной промышленности инструмент из эльбора используют на операциях шлифования, заточки и доводки режущего инструмента из быстрорежущей стали, а также при обра-

44. Обработка деталей из различных сталей инструментами из эльбора на керамической связке с охлаждением

Обработка	Режим обработки			
	v_k , м/с	v_d , м/мин	$s_{пр}$, м/мин	t , мм/дв. ход
Цилиндрических по- верхностей: наружных	30—35	10—15	0,5—1,0	0,01—0,05
внутренних	8—10	10—30	0,3—1,0	0,002—0,005
Плоских поверхностей (периферией круга)	30—35	—	8—10	0,04—0,1
Заточка	20—25	—	1,0—2,0	0,03—0,05
Доводка	30—35	—	0,5—1,0	0,01—0,02

45. Шлифование деталей из различных материалов кругами из эльбора

Материал детали	Шлифование поверхностей	Связка круга	Режим шлифования			
			v_k , м/с	v_d , м/мин	$s_{пр}$, м/мин	t , мм/дв. ход
ХН77ТЮР	Наружных ци- линдрических:					
	получистовое	Б1	35—50	20—30	0,2—0,5	0,01—0,02
ЖС6кп	чистовое	Б1, Б3	35	20—30	0,2—0,3	0,005
ВТЗ	получистовое	Б1	35—50	20—30	0,2—0,5	0,01—0,02
ВТ14	чистовое	Б1, Б3	35	20—30	0,2—0,3	0,005
30ХГСА	получистовое	Б1	35—50	30—35	0,2—0,5	0,01—0,02
18Х2Н4ВА	чистовое	Б1, Б3	35	30—35	0,2—0,3	0,005
40ХН	чистовое	Б1, Б3	35	20—30	0,2—0,3	0,005
P18	чистовое	Б1, Б3	35—50	30—35	0,5—0,7	0,01—0,02
P18	Плоских, чистовое	Б1, Б3	13—19	—	1—2	0,005

Примечание. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости применяют эмульсии.

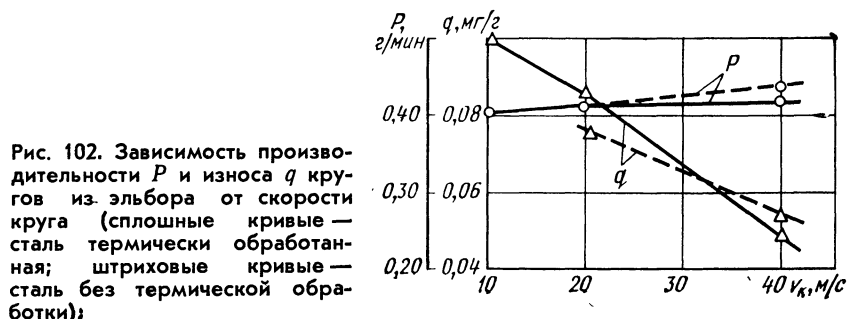


Рис. 102. Зависимость производительности P и износа q кругов из эльбора от скорости круга (сплошные кривые — сталь термически обработанная; стриховые кривые — сталь без термической обработки);

ботке деталей штампов. Круги из эльбора достаточно производительны и обеспечивают необходимое качество поверхности (рис. 102). Работать с глубиной резания свыше 0,02 мм нецелесообразно при заточке без охлаждения и с глубиной резания 0,03—0,04 мм — при работе с охлаждением.

ОБРАБОТКА ДРУГИМИ СПОСОБАМИ

Электрофизические, электрохимические, ультразвуковые и другие способы позволяют увеличить производительность обработки, улучшить качество обработанных поверхностей и уменьшить расход алмазно-абразивных материалов (эльбора, синтетических и природных алмазов и др.). В основном эти способы применяют для обработки деталей из твердых сплавов, а иногда и сталей (труднообрабатываемых).

Производительность P шлифования электролитическим способом и расход q круга зависят от глубины резания (рис. 103) продольной подачи (рис. 104) и силы тока (при применении кругов на металлической связке; рис. 105).

Наиболее эффективным при обработке деталей из твердых сплавов является алмазный электролитический способ, а при обработке деталей из сталей, в том числе и титановых — абразивный электролитический способ. При одновременной обра-

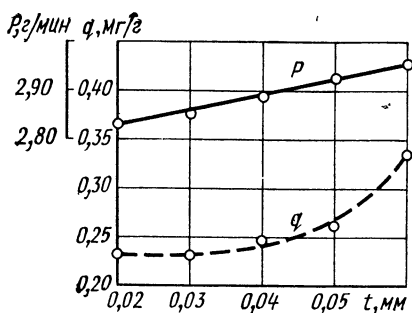


Рис. 103. Зависимость производительности P обработки и износа q кругов при электрической заточке от глубины резания:

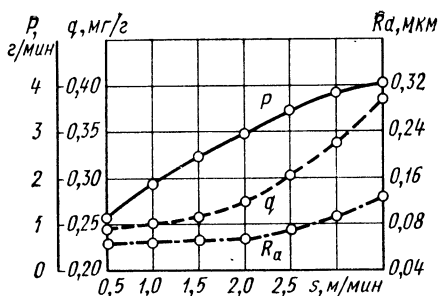


Рис. 104. Зависимость производительности P обработки и износа q кругов при электролитической заточке от продольной подачи.

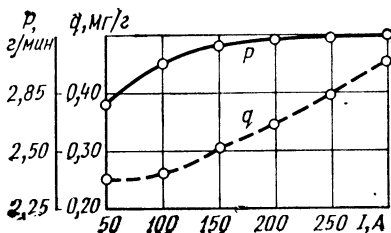


Рис. 105. Зависимость производительности P обработки и износа q кругов при электролитической обработке от силы тока I .

ботке деталей из твердого сплава и стали (шлифование штампов, режущего инструмента) эффективен электролитический способ с применением синтетических алмазов. Режимы обработки этими способами приведены в табл. 46—50.

46. Обработка (прошивка) деталей из различных материалов электроэрозионным способом

Материал деталей	Режим обработки			
	$s_{пр}$, м/мин	u , В	I_p , А	C , мкф
Сплавы группы ВК и ТК	0,1—0,5	150—200	15—25	100—400
Сплавы группы ВТ1, ВТ3 и др.	0,1	150—200	12—15	100—120
Стали 12Х13, 30Х13	0,05	150—175	10—12	100

47. Обработка деталей из твердых сплавов химико-механическим способом

Материал деталей	Режим обработки		
	v_d , м/с	$s_{пр}$, м/мин	p , кгс/см ²
Сплавы группы ВК	1—2	2—4	0,2—0,4
Сплавы группы ТК	1,5—2,5	3—5	0,3—0,6

Примечание. В качестве рабочей жидкости используют водный 15—25%-ный раствор медного купороса, а в качестве абразивного зерна — электрокорунд зернистостью 8—12.

48. Обработка деталей из твердых сплавов анодно-механическим способом

Обработка	Сплав	Режим обработки							
		v_d , м/с	s_d , мм/мин	$s_{пр}$, м/мин	p , кгс/см ²	q_{12} , л/мин	u , В	I_p , А	I_k , А
Обдирка	Т15К6 30Х13	12—15	0,4— 0,5	1,0— 1,5	1,0— 1,5	8—10	20—22	30—40	100— 110
Заточка (шлифование)	Т15К6 30Х13	12—15	0,16— 0,20	До 1,0	0,5— 1,0	8—10	16—18 18—20	15—20 20—25	30—40 50—70
Доводка	Т15К6 30Х13	12—15	0,08— 0,1	0,5	0,2— 0,4	4,6	10—12 12—15	3—5 5—7	8—10 10—12

Примечание. В качестве рабочей жидкости применяют жидкое стекло плотностью 1,26—1,36 г/см³;

I_p — сила тока рабочая, I_k — сила тока короткого замыкания.

49. Обработка деталей из твердых сплавов и сталей абразивным и алмазным электролитическими способами

Материал деталей	Режим обработки					
	v_k , м/с	$s_{пр}$, м/мин	t , мм/дв. ход	q_1 , л/мин	u , В	J , А/см ²
Сплавы: группы ВК	20—25	1,5—2,5	0,05—0,1	3—5	8—10	50—100
группы ТК	20—25	1—2	0,03—0,06	3—5	6—8	30—60
ВТ1, ВТ3	15—20	1—2	0,02—0,05	4—6	12—15	40—70
Стали 12Х13, 30Х13	15—20	0,5—1,5	0,01—0,03	4—6	15—18	50—80

Примечание. Обработку деталей из твердых сплавов осуществляют алмазным, а детали из стали — абразивным электролитическими способами.

50. Обработка деталей из твердых сплавов ультразвуковым способом ($\nu = 16 \div 18$ кГц; охлаждение водой, содержащей 3% глицерина)

Обработка	Сплав	Режим обработки			
		$v_{ин}$, м/с	$s_{пр}$, м/мин	t , мм	A , мм
Шлифование и заточка	Т15К6 ВК8	25—30	1—2	0,02—0,05	0,01
		25—30		0,03—0,07	
Доводка	Т15К6 ВК8	30—35	0,5—1,0	0,01—0,02	0,005
		30—35		0,02—0,03	

Примечание. $v_{ин}$ — скорость обрабатывающего инструмента; A — амплитуда колебания инструмента или суспензии.

ЭНИМС разработал номограммы, по которым можно определить режимы обработки в зависимости от диаметра электрода, площади обрабатываемой поверхности и других параметров. В качестве диэлектрической жидкости используют промышленные масла.

Глава VI

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБРАБОТАННЫХ ДЕТАЛЕЙ

КОНТРОЛЬ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ

Повысить производительность труда и качество продукции в машиностроении невозможно без высококачественного режущего инструмента, штампов, фильер и т. д. В связи с этим в общем комплексе мероприятий по повышению качества выпускаемого инструмента при его изготовлении и эксплуатации имеет особое значение контроль его качества с помощью различной измерительной техники.

Основные направления повышения уровня и расширения номенклатуры выпущенных измерительных средств следующие: создание приборов активного контроля нового типа; расширение номенклатуры точных и производственных средств контроля; повышение точности и стабильности показаний и износостойкости существующих измерительных средств; расширение ассортимента выпускаемых измерительных средств, в том числе для контроля изделий сложной формы и малых отверстий; расширение эксплуатационных возможностей измерительных средств за счет оснащения их приспособлениями и т. д. Одновременно увеличены выпуск и номенклатура приборов для измерения шероховатости обработанных поверхностей, а также средств для определения ее качества (прижогов, трещин и т. д.).

После шлифования и полирования, а также заточки и доводки режущего инструмента контролируют линейные размеры и геометрические параметры; шероховатость обработанных поверхностей и остроту режущих кромок инструмента; дефектные слои на обработанных поверхностях. Назначение контрольно-измерительных приборов, применяемых как в лабораторных, так и в производственных условиях, приведено в табл. 51. Линейные размеры контролируют универсальными средствами (штангенциркулями, микрометрами и т. п.) или размерными шаблонами. Угломеры различных конструкций и назначения приведены на рис. 106—109.

При использовании угломера конструкции Бабчиничера, оснащенного оптическим устройством (рис. 110), угломер накладывают на режущие кромки двух смежных зубьев, причем угломер опирается на один из зубьев опорной линейкой 1, а на другой — доведенными поверхностями линеек 2 сектора 3. При из-

51. Контрольно-измерительные приборы и инструменты

Прибор или инструмент	Контроль	Цена деления	Место использования
Для определения линейных размеров			
Лекальная линейка	Неплоскостности рабочих поверхностей инструмента	0,1 мм и выше	Рабочее место, ОТК
Масштабная линейка	Длины	0,5 мм	Рабочее место
Штангенциркуль	Размеров поперечного сечения, длин, глубин	0,1—0,02 мм	Рабочее место, ОТК
Лупа Бринелля	Ширины фасок	0,01 мм	То же
Микрометр: гладкий рычажный	Длины и поперечного сечения	0,01 мм	„
		До 0,002 мм	„
Микрометрический нутромер	Внутренних размеров	0,01 мм	„
Индикаторная скоба (пассаметр)	Длины и поперечного сечения	0,01 мм	„
Плоскопараллельные меры длины	Длины и диаметра деталей и инструмента	0,001 мм	„
Часовой индикатор	Отклонений размеров и формы деталей и инструмента	0,01 мм	„
Миниметры	Внешних размеров	0,01—0,001 мм	ОТК
Индикаторный нутромер	Диаметров отверстий свыше 20 мм	До 0,005 мм	То же
Предельные калибры	Наружных и внутренних размеров	—	Рабочее место
Регулируемые устройства для активного контроля	То же	0,01—0,005 мм	То же

Для определения углов

Шаблоны и конгршаблоны	Фигурных контуров, углов, радиусов, ширины, высоты, уступов и т. д.	0,1—0,01 мм, 1° „напрое-свет“
------------------------	---------------------------------------------------------------------	-------------------------------

Продолжение табл. 51

Прибор или инструмент	Контроль	Цена деления	Место использования
Комбинирован- ный шаблон для сверл	Углов сверл при вершине	1° „на про- свет“	Рабочее место
Ребристая пира- мида	Углов деталей, задних углов резцов и подобных им деталей	1°	То же
Угломер: для контроля переднего угла заточки и ра- диуса впади- ны протяжки	Переднего угла заточки, ра- диуса впадины зубьев протя- жек с шагом не менее 6 мм	1°, 0,5 мм	„
настойный	Углов заточки резцов	1°	„
упрощенного типа	Углов деталей, резцов, не- которых сверл, зенкеров и т. д.	1°	„
универсальной конструкции ВНИИ	Углов деталей, резцов, фрез, зенкеров и т. д.	1°	„
конструкции Д. С. Семе- нова	Углов резцов и подобных им деталей	1°	„
системы Бабчиничера	Переднего и заднего углов многолезвийного инструмента	45'—2°	„
оптический	Переднего и заднего углов резцов, протяжек, долбяков, гребенок и т. д.	30'	„
конструкции И. И. Неприна	Заднего и переднего углов многолезвийного инструмента с прямым, спиральным и кони- ческим расположением зубьев	1°	„
Центра: горизонталь- ные вертикальные	Многолезвийного инструмен- та, а также деталей с цент- рами	—	ОТК
Индикатор со стойкой	Биеция инструмента и дета- лей	0,01 мм	Рабочее место, ОТК
Индикаторный прибор	Одновременно заднего и пе- реднего углов многолезвийного инструмента	30—40'	ОТК

Продолжение табл. 51

Прибор или инструмент	Контроль	Цена деления	Место использования
Прибор ВНИИ	Переднего угла разверток и метчиков	20'	ОТК
Прибор для контроля: затылованных фрез	Радиальности передних режущих поверхностей и равномерности окружного шага зубьев затылованных фрез диаметром 60—150 мм	30'	„
протяжек	Переднего угла круглых и плоских протяжек с шагом не менее 2 мм	20'	Рабочее место, ОТК
многолезвийного инструмента	Переднего и заднего углов многолезвийных инструментов (фрез, протяжек и других с числом зубьев больше 3)	1°	То же
зуборезных фрез	Переднего угла, радиальности и угла наклона винтовых канавок	30'	ОТК
сверл	Угла наклона перемычки сверл	—	То же
	Углов сверл, зенкеров разверток	30', 0,05 мм	„
	Биения сверл, диаметром 5—10 и 10—18 мм	0,01 мм	„
круглых плашек (лерок)	Переднего угла круглых плашек диаметром 3—52 мм	1°	Рабочее место, ОТК
резьбонарезных головок	Углов заточки и возвышения режущей кромки над центром изделия плашек и резьбонарезных головок	30'	То же
резьбы	Параметров резьбы с помощью конусного резьбового калибра (или разрезного калибра)	30'	„
червячных фрез	Профиля зубьев, погрешностей шага винтовой канавки и т. д. с помощью оптической делительной головки	30', 0,01 мм	„
разверток	Задних углов разверток диаметром 4—40 мм	30'	„
Инструментальный микроскоп	Углов резцов, сверл, зенкеров, разверток и фрез	30'—1°, 0,03—0,05 мм	ОТК

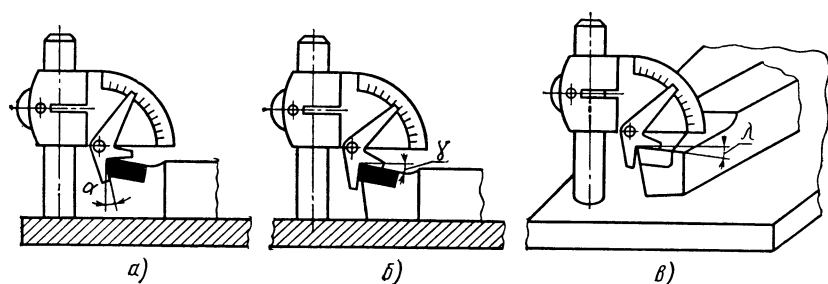


Рис. 106. Настольный угломер для измерения углов:

a —заднего α ; b —переднего γ ; $в$ —наклона режущей кромки λ

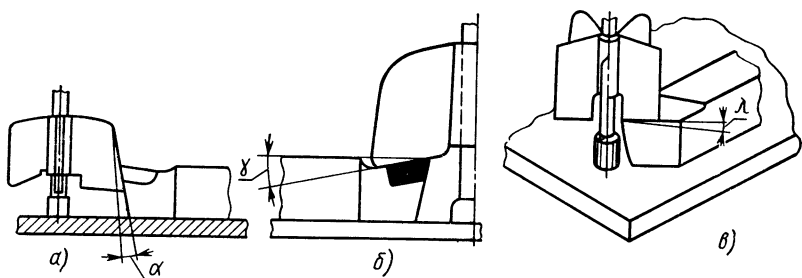


Рис. 107. Шаблон со стойкой для контроля геометрических параметров резца:

a —заднего угла α ; b —переднего угла γ ; $в$ —угла λ наклона режущей кромки

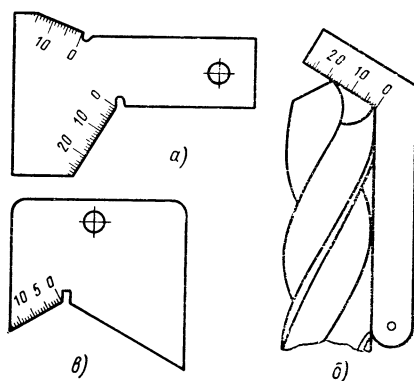


Рис. 108. Шаблоны для контроля заточки сверла:

a —угла при вершине и вторичного угла заточки; b —угла при вершине; $в$ —угла наклона поперечной кромки

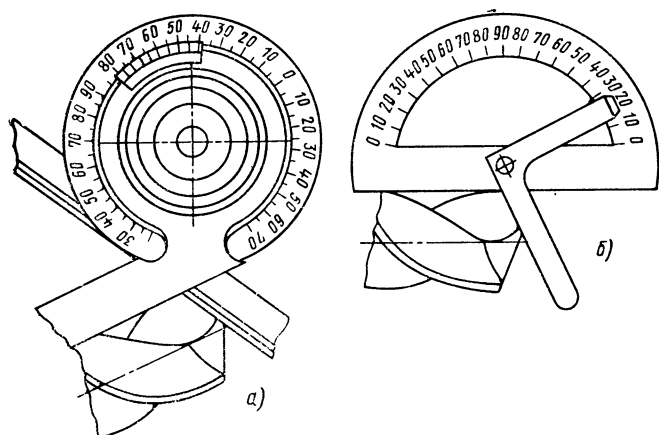


Рис. 109. Угломеры:
а—универсальный; б—упрощенный

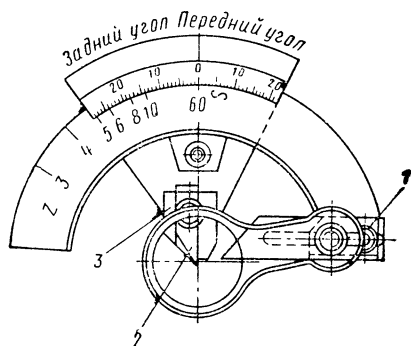


Рис. 110. Угломер конструкции Баб-
чиницера

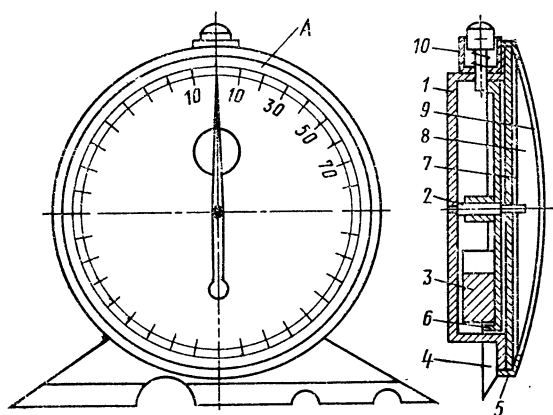


Рис. 111. Инклинометрический угломер ВНИИ.

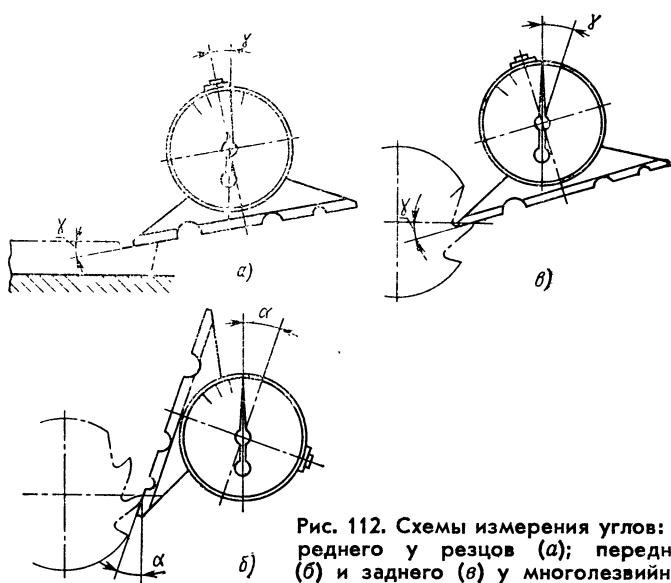


Рис. 112. Схемы измерения углов: переднего у резцов (а); переднего (б) и заднего (в) у многолезвийного инструмента.

мерении переднего угла инструмента сектор угломера поворачивают до совмещения планки с передней поверхностью и в этом положении закрепляют винтом.

При измерении заднего угла сектор угломера поворачивают до совмещения измерительной поверхности линейки с задней поверхностью инструмента. Углы отсчитывают по шкале на секторе против штриха, соответствующего числу зубьев.

Более простым при эксплуатации и более универсальным является инклинометрический угломер, конструкция которого приведена на рис. 111. Этот прибор может быть применен и для проверки углов деталей штампов и пресс-форм. Угломер имеет корпус 1, к основанию которого привернута линейка 4. На свободно вращающуюся ось 2 насажен диск 6 с грузом-отвесом 3 и стрелкой 8. Кольцо 5 прижимает к корпусу пластину 7, на которой нанесена градуированная шкала А. Цена деления 1° . Шкалу предохраняет стекло 9. Тормоз 10 обеспечивает неподвижность оси 2 с укрепленной на ней стрелкой 8 при различных положениях угломера.

Схемы измерения углов однолезвийного и многолезвийного инструмента с помощью угломера приведены на рис. 112. Размеры однолезвийного инструмента или деталей штампов измеряют на плите, а углы многолезвийного инструмента измеряют при его установке в центрах, когда режущее лезвие зуба установлено в горизонтальной плоскости (по линии центров инструмента).

Более универсальным прибором нестационарного типа для измерения многолезвийного инструмента является прибор кон-

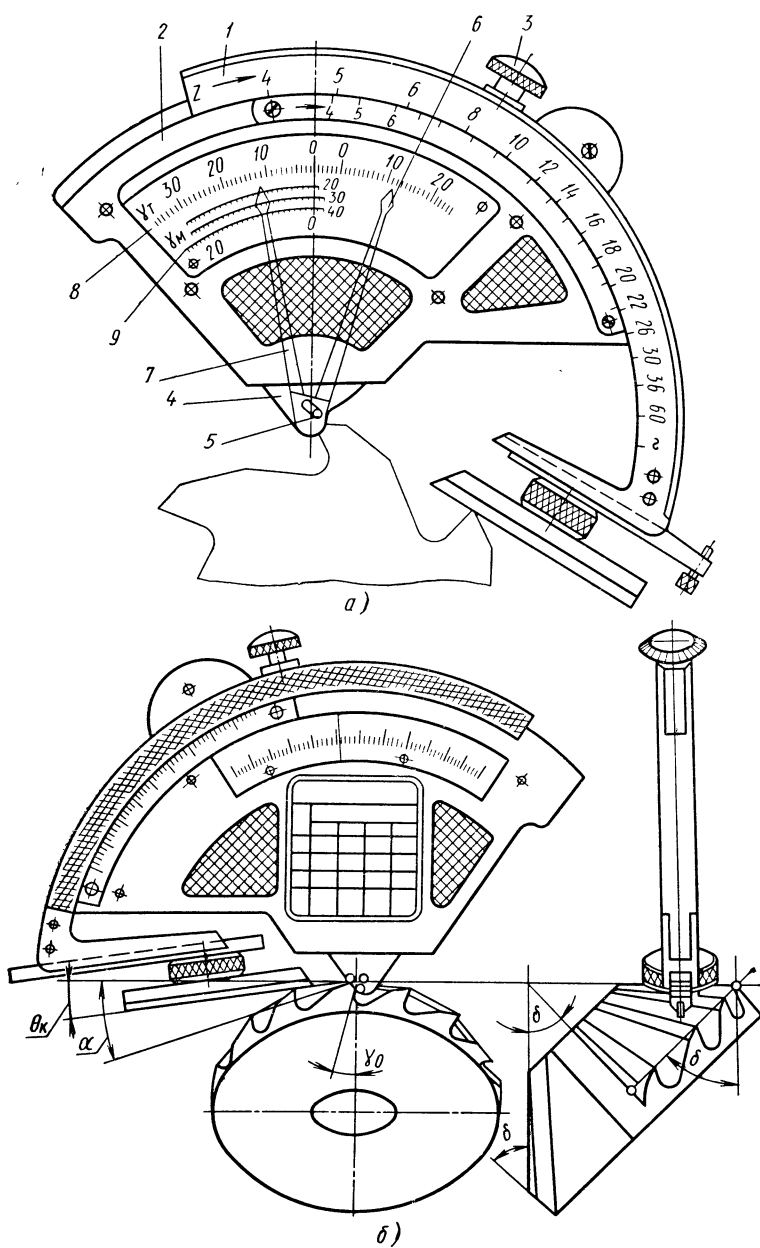


Рис. 113. Прибор конструкции Неприна.

струкции Неприна (рис. 113). Углы заточки зубьев, расположенных на цилиндрической части, измеряют следующим образом (рис. 113, а). Визир 1 устанавливают так, чтобы риска на его шкале, соответствующая числу зубьев проверяемого инструмента, совместилась со риской на шкале 2, и его закрепляют винтом 3. Прибор накладывают на режущие кромки двух смежных зубьев перпендикулярно оси инструмента. Шарниры 4 под действием массы прибора поворачиваются на осях 5 и плотно прилегают к граням зуба, а соединенные с шарнирами стрелки 6 и 7 показывают на шкале 8 величину угла. При измерении инструментов со спиральным зубом передний угол в плоскости нормального сечения отсчитывают по шкале 9, соответствующей углу спирали ω .

При измерении углов заточки зубьев конических колес (рис. 113, б) движок устанавливают по шкале 10 (с обратной стороны прибора) на угол

$$\theta_k = \frac{180 \cos \delta}{z},$$

где δ — половина угла конической части инструмента; z — число зубьев инструмента.

Прибор накладывают на режущие кромки двух соседних зубьев проверяемого инструмента. Углы γ_N и α_N отсчитывают по шкале в соответствии с показаниями стрелок.

Для измерения углов многолезвийного инструмента имеются приборы стационарного типа, оснащенные индикаторами. При проверке углов наклона поперечной кромки (перемычки) сверла пользуются прибором ПКС-1 (рис. 114). Сверло кладут на призмы 1 и 2, раздвинутые в соответствии с его длиной. Перемычку сверла располагают у стекла визира 3 параллельно основанию корпуса 5. Визир перемещают с помощью микрометрической головки 4 до совпадения центральной линии на визире с риской на верхней части стойки 6. Положение перемычки сравнивают с рисками визира. При повороте сверла на 90° ось сверла должна располагаться в середине перемычки. Наклон перемычки определяют по шкале микрометрической головки.

Прибор (рис. 115) для проверки затылования фрез имеет плиту 1, на которой укреплен стойка 2 с индикатором 3, поворотный сектор 8, приводимый во вращение рукояткой 9. Сектор поворачивают вместе со втулкой 6, в коническом отверстии которой закреплена на конусе оправка 4, несущая измеряемый инструмент 5. Гайка 7 облегчает смену оправки 4. Угол поворота сектора 8 отсчитывают по нанесенной на нем шкале с помощью указателя 10.

Геометрические параметры деталей, имеющих симметричную форму и изготавливаемых партиями, измеряют приборами активного контроля. С помощью таких приборов брак предупреждают в процессе изготовления (шлифования) деталей. Различают при-

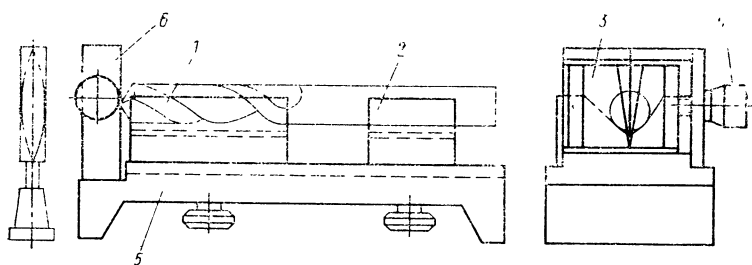


Рис. 114. Прибор для измерения угла наклона поперечной кромки (перемычки) сверла

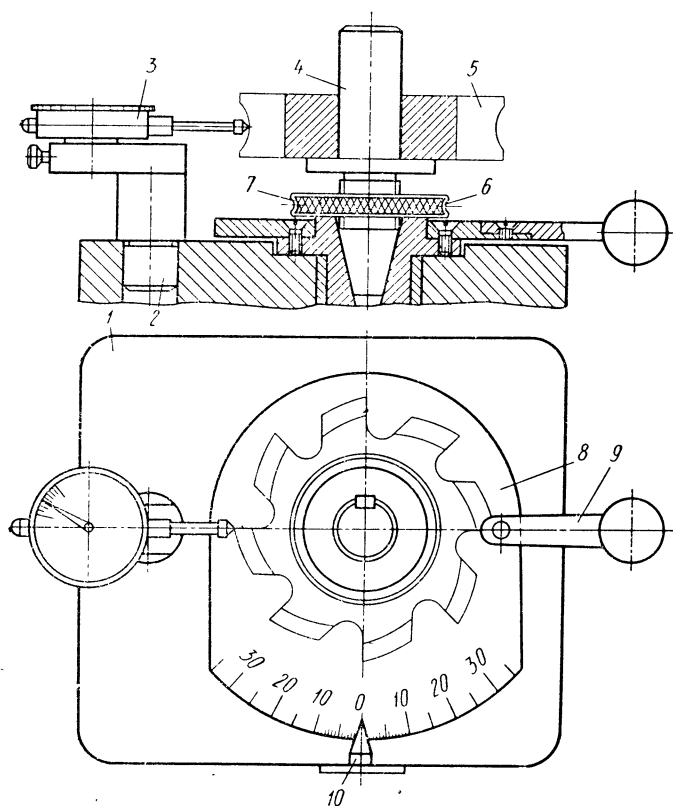


Рис. 115. Прибор для проверки затылования фрез

боры, основанные на прямом методе измерения, а также приборы, основанные на косвенном методе измерения. Измерительный наконечник активного устройства, основанного на прямом методе измерения, соприкасается с поверхностью детали и контролирует ее размер. Как только нужные размеры деталей достигаются, устройство срабатывает, станок останавливается и обработка прекращается.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Приведенные в ГОСТ 2789—73 требования к шероховатости могут быть обеспечены разработанными технологическими требованиями. Включенные в этот ГОСТ параметры во всем числовом диапазоне могут быть измерены приборами, выпускаемыми отечественной и зарубежной промышленностью (табл. 52).

Для контроля шероховатости поверхности в цехе могут быть применены образцы шероховатости (рабочие) и образцовые детали. Образцы шероховатости, выпущенные до введения в действие ГОСТ 2789—73, необходимо перемаркировать, добавив к старой маркировке, содержащей класс шероховатости, условное обозначение параметра Ra или Rz и их значения. Для этого можно использовать ГОСТ 14026—68.

При шлифовании, заточке и доводке инструмента, деталей штампов и пресс-форм могут появиться дефекты, снижающие качество инструмента, а следовательно, его надежность и долговечность. Эти дефекты, возникающие вследствие неправильно выбранных режимов обработки или характеристик рабочего инструмента, могут быть в виде прижогов, микротрещин, трещин и сколов. Они могут быть скрытыми, незаметными невооруженным глазом, в силу чего предложен ряд способов, выявляющих эти дефекты на обработанных поверхностях. При обнаружении дефекта изделие либо бракуют окончательно, либо исправляют.

Способы определения прижогов и трещин могут быть классифицированы в зависимости от места применения, материала, из которого изготовлен инструмент или деталь, и т. д. На рабочем месте в цехе используют лупу, а в лабораториях или ОТК — микроскоп.

В лабораторных условиях для качественной и количественной оценок прижогов и трещин на деталях из сталей и твердых сплавах используют химический и химико-механический способы, а для качественной оценки трещин только на деталях из сталей — магнитный способ.

Для качественной оценки микротрещин и более глубоких трещин на деталях из сталей и твердых сплавов в ОТК и лабораторных условиях используют люминисцентный способ, цветной способ и метод электролиза.

При химическом способе шлифованные пластинки и инструменты обрабатывают (травят) в различных реактивах; твердо-

52. Приборы для измерения шероховатости поверхности

Тип прибора	Параметр	Пределы измерения	Базовая длина	Изготовитель
Профилограф-профилометр 201: профилометр	Ra	8—0,02 мкм	0,08; 0,25; 0,8; 2,5	Завод „Калибр“
профилограф	Ra Rz, R_{\max} S, Sm tp	20—0,008 мкм 100—0,025 мкм 12,5—0,003 мкм 90—10%	Весь ряд	
Профилометр 253	Ra	2,5—0,04 мкм	0,25; 0,8; 2,5	То же
Профилограф-профилометр 252: профилометр	Ra R_{\max} Sm tp	100—0,02 мкм 200—0,1 мкм 12,5—0,003 мкм 90—10%	0,08; 0,25; 0,8; 2,5	„
профилограф	Rz, R_{\max} Ra S, Sm tp	250—0,02 мкм 60—0,05 мкм 12,5—0,003 мкм 90—10%	Весь ряд	„
Прибор светового сечения: ПСС-2	Rz, R_{\max} S, Sm	40—0,8 мкм 2,5—0,002 мкм	2,5; 0,8; 0,25; 0,08; 0,03; 0,01	ЛОМО
ОРИМ-1	Rz, R_{\max} S, Sm	40—0,4 мкм 2,5—0,002 мкм	2,5; 0,8; 0,25; 0,08; 0,03; 0,01	То же
ПТС-1	Rz, R_{\max} S, Sm	320—40 мкм 6,3—0,02 мкм	8; 2,5; 0,8; 0,25	„
ТСП-4М	Rz, R_{\max} S, Sm	1600—63 мкм 6,3—0,1 мкм	8; 2,5; 0,8; 0,25	УкрНИИ МОД
Микроинтерферометр МИИ-4	Rz, R_{\max} S, Sm	0,8—0,1 мкм 0,25—0,02 мкм	0,25; 0,08; 0,03; 0,01	ЛОМО

сплавные пластины кипятят в 20—25%-ном растворе азотной кислоты в течение 15—20 мин, в результате чего снимается тонкий слой. Этот способ нельзя применять для припаянных пластинок, так как азотная кислота растворяет медный припой. К химическому способу следует отнести и химико-механический. Сущность этого метода заключается в химико-механической обработке в 20%-ном растворе $CuSO_4$.

Магнитный способ заключается в том, что намагниченные детали или инструмент (после термической обработки) опускают

в ванну с маслом, в котором взвешен порошок крокуса. Этот порошок притягивается по краям трещин; таким образом трещина обнаруживается. Этот способ может быть применим только к изделиям, способным намагничиваться.

Люминисцентный способ применяют для выявления трещин, выходящих на поверхность детали или инструмента. Испытуемый предмет погружают в люминофор, который проходит в трещины; при некоторой выдержке люминофор оседает по краям трещин и начинает светиться.

Ультразвуковой способ основан на использовании прибора, позволяющего определять дефекты поверхности площадью $0,5 \text{ мм}^2$ и выше; частота колебаний $2,5\text{—}5 \text{ мГц}$. При наличии трещин пучок ультразвуковых волн отражается от поверхности детали и принимается преобразователем — щупом. На экране прибора появляется сигнал, величина которого пропорциональна площади трещины. Этим способом можно обнаружить только глубокие и сквозные трещины; микротрещины остаются незамеченными.

Цветной способ основан на применении растворов специальных красителей. Он пригоден для выявления достаточно глубоких мелких и крупных волосовых трещин. Достоинством способа являются его простота и возможность выявления трещин на необработанной поверхности без предварительной очистки.

Прогрессивным способом обнаружения неглубоких микротрещин с одновременным их устранением на контролируемом изделии является метод электролиза. Контролируемое изделие погружают в электролит, который является анодом, а катодом является свинцовая пластинка. Сетка трещин четко выявляется невооруженным глазом после обработки изделия через $5\text{—}10$ мин.

Глава VII

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

АБРАЗИВНО-АЛМАЗНАЯ ОБРАБОТКА

Рентабельность процесса определяется технологическими и экономическими показателями. Для определения экономических показателей нужно знать технологические показатели: производительность обработки, износ инструмента, качество обработанной поверхности, энергоемкость процесса обработки и др.

Технологические показатели могут быть прямыми, определяемыми непосредственно в процессе обработки, и производными, получаемыми расчетом. Основными прямыми показателями являются: 1) производительность P процесса обработки (шт/мин, г/мин, мм³/мин); 2) износ, или расход, q круга; 3) шероховатость обработанной поверхности Ra или Rz ; 4) качество обработанной поверхности, выраженное минимальной напряженностью ($\sigma_{\text{изг}}$) и наименьшей шероховатостью и др.

Одним из основных критериев, позволяющих оценить эффективность использования алмазного или абразивного порошка в круге, является его удельный износ, который оценивается массой алмаза или абразива, затрачиваемой на съем 1 г шлифуемого (или доводимого) материала.

Удельный износ, например, алмаза

$$q_1 = \frac{G_a}{G_m},$$

где G_a — масса алмаза, содержащегося в алмазоносном слое, мг; G_m — масса снятого материала, г.

Удельный съем материала

$$P_v = \frac{V_m}{V_a},$$

где V_m — объем снятого материала, мм³; V_a — объем изношенного алмазоносного слоя, мм³.

Между q_1 и P существует зависимость

$$q_1 = \frac{10\beta_a \gamma_a V_a}{\gamma_m V_m} = \frac{10\beta_a \gamma_a}{\gamma_m} \frac{1}{P_v},$$

где β_a — содержание алмазного порошка в алмазоносном слое, % (табл. 53); γ_m — плотность шлифуемого материала, г/см³; γ_a — плотность алмазоносного слоя, г/см³.

53. Коэффициент β_a

Связка	Содержание алмаза в алмазоносном слое при концентрации, %		Связка	Содержание алмаза в алмазоносном слое при концентрации, %	
	100	50		100	50
Б1	41,4	22	М1	12	5,6
Б2	25,4	11	М5	25	12,5
Б3	25	17	К2	36	18

Если известен объем V_a , то масса алмаза, содержащегося в алмазоносном слое,

$$G_a = \frac{0,878V_a}{\alpha_a},$$

где α_a — коэффициент, учитывающий концентрацию алмазоносного слоя.

Коэффициент α_a зависит от концентрации алмазоносного слоя:

Концентрация, %	200	100	50	25
α_a	0,5	1,0	2,0	2,4

При расчетах технологических показателей необходимо знать величину

$$G_a = \frac{439}{10^7} KV,$$

где K — концентрация в процентах; V — объем алмазоносного слоя, мм³.

Технологические показатели при обработке деталей из сталей и твердых сплавов приведены в табл. 54—58.

Применяя одну из указанных выше методик, на основании имеющихся технологических показателей можно определить технико-экономическую эффективность абразивно-алмазного инструмента. Так, экономическая эффективность алмазной обработки твердосплавного режущего инструмента (по методике ВНИИАЛМАЗа) обеспечивается: 1) уменьшением расхода инструмента за счет увеличения его стойкости; 2) увеличением производительности труда; 3) снижением себестоимости заточных и доводочных операций; 4) улучшением качества заточенных и доведенных поверхностей и т. д. В указанной методике предусмотрен расчет экономической эффективности за счет уменьшения расхода твердосплавного режущего инструмента вследствие увеличения срока его службы при неизменных и увеличенных режимах резания. Из тех же положений исходит и методика по определению экономической эффективности алмазной заточки и доводки, разработанная ВНИИ.

54. Технологические показатели абразивных способов обработки кругами из электрокорунда зернистостью 10—20 на керамической связке ($v=20\div 25$ м/с, $S_{пр}=1\div 1,5$ м/мин, $t=0,05\div 0,08$ мм) и из твердых сплавов кругами из зеленого карбида кремния на керамической связке ($v=20\div 25$ м/с и $t=0,04\div 0,05$ мм)

Характер обработки	Материал детали	Съем, мм ³ /мин (г/мин)	Износ обраба- тываемого инструмента в % от съема	Ra, мкм	
Шлифование и заточка механизиро- ванная: без охлажде- ния	Сталь термически об- работанная	200—250	150	1,25—2,5	
	Твердый сплав Т15К6	35—40 (0,4—0,5)	150	0,63—1,25	
	с охлажде- нием	Сталь термически об- работанная	250—300	150— 200	0,63—1,25
		Твердый сплав Т15К6	50—60 (0,6—0,7)	200	0,08—0,16
		Минералокерамика ЦМ-332	15—25 (0,4—0,6)	200	0,16—0,32
Заточка вруч- ную без охлажде- ния	Сталь термически об- работанная	300—400	150	1,25—2,5	
	Твердый сплав Т15К6	100—150 (1,2—1,80)	200	1,25—2,5	
	Минералокерамика ЦМ-332	10—20 (0,1—0,25)	150	0,32—0,63	
Доводка (па- стами)	Сталь термически об- работанная	8—10	3—5	0,16—0,32	
	Твердый сплав Т15К6	10—15 (0,1—0,2)	2—5	0,16—0,32	

Примечание. Ширина абразивного круга при шлифовании — 20 мм; при заточке 10 мм; ширина алмазного круга 10 мм.

55. Технологические показатели обработки деталей из твердого сплава алмазными кругами на различных связках (зернистость кругов 100/80)

Глубина резания, мм		Связка								
		М1	М1	М5	МО13	Б1	Б2	ТО2	Б8	
Р, г/мин										
0,01		0,35	0,30	0,40	0,40	0,20	0,20	0,25	0,25	
0 02		0,50	0,45	0,50	0,60	0,35	0,30	0,45	0,45	
0,04		0,90	0,95	1,05	1,10	0,55	0,50	0,65	0,60	
0,06	Засаливание		1,10	1,50	1,60	—	—	—	—	
0,10			Засаливание	2,50	2,70	—	—	—	—	
q, мг/г										
0,01		0,15	0,20	0,10	0,70	0,70	0,70	0,80	—	
0,02		0,25	0,30	0,15	0,15	1,50	1,50	1,60	—	
0,04		0,40	0,35	0,25	0,20	3,50	2,50	1,90	—	

Глубина резания, мм	Связка							
	М1	МИ	М5	МО13	Б1	Б2	ТО2	Б8
0,06	—	0,60	0,55	0,50	—	—	—	—
0,10	—	—	0,70	0,60	—	—	—	—
<i>Ra</i> , мкм								
0,01	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32—0,16	0,32—0,16	0,32—0,16	0,32—0,16
0,02	0,63—0,32	0,63—0,32	0,63—0,32	0,63—0,32	0,32—0,16	0,32—0,16	0,32—0,16	0,32—0,16
0,04	0,63—0,32	0,63—0,32	0,63—0,32	0,63—0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
0,06	—	0,63	0,63	0,63	—	—	—	—
0,10	—	—	0,63	0,63	—	—	—	—

Примечания: 1. Технологические показатели являются средними из трех испытаний.

2. Площадь обрабатываемых деталей из твердого сплава Т15К6 110 мм²; ширина круга 10 мм.

3. Скорость вращения круга на металлической связке $v=25$ м/с, на органической $v=30$ м/с; продольная подача $s_{пр}=1$ м/мин.

56. Технологические показатели обработки деталей из стали алмазными и эльборовыми кругами (зернистостью 10) на различных связках

Обработка кругами	Характер обработки	Съем, мм ³ /мин	Износ обрабатываемого инструмента, мг/г	Ra, мкм
Из эльбора на органической связке	Шлифование и заточка	80—180	2—4	0,63—1,25
	Доводка	50—100	1—2	0,32—0,63
Из синтетических алмазов на органической связке	Шлифование и заточка	30—70	5—8	0,63—1,25
	Доводка	20—50	3—6	0,32—0,63
Из эльбора на керамической связке	Шлифование и заточка	100—200	2—3	0,63—1,25
Из синтетических алмазов на керамической связке	То же	50—80	2—6	0,63—1,25

Примечание. Производительность и износ кругов изменялись при продольных подачах 1—2 мм/мин и глубинах резания 0,04—0,06 и 0,02—0,03 мм/дв. ход.

57. Технологические показатели обработки алмазными пастами

Зернистость паст	Материалы детали	P, мкм/мин	Расход паст, мг/г	Ra, мкм
АСМ40—АСМ20 (40/28—20/14)	Сталь Твердый сплав	45—70 35—50	1,5—2 1—1,5	0,1—0,4
АСМ14—АСМ6 (14/10—6/4)	Сталь Твердый сплав	20—45 8—25	1—1,2 0,8—1	0,05—0,2
АСМ3—АСМ1 (3/1—1/0)	Сталь Твердый сплав	10—20 2—8	0,3—0,6 0,1—0,4	0,012—0,1

58. Технологические показатели полирования деталей из стали ШХ15 шкурками

Характеристика шкурки	Съем металла (на диаметр), мкм	Ra, мкм	Удельный расход эльбора при обработке 100 колец, кар.
ЛМ40, шифон	5	0,3	1,8
ЛМ28, шифон	4	0,16	1,6
ЛМ14, шифон	2	0,1	1,4
АМС40, капрон	4	0,3	2,7
АМС14, капрон	1	0,16	2,1

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ, ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Для ультразвуковой обработки основными технологическими показателями являются те же, что и для абразивно-алмазной обработки. Однако эти показатели получаются не при работе абразивными зёрнами, закреплёнными связкой, а при работе свободным абразивно-алмазным зёрном.

Технологические показатели, полученные при обработке деталей из различных материалов различными способами, приведены в табл. 59—61. Металлографическое исследование поверхности отверстия, обработанного ультразвуковым методом, показало, что повреждённый слой и поверхностные макродефекты отсутствуют. В некоторых местах наблюдается лишь разрушение поверхности по границам зёрен на глубину 0,05 мм.

Предварительную заточку инструмента и деталей штампов при снятии больших припусков лучше осуществлять абразивными кругами; получистовую и чистовую обработку — алмазными и эльборовыми кругами (так же, как и все доводочные операции). Последние можно выполнять с помощью паст из синтетического алмаза или эльбора. В некоторых случаях для съёма ме-

59. Технологические показатели обработки деталей из различных материалов ультразвуковым способом

Материал детали	P , мм ³ /мин	Сравнительная производи- тельность, %	Износ инструмента K_n , %
Стекло	520	200	0,5
Салицированный графит	622	119	0,25
Материал на основе: карбида бора	320	61,6	—
карбида кремния	237,5	45,6	0,8
Оксид алюминия с плотной структурой	120	23,1	3,3
Минералокерамика ЦМ-332	32	6,1	13
Вольфрам: прессованный	37	7,1	—
литой	10	1,95	5
Оксид циркония	25	4,8	—

Примечание. Все данные получены при обработке глухого отверстия глубиной 10 мм; абразив — карбид бора зернистостью 10; $J=19$ кГц; $v=40$ м/мин.

талла большого объема следует применять электроискровой и электрохимической способы (для штампов, пресс-форм). Обработку фильер лучше осуществлять ультразвуковым способом.

60. Технологические показатели при обработке электроискровыми способами

Операция	Производительность P , мм ³ /мин	Ra , мкм	Точность обработки, мм
Прошивание и копирование	До 1000	0,63—2,5	0,005—0,1
Обработка непрерывно движущимся электродом-проволокой	До 1500	1,25—5	0,02—0,05
Профильная электроимпульсная обработка	1000—20000	0,32—1,25	0,005—0,05
Шлифование поверхностей: плоских	До 800	0,63—2,5	0,005—0,5
цилиндрических внутренних и наружных	До 500	0,63—2,5	0,001—1,0

61. Технологические показатели при обработке электрохимическими и электротехническими способами

Способ обработки	Операция	Материал детали	Съем, мм ³ /мин	Износ обрабатываемого инструмента, % от съема	Ra , мкм	Точность, мм
Анодно-механический	Заточка	Твердый сплав	50—60	10—15	1,8—1,6	0,1
	Доводка		3—5	2—5	0,16—0,32	0,05
Электро-механический	Шлифование канавки	Сталь, твердый сплав	300—15000	5—7	2,5—0,32	0,3—0,05
Электро-литический:	Шлифование и заточка	Сталь	30—75	0,5—1,5	0,16—0,32	0,05—0,15
		Твердый сплав	250—300	0,1—0,5	0,08—0,16	0,05—0,1

Примечание. Режимы обработки: анодно-механический — $v=12\div 15$ м/с, $s_{пр}=1,5$ м/мин, $p=1,5$ кгс/см², $u=20$ В; электролитический — $v=20\div 30$ м/с, $s_{пр}=1$ м/мин, $u=12\div 18$ В.

Глава VIII

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОБРАБАТЫВАЕМЫМ ДЕТАЛЯМ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И К СПОСОБАМ ОБРАБОТКИ

Абразивно-алмазная обработка. Рациональное использование алмазной обработки определяется: 1) выбором и подготовкой оборудования; 2) выбором режимов и условий обработки; 3) подготовкой деталей для обработки их алмазными инструментами; 4) соблюдением некоторых особенностей, в том числе и применением рабочих жидкостей.

В зависимости от типа и размера деталей и инструмента, материала, из которого они изготовлены, их технологических и конструктивных особенностей условия для алмазной обработки различны. При раздельной обработке пластин из твердого сплава и державок инструмента пластины должны выступать над корпусом, к которому они припаяны, в среднем на 1 мм. Алмазный круг не должен задевать державку при обработке, так как иначе он быстро засалится. Пластины должны быть припаяны к державке таким образом, чтобы на обрабатываемой поверхности не было следов припоя. Если подлежащие обработке поверхности несут на себе припой или пластины «утоплены» в корпусе державки, то перед алмазной обработкой необходимо осуществлять предварительное шлифование кругами из карбида кремния. Окончательное шлифование и доводку, особенно доводку твердосплавных деталей, необходимо применять только для рабочих поверхностей. Детали из минералокерамики можно обрабатывать как абразивным, так и алмазным кругом.

При обработке монолитных твердосплавных и стальных деталей основные геометрические параметры должны быть выдержаны на предыдущих операциях (у твердосплавных деталей при спекании, у стальных деталей при абразивной обработке). Твердосплавные монолитные детали не должны иметь заусенцев, раковин и других дефектов, а на деталях из быстрорежущей стали после абразивной обработки не должно быть прижогов. Подвергающиеся алмазной обработке поверхности должны иметь минимальные припуски: под шлифование не более 0,5—0,8 мм, под чистовое шлифование не более 0,3—0,4 мм, под доводку не более 0,1—0,2 мм. В каждом отдельном случае требования к детали перед ее алмазной обработкой могут быть ужесточены

Поступающие с завода-изготовителя круги «вскрывают», т. е. с алмазоносного кольца удаляют поверхностный слой таким образом, чтобы алмазные зерна выступали из связки (что особенно важно для кругов на металлической связке). Радиальное биение в зависимости от зернистости должно быть не более 0,005—0,01 мм. «Вскрытие» алмазоносного кольца и устранение биения осуществляют различными способами: копированием (с помощью абразивных брусков), обкаткой или шлифованием (с помощью абразивных кругов). Все круги диаметром свыше 100 мм, собранные с планшайбами, следует подвергать статической балансировке. Круги диаметром выше 200 мм следует устанавливать на планшайбах, имеющих балансировочные сухари.

При шлифовании и доводке необходимо соблюдать режимы и условия, приведенные в технологических картах и в особенности правильно выбирать оборудование. При шлифовании цилиндрических наружных и плоских поверхностей обработку необходимо вести более широкими кругами, детали закреплять на плите и в центрах без прогибов и строго параллельно рабочей поверхности.

При правильной эксплуатации алмазных кругов, изготовленных в соответствии с технологическими требованиями, правка не требуется. Правку производят при засорении рабочей поверхности круга частицами металла, приводящем к завалам режущих кромок обрабатываемого инструмента, и для восстановления формы профильных кругов.

Рабочая поверхность алмазного круга засоряется частицами металла при шлифовании с чрезмерно высокими окружными скоростями круга (кругов на металлической связке); при обработке без охлаждения; при одновременной обработке деталей из твердого сплава и стали.

Круги на органической связке следует править мягкими абразивными брусками или кругами из карбида кремния на керамической связке зернистостью 16—8 (в зависимости от зернистости алмазного круга), твердостью СМ2—СМ1 при скорости шлифовального круга 15—25 м/с.

Круги на металлической связке следует править: а) путем шлифования абразивными кругами из зеленого карбида кремния или белого электрокорунда на керамической связке, зернистостью 40—25 (в зависимости от зернистости алмазного круга), твердостью СМ2—СМ1 при следующих режимах: скорость алмазного круга рабочая; скорость правящего круга 25 м/с; продольная подача 1,5—2,0 м/мин; поперечная подача 0,02—0,04 мм/дв. ход; б) брусками из зеленого карбида кремния на керамической связке зернистостью 40—25, твердостью СТ1—СТ2. Правку желательно производить с охлаждением.

Круги чашечной и тарельчатой формы можно править методом притирки на чугунных или стеклянных плитах порошками из карбида кремния. Алмазные круги чистят пемзой или бруска-

ми из белого электрокорунда на керамической связке, зернистостью 16—12, твердостью СМ2 при жестком креплении правящего инструмента в тисках или специальных приспособлениях.

Круги на металлической связке при сильном загрязнении рабочей поверхности алмазоносного кольца металлом связки следует очищать химическим методом. Окислы металлов удаляют в разбавленной азотной кислоте. В этом случае 50 мл азотной кислоты разбавляют в 1 л воды и держат в ней алмазный круг до удаления окислов, после чего производят нейтрализацию поверхности раствором, состоящим из 50 мл соды и 100 г нитрита натрия на 1 л воды. В этом растворе алмазный круг следует держать 1—2 мин.

Алмазные круги на металлической связке правят электроискровым, а также электрохимическим методами (анодом служит правящийся алмазный круг). Правку такими способами можно осуществлять на станках электроискрового и электрохимического действия.

Анодно-механическая и электрохимическая обработка. Эффективное применение анодно-механической или электрохимической обработки определяется также несколькими факторами. Кроме основных требований, предъявляемых как к оборудованию, так и к режимам и условиям обработки, при анодно-механической и электролитической обработке важны следующие условия: 1) правильный выбор способа обработки; 2) выбор и подготовка необходимого инструмента и рабочей жидкости; 3) соблюдение условий обработки анодно-механическим способом.

Детали, изготовленные из сталей (режущий инструмент, штампы), обрабатывать приведенными выше способами затруднительно. Исключение составляет обработка кругами или пастами из электрокорунда или эльбора. При обработке инструмента с припаянными пластинами или вставками последние должны выступать из державки или корпуса штампа на 0,5—1 мм. Обрабатывать следует в основном пластины или вставки из твердого сплава. При одновременной обработке твердого сплава и стали обрабатывающий инструмент может засалиться. Снимать припой и осуществлять предварительное шлифование рекомендуется абразивными кругами. Припуски под обработку анодно-механическим и электролитическим способами могут быть значительно большими, чем при алмазной обработке (на несколько миллиметров). Окончательную обработку анодно-механическим способом производить не рекомендуется.

Детали из минералокерамики указанными способами обрабатывать нельзя.

В качестве обрабатывающего инструмента при анодно-механическом способе могут применяться диски, изготовленные из сталей, латуни и других токопроводящих материалов. Осевое биение обрабатывающих дисков при заточке должно быть не более 0,05 мм. Для отрезных дисков (при отрезных операциях) до-

пустимо радиальное биение не более 0,1 мм. Для заточки применяют диски двух типов: со спиральными и радиальными канавками. При электролитической обработке используют токопроводящие круги различных форм и размеров, изготовленные из абразивных или алмазных (эльборовых) зерен на металлической связке.

При анодно-механическом способе в качестве смазочно-охлаждающей жидкости применяют: 1) воду (при отрезных операциях); 2) водный раствор жидкого стекла (натриевого или калиевого) плотностью 1,26—36 г/см³ с добавками (или без них) на 1 л раствора 10 г селитры, 100 г глицерина или 150 г веретенного масла; 3) водный раствор 10% Na_3PO_4 (тринатрийфосфата).

При электролитическом способе применяют: 1) 5% нитрата натрия (NaNO_3) или калия (KNO_3); 5% фтористого натрия (NaF); 0,3% нитрита натрия (NaNO_2); 89,7% воды; 2) 10% нитрата натрия или калия; 0,3% нитрита натрия; 89,7% воды.

При анодно-механическом способе диски обрабатывают: 1) на токарном станке либо на том станке, где осуществляют обработку, твердосплавными резцами с малыми глубинами резания; 2) на станке, где производят обработку, изменением полярности источника тока.

Для электролитической обработки круги правят либо абразивным способом (как это делается при правке алмазных кругов), либо при изменении полярности источника тока; последний способ наиболее производительен и эффективен.

ЗАТОЧКА, ДОВОДКА И ШЛИФОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ

Заточка твердосплавных и минералокерамических резцов.

Высокая твердость пластин из твердых сплавов и минералокерамики (*HRB* 81—94), хрупкость и склонность к выкрашиванию при ударной нагрузке, а также к образованию трещин и микротрещин при резком изменении температуры обуславливают некоторые особенности процесса заточки твердосплавных и минералокерамических резцов. Эти особенности создаются также в связи с методом крепления пластинок к корпусу державки.

У резцов с механическим креплением и с креплением силами резания пластины (нож) затачивают вне корпуса державки. В этом случае твердосплавные и минералокерамические пластины поштучно или группами затачивают в специальных державках. Круглые резцы, закрепляемые механически, также могут быть заточены и доведены поштучно и на некоторых операциях партиями (при шлифовании плоских поверхностей). Резцы с напаянными пластинами целесообразно затачивать последовательно (сначала державку, а затем пластину из твердого сплава или минералокерамики). В соответствии с имеющимся оборудованием выбирают оптимальную схему заточки и доводки.

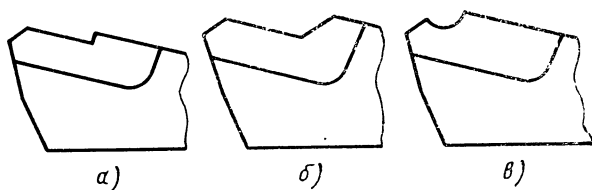


Рис. 116. Различные формы уступов и лунок на резцах:

а—уступ глубиной 0,13—0,16 мм; *б*—уступ глубиной 1—4 мм;
в—лунка шириной 2—3 мм

При изготовлении и переточке резцов на передней поверхности необходимо получить стружколомающую лунку или уступ (установка стружколомателя в некоторых случаях неудобна и усложняет конструкцию резца). Формы и размеры лунок и уступов, как и способы их получения, разнообразны (рис. 116).

Уступы и лунки затачивают алмазным кругом, анодно-механическим, электроискровым или ультразвуковым способами (рис. 117). Обработку радиусных поверхностей и переходных кромок более эффективно осуществлять доводкой абразивными кругами на бакелитовой связке, на чугунных дисках с помощью абразивного микропорошка или алмазными кругами с применением специальных приспособлений.

Заточка фасонных резцов. Фасонные резцы (круглые и призматические) перетачивают и доводят только по передним поверхностям. Чтобы заточить переднюю поверхность круглого фасонного резца с обеспечением углов γ и α нужно сместить центр резца относительно торца заточного круга. Поворачивая резец вокруг оси, с его поверхности стачивают слой металла, определяемый износом по задней поверхности, так как у фасонных резцов изнашивается преимущественно задняя поверхность. Наибольшему износу подвергаются участки с наименьшими задними углами. При заточке твердосплавного режущего инструмента алмазными кругами более экономичен способ, когда круг вращается по часовой стрелке по направлению к лезвию (при установке резца с левой стороны круга).

Заточка и доводка сверл. Сверла с винтовыми стружечными канавками затачивают и доводят по задним поверхностям. При этом необходимо обеспечить определенные задний угол α , угол при вершине сверла 2ϕ , а также симметричность главных режущих кромок, правильную форму и положение

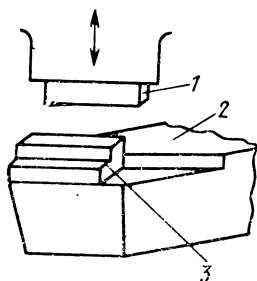


Рис. 117. Схема образования уступов и лунок у резцов электроискровым и ультразвуковым способами:

1—электрод; 2—резец; 3—уступ

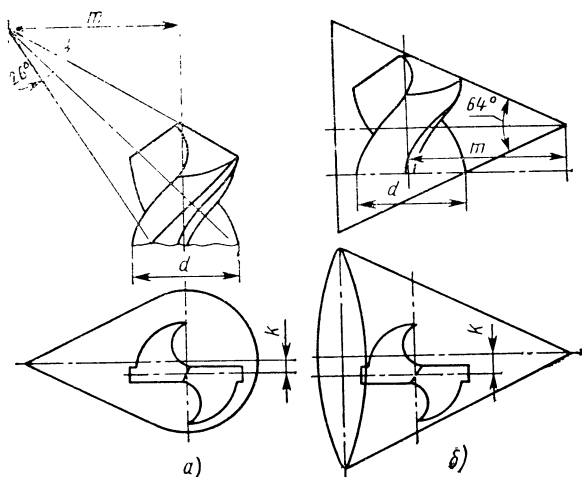


Рис. 118. Схемы конической заточки сверл

поперечной кромки относительно главных режущих кромок. Выполнение этих требований возможно лишь при заточке сверла на специальных заточных станках или в приспособлениях.

Станки для заточки сверл можно разбить на группы: 1) для конической заточки, когда поверхности сверла получают коническими; 2) для винтовой заточки, когда поверхности получают винтовыми; 3) для плоской заточки. Схемы двух способов заточки приведены на рис. 118.

При первом способе конической заточки вершина воображаемого конуса с углом 26° расположена выше вершины сверла и на расстоянии $m = (1,8 \div 1,9)d$ (рис. 118, а) от оси сверла; угол между осью конуса и осью сверла может составлять 45 или 20° ; расстояние между осями конуса и сверла $k = \left(\frac{1}{15} \div \frac{1}{20}\right)d$. При втором способе конической заточки $m = 1,16d$ (рис. 118, б). Значения m и k установлены исходя из условия заточки сверл с углами $2\varphi = 116 \div 118^\circ$, задними углами для периферийных точек $\alpha = 7 \div 10^\circ$ и углом наклона поперечной кромки $\psi = 55^\circ$.

Затачиваемое сверло закрепляют с помощью самоцентрирующих сменных губок в приспособлении. При этом сверло соприкасается с торцом чашечного шлифовального круга, имеющего кроме вращательного качательное движение (для равномерного износа

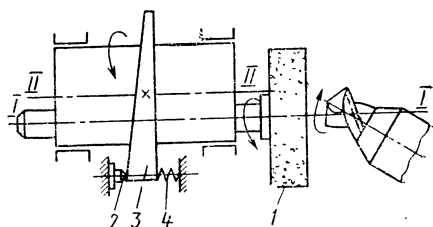


Рис. 119. Схема винтовой заточки сверл

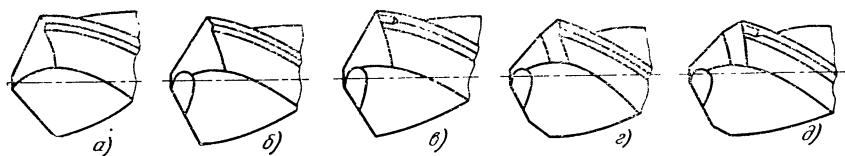


Рис. 120. Формы заточки режущей части сверл:

а—нормальная; *б*—нормальная с подточкой перемычки; *в*—нормальная с подточкой перемычки и ленточки; *г*—двойная с подточкой перемычки; *д*—двойная с подточкой перемычки и ленточки

круга). Каждое перо сверла затачивают отдельно с поворотом сверла на 180° . Получение нужного главного угла в плане достигается поворотом зажимного приспособления относительно торцевой поверхности круга. Различные задние углы получаются при изменении величин m и k .

Сверла с винтовыми поверхностями (рис. 119) закрепляют в самодантирующем патроне. Шлифовальный круг *1* вращается вокруг оси *I—I* и, кроме того, совершает два дополнительных движения: вращение вокруг оси *II—II* и возвратно-поступательное перемещение вдоль оси, осуществляемое с помощью кулачка *3*, пружины *4* и упора *2*.

Плоские поверхности затачивают у сверл, оснащенных твердым сплавом, а также у сверл с режущей частью специальной формы. Последовательность заточки задних поверхностей определяется конструкцией сверла. Целесообразнее сначала затачивать поверхность около режущей кромки, а затем затачивать поверхность, расположенную под большим задним углом. У твердосплавных сверл, следовательно, сначала затачивают пластину, а затем корпус сверла. Плоские задние поверхности затачивают на универсально-заточных станках и приспособлениях. Для увеличения стойкости сверл с винтовыми стружечными канавками рекомендуется различная форма заточки (рис. 120), а на рис. 121 приведены формы подточки сверл по поперечной кромке.

Заточка для получения двойного угла при вершине сверла у сверл из быстрорежущей стали не вызывает затруднений. Ее осуществляют на сверлозаточных станках путем переналадки для угла $2\varphi = 70^\circ$ и на универсально-заточном станке в приспособлении, предназначенном для заточки трех- и четырехперых зенкеров, или на специальных приспособлениях и станках. Винтовая поверхность в первом случае получается благодаря профильному кулачку, перемещающему шпиндель приспособления вместе с закрепленным сверлом вдоль оси во время поворота режущей кромки сверла перед торцевой поверхностью заточного круга.

Торцовый шаг кулачка рекомендуется выбирать в зависимости от диаметра сверла. Для сверл диаметром до 12 мм и свы-

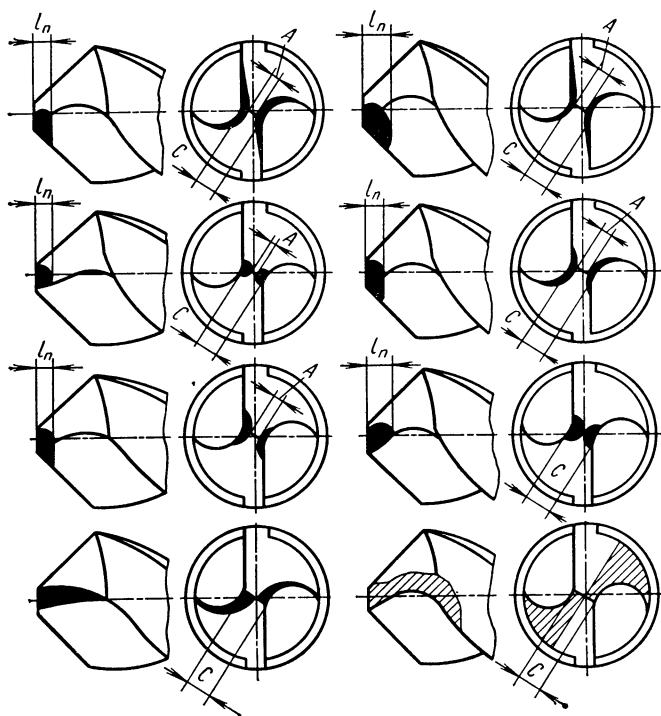


Рис. 121. Формы подточки главных и поперечной режущих кромок сверла:

A —длина подточенной поперечной кромки сверла; C —первоначальная длина поперечной кромки; l_n —длина подточки

ше 50 мм необходимо изготовить специальные кулачки, рассчитав их торцовый шаг:

$$S = \frac{\pi D}{2} \operatorname{tg} \alpha \text{ мм},$$

где D — диаметр сверла, мм; α — задний угол сверла, град.

При заточке длина вторичной режущей кромки $l = (0,18 \div 0,22)d$ изменяется в пределах 2,5—9,0 мм.

Двойную заточку с большим углом 2ϕ с плоской двойной поверхностью и прорезанием поперечной кромки осуществляют на универсально-заточном станке. Поперечную кромку подтачивают для уменьшения ее длины или полного устранения, что значительно снижает осевую силу при сверлении. Наиболее целесообразна такая подточка, при которой с уменьшением длины поперечной кромки изменяется передний угол.

Перемычку подтачивают на универсально-заточном станке с установкой сверла в универсальной головке. Используют круглый шлифовальный круг прямого профиля и заправляют под уг-

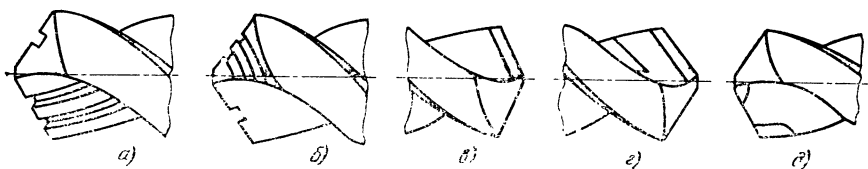


Рис. 122. Винтовые стружечные канавки сверл

лом 30, 45° или по радиусу в зависимости от необходимой формы.

Подточка цилиндрической ленточки позволяет уменьшить трение сверла о стенки отверстия в наиболее напряженном участке (около уголка) и снизить опасность поломки сверла. Для этого достаточно подточку произвести на коротком участке длиной 1,5—4 мм. При подточке срезают большую часть ширины ленточки, создавая задний угол $\alpha = 6 \div 8^\circ$. Подточку вдоль главной режущей кромки производят в некоторых случаях путем образования фасок или выкружек. Глубина выкружки постепенно увеличивается к оси сверла, чем достигается увеличение переднего угла и одновременно уменьшение длины поперечной кромки. Заточку стружколомательных канавок на сверлах производят для ломания сливной стружки, образующейся при сверлении деталей из пластичных материалов, и облегчения вывода ее из отверстия.

При заточке сверл с винтовыми стружечными канавками (рис. 122, а) стружкоразделительные уступы сразу же восстанавливаются. Стружкоразделительные канавки на поверхностях (рис. 122, б) делают лишь на сверлах большого диаметра. Операцию выполняют на универсально-заточных станках тонким шлифовальным кругом малого диаметра вручную или в специальном приспособлении. Уступы (рис. 122, в и г) выполняют кругами плоской или специальной формы в приспособлениях. Схема подточки ленточки по винтовой канавке приведена на рис. 122, д.

Заточка монолитных твердосплавных сверл и сверл, оснащенных твердосплавными пластинами, сопряжена с трудностями, связанными с физико-химическими свойствами твердых сплавов.

Дефекты заточки (особенно биение режущих кромок или по ленточкам) могут резко снизить стойкость твердосплавных сверл, и поэтому ручная заточка их недопустима. Заточку необходимо осуществлять с помощью приспособлений, обеспечивающих получение симметричного расположения всех элементов сверла и достижение заданных параметров заточки.

Качественная заточка задних поверхностей твердосплавных сверл по винтовым и коническим поверхностям на сверлозаточных станках с помощью карбундовых кругов затруднена из-

за скалывания режущих кромок и быстрого засаливания кругов. Рациональное применение алмазных кругов позволяет в значительной мере устранить эту трудность и обеспечить требуемые качество и производительность заточки.

При изготовлении сверл, оснащенных твердым сплавом, следует предусмотреть применение алмазных кругов при шлифовании наружных поверхностей и для заточки пластины. Широкое использование алмазных кругов особенно целесообразно при обработке и заточке монокристаллических твердосплавных сверл.

При плоской заточке поверхностей твердосплавных сверл задние углы по всей длине режущих кромок получают постоянными. Для обеспечения нормальной работы сверла эти углы на пластине должны быть 12° — 15° . Для улучшения геометрических параметров режущей части твердосплавных сверл применяют подточку поперечной кромки одним из описанных выше способов, заточку лунок или стружколомательных уступов на передних поверхностях, доводку по поверхностям.

Заточка зенкеров. Зенкеры различных конструкций затачивают разными способами. Цельные трех- и четырехперые зенкеры с винтовыми стружечными канавками затачивают только по задней поверхности на заточных станках 3658 и 3659 и др. Заточка таких зенкеров возможна и на универсально-заточном станке в приспособлении с подбором кулачка по соответствующим таблицам и формулам для получения установленного заднего угла на винтовых задних поверхностях. Зенкеры со вставными зубьями и твердосплавные зенкеры затачивают по передним и задним поверхностям. Заточку осуществляют на универсально-заточном станке в универсальной трехповоротной головке.

При заточке твердосплавных зенкеров необходимо обеспечить: угол при вершине $2\varphi = \pm 2^{\circ}$; угол переходной режущей кромки $2\varphi_0 = \pm 2^{\circ}$; задний угол $\alpha = \pm 1^{\circ}$; передний угол $\gamma = \pm 1^{\circ}$; длину переходной режущей кромки $l = \pm 0,2$ мм; ширину фаски по передней поверхности $f_1 = \pm 0,2$ мм; ширину фаски по задней поверхности $f_2 = \pm 0,2$ мм; биение по главным режущим кромкам $\sigma = 0,02$ мм.

Допуски на заточку твердосплавных зенкеров распространяются и на зенкеры из сталей, только биение по главным режущим кромкам согласно техническим условиям допускается значительно выше указанного. Однако снижение биения до 0,02 мм позволяет резко повысить режущие свойства зенкеров.

Заточка и доводка разверток. Шлифованную по наружной поверхности развертку затачивают по задним поверхностям калибрующей части. Хвостовую развертку устанавливают в центрах станка, а насадную закрепляют на оправке и устанавливают в центрах. Если центр на лапке хвостовой развертки поврежден, то при заточке следует использовать наставную гильзу с исправным центровым гнездом. Передней поверхностью зуба

развертка опирается на упор, закрепленный на высоте H от центра с таким расчетом, чтобы обеспечить заданный задний угол. При заточке прямозубых разверток упор закрепляют на столе станка и он движется вместе с разверткой, а для заточки винтовых зубьев — на корпусе шпиндельной головки, поворачивая развертку по окружности во время продольного хода стола.

Заточку задних поверхностей твердосплавных разверток осуществляют в два перехода (сначала на корпусе, а затем на пластине) разными абразивными кругами и на разных режимах. Для заточки задних поверхностей на режущей части необходимо верхний стол станка вместе с установленной на нем разверткой повернуть на угол φ так, чтобы режущая кромка была параллельна шлифующей поверхности круга. Находящуюся в эксплуатации развертку при нормальном затуплении (по задним поверхностям или уголкам) затачивают только по задним поверхностям на режущей части, причем твердосплавные развертки в два перехода (по корпусу и по пластине). После заточки развертки доводят для получения точного диаметра, уменьшения шероховатости рабочих поверхностей и режущих кромок.

Доводку цилиндрической части (по ленточке) осуществляют при изготовлении и переделке чистовых разверток для получения отверстий 1—2-го классов точности. В этом случае необходимо выдержать жесткий допуск на точность изготовления развертки. Необходимая точность разверток из инструментальных сталей достигается путем тонкого шлифования мелкозернистыми кругами на прецизионных шлифовальных станках или ручной доводкой чугунами кольцевыми притирами с мелкозернистыми абразивными и алмазными пастами. Доводку по цилиндрической части можно производить также брусками на специальных станках при давлении брусков 1,4—2,1 кгс/см² и кругами из эльбора. Доводку твердосплавных разверток осуществляют шлифованием мелкозернистыми кругами из алмаза. Доводка плоских задних поверхностей может быть осуществлена вручную с помощью оселка и приспособления с центрами, а также на прецизионном доводочном станке чашечным кругом.

Высокие требования к качеству заточки и доводки разверток заключаются в жестких допусках на диаметр и геометрические параметры, на биение режущих кромок, особенно по калибрующей части, и в повышенных требованиях к шероховатости передних и задних поверхностей и цилиндрических ленточек.

Допуски на геометрические параметры и биение режущих кромок должны быть следующие:

Проверяемый параметр	Допуск
Угол рабочей части в плане φ	$\pm 1^\circ$
Длина режущей части l_1	$\pm 0,2$ мм
Передний угол режущей части γ_N	$\pm 1^\circ$
Задний угол режущей части α_N	$\pm 1^\circ$
Биение режущих кромок σ	0,01 мм

Шероховатость режущих кромок влияет на стойкость разверток и шероховатость поверхности обработанных отверстий. Микронеровности на обработанной поверхности зависят от первоначальной шероховатости режущей кромки. Доводкой режущих кромок уменьшают шероховатость обработки.

Заточка и доводка фрез. Рабочие поверхности фрез восстанавливают путем заточки и последующей доводки. Фрезы цельные с остроконечными зубьями сначала шлифуют по наружным поверхностям до устранения следов износа на задних поверхностях, а затем затачивают по задним поверхностям с оставлением цилиндрических фасок. Съем металла при шлифовании наружных поверхностей определяется наиболее изношенным зубом. Если наблюдается значительный износ по передним поверхностям, то целесообразно сначала заточить фрезу по передним поверхностям, а затем выполнить указанные выше операции. Необходимость заточки по передним поверхностям возникает и в том случае, когда зубья фрезы заметно сточены и требуется увеличить размеры стружечных канавок. Сборные цилиндрические фрезы с расположением ножа из быстрорежущей стали в корпусе под углом 20 или 45°, нож у которых по мере стачивания выдвигают в радиальном направлении, имеют положительный передний угол. Их затачивают периодически (по мере выдвижения ножа) по передним поверхностям; по цилиндрической части их шлифуют лишь для выравнивания высоты зубьев.

Сборные торцовые фрезы с зубьями из быстрорежущей стали или с твердосплавными пластинками (ножами) затачивают по задним поверхностям и в зависимости от требований доводят по передним поверхностям. Заточку фрез рассматриваемых конструкций производят на универсально-заточных станках и лишь в отдельных случаях (торцовые фрезы больших размеров) на специальных станках.

В различных конструкциях торцовых сборных фрез предусматривается заточка вставных зубьев (резцов) вне корпуса или в корпусе, по мере их выдвижения. Заточку вне корпуса выполняют в той же последовательности, какая указана для резцов. Допуски на размеры и геометрические параметры режущих элементов фрез жестче, чем для резцов, и технология их заточки сложнее. Поэтому все операции выполняют на универсально-заточных станках в приспособлениях.

Переточку фрез, находившихся в эксплуатации, осуществляют преимущественно в собранном виде, так как в этом случае легче достигаются установленные допуски на биение зубьев. Последовательность заточки и доводки сборных фрез, оснащенных твердосплавными пластинами, следующая: заточка зубьев на державке, сначала по главным задним поверхностям, а затем по торцам; заточка зубьев на пластинах твердого сплава, сначала по главным задним поверхностям, а затем по переходным режущим кромкам; заточка по передним поверхностям с образовани-

ем фасок вдоль режущих кромок; доводка последовательно по главным задним поверхностям, по задним поверхностям переходных кромок, задним поверхностям торцовых кромок и передним поверхностям.

Заточку и переточку фасонных фрез производят в зависимости от формы зуба. Фасонные фрезы с затылованным зубом затачивают по передним поверхностям, а остроконечные (острозаточенные) по задним поверхностям. При заточке фасонных затылованных фрез необходимо обеспечить одинаковое расположение всех режущих кромок относительно оси фрезы. С этой целью высоту (радиус) заточенных зубьев проверяют индикатором. Стачиваемый с каждого зуба слой (особенно при переточках) будет неодинаковым. Заточку следует начинать с наиболее изношенного зуба, подгоняя к получившейся высоте высоту остальных зубьев. Иногда для упрощения заточки фрезу устанавливают на оправку и шлифуют на круглошлифовальном станке, образуя на зубьях контрольные фаски (шириной, равной толщине износа наиболее изношенного зуба), которые и определяют толщину слоя, удаляемого при заточке.

Заточку фасонных фрез с затылованным зубом производят торцовой поверхностью круга тарельчатой формы. При заточке на оправке в центрах применяют упор с микрометрическим винтом, которым фрезу смещают постепенно по окружности на толщину износа зуба по задней поверхности (по контрольной фаске после шлифования). Недостаток этого способа заточки заключается в том, что затыловочные поверхности фрезы в процессе изготовления получаются с большими погрешностями по шагу, и поэтому использование их в качестве делительных элементов может привести к неравномерной заточке зубьев по высоте. Более целесообразной является заточка в приспособлении с делительным устройством.

Острозаточенные фасонные фрезы затачивают периферией дискового круга с помощью специального приспособления с плоской опорной линейкой, которая расположена с образующей круга в одной плоскости. По линейке обкатывается копир (форма которого идентична форме профиля фрезы), жестко связанный с фрезой и оправкой. При качении копира по линейке шлифовальный круг затачивает зуб фрезы по профилю. Задняя поверхность получается с небольшой вогнутостью, что не отражается на работе фрезы.

Фрезы этого типа можно также затачивать периферией дискового круга, расположенного в горизонтальной плоскости, с помощью приспособления для заточки фрез. Задние поверхности зубьев получаются в этом случае без вогнутости. Однако этим способом можно заточить фрезы лишь с равномерным выпуклым профилем.

Качество заточки фрез оценивается: 1) соблюдением установленных допусков на размеры и геометрические параметры, а

также норм допускаемых биений режущих кромок в осевом и радиальном направлениях; 2) состоянием поверхностного слоя режущих инструментов; 3) шероховатостью поверхностей режущих кромок.

Выполнение пункта 1 зависит от состояния станка, приспособлений и точности их настройки, от точности изготовления посадочных мест фрез и заточных оправок. Выполнение режимов 2 и 3 зависит от правильного выбора абразивных материалов и режимов заточки и доводки.

Шероховатость поверхностей режущих элементов для фрез из инструментальных сталей допускается $Ra=0,4\div 0,8$ мкм, для твердосплавных после доводки $Ra=0,1\div 0,2$ мкм. Режущие кромки имеют несколько большую шероховатость, чем поверхности. Режущие кромки должны быть ровными, без выкрашиваний и зазубрин, а поверхности плоскими, без завалов.

Практикой эксплуатации фрез выработаны допустимые пределы отклонений геометрических параметров режущей части фрезы. Для твердосплавных фрез, в зависимости от диаметра фрезы и марки твердого сплава (ВК и ТК), допускаемое радиальное биение двух смежных главных режущих кромок колеблется в пределах 0,04—0,1 мм, а противоположных кромок 0,08—0,12 мм; торцовое биение в пределах 0,05—0,1 мм. Для торцовых насадных фрез со вставными зубьями из быстрорежущей стали радиальное биение двух смежных главных режущих кромок допускается в пределах 0,05—0,08 мм и на всей фрезе 0,1—0,15 мм; торцовое биение 0,04—0,06 мм. Для цельных торцовых насадных фрез радиальное биение зубьев при проверке на оправке не должно превышать 0,05—0,06 мм, а торцовое биение 0,03—0,04 мм. При заточке зубьев фрез из инструментальных сталей с оставлением цилиндрических фасок вдоль режущих кромок указанные допуски на биение уменьшаются примерно в 2 раза. Допуск на биение твердосплавных фрез уменьшается до 0,02 мм в случае обработки деталей из особо твердых или труднообрабатываемых материалов, например жаропрочных сплавов. Качество заточки фрез контролируют измерительными инструментами и приборами. Качество заточки фасонных фрез оценивают состоянием поверхностных слоев, шероховатостью заточенных поверхностей и режущих кромок, биением режущих кромок в радиальном направлении. Поверхностные слои не должны подвергаться сильному нагреву, совершенно недопустимы прижоги. Шероховатость поверхностей должна быть $Ra=0,4$ мкм, а при доводке по передним поверхностям $Ra=0,2$ мкм. Режущие кромки должны быть острыми, без завалов, выкрашиваний и зазубрин. Завалы режущих кромок также искажают профиль фрезеруемой поверхности, как и отрицательные передние углы, не предусмотренные при расчете профиля фрезы. Допускаемое биение в радиальном направлении устанавливают в зависимости от класса точности фрезы: не более

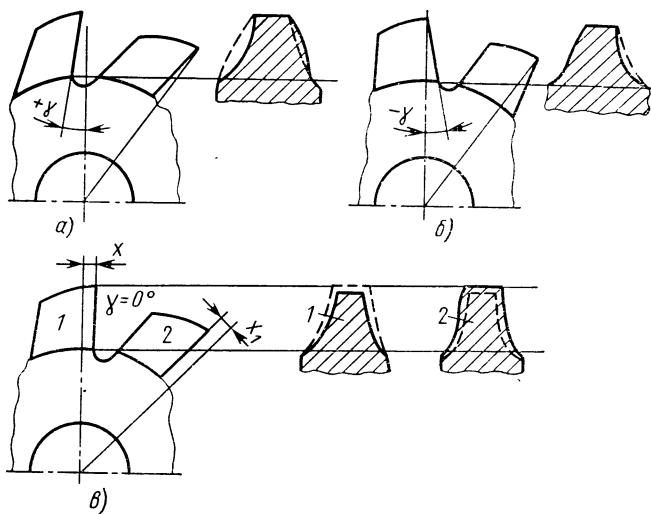


Рис. 123. Схемы искажения профиля зуба фрезы в зависимости от переднего угла заточки

0,1 мм для фрез 1-го класса точности; 0,12 мм для 2-го класса точности и 0,15 мм для 3-го класса точности.

Заточка зуборезного инструмента. Червячные фрезы для нарезания зубчатых колес затачивают двумя способами: на специальных станках и на универсально-заточных станках с применением копира или с помощью специального приспособления. Заточку производят тыльной стороной тарельчатого круга, чтобы исключить возможность повреждения соседних зубьев при заточке плоской стороной. Заточка на специальных станках обеспечивает автоматическое деление от зуба к зубу и поворот фрезы во время продольного хода в соответствии с шагом стружечной канавки.

При заточке могут возникнуть ошибки в настройке оборудования, установке круга и другие дефекты, которые влияют на точность профиля зубьев фрезы, а следовательно, и на точность нарезаемых колес.

1. Передние поверхности затачивают с передними углами γ . Профиль зубьев фрезы искажается, режущие кромки в нормальном сечении становятся криволинейными (с одной стороны зуба кромка выпуклая, а с другой стороны вогнутая, рис. 123, а).

2. Передние поверхности затачивают с отрицательными углами γ . Погрешности профиля получаются такие же, как и в первом случае, но в обратном порядке (рис. 123, б). Завалы на режущих кромках, образующиеся при неправильных режимах заточки, также создают отрицательные передние углы и, следовательно, искажают профиль около вершины зуба.

3. Неравномерный окружной шаг зубьев фрезы возникает от неточности делительного устройства или копира. В этом случае некоторые ряды зубьев выходят вперед за теоретически правильное положение на величину x , а другие — несколько назад на величину x_1 (рис. 123, в); такой дефект заточки приводит к радиальному биению зубьев.

4. Отклонение шага S_k винтовой канавки от заданного на чертеже. Это отклонение вызывается неправильной работой передаточных звеньев заточного станка (при зазорах, неточном подборе передаточных отношений зубчатых передач) и приводит к конусности фрезы; это изменяет профиль зубьев так же, как и неравномерность окружного шага, но вдоль оси фрезы. Фрезы после переточки контролируют. Шероховатость заточенных передних поверхностей фрез должна быть $Ra=0,63$ мкм, а подвергавшихся доводке алмазными кругами $Ra=0,32 \div 0,16$ мкм. На передних поверхностях не допускаются завалы, режущие кромки должны быть ровными, без зазубрин и выкрашиваний.

Долбяки как из быстрорежущих сталей, так и из твердых сплавов, с прямыми зубьями перетачивают только по передним поверхностям. Схема установки долбяка относительно шлифовального круга показана на рис. 124. Заточку производят на универсально-заточных или плоскошлифовальных станках в приспособлениях при вращении долбяка и соответственном размещении его передней поверхности относительно круга. Для получения передней поверхности с шероховатостью $Ra=0,2$ мкм для долбяков класса А и $Ra=0,4$ мкм для долбяков класса Б шлифовальный круг должен, кроме вращения вокруг своей оси, иметь также возвратно-поступательное движение вдоль передней поверхности. Особое внимание следует уделить точности станка, приспособления и оправки, так как точность изготовления самих долбяков высокая и при переточках она должна сохраняться.

Неперпендикулярность оси отверстия опорным поверхностям на радиусе 20 мм (втулочных долбяков) или 30 мм (дисковых и чашечных долбяков) должна составлять: 0,005 мм для долбяков класса А, 0,008 мм для долбяков класса Б, 0,02 мм для обдирочных долбяков. Торцовое биение передней поверхности на делительной окружности должно быть не более 0,02; 0,04; 0,06 мм соответственно для долбяков класса А, Б и обдирочных.

Заточка косозубых долбяков сложнее, чем долбяков с прямыми зубьями. Трудность заключается прежде всего в том, что каждый зуб затачивают отдельно на универсально-заточном станке периферией дискового круга и в специальном приспособлении. Косозубые долбяки двух видов (с различным наклоном

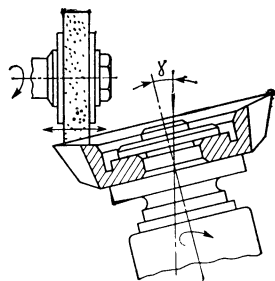


Рис. 124. Схема установки долбяка относительно шлифовального круга

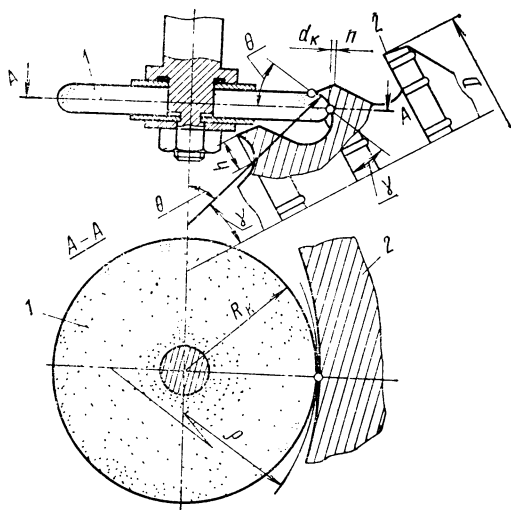


Рис. 125. Схема установки протяжки относительно шлифовального круга при заточке передней поверхности

печивалась малая подача. Обычно перетачивают переднюю поверхность протяжки. Некоторые плоские протяжки затачивают по задним поверхностям чашечным кругом, что осуществляют на том же станке. Схема установки круга 1 относительно круглой протяжки 2 приведена на рис. 125. Такая же схема установки будет и при заточке плоских протяжек по передним поверхностям.

При заточке круглых и шлицевых протяжек большое значение имеет диаметр шлифовального круга. Если радиус шлифовального круга R_k будет больше радиуса кривизны ρ передней поверхности протяжки, то шлифовальный круг будет срезать своими краями части передней поверхности зуба протяжки

$$\rho = \frac{D - h}{2 \sin \gamma},$$

где D — наружный диаметр протяжки, мм; h — высота зуба протяжки, мм; γ — передний угол, град.

Пренебрегая величиной h , определим диаметр круга

$$d_k = 2\rho \sin \theta,$$

где θ — угол конуса круга, град.

Подставив найденное значение ρ , получим расчетное уравнение

$$d_k = (D - h) \frac{\sin \theta}{\sin \gamma}.$$

Профиль круга влияет на передний угол и форму впадины, обеспечивая плавное сопряжение поверхностей. Профилирование

зубьев) имеют различные конструктивные и геометрические элементы, поэтому настройку приспособлений для их заточки рассчитывают по специальной методике.

Заточка протяжек.

Протяжки затачивают на специальных станках, обладающих достаточной жесткостью и точностью. Биение шпинделя станка в продольном направлении

не должно превышать 0,03 мм, а в радиальном 0,05 мм. Перемещение стола должно совершаться плавно, так, чтобы легко обес-

круга желательно производить по шаблону или копиру. Шпиндель заточного станка необходимо устанавливать с учетом углов θ и γ .

Качество заточки протяжек проверяют путем контроля геометрических параметров и профиля впадин, шероховатости поверхностей и режущих кромок, а также дефектных слоев, образующихся на рабочих поверхностях зубьев. При контроле плоских протяжек, заточку которых производили по задним поверхностям, необходимо проверять высоту каждого зуба, т. е. подачу (подъем) на зуб протяжки. Если протяжка имеет выкрошенный зуб, то приходящаяся на него работа должна быть равномерно распределена между соседними зубьями. Неизбежно возникающие при заточке протяжек из инструментальных сталей заусенцы на режущих кромках должны быть осторожно удалены оселком.

Шероховатость заточенных поверхностей должна быть $Ra = 0,4$ мкм для задних поверхностей и $Ra = 0,2$ мкм для передних поверхностей. Допустимые отклонения переднего угла составляют не более 1° , а заднего $0^\circ 15' - 0^\circ 30'$. Качество поверхности определяют визуально или с помощью приборов.

Заточка метчиков. Метчики затачивают абразивными или алмазными кругами на универсально-заточных станках или на станках специального назначения. Ручная заточка метчиков недопустима, так как не позволяет получить правильную геометрическую форму режущей части и необходимые углы резания. При износе режущих и калибрующих зубьев метчика заточку его производят сначала по передним, а затем по задним поверхностям режущей (заборной) части.

При заточке передних поверхностей метчик закрепляют в центрах и затачивают торцевой поверхностью тарельчатого или дискового круга. Для обеспечения переднего угла торцевую поверхность круга смещают относительно оси центров на величину

$$H = \frac{d_0}{2} \sin \gamma,$$

где d_0 — наружный диаметр метчика, мм; γ — передний угол метчика, град.

Для обеспечения плавного перехода передней поверхности к поверхности стружечной канавки круг заправляют по радиусу.

Метчики с винтовыми стружечными канавками целесообразнее затачивать тыльной стороной дискового или тарельчатого круга, как это было рассмотрено при заточке фрез. Смещение H в этом случае будет определяться с учетом угла заправки круга. Равномерно затачивают все зубья метчика, ориентируясь по наиболее изношенным.

Для точного деления по окружности, обеспечивающего равномерность стачивания и расположение зубьев метчика на одной высоте по радиусу, необходимо применять делительное приспособ-

собрание. Поворот метчика для стачивания изношенного слоя в этом случае производят равномерным вращением шпинделя устройства вместе с метчиком, отмечая по шкале угол поворота. При отсутствии делительного устройства деление по окружности можно осуществить с помощью регулируемого упора, убедившись предварительно, что зубья метчика имеют одинаковый шаг.

При заточке задняя поверхность может быть прямолинейной или криволинейной. Плоскую заднюю поверхность затачивают торцом чашечного круга на универсально-заточном станке. Метчик устанавливают в центрах и передней поверхностью опирают на упор. Верхнюю часть стола поворачивают на угол, равный углу в плане метчика. Стачивание на величину K производится при поперечной подаче стола.

Криволинейную затылочную поверхность затачивают на специальных станках или на универсально-заточном станке в приспособлении, обеспечивающем затылование путем совмещения вращательного и возвратно-поступательного движения в направлении, перпендикулярном к оси метчика.

Затылование

$$K = \frac{\pi d_0}{z} \operatorname{tg} \alpha,$$

где d_0 — наружный диаметр метчика, мм; z — число режущих зубьев; α — задний угол, град.

При отсутствии специальных станков и приспособлений заточку криволинейной затылочной поверхности можно осуществить на универсально-заточном станке периферией дискового круга, заправленного по профилю. Метчик устанавливают в центрах, которые в вертикальной плоскости расположены на разной высоте так, чтобы затылочная поверхность режущей части заняла горизонтальное положение. Смещение одного из центров $H = l \operatorname{tg} \varphi$, где l — длина метчика, мм; φ — угол в плане заборного конуса. Заправленный по профилю круг имеет в этом случае подачу вдоль оси метчика.

ШЛИФОВАНИЕ И ДОВОДКА ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВ

Для шлифования и доводки деталей штампов требуются специальные станки, точные установка обрабатываемых деталей и настройка станка или приспособления, а также соблюдение условий, связанных с обработкой штампов.

Шлифование плоских и цилиндрических поверхностей алмазными кругами твердосплавных деталей производят на универсальных станках общего назначения. Иногда эти операции осуществляют мягкими абразивными кругами 6С. Стальные штампы рекомендуется шлифовать кругами из эльбора.

Алмазное шлифование и доводку основных профилей рабочих элементов (пуансона и матрицы), занимающих в технологии

изготовления наибольшую долю, осуществляют на специальных и координатно-шлифовальных станках. Предварительную обработку неотчетливых поверхностей осуществляют на электроискровых и электроимпульсных станках. Обработку плоских и цилиндрических поверхностей осуществляют на станках электролитического действия. При алмазном шлифовании припуск на обрабатываемой поверхности 0,2 мм, а при доводке — до 0,05 мм; зазоры между рабочими элементами пуансона и матрицы микронной величины. После электроискровой обработки необходимо оставлять припуск под последующую обработку 0,1—0,15 мм. Шероховатость поверхности после алмазного шлифования $Ra = 0,32 \div 0,16$ мкм, а после доводки $Ra = 0,08$ мкм. Алмазному шлифованию подвергают только детали из твердого сплава: матрицу шлифуют после запрессовки ее в обойму.

Ультразвуковой способ целесообразно применять при обработке неразъемных вырубных матриц (и вытяжных) штампов сложной конструкции относительно небольших размеров, а также пуансонов. Ультразвуковой способ позволяет повысить производительность изготовления таких матриц в 20 раз, обеспечивая точность изготовления $\pm 0,01$ мм. Предварительную обработку отверстия осуществляют электроискровыми способами, оставляя припуск на сторону до 1,0 мм. Ультразвуковую обработку, как правило, ведут в два перехода. Наиболее целесообразно выполнять фасонные отверстия за один переход фасонным инструментом, хотя можно обрабатывать последовательно несколькими более простыми инструментами, особенно щели, фаски и закругления.

ШЛИФОВАНИЕ И ДОВОДКА ФИЛЬЕР (ВОЛОК)

Изготовление твердосплавных фильер во многом сходно с изготовлением твердосплавных матриц, особенно неразъемных. Их изготавливают преимущественно алмазными инструментами на тех

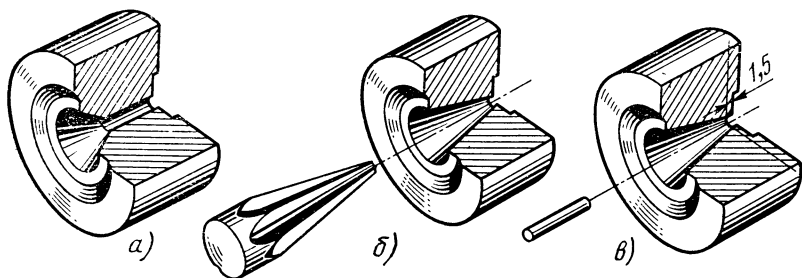


Рис. 126. Схемы изготовления фасонной волоки:

а—заготовка; б и в—обработка конуса и рабочей части фасонным инструментом (абразив — карбид бора зернистостью 5, продолжительность обработки соответственно 85 и 6 мин)

же станках, что и матрицы. Требования и условия эксплуатации абразивного инструмента те же, что и при обработке матриц.

Отверстия обрабатывают на электроискровых станках (по целому материалу или с большими припусками), а затем на станках с применением алмазного инструмента. Плоские поверхности шлифуют либо алмазными, либо абразивными кругами 6С. Требования к кругам и обрабатываемым деталям те же, что и при обработке матриц. Каналы волок обрабатывают электролитическим способом, а также ультразвуковым. Последний способ применяют и при изготовлении алмазных волок.

Ультразвуковым способом изготавливают волокни с круглыми, квадратными, шестигранными и фасонными отверстиями с точностью 0,01—0,02 мм при шероховатости $Ra=0,2\div 0,4$ мкм. Схема обработки фасонной волокни показана на рис. 126. Изготовление твердосплавной волокни ультразвуковым способом обходится в 5 раз дешевле, чем алмазно-абразивным.

Маршрутный технологический процесс изготовления алмазной волокни состоит из нескольких операций.

1. Огранка опорных поверхностей и «окна» на специальных станках с помощью чугуновых дисков, шаржированных смесью алмазного порошка зернистостью 5, либо с помощью алмазного круга.

2. Сверление канала волокни; черновое сверление входной и выходной распушек осуществляют на высокочастотной электроискровой установке; чистовое сверление входной распушки производят притиром, шаржированным алмазным порошком при вращении притира, и его возвратно-поступательном движении. Электролитическое сверление применяют для обработки рабочего конуса и калибрующей части канала. Обработку осуществляют при напряжении на электродах 60—200 В; вольфрамовая игла давит на алмаз с силой 0,1—0,2 гс; рабочая жидкость 1,5%-ный водный раствор KNO_3 .

3. Крепление алмаза в оправе осуществляется с помощью специального приспособления, после чего производят пайку алмаза к оправе (корпусу).

4. Полирование канала волокни осуществляют с помощью притира (диаметром 0,3 мм) или проволоки (диаметром свыше 0,3 мм), шаржируемых алмазным порошком, на станках, обеспечивающих вращательное и возвратно-поступательное движение волокни и инструмента.

Глава IX

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

РАБОТА АБРАЗИВНО-АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

При работе абразивно-алмазным инструментом возникает опасность поражения разорвавшимся во время работы кругом или абразивной лентой; ранения при соприкосновении с быстро вращающимся кругом; поражения электротоком.

Для предупреждения разрыва абразивных кругов под действием центробежных сил необходимо строго соблюдать следующие условия: 1) при выборе режима работы учитывать износостойкость зерен круга, связку и форму круга; 2) не допускать к установке круги без предварительного контроля; 3) правильно закреплять круг на шпинделе станка; 4) применять окружные скорости не выше допустимых по маркировке или испытанию; 5) работать только с указанными в технологии приемами.

Круги диаметром свыше 200 мм имеют право устанавливать хорошо проинструктированные специалисты. После установки на станок круг следует испытать на холостом ходу в течение 3—5 мин. Испытание проводится с надетым и закрепленным кожухом. Во время испытания нельзя находиться против открытой части кожуха. Круги фасонного профиля следует крепить на шпинделе только согласно инструкции завода-изготовителя.

Каждый абразивный круг перед установкой на станок должен быть обязательно проверен. Установлен следующий порядок испытания абразивно-алмазного инструмента: 1) внешний осмотр (заметные дефекты, трещины и т. д.); 2) проверка путем легкого постукивания деревянным молотком по торцовой поверхности круга, свободно надетого на стержень. Все круги, издающие при проверке дребезжащий звук, должны быть изъяты.

Абразивные круги испытывают на станках, снабженных счетчиками для определения скорости вращения круга и устройством для плавного увеличения скорости вращения.

Биение шпинделя станка при испытании не должно превышать 0,03 мм. При испытании круга необходимо использовать фланцы диаметром не менее $\frac{1}{3}$ и не более $\frac{3}{5}$ диаметра круга, за исключением кругов с большими отверстиями. На каждом проверенном круге должна быть сделана соответствующая пометка краской или наклеен специальный ярлычок с указанием

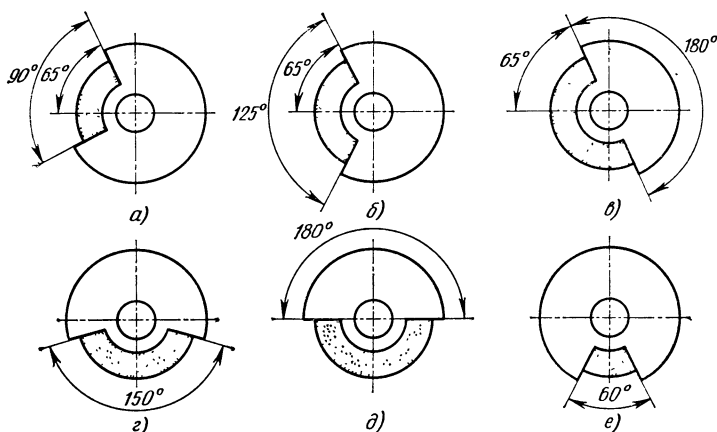


Рис. 127. Схемы защитных кожухов шлифовального круга:

a—для обдирочных и заточных станков; *б*—для обдирочных и заточных станков при заточке и обдирке обрабатываемых деталей или инструмента, расположенных ниже оси круга; *в*—для круглошлифовальных и бесцентровых шлифовальных станков; *г*—для плоскошлифовальных станков, работающих периферией круга; *д*—для переносных станков с гибким валом; *е*—для кругов, работающих наиболее удаленной своей частью

порядкового номера круга, подписи или условного знака лица, ответственного за испытание.

Не исключены случаи, когда предварительно проверенные и испытанные круги при работе на станке оказываются недоброкачественными, не удовлетворяющими требованиям безопасной работы. Это происходит в результате неумелого обращения с абразивными кругами при их хранении и транспортировке. Абразивный инструмент при хранении не должен подвергаться воздействию влаги или ударам: хранить инструмент нужно при температуре не ниже 5°C и при относительной влажности воздуха не более 65%. Для хранения абразивного инструмента должны быть устроены специальные стеллажи (высотой не более 3 м), полки, ящики. Ячейки металлических стеллажей должны быть облицованы мягким материалом. Запрещается перевозить абразивный инструмент вместе с металлическими деталями без соответствующей тары. Не допускается изготавливать предохранительные кожухи из серого чугуна, так как в случае разрыва круга такой кожух не будет служить достаточно надежной защитой. Кожух должен закрывать всю рабочую часть абразивного круга, конец шпинделя и фланцы (рис. 127). В зависимости от материала кожуха, наибольшей толщины и диаметра абразивного круга толщина стенок кожуха 6—21 мм. С помощью передвижных секторов изменяют открытую часть абразивного круга. Зазор между абразивным кругом и внутренней цилиндрической поверхностью защитного кожуха должен быть в пределах 10—15 мм. При увеличении зазора до 100 мм предохранительный кожух следует заменить.

Кроме кожуха устанавливают специальные прозрачные экраны, которые в процессе шлифования или заточки предохраняют рабочего от пыли, мелких осколков и водяных брызг. Рекомендуется соединять экраны (щитки) с пусковым устройством станка так, чтобы при включении станка экраны закрывали абразивный круг, а при выключении открывали его. При отсутствии предохранительных экранов необходимо пользоваться предохранительными очками.

На заточных и доводочных станках должны быть установлены подручники либо заменяющие их приспособления. Между рабочей поверхностью абразивного круга и подручником возможно попадание небольших деталей и заклинивание их, вследствие чего рука рабочего может попасть на абразивный круг, а круг может разорваться. Поэтому подручники должны быть передвижными для удобства обработки деталей различных размеров. Зазор между краем подручника и рабочей поверхностью круга должен быть не более 3 мм. Подручники не должны иметь выбоин. Не допускается применять подручники, которые охватывают круг с обеих сторон.

При неправильном и неосторожном обращении с деталями, обрабатываемыми на шлифовальном или заточном станке, могут произойти несчастные случаи от их падения при установке либо снятии со станка и от неправильного их закрепления на станке.

На плоскошлифовальном станке необходимо проверить правильность установки детали, для чего стол перемещают вручную или используют линейку. До установки детали на станок необходимо проверить чистоту стола и нижней части детали, а также следить за тем, чтобы под нижнюю часть детали не попали стружки и не было выбоин.

При закреплении деталей необходимо правильно выбирать крепежные приспособления и устройства. При обработке на круглошлифовальном и внутришлифовальном станках деталь под влиянием центробежной силы может сорваться с центра или из патрона. Несчастные случаи могут произойти также от неправильного обращения с инструментом и приспособлениями. Большую опасность представляют хомутики, которые устанавливают на шлифуемые детали. При вращении хомутика шлифовщик может получить удар выступающей головкой прижимного болта, пальцем поводковой планшайбы. Необходимо применять хомутики, у которых винт утоплен, а в поводковой планшайбе сделаны прорези, в которые входит загнутый палец хомутика; планшайба должна быть ограждена.

Количество выделяемой пыли зависит от материала детали, качества круга, состояния пылеотсасывающего приспособления, наличия охлаждающей жидкости. Применение отсасывающих устройств снижает количество пыли в 6—10 раз; при шлифовании с охлаждением содержание пыли уменьшается в 2—8 раз.

Работая на станке, шлифовщик (или заточник) должен уметь пользоваться электроаппаратурой управления (кнопочной станцией, магнитным пускателем, рубильником, пакетным выключателем, розетками, переносными приборами и т. п.). При неосторожном обращении с токопроводящими устройствами у электромонтеров и рабочих, обслуживающих шлифовальные и заточные станки, могут произойти травмы.

Прикосновение к незащищенной или плохо защищенной силовой электрической цепи электродвигателя и пусковой аппаратуры смертельно. Смертельные случаи возможны при напряжении до 40 В и при силе тока от 0,1 А и выше. Считается опасным напряжение от 12 В и выше в электрической цепи местного освещения станка, установленного в жарком или сыром помещении, с земляным или бетонным полом, при наличии больших масс металла или токопроводящей пыли. Человеческий организм является проводником электрического тока. Одежда и обувь увеличивают сопротивляемость. Мокрая или пропитанная металлической пылью одежда, изношенная обувь понижают сопротивляемость.

Согласно правилам техники безопасности корпуса электрических машин, трансформаторы, электроаппараты, металлические оболочки проводов и металлические защитные трубы должны быть заземлены, а провода и открытые металлические токоведущие части — тщательно изолированы. Следует заземлять и вспомогательные части электроустройств, а также части сооружений, если есть основание предполагать, что они могут случайно оказаться под током.

При эксплуатации алмазных кругов необходимо руководствоваться правилами работы с алмазным инструментом. Эти же правила распространяются на эксплуатацию кругов из эльбора. Для кругов на керамической и металлической связках предусмотрена окружная скорость 25 м/с, а на органической связке 25—35 м/с (в зависимости от формы круга).

Храниться алмазный инструмент должен в сухом помещении в упаковке предприятия-изготовителя при 5—20°С и относительной влажности не выше 70%. Транспортировать такой инструмент следует в упакованном виде, не подвергая толчкам и ударам, а также длительному воздействию влаги.

Срок хранения алмазного инструмента: на металлической связке два года, а на органической и керамической связках один год. По истечении срока хранения алмазный инструмент следует испытывать на механическую прочность.

РАБОТА НА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТАНОВКАХ

Ультразвуковая аппаратура, которую используют при обработке деталей из хрупких и твердых материалов, относится к устройствам с высоким электрическим напряжением. Текущее

обслуживание этого оборудования (включение и выключение) разрешается только лицам, специально проинструктированным. Для предотвращения опасности возможного поражения электрическим током (при аварии, повреждении изоляции и др.) нужно соблюдать общие правила техники безопасности электрооборудования, а также заземлять все металлические части станка. Питание к магнитострикционным преобразователям от ультразвукового генератора должно подводиться кабелем надлежащего сечения с заземленной оболочкой или изолированным проводом в металлических трубах. Перед началом работы необходимо проверить исправность заземления, включить воду для охлаждения акустической головки станка и генератора, проверить наличие изолирующих подставок и резиновых ковриков. Запрещается работать при неисправной блокировке генераторов. Во избежание поражения током запрещается работать на генераторах со снятыми обшивками, касаться незащищенными руками открытых токоведущих частей, а также закорачивать блокировку. Генераторы необходимо оградить, а на ограждении сделать предупредительные надписи. При наличии сменной работы прием и сдача аппаратуры должны отмечаться в специальном журнале. Подводка питания к преобразователю, установленному вместе с обрабатывающим инструментом на суппорте станка, должна выполняться гибким проводом в металлическом рукаве с заземлением его оплетки. Раз в месяц необходимо проверять исправность аппаратуры и контролировать соблюдение всех мероприятий по технике безопасности. Ремонтировать генератор разрешается только электротехникам. При ремонте генератора, а также при замене ламп необходимо предварительно разрядить конденсаторы.

Для предотвращения воздействия высокочастотных колебаний на организм человека при работе ультразвукового станка не следует касаться руками колеблющегося инструмента и конденсатора.

Изучение влияния ультразвуковых колебаний на здоровье человека позволяет считать, что ультразвук при распространении его в воздухе представляет для человека значительно меньшую опасность по сравнению с шумом. Допустимый уровень звукового давления 120 дБ, что не превышает при работе на ультразвуковых станках. Шум ультразвуковых станков может быть ослаблен экраном из органического стекла с облицовкой помещенный звукопоглощающим материалом.

Установки должны иметь блокировку, отключающую напряжение при открывании крышек или дверцы генератора. Провода, соединяющие генератор с преобразователем, должны быть экранированы.

При работе ультразвукового оборудования должен быть исключен контакт рук рабочего с жидкостью, ультразвуковым инструментом и обрабатываемыми деталями.

РАБОТА НА СТАНКАХ И УСТАНОВКАХ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Для обеспечения безопасной, безаварийной и высокопроизводительной работы электроустановок необходимо так организовать их эксплуатацию, чтобы исключить возможность ошибок со стороны обслуживающего персонала. Основой организации безопасной эксплуатации электроустановок является высокая техническая грамотность и дисциплина обслуживающего персонала, который обязан строго соблюдать организационные и технические мероприятия, а также приемы и очередность выполнения операций согласно указаниям правил.

При работе на электроимпульсных и электроискровых станках необходимо соблюдать определенные условия. Во избежание загорания уровень диэлектрической жидкости следует устанавливать 30—80 мм над обрабатываемой поверхностью при электроимпульсной обработке и 5—20 мм при электроискровой обработке. Вблизи станка должен находиться огнетушитель ОУ-5 или ОУ-8, ящик с песком и стальная крышка с двумя ручками для перекрытия ванны в момент воспламенения жидкости и при нерабочем состоянии. Перед началом работы следует убедиться в отсутствии контакта токопроводящей шины и деталей крепления электрода с узлами крепления заготовки и другими частями станка. Перед установкой инструмента-электрода и детали необходимо убедиться в том, что станок обесточен. Категорически воспрещается открывать дверку электрошкафа во время работы станка. Следует систематически проверять приточно-вытяжную вентиляцию помещения, непрерывно контролировать температуру рабочей жидкости, которая не должна превышать 50°С, следить за системой охлаждения ее и соблюдать режим обработки.

Во избежание разбрызгивания диэлектрической жидкости и попадания ее на оператора подачу жидкости следует включать при поднятой ванне; проверять уровень жидкости над зоной обработки; систематически доливать рабочую жидкость до установленного уровня.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Техническая характеристика шлифовальных станков

Параметр	Станок			
	ЗБ631	ЗБ632	ЗБ633	ЗБ634
Наибольшая высота затачиваемых резцов, мм	12	25	50	100
Диаметр шлифовальных и полировальных кругов, мм	150	200	300	400
Частота вращения шпинделя шлифовальной головки, об/мин	2840—1420	2850—1420	1440—850	1450—720
Наибольшие размеры шлифовальной ленты, мм	40×1250	40×1250	50×2000	63×3000
Мощность электродвигателя, кВт	0,6	1,0	1,7	3,0
Габаритные размеры, мм				
длина	600	775	790	980
ширина	350	500	640	650
высота	1665	1170	1260	1225
Масса, кг	147	195	280	380

Техническая характеристика универсально-заочных станков

Параметр	Станок					
	3Б64	3М640	3М641	3Б641	3М642Е	3М642К
Наибольшие размеры устанавливаемой детали, мм:						
диаметр	240	100	160	160	250	260
длина	630	250	400	400	630	630
Продольный ход стола, мм	400	160	280	280	450	450
Поперечное перемещение стола на одно деление лимба, мм	0,02	0,001	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
Поперечный ход стола, мм	230	150	170	170	230	230
Вертикальное перемещение шлифовальной головки, мм	150	60	200	200	250	250
Наибольший угол поворота стола, град	90	180	90	90	90	90
Угол поворота шлифовальной головки, град	270	—	350	350	350	350
Частота вращения шпинделя, об/мин	3800—5700	2330—10 000	1120—9000	1120—9000	1300—6500	2240—6300
Мощность электродвигателя привода шлифовальной головки, кВт	0,63	0,27	0,75	0,56—0,7	2,5	1—1,4
Габаритные размеры, мм:						
длина	1260	1200	1530	1530	2330	2330
ширина	1730	780	1290	1290	1680	1680
высота	1447	1550	1500	1500	1550	1550
Масса, кг	1200	415	750	700	1280	1200

* Бесступенчатое регулирование.

Примечание. Станки моделей 3Б641 и 3Б642 снабжены гидropriводами для перемещения стола.

Типовые специализированные заточные станки отечественного производства

Станок	Размеры заготавливаемого инструмента, мм	Частота вращения круга, об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Габаритные размеры станка, мм		
				Длина	Ширина	Высота
Заточной станок 3622 для резцов	Высота резцов 25—50	1420—2840	0,75/1,0	1440	725	1320
Заточной полуавтомат 3Г653 для сверл	Ø 3—32, длина 55—325	1492, 2450, 3480	0,75/1,0	930	1430	860
Заточной полуавтомат 3В659 для сверл	Ø 12—80	1850	1,8	1550	780	1530
Заточной полуавтомат 3Г667 для фрезерных головок повышенной точности	Ø 700	1700—3500	2,3/2,9	1855	1930	1625
Заточной полуавтомат 3663 для червячных фрез	Ø 50—150, длина 200	3500	4,8 (общая)	2160	1115	1620
Заточной станок В3112 для зуборезных косозубых долбяков	Ø 238—242 $m = 4 \div 22$	5250—10500	0,43—0,53	1300	1220	1625

Станок	Размеры затачиваемого инструмента, мм	Частота вращения круга, об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Габаритные размеры станка, мм		
				Длина	Ширина	Высота
Заточный станок 3602 для протяжек	До 100×1500	4000—12000	1,0/1,4	2600	1670	1300
Заточной специализированный станок 3601 для протяжек	До 400×2500	6000—8000	3,225 (общая)	4535	1830	1220
Заточной специализированный станок МФ-27А для круглых плашек	∅ 3—52	22000	0,6	765	350	1170
Полуавтомат 3624 для алмазного затачивания резцов	Высота резцов до 40	2000—6000	2,2	1400	1060	1350
Станок 3935 для заточки метчиков	До ∅ 70	3800—6000	—	1080	975	1350

Техническая характеристика некоторых круглошлифовальных станков

Параметр	Станок					
	3В10	3К12	3131	3Е12	3Б153	
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	100	200	280	200	140	
Наибольшее расстояние между центрами, мм	150	450	1250	500	500	
Наибольший угол поворота шлифовальной головки, град	+29÷ ÷-45	—	±90	—	—	
Частота вращения, об/мин: круга изделия	2800	2250	1880— 2110	100—1000	1600	
	100—1000	78—780	50—400	50—400	84—840	
Скорость перемещения стола, м/мин	0,025— 1,25	0,1—5	0,1—6	0,03—2	0,03—0,2	
Автоматическая врезная подача бабки, мм/мин	0,02—0,2	—	0,002— 0,04	0,02—0,2	0,02—0,2	
Мощность электродвигателя шлифовальной бабки, кВт	0,6	5,5	4	3	3	
Габаритные размеры станка, мм:						
	длина	860	2650	4990	2300	2300
	ширина	1200	1755	2000	1640	1640
высота	1400	1750	1650	1400	1300	
Масса станка, кг	1400	3000	4600	2300	2870	

**Техническая характеристика внутришлифовальных станков
(скорость движения стола при шлифовании 1,5—8 м/мин)**

Параметр	Станок			
	3A228	3A229	3A228Б	3A229Б
Размеры шлифуемых отверстий, мм: диаметр наибольшая длина	50—200 200	100—400 320	50—125 160	100—250 200
Наибольший ход стола, мм	500	800	450	—
Наибольший диаметр круга, мм	150	200	110	200
Наибольший угол поворота бабки изделия, град	30	30	30	24
Наибольшее поперечное перемещение шлифовального круга, мм	1,5	1,8	1,5	1,5
Частота вращения, об/мин: изделия шлифовальных шпинделей	85—600	40—250	100—700	50—425
	450—14 800	3350—7000	14 600—6580	3350—7250
Поперечная подача шлифовального круга, м/мин	0,065—1,2	0,065—2,0	—	0,065—1,2
Общая мощность электродвигателей, кВт	9,3	11,07	7,54	10,07
Габаритные размеры станка, мм:				
	длина	3360	4075	3000
	ширина	1600	1900	1570
высота		1930	1740	1450
				1630
Масса станка, кг	4975	5500	4350	5300

Техническая характеристика плоскошлифовальных станков

Параметр	Станок				
	3701	3711	3Г72	3Б722	3731
Размеры рабочей поверхности стола, мм:					
ширина	125	—	200	320	200
длина	400	—	630	1000	630
Наибольшие размеры шлифуемой поверхности, мм:					
длина	400	630	630	1000	630
ширина	125	200	200	320	200
высота	320	325	320	400	320
Расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	85—415	85—450	80—450	190—630	—
Продольное перемещение стола, мм	70—500	70—710	70—710	300—1050	950
Поперечное перемещение стола, мм	160	240	235	400	—
Наибольшее вертикальное перемещение шлифовальной головки, мм	350	365	370	—	320
Размеры шлифовального круга, мм:					
диаметр	200	250	250	450	250
ширина	25	32	25	63	60
диаметр отверстия	75	75	75	203	150
Частота вращения круга, об/мин	3340	2680	2740	1460	2900
Скорость продольного перемещения стола, м/мин	3—25	3—25	5—20	2—40	5—20
Мощность двигателей, кВт:					
привода шлифовального круга	2,2	2,2	2,2	10	5,5
общая	4,67	—	3,6	16,99	7,3
Габаритные размеры станка, мм:					
длина	2100	1960	2580	3410	2770
ширина	1600	2085	1550	2020	1370
высота	1830	1850	1960	2290	2300
Масса станка, кг	2150	2900	1950	7100	3310

Техническая характеристика профильных и координатно-шлифовальных станков

Параметр	Станок			
	3П95	395М	5КШС	2СШО
Наибольшие размеры обрабатываемой поверхности детали, мм	150×60	150×60	200×200	250×250
Наибольшая толщина детали, мм	50	48	65	120
Наибольший диаметр круглой детали, мм	100	120	180	200
Вертикальный ход стола, мм	60	50	70	130
Число двойных ходов стола детали в мин	47, 56, 70	45 и 85	40 и 70	—
Частота вращения шлифовального круга, об/мин	3560—4570	3560	36 000 и 72 000	13 000
Общая мощность электродвигателей, кВт	1,2	1,45	3,0	0,6
Габаритные размеры станка, мм:				
длина	1500	1485	1500	920
ширина	1200	1600	1000	620
высота	1500	2000	1400	1460
Масса станка, кг	950	1560	1200	600

Техническая характеристика станков 4531, 4531П, 4532 для электроискровой обработки

Параметр	Станок		
	4531Ф3	4531П	4532Ф
Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм:			
длина	160	160	320
ширина	120	120	320
высота	30	30	60
Наибольшие размеры вырезаемого контура, мм:			
длина	85	85	200
ширина	120	130	200
Точность обработки, мм	±0,01	±0,03	±0,02
Производительность при обработке деталей из твердого сплава, мм ² /мин	2,5—8	2,5—8	2,2—7
Наибольшая потребляемая мощность, кВт	0,25	1,2	1,2
Габаритные размеры станка, мм:			
длина	750	750	1490
ширина	630	750	1240
высота	1400	1400	1700
Масса станка, кг	430	400	1500

Примечание. Шероховатость поверхности обработанной детали из твердого сплава $Ra=0,8\div3,2$ мкм; диаметр электрода-проволоки 0,1—0,3 мм.

**Техническая характеристика универсальных электроимпульсных
копировально-прошивочных станков**

Параметр	Станок			
	4Б722	4723	4724	4725
Размеры стола, мм:				
ширина	250	400	630	1000
длина	400	500	1000	1600
Производительность при обработке деталей из стали, мм ³ /мин	1500	3500	7000	12000
Наибольшая масса об- рабатываемых дета- лей, кг	70	200	1200	4000
Шероховатость повер- хности деталей на чисто- вых режимах <i>Ra</i> , мкм	1,6—3,2	1,6—3,3	3,2—6,3	6,3
Расстояние от поверх- ности стола до торца шпинделя, мм:				
наибольшее	470	500	650	1000
наименьшее	290	300	400	500
Регулятор подачи	Магнитопроводниковый			Электро- гидравличе- ский
Мощность, кВт	15	25	40	60
Габаритные разме- ры, мм:				
длина	1270	1500	2000	4600
ширина	1070	1170	1660	3600
высота	1900	2000	2500	3500
Масса, кг	1500	1800	1500	1200

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аршинов В. А., Алексеев Г. А. Резание металлов и режущий инструмент. Изд. 3-е. М., «Машиностроение», 1975. 440 с.
2. Бакуль В. Н., Захаренко И. П., Кункин Я. А., Мильштейн М. З. Справочник по алмазной обработке металлорежущего инструмента. Под ред. В. Н. Бакуля. Киев, «Техника», 1971. 206 с.
3. Вероман В. Ю. Электроалмазное шлифование. Лениздат, 1965. 263 с.
4. Ипполитов Г. М. Абразивно-алмазная обработка. М., «Машиностроение». 1969. 335 с.
5. Каратыгин А. М. и Коршунов Б. С. Заточка и доводка режущего инструмента. М., Машгиз, 1963. 271 с.
6. Коршунов Б. С. Алмазная обработка режущего инструмента. М., НИИАлмаз, 1963. 20 с.
7. Коршунов Б. С. Алмазное шлифование. М., «Машиностроение», 1967. 106 с.
8. Коршунов Б. С. Опыт применения алмазного отделочного шлифования и доводки. — В кн.: Обработка машиностроительных материалов алмазным инструментом. М., «Наука», 1966. 248 с.
9. Коршунов Б. С. Справочник по обработке режущего инструмента абразивами. ЦИНТИМАШ, ГНТК СССР, 1960. 135 с.
10. Коршунов Б. С. Алмазная доводка пастами изделий из твердых сплавов и сталей. — «Вестник машиностроения», 1966, № 7, с. 35—37.
11. Коршунов Б. С. Влияние методов и режимов обработки на эксплуатационные свойства машин. ЛДНТП, 1969. 28 с.
12. Коршунов Б. С. Удаление заусенцев с мелких деталей ультразвуковым способом. — «Вестник машиностроения», 1969, № 12, с. 25, 26.
13. Коршунов Б. С. Электроабразивные и электролитические способы обработки труднообрабатываемых материалов. ЦНИИТЭИлегпишемаш. М., 1969 61 с.
14. Краткий справочник металлиста. Под ред. проф. А. Н. Малова. М., «Машиностроение», 1972. 1114 с.
15. Кремень З. И. и Павлючук А. И. Абразивная доводка. Библиотека шлифовщика. Вып. I, Л., «Машиностроение», 1967. 114 с.
16. Лившиц А. Л. Электрофизические и электрохимические методы размерной обработки. — «Вестник машиностроения», 1967, № 11, с. 40—43.
17. Лившиц А. Л., Кравец А. Г., Рогачев И. С. Электроимпульсная обработка металлов. М., «Машиностроение», 1967. 295 с.

18. Лоскутов В. В. Шлифование металлов. М., «Машиностроение», 1970. 264 с.
19. Марков А. И. Ультразвуковое резание труднообрабатываемых материалов. М., «Машиностроение», 1968. 102 с.
20. Мартынов А. Д. Приборы конструкции ВНИИ для контроля режущих инструментов. М., ВНИИ, 1961. 26 с.
21. Потапов Г. К., Обручников Е. А. Основные закономерности электротехнологии и ее применение в промышленности. М., ЦНИИТЭИлегпищемаш. 1970. 27 с.
22. Попов С. А., Дибнер А. Г., Каменкович А. С. Заточка режущего инструмента. М., «Высшая школа», 1970. 314 с.
23. Прокопович А. Е. Технический прогресс в станкостроении. М., «Знание», 1967. 64 с.
24. Резников А. Н. Алмазные режущие инструменты. Куйбышевское книжное издательство, 1964, 55 с.
25. Русаков А. М. Алмазные инструменты в машиностроении. Лениздат, 1965. 262 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Материал, конструкция и геометрические параметры режущего инструмента, штампов и фильер	5
Материал инструмента	5
Конструкция и геометрические параметры режущего инструмента	10
Конструкция и геометрические параметры штампов	31
Конструкция и геометрические параметры фильер	33
Глава II. Способы обработки режущего инструмента, деталей штампов и фильер	35
Абразивно-алмазная обработка	35
Электрофизические и электрохимические способы обработки	41
Станки для шлифования, заточки, доводки и других операций	47
Глава III. Приспособления, применяемые для шлифования, заточки и доводки, и их настройка	52
Конструкция приспособлений	52
Настройка оборудования и приспособлений для заточки инструмента	59
Глава IV. Инструмент для различных способов обработки	75
Абразивные инструменты	75
Алмазные инструменты	91
Инструмент для электрофизических, электрохимических и ультразвуковых способов обработки	104
Глава V. Режимы обработки различными способами	107
Обработка абразивными инструментами	107
Обработка алмазными инструментами	115
Обработка другими способами	120
Глава VI. Контрольно-измерительные средства и методы контроля качества обработанных деталей	123
Контроль линейных и угловых размеров	123
Контроль качества обработанной поверхности	133
Глава VII. Технологические и экономические показатели обработки различными способами	136
Абразивно-алмазная обработка	136
Ультразвуковая, электроискровая и электрохимическая обработка	142
Глава VIII. Технологические процессы обработки инструментов различными способами	144
Требования, предъявляемые к обрабатываемым деталям из различных материалов и к способам обработки	144
Заточка, доводка и шлифование инструментов	147

Шлифование и доводка твердосплавных деталей штампов	162
Шлифование и доводка фильер (волокон)	163
Г л а в а IX. Техника безопасности	165
Работа абразивно-алмазным инструментом	165
Работа на ультразвуковых установках	168
Работа на станках и установках электрофизического действия	170
Приложение	171
Список литературы	180

ИБ № 1638

Александр Михайлович **Каратыгин**,
Борис Сергеевич **Коршунов**

ЗАТОЧКА И ДОВОДКА ИНСТРУМЕНТА

Редактор издательства *И. И. Лесниченко*

Технические редакторы
А. Ф. Уварова, Н. Ф. Демкина

Корректор *Ж. Л. Суходолова*

Обложка художника *Е. Н. Волкова*

Сдано в набор 7/IV 1977 г.

Подписано к печати 6/VI 1977 г. Т-09823

Формат 60×90¹/₁₆

Бумага типографская № 2

Усл. печ. л. 11,5 Уч.-изд. л. 11,2

Тираж 40 200 экз. Заказ 2523 Цена 40 коп.

Издательство «Машиностроение», 107885,

Москва, Б-78, 1-й Басманный пер., д. 3

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
Хохловский пер., 7.

40 коп.



«МАШИНОСТРОЕНИЕ»