



В.А.КАЩУК
А.Б.ВЕРЕЩАГИН

Справочник шлифовщика

ББК 34.637.3
К31
УДК 621.923-057.2 (035)

Рецензент канд. техн. наук В. А. Хрульков

Кашук В. А., Верещагин А. Б.
К31 Справочник шлифовщика.— М.: Машиностроение, 1988.— 480 с: ил.— (Серия справочников для рабочих).

ISBN 5—217—00644—7

Изложены сведения об абразивных материалах, инструментах, шлифовальных станках и приспособлениях для них. Рассмотрены различные виды шлифования и особенности шлифования сталей и сплавов. Приведены режимы резания, рекомендации по выбору оптимальных условий шлифования и эксплуатации шлифовальных кругов, а также данные по контролю деталей.

Для рабочих-шлифовщиков; может быть полезен учащимся ПТУ.

К $\frac{2704040000-614}{038(01)-88}$ 264—87

ББК 34.637.3

ISBN 5—217—00644—7

© Издательство
«Машиностроение», 1988

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава 1. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИНСТРУМЕНТЫ	6
1. Материалы	6
2. Инструменты	15
Глава 2. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	115
1. Основные сведения о материалах	115
2. Классификация материалов по обрабатываемости шлифованием	134
Глава 3. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ	141
1. Классификация, типы и модели станков	141
2. Компоновка и кинематические схемы станков	142
3. Технические характеристики станков	143
4. Шлифовальные станки с ПУ	143
5. Адаптивные системы управления, применяемые при шлифовании	182
Глава 4. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ	185
1. Приспособления для кругло- и внутришлифовальных станков	187
2. Приспособления для бесцентрово-шлифовальных стан- ков	202
3. Приспособления для плоскошлифовальных станков	204
4. Универсальные делительные устройства	213
Глава 5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ШЛИФОВАНИЯ	216
1. Виды шлифования	216
2. Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) и способы их подвода в зону обработки	244
3. Силы резания при шлифовании	253
Глава 6. РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ШЛИФОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ	255
1. Круглое наружное шлифование	255
2. Бесцентровое шлифование	271
3. Внутреннее шлифование	271

4. Плоское шлифование	293
5. Профильное шлифование	312
6. Шлифование инструментов	327
7. Скоростное, обдирочное и глубинное шлифование . .	333
8. Шлифование пневматическими машинами	342
Глава 7. КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ	345
1. Точность обработки деталей	345
2. Шероховатость поверхностей деталей	347
3. Дефекты, отклонения формы и расположения поверх- ностей деталей при шлифовании	352
4. Средства измерения и контроля точности деталей . .	382
5. Методы и средства контроля качества поверхностей деталей	399
Глава 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ . .	411
1. Балансировка, установка и крепление кругов	411
2. Методы правки кругов. Виды правящего инструмента. Оптимальные условия их эксплуатации	426
3. Устройства для правки кругов	456
4. Особенности правки алмазных и эльборовых кругов	461
Список литературы	468
Предметный указатель	469

ПРЕДИСЛОВИЕ

Высокие требования, предъявляемые к точности и качеству деталей машин, а также применение труднообрабатываемых материалов в машиностроении приводят к возрастанию удельного веса абразивной обработки в общем объеме механической обработки.

Промышленное производство абразивных инструментов из синтетических сверхтвердых материалов позволило улучшить качество шлифованных деталей и повысить производительность процессов шлифования, расширить область применения новых марок высокопрочных сталей и сплавов, характеризующихся ухудшенной обрабатываемостью шлифованием. Появилась возможность ускорить автоматизацию процессов шлифования, повысить качество правки шлифовальных кругов, а также улучшить условия труда.

Внедрение прогрессивной технологии шлифования и обеспечение рациональной эксплуатации автоматизированного шлифовального оборудования вызывают необходимость постоянного совершенствования квалификации рабочих-шлифовщиков. Повышению квалификации рабочих-шлифовщиков будут способствовать материалы настоящего справочника.

По справочнику можно подобрать шлифовальный круг в зависимости от материала обрабатываемой детали и предъявляемых к ней требований, выбрать способ шлифования и соответствующие ему станок, приспособление, оптимальные режимы резания и состав смазочно-охлаждающих технологических средств, а также необходимые средства контроля качества детали после шлифования.

Предисловие и главы 1, 2, 5 и 6 написаны В. А. Кашуком, главы 3, 4, 7 и 8 А. Б. Верещагиным.

Глава 1

АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

1. МАТЕРИАЛЫ

Для изготовления режущей части абразивных инструментов применяют следующие искусственные абразивные материалы:

электрокорунд (состоит в основном из корунда; изготавливают в электрических печах из высокоглиноземистого сырья);

нормальный электрокорунд (изготавливают из боксита);

белый электрокорунд (изготавливают из глинозема);

монокорунд (электрокорунд в виде монокристаллов; изготавливают из глиноземсодержащего и серосодержащего сырья);

циркониевый электрокорунд (изготавливают из глиноземсодержащего и цирконийсодержащего сырья);

легированный электрокорунд (изготавливают из глиноземсодержащего сырья с добавкой легирующих элементов, образующих с корундом твердый раствор);

карбид кремния (изготавливают из кварцевого и углеродистого сырья);

карбид бора (изготавливают из борсодержащего и углеродистого сырья);

кубический нитрид бора и синтетический алмаз (изготавливают искусственным путем);

шлифовальный материал с покрытием (материал, поверхность абразивных зерен которого покрыта слоем другого материала);

формокорунд (шлифовальный материал, зерна которого имеют в основном цилиндрическую или призматическую форму);

электрокорундовый шлифовальный материал; сферокорунд; (зерна имеют сферическую форму);

карбидкремниевый шлифовальный материал;

карбидоборный шлифовальный материал;

шлифовальный материал из кубического нитрида бора (эльбора, кубонита, гексанита).

Качество абразивных материалов определяется физико-механическими свойствами (табл. 1), размером абразивных зерен, фракцией, зерновым составом, режущей способностью.

1. Физико-механические свойства абразивных материалов

Абразивный материал	Плотность $\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	Микротвердость Н	Термостойкость, °С	Относительная режущая способность
Алмаз:				
природный	3,01—3,56	10060	700—900	1,0
синтетический	3,48—3,54	8600—10100	700—900	0,75—0,77
Кубический нитрид бора	3,45—3,54	7300—10000	1400—1800	0,58—0,64
Карбид бора	2,48—2,52	4000—5000	500—700	0,4—0,6
Карбид кремния	3,16—3,39	2850—3600	1200—1300	0,25—0,45
Электрокорунд	3,82—4,28	2060	1500—1700	0,12—0,25

Шлифовальный материал — измельченный и классифицированный абразивный материал, используемый в основном для абразивной обработки.

Зернистость шлифовального материала определяется размером абразивных зерен (в мкм), т. е. группой материала:

Шлифзерно	От 2000 до 160
Шлифпорошки	» 125 » 40
Микропорошки	» 63 » 14
Тонкие микропорошки	» 10 » 3

В зависимости от процентного содержания основной фракции обозначение зернистости дополняют буквенными индексами (табл. 2). Шлифовальные материалы должны изготавливаться определенной зернистости (табл. 3—6) и характеристик (табл. 7—10).

2. Содержание основной фракции в зависимости от зернистости

Индекс	Минимальное содержание основной фракции (в %) для зернистости				
	200—8	6—4	M63—M28	M20—M14	M10—M5
В	—	—	60	60	55
П	55	55	50	50	45
Н	45	40	45	40	40
Д	41	—	43	39	39

П р и м е ч а н и е. Содержание основной фракции: В — высокое; П — повышенное; Н — низкое; Д — допустимое. Обозначение зернистости дополняют буквенными индексами В; П; Н; Д в зависимости от процентного содержания основной фракции, например, 125П; М28Н и т. п.

3. Зернистость шлифовальных материалов

Зернистость	Размер стороны ячейки сита в свету, мкм	Зернистость	Размер стороны ячейки сита в свету, мкм	Зернистость	Размер стороны ячейки сита в свету, мкм
Шлифзерно и шлифпорошки		Шлифзерно и шлифпорошки		Микрошлифпорошки и тонкие микрошлифпорошки	
200	2500—2000	25	315—250	M63	63—50
160	2000—1600	20	250—200	M50	50—40
125	1600—1250	16	200—160	M40	40—28
100	1250—1000	12	160—125	M28	28—20
80	1000—800	10	125—100	M20	20—14
63	800—630	8	100—80	M14	14—10
50	630—500	6	80—63	M10	10—7
40	500—400	5	63—50	M7	7—5
32	400—315	4	50—40	M5	5—3

4. Марки и зернистость шлифпорошков из синтетических поликристаллических алмазов

Зернистость	АРВ1	АРК4	АРС3
Узкий диапазон зернистости			
2500/2000	+	+	+
2000/1600	+	+	+
1600/1250	+	+	+
1250/1000	+	+	+
1000/800	+	+	+
800/630	+	+	+
630/500	+	+	+
500/400	+	+	+
400/315	+	+	+
315/250	+	+	+
250/200	+	+	+
200/160	+	+	+
160/125	+	+	+
125/100	+	+	+
100/80	+	+	+
80/63	+	+	+
63/50	+	+	+
50/40	+	+	+

Продолжение табл. 4

Зернистость	АРВ1	АРК4	АРСЗ
Широкий диапазон зернистости			
2500/1600	—	+	—
1600/100	—	+	—
1000/630	—	+	—
630/400	—	+	—
400/250	—	+	—
250/160	—	+	—
160/100	—	+	—
100/63	—	+	—
63/40	—	+	—

Примечание. Знаком «+» обозначены выпускаемые шлифпорошки.

5. Марки и зернистость микро- и субмикропорошков

Зернистость	Микропорошки			
	АМ	АСМ	АН	АСН
60/40	+	+	+	+
40/28	+	+	+	+
28/20	+	+	+	+
20/14	+	+	+	+
14/10	+	+	+	+
10/7	+	+	+	+
7/5	+	+	+	+
5/3	+	+	+	+
3/2	+	+	+	+
2/1	+	+	+	+
1/0	+	+	+	+

Зернистость	Субмикропорошки			
	АМ1	АМ5	АСМ1	АСМ5
0,7/0,3	+	+	+	+
0,5/0,1	+	+	+	+
0,3/0	+	+	+	+
0,1/0	+	+	+	+

Примечание. Знаком «+» обозначены выпускаемые микро- и субмикропорошки.

Абразивные материалы и инструменты

зернистость шлифпорошков из синтетических монокристаллических алмазов. Узкий диапазон з

АС2	АС4	АС6	АС15	АС20	АС20Т	АС32	АС32Т	АС40	АС40Т	АС50	АС50Т	АС65	АС65Т	АС80	АС80Т	АС100
			+	+		+				+		+				
			+	+		+				+		+		+		
			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

ечения: 1. Знаком «+» обозначены выпускаемые порошки. 2. Серия порошков АС20Т, АС40Т, АС50Т, АС65Т, АС80Т и АС100Т является модификацией основных марок алмазов и характеризуется повышенной ударной прочностью.

7. Характеристика и область применения алмазных порошков

Марка	Характеристика	Область применения
Шлифпорошки		
АС2	Повышенная разрушаемость; хорошо удерживается в связке	Для изготовления инструментов на органических связках, применяемых для обработки твердых сплавов и сталей на чистовых и доводочных операциях
АС4	Зерна представлены агрегатами и сrostками	Для изготовления инструментов на органических и керамических связках, применяемых при обработке твердых сплавов, керамики и других хрупких материалов
АС6	Зерна представлены в основном несовершенными кристаллами, их обломками и сrostками	Для изготовления инструментов на металлических связках, работающих при повышенных нагрузках
АС15	Высокие прочностные свойства с коэффициентом формы зерен не более 1,6	Для изготовления инструментов на металлических связках, работающих в особо тяжелых условиях
АС20	Повышенная прочность с коэффициентом формы зерен не более 1,5	Для изготовления инструментов, работающих в условиях средней тяжести
АС32	Повышенная прочность с коэффициентом формы зерен не более 1,2	Для изготовления инструментов на металлических связках (правка шлифовальных кругов, резка и обработка корунда и других особо твердых материалов)

Продолжение табл. 7

Марка	Характеристика	Область применения
АС50	Повышенные прочностные свойства с коэффициентом формы зерен 1,18	Для изготовления инструментов, работающих в особо тяжелых условиях
АРВ1	Получают путем дробления синтетических алмазов типа баллас	Для изготовления инструментов, применяемых для черного хонингования чугунов
АРК4	Получают путем дробления синтетических алмазов типа карбонадо	Для изготовления инструментов, работающих в тяжелых условиях
АРС3	Получают путем дробления синтетических алмазов типа «спеки»	Для изготовления инструментов, работающих в особо тяжелых условиях

Микропорошки

АСМ	Нормальная режущая способность	Доводка и полирование деталей из закаленных сталей, сплавов, керамики, стекла
АСН	Повышенная режущая способность	Доводка и полирование твердых и сверхтвердых труднообрабатываемых материалов, керамики, корунда

Субмикропорошки

АСМ1; АСМ5	С содержанием крупной фракции до 1%	Сверхтонкая доводка и полирование поверхностей изделий, в частности, при обработке полупроводниковых материалов
---------------	-------------------------------------	---

Примечание. Пример условного обозначения субмикропорошков из синтетических алмазов марки АСМ5 зернистостью 0,5/0,1:

Субмикропорошок АСМ5/0,5/0,1 ГОСТ 9206—80

8. Характеристика и область применения алмазных шлифпорошков с покрытиями

Тип покрытия	Характеристика	Область применения
К	Совокупность зерен, поверхность которых покрыта пленкой карбида металла. Отношение массы алмазного порошка к массе покрытия 1 : 0,15	Для изготовления инструментов на органических связках
КМ	Покрытие поверхности зерен пленками сплавов, содержащих кремний. Масса неметаллического покрытия составляет 20—60% от массы алмаза	Для изготовления алмазных инструментов на органических связках, работающих с применением смазочно-охлаждающей жидкости и без нее
НТ20, НТ1, НТ2	Единичные зерна с карбидометаллическим покрытием типа НТ20, НТ1 и НТ2 различаются отношением массы алмаза к массе покрытия	В шлифовальных кругах на металлических связках для шлифования хрусталя, керамики и других хрупких материалов; в виде паст для обработки деталей из закаленных и незакаленных сталей
А1, А2, А3	Совокупность агрегатов из нескольких алмазных зерен (2—10 шт. в агрегате), покрытых карбидометаллической пленкой. Отношение массы алмаза к массе покрытия: 1 : 0,5 для типа А1; 1 : 0,75 для типа А2; 1 : 1 для типа А3	Для изготовления кругов на органической связке, работающих с охлаждением
АН	Кроме алмазных зерен, содержит зерна наполнителя из карбида бора, титана, кремния, электрокорунда или другого абразива; отношение массы алмаза к массе наполнителя, как у порошков с покрытием типа А	В шлифовальных кругах на органических связках, работающих с охлаждением

9. Характеристика и область применения эльбора различных марок

Марка	Характеристика	Область применения
ЛО обычной механической прочности	Шероховатая наиболее развитая поверхность, невысокая прочность; хорошо удерживается связкой	Для изготовления инструментов на органической связке
ЛП повышенной механической прочности	Большая прочность, чем у эльбора марки ЛО; хорошо развитая поверхность	Для изготовления инструментов на органической, керамической и металлической связках
ЛКВ высокой механической прочности	Более высокая прочность и износостойкость, чем у эльбора марки ЛП	То же
ЛД дробленые (поликристаллические)	Образуется при дроблении кристаллов	Для изготовления инструментов на металлической связке

Примечание. К обозначениям марок эльбора с металлизированными покрытиями добавляется буква М, со стекловидными покрытиями буква С, например ЛОМ, ЛОС.

10. Зернистость и механическая прочность порошков из гексанита-А, эльбора и кубонита

Зернистость порошка	Разрушающая нагрузка, Н 10^{-2}				
	Гексанит-А	Эльбор		Кубический нитрид бора	
		ЛО	ЛП	КО	КР
1000/800	12100	—	—	—	—
800/630	9600	—	—	—	—
630/500	7500	—	—	—	—
500/400	5200	—	—	—	—
400/315	4100	—	—	—	—

Продолжение табл. 10

Зернистость порошка	Разрушающая нагрузка, Н 10^{-2}				
	Гексанит-А	Эльбор		Кубический нитрид бора	
		ЛО	ЛП	КО	КР
315/250	2600	—	610	—	—
250/200	2000	—	510	—	—
200/160	1490	230	430	290	610
160/125	1100	230	370	270	510
125/100	830	210	310	250	430
100/80	660	200	280	230	370
80/63	450	180	240	210	320
63/50	360	—	—	200	280
50/40	290	—	—	190	250

Примечания. 1. Порошки из эльбора зернистостью выше 315/250 промышленностью не выпускает. 2. Микropошкi зернистостью менее 50 из гексанита-А используются в кругах в виде остеклованных гранул.

2. ИНСТРУМЕНТЫ

Абразивные инструменты изготовляют из зерен абразивного материала, скрепленных между собой связкой.

От связки абразивного инструмента зависят интенсивность съема материала деталей, качество обработки, износ инструмента.

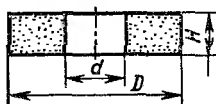
Твердость абразивного инструмента — свойство связки оказывать сопротивление прониканию в абразивный инструмент другого тела.

Основные виды абразивного инструмента: шлифовальные круги, головки, бруски, сегменты и шкурки.

Абразивные круги. Характеристики абразивных кругов приведены в табл. 11—23.

Материал и зернистость абразивного круга влияют на режущую способность круга, качество и производительность шлифования. С увеличением зернистости и остроты граней зерен возрастает режущая способность круга. Чем меньше зернистость шлифовального круга, тем ниже шероховатость обработанной поверхности, так как царапины от мелкого зерна тоньше и накладываются чаще.

11. Крути прямого профиля типа ПП



<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка	
мм						
3	8	1	2А; 4А	12	К	
4	10	1,6		25—12		
5	8	2				
6	6;8	1,6	4А	16		
	10		2А; 4А			
8	8; 13	3	4А			16—12
	10		2А; 4А			
10	10; 13			25—12		
13	10	4	4А	25—12		
	13; 20			25		
	16					
16	16; 20; 25	6	2А; 4А	40—16		
20	10; 16; 20; 25; 32					
	16; 25					8
25	6; 13; 20; 25; 32	6		12		
	6			40—16		
	32	10				
32	6	6		10		12
	13	10				40—16
	16; 20; 25; 32; 40					25
	32					

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
40	8	6	2A; 4A	40—16	К
	8	8		12	
	6; 8	13		40—12	
	32; 40	16		40—16	
50	8; 13; 25; 32; 40; 50	16	2A; 4A	40—16	К
63	10; 13; 20; 32	20			
	8	10	1A	40	В
	13	20		16	
80	10; 20; 50; 63		2A; 4A	40—16	К
	4; 6		1A; 2A	40—12	В
	13; 16; 20		1A	12	
100	10; 13; 16; 32; 63		2A; 4A	40—16	К
	20			12	
	6; 10		1A	40—25	В
	5; 6; 20		1A; 2A	12	
125	6; 8; 10; 13	32	2A; 4A; 9A	40—16	К
	6; 10		2A	12—6	
	8		6C	25—16	
	16; 20; 25; 32		2A	25—16	
			2A; 9A	50—16	
	20; 32		2A; 9A	40	

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
125	20; 25; 32	32	6C	25—16	К
	50		2A		
	16; 20; 25; 32		2A; 9A	50—16	Б
	20; 25; 32		1A	80—63	
	6; 8; 10; 13; 32			50—40	
	5; 6; 8; 16		1A; 2A	40—25	В
				12	
150	6; 8; 10; 13		2A	40—16	К
				12—5	
	6; 10		6C	40—16	
	10; 13			2A	
	16; 20; 25; 32		2A; 9A	50—16	
			6C	40—16	
	16; 20		2A	12—6	
	20		6C	12—10	
	40		2A; 9A	40—16	
	6; 10; 13				
	16; 20; 25; 32	32	1A	80—63	Б

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка	
мм						
150	20; 25	32	1A	80	Б	
	20; 25; 32			50—25		
			6C	40		
	6; 10; 16; 20		1A	40—16	В	
6; 10; 20			12			
175	8; 10; 13		2A; 9A	40—16	К	
	16; 20; 25; 32		6C			
				2A; 9A		50—16
	20; 25; 32		9A	40		
	16; 20; 25		6C	40—16		
	20; 25			25		
	40		2A	40—16	Б	
	13; 20; 25; 32		6C	40		
	13; 25		1A	50—25		
	6		2A	16	В	
200	6; 8; 10; 13			40—16	К	
	10			12		
	16; 20; 25; 32			40—16		
	2A; 9A	50—16				
	6C					

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
200	20; 25; 32	32	9A	40	К
			5C	40—25	
	20; 25		2A	12	
			6C	12—10	
	6	51	2A	40—16	
	32; 40; 63	76	2A; 9A		
	32		6C		
	25; 32	32	1A	80	Б
	6; 10; 13; 16			50—25	
	20; 25 32			6C	
	25		25		
	10	51	1A	40—25	В
	63	76		40—16	
	6; 8; 10	32			
250	8; 10; 13; 16		1A; 6C	40—25	К
			2A; 9A	40—16	
	6; 8		2A	12—6	
	8; 16		9A	40—16	
	20; 25; 32; 40		4A	40—25	
			1A	40—16	
			2A; 9A		
			9A		
			6C		

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
250	10; 16	76	1A	40—25	К
			2A; 9A	40—16	
			9A		
	1A		40—12		
	2A; 9A				
	9A		40—16		
	6C				
	2A				
	50; 63		127	9A	
	6; 8; 10; 13	40—16			
	8	12—6			
	20; 25; 32; 40	50—25			
	63; 80; 100; 150	4A; 9A	12—6		
	25—16				
	25; 32	1A	80—63	Б	
	20; 32	5C	80		
	32		125—80		
	25; 32; 40	76	1A		80
	40				125—80
	40; 63		5C		125—80

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
250	10	76	1A	25	B
	50; 100	127		25—16	
	100			12	
300	6; 8; 10; 13; 16	76	4A; 9A	40—25	K
			1A	50—16	
	20; 25; 32		4A; 9A	50—40	
	32; 40		1A; 2A	50—25	
			2A	12—10	
	40		4A; 6C	40—16	
			9A		
			5C		
			6C		
	50; 63; 80; 200		9A	50—16	
	8; 10; 16	127	2A	40—10	
	8;10; 13; 16		9A	40—16	
	32; 40		1A; 2A; 6C	50—10	
	32; 40		4A	40—25	
	40		2A	40—10	
			5C; 6C	40—25	
	20; 25; 32; 40		9A	50—16	

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка	
мм						
300	50; 63; 80; 100; 150; 200	127	9A	50—16	К	
	20; 32; 40 20; 32; 40		5C	80		
			1A	160—63		
			1A; 5C	160—63		
	8; 10		1A	50—25	Б	
	40					1A; 5C; 6C
	8	32; 76	1A	40—25	В	
	6; 40; 50	40—16				
	8; 10; 13	12—10				
	350	8; 10; 13; 16	127	1A; 2A; 9A	50—16	К
		8 8; 10; 13; 16 25; 32; 40		2A; 9A	40—16	
				2A	12—10	
9A				16		
20; 25; 32; 40		1A; 2A; 9A; 6C		50—M63		
		2A; 9A		40—10		
20; 32; 40		76		9A	50—16	
				1A; 5C	160—63	

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
350	40; 50	127	1A; 6C	50—25	Б
	8		1A	40—12	В
	100				
	100	203			
	150			16—12	
	200				
400	40; 50	127	1A; 9A; 6C	50—10	К
			9A	50—12	
			5C; 6C	40—6	
	8; 10; 13	203	2A; 4A; 9A		
	2A		12—6		
	40; 50		1A; 9A	50—25	
			2A; 9A	40—16	
	25; 32; 40; 50		9A	50—25	
			6C	40—M63	
	150			10	
	40; 50		127	1A	
		5C		125—80	
		203	1A		
			1A; 5C	125—80	

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка	
мм						
400	40	127	1А; 5С	50—25	Б	
	2; 10; 13; 16; 20	203	1А	16—12	В	
450	40; 50	127	2А	40—25	К	
	32; 40		6С	50—40		
	40; 50	203	2А	40—25		Б
	32; 50		6С			
	63		2А; 6С			
	40; 50		1А	125—80		
	63		1А; 5С	160—80		
	40	127	1А	50—25		
	50; 63		1А; 5С	40—25		
	500	40; 50; 63	203	1А; 6С	50—16	К
10; 13; 16; 20; 25; 40; 50; 63; 80		2А; 4А; 9А		50—6		
		9А		40—12		
10; 13; 18; 20; 25		305	2А; 4А; 9А			
13			1А; 6С		50—16	
16; 20; 25; 40; 50; 63; 80						

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
500	32; 40; 50; 63; 80	305	9A	50—16	К
	100; 125; 150; 200		1A; 9A	50—25	
	100		2A; 9A	50—16	
	100; 125; 150; 200; 250		1A; 9A		
	50; 63; 75; 80; 100	203	1A; 5C	125—80	Б
	32; 40; 50; 63		1A		
	50; 63; 100		1A; 5C	50—16 M28 10 25—16 12—8	В
	50; 63; 100; 125; 150; 200	305	1A		
	125; 150		2A		
	20; 25; 32 40; 50		1A		
	32; 50; 63; 100; 125; 150; 200				
	100; 125; 150; 200				

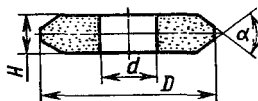
Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
600	20; 25; 45	305	2A; 9A	50—25	К
	25		1A	50—16	
	32; 50; 63; 80		2A; 4A; 9A	50—6	
	63; 80		6C	40—16	
			1A; 9A		
	100; 125; 150; 200		1A; 9A	40—16	
	150; 200			12—6	
	100; 125; 150; 200		1A	50—16	
	40		2A; 9A	50—25	
	50; 75; 80		203	1A; 5C	
63; 75; 80; 100	305	1A; 5C	50—16		
50; 63; 75					
100; 150; 200					
125; 200					
25; 40; 50				1A	25—10
750	40; 50	9A	50—25	К	
	63; 80; 100	2A	40—6		
	63	9A	50—25		
		1A; 5C	125	Б	
	80	1A	125—80		
	63; 75; 100	1A	50—25		
	75	5C			

Продолжение табл. 11

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
800	80	400	1A	40—16	Б
			6C	6	
900	63; 75; 100	305	1A	40—16	
	75		5C	40—25	
	50		2A; 9A	40	
	40; 50; 63; 100		9A	50—40	
	100		1A	125	Б
	1060		50	2A; 9A	40
		9A			

12. Круги с двусторонним коническим профилем типа 2П

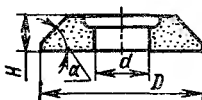


<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	α°	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм						
250	10	76	40	2A; 6C	2	К; Б
	16			2A	25	К
	13; 16			6C	40	
	20			2A; 6C	25; 40	
	25					
300	20	127	60	2A; 6C	25; 40	К; Б
	25; 32					

Продолжение табл. 12

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	α°	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм						
350	8	160	60	2A	12—4	К
	13; 25	127	40	2A; 6C	40—16	К; Б
	32				40—12	
400	16					
	20; 25					
	32					
	8; 10	203	60			
	13					
500	32		40			

13. Крути с коническим профилем типа ЗП



<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	α°	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм						
63	10	10	20	4А	25—15	К
80	6	20	15			
	8		20	2А; 6С	40—16	К; Б
	10		30			
	13		35			
100	6		10	2А	25—16	К

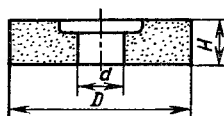
Продолжение табл. 13

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	α°	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм						
100	8	20	15	2A	25—16	К; Б
			20			
			25			
	13	32	20	2A; 6C	25—16	К; Б
	16		35			
	10					
125	8		10	2A	40—16	К
16	25		2A	40—25		
20						
150	13	51	20	2A	40—16	
	20	32	18	1A	80	
	200	10	32	10	2A	40—16
13		51				
16			25			
20			20			
250	6; 8; 10	76	45	1A; 2A	40—16	К; Б
	16		15			
	20		20			
	25					
300	6; 8; 10	76	45	2A	40—16	К; Б

Продолжение табл. 13

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	α°	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм						
300	25; 32	76	20	2A	40—16	К; Б
	6	127	15			
	8; 10		45			
	13		15	2A; 4A	25—16	К
			45			
	20		30	1A		
350	25	20	2A	40—12	К; Б	
	40					
400	20	127	30	1A	40—12	К; Б
	25					
	40					
	50	76	20			
450	20; 25	127	15	2A		
	32			6C		
500	32	203	30			

14. Круги с выточкой типа ПВ



<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
10	13	3	1А; 2А	40—16	К; Б
13	16; 20	4			

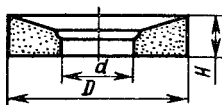
Продолжение табл. 14

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка			
мм								
20	20	6	1А; 2А	40—16	К; Б			
	25; 32							
	40							
25	13	6; (10)	2А	40—25	К			
	16							
	20; 25	6						
	32							
32	16; 20	10	2А	40—25	К			
	25							
	32	6				6С	М28	Б
		10						
	40	25; 32				13	1А; 2А	40—16
25; 32								
40; 50								
50		25	13; (16)	1А; 2А	40—16	К; Б		
	40							
	50	13						
		16						
63	25	13	2А	40—25	К			
	32	20						
	50							
80	20; 25	20	1А; 2А	40—16	К; Б			

Продолжение табл. 14

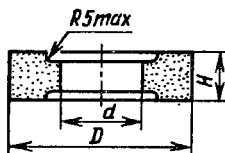
<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
80	32; 40	20	1А; 2А	40—16	К; Б
	50				
	63; 80		2А	40—25	К
100	25; 32	20; (32) 20	1А; 2А	40—16	К; Б
	40				
	50; 63				
125	20	32	1А; 2А	40—16	К; Б
	25	20	2А	50—40	
	32; 50	32			
150	25	20	2А; 9А	40—25	К
	32	32	2А	50—40	
200	25	76; (32)	2А	40—16	К
	32				
	40	76	2А; 9А	40—25	К
	63; 80				
250	40	127	2А	40—16	К; Б
300					
350	40; 50	203	2А	40—16	К; Б
400	40; 50		6С	40	К
450	50; 63; 80	127	2А	40—12	К; Б
500	50; 63	203	2А	40—16	К
	80	305			
		100	203	2А; 6С	40—16
600	50; 63; 80	305			

15. Круги с конической выточкой типа ПВК



<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
300	50	127	2А	40	К
350		203		40—25	
500				25	
600	80	305			
750					

16. Круги с двусторонней выточкой типа ПВД

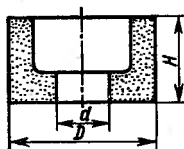


<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
100	25	32	1А	40—16	К
125	40				
200	25; 40				
250	80	76			
	(150); 160				
300	50; 100	127	1А; 2А	25—10	В
	125				
	(150); 160				
	200; 250				

Продолжение табл. 16

D	H	d	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
350	50; 80	127	1A; 2A	25—10	Б
	100				
	(150); 160; 200; 250	203	1A; 2A	40—12	К; Б
400	50; (63); (80)		1A	40—16	К
450	50				
500	40	203; 305	1A; 2A	40—16	Б
	63; (50); 80				К; Б
600; 750	50; 63; 80; 100	305	1A; 2A	40—25	К
900	63; 80; 100				К; Б

17. Круги чашечные цилиндрические типа ЧЦ

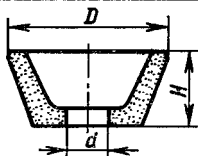


<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
40	25	13	2А	40	К
50	32			40—16	
80	40	20		40—25	
100	50		6С	25	
100	80	32	2А; 6С	5—М14	
125	63	32	6С; 2А	40—25	

Продолжение табл. 17

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
125	63	32	1A	40	Б
		65		40—16	
	73	32	6C	40—6	
150	80	32; 51	2A	50—25	К
			6C	40—25	
150	63	65	1A	80	Б
				50—40	
	76	32	6C	40—6	
200	40			9A	40—25
	63	51			
	80	76			
200	63	32	1A	40—25	Б
		51			
250	100	150	9A	50—40	К
			6C		
300	100	127	9A	40	

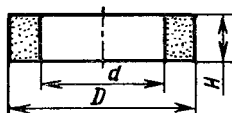
18. Круги чашечные конические типа ЧК



D	H	d	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
50	25	13	2A	40—25	К
			1A	40	Б

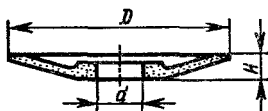
<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зерни- стость	Связка		
мм							
80	32	20	2A	40—25	К		
			1A	25	Б		
100	35	20	2A	25	К		
	25; 40		6C	25			
			125	50	32	1A; 5C; 6C	80—16
6C	8—6						
40	2A	40		К			
	6C						
45	2A	50—16					
		40—25					
	6C	25					
50	4A	25					
	6C						
	2A						
150	40		40				
		6C					
		2A	40—16				
	50	6C					
150	50	1A; 2A; 5C; 6C	80—16	Б			
		6C	6				
175	63	2A	40—16	К			
250	140	100	9A		50—40		
300	150	150	6C				

19. Круги кольцевые типа К



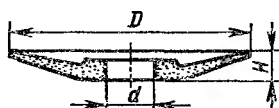
<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зерни- стость	Связка
мм					
110	60	90	1A	12	В
135	70	95; 115			
200	75	125	1A	40—25	Б
			9A	40—16	К
250	125	200	6C	8—6	Б
300	75	230	6C	12—6	Б
300	75	200	9A	40—16	К
350	125	280	1A	40—25	Б
			5C	125	
450	125	250	1A	50—40	
	150			50—25	
	125	300	1A; 5C	50—16	
		380			
	125	250	1A	125—80	
500	150	380	Высоко- пористые	50—16	
	100	400	1A; 5C	50—25	
	100	400	1A	50—40	К
600		480	1A; 5C	25	Б
685	150	580	1A	25—16	

20. Круги тарельчатые типа Т



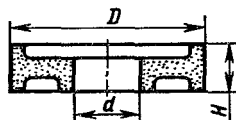
<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка	
мм						
80	8	13	6C	5	Б	
			2A	25—16	К	
			9A	25—16		
100	10	20	2A	40—16		
			9A			
			6C			
125	13	32	6C	6	Б	
			9A	40—16	К	
			2A			
9A						
4A; 6C						
25—16						
150	16		2A	40—16		
			6C	6—5	Б	
			4A	40—25	К	
(175)	16; 20		2A; 6C	40—16		
200	20		2A	40—25		
250	20; 25					

21. Круги тарельчатые типа 1Т



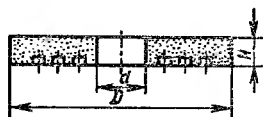
<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка аб-разивного материала	Зернистость	Связка	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка аб-разивного материала	Зернистость	Связка
мм						мм					
100	10	20	1А; 2А	40—12	К; Б	250	25	32	1А; 2А	40—12	К; Б
150						40		(280)			
	16	32				300	20; 25	127			
200	20					350	40				

22. Круги с двусторонней выточкой и ступицей типа ПВДС



D	H	d	Марка абразивного материала	Зернистость	Связка
мм					
150	8	32	2А	40—12	К; Б
	10				
	16	51			

23. Круги с запрессованными крепежными элементами типа ПН



<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	Марка абразивного материала	Круги
	мм			
125	40	32	5С	Высокопористые на эпоксидно-каучуковой связке
150			6С	

В табл. 11 — 23 приняты следующие обозначения абразивных материалов: 1А — нормальный электрокорунд; 2А — белый электрокорунд; 3А — циркониевый электрокорунд; 4А — монокорунд; 5С — черный карбид кремния; 6С — зеленый карбид кремния; обозначения связок: К — керамическая; Б — бакелитовая; В — вулканитовая; размеры кругов в скобках по возможности не применять. Твердость шлифовального круга при одних и тех же номерах зернистости определяется изменением количественного состава связки. Степени твердости кругов приведены в табл. 24.

Характеристики шлифовального круга следует выбирать с учетом следующих правил:

при работе мелкозернистые круги оказываются более твердыми, чем крупнозернистые, поэтому необходимо выбирать мягкие мелкозернистые круги;

для станков с автоматической подачей следует выбирать круги на одну-две степени мягче, чем для станков с ручной подачей;

на шлифовальных станках с повышенной жесткостью и виброустойчивостью надо пользоваться мягкими абразивными кругами;

твердость кругов из белого электрокорунда (24А, 25А) следует выбирать на степень выше кругов из нормального электрокорунда (16А, 15А);

при замене кругов из белого электрокорунда (24А, 25А) кругами из монокорунда (45А, 44А) твердость последних должна быть на одну-две степени выше первых;

для шлифования фасонного режущего инструмента следует выбирать круги с повышенной твердостью;

24. Степень твердости кругов

Степень твердости	Область применения
М1, М2, М3, СМ1, СМ2 (мягкие и среднемягкие)	Плоское шлифование торцом круга (на бакелитовой связке), периферией круга (на керамической связке); шлифование и заточка инструмента из твердых сплавов, минералокерамики, закаленных углеродистых и легированных сталей. Тонкое шлифование, резбошлифование, зубошлифование, суперфиниширование. Шлифование цветных металлов и сплавов
СМ2, С1, С2 (среднемягкие и средние)	Чистовое шлифование (круглое, плоское, внутреннее, бесцентровое) деталей из закаленной стали; шлифование резьб с крупным шагом. Обдирочное шлифование торцом круга
С2, СТ1, СТ3 (средние и среднетвердые)	Шлифование (круглое, бесцентровое, профильное, резбошлифование) незакаленных углеродистых и легированных сталей и сплавов и других вязких материалов; плоское шлифование сегментами; хонингование
СТ1, СТ2, Т1, Т2 (среднетвердые и твердые)	Обдирочное шлифование, шлифование фасонных профилей, прерывистых поверхностей, отрезные работы, зачистка поковок и отливок, ведущие круги для бесцентрового шлифования; хонингование закаленных сталей
ВТ1, ВТ2, ЧТ1, ЧТ2 (весьма твердые и чрезвычайно твердые)	Обдирочное шлифование, правка абразивных кругов методом обкатки и шлифования. Шлифование заготовок с малым припуском (детали часовых механизмов), шлифование шариков для подшипников

Примечание. Цифры справа от буквенных обозначений характеризуют возрастание твердости абразивного инструмента внутри степени.

при шлифовании без смазочно-охлаждающей жидкости следует применять более мягкие круги, чем при шлифовании с охлаждением;

для повышенных режимов шлифования необходимо использовать более твердые круги.

Структура абразивных кругов (табл. 25) определяется соотношением объемов шлифовального материала, связки и пор в круге. Различают три группы структур; структуры № 1—5 называют закрытыми или плотными, № 6—10 — открытыми, № 11—18 — высокопористыми. Абразивные круги изготавливают трех классов точности: АА, А и Б (табл. 26—28).

25. Структура кругов для различных видов шлифования

Структура		Содержание зерна в круге, % (объемная доля)	Область применения
Группа	Номер		
Закрытая или плотная	1	60	Шлифование заготовок с малым припуском на обработку; обработка шарикоподшипников
	2	58	
	3	56	
	4	54	Шлифование и доводка хрупких и твердых материалов; шлифование профильное с большими подачами при переменной нагрузке; отрезка материалов
	5	52	
Открытая	6	50	Шлифование круглое, наружное, бесцентровое, плоское, периферией круга металлов с высоким сопротивлением на разрыв
	7	48	Шлифование вязких материалов с низким сопротивлением на разрыв; плоское шлифование торцом круга, внутреннее шлифование, заточка инструмента
	8	46	
	9	44	Скоростное шлифование (для уменьшения теплообразования), профильное шлифование мелкозернистыми кругами, шлифование резьбы, заточка твердосплавного инструмента
	10	42	
	11	40	
Высокопористая	12	38	
	13	36	Шлифование неметаллических материалов, металлов с низкой теплопроводностью
	14	34	
	15	32	
	16	30	
	17	28	
	18	26	

Примечание. Круги с закрытой или плотной структурой изготовляют на бакелитовой (Б) связке; круги со структурой других групп — на керамической (К) связке.

26. Предельные отклонения (в мм) наружного диаметра шлифовальных кругов **27. Предельные отклонения (в мм) высоты круга**

Номинальный наружный диаметр круга D , мм	Предельные отклонения ($\pm$) для классов точности	
	АА	А; Б
До 6	0,3	0,4; 0,3* ¹
Св. 6 до 30	0,5	0,8; 0,7* ¹
» 30 » 50	0,8	1,2; 1,0* ¹
» 50 » 80	1,0	1,6; 1,2* ¹
» 80 » 180	1,2	2,0; 1,5* ¹
» 180 » 260	1,5	2,7; 2,0* ¹
» 260 » 500	2,0	4,0; 3,0* ¹
» 500 » 800	2,5	5,0; 4,0* ¹
» 800	3,0	6,0; 5,0* ¹

*¹ Для кругов аттестованных на государственный Знак качества.

Номинальная высота круга H , мм	Предельные отклонения ($\pm$) для классов точности	
	АА	А; Б
До 3	0,10	0,3; 0,2* ¹
Св. 3 до 6	0,15	0,5; 0,3* ¹
» 6 » 10	0,20	0,6; 0,5* ¹
» 10 » 16		0,9; 0,7
» 16 » 40		1,2; 0,9
» 40 » 100	0,25	1,2; 0,9* ¹
» 100	0,30	2,0; 1,4* ¹

*¹ Для кругов, аттестованных на государственный Знак качества.

28. Предельные отклонения (в мм) диаметра посадочного отверстия шлифовальных кругов (кроме кругов типа ПН, К)

Номинальный диаметр d посадочного отверстия, мм	Предельные отклонения для классов точности		
	АА	А	Б
До 10	+0,1	+0,2	+0,2
Св. 10 до 18			+0,3
» 18 » 50	+0,2	+0,2	+0,4
» 50 » 80			+0,5
» 80 » 120			
» 120 » 180	+0,2	+0,3	+0,6
» 180 » 260			
» 260	+0,3	+0,4	+0,6

На кругах диаметром свыше 40 до 250 мм маркируют товарный знак предприятия-изготовителя, марку шлифовального материала, зернистость, степень твердости, номер структуры,

марку связки (кроме кругов диаметром 40—60 мм), степень твердости, рабочую скорость, типоразмер, классы точности и неуравновешенности.

Шлифовальные головки. В табл. 29 приведен типаж шлифовальных головок, изготавливаемых на керамической связке из электрокорунда марки 25А или 24А и зеленого карбида кремния марки 64С или 63С.

Алмазные круги. В характеристике алмазного круга указывают его форму и размеры, марку алмаза, зернистость и относительную концентрацию алмазов в алмазоносном слое. Типаж алмазных кругов приведен в табл. 30.

Кроме буквенного обозначения формы (1А1, 12А2, 12V5 и т. д.), круги имеют еще цифровое обозначение каждого типоразмера. Корпус алмазных кругов всех форм и размеров (кроме А8) изготавливают из стали, алюминиевого сплава или пластмасс. В корпусе имеются базовые отверстия, диаметр которых соответствует диаметру посадочных шеек оправок шлифовальных станков.

Алмазоносный слой (кольцо) состоит из алмазного порошка, связки и в некоторых случаях наполнителя.

Алмазные круги изготавливают на органических (О), металлических (М) и керамических (К) связках (табл. 31). Органическая связка обеспечивает хорошее самозатачивание круга при его работе. Она достаточно прочная и вязкая, но имеет сравнительно небольшую жесткость. Поэтому круги на органической связке изготавливают чаще с наполнителем, в качестве которого используют абразивные шлифпорошки (карбид бора, карбид кремния, электрокорунд).

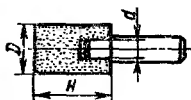
Металлические связки отличаются высокой прочностью и износостойкостью. В некоторые металлические связки также добавляют вышеуказанные наполнители. Кроме того, наполнителем могут являться высокотемпературные твердые связки, обеспечивающие возможность работы алмазных кругов без охлаждения.

Керамические связки характеризуются хрупкостью. Круги на этих связках работают в режиме самозатачивания; их изготавливают как с наполнителем, так и без него.

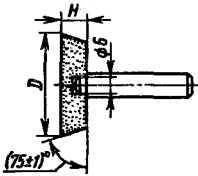
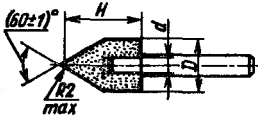
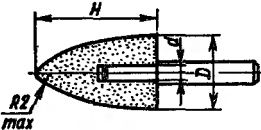
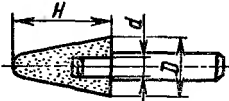
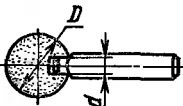
Круги на органических связках применяют для чистовой заточки и доводки режущего инструмента из твердых сплавов, чистового шлифования и доводки измерительного инструмента, деталей машин и других изделий. Можно применять для получистовой и предварительной обработки в случае, когда

29. Головки шлифовальные

Тип	Основные размеры, мм		
	D	H	d
AW цилиндрические	3	6	1,0
			2,0
	4	10	1,5
	5		
	6	6	2,0
		10	
	8	10	3,0
		16	
	10	10	
		25	
	13	6	4,0
		16	
		20; 25	
	16	6; 8	6,0
		20; 25	
		40; 50	
	18	6	
		20	
	20	25; 32	
		40	
	25	25; 32	
	30	10	
	32	32	
	40	40	8,0
		60	13,0

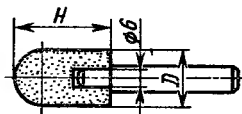


Продолжение табл. 29

Тип	Основные размеры, мм		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>
DW угловые 	12	6	—
	16; 20	8	
	25; 40	10	
EW конические 	10	25	3
	16	50	6
	20	25; 32	
	32	50	
F-1W сводчатые 	6	10	2
	10	20	3
	25	40	6
	32	50	
	35; 38	22	10
KW конические с закругленной вершиной 	16	16	6
	20	32	
	32	40	
	40	60	13
F-2W шаровые 	10	—	3
	16		6
	20		
	25		
	32		

Продолжение табл. 29

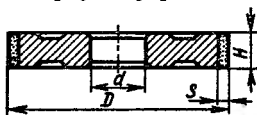
Тип	Основные размеры, мм		
	D	H	d
FW шаровые с цилиндрической боковой поверхностью	16	20	6
	20	32	
	25	25	



Примечание. Головки диаметром $D \leq 13$ мм и типов DW, F-1W, KW, F-2W, FW допускается изготавливать без оправок.

30. Типаж алмазных шлифовальных кругов.

Круги плоские прямого профиля формы IAI на связках O, M, K



Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм				Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	D	H	d	S	50	100	150
2720—0001	16	2	6	2	0,39	0,77	1,16
0002		4			0,77	1,55	2,32
0003		6			1,16	2,32	3,50
0004		8			1,55	3,10	4,60
0005		13			2,52	5,00	7,60
0006	20	4			1,00	1,99	2,98
0007		5			1,24	2,49	3,70
0008		6			1,49	2,99	4,50
0009		8			1,99	4,00	6,00
0010		10			2,49	5,00	7,50
2720—0011		16			4,00	8,00	11,90

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм				Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>S</i>	50	100	150
2720—0012	25	3	6	3	1,37	2,74	4,10
0013		4			1,82	3,60	5,50
0014		6			2,74	5,50	8,20
0015		8			3,70	7,30	11,00
0016		10			4,60	9,10	13,70
0017		12			5,50	10,90	16,40
0018		16			7,30	14,60	21,90
0019	32	4	10		2,40	4,80	7,20
0020		6			3,60	7,20	10,80
0021		8			4,80	9,60	14,40
0022		10			6,00	12,00	18,00
0023		12			7,20	14,40	21,60
0024	16	9,60	19,20		28,90		
0025	40	3	16		2,30	4,60	6,90
0026		4			3,10	6,10	9,20
0027		6			4,60	9,20	13,80
0028		8			6,10	12,30	18,40
0029		10			7,70	15,30	23,00
0030		12			9,20	18,40	27,60
0031		16			12,30	24,60	37,00
0032	50	4	20		3,90	7,80	11,70
0033		6			5,80	11,70	17,50
0034		8			7,80	15,60	23,40
0035		10			9,70	19,50	29,20
0036		12			11,70	23,40	35,0
0037		16			15,60	31,00	47,0
0038	63	2	20		2,49	5,00	7,50
0039		4			5,00	10,00	14,90
0040		6			7,50	14,90	22,40
0041		8			10,00	19,90	29,90
0042		10			12,40	24,90	37,00
0043		12			14,90	29,90	45,00
2720—0044		16			19,90	40,00	60,00

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм				Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>S</i>	50	100	150
2720—0045	80	3	20	3	4,80	9,60	14,40
0046		4			6,40	12,80	19,20
0047		5			8,60	16,00	24,00
0048		6			9,60	19,20	28,70
0049		8			12,80	25,50	38,00
0050		10			16,30	32,00	48,00
0051		12			19,20	38,00	57,00
0052		16			25,50	51,00	77,00
0053		20			32,80	64,00	96,00
0054		6		5	15,60	31,00	47,00
0055		8			20,70	41,00	62,00
0056		10			25,90	52,00	78,00
0057		12			31,00	62,00	93,00
0058		16			41,20	83,00	124,00
0059		20			52,30	104,00	156,00
0060	100	3			6,00	12,10	18,10
0061		4			8,00	16,10	37,00
0062		5			10,00	20,10	30,00
0063		6			12,10	24,10	36,00
0064		8			16,10	32,00	48,00
0065		10			20,10	40,00	60,00
0066		12			24,10	48,00	72,00
0067		16			32,00	64,00	97,00
0068		20			40,00	80,00	121,00
0069		6			19,70	39,00	59,00
0070		8			26,30	53,00	79,00
0071		10			33,00	66,00	98,00
0072		12			39,00	79,00	118,00
0073		16			53,00	105,00	158,00
0074		20			66,00	131,00	197,00
0075		40			131,00	263,00	394,00
0076	125	3	32	3	7,60	15,20	22,80
0077		4			10,10	20,20	30,00
0078		5			12,70	25,30	38,00
2720—0079		6			15,20	30,00	46,00

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм				Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>S</i>	50	100	150
2720—0080	125	10	32	3	25,30	51,00	76,00
0081		12		30,00	61,00	91,00	
0082		15		38,00	76,00	114,00	
0083		20		51,00	101,00	152,00	
0084		6		5	24,90	50,00	75,00
0085		10			41,00	83,00	124,00
0086		12			50,00	100,00	149,00
0087		15			62,00	124,00	187,00
0088		20			83,00	166,00	249,00
0089		32			133,00	265,00	398,00
0090		50			207,00	415,00	620,00
0091	150	3	3	9,10	18,30	27,40	
0092		4		12,20	24,40	37,00	
0093		5		15,20	30,00	46,00	
0094		6		18,30	37,00	55,00	
0095		8		24,40	49,00	73,00	
0096		10		30,00	61,00	91,00	
0097		12		37,00	73,00	110,00	
0098		15		46,00	91,00	137,00	
0099		20		61,00	122,00	183,00	
0100		6		5	30,00	60,00	90,00
0101		8			40,00	80,00	120,00
0102	10	(51)	50,00		100,00	150,00	
0103	12		60,00		120,00	180,00	
0104	15		75,00		150,00	226,00	
0105	20		100,00		200,00	301,00	
0106	32		160,00		321,00	481,00	
0107	200	4	3	16,30	33,00	49,00	
0108		6		24,50	49,00	74,00	
0109		8		33,00	65,00	98,00	
2720—0110		10		41,00	82,00	123,00	

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм				Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>S</i>	50	100	150
2720—0111	200	12	76	3	49,40	98,00	147,00
0112		15		5	61,00	123,00	184,00
0113		20			82,00	163,00	245,00
0114		8			54,00	108,00	162,00
0115		10			67,00	135,00	202,00
0116		20			81,00	162,00	243,00
0117		12			101,00	202,00	303,00
0118		15			135,00	270,00	404,00
0119		20			270,00	540,00	810,00
0120		40			31,00	61,00	92,00
0121	250	6	76	3	51,00	102,00	154,00
0122		10			61,00	123,00	184,00
0123		12			77,00	154,00	230,00
0124		15			102,00	205,00	307,00
0125		20			85,00	169,00	254,00
0126		10		5	102,00	203,00	305,00
0127		12			127,00	254,00	381,00
0128		15			169,00	339,00	510,00
0129		20			339,00	675,00	1015,00
0130		40			423,00	845,00	1270,00
0131		50			510,00	1015,00	1525,00
0132		60			62,00	123,00	185,00
0133	300	10	76	3	74,00	148,00	222,00
0134		12			92,00	185,00	277,00
0135		15			123,00	246,00	370,00
0136		20			153,00	306,00	459,00
0137		15		5	204,00	408,00	610,00
0138		20			408,00	815,00	1225,00
0139		40			510,00	1020,00	1530,00
0140		50			610,00	1225,00	1835,00
0141		60			1020,00	2040,00	3060,00
0142		100			119,00	238,00	358,00
2720—0143		15	127	3	238,00	477,00	715,00

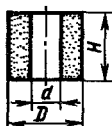
Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм				Масса алмазов в каратах при относительной концентрации			
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>S</i>	50	100	150	
2720—0144	300	20	(127)	3	109,00	219,00	328,00	
0145		15		175,00	350,00	525,00		
0146		20		219,00	438,00	665,00		
0147		40		274,00	546,00	820,00		
0148	350	10	127	5	409,00	815,00	1225,00	
0149	20	655,00			1308,00	1960,00		
0150	400	10		4	815,00	1635,00	2450,00	
0151		16			980,00	1960,00	2940,00	
0152		20	205,00		410,00	615,00		
0153		25	328,00		655,00	985,00		
0154		25	6	410,00	820,00	1230,00		
0155		40		163,00	326,00	489,00		
0156		50		255,00	510,00	765,00		
0157		60		408,00	815,00	1225,00		
0158	25	(203)	4	206,00	411,00	615,00		
0159	40		341,00	680,00	1025,00			
0160	500	10	203	6	545,00	1090,00	1635,00	
0161		16			206,00	411,00	615,00	
0162		20			341,00	680,00	1025,00	
0163		(32)			665,00	1310,00	1965,00	
0164		40			820,00	1640,00	2460,00	
0165		50			1025,00	2050,00	3070,00	
0166		60			1230,00	2460,00	3690,00	
0167		80			1640,00	3280,00	4920,00	
0168		32			(305)	655,00	1310,00	1965,00
2720—0169		50				1025,00	2050,00	3070,00

П р и м е ч а н и е. Здесь и далее размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

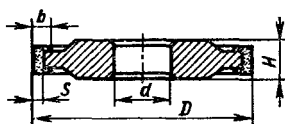
Продолжение табл. 30

Круги плоские прямого профиля без корпуса формы А8 на связках О, М, К



Обозначение типо- размера круга	Основные размеры, мм			Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	50	100	150
2720—0181	6	6	2	0,33	0,66	1,00
0182	8		3	0,57	1,14	1,71
0183		10		0,95	1,90	2,85
0184	10	6	4	0,88	1,76	2,64
0185		10		1,45	2,90	4,36
0186	13	6		1,59	3,18	4,76
2720—0187		10		2,64	5,28	7,92

Круги плоские прямого профиля трехсторонние формы 14U1 на связках О, М, К

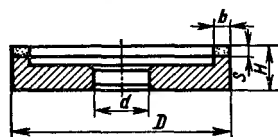


Обозначение типо- размера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	D	H	d	b	s	50	100	150
2720—0201	125	10	32	6	4	16,80	33,60	53,50
0202		12		8		20,20	40,40	53,50
2720—0203	150	12		8		24,30	49,00	73,00

Продолжение табл. 30

Обозначение типо- размера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации				
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150		
2720 — 0204	150	12	32	10	4	28,40	57,00	85,00		
0205				8	6	32,00	64,00	96,00		
0206				10		36,00	72,00	108,00		
0207				8	4	24,30	49,00	73,00		
0208			10	28,40		57,00	85,00			
0209			8		32,00	64,00	96,00			
0210			10		36,00	72,00	108,00			
0211			200	16	32	12	6	73,00	146,00	218,00
0212						14	81,00	162,00	243,00	
0213						12	10	103,00	207,00	310,00
0214	14	111,00				223,00		334,00		
0215	12	6			73,00	146,00	218,00			
0216	14				81,00	162,00	243,00			
0217	12	10			103,00	207,00	310,00			
0218	14				111,00	223,00	334,00			
0219	250	20	76	16	8	132,00	263,00	395,00		
0220				20	152,00	304,00	456,00			
0221				16	12	170,00	339,00	510,00		
2720 — 0222				20		190,00	360,00	570,00		

Круги плоские с выточкой формы 6A2 на связках О, М, К



Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2723—0001	50	22	16	3	2	1,95	3,9	5,8

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2723—0002	50		16	5		3,10	6,2	9,3
0003				3		2,99	6,0	9,0
0004	75	22		5		4,80	9,7	14,5
0005				10	2	9,00	18,0	27,0
0006				3		4,00	8,0	12,1
0007				5		6,60	13,1	19,7
0008			20	10		12,40	24,9	37,0
0009				15		17,60	35,0	53,0
0010				3		8,00	16,1	24,1
0011				5	4	13,10	26,2	39,0
0012	100			10		24,90	50,1	75,1
0013		24		15		35,0	71,7	106,0
0014			(32)	3		5,10	10,1	15,20
0015				5		9,90	19,7	29,6
0016				10		15,90	32,0	48,00
0017				15		22,80	46,0	68,0
0018				3	2	10,10	20,2	30,0
0019				6		19,70	39,0	59,0
0020		22		10		32,0	64,0	95,0
0021	125			15		46,0	91,0	137,0
0022		24		3		5,10	10,1	15,20
0023			32	6		9,90	19,7	29,60
0024				10		32,00	64,0	95,00
0025				15		46,0	91,0	137,0
0026				6	4	23,9	48,0	72,0
0027				10		39,00	77,0	116,0
0028				20		72,0	144,0	216,0
0029	150	26		6		36,0	72,0	108,0
0030				10	6	58,0	116,0	174,0
0031				20		108,0	216,0	323,0
0032		24		6		23,9	48,0	72,0
0033				10	4	39,0	77,0	116,0
0034				20		72,0	144,0	216,0
0035	200		51	6		36,0	72,0	108,0
0036		26		10	6	58,0	116,0	174,0
2723—0037				20		108,0	216,0	323,0

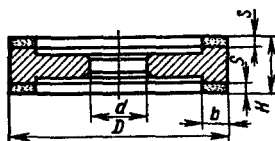
Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каретках при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2723—0038	200	29	51	10	4	53,0	105,0	158,0
0039				20		100,0	199,0	299,0
0040				40		177,0	354,0	530,0
0041				10	6	79,0	158,0	236,0
0042		31		20		149,0	299,0	448,0
0043				40		265,0	530,0	795,0
0044		29		10	4	53,0	105,0	158,0
0045				20		100,0	199,0	299,0
0046				40		177,0	354,0	530,0
0047				10	6	79,0	158,0	236,0
0048		31	76	20		149,0	299,0	448,0
0049				40		265,0	530,0	795,0
0050	250	29	51	10	4	66,0	133,0	199,0
0051				20		127,0	254,0	382,0
0052				40		232,0	465,0	695,0
0053		31		10	6	99,0	199,0	299,0
0054				20		191,0	382,0	570,0
0055		29		40	4	348,0	645,0	1045,0
0056				10		66,0	133,0	199,0
0057				20		127,0	254,0	382,0
0058				40		232,0	465,0	695,0
0059		31	76	10	6	99,0	199,0	299,0
0060				20		191,0	382,0	570,0
0061		29	(127)	40		348,0	695,0	1045,0
0062				10		66,0	133,0	199,0
0063				20		127,0	254,0	382,0
0064				40		232,0	465,0	695,0
0065	300	31	76	10	4	80,0	160,0	241,0
0066				20		155,0	310,0	465,0
0067				40		288,0	575,0	860,0
0068				60		398,0	795,0	1195,0
0069		33		10	6	120,0	241,0	361,0
0070				20		232,0	465,0	695,0
0071				40		431,0	860,0	1295,0
0072				60		595,0	1195,0	1790,0
0073		31	127	10	4	80,0	160,0	241,0
0074				20		155,0	310,0	465,0
0075				40		288,0	575,0	860,0
2723—0076				60		398,0	795,0	1195,0

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2723—0077	300	33	127	10	6	120,0	241,0	361,0
0078				20		232,0	465,0	695,0
0079				40		431,0	860,0	1295,0
2723—0080				60		595,0	1195,0	1790,0

Круги плоские с двусторонней выточкой формы 9А3 на связках О, М, К

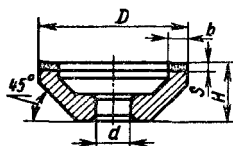


Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2723—0131	100	10	20	3	1,5	6,0	12,10	18,10
0132				6		11,70	23,40	35,00
0133	125	20	32	3	2	10,10	20,20	30,00
0134				6		19,70	39,0	59,0
0135				10		32,00	64,00	95,0
0136				15		46,6	91,0	137,0
0137	150	16	(51)	6	3	36,0	72,0	108,0
0138				10		58,0	116,0	174,0
0139				20		108,0	216,0	323,0
0140				6		36,0	72,0	108,0
0141				10		58,0	116,0	174,0
0142				20		108,0	216,0	323,0
0143				6		36,0	72,0	108,0
0144				10		58,0	116,0	174,0
0145				15		84,0	168,0	252,0
2723—0146				20		108,0	215,0	323,0

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2723—0147	200	16	(32)	6	3	48,0	96,0	145,0
0148				10		79,0	158,0	236,0
0149				20		149,0	299,0	448,0
0150				6		64,0	129,0	193,0
0151		20	51	10		105,0	210,0	315,0
0152				20		199,0	398,0	595,0
0153				6	4	64,0	129,0	193,0
0154				10		105,0	210,0	315,0
0155				20		199,0	398,0	595,0
0156		37	51	6		64,0	129,0	193,0
0157				10		105,0	210,0	315,0
0158				20		199,0	398,0	595,0
0159		250	21	6	3	61,0	121,0	182,0
0160				10		100,0	199,0	299,0
0161				20		191,0	382,0	570,0
0162				6	4	81,0	162,0	243,0
0163			76	10		133,0	265,0	398,0
0164				20		254,0	510,0	765,0
0165				6		51,0	162,0	243,0
0166				10		133,0	265,0	398,0
2723—0167				20		254,0	510,0	765,0

Круги чашечные конические формы 12A2 с углом 45°



Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Вид связ- ки	Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>		50	100	150
2724—0001	50	19,5		2	(1,5)	О; М	1,00	1,99	2,98
0002				3			1,46	2,92	4,40
0003				2	2		1,99	4,00	6,00
2724—0004	21	16		3	3		2,92	5,80	8,80

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Вид связ- ки	Масса алмазов в каратах при относительной концентрации			
	D	H	d	b	s		50	100	150	
2724—0005	75	20	16	3	2	O; M	2,99	6,00	9,00	
0006				6			5,70	11,40	17,20	
0007		21		3	3	O; K	4,50	9,00	13,40	
0008				6			8,60	17,20	25,80	
0009	100	26	20	6	3	O; M; K	11,70	23,40	35,10	
0010		27		10			18,70	37,70	56,60	
0011				6			15,60	31,00	47,00	
					4					
0012		28		10	5		24,90	50,10	75,00	
0013				6			19,50	39,00	58,50	
0014		32		10	O; M	31,00	62,00	93,00		
0015				3			6,00	12,10	18,10	
0016		34		5	O; M; K	9,90	19,70	29,60		
0017				10		3	18,70	37,00	56,00	
0018				3	O; M	10,10	20,10	30,00		
0019						5	O; M; K	16,40	33,00	49,00
0020								10	5	31,00
0021						125	26	6	3	O; M
0022		27		10			O; M; K	23,80	48,00	71,00
0023				6					19,70	39,00
	28	10	5		32,00		64,00	95,00		
0024		6					24,70	49,00	74,00	
0025	32	10		O; M	40,00		80,00	119,00		
0026										
0027	40	3	5	O; M; K	76,00		15,20	22,80		
0028					10	O; M; K	12,40	24,90	37,00	
0029									23,80	48,00
0030					42	5	5	O; M; K	12,60	25,30
2724—0031				20,70					41,00	62,00

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Вид связ- ки	Масса алмазов в каратах при относительной концентрации			
	D	H	d	b	s		50	100	150	
2724—0032	125	42	32	10	5	O; M; K	40,00	80,00	119,00	
0033	150	26		6	3		18,00	36,00	54,00	
0034				10			29,00	58,00	87,00	
0035		28		15	5		42,00	84,00	126,00	
0036				6			30,00	60,00	90,00	
0037				10			48,00	97,00	145,00	
0038				15			70,00	140,00	210,00	
0039		40		(5)	3		15,00	30,00	45,00	
0040				10			29,00	58,00	87,00	
0041				20			54,00	108,00	162,00	
0042		42		(51)	(5)		5	25,10	50,00	75,00
0043					10			48,00	97,00	145,00
0044					20			90,00	180,00	269,00
0045	40	51	(5)	3	15,00	30,00	45,00			
0046	10		29,00		50,00	87,00				
0047	20		54,00		108,00	162,00				
0048	42		(5)	5	25,10	50,00	75,00			
0049			10		48,00	97,00	145,00			
0050			20		90,00	180,00	269,00			
0051	175		25	2	14,00	28,00	42,00			
0052			10		22,80	46,00	68,00			
0053			15		33,00	66,00	100,00			
0054			26	6	O; M	21,00	42,00	63,00		
0055				10		34,00	68,00	103,00		
0056				15		50,00	100,0	149,00		
0057		27	28	6	4	28,00	56,00	84,00		
0058				10		46,00	91,00	137,00		
0059				15		66,00	133,00	199,00		
0060				6		35,00	70,00	105,00		
2724—0061				10	5		57,00	114,00	171,00	

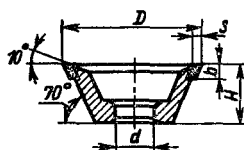
Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Вид связки	Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>		50	100	150
2724—0062	175	28		15	5	О; М	83,00	166,00	249,00
0063				10	3		39,00	79,00	119,00
0064		26	51	15			58,00	115,00	173,00
0065				20			75,00	149,00	224,00
0066				10			66,00	131,00	197,00
0067		28		15	5		96,00	192,00	288,00
0068				20			124,00	249,00	373,00
0069				10			50,00	99,00	149,00
		50	(32)		3				
0070				20			95,00	191,00	286,00
0071				10			83,00	166,00	249,00
		52			5				
0072				20			159,00	318,00	477,00
0073				10			50,00	99,00	149,00
	200	50	51		3				
0074				20			95,00	191,00	286,00
0075				10			66,00	131,00	197,00
					5				
0076		52		20			124,00	249,00	373,00
0077				10			39,00	79,00	119,00
		50	(76)		3				
0078				20			75,00	149,00	224,00
0079				10			66,00	131,00	197,00
		52			5				
0080				20			96,00	192,00	288,00
0081				10			50,00	99,00	149,00
0082		26		15	3		73,00	146,00	219,00
0083				20			95,00	193,00	286,00
			76						
0084				10			83,00	166,00	249,00
0085		28		15	5		122,00	244,00	365,00
0086				20			159,00	318,00	477,00
	250								
0087				10			50,00	99,0	149,00
		50	(51)		3				
2724—0088				20			95,00	191,00	286,00

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Вид связки	Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>		50	100	150
2724—0089	250	52	(51)	10	5	О; М	83,0	166,00	249,00
0090				20			159,00	318,00	477,00
0091		50		10	3		50,00	199,00	149,00
0092				20			95,00	191,00	286,00
0093		52	76	10	5		83,00	166,00	249,00
0094				20			159,00	318,00	477,00
0095		50		10	3		50,00	99,00	149,00
0096				20			95,00	191,00	286,00
0097		52	(127)	10	5		83,00	166,00	249,0
2724—0098				20			159,00	318,00	477,00

Круги чашечные конические формы ИВ9 с углом 70° на связках О, М

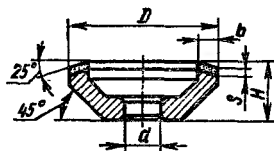


Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2724—0101	50	20	16	3	1,5	1,47	2,95	4,40
0102	75	32				5,90	11,70	17,60
2724—0103	100	40	20	6	2	7,90	15,90	23,80

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2724—0104	100	40	20	10	2	13,00	26,10	39,00
0105	125		32	6	3	14,90	29,80	45,00
0106				8		19,60	40,00	59,00
0107				10		24,50	49,00	74,00
0108	150		51	6		18,00	36,00	54,00
2724—0109				10		29,70	55,00	89,00

Круги тарельчатые формы 12V5 с углом 45° на связках О, М

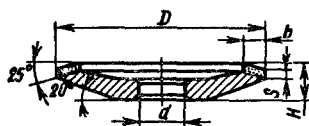


Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2724—0121	50	20	16	3	3	2,93	5,90	8,80
0122								
0123			20	3	3	4,50	9,00	13,40
0124								
0125	75	25		6		7,80	15,50	23,50
0126								
0127			32	3	4	8,10	16,10	24,20
0128								
2724—0129	100	32		6		15,60	31,20	46,80

Продолжение табл. 30

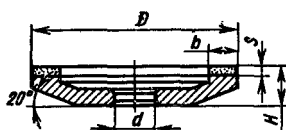
Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2724—0130	100	32	20	6	4	15,60	31,20	46,80
0131	125	40	32	3		10,10	20,20	30,00
0132				6				
0133								
0134	5		19,70		39,40	59,20		
0135				150			51	
0136								
0137								
2724—0138								

Круги тарельчатые формы 12V5 с углом 20° на связках О, М



Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	D	H	d	b	s	50	100	150
2725—0071	32	5	10	1,5	1,0	0,35	0,70	1,04
0072								
0073	50	6	16	1,5				
0074					1,5	0,76	1,51	2,26
0075	75	10	20	3	2	2,99	6,00	9,00
2725—0076								

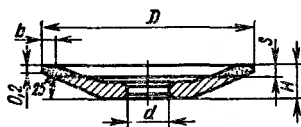
Продолжение табл. 30

Круги тарельчатые конической формы 12А2 с углом 20° 

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации			
	D	H	d	b	s				
						50	100	150	
2725—0001	50	6	10	3	2	1,95	3,90	5,80	
0002				6		3,70	7,30	11,00	
0003			16	3		1,95	3,90	5,80	
0004				6		3,70	7,30	11,00	
0005				3		2,99	6,00	9,00	
0006	75	8	20	6		5,70	11,40	17,20	
0007				3		4,00	8,00	12,10	
0008	100	10		6					
0009				3		7,80	15,60	23,40	
0010				6		5,10	10,10	15,20	
0011	150	16		10		9,90	19,70	29,60	
0012				3		15,90	32,00	48,00	
0013		32	6	6,10		12,20	18,30		
0014			10						
0015			6	11,90		23,90	36,00		
0016	175	18	51	10		19,40	39,00	58,00	
0017				20		14,00	28,00	42,00	
0018				10		22,80	46,00	68,00	
0019	200	20		20		16,10	32,00	48,00	
0020				10		26,30	53,00	79,00	
2725—0020	250	23		6		20,20	40,00	61,00	
				10		33,00	66,00	100,00	

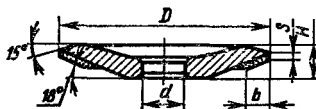
Продолжение табл. 30

Круги тарельчатые формы 12R4 на связках О, М



Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	D	H	d	b	s	50	100	150
2725—0041	50	16	6	2	1,5	1,12	2,25	3,40
0042	75	20	10			3,20	6,40	9,60
0043	100			3	2	4,40	8,80	13,20
0044	125	32	13			5,60	11,10	16,70
0045								
2725—0046	150	51	16	5	3	15,60	31,00	47,00

Круги тарельчатые формы 12D9 на связках О, М



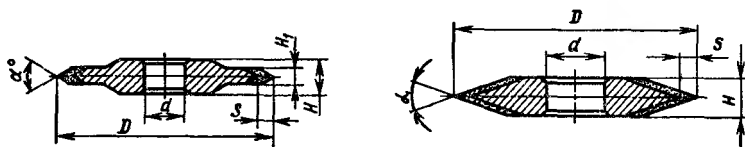
Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	D	H	d	b	s	50	100	150
2725—0101				4		6,7	13,4	20,4
0102	125	11	32		2	15,7	35,0	47,0
2725—0103				8				

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	50	100	150
2725—0104	125	11	32	8	2	15,7	35,0	47,0
0105	150	13		8	3	23,6	47,0	71,0
0106								
0107								
0108						16		44,0
0109	200	16	8	32,0		64,0	96,0	
0110			16	61,0		122,0	183,0	
0111			25	91,0		181,0	272,0	
0112								
0113			8	32,0		64,0	96,0	
0114			16	61,0		122,0	183,0	
0115			25	91,0		181,0	272,0	
0116								
0117	250	20	8	32,0		64,0	96,0	
0118			16	61,0		122,0	183,0	
0119			25	91,0		181,0	272,0	
0120								
0121			8	32,0		64,0	96,0	
0122			16	61,0		122,0	183,0	
0123			25	91,0		181,0	272,0	
0124								
0125	300	25	76	16		78,0	155,0	233,0
0126			16	78,0		155,0	233,0	
0127			25	117,0		233,0	350,0	
0128			25	117,0		233,0	350,0	
0129			40	216,0		431,0	645,0	
2725—0130	300	25		40			216,0	431,0

Продолжение табл. 30

Круги плоские с двусторонним коническим профилем формы 14EE1X,
1EE1X на связках O, M



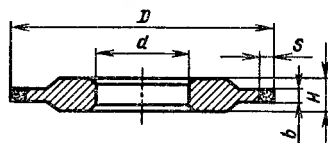
Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм						Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	D	H	d	α°	H ₁	s			
							50	100	150
2727—0001	40	5	6	45	5	5	3,0	6,0	9,0
0002	100		20	35		6	11,1	22,2	33,0
0003				45		5	9,5	19,0	28,4
0004				60		4	7,7	15,5	23,2
0005				90		3	5,9	11,9	17,8
0006	125	6		35	3	6	14,2	28,4	43,0
0007				45		5	12,1	24,1	36,0
0008				60		4	9,8	19,6	29,4
0009				90		3	7,5	15,0	22,5
0010	150			35		6	17,3	35,0	52,0
0011				45		5	14,7	29,3	44,0
0012				60		4	11,9	23,8	36,0
0013				90		3	9,0	18,1	27,1
0014		8	32	35		6	28,2	56,0	84,0
0015				45		5	24,0	48,0	72,0
0016				60		4	19,6	39,0	59,0
0017				90		3	15,0	30,0	45,0
0018	175	10		35	5	6	33,0	67,0	100,0
0019				45		5	28,4	57,0	85,0
0020				60		4	23,1	46,0	69,0
0021				90		3	17,6	35,0	53,0
0022	200		51	35		6	38,0	77,0	116,0
0023				45		5	33,0	65,0	98,0
2727—0024				60		4	26,4	53,0	79,0

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм						Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	α°	<i>H</i> ₁	<i>s</i>	50	100	150
2727—0025	200	10	51	90	5	3	20,2	40,0	61,0
0026				35		6	39,0	79,0	118,0
0027				45		5	33,0	66,0	100,0
					4				
0028				60		4	26,8	54,0	81,0
0029				90		3	20,3	41,0	61,0
			76						
0030				35		6	58,0	117,0	175,0
0031	250			45		5	49,0	99,0	148,0
					6				
0032				60		4	40,0	80,0	120,0
0033				90		3	30,0	61,0	91,0
0034				45		5	47,0	94,0	141,0
0035	350		127	60	4	4	38,0	76,0	114,0
0036				45		5	70,0	140,0	210,0
					6				
0037				60		4	57,0	113,0	170,0
0038				45		5	47,0	94,0	141,0
					4				
0039			203	60		4	38,0	76,0	114,0
0040				45		5	70,0	140,0	210,0
					6				
0041				60		4	57,0	113,0	170,0
0042		15		45		5	54,0	108,0	162,0
					4				
0043				60		4	43,0	87,0	130,0
			127						
0044				45		5	80,0	161,0	241,0
					6				
0045				60		4	65,0	130,0	195,0
0046	400			45		5	54,0	108,0	162,0
					4				
0047				60		4	43,0	87,0	130,0
			203						
0048				45		5	80,0	161,0	241,0
					6				
2727—0049				60		4	65,0	130,0	195,0

Продолжение табл. 30

Круги плоские прямого профиля формы 14A1

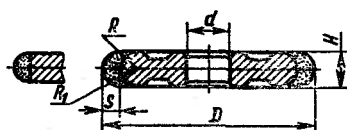


Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Вид связки	Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	D	H	d	b	s		50	100	150
2720—0301	100		20	3	3	O; M; K	6,0	12,1	18,1
0302				5			10,1	20,1	30,2
0303				3	9,9		19,7	29,6	
0304				5	16,4		33,0	49,0	
0305	125	6		3	3		7,6	15,2	22,8
0306				5			12,7	25,3	38,0
0307				3	12,5		25,0	37,3	
0308				5	20,7		41,0	62,0	
0309		8	32	3	3		9,1	18,3	27,4
0310				5			15,3	30,5	45,7
0311				3	15,1		30,1	45,1	
0312				5	25,1		50,0	75,0	
0313	150			3	O; M	20,6	42,0	62,0	
0314				5		35,0	69,0	104,0	
0315				7		48,0	97,0	145,0	
0316				9		62,0	125,0	187,0	
0317	175	8	51	3	3		10,7	21,4	32,0
0318				5			17,8	36,0	53,0
0319				3	18,0		36,0	52,0	
2720—0320				5	5		29,4	59,0	88,0

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм					Вид связки	Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	D	H	d	b	s		50	100	150
2720—0321	200	10	51	3	3	O; M	12,3	24,5	37,0
0322				5	5		20,5	41,0	61,3
0323				3			20,2	40,5	61,0
0324				5	7		34,0	67,0	101,0
0325				3			28,0	56,0	84,0
0326				5	47,0		93,0	140,0	
0327				7	5		65,0	131,0	196,0
0328				9			84,0	168,0	252,0
0329				3	25,4		50,7	76,1	
0330				5	250		76	7	42,3
0331	3	35,5	71,0	106,5					
0332	5	5	59,2	118,3				177,5	
0333	7		83,0	166,0				249,0	
0334	3	7	25,4	50,7				76,1	
0335	5		42,3	84,5				126,8	
0336	3		35,5	71,0				106,5	
0337	5	7	59,2	118,3				177,5	
2720—0338	7		83,0	166,0	249,0				

Круги плоские с полукругло-выпуклым профилем формы IFFIX на связках M, O



Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм						Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	D	d	H	R	R ₁	s	50	100	150
2729—0001	50	16	2,0	1,0	1	2	1,31	2,63	3,90
			30	1,5	2	4			

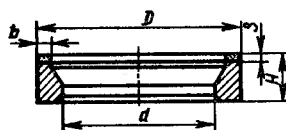
Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм						Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>H</i>	<i>R</i>	<i>R</i> ₁	<i>s</i>	50	100	150
2729—0002	50	16	3,0	1,5	2		3,70	7,30	11,00
0003			4,0	2,0			4,80	9,60	14,30
0004	75				3		7,40	14,80	22,20
0005			5,0	2,5			9,40	18,70	28,10
0006			6,0	3,0	4		11,0	21,90	33,0
0007		20	8,0	4,0	5	4	14,40	28,80	43,0
0008			10,0	5,0	6		17,80	36,00	54,00
0009			4,0	2,0			10,10	20,10	30,00
					3				
0010			5,0	2,5			12,70	25,40	38,00
0011			6,0	3,0	4		14,90	29,70	45,00
0012	100		8,0	4,0	5		19,60	39,00	59,00
0013			10,0	5,0	6		24,30	49,00	73,00
0014			12,0	6,0	7		43,00	87,00	130,00
0015			16,0	8,0	9	6	57,00	114,00	172,00
0016			20,0	10,0	12		68,00	137,00	205,00
0017			4,0	2,0			12,70	25,40	38,00
					3				
0018			5,0	2,5			16,00	32,00	48,00
0019			6,0	3,0	4	4	18,80	38,00	56,00
0020	125	32	8,0	4,0	5		24,80	50,00	74,00
0021			10,0	5,0	6		31,00	61,00	92,00
0022			12,0	6,0	7		55,00	111,00	166,00
					9	6			
0023			16,0	8,0			73,00	146,00	219,00
0024			20,0	10,0	12		87,00	174,00	261,00
2729—0025	150		10,0	5,0	6	4	37,00	74,00	111,00

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Основные размеры, мм						Масса алмазов в каратах при относительной концентрации		
	D	d	H	R	R^1	s	50	100	150
2729—0026	150	32	12,0	6,0	7	4	44,00	88,00	133,00
0027			16,0	8,0	9		58,00	117,00	175,00
0028			20,0	10,0	12		106,00	212,00	318,00
0029	200	51	20,0	10,0	12	6	144,00	287,00	431,00
0030			30,0	15,0	16		220,00	440,00	660,00
0031	250		20,0	10,0	12		181,00	362,00	545,00
2729—0032			30,0	15,0	16		278,00	555,00	835,00

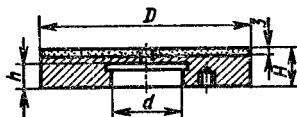
Круги шлифовальные для обработки неперетачиваемых пластин из твердого сплава ($D = 350$ мм; $d = 135$ мм; $H = 35$ мм; $s = 4$ мм)



Обозначение типо- размера круга	b , мм	Обозначение типо- размера круга	b , мм
1842—2001	6	1842—2005	25
2002	8	2006	30
2003	10	1842—2007	35
1842—2004	15		

Продолжение табл. 30

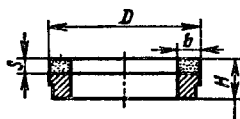
Круги плоские формы 6A2T



Обозначение типоразмера круга	Размеры, мм				Обозначение типоразмера круга	Размеры, мм			
	D	d	H	h		D	d	H	h
2723—0201	100	40	16	12	2723—0204	250	80	16	12
0202	150				0205	300		18	14
2723—0203	200	80			2723—0206	400			

Примечание. Предназначены для обработки плоских поверхностей деталей из неметаллических материалов. Изготавливают из алмазных порошков марки А1 зернистостью 50/40 на металлической связке марки М.

Круги кольцевые формы 2A2



Обозначение типоразмера круга	Размеры, мм			
	D	H	s	b
2728—0001	5	8	3	2
0002	8			
0003	10			
0004	14	10	5	3
0005	20			
0006	26			
0007	32			
2728—0008	38			4

Продолжение табл. 30

Обозначение типоразмера круга	Размеры, мм			
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>s</i>	<i>b</i>
2728—0009	45	10	5	4
0010	50			
0011	55			
0012	60			
0013	65			
0014	70	16	5	5
0015	75			
0016	80			
0017	90			
0018	100			
0019	110			
0020	120			
0021	130			
0022	140			
0023	150			
0024	160			
0025	180			
0026	200			
0027	220			
0028	250			
2728—0029	280			

Примечание. Круги изготовляют из природных алмазов марки А1 или синтетических алмазов марок АС6, АС15 и АС32 зернистостью 40/315—50/40, а также микропорошков марок АМ, АН, АСМ и АСН зернистостью 60/40—10/7 на металлической связке; относительная концентрация составляет 12,5, 25, 50, 75, 100, 125 и 150.

...и, применяемые для алмазных кругов

Марка		Относительная концентрация	Особенности кругов	Область применения
связки	алмаза			
Органические связки				
...; B3; B8; B1-04; B1-01(BP); B3-03(P1) (эластичной основе); P14 и эластичной жесткости)	АС2, АСМ (алмазы без покрытий)	25;50;100	Постоянная режущая способность вследствие интенсивного самозатачивания; не требуют частой правки; обеспечение высокого качества обработанных поверхностей в связи с уменьшением силы резания и температуры в зоне шлифования	Доводочное шлифование; заточка; полировка твердосплавного инструмента и деталей из стальных закаленных и инструментальных сталей с повышенными требованиями к качеству обработанной поверхности
...; B2-02 (01) (с ...ным наполнителем)	АС2; АС4 (алмазы с покрытием)	50;100	То же	Чистовая заточка; шлифование сплавов и изделий без охлаждения; шлифование твердых деталей (с охлаждением и без него)
... (B156); B1-10 B1-01 (БП2) (с ...)	АС4	50; 100	Высокая режущая способность и износостойкость; возможность обработки твердого сплава совместно со стальной державкой; снижение сил резания и температуры в зоне обработки	Получистовое и чистовое шлифование; шлифование твердосплавного инструмента и изделий с охлаждением и без него; фильное шлифование
Металлические связки				
(MB1); M1-02 M2-01 (M1); M1-10; TM2; П1-10; M3-10	АС4; АС6 (с покрытием и без него)	50;100	Высокая износостойкость (малый относительный расход алмазов), сохранение формы профиля и высокой стойкости инструмента; допускают работу с переменными силами резания; необходимость периодической правки в связи с «засаливанием» кругов	Высокопроизводительное получение чистового и получистового шлифования твердосплавного инструмента и твердых деталей с охлаждением; профильное и радиальное шлифование; шлифование с охлаждением; резьбошлифование
... MO16; MO20	АС4; АС6; АС15	100	Высокая износостойкость и небольшое «засаливание»; возможность снятия больших припусков	Многопроходное шлифование сплавов, быстрорежущих сталей, многогранных и ретачиваемых деталей из титановых и жаропрочных сплавов

Марка		Отно- сительная концентрация	Особенности кругов	Область применения
связки	алмаза			

Керамические связки

0; CY; K5; K16	AC4; AC6	50; 100	Высокая режущая способ- ность и возможность дости- жения качества обработанной поверхности	Шлифование твер- дых сплавов совместно со сплавом с охлаждением
----------------	-------------	---------	---	---

Связки для электроалмазного шлифования

В1); M1-02	AC4; AC6 (с покры- тием и без него)	100	Возможность снятия больших припусков; снижение сил ре- зания и температур в зоне шлифования	Высокопроизводи- тельное шлифование твер- дых сплавов и сталей; за- чистка
К); M2-01 (M1); M15); M2-02 (M)	AC6; AC15	50; 100		Шлифование твер- дых сплавов со сталью высоких требований качества обработки
П3) органичес- ко-водная; M04; 3 металлоорга-	AC4	100	То же	Шлифование мол- бденовых сплавов и специальных сталей высоких требований качества обработки поверхностей
ной стойкости (); M2-05 (МК); (M15)	AC6; AC15	50; 100; 150	Сравнительно малый удель- ный расход алмазов, сохране- ние формы профиля и высо- кой стойкости; допускают работу с перегрузками и руч- ными подачами	Получистовое и при- зачистное шлифование тв- дых деталей при высоких требованиях к стойкости кругов (с охлаждением), заделывание пазов в твердом материале, других труднооб- рабатываемых материалах
альваническая	AC2; AC6; AC15	100; 150	Высокая износостойкость	Врезное шлифова- ние тонкими кругами из сплава с медью

применение смазочно-охлаждающей жидкости недопустимо. При обработке твердосплавного инструмента алмазными кругами на органических связках параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra = 0,08 \div 0,040$ мкм.

Круги на металлических связках применяют для предварительных операций, требующих съема сравнительно больших припусков, а также для заточки твердосплавного режущего инструмента, шлифования изделий из твердых сплавов, керамики, титановых и жаропрочных сплавов и других труднообрабатываемых материалов, лезвийных инструментов из сверхтвердых материалов. При работе кругами на металлических связках параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra = 1,25 \cong 0,080$ мкм.

Круги на керамических связках используют для предварительных и чистовых операций при заточке твердосплавных инструментов и шлифовании твердосплавных штампов одновременно по твердому сплаву и стали. При обработке этими кругами обеспечивается параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra = 0,63 \cong 0,16$ мкм.

Зернистость алмазных кругов в соответствии с ГОСТ 9206—80 определяется зернистостью используемых для их изготовления шлифпорошков и микропорошков.

Для предварительного шлифования применяют круги зернистостью 315/200; 200/160—100/80 (алмазы марок АС4, АС6); для чистового шлифования — круги зернистостью 80/63—50/40 (алмазы марок АС2, АС4); для окончательного шлифования — круги зернистостью 40/28 и мельче. В случае, когда предварительное и окончательное шлифование осуществляются одним кругом, следует применять круги зернистостью 100/80—63/50 (алмазы марок АС4 и АС6).

Зернистость алмазных кругов в зависимости от требуемого параметра шероховатости приведена в табл. 32.

Эффективность работы алмазных кругов зависит от относительной концентрации в них алмазов, т. е. от отношения массовой концентрации алмаза к условной массовой концентрации алмаза, принятой равной $0,88 \text{ г/см}^3$. Шлифовальные круги выпускают с относительной концентрацией 50, 75, 100 и 150.

Специальные алмазные круги изготавливают с относительной концентрацией 200.

Выбор относительной концентрации алмазных кругов определяется видом шлифовальной операции, производительностью шлифования, относительным расходом алмазов и

32. Зернистость алмазных кругов в зависимости от параметра шероховатости поверхности

Параметр шероховатости обработанной поверхности <i>Ra</i> , мкм	Связка алмазного круга	
	металлическая	органическая (бакелитовая)
1,25—2,5	315/250—200/160	—
0,63—1,25	200/160—125/100	—
0,32—0,63	125/100—80/63	—
0,16—0,32	63/50—50/40	80/63—63/50
0,08—0,16	—	63/50—50/40
0,04—0,08	—	40/28—28/20
0,02—0,04	—	20/14—10/7

экономическими показателями. На выбор относительной концентрации кругов влияет также вид связки и абразивного материала.

Для большинства операций алмазного шлифования и заточки применяют круги с относительной концентрацией 100.

На корпусе алмазных кругов с наружным диаметром 60 мм и более указаны: товарный знак предприятия-изготовителя, обозначение круга, марка и зернистость алмазного порошка; относительная концентрация алмазов в алмазоносном слое, марка связки, номер круга по системе нумерации предприятия-изготовителя, номер стандарта и год изготовления.

На корпусах кругов с наружным диаметром до 60 мм маркируют только номер круга и товарный знак завода-изготовителя. Полная маркировка этих кругов содержится на бирках из пресс-шпана. Алмазные круги снабжают паспортом, содержащим, кроме маркировочных данных, такие сведения, как масса алмазов (в каратах), допустимая рабочая скорость (в м/с), и имеют штамп технического контроля предприятия-изготовителя.

Круги из кубического нитрида бора (эльбора) (табл. 33—55) применяют для шлифования, заточки и доводки инструментов из быстрорежущих сталей.

Эльборовые круги характеризуются формой и размерами, маркой эльбора; зернистостью, твердостью, структурой и относительной концентрацией эльбора в эльборсодержащем слое. Корпус эльборового круга изготавливают из стали, алюминия, электрокорунда и других материалов. В корпусе имеются базовые отверстия, диаметр которых соответствует диаметру

посадочных шеек оправок или планшайб заточных и шлифовальных станков.

Эльборсодержащее кольцо состоит из эльборового порошка, связки и наполнителя, повышающего прочность кольца и снижающего его износ. Между корпусом и эльборсодержащим слоем иногда помещают безэльборовый слой из связки. Толщина эльборсодержащего слоя кругов составляет 1,5–20 мм в зависимости от назначения круга.

Эльборсодержащий слой кругов изготовляют из эльбора марок ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД (дробленые), ЛОМ (металлизированные), ЛОС (со стеклопокрытием) зернистостью 250/200–14/10 для кругов на керамической связке, зернистостью 250/200–3/2 для кругов на органической связке и зернистостью 200/160–80/63 для кругов на металлической связке.

Круги из эльбора, кубонита и гексанита изготовляют на органических (О), керамических (К) и металлических (М) связках (табл. 56). Круги на органических связках (В2-01, КБ, В1-02) по форме и технологии изготовления подобны аналогичному алмазному инструменту, а на керамической связке — абразивному инструменту.

Зернистость эльборовых кругов определяется зернистостью используемых для их изготовления шлифзерен, шлифпорошков и микропорошков. Зернистость кругов из эльбора выбирают в зависимости от требований, предъявляемых к параметрам шероховатости обрабатываемой поверхности.

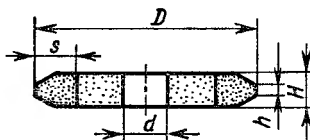
Твердость кругов из эльбора характеризуется прочностью удержания зерен связкой.

Круги на керамической связке выпускаются следующих степеней твердости: среднемягкие СМ (СМ1, СМ2), средние С (С1, С2), среднетвердые СТ (СТ1, СТ2), твердые Т (Т1, Т2). Цифры 1, 2 характеризуют твердость кругов в порядке ее возрастания.

Твердость эльборовых кругов на органических связках КБ, Б, В2-01 и В1-02 не регламентируется. Круги на связке БИ-1 выпускаются трех (М, С, Т) степеней твердости.

Структура кругов из эльбора характеризуется содержанием зерен эльбора, связки и пор в единице объема рабочей (эльборсодержащей) части круга, выраженным в процентах, и обозначается определенным номером. Структуре с объемом зерен в эльборсодержащей части круга 60% присвоен первый номер. Каждому следующему номеру структуры соответствует объем эльборовых зерен, уменьшенный на 2%.

33. Круги плоские с двусторонним коническим профилем типа 1D1

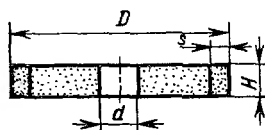


Размеры, мм
Ширина кромки
 $h = 2 \div 5$ мм

D	H	d	s
60	10	13	12
80	13; 20	16	15
100	10	20	20
	16		
	20		25
125	13	32	15
	16		
	20		25
150	10; 13; 16; 20		10; 12; 15
	10; 13; 16	51	
250	13	76	18
350	8	160	10
400	10	203	
500	13	305	

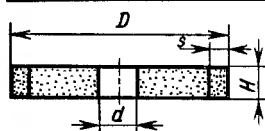
Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200 – 14/10; степень твердости СМ1–СМ2; связка К; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

34. Круги плоские прямого профиля типа 1А1



Исполнение I			
Размеры, мм			
D	H	d	s
25	5; 6; 10; 20; 25	6	5
30	6; 7		
	6; 3	13	
32 (30)	10; 12; 20; 25; 32	10	
	6; 6,3; 10; 12; 20	13	
35	7	6	
(35)	10; 15; 20; 25; 32	10	
40	8; 11	6	
	7; 8; 10; 20	10	
	10; 20; 25	13	
	10; 32	16(20)	
45	25	16	
50	4; 10	10	10
	10; 20; 25; 32	16	5
	11; 20; 25; 32 40; 50	20	
63 (60)	10; 11; 20; 32 40; 50		
70	40		
75	10; 11; 12; 18		

Продолжение табл. 34



Размеры, мм			
D	H	d	s
(70)	24; 25; 32; 50	20	5
(80)	10; 11; 12; 20 32; 40; 50		
(90)	25; 50		
(100)	5; 6; 9; 10; 11; 12; 16; 20; 32; 40; 50		
(110)	10; 11; 13; 17; 19; 20; 24; 30; 32; 40; 50		
125	5; 10; 11; 12; 17; 19; 20; 21; 25; 32; 40; 50	32	10; 20
	10; 12; 17; 18; 19; 20; 21; 25; 27; 32		
150	5; 10; 16		
	16		
(160)	10; 16; 20; 32		5
175	10; 16	20; 32	10
200	8; 10; 16; 20	32	5
	10; 16; 20		10; 20
	20	76	5
250	10; 16; 20; 25		
300	10; 16; 20; 25	127	

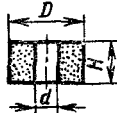
Продолжение табл. 34

Размеры, мм

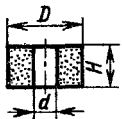
D	H	d	s
(320)	8; 10; 12; 16; 20; 25	127	5
350	32		10
	16; 20; 25		5
	8; 40	10	
	63	160	20
(360)	10; 16; 20	127	5
400	10; 13; 16; 20; 25; 32; 40	203 (127)	10 20 10; 20
500	20; 25	203	
	40		
		13; 20; 25; 40; 50	305

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200—14/10; степень твердости СМ2-СТ1, связка К; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

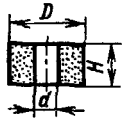
35. Круги плоские прямого профиля без корпуса типа А8

Размеры, мм	D	H	d
	1	1,6	0,5
	1,5	1,7	0,8
	2	2,2	1

Продолжение табл. 35

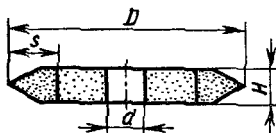
Размеры, мм	D	H	d
	3	4; 6	1,2
		0,8; 2; 2,5; 3,5; 4	1,5
4		6; 8	1,6; 1,8
		3,5; 4	2
5		3,5; 5; 6; 8; 10	
		10	
6		5; 6; 7; 8; 10	2,6
		4; 5	3
7		2; 3; 5	2
		10; 12	3
8		5,6; 8; 10; 12; 14; 16	3
9		2; 3,2	2
		6; 7; 10; 12	3
10		6; 8; 14; 10; 12; 16	3
		4; 10	4
		3; 4; 8; 10; 12; 16	3
12		8; 10; 12; 13; 16	4
13		6; 8; 12; 14	4
14		10; 16	4
15		11; 16; 20; 25	5
15		20	6
16		3	3
		10; 16	5
		5; 6; 10; 12; 16; 25	6

Продолжение табл. 35

Размеры, мм		D	H	d
	17	3; 16		3
		6; 11; 14; 16; 18		6
		3		3
		5		5
		10; 16; 17; 20; 25		6
	22	8; 13		8

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200–14/10; степень твердости СМ2–СТ1, кроме круга $D = 11$ мм, степень твердости которого СТ2–Т2, и кругов $D \approx 1,5$ и 2 мм, степень твердости которых СТ1–СТ2; рабочая скорость круга 35, 40, 50 м/с.

36. Круги плоские с двусторонним коническим профилем типа 1Е1

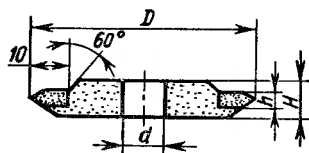


Размеры, мм

D	H	d	s	D	H	d	s
25	8	8	—	75 (70)	8	20	10
35				90	10		15
50		16	100	10; 15			
60		8	10	150	32; 51	15	

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200–14/10; степень твердости СМ1–СМ2; связка К; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

37. Круги плоские с двусторонним коническим профилем типа 1E6Q

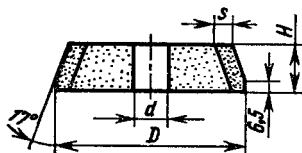


Размеры, мм

D	H	d	h	D	H	d	h
75; (80)	6	20	3	350	8	160	3; 4; 5
100	8	32		400	10	203	3; 4; 6
125				500	13	305	6
150							

Примечание. Ширина эльборсодержащего слоя 10 мм; марка эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200 – 14/10; степень твердости СТ2–Т2; связка К; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

38. Круги плоские с односторонним коническим профилем типа 1R1

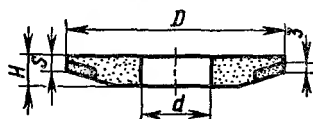


Размеры, мм

D	H	d	s	D	H	d	s
100	35	32	10	250	10	76	10

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200 – 14/10; степень твердости СМ1–С2; связка К; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

39. Круги профильные типа 4V9

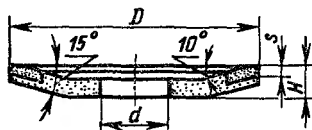


Размеры, мм

D	H	d	s	D	H	d	s
200	16	32	3	250	20	50; 76	3

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200 — 14/10; степень твердости СМ1—С2; связка К; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

40. Круги тарельчатые типа 12R9

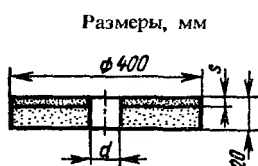


Размеры, мм

D	H	d	s	D	H	d	s
100	10	20	2	150	16	32	4; 5; 8
125	13	32					

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200 — 14/10; связка К; степень твердости СМ1—С1; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

41. Круги плоские прямого профиля типа 1A2

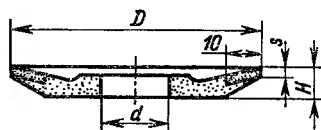


Размеры, мм

d	s
127	5
160	5; 10; 15; 20

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200 — 14/10; степень твердости С1—СТ1; связка К; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

42. Круги тарельчатого типа 12V9



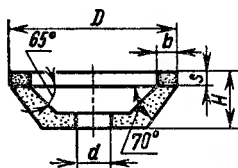
Размеры, мм

D	H	d	s	D	H	d	s
220	20	90	2; 4; 6; 8	225	18	40	2; 4; 6; 8
				275	20	90	

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200 – 14/10; степень твердости СМ1 – С1; связка К; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

43. Круги чашечные конические типа 11A2

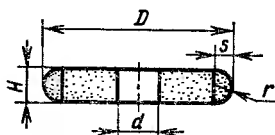
Размеры, мм



D	H	d	b	s
75 (80)	35	20	10	5
100				10
125	50	32	12	
150				

44. Круги плоские с полукругло-выпуклым профилем типа 1F1X

Исполнение 1



Размеры, мм

D	H	d	s	r
35	10	10	5	5
45	9,0		6	

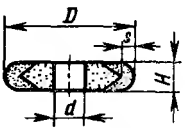
Продолжение табл. 44

D	H	d	s	r
50	10,5	16	5	6
60	5,0	20	5	3
75	12		10	7,5
(70)	13,5			
80	11,5			8,5
	14			
90	15,5		8	9,0
100	7		10	4,0
125	18	32	12,5	9,5
	20		8,0	12,0
135	24		10,0	15,4
	29		12,5	17,9

Примечание. Марки эльбора ЛЮ, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200 – 14/10; степень твердости С1 – СТ1; связка К; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

45. Круги плоские с полукругло-выпуклым профилем типа 1F1X

Исполнение 2

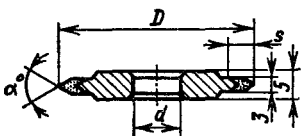
Размеры, мм		D	H	d	s
		30	6	6	5
		35	10	10	
		40	8	6	
		45	9	10	
		50	7	20	8
			10,5		

Продолжение табл. 45

D	H	d	s
60	5	20	5
70	12; 13,5		8
75	12; 13,5		10
80	11,5; 12; 14		10
90	15,5		8
125	18	32	10; 12,5
	20		8; 10
135	22,5; 24; 29		10

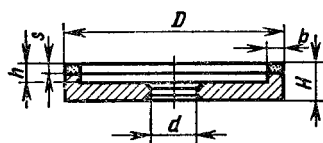
Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД, ЛОМ, ЛОС; зернистость 250/200 – 3/2 (для ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД); 250/200 – 63/50 (для ЛОМ, ЛОС); степень твердости СМ2 – СТ1; связка О; рабочая скорость 35, 40 и 50 м/с.

46. Круги плоские с двусторонним коническим профилем типа 14EE1X

Размеры, мм	D	d	s	α°
	50	16	6,5	45
	125	32	6,5	35
			7,5	45
			8,5	60
			10	90
	350	127	7,5	60
	400	203		

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД, ЛОМ, ЛОС; зернистость 250/200 – 3/2 (для ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД); 250/200 – 63/50 (для ЛОМ, ЛОС); степень твердости СМ2 – Т1; связка О; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

47. Круги плоские с выточкой типа 6А2

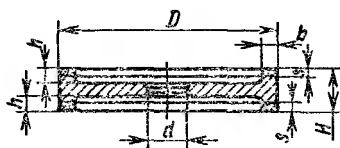


Размеры, мм

D	H	d	b	s	h
75; (80)	23; (20)	20	5	3	13; (11)
100	20;		3; 5; 10		11; 13; (15)
125	23; (25)				
150	23; (20)	32	5; 10	5	10
	23				13
	25		20		15
	23	51	5; 10	3	13
	25		20	5	15
200	20; 28; (23)	(32); 51; 76	10; 20;	3	15; (13)
	30; (25)			5	17; (15)
250	25; 28; (23)	76	40	3	15; (13)
	30; (25)			5	17; (15)

Примечание. Для кругов типа 6А2 марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД, ЛОМ, ЛОС; зернистость 250/200 — 3/2 (для ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД); 250/200 — 63/50 (для ЛОМ, ЛОС); степень твердости СМ2—Т1; связка О; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

48. Круги плоские с двусторонней выточкой типа 9А3



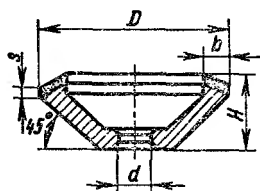
Размеры, мм

D	H	d	b	h	s
100	20	32	3	4	3
125			3; 5; 10		
150			5; 10		
200			10; 20	5	
250	21; 25	76			

Примечание. Марки зльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД, ЛОМ, ЛОС; зернистость 250/200 — 3/2 (для ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД); 250/200 — 63/50 (для ЛОМ, ЛОС); степень твердости СМ2—Т1; связка О; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

49. Круги чашечные конические типа 12V5-45°

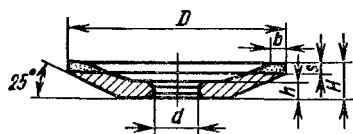
Размеры, мм

 $d = 32$ мм

D	H	b	s
125	32	3; (5); 6	3
	35		6
150	32		3
	35		6
160	32		

Примечание. Марки зльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД, ЛОМ, ЛОС; зернистость 250/200 — 3/2 (для ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД); 250/200 — 63/50 (для ЛОМ, ЛОС); степень твердости СМ2; связка О; рабочая скорость 30, 40, 50 м/с.

50. Круги тарельчатые типа 12R4



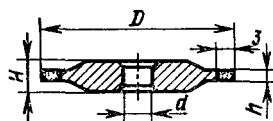
Размеры, мм

D	H	d	b	s	h
80	10	20	2	3,0	5
100			2; 3		
125	12	32	2; 3; 4	1,5; 3,0	
150; 160	16		3; 5	5,0	8
200	20		5		

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД, ЛОМ, ЛОС; зернистость 250/200 – 3/2 (для ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД); 250/200 – 63/50 (для ЛОМ, ЛОС); степень твердости СМ1–С2; связка О; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

51. Круги плоские прямого профиля типа 14A1

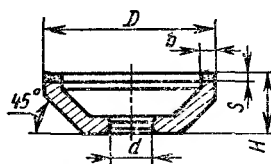
Размеры, мм



D	H	d	h
75	8; (13)	20; (32)	5
100	8; (13)		3; 5
150	8	32	5
200			

Примечание. Для кругов типа 14A1 марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД, ЛОМ, ЛОС; зернистость 250/200 – 3/2 (для ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД); 250/200 – 63/50 (для ЛОМ, ЛОС); степень твердости СМ2–СТ1; связка О; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

52. Круги чашечные типа 12А2-45°

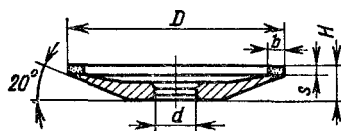


Размеры, мм

D	H	d	b	s	D	H	d	b	s
50	20	16	3	3	125	32	32	3; 5; 10	3
	23			6		35			6
75	25	20		3	150	32		3; 5; 10; 20	3
(80)	28			6		35			6
100	32		5	3	200	40		10; 20	3
	35			6		43			6

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛВК, ЛД, ЛОМ, ЛОС; зернистость 250/200 – 3/2 (для ЛО, ЛП, ЛВК, ЛД); 250/200 – 63/50 (для ЛОМ, ЛОС); степень твердости СМ2 – СТ1; связка О; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

53. Круги тарельчатые типа 12А2-20°



Размеры, мм

D	H	d	b	s
75	10	16; (20)	3; 5	1,5
(80)	11,5			3

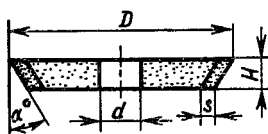
Продолжение табл. 53

D	H	d	b	s
100	10	16; (20)	3; 5	1,5
	11,5			3
	10	32		1,5
125	11,5			3
	13			1,5
	14,5			3
150	16	5; 10	1,5	
	17,5		3	
200	20		51; (32)	1,5
	21,5			3

Примечание. Для кругов типа 12A2-45° и 12A2-20° марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД, ЛОМ, ЛОС; зернистость 250/100 – 3/2 (для ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД); 250/200 – 63/50 (для ЛОМ, ЛОС); степень твердости СМ2–СТ1; связка О; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

54. Круги плоские с односторонним коническим профилем типа 1V1

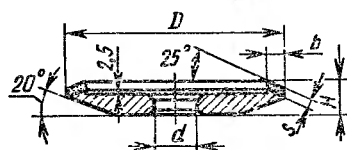
Размеры, мм



D	H	d	s	α°
100	8	32	5	15
125				
150	10; 15		10	20
	20; 32			
200	20	76	15	20
			10	
250			10	15; 30

Примечание. Марки эльбора ЛО, ЛП, ЛКВ, ЛД; зернистость 250/200 – 14/10; степень твердости МС2–С2; связка К; рабочая скорость 35, 40, 50 м/с.

55. Круги тарельчатые типа 12V5-20°



Размеры, мм

<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>s</i>
75; (80)	10	20	3; 5	1,5
	11,5			3
100	10			1,5
	11,5			3
125	10	32		1,5
	11,5			3

В объем эльборовых зерен входит и объем зерен наполнителя (из электрокорунда или карбида кремния), а содержание эльбора задается относительной концентрацией эльбора в круге. Для одного и того же номера структуры количество зерен, находящихся на единице рабочей поверхности круга и участвующих в процессе резания, сохраняется постоянным для данной зернистости независимо от твердости круга.

Чем выше номер структуры, тем больше связки и меньше зерна в единице объема круга при одинаковой твердости. Круги из эльбора на керамической связке изготавливают со структурой № 6—12.

Структура кругов из эльбора на органических связках не регламентируется.

Технические требования на эльборовые круги содержат правила приемки и методы испытаний, условия маркировки, упаковки, транспортирования и хранения.

Предельные отклонения размеров эльборовых кругов приведены в табл. 57—62.

Конусообразность и овальность отверстий круга должны быть не более допуска на их диаметр; при этом диаметр отверстия не должен превышать его номинального значения с учетом допуска.

	ЛО; ЛМ	Повышенный относительный расход алмазов	Доводка инструментов с нейными канавками
	ЛО; ЛМ; КО; КМ		Профильное и чистовое шлифрезьб для получения параметров шероховатости поверхности $R_a \div 0,04$ мкм
	КОС		Заточка инструментов из жущих сталей без охлаждения
	ЛО	По сравнению с кругами на связках В1-02 и КБ обладают более высокой режущей способностью; обеспечивают стабильное получение	Высокопроизводительная многолезвийного инструмента быстросрежущих сталей в труднообрабатываемых металлах
		необходимых параметров шероховатости обработанной поверхности; обладают повышенной износостойкостью	дения
2)	ЛО; ЛМ		Многoproходное шлифовальная заточка и доводка инструментов с охлаждением

Керамические связи

	ЛО	Высокая стойкость, легко правятся, повышенная теплостойкость; устойчивость к действию СОТС	Чистовое и профильное шлифзаточка и доводка инструментов с охлаждением и без него; правление инструментов с охлаждением
	КО	Высокая режущая способность при низкой износостойкости	Заточка инструментов из жущих сталей, в том числе обрабатываемых, без охлаждения
	КО	Позволяют работать на повышенных режимах резания	Заточка быстросрежущих инструментов без охлаждения

Металлические связи

1)	КР; КРМ	Обладают высокой износостойкостью; склонны к засаливанию	Резьбошлифование однопроходными кругами; шлифование фасонного инструмента с охлаждением; многoproходное и шлифование стружечных канавок
			коразмерного инструмента
	КР; КРМ	Повышенная по сравнению с кругами на связке М2-01 режущая способность	Шлифование, в том числе черновое; многoproходная и заточка инструмента с охлаждением
	КР		Резьбошлифование многопроходными кругами с применением смазки
	КР; КРМ	Обладают высокой режущей способностью	Глубинная и многoproходная

57. Предельные отклонения наружного диаметра круга

Размеры, мм

Номинальный наружный диаметр D	Марка связи		Номинальный наружный диаметр D	Марка связи	
	О	К		О	К
До 3	$\pm 0,3$	-0,3	Св. 120 до 180	$\pm 0,5$	-2,5
Св. 3 до 6		-0,5	» 180 » 260	$\pm 0,6$	-3,0
» 6 » 30		-1,0	» 230 » 360	$\pm 0,7$	-3,5
» 30 » 80		-1,9	360	$\pm 0,8$	-3,8
» 80 » 120		-2,2			

Примечание. Для кругов диаметром св. 260 мм предельные отклонения по наружному диаметру допускаются до +1,0 мм.

58. Предельные отклонения высоты круга

Размеры, мм

Номинальная высота круга H	Марка связи		Номинальная высота круга H	Марка связи	
	О	К		О	К
До 18	$\pm 0,2$	-1,0	Св. 50 до 80	$\pm 0,4$	-2,0
Св. 18 до 50	$\pm 0,3$	-1,5	Св. 80		-2,2

59. Предельные отклонения диаметра посадочного отверстия круга

Размеры, мм

Номинальный диаметр d посадочного отверстия	Марка связи		Номинальный диаметр d посадочного отверстия	Марка связи	
	О	К		О	К
До 3	+0,014	+0,120	Св. 20 до 32	+0,039	+0,062
Св. 3 до 6	+0,018	+0,160	» 32 » 76	+0,046	+0,074
» 6 » 16	+0,027	+0,043	» 76	+0,063	+0,100
» 16 » 20	+0,033	+0,052			

60. Предельные отклонения ширины и толщины эльборсодержащего слоя круга

Размеры, мм

Ширина b и толщина s эльборсодержащего слоя	Марка связки	
	О	К
До 18	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$
Св. 18	$\pm 0,3$	$\pm 0,7$

Примечание. Для кругов на керамической связке конусообразность эльборсодержащего слоя допускается в пределах допуска.

61. Радиальное биение рабочих поверхностей круга

Размеры, мм

Номинальный наружный диаметр D	Марка связки	
	О	К
От 50 до 120	0,06	0,10
Св. 120 до 150	0,08	0,12
» 250	0,10	0,15

62. Торцовое биение круга

Размеры, мм

Номинальный наружный диаметр D	Марка связки	
	О	К
От 50 до 60	0,02	0,04
Св. 60 » 150	0,03	0,06
» 150	0,04	0,10

Для кругов с металлическим корпусом параметр шероховатости поверхности посадочного места (отверстия или мест крепления круга на фланцы) должен быть не менее $Ra = 1,25$ мкм.

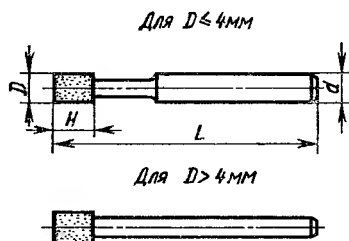
Механическая прочность кругов должна обеспечивать работу с рабочими скоростями 35, 40, 50 м/с.

На корпусе круга с наружным диаметром 200 мм и более нанесены: товарный знак предприятия-изготовителя; марка эльбора; зернистость; твердость (для кругов на керамической связке); связка; рабочая скорость (для кругов на керамической связке); относительная концентрация эльбора в эльборсодержащем слое (кроме 100); номер партии (или номер круга); номер стандарта.

Алмазные шлифовальные головки изготавливают из природных и синтетических алмазов на органической и металлической связках (табл. 63). Головки типов DW, EW, D1W, F1W, FW применяют для шлифования фасонных поверхностей, а головки AW — для внутреннего шлифования.

63. Алмазные шлифовальные головки

Головки цилиндрические типа AW

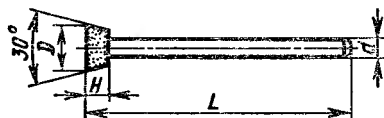


Размеры, мм

D	d	H	L	D	d	H	L	
3	3	3; (6)	40	10	6	6; 8; 10; (12); 16		
4	(3)	4			8	6; 8; 10; 12; 16		
	4	(6)						
	(3)	4		12	6; (8)	10; 12; (16)		
4	(6)							
5	3	6; 8; (10)	60	16	8	10; 12; 16 (16); 20	80	
	(4)	6; 8; 10						
6	3	6; (8); 10			(10)	10; 12; 16; 20		
	(4)	6; 8; 10						
7	3	6; (8); (10)		20	8	(10); (12); (16); 20		
	(6)	6; 8; 10						
8	3	6; 8; 10; (12)			(10)	(10); 10; 12; 16; 20		
	(6)	6; 8; 10; 12						

Продолжение табл. 63

Головки угловые типа DW



Размеры, мм

D	d	H	L
6	3	4	40
8		6	
10	6	8	60
12			
16	8	10	80
20		12	

Головки конические типа EW

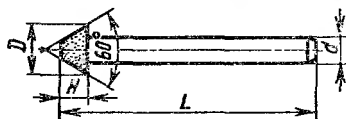


Размеры, мм

D	d	H	L	D	d	H	L
6	3; (4)	6	40	12	6; (8)	10	60
8	3; 6	8		16	8; (10)	12	80
10	6; (8)	9	60	20		18	

Продолжение табл. 63

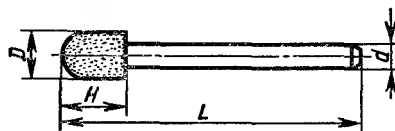
Головки конические усеченные типа DIW



Размеры, мм

D	d	H	L	D	d	H	L
6	3	4	40	12	6	8	60
8		6		16	8	10	
10	6		60	20		12	

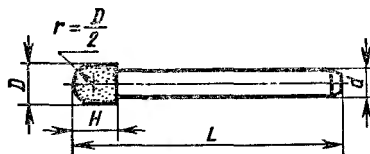
Головки сводчатые типа FIW



Размеры, мм

D	d	H	L	D	d	H	L
6	3; (4)	9	60	12	6; (8)	16	80
8	3; 6	12		16	8; (10)	20	
10	6; (8)	14		20		24	

Головки полушаровые типа FW



Размеры, мм

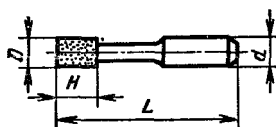
D	d	H	L	D	d	H	L
6	3; (4)	6	40	12	6; (8)	8	60
8	3; 6			16	8; (10)	12	
10	6; (8)	8	60	20		14	80

Продолжение табл. 63

Примечание. Размеры, указанные в скобках, применять не рекомендуется.

64. Эльборовые шлифовальные головки

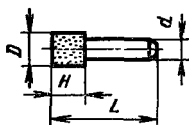
Головки цилиндрические типа ЛГЦ1



Размеры, мм

D	d	H	L	Марка эльбора	Зернистость
3	3	3; 6	40	ЛО; ЛП; ЛКВ	100/80
4	4	4; 6			

Головки цилиндрические типа ЛГЦ2

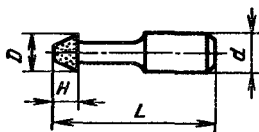


Размеры, мм

<i>D</i>	<i>d</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	Марка эльбора	Зернистость
5	3	6; 8	60	ЛО; ЛП; ЛКВ	200/160 – 50/40
6		6; 10			
7		6			
8		6; 8; 10			
10	6	6; 8; 10; 16	80		
12		10; 12; 16			
16	8	10; 12; 20			
20		12; 20			

Продолжение табл. 64

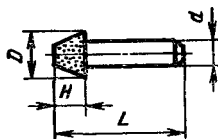
Головки конические типа ЛГК1



Размеры, мм

D	d	H	L	Марка эльбора	Зернистость
6	6	4	40	ЛО; ЛП; ЛКВ	200/160—50/40
8					
10		6	60		

Головки конические типа ЛГК2

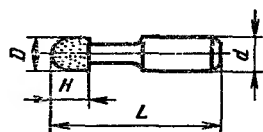


Размеры, мм

D	d	H	L	Марка эльбора	Зернистость
6	3	4	40	ЛО; ЛП; ЛКВ	200/160 — 50/40
8		6	60		
10					
12	6	8	80		
16	8	10			
20		12			

Продолжение табл. 64

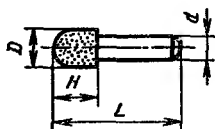
Головки полушаровые типа ЛГПШ1



Размеры, мм

D	d	H	L	Марка эльбора	Зернистость
6	6	6	40	ЛО, ЛП; ЛКВ	200/160 – 50/40
8					

Головки полушаровые типа ЛГПШ2

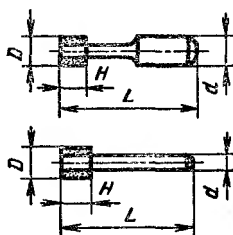


Размеры, мм

<i>D</i>	<i>d</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	Марка эльбора	Зернистость
6	3	8	60	ЛО, ЛП; ЛКВ	200/160 – 50/40
8					
10	3; 6				
12	6				
16	8	12	80		
20		14			

Продолжение табл. 64

Головки цилиндрические типа ЛГЦЭ

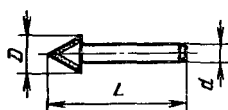


Размеры, мм

<i>D</i>	<i>d</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	Марка эльбора	Зернистость
0,8	3	2	32	ЛО; ЛП; ЛКВ	100/80
1		3	40; 60		
2		4			
3					
4					
5		6; 8			
6		6; 8			
7		8; 10			
8	6	8		80	ЛО; ЛП
		10			
10		12	60	ЛКВ	63/50
	8	10; 12	80		
12	6	10; 12	60		
	8	10; 12	80		

Продолжение табл. 64

Головки цилиндрические типа ЛГКЭ



Размеры, мм

D	d	L	Марка эльбора	Зернистость
6; 8	3	40	ЛО; ЛП; ЛКВ	160/125—63/50
10; 12	3; 6	60		

Алмазоносный слой головок изготавливают из природных или синтетических алмазных микропорошков марок АМ и АСМ зернистостью 28/20, 50/40, 60/40, из шлифпорошков марок А1, А2, А3, АС2, АС4, АС6, АС15, АС20, АС32 зернистостью 50/40—250/200 по ГОСТ 9206—80; относительная концентрация алмазов 50 или 100.

Применение головок позволяет получить параметр шероховатости обработанной поверхности $R_a = 0,32$ мкм.

Эльборовые шлифовальные головки различных типов приведены в табл. 64.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МАТЕРИАЛАХ

Материалы, применяемые в машиностроении, делятся на металлы, их сплавы и неметаллические материалы (полимерные, пластмассовые и керамические).

Машиностроительные материалы подразделяются на углеродистые стали обыкновенного качества (ГОСТ 380—71), стали конструкционные углеродистые качественные (ГОСТ 1050—74), стали конструкционные повышенной и высокой обрабатываемости резанием (ГОСТ 1414—75), стали легированные конструкционные (ГОСТ 4543—71), стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные (ГОСТ 5632—72), сплавы титановые (ГОСТ 19807—74), чугуны (ГОСТ 1412—85, ГОСТ 1215—79), бронзы (ГОСТ 613—79, ГОСТ 614—73), стали инструментальные углеродистые (ГОСТ 1435—74), стали быстрорежущие (ГОСТ 19265—73), стали инструментальные легированные (ГОСТ 5950—73) и твердые спеченные сплавы (ГОСТ 3882—74).

В табл. 1 приведены химический состав, основные физико-механические свойства и примерное назначение конструкционных легированных сталей, получивших широкое применение в машиностроении.

В зависимости от основных свойств стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные (ГОСТ 5632—72) классифицируются по трем группам: I — коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали и сплавы; II — жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы; III — жаропрочные стали и сплавы (табл. 2).

Инструментальные материалы, из которых изготовляют режущую часть инструмента, их характеристика и область применения приведены в табл. 3.

Содержание элементов, %				Предел теку- щей σ _T	Временное сопро- тивление σ _B	Удар- ная вяз- кость α _K Дж/м ²	Назначение
Углерод	Кремний	Марганец	Хром				

Хромистая

0,12—0,18	0,17—0,37	0,40—0,70	0,70—1,00	500	700	7	Детали, работающие
0,12—0,17	0,17—0,37	0,40—0,70	0,70—1,00	500	700	7	средних скоростей
0,17—0,23	0,17—0,37	0,50—0,80	0,70—1,00	650	800	6	при высоких давлении
0,24—0,32	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	700	900	7	колена, шпиндели
0,27—0,33	0,17—0,37	0,50—0,80	1,00—1,30	1300	1600	5	пиноли, кольца
0,31—0,39	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	750	930	7	рейки, червяки)
0,35—0,42	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	800	950	9	
0,36—0,44	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	800	1000	6	
0,41—0,49	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	850	1050	5	
0,46—0,54	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	900	1100	4	

Марганцовистая

0,12—0,19	0,17—0,37	0,70—1,00	—	250	420	—	Детали, требующие
0,17—0,24	0,17—0,37	0,70—1,00	—	280	460	—	с повышенной прочностью
0,22—0,30	0,17—0,37	0,70—1,00	—	300	500	9	и износостойкостью
0,27—0,35	0,17—0,37	0,70—1,00	—	320	550	8	пружинящих элементов
0,32—0,40	0,17—0,37	0,70—1,00	—	340	570	7	(панги, разрезные
0,37—0,45	0,17—0,37	0,70—1,00	—	360	600	6	пружинные шайбы
0,42—0,50	0,17—0,37	0,70—1,00	—	380	630	5	тонкие диски,
0,48—0,56	0,17—0,37	0,70—1,00	—	400	660	4	
0,07—0,15	0,17—0,37	1,20—1,60	—	250	430	—	валы, полусосуды
0,26—0,35	0,17—0,37	1,40—1,80	—	350	600	—	червяки, зубчатые
0,31—0,39	0,17—0,37	1,40—1,80	—	370	630	—	заменяют дорогие
0,36—0,44	0,17—0,37	1,40—1,80	—	390	670	—	хромоникелевые
0,41—0,49	0,17—0,37	1,40—1,80	—	410	700	—	
0,46—0,55	0,17—0,37	1,40—1,80	—	430	750	—	

Хромомарганцовая

0,15—0,21	0,17—0,37	0,90—1,20	0,90—1,20	750	900	—	Шпиндели, валы
0,17—0,23	0,17—0,37	0,80—1,10	1,00—1,30	900	1000	8	высокие муфты, зубчатые
0,18—0,24	0,17—0,37	0,70—1,00	0,75—1,05	800	1000	8	

Сталь 18ХГТ содержит 0,03—0,09% титана

Хромованадиевая

0,12—0,18	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	550	750	8	Зубчатые колеса
0,37—0,44	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	750	900	9	высокие кольца рас- пределителей валов

Стали 15ХФ и 40ХФА содержат соответственно 0,06—0,12% и 0,10—0,18% ванадия

Никель-молибденовая

0,10—0,18	0,17—0,37	0,40—0,70	—	650	850	8	Фланцы, трубы,
0,17—0,25	0,17—0,37	0,40—0,70	—	700	900	8	

Содержание элементов, %				Предел теку- щей σ_T	Времен- ное сопро- тивление σ_B	Удар- ная вяз- кость α_K , Дж/м ²	Назначение
Углерод	Кремний	Марганец	Хром				

Хромоникелевая и хромоникелевая с бором

0,17—0,23	0,17—0,37	0,40—0,70	0,45—0,75	600	800	8	Зубчатые колеса,
0,36—0,44	0,17—0,37	0,50—0,80	0,45—0,75	800	1000	7	ролики, клапаны
0,41—0,49	0,17—0,37	0,50—0,80	0,45—0,75	850	1050	7	детали, работан
0,46—0,54	0,17—0,37	0,50—0,80	0,45—0,75	900	1100	5	больших окруж
0,16—0,23	0,17—0,37	0,60—0,90	0,70—1,10	1000	1200	9	ростях, давления
0,09—0,16	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	600	800	9	ных нагрузках
0,09—0,16	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	700	950	9	валы, муфты, зу
0,17—0,24	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	750	950	11	леса)
0,27—0,33	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	800	1000	8	
0,09—0,15	0,17—0,37	0,30—0,60	1,25—1,65	950	1150	9	
0,16—0,22	0,17—0,37	0,30—0,60	1,25—1,65	1100	1300	8	

и 20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН содержат 1,00—1,40% никеля; сталь 20ХНР содержит 0,80—1,10% никеля; сталь 12ХН2 содержит 1,50—1,90% никеля; стали 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А содержат 2,75—3,15% никеля; стали 20ХН2Н4А содержат 3,25—3,65% никеля.

Хромокремнистая

0,29—0,37	1,00—1,40	0,30—0,60	1,30—1,60	700	900	8	Детали, работ
0,34—0,42	1,00—1,40	0,30—0,60	1,30—1,60	750	950	7	высокими нагруз
0,37—0,45	1,20—1,60	0,30—0,60	1,30—1,60	1100	1250	3,5	чатые колеса, шл
							лы, шатуны, чер

Хромомолибденовая и хромомолибденованадиевая

0,11—0,18	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	280	450	12	Зубчатые колеса
0,15—0,25	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	600	800	9	валы, плунжеры
0,26—0,34	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	750	950	8	паротурбины и
0,26—0,33	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	750	950	9	тые валы
0,35—0,42	0,17—0,37	0,35—0,65	0,90—1,30	900	1000	7	
0,32—0,40	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	850	950	8	
0,27—0,34	0,17—0,37	0,30—0,60	2,30—2,70	850	1000	10	
0,37—0,44	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	950	1050	9	

и 15ХМ содержит 0,40—0,55% молибдена, стали 20ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ содержат 0,20—0,30% молибдена; стали 38ХМ, 30Х3МФ и 40ХМФА содержат 0,20—0,30% молибдена; стали 30Х3МФ и 30Х3МФА содержат соответственно 0,06—0,12% и 0,10—0,18% ванадия.

Хромокремнемарганцовая и хромокремнемарганцовоникелевая

0,17—0,23	0,90—1,20	0,80—1,10	0,80—1,10	650	800	7	Зубчатые колеса
0,22—0,28	0,90—1,20	0,80—1,10	0,80—1,10	850	1100	6	валы, кулачки,
0,28—0,35	0,90—1,20	0,80—1,10	0,80—1,10	850	1100	4,5	сварные конструк
0,28—0,34	0,90—1,20	0,80—1,10	0,80—1,10	850	1100	5	
0,32—0,39	1,10—1,40	0,80—1,10	1,10—1,40	1300	1650	4	
0,27—0,34	0,90—1,20	1,00—1,30	0,90—1,20	1400	1650	6	

и 30ХГСН2А содержит 1,40—1,80% никеля

0,16—0,23	0,17—0,37	0,70—1,00	0,70—1,10	1100	1300	9	Детали тракторной промышленности
0,18—0,24	0,17—0,37	0,80—1,10	0,40—0,70	1000	1200	8	
0,35—0,43	0,17—0,37	0,80—1,10	0,50—0,80	700	800	800	

15ХГН2ТА, 20ХГНР, 20ХГНТР и 38ХГН содержат соответственно 1,40—1,80%, 0,8%, 0,70—1,00% никеля; стали 15ХГН2ТА и 20ХГНТР содержат 0,03—0,09% титана

Хромоникель-молибденовая

0,12—0,17	0,17—0,37	0,30—0,60	1,50—1,75	900	1000	8	Детали ответственного назначения
0,15—0,22	0,17—0,37	0,40—0,70	0,40—0,60	700	900	8	
0,27—0,34	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	800	1000	8	
0,33—0,40	0,17—0,37	0,25—0,50	1,30—1,70	950	1100	8	
0,37—0,44	0,17—0,37	0,50—0,80	0,60—0,90	950	1100	8	
0,35—0,42	0,17—0,37	0,30—0,60	1,25—1,65	950	1100	8	
0,33—0,40	0,17—0,37	0,25—0,50	0,80—1,20	1000	1100	8	
0,14—0,20	0,17—0,37	0,25—0,55	1,35—1,65	850	1150	10	
0,21—0,28	0,17—0,37	0,25—0,55	1,35—1,65	950	1100	9	
0,21—0,28	0,17—0,37	0,25—0,55	1,35—1,65	950	1100	9	

14Х2Н3МА, 20ХН2М, 30ХН2МА, 38Х2Н2МА, 40ХН2МА, 40Х2Н2МА, 38ХН3МА, 18Х2Н2МА содержат никель и молибден соответственно 2,75—3,15% и 0,20—0,30%; 1,60—2,00% и 0,20—0,30%; 1,30—1,70% и 0,20—0,30%; 1,25—1,65% и 0,15—0,25%; 1,35—1,75% и 0,20—0,30%; 4,00—4,40% и 0,30—0,40%; 4,00—4,40% и 0,30—0,40%

Хромоникель-молибденованадиевая и хромоникель-ванадиевая

0,27—0,34	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	800	900	9	Детали, работающие в условиях повышенных температур (роторы, валы, детали компрессорных машин и редукторов)
0,33—0,40	0,17—0,37	0,25—0,50	1,30—1,70	1100	1200	8	
0,33—0,40	0,17—0,37	0,25—0,50	1,20—1,50	1100	1200	8	
0,42—0,50	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	1300	1450	4	
0,17—0,24	0,17—0,37	0,25—0,55	0,70—1,10	700	900	10	

30ХН2МФА, 36Х2Н2МФА, 38ХН3МФА, 45ХН2МФА и 20ХН4ФА содержат никель и молибден соответственно 2,00—2,40% и 0,20—0,30%; 1,30—1,70% и 0,30—0,40%; 3,00—3,50% и 0,35—0,45%; 1,30—1,70% и 0,30—0,40%; 3,75—4,15% и 0%

Хромоалюминиевая и хромоалюминиевая с молибденом

0,35—0,43	0,20—0,40	0,20—0,50	1,50—1,80	750	900	8	Валы, плунжеры, зубчатые колеса, тонкостенные детали
0,35—0,42	0,20—0,45	0,30—0,60	1,35—1,65	850	1000	9	

38Х2МЮА содержит 0,15—0,25% молибдена; стали 38Х2Ю и 38Х2МЮА содержат

Основные сведения о материалах

Марки, химический состав и назначение высоколегированных сталей и коррозионно-стойких, жаропрочных сплавов (ГОСТ 5632—72)

Содержание элементов, %								Назначение
Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Железо	Сера	Фосфор		
					не более			
Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали и сплавы								
0,16—0,25	Не более 0,8	Не более 0,8	12,0—14,0	Основа	0,025	0,030	Детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам (клапаны гидравлических прессов, метелки домашних пылесосов). Режущие инструменты, пружины лабораторных приборов, клапанные механизмы компрессоров.	
Не более 0,08	Не более 0,8	Не более 0,8	12,0—14,0	Основа	0,025	0,030		
0,09—0,15	Не более 0,8	Не более 0,8	12,0—14,0	Основа	0,025	0,030		
0,36—0,45	Не более 0,8	Не более 0,8	12,0—14,0	Основа	0,025	0,030		
Не более 0,12	Не более 0,8	Не более 0,8	16,0—18,0	Основа	0,025	0,035		
0,11—0,17	Не более 0,8	Не более 0,8	16,0—18,0	Основа	0,025	0,030		
Коррозионные (окалиностойкие) стали и сплавы								
0,35—0,45	1,9—2,6	Не более 0,8	9,0—10,5	Основа	0,025	0,030	Клапаны двигателей	

40X10C2M содержит 0,7—0,9% молибдена; сталь 15X25T — титана 5·С — 0,9%; сталь 20X2M, никеля

Жаропрочные стали и сплавы

Ф, Ф,	0,12—0,18	0,4	0,5—0,9	11,0—13,0	Основа	0,025	0,030	Роторы, детали, болты
	Не более 0,12	Не более 0,8	Не более 2,0	17,0—19,0	Основа	0,020	0,035	Детали выпускных систем и турбин
	Не более 0,20	Не более 1,0	Не более 2,0	22,0—25,0	Основа	0,020	0,035	Детали машин химической промышленности
	0,12—0,19	Не более 0,5	Не более 0,6	10,0—11,5	Основа	0,025	0,030	Рабочие и направляющие лопатки турбин
32M, 32M,	0,40—0,50	Не более 0,8	Не более 0,7	13,0—15,0	Основа	0,020	0,035	Клапаны для паровых котлов, трубопроводов
34TP, T,	Не более 0,08	Не более 0,6	0,5—1,0	14,0—16,0	Основа	0,020	0,035	Рабочие и направляющие лопатки, крепежные детали, клапаны, газовые турбины
Н5, S,	Не более 0,07	Не более 0,7	6,0—7,5	19,5—21,0	Основа	0,030	0,030	Сварные изделия
ВБТ, ВБТ,	0,28—0,35	Не более 0,8	0,8—1,5	18,0—20,0	Основа	0,020	0,035	Роторы, детали, болты
	Не более 0,12	Не более 0,6	Не более 0,6	14,0—16,0	Основа	0,020	0,035	Лопатки газотурбинных двигателей, диски, крепежные детали
7AP, AP	Не более 0,12	Не более 1,0	5,0—7,0	23,0—26,0	Основа	0,020	0,035	Детали из легированной стали и сплавов
Р	Не более 0,07	Не более 0,6	Не более 0,40	19,0—22,0	Не более 4,0	0,007	0,015	Диски и лопатки турбин
ЮФ	Не более	Не более	Не более	13,0—16,0	Не более	0,009	0,015	Лопатки турбин

Инструментальные материалы, их характеристики и область применения

Инструментальный материал	Характеристика	Область применения
Аустенитные стали:	Высокая твердость после термической обработки и низкая твердость в отожженном состоянии. Недостаток — низкая теплостойкость (250—300 °C)	Для изготовления режущих инструментов, применяемых для обработки конструктивных материалов с высокими скоростями резания
Мартенситные	По сравнению с углеродистой сталью повышенные теплостойкость (350—400 °C) и вязкость в закаленном состоянии, меньшая склонность к деформациям и трещинам при закалке	Для изготовления инструментов, работающих с ударными нагрузками при обработке конструктивных сталей
Быстрорежущие	Высокая твердость, износостойкость и теплостойкость по сравнению с углеродистой и инструментальной легированной сталью	Основной инструментальный материал, применяемый на операциях проточки, резания легированных и высокопрочных сталей, жаропрочных сплавов, неметаллических материалов
Твердые спеченные (карбидные)	Высокие режущие свойства вследствие большой твердости, теплостойкости и износостойкости. Недостаток — повышенная хрупкость и малая теплопроводность, что ограничивает их применение в условиях ударных нагрузок	Для инструментов, применяемых при обработке твердых легированных сталей, отбеленных чугунов, закаленных сталей, коррозионно-стойких сталей, прочных и жаропрочных сплавов, титановых и цветных металлов
Керамические и композитные материалы	Достаточно высокие износостойкость и теплостойкость; основной недостаток — относительно низкая теплопроводность. Выпускаются в виде минералокерамических пластин, а также непористых многогранных пластин высокой точности	Для инструментов, применяемых при обработке чистовой и получистовой поверхности из сталей, чугунов, цветных металлов. Преимущественно на операциях резания, шлифования, абразивной обработки, ударного точения в условиях высокоскоростного производства
Синтетические инструментальные (СТМ)	Обладают чрезвычайно высокой твердостью и теплостойкостью. Выпускаются в виде поликристаллов типа СВ и АСПК (карбонадо) и поликристаллов кубического нитрида бора (КНБ) — эльбора-Р, гексанида-Р, киборита, исмита, карбонита и др.	СВ и АСПК для инструментов, применяемых при обработке цветных металлов, титановых и твердых минералокерамики. КНБ — для инструментов, применяемых при обработке закаленных и цементованных сталей, других труднообрабатываемых материалов

Значение. Высокие режущие свойства быстрорежущих сталей обеспечиваются вследствие легирования их легирующими элементами (вольфрамом, молибденом, ванадием) и некарбидообразующим кобальтом.

Быстрорежущие стали (табл. 4) широко применяют для изготовления режущего инструмента, работающего в условиях значительного силового нагружения и нагрева лезвия инструмента.

Применение титановых сплавов, благодаря уникальным свойствам (высокой прочности, коррозионной стойкости, способности сохранять прочность при температуре 500–600 °С), в конструкциях машин позволяет повысить их рабочие параметры (температуру, давление, скорость) и обеспечить необходимую надежность.

4. Химический состав быстрорежущих сталей (ГОСТ 19265–73)

Марка стали	Массовая доля, %					
	Углерод	Хром	Вольфрам	Ванадий	Кобальт	Молибден
P18	0,73–0,83	3,8–4,4	17,0–18,5	1,0–1,4	Не более 0,5	Не более 1,0
P12Ф3	0,95–1,05	3,8–4,3	12,0–13,0	2,5–3,0	Не более 0,5	Не более 1,0
P9	0,85–0,95	3,8–4,4	8,5–9,5	2,3–2,7	Не более 0,5	Не более 0,5
P6M5	0,82–0,90	3,8–4,4	5,5–6,5	1,7–2,1	Не более 0,5	4,8–5,3
11P3AM3Ф2	1,02–1,12	3,8–4,3	2,5–3,3	2,3–2,7	Не более 0,5	2,5–3,0
P18K5Ф2	0,85–0,95	3,8–4,4	17,0–18,5	1,8–2,2	4,7–5,2	Не более 1,0
P9M4K8	1,0–1,1	3,0–3,6	8,5–9,5	2,3–2,7	7,5–8,5	3,8–4,3
P6M5K5	0,84–0,92	3,8–4,3	5,7–6,7	1,7–2,1	4,7–5,2	4,8–5,3
P6M5Ф3	0,95–1,05	3,8–4,3	5,7–6,7	2,3–2,7	Не более 0,5	4,8–5,3
P9K5	0,9–1,0	3,8–4,4	9,0–10,0	2,3–2,7	5,0–6,0	Не более 1,0
P2AM9K5	1,0–1,1	3,8–4,4	1,5–2,0	1,7–2,1	4,7–5,2	8,0–9,0

Примечание. В марках сталей буквы и цифры означают: Р – быстрорежущая; цифра, следующая за буквой, – среднюю массовую долю вольфрама, М – молибден, Ф – ванадий, К – кобальт, А – азот; цифры, следующие за буквами, означают соответственно массовую долю молибдена, ванадия и кобальта. В обозначении марок сталей не указывают массовую долю хрома – при любой массовой доле, молибдена – до 1% включительно, ванадия – в сталях марок P18, P9, P6M5, P9K5, P6M5K5, P9M4K8 и P2AM9K5, азота – в сталях марок 11P3AM3Ф2 и P2AM9K5.

Механические свойства титановых сплавов зависят от химического состава и способа термической обработки. Временное сопротивление титановых сплавов 350–1000 МПа, относительное удлинение 4–10%.

В зависимости от химического состава ГОСТ 19807–74 предусматривает следующие марки титановых сплавов: ВТ1–00, ВТ1–0, ОТ4–0, ОТ4–1, ОТ4, ВТ5, ВТ5–1, ВТ6, ВТ3–1, ВТ9, ВТ14, ВТ16, ВТ20, ВТ22.

Спеченные твердые сплавы состоят из карбидов тугоплавких металлов и цементирующего металла – кобальта.

Для изготовления твердых сплавов применяют карбиды вольфрама, титана и тантала. Основные свойства и назначение твердых спеченных сплавов приведены в табл. 5. Химический состав и физико-механические свойства твердых спеченных

5. Свойства и назначение твердых спеченных сплавов

Марка сплава	Твердость HRA	Предел прочности при изгибе, МПа	Красно-стойкость, °С	Назначение
ВК3	90	1176	—	Чистовое точение с малым сечением среза, окончательное нарезание резьбы, развертывание отверстий при обработке деталей из чугунов и цветных металлов и их сплавов
ВК3-М	90	1176	—	Чистовая обработка (точение, растачивание, нарезание резьбы, развертывание) деталей из твердых, легированных и отбеленных чугунов, цементованных и закаленных сталей
ВК4	89,5	1519	—	Обдирочное точение при неравномерном сечении среза, черновое и чистовое фрезерование, рассверливание и растачивание. Черновое зенкерование деталей при обработке чугунов, цветных металлов и сплавов, титана и его сплавов

Продолжение табл. 5

Марка сплава	Твердость HRA	Предел прочности при изгибе, МПа	Красностойкость, °C	Назначение
ВК6-ОМ (КО5)	90,5	1274	—	Чистовая и получистовая обработка деталей из твердых, легированных и отбеленных чугунов, закаленных сталей и некоторых марок коррозионно-стойких, высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов на основе вольфрама и молибдена
ВК6-М	90	1421	800	Чистовая и получистовая обработка деталей из жаропрочных сталей и сплавов, коррозионно-стойких сталей аустенитного класса, специальных твердых чугунов, бронз и сплавов легких металлов. Обработка деталей из углеродистых и легированных сталей при тонких сечениях среза на малых скоростях резания
ТТ8К6	90,5	1274	—	Чистовое и получистовое точение и фрезерование деталей из чугунов, непрерывное точение с небольшими сечениями среза стальных отливок, деталей из высокопрочных, коррозионно-стойких и закаленных сталей, обработка деталей из цветных металлов и титановых сплавов при малых и средних сечениях среза
ВК6	88,5	1519	800	Обдирочное и получистовое точение, предварительное нарезание резьбы, получистовое фрезерование сплошных поверхностей, расквашивание и растачивание отверстий в деталях из цветных металлов и их сплавов

Продолжение табл. 5

Марка сплава	Твердость HRA	Предел прочности при изгибе, МПа	Красностойкость, °С	Назначение
ВК8	87,5	1666	800	Обдирочное точение при неравномерном сечении среза и прерывистом резании, строгание, черновое фрезерование, сверление, черновое рассверливание, черновое зенкерование деталей из серых чугунов, цветных металлов и их сплавов. Обработка деталей из коррозионно-стойких, высокопрочных и жаропрочных труднообрабатываемых сталей и сплавов, в том числе сплавов титана
ВК10-М	87	1617	—	Сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование деталей из сталей и чугунов цельнотвердосплавными и мелкогабаритными инструментами
ВК15	86	1862	—	Режущие инструменты для обработки дерева
Т30К4	92	980	900	Чистовое точение с малым сечением среза, нарезание резьбы и развертывание отверстий в деталях из незакаленных и закаленных углеродистых сталей
Т15К6	90	1176	900	Обдирочное и получистовое точение при непрерывном резании, чистовое точение при прерывистом резании, нарезание резьбы, получистовое и чистовое фрезерование сплошных поверхностей, развертывание отверстий в деталях из сталей
Т14К8	89,5	1274	—	Обдирочное точение при неравномерном сечении среза и непрерывном резании, черновое фрезе-

Продолжение табл. 5

Марка сплава	Твердость HRA	Предел прочности при изгибе, МПа	Красно-стойкость, °С	Назначение
				рование сплошных поверхностей, рассверливание отверстий и черновое зенкерование деталей из сталей
T5K10	88,5	1421	1000	Обдирочное точение при неравномерном сечении среза и прерывистом резании, фасонное точение, отрезание токарными резцами, чистовое строгание, черновое фрезерование прерывистых поверхностей при обработке деталей из углеродистых и легированных сталей
T5K12; TT7K12	87	1666	—	Обдирочное точение стальных поковок, штампованных заготовок и отливок по корке с раковинами при наличии песка, шлака и различных неметаллических включений при неравномерном сечении среза и наличии ударов; все виды строгания деталей из углеродистых и легированных сталей; обработка стальных деталей на многолезцовых станках, полуавтоматах и автоматах при низких скоростях резания
TT10K8-Б	89	1323	—	

Примечание. ВК — вольфрамокобальтовые сплавы; цифра после буквы К показывает процентное содержание кобальта; ТК — титановольфрамовые сплавы; цифра после буквы Т указывает на процентное содержание карбидов титана, а цифра после буквы К — на процентное содержание кобальта; ТТК — титанотанталовольфрамовые сплавы; цифра, стоящая после букв ТТ, указывает на процентное содержание карбидов титана и карбидов тантала, а цифра после буквы К — на процентное содержание кобальта. Для мелкозернистых твердых сплавов в конце условного обозначения ставится буква М или ОМ (особомелкозернистая), а для крупнозернистых — буква В. Например, вольфрамокобальтовый сплав, состоящий из 94 % карбида вольфрама и 6 % кобальта, изготовляется с среднезернистой структурой ВК6, с мелкозернистой ВК6М, с особомелкозернистой ВК60М и крупнозернистой ВК6В.

сплавов установлены ГОСТ 3882 – 74; высокие красностойкость (900–1000 °С) и износостойкость объясняются присутствием в твердых сплавах соответствующих карбидов, обладающих высокой твердостью.

Шлифование твердосплавных инструментов сопряжено с большими трудностями, поэтому применение алмазных кругов позволило резко повысить производительность и качество шлифования. Безвольфрамовые сплавы заменяют твердые сплавы на основе карбида вольфрама.

В качестве твердой составляющей безвольфрамовых твердых сплавов используют сложный карбид титана и ниобия, карбид титана или карбонитрид титана; цементирующей связкой является никель с добавками молибдена.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ШЛИФОВАНИЕМ

Обрабатываемость шлифованием – свойство материала обрабатываться абразивным инструментом, например шлифовальными кругами.

Обрабатываемость характеризуется следующими показателями: режущей способностью абразивного инструмента ($\text{мм}^3/\text{мин}$, $\text{г}/\text{мин}$) до появления дефектов (прижогов, трещин) на обрабатываемой поверхности; параметром шероховатости, достижимой точностью размеров и формы. Обрабатываемость шлифованием зависит от химического состава, физико-механических свойств (особенно теплопроводности и твердости) обрабатываемого материала, характеристики шлифовальных кругов и режимов резания.

Шлифуемость металлов и соответствие шлифовального круга обрабатываемому материалу определяются при прочих равных условиях температурой нагрева заготовок в процессе шлифования. Наиболее легко обрабатываемым считается тот металл, при обработке которого температура повышается меньше при снятии одинакового припуска за тот же промежуток времени.

В табл. 6 приведены группы обрабатываемости шлифованием материалов различных марок.

Для оценки обрабатываемости материалов шлифованием в табл. 6 даны средние значения расчетных и экспериментальных коэффициентов относительной обрабатываемости (средний для группы), которые необходимо учитывать при на-

значении режимов резания, главным образом, подачи. В каждую группу включены стали примерно одинаковой обрабатываемости шлифованием.

Материалы I и II групп обрабатываемости. Конструкционные углеродистые стали имеют хорошую обрабатываемость при применении обычных абразивных кругов, что объясняется значительно большей твердостью абразивного материала по сравнению с твердостью обрабатываемого материала и отсутствием диффузионных процессов между ними. Оптимальная шлифуемость конструкционных сталей, достигается при твердости HRC 30—40. При дальнейшем повышении твердости шлифуемость снижается.

Шлифуемость сталей зависит и от теплопроводности. Малая теплопроводность аустенитных и быстрорежущих сталей ухудшает их шлифуемость. Теплопроводность низколегированных сталей выше, чем теплопроводность высоколегированных сталей. С увеличением температуры теплопроводность низколегированных сталей снижается, а высоколегированных — возрастает.

Шлифуемость сталей зависит от зернистости их структуры. Крупнозернистые стали по сравнению с мелкозернистыми обладают худшей шлифуемостью, что проявляется в большей склонности к трещинообразованию.

Конструкционные стали имеют хорошую обрабатываемость при применении абразивных кругов. При обработке сталей электрокорундовые круги на керамической связке обеспечивают большую режущую способность (меньший износ) по сравнению с кругами из карбида кремния на той же связке.

При шлифовании сталей особенно труднообрабатываемых применяют круги из монокорунда. Зерна монокорунда имеют более высокую режущую способность по сравнению с зёрнами электрокорунда.

Легированные стали с повышенным содержанием хрома (до 12%) трудно обрабатываются кругами из эльбора, а стали с высоким содержанием молибдена и вольфрама — алмазными кругами.

Наличие в сталях железа резко снижает обрабатываемость алмазными инструментами, работающими на высоких скоростях, вызывая быстрое их затупление, высокий относительный расход алмазов и низкое качество обработанной поверхности.

Наиболее трудно обрабатываются стали со структурой аустенита, затем мартенсита, троостита, сорбита и перлита.

Материалы III группы обрабатываемости. Основными трудностями при шлифовании материалов этой группы являются: интенсивное налипание металла на поверхность шлифовального круга; возникновение металлического контакта, вызывающего повышение сил резания, и, как следствие, увеличение износа круга, ухудшение качества шлифованной поверхности.

Причины повышенной склонности коррозионно-стойких и жаропрочных сталей к адгезионному взаимодействию со шлифовальными материалами — высокая пластичность, низкая теплопроводность, диффузионное и химическое сродство с некоторыми абразивными материалами. При обработке этих сталей необходимо применять комплекс технологических мер, повышающих эффективность процесса шлифования путем правильного выбора характеристики кругов, составов СОТС и способов их подачи в зону резания и оптимальных режимов резания.

Для шлифования коррозионно-стойких сталей аустенитного и мартенситного классов выбор абразивных материалов должен быть дифференцированным, так как эти стали различаются физико-механическими свойствами, а следовательно, и характером взаимодействия с различными шлифовальными материалами.

Для шлифования коррозионно-стойких сталей рекомендуются круги из электрокорунда и монокорунда. Резервом повышения эффективности шлифования коррозионно-стойких сталей аустенитного класса является применение кругов из эльбора и карбида кремния. Коэффициенты шлифования кругами из эльбора и карбида кремния в 1,3—3 раза меньше, чем при шлифовании электрокорундовыми кругами.

Шлифование материалов III группы обрабатываемости алмазными кругами характеризуется высоким относительным расходом алмазов.

Материалы IV группы обрабатываемости. Наличие в жаропрочных сплавах упрочняющей интерметаллидной γ' -фазы и карбидов, имеющих высокую микротвердость (HV 2030—2060), приводит к интенсивному выкрашиванию круга и увеличению мощности, потребляемой при шлифовании. При глубинном шлифовании жаропрочных сплавов наблюдается налипание частиц шлифуемого материала на изношенные площадки абразивных зерен, которое вызывает трение металла по металлу, увеличивает тепловыделение, снижает режущую способность круга и качество шлифованных поверхностей.

Широкому внедрению титановых сплавов в значительной мере препятствует их крайне низкая обрабатываемость. Более низкая обрабатываемость титановых сплавов шлифованием по сравнению с железоуглеродистыми сплавами обусловлена их особыми свойствами. Высокая теплоустойчивость и адгезионная активность титановых сплавов приводят к тому, что процесс их шлифования характеризуется в 1,5 раза более высокими значениями сил резания, чем при шлифовании сталей. Это вызывает большие нагрузки на абразивные зерна и приводит к возникновению высоких температур в тончайших поверхностных слоях шлифуемых деталей из титана и его сплавов вследствие их низкой теплопроводности (теплопроводность титана примерно в 5 раз ниже теплопроводности железа).

Титановые сплавы по обрабатываемости можно разделить на три группы: относительно легко обрабатываемые (ОТ4, ВТ8, ВТ20), труднообрабатываемые (ВТ22) и сплавы средней обрабатываемости, занимающие промежуточное положение (ВТ3-1, ВТ14). Различная обрабатываемость сплавов обусловлена влиянием физико-механических свойств и их различной способностью вступать во взаимодействие.

Для эффективной обработки титановых сплавов необходимо уменьшить их взаимодействие с абразивами, активирующееся при повышенных температурах.

Материалы V и VI групп обрабатываемости. Быстрорежущие стали в зависимости от их химического состава делятся на три группы: хорошей (Р6М5, Р18 и Р12), удовлетворительной (Р9) и пониженной (Р14Ф4) шлифуемости.

Значительное влияние на шлифуемость быстрорежущих сталей оказывают карбиды ванадия, отличающиеся высокой твердостью по сравнению с карбидами вольфрама. При содержании ванадия в стали более 2% ее шлифуемость ухудшается пропорционально повышению содержания ванадия.

Кобальтовые стали содержат интерметаллиды и кобальтовые соединения, также отличающиеся большой твердостью.

Карбиды легирующих элементов быстрорежущих сталей обладают высокой твердостью, приближающейся к твердости абразивных материалов, что затрудняет обработку быстрорежущих сталей обычными абразивными кругами.

Высокие технико-экономические показатели при шлифовании инструментов из быстрорежущих сталей достигаются вводом в зону резания смазочно-охлаждающей жидкости.

Материалы VII группы обрабатываемости. Обрабатываемость чугунов шлифованием определяется главным образом их химическим составом и структурой. Наличие в металлической основе чугунов избыточной фазы в виде графита или свободного карбида создает различие в физико-механических свойствах чугунов и их обрабатываемости.

6. Группа материалов по обрабатываемости шлифованием

Группа обрабатываемости	Обрабатываемый материал	Марка материала	Коэффициент относительной обрабатываемости шлифованием
I	Стали конструкционные и легированные хромом, никелем в сочетании с марганцем, кремнием, вольфрамом, титаном, молибденом, ванадием; инструментальные углеродистые, а также высокопрочные и жаропрочные чугуны	45, 18Х2Н4МА, ХВГ, 30ХГСА, 30ХГТ, 30ХГС, 3ВХ2МЮА, 20ХМ, ШХ15СГ, ШХ15, У9, У10, У11, У12, У13, 30ХМ, 35ХМ, 40ХФА, 30Х3МФ, 14Х2Н3МА, 20ХН2М, 38ХН3МА, 38Х2Н2МА, 40Х2Н2МА, 36Х2Н2МФА, 38ХН3МФА, 20ХН4ФА, 38Х2МЮА, 30ХГСН2А, 35ХГСА, 12Х2Н4А, 30Х3МФ, 40ХМФА, 33ХС, 40ХС, 38ХМ, 30Г, 35Г, 40Г, 45Г, 50Г, 30Г2, 35Г2, 40Г2, 45Г2, 50Г2, 20ХН2М, 15Н2М, 20Н2М, 18ХГТ, 25ХГТ, 25ХГМ, 15ХГН2ТА, 20ХГНТР, 20ХГСА, 25ХГСА, 38ХГН, 30ХН2МА, 25Х2Н4МА, 45ХН2МФА, 30ХН2МФА, 5ХВ2С, 9ХВГ, 4ХМФС, 5ХНВ, 5ХНВС, 3Х2В8Ф, ВЧ 38-17, ВЧ 42-12, ВЧ 45-5, ВЧ 50-2, ВЧ 60-2, ВЧ 70-2, ВЧ 80-2, ВЧ 100-2, ВЧ 120-2, АЧВ-1, АЧВ-2, ЧХ1, ЧХ2, ЧХ3	1,0

Продолжение табл. 6

Группа обрабатываемости	Обрабатываемый материал	Марка материала	Коэффициент относительной обрабатываемости шлифованием
II	Стали конструкционные, легированные хромом и никелем	20, 30, 40, 12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН3А, 30ХН3А, 40Х2Н2МА, 20ХН, 40ХН, 12ХН2, 38ХС, 20Х2Н4А, 15Х, 20Х, 30Х, 35Х, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х, 30ХРА, 38Х2Ю, 45ХН, 50ХН, Х, 9Х1, Х12Ф1, Х12, 6ХС	0,75
III	Стали коррозионно-стойкие и жаропрочные	12Х13, 08Х13, 20Х13, 30Х13, 40Х13, 15Х28, 12Х17, 40Х10С2М, 20Х17Н2, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 20Х23Н18, 20Х23Н13, 31Х19Н9МВБТ, 45Х14Н14В2М, 08Х15Н24В4ТР, 37Х12Н8Г8МФБ, 07Х21Г7АН5, 12Х25Н16Г7АР, 10Х11Н20Т2Р, ХН35ВТ	0,45
IV	Жаропрочные никелевые и титановые сплавы	ХН77ТЮР, ХН56ВМТЮ, ХН67МВТЮ, ХН75ВМЮ, ХН62МВКЮ, ХН67МВТЮ, ХН80ТБЮ, ВТ1-00, ВТ1-0, ВТ3-1, ВТ5, ВТ5-1, ВТ6, ВТ14, ВТ16, ВТ20, ВТ22	0,30
V	Быстрорежущие стали	Р18, Р6М5	0,25
VI	Быстрорежущие стали	Р9, Р12Ф3, Р18К5Ф2, Р9М4К8, Р6М5К5, Р9К5	0,10

Продолжение табл. 6

Группа обрабатываемости	Обрабатываемый материал	Марка материала	Коэффициент относительной обрабатываемости шлифованием
VII	Чугуны и бронзы	СЧ10, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 20, СЧ 25, СЧ 30, СЧ 35, СЧ 40, СЧ 45, КЧ 30—6, КЧ 33—8, КЧ 37—12, КЧ 45—7, КЧ 50—4, АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3, АЧК-1, АЧК-2 БрО10Ц2, БрО10С10, БрО5С25, БрО4Ц7С5, БрО3Ц7С5Н1, БрО5Ц5С5	0,15

Примечания: 1. Обозначения марок материалов для групп обрабатываемости I—VI приведены в табл. 1, 2 и 4.

2. Обозначение марок чугунов (в группе I): ВЧ — высокопрочный чугун; следующие за ним — первое число означает временное сопротивление разрыву в кгс/мм², второе относительное удлинение в %; АЧВ-1, АЧВ-2 — антифрикционные высокопрочные чугуны; ЧХ1, ЧХ2, ЧХ3 — жаропрочные чугуны.

3. Обозначение марок чугунов в группе VII табл. 6 — СЧ, КЧ, АЧС и АЧК соответствуют группам серых, ковких и антифрикционных чугунов. Двухзначная цифра, следующая после СЧ, соответствует временному сопротивлению в кгс/мм². Цифры, следующие после КЧ: первая означает временное сопротивление в кгс/мм², вторая — относительное удлинение в %.

Глава 3

ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ, ТИПЫ И МОДЕЛИ СТАНКОВ

Все серийно выпускаемые станки разделены на десять групп по виду выполняемой обработки или назначению. Каждая группа разделена на десять типов по назначению, конструктивным признакам (например, числу шпинделей), универсальности, степени автоматизации, точности и виду инструмента.

По степени универсальности металлорежущие станки подразделяют на универсальные для обработки деталей широкой номенклатуры в единичном и мелкосерийном производстве; специализированные для обработки однотипных деталей различных размеров в крупносерийном и массовом производстве; специальные для обработки деталей одного типоразмера в массовом производстве.

Все металлорежущие станки, в том числе и шлифовальные, в соответствии с ГОСТ 8—82Е изготавливают пяти классов: Н — нормальной точности; П — повышенной точности; В — высокой точности; А — особо высокой точности; С — особо точные.

Различают станки легкие — массой до 1 т, средние — массой до 10 т и тяжелые — массой свыше 10 т. Особо тяжелые станки массой св. 100 т называют универсальными.

Условное обозначение модели станка состоит из сочетания трех—пяти цифр и одной—трех букв. Первая цифра обозначает шифр группы станков. Например, цифра 3 соответствует шлифовальным и доводочным станкам; 4 — комбинированным станкам; 5 — зубо- и резьбообрабатывающим станкам; 8 — разрезным станкам и 9 — разным станкам.

Вторая цифра обозначает типы станков: 1 — круглошлифовальные; 2 — внутришлифовальные; 3 — обдирочно-шлифовальные; 4 — специализированные шлифовальные; 5 — не меняется; 6 — заточные; 7 — плоскошлифовальные; 8 — притирочные и доводочные; 9 — разные.

Буквы, стоящие после цифр, указывают на модернизацию базовой модели станка, степень точности и особенности станка.

Для станков с программным управлением введена дополнительная индексация, которую проставляют в конце условного обозначения модели. В обозначении моделей станков с цикловым программным управлением добавлена буква Ц.

Для обозначения станков с числовым программным управлением (ЧПУ) в условное обозначение модели введена буква Ф с цифрой: 1 — для станков с цифровой индикацией положения, а также станков с цифровой индикацией и предварительным ручным набором координат; 2 — для станков с позиционными системами ЧПУ; 3 — для станков с контурными системами ЧПУ; 4 — для станков с комбинированной системой ЧПУ.

Специальные и специализированные станки обозначают индексом, состоящим из одной или двух букв, присвоенных каждому заводу-изготовителю, который ставят перед шифром модели станка. При выпуске заводом-изготовителем нескольких моделей станка его шифр дополняют порядковым номером модели.

2. КОМПОНОВКА И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СТАНКОВ

Любой шлифовальный станок состоит из корпусных частей (станины, стоек, траверс, колонн), частей для обработки деталей (стола, передней и задней бабок), частей для режущего инструмента (бабки шлифовального круга, суппорта).

Для получения полного представления о работе исполнительных механизмов станка используют кинематическую схему.

Кинематическая схема представляет собой условное изображение совокупности кинематических цепей станка в одной плоскости и показывает связь рабочего органа с электродвигателем или двух рабочих органов между собой с помощью различных элементов: зубчатых и червячных колес, винтовых пар, шкивов и кулачков.

В соответствии с ГОСТ 2.781—68 и ГОСТ 2.782—68 на кинематической схеме, кроме условного изображения элементов, передающих движение, указывают число зубьев зубчатых и червячных колес и их модули, число заходов червяков, шаги

ходовых винтов, диаметры шкивов, мощность и частоту вращения валов электродвигателей.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНКОВ

Металлорежущие станки, предназначенные для обработки деталей быстровращающимися абразивными инструментами, относятся к шлифовальным. Шлифовальные станки применяют для придания точных размеров и правильной формы обрабатываемым деталям, получения поверхности высокого качества, заточки режущего инструмента и отрезки заготовок, а также для обдирки заготовок после литья и обработки давлением.

В табл. 1 — 13 приведены технические характеристики основных групп шлифовальных станков, выпускаемых отечественной промышленностью.

4. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ С ПУ

Станки с программным управлением (ПУ) делят на станки с цикловым и с числовым программным управлением (ЧПУ). Программа работы станков с цикловым ПУ (перемещение подвижных частей и, при необходимости, изменение скоростей этих перемещений) задается набором коммутирующих элементов — штекеров и переключателей на панели управления или на штекерном барабане. Перемещения подвижных частей ограничиваются наладкой упоров относительно конечных выключателей на управляющих платах станка. Несмотря на простоту конструкций и невысокую стоимость, применение станков с цикловым ПУ ограничено обработкой больших партий сравнительно простых заготовок.

Для станков с ЧПУ всю программу работы, включая и перемещения подвижных частей, записывают в определенном коде на программносителе. Настройка станков с ЧПУ часто заключается в замене одной программы другой.

Станки с ЧПУ подразделяют на станки обычных групп и многоцелевые станки.

Станки с ЧПУ условно делят на две части: металлорежущие станки в программном исполнении, т. е. с короткими кинематическими цепями, которые содержат быстродействующие механизмы с минимальной массой, без зазоров в механических передачах, с автономными малоинерционными приводами для всех рабочих движений, с электрическими, электронными и гидравлическими передачами, и системы ЧПУ.

Технические характеристики универсальных круглошлифовальных станков

	Модель				Модель				
	3У10С	3У12УС	3У12ОА	3У131ВМ	3У132ВМ	3У133	3У12УВФ10	3У153	
Максимальная ширина шлифовальной ленты, мм	100	200	200	280	280	280	200	560	
	180	500	500	710	1000	1400	500	1400	
Максимальная ширина шлифовальной ленты, мм	15	60	60	280	280	280	60	560	
Максимальная ширина шлифовальной ленты, мм	3—40	20—50	20—50	12—200	25—100	30—100	15—50	40—300	
Максимальная ширина шлифовальной ленты, мм	180	450	450	710	1000	1400	450	1400	
	50	75	75	125	125	125	75	350	
Максимальная скорость вращения шлифовального круга, об/мин	0,025—1	0,02—5	0,02—5	0,05—5	0,05—5	0,05—5	0,03—5	0,05—5	0,05—5
Максимальная скорость вращения шлифовального круга, об/мин	80	125	125	185	185	185	125	310	
Максимальная ширина шлифовальной ленты, мм	250 × × 20 × × 76	400 × × 40 × × 203	350 × × 40 × × 127	600 × × 63 × × 305	600 × × 63 × × 305	600 × × 63 × 305	400 × × 50 × × 203	600 × × 80 × × 305	500 × × 80 × × 305
	13 × 16	30 × 25	30 × 25	32 × 25	32 × 25	80 × 25	40 × 25	125 × 50	
Максимальная скорость вращения шлифовального круга, об/мин	100—1000	50—1000	50—1000	40—500	40—500	40—400	55—900	12—120	55—900

Шлифовальные станки

	Модель				Модель				
	3У10С	3У12УС	3У12ОА	3У131ВМ	3У132ВМ	3У133	3У12УВФ10	3У153	
при-	2810	1650	1910	1590	1590	1112— 1285	2400	1285; 1590	19
	40000— 90000	20000— 40000	20000— 40000	16900— 24000	16900— 24000	16900	22000	3500— 18000	
	С	С	А	В	В	П	В	П	1
гателя кру-	1,1	4	4	7,5	7,5	7,5	5,5	11	7
истав- :									
	1360	3070	3070	5300	5300	5300	3040	5510	30
	1715	2520	2525	2585	2585	2585	2260	3000	23
	1690	2075	2075	1980	1980	1985	2040	1850	21
вным	1850	4100	4100	5840	6580	7750	4100	11080	41

2. Технические характеристики круглошлифовальных полуавтоматов

	Модель				Модель			
	3У12А	3М151Ф2	3У132АФ20	3У144МВ	3М152ВЩФ20-2	3М152ВФ20-2.01	3М152МВФ2	
танав- :	200	200	280	400	200	200	200	1
	500	700	1000	2000	1000	1000	1000	5

Шлифовальные станки

	Модель				Модель			
	ЗУ12А	ЗМ151Ф2	ЗУ132АФ20	ЗУ144МВ	ЗМ152ВЩФ20-2	ЗМ152ВФ20-2.01	ЗМ152МВФ2	
лифую- ности,	60	180	280	400	200	200	200	
от-	20—50	—	15—160	30—200	16—160	15—160	—	
лифую-								
	450	700	1000	2000	1000	1000	1000	4
	75	125	200	125	160	200	—	
стола ирова-	0,03—5	0,05—5	С элект- роприводом 0,06— 10000 мм/мин	0,05—5	С электро- приводом 0,01—10000 мм/мин	С электро- приводом 0,01—10000 мм/мин; с гид- роприводом 0,05—5	0,05—5	0,0
голом,	125	125	190	240	135	135	125	
шли-) для								
	400 × × 40 × × 203	600 × × 80 × × 305	600 × × 100 × × 305	600 × × 80 × × 305	600 × × 100 × × 305	600 × × 100 × × 305	600 × × 80 × × 305	50 × ×
	40 × 25	—	32 × 25	80 × 25	125 × 63	125 × 63	—	
нделя,	55— 1000	50—500	30—750	25—300	17—750	30—750	50—500	55

Шлифовальные станки

	Модель				Модель			
	3У12А	3М151Ф2	3У132АФ20	3У144МВ	3М152ВШФ20-2	3М152ВФ20-2.01	3М152МВФ2	
	1670; 2000; 2390	1590	1170	1670	1670	1670	1670	13 19
	16000	—	15000	16900	15000	15000	—	
	А	П	А	В	В	В	В	
гателя	4	15,2	11	11	11	11	11	5
	1,1	—	1,1	1,1	1,5	1,5	—	
при- ем,	3600	5400	5026	6438	4850	4720	4975	30
	2300	2400	3400	2660	3260	2860	2337	21
	1950	2170	2100	2220	2170	2170	2080	21
авным	4200	6500	6980	10830	6500	6000	6000	41

Основные характеристики торцевых шлифовальных станков

Параметр	Модель						
	3Т150Е	3Б153Т	3Т153Е	3Т161Е	3Т160Ф2	3Т161А	3Т161Д
Основные размеры устанавливаемой заготовки, мм:	100	200	140	280	280	280	280
Максимальная длина шлифуемой заготовки, мм	360	500	500	700	750	700	700
Рекомендуемый диаметр наружной шлифуемой поверхности, мм	40	80	50	280	280	250	280
Максимальная длина шлифуемой заготовки, мм	340	65	65	130	130	—	—
Высота центров над столом, мм	75	120	90	160	160	150	—
Основные размеры шлифовальной заготовки, мм	400 × 40 × 203	500 × 63 × 203	500 × 63 × 203	750 × 130 × 305	750 × 130 × 305	750 × 75 × 305	—
Скорость вращения шпинделя, об/мин	100—1500	75—780	50—900	55—620	55—620	60—300	55—620
Диаметр шлифовального круга	1670; 2350	1320	2290	1250	900; 1250	1250	1250
Скорость врезной подачи, мм/мин	0,08—5	0,05—1,5	0,02—7,5	0,1—3	0,01—10	0,1—2	—
Класс точности станка	П	П	П	П	П	П	П
Мощность электродвигателя при номинальной скорости шлифовального круга	4	7,5	11	17	18,5	13	17
Скорость вращения шлифовального круга	0,25	1	0,75	1,6	1,5	1,3	—
Масса станка с приставным устройством, мм:	2500	2660	2990	3754	3755	2710	5870
	2200	1715	2380	4675	4675	2200	5000
	1920	1950	2000	2245	2245	1730	3300
Масса станка с приставным устройством, кг	2700	3500	4700	8150	8110	4000	10500

Шлифовальные станки

Основные характеристики круглошлифовальных бесцентровых станков для наружной обработки

	Модель				Модель				
	3Э180В	3Э183КВФ2	3Э183А	3Э183В	3Э184Е	3Э184А	3Э184В	3Ш184Д	
Ой за-	0,2—10	5—20	1,2—63	2—63	3—125	4—125	3—125	6—80	
	0,5	—	2	2	—	4	4	—	
готов-	56(1000)	1000	140(1000)	140(1000)	—	250(1000)	250(1000)	270	
	56	—	155	155	—	245	245	540	2
ей до	—	180	180	180	—	—	—	235	
круга,	200 × × 63 × × 76	400 × × 160 × × 203	400 × × 160 × × 203	400 × × 160 × × 203	500 × × 250 × × 305	500 × × 250 × × 305	500 × × 250 × × 305	500 × × 250 × × 305	500 × × 250 × × 305
	150 × × 63 × × 51	300 × × 160 × × 127	300 × × 160 × × 127	300 × × 160 × × 127	—	350 × × 250 × × 203	350 × × 250 × × 203	350 × × 550 × × 203	350 × × 550 × × 203
-1;	2866; 5730	1672; 2866	1672; 2866	1672; 2866	1400; 2400	1400; 2400	1400; 2400	420; 530; 710; 1070	1400; 2400
ичатое	5—250	15—200	15—200	15—200	12—150	12—150	12—150	11—120	12—150
	380	300	300	300	300	300	300	290	300
	В	В	А	В	В	А	В	В	
ателей	2; 2,5	11	7,5	11	37	22	30	5,6; 9; 12; 15	

Шлифовальные станки

	Модель				Модель				
	3Е180В	3Е183КВФ2	3Е183А	3Е183В	3Е184Е	3Е184А	3Е184В	3Ш184Д	3Ш184Д
	0,27	1,2	1,2	1,2	2,4	2,4	2,4	1,5	2
Исполнение:	1570	3760	3100	2940	3570	3570	3570	3750	3750
	1145	4180	1800	2150	2355	2355	2355	2750	2400
	1755	2370	2100	2120	2120	2120	2120	2255	2400
Средним	1200	5670	4700	4438	6000	6990	6800	8500	7100

5. Технические характеристики внутришлифовальных станков

	Модель				Модель		
	3М225АФ2	3М227АФ2	3К227А	3К229В	3К229А	3М225БФ2	3М225БФ2
Станок	200	400	400	800	800	—	—
Отвер-	3—80	25—200	20—100	100—400	100—400	3—80	—
Уемой	80	300	125	320	320	50	—
Ворота	45	45	45	30	30	—	—
мм	400	560	450	800	800	400	—
стола,	1—10	1—7	1—7	1—7	1—7	—	—
	0,1—2	0,1—2	0,1—2	0,1—2	0,1—2	—	—

Шлифовальные станки

	Модель			Модель			
	3М225АФ2	3М227АФ2	3К227А	3К229В	3К229А	3М225БФ2	3М227БФ2
модели стола,	265	285	275	410	410	285	300
модели, м	12000; 24000; 48000; 96000; 150000	5000— 28000; 48000— 96000	9000; 12000; 18000; 22000	3500; 4500; 6000	3500; 4500; 6000	12000; 18000; 24000; 36000; 48000; 72000; 96000	6000; 12000; 18000; 24000; 30000
тип	8000	—	5600	4000	4000	1850	1850
тип	125—2000	60—1200	140—1000	40—240	40—240	33—1630	33—1630
шлифо-	50 × 40 × 16	125 × 50 × 51	120 × 50 × 20	200 × 63 × 76	200 × 63 × 65	63	100
	80 × 40 × 20	100 × 50 × 20	100 × 50 × 20	150 × 80 × 51	150 × 63 × 20	250 × 16 × 210	100
	А	А	А	В	А	В	В
гателя Вт	0,4; 0,6; 0,8; 1,1; 2,2	4,4	4	7,5	5,5	0,4; 0,6; 0,8; 1,1; 2,2	0,4; 0,6; 0,8; 1,1; 2,2
авным	2750	2900	2815	4630	4400	2500	2500
	2060	1665	1900	2405	2900	1910	1910
	1750	1850	1750	2000	1940	1385	1385
авным	2800	4500	4300	8600	7800	3200	3200

Технические характеристики плоскошлифовальных станков с прямоугольным столом

	Модель				Модель		
	3Л1722ВФ2	3Л1722В	3Л1722ВФ2	3П725Ф2-2	3П725ВФ2-2	3П732	3Д732Ф1
Обра- тим:	1250	1250	1250	2000	2000	800	800
	320	320	320	630	630	320	320
	400	400	400	630	—	400	400
Рабо- та на мм	50 × 40 × × 3	50 × 40 × × 3	50 × 40 × × 3	Ø70 × 25	—	50 × 20	50 × 40 × 5
Хро-	1250 × × 320	1250 × × 320	1250 × × 320	2000 × × 630	2000 × 630	800 × 320; 1250 × 320	800 × 320
с баб-	—	1260	—	2400	2400	1220	1550
	—	430	—	660	660	—	—
	—	415	—	645	645	400	400
ола,	1—35	1—35	1—35	3—30	3—30	3—35	3—35
	—	—	—	—	—	—	—
шли-	450 × × 80 × × 203	450 × × 80 × × 203	450 × × 80 × × 203	500 × × 150 × × 305	500 × 150 × × 305	К400 × 125 × × 300, 5С, 100 × 85,8 шт.	К400 × 125 × × 300, 5С, 100 × 40 × 150, 8 шт.
деля ин ⁻¹	—	1460	—	1500	1500	1500	1460
аль- ной	—	0,002— 0,128	—	0,001— 0,1	—	—	0,004—0,1

Шлифовальные станки

	Модель				Модель		
	ЗЛ722ВФ2	ЗЛ722В	ЗЛ722ВФ2	ЗП725Ф2-2	ЗП725ВФ2-2	ЗП732	ЗД732Ф1
	В	В	В	П	В	П	П
Обрабатываемая кру-	11	11	11	30	22	22	22
Тавр-с	4560	4560	4560	6700	6450	3800	4010
	4300	2660	4300	3600	3000	2130	2130
	2660	2660	2660	4000	3900	2360	2360
Мощность	8000	7150	8000	15800	14800	7730	8250

Характеристики плоскошлифовальных станков с крестовым столом и горизонтальным шпинделем

	Модель			Модель			
	ЗЕ710В-1	ЗЕ711ЕВ-1	ЗЕ711ВФ3-1	ЗЕ711ВФ2	ЗД711ВФ1	ЗЕ721АФ1-1	ЗЕ721ВФ1
Обрабатываемая поверхность	250	220	400	630	630	630	630
	125	200	200	200	200	320	320
	320	220	320	370	370	400	400
Размеры рабочей поверхности	250 × 125	400 × 200	400 × 200	630 × 200	630 × 200	630 × 320	630 × 320
Высота от оси шпинделя, мм	420	445	445	520	495	550	550
Высота стола	320	250	500	700	700	700	700
	160	260	250	250	250	395	395

Шлифовальные станки

	Модель			Модель			
	3Е710В-1	3Е711ЕВ-1	3Е711ВФ3-1	3Е711ВФ2	3Д711ВФ1	3Е721АФ1-1	3Е721АФ1-1
перемеще-	2—25	2—15	2—35	2—35	2—35	2—35	2—35
	—	—	0,002—0,1	0,001—0,099	0,001—0,09	0,001—0,09	0,001—0,09
	—	0,1—20	0,5—20	0,3—40	0,5—20	0,5—20	0,5—20
фовального	3500	2000	2800	2200	2800	2300	2300
шлифоваль-	200 × 25 × × 32	250 × 40 × × 76	250 × 63 × × 76	300 × 63 × 76	250 × 40 × 76	300 × 63 × × 127	400 × 63 × × 127
	В	В	В	В	В	А	А
мощности приво-	1,5	2,2	7,5	5,5	5,5	7,5	7,5
двигателя, кВт							
с приводом на электродвигатель							
	1420	2850	3030	2780	2820	2820	2820
	1150	2400	2364	1820	1915	2225	2225
	1665	1915	2075	2040	1960	2090	2090
с автоматическим об-	1000	3200	3780	3200	3300	4430	4430

Технические характеристики плоскошлифовальных станков с круглым столом и горизонтальным шпинделем

	Модель			Модель			
	3Д740А	3Д740В	3Д741А	3Д741В	3Л741ВФ10	3Л741В	3Д740ВФ
для заготов-							
	30—400	30—400	40—800	40—800	50—630	50—630	40—400
	160	160	200	200	350	350	160

Шлифовальные станки

	Модель			Модель			
	ЗД740А	ЗД740В	ЗД741А	ЗД741В	ЗЛ741ВФ10	ЗЛ741В	ЗД740ВФ
Рабочая ширина, мм	400	400	800	800	630	630 (800)	400
Вращающаяся скорость, мин ⁻¹	15—45; 60—180	15—45; 60—180	8—24; 32—96	8—24; 32—96	8—32; 32—128	8—32; 32—128	15—45; 60—180
Максимальное перемещение, мм	400	400	560	560	—	—	400
Скорость подачи, мм/об	8—30	8—30	12—44	12—44	1—30	1—30	8—30
Скорость перемещения, м/мин	—	0,06—0,1	0,06—0,1	0,1—0,3	—	—	0,06—0,1
Максимальная подача, мм/ход	—	0,002—0,05	—	0,002—0,05	0,002—0,1	—	0,002—0,1
Максимальное перемещение, мм	235	235	315	235	375	375	235
Шлифовальный диск, мм	400 × 40 × 203	400 × 40 × 203	500 × 63 × 203	500 × 63 × 203	450 × 80 × 203	450 × 80 × 203	400 × 40 × 203
Масса, кг	1630	1670	1330	1330	—	—	1750
Тип привода	А	В	А	В	В	В	В
Мощность привода, кВт	7,5	10	11	13	11	11	11
Дополнительное оборудование	3380	2350	4200	2730	2860	3200	2563
	2330	1970	2580	1970	1630	2600	1970
	2300	2330	2570	2570	2660	2660	2300
Максимальная скорость вращения, об/мин	5300	5200	9700	9550	5250	5860 (6000)	5805

9. Технические характеристики плоскошлифовальных станков с круглым столом и вертикальным шпинделем

Параметр	Модель		
	ЗД754	ЗЕ756	ЗЕ756Ф2
Размеры устанавливаемой заготовки, мм:			
диаметр	400	800	800
наибольшая высота	200	450	450
Диаметр магнитного стола, мм	400	800	800
Частота вращения стола, мин ⁻¹	10—56	5—30	5—30
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	380	520	520
Скорость продольного перемещения стола, м/мин	3,2	3,2	3,2
Размеры шлифовального круга, мм	К350 × 125 × × 203	К500 × 100 × × 400	К500 × 100 × × 400
Размеры шлифовальных сегментов, мм	5С, 100 × × 40 × 150	5С, 100 × × 40 × 150	5С, 100 × × 40 × 150
Число сегментов в сегментном патроне	6	10	10
Частота вращения шлифовального круга, мин ⁻¹	1500	1000	1000
Класс точности станка	П	П	П
Мощность электродвигателя привода шлифовального круга, кВт	15	55 или 37	55
Габариты станка с приставным оборудованием, мм:			
длина	2030	2800	2800
ширина	1880	2500	2500
высота	2215	3380	3380
Масса станка с приставным оборудованием, кг	5000	9600	9600

Основные характеристики резьбошлифовальных станков

Параметр	Модель						
	5820	5821	5K821B	5K822B	5822M	5K823B	
Размеры устанавли- товки, мм:	125	125	125	200	200	320	5
	250	350	360	500	500	1000	10
Размеры резцы, шли- фующим фильным	2—125	2—125	2—95	3—150	3—150	30—320	2
	10—65	10—65	10—65	10—120	10—120	30—320	2
Шлифуемой внутренней	25—80	25—80	30—80	30—125	25—125	70—220	3
Размер и длина наружной шлифуемой кругом, мм: шлифующим фильным	190	265	270	375	375	850; 950*1	1
	165	240	—	—	335	150	1
Размер резцы, шлифуе- мой кругом: шлифующим фильным	0,25—12	0,25—12	0,25—12	0,25—24	0,25—24	1—75	1
	28—4,5	28—4,5	28—4,5	28—3	28—3	24—3	1

Параметр	Модель					
	5820	5821	5K821B	5K822B	5822M	5K823B
ной	0,03π—4π	0,03π—4π	0,3π—4π	0,3π—14π	0,3π—14π	0,5π—25π
рической резьбы, шли- мнопрофильным кру-						
ой	1—4	1—4	1—4	1—4	1—4	1—4
ней	1—3	1—3	1—3	1—3	1—3	1—6
ная конусность шлифую- бы	1 : 16	1 : 16	1 : 16	1 : 16	1 : 16	1 : 16
вращения, мин ⁻¹ : для заготовки:						
ная	0,8—60	0,8—60	0,3—55	0,3—55	0,3—45	0,125—37
енная	100	100	28—100	28—100	100	9,25; 12,5; 18,5; 37
зального круга при вании:						
жном	1325— 2717	1325— 2717	1750; 2500	1657; 2340; 2655	1440; 1680; 2010; 2380	1335; 1600
еннем	9550; 18800	9550; 18800	—	—	6000; 9000; 11800	3720; 6370; 11450
ший диаметр шлифо- круга при шлифова- б, мм:						
ых	400	400	400	400	400	500
ных	63	63	63	100	100	175
чности станка	B	B	B	B	B	B
сть электродвигателя шлифовального круга,	2,6 (3*2)	2,6 (3*2)	3 (5,5*2)	3 (5*2)	5,5	5,5
т станка, мм:						
	1645	1810	1795	2200	2560	3782
	1522	1522	1910	2038	2290	2510
	1501	1501	1710	1710	1450	2000
анка, кг	2600	2640	4000	4500	5000	7600

ибольшая длина шлифуемой поверхности однопрофильным кругом (мм) при угле подъема вин-
й заготовки до 15°.

Шлифовальные станки

Технические характеристики зубошлифовальных станков для цилиндрических колес

	Модель				Модель			
	5Д833Д	5В830	5М841	5843	5А851	5А853	МШ350	5А893С
	Червячный		Конический		Тарельчатый		Плоский	
о зуб-	40—320	5—125	30—320	80—800	18—320	65—800	9—125	40—320
	0,5—6	0,2—1,5	1,5—8	2—12	1,5—10	2—12	1—6	2—12
	12—400	12—160	10—200	14—300	5—180	12—260	7—100	10—180
енца	180	80	160	220	220	280	36	56
клона	±45	±45	±45	±45	±45	±45	±30	±35
рами,	210—380	85—220	150—440	335—575	250—360	413—621	—	—
	—	—	240	445	335	600	110	160
	—	—	165	254	—	—	160	170
шлифо-	400 × × 100 × × 203	400 × × 100 × × 203	350 × × 32 × × 127	400 × × 32 × × 127	280 × 33 × 90	280 × 33 × 90	300 × 13 × × 127	500 × 32 × 203
ого	1500	1500	1920	1750	2080	2082	1350—2900	1150
деля,	—	—	—	—	—	—	11—28	10—20
	—	—	50—280	35—200	—	—	—	—
а, мм	—	—	170	230	—	—	—	—
вание,	—	—	—	—	—	—	0,002— 0,01	0,002— 0,01
време-	—	—	—	—	—	—	—	—
катов,	—	—	—	—	70—300	30—210	—	—

Шлифовальные станки

	Модель				Модель			
	5Д833Д	5В830	5М841	5843	5А851	5А853	МШ350	5А893С
	Червячный		Конический		Тарельчатый		Плоский	
стола,	—	—	—	—	100—1800	0—3000	—	—
один	—	—	—	—	0,35—7	0,35—7	—	—
оваль-								
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	0,0025—0,01	0,01—0,02
порта,								
подача	3—165	3—160	(6—800)	(6—800)	—	—	—	—
	400	300	—	—	—	—	—	—
ой ра-	0,02—0,08	0,02—0,08	—	—	—	—	—	—
оваль-								
ход								
	А	В	В	В	А	А	С	С
гателя	7,5	3	1,5	2	0,75×2	0,75×2	2,2	1,1
круга,								
	2700	1950	2850	3390	2780	3000	1750	2545
	2600	2000	2315	2720	2200	2200	1700	1770
	2100	1810	2085	2194	2210	3000	2100	2190
	7100	4480	6900	9200	6900	7600	3000	4000

12. Технические характеристики зубошлифовальных станков для конических колес

Параметр	Модель					
	5870В	5А870В	58П70В	58К70В	5А872В	5А872
Наибольшие размеры (мм) обрабатываемого зубчатого колеса:						
диаметр	320	250	320	320	800	800
модуль	8	6	8	6	16	12
длина образующей делительного конуса	125	125	—	—	420	—
ширина зубчатого венца	35	35	32	50	125	125
Число зубьев	—	10—175	15—100	10—100	5—150	4—100
Угол, °:						
делительного конуса, шлифуемого колеса	—	110; 135; 175; 200; 215	—	—	—	—
спирали	—	—	6—90	6—90	0—60	0—60
зацепления	—	—	20	20	20±5	20±5
Передаточное отношение шлифуемых колес	—	1 : 10	—	—	1 : 10	—
Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	275	215	275	250	500	450
Частота вращения шлифовального круга, мин ⁻¹	—	1980—4490	2180	2400	1500	955—4150
Класс точности станка	В	В	В	В	В	В
Мощность электродвигателя привода круга, кВт	—	—	2,8	2,8	4	4
Габариты станка, мм:						
длина	—	2875	3515	3515	3460	2700
ширина	—	2330	1970	1970	2600	2184
высота	—	1670	1715	1715	2115	2015
Масса станка, кг	8500	8500	8500	8500	13300	12500

13. Технические характеристики шлифшлифовальных станков

Параметр	Модель		
	3М451	3М451ВФ2В	3М451Г
Размеры устанавливаемой заготовки, мм: диаметр	320	320	320
	длина	710	1400
Расстояние от оси шпинделя, мм: до линии центров	212—362	212—362	212—362
	до зеркала стола	180	180
Размеры заготовки, мм: диаметр	25—125	25—125	25—125
	длина	550	1250
Размеры рабочей поверхности стола, мм	1500 × 250	2360 × 250	2800 × 250
Продольное перемещение стола от гидропривода, мм	200—620	200—1620	200—2120
Число шлифуемых шлифов	3—98	3—98	3—98
Скорость продольного перемещения стола (бесступенчатое регулирование), м/мин	1—30	1—30	1—30
Вертикальная автоматическая подача шлифовального круга, мм	0,005—0,07	0,005—0,07	0,005—0,07
Наружный диаметр шлифовального круга, мм	200	200	200
Частота вращения шлифовального круга (регулируется сменной шкивов), мин ⁻¹	2880; 4550; 6300	2880; 4550; 6300	2880; 4550; 6300
Класс точности станка	П	В	П
Мощность электродвигателя привода шлифовального круга, кВт	3	3	3
Габариты станка с приставным оборудованием, мм: длина ширина высота	2600	4450	5250
	1715	1235	1715
	1900	1900	1900
Масса станка с приставным оборудованием, кг	3900	6520	6800

Система ЧПУ – это совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих технических и программных средств, обеспечивающих ЧПУ станком, основными из которых являются: устройство ЧПУ, двигатели приводов подачи станка и датчики обратной связи.

Устройство ЧПУ выдает управляющие воздействия на исполнительные органы станка в соответствии с управляющей программой и информацией о состоянии управляемого объекта. Его монтируют непосредственно на станке в подвесных пультах управления или размещают в шкафах рядом со станком.

Двигатели приводов подачи станка предназначены для работы с конкретными устройствами ЧПУ и имеют специальную конструкцию.

Датчики обратной связи служат для сбора информации о фактическом положении и скорости движения рабочих частей станков, о силовых деформациях в технологической системе и т. д.

Управление рабочими частями станков с ЧПУ осуществляется вводом в систему управления программ, выполненных на программоносителях – перфолентах, магнитных лентах, магнитных дисках и запоминающих устройствах различного типа.

В качестве программоносителя в системах ЧПУ наибольшее распространение получили перфоленты. Одним из достоинств перфолент является то, что в них легко вносить изменения, связанные с уточнением размеров заготовки или с совершенствованием технологического процесса. Перфоленты могут выполняться как из бумаги, так и из металла, лавсана и других пластичных материалов. Форма отверстий на ленте бывает круглой, квадратной и сегментной.

Для увеличения плотности информации используют магнитную ленту, передача информации на которую основана на намагничивании ее магнитного слоя с помощью специальных записывающих головок.

Программоносители имеют разнообразную конструкцию. Они могут быть в виде цилиндрического барабана с отверстиями: в отверстия вставлены шарики (программоносители). Барабан заключен в корпус и поворачивается в опорах с помощью электромагнита или пневмоцилиндра.

В системах управления станков с ПУ в качестве программмоносителей применяют также упоры, копии и кулачки.

Применяемые программные языки и способы кодирования этих языков для нанесения на программмоноситель зависят прежде всего от той системы счисления, в которой задается станку числовая информация.

Для введения в систему управления информации о характере и последовательности перемещения рабочих частей станка служит устройство ввода программы.

В системах управления станков применяется электро- и гидромеханическое контактное, а также фотоэлектрическое (бесконтактное) считывание.

Считывание программы с перфоленты осуществляется двумя способами: последовательно и параллельно.

Для усиления сигнала программы после считывания и преобразования в форму, удобную для отработки приводом станка, служат передаточно-преобразующие устройства (ППУ).

В системе управления упорами и копиями ППУ имеют гидравлическую или электромеханическую основу. В системе управления распределительным валом с кулачками в качестве ППУ применяют зубчато-рычажные устройства. В системе управления перфолентами и магнитными лентами в качестве ППУ используют коммутаторы, реверсивные счетчики, дешифраторы. Важную роль играет такой преобразователь, как интерполятор, или кодовый преобразователь. Интерполяторы бывают непрерывного типа (аналоговые) и дискретного типа (цифровые). Последние имеют наибольшее применение.

По характеру управления движениями рабочих частей станка системы ЧПУ подразделяют на позиционные, контурные и смешанные.

Позиционные системы ЧПУ обеспечивают поочередное перемещение рабочих частей станка вдоль направляющих из позиции в позицию согласно программе.

Контурные системы ЧПУ предназначены для одновременного согласованного управления движениями двух или нескольких рабочих частей станка вдоль направляющих. Таким образом, инструмент перемещается по криволинейной траектории относительно заготовки.

Смешанные контурно-позиционные системы ЧПУ аналогичны контурным системам и применяются в станках с целью расширения их технологических возможностей.

Преимущества станков с ЧПУ: возможность обработки заготовок, имеющих несколько шеек различного диаметра, сложную форму и различные допуски (вследствие простой переналадки), повышенную точность обработки (благодаря применению прецизионных элементов привода и точных измерительных средств); исключение сложных и дорогостоящих приспособлений и принадлежностей; сокращение фонда рабочего времени с применением многостаночного обслуживания.

В станках с ЧПУ применяют измерительные системы с высокой разрешающей способностью, обеспечивающие жесткие допуски на точность позиционирования. Для компенсации износа шлифовального круга используют механизм автоматической подналадки круга.

Условно к программным относят станки с цифровой индикацией положения, а также станки с цифровой индикацией и ручным вводом данных. Это универсальные станки, оснащенные датчиками положений рабочих частей. Сигналы с датчиков после преобразований поступают в специальное устройство — визуализатор. Численные значения координат рабочих частей непрерывно высвечиваются на световом табло визуализатора, что позволяет оператору экономить время на измерение обрабатываемой заготовки. Кроме визуализатора станок может иметь пульт с панелью ручного набора программы. Ввод данных осуществляется с помощью переключателей только на один кадр программы. Выход рабочей части станка на заданную координату контролируется с помощью визуализатора.

Системы ЧПУ, работающие от перфоленты, имеют устройства цифровой индикации и покадрового ручного ввода данных.

Системы ЧПУ по техническим возможностям делятся на следующие классы:

НС — системы ЧПУ с покадровым чтением перфоленты на протяжении цикла обработки каждой заготовки;

SNC — системы ЧПУ с однократным чтением всей перфоленты перед обработкой партии одинаковых заготовок;

CNC — системы ЧПУ со встроенной мини-ЭВМ (компьютером, микропроцессором);

DNC — системы прямого числового управления группами станков от одной ЭВМ;

HNC — оперативные системы ЧПУ с ручным набором программ на пульте управления.

Наибольшее распространение имеют системы класса NC. Последовательность их работы следующая. После включения станка и системы ЧПУ читаются первый и второй кадр программы. Затем станок начинает отрабатывать команды первого и второго кадра. В процессе отработки станком второго кадра система считывает третий кадр программы, который вводится в освободившееся от информации второго кадра запоминающее устройство, и т. д. Основным недостатком систем класса NC является то, что для обработки каждой последующей заготовки из одной партии системе ЧПУ приходится вновь считывать все кадры перфоленты. Это приводит к повышенной вероятности сбоев из-за изнашивания и загрязнения перфоленты, недостаточно надежной работы считывающих устройств, а также весьма большого числа кадров перфоленты, поскольку для работы таких систем в программе должно быть записано каждое элементарное действие станка.

Системы класса SNC позволяют осуществлять однократный ввод управляющих программ при длине перфоленты 40—310 м. Управление обработкой всей партии заготовок осуществляется по сигналам из запоминающего устройства, что лишает системы класса SNC указанных выше недостатков.

Системы класса CNC имеют мини-ЭВМ на основе микропроцессоров. В запоминающее устройство системы управляющую программу вводят как с подготовленной перфоленты, отдельными кадрами вручную с пульта устройства ЧПУ. В кадрах программы могут записываться команды задающие целые циклы движений, которые затем хранятся в запоминающем устройстве системы ЧПУ. Системы класса CNC позволяют редактировать программы в режиме диалога вручную, выводя информацию на дисплей, а также получать отработанную программу на перфоленте. Обладая сравнительно низкой стоимостью, небольшими габаритными размерами и высокой надежностью, системы на микропроцессорах позволяют осуществить проверку работоспособности всех структурных частей

системы с помощью специальных тест-программ и автоматически корректировать погрешности станка.

Системы класса DNC позволяют осуществлять управление работой участков, состоящих из станков с ЧПУ. Каждый вид оборудования на участке сохраняет свои системы ЧПУ классов NC, SNC и CNC. На устройства ЧПУ управляющие команды подаются по проводам непосредственно от ЭВМ, минуя считывающие устройства. Это повышает надежность работы всего участка и одновременно автоматизирует процесс подготовки управляющих программ с помощью ЭВМ. В случае выхода из строя ЭВМ, каждый вид оборудования может работать от перфоленты, подготовленной заранее.

Разработаны оперативные системы класса HNC с ручным вводом (с помощью клавиш и переключателей) программ с пульта устройства ЧПУ. После набора, исправления и отладки программа фиксируется до окончания обработки партии одинаковых заготовок. Системы обеспечивают как позиционное, так и контурное управление станками.

5. АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

В шлифовальных станках находят применение системы адаптивного регулирования. Эти системы успешно сочетаются с системами ЧПУ.

Адаптивная система — это устройство управления работой станка, позволяющее автоматически корректировать определенные параметры процесса обработки (подачу, мощность, припуск и т. п.) в зависимости от текущих значений измеряемых величин при неполной исходной информации. Системы, реализующие принципы адаптивного управления, называются также самонастраивающимися или самоподнастраивающимися.

В современных адаптивных системах в качестве исходных используются следующие параметры: точность размеров обрабатываемой заготовки (изменяется подналадкой положения шлифовального круга); параметр шероховатости шлифуемой поверхности (корректируется изменением скорости и подачи); максимальный съем металла (подналадка осуществляется с использованием измерения крутящего момента на шпинделе станка и упругого отжатия шпинделя); максимальная производительность станка (подналадка осуществляется в результате

измерения износа и стойкости режущего инструмента); минимальная стоимость обработки.

Существует два типа систем адаптивного управления: с предельным (СПР) и с оптимальным регулированием (СОР).

Предельное регулирование обеспечивает постоянство процесса резания несмотря на различные возмущения. В процессе обработки контролируются один или несколько параметров, определяющих мощность резания, которые затем сравниваются с заданными предельными значениями. Путем изменения соответствующих входных величин фактическое и заданное значения основного параметра выравниваются. При предварительной обработке в СПР контролируются составляющие силы резания, крутящий момент и мощность резания. При окончательной обработке критерием оценки служат достигаемые качество поверхности, точность размеров и форма деталей. На шлифовальном станке с адаптивной системой обеспечиваются: регулируемая подача шлифовальной бабки, с тем чтобы сила шлифования, приходящаяся на единицу ширины круга, на протяжении всего процесса оставалась оптимальной; оптимальная частота вращения заготовки в зависимости от диаметра и материала заготовки; периодическая (по мере необходимости) правка круга.

При сочетании систем адаптивного регулирования с ЧПУ снижаются объем и стоимость программирования. Сочетание двух контуров управления — по точности и режимам резания — позволяет назначать оптимальные режимы обработки при сохранении заданной точности.

СПР в сочетании с системами управления от ЭВМ осуществляют расчет регулируемых параметров и предельных значений, запоминают фактический путь шлифовального инструмента при комбинированном регулировании подачи и глубины.

В более совершенных системах ЧПУ, в которых содержатся блоки адаптивного управления, программирование упрощается. Подача, заданная технологом, в таких системах корректируется до оптимальной с помощью специальных датчиков.

Для автоматического управления режимами обработки на сферо- и внутришлифовальных станках выпускается устройство мод. ВЕ-130А, в котором поддержание заданного уровня режимов обработки осуществляется по мощности, затрачиваемой при шлифовании.

Устройство мод. КУ-64 адаптивного управления к внутри-

шлифовальным станкам предназначено для управления циклом обработки по контролю мощности, затрачиваемой при шлифовании. Оно представляет собой отсчетно-командный электронный блок для формирования аналогового электрического сигнала, пропорционального мощности, затрачиваемой на шлифование, и преобразования этого сигнала в команды, управляющие переключением режимов обработки. Функциональные части устройства выполнены на печатных платах.

Основные технические характеристики устройства мод. КУ-64:

Контролируемый параметр	Активная составляющая мощности, потребляемой приводом шлифовального круга из сети
Цена деления шкалы, кВт	0,1 (0,2; 0,4; 0,6; 1,2)
Диапазон измерений и показаний, кВт	0—5 (0—10; 0—20; 0—30; 0—50; 0—100)
Допускаемая погрешность датчика мощности, % от верхнего предела измерений	До 2
Число команд, выдаваемых в схему станка	8
Габариты, мм	468 × 355 × 132
Масса, кг, не более	12

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Для установки и закрепления заготовок при шлифовании применяют приспособления. По степени специализации приспособления подразделяют на группы.

Неразборные специальные приспособления (НСП) применяют для обработки одной или группы конструктивно и технологически однородных заготовок. Они позволяют без выверки придать заготовке необходимое положение относительно станка и режущего инструмента. Их применяют в крупносерийном и массовом производстве.

Универсально-наладочные приспособления (УНП) применяют для обработки заготовок, близких по конструктивно-технологическим параметрам; их переналаживают на каждый типоразмер путем установки сменных наладок на постоянную часть (корпус и зажимное устройство с приводом) или регулирования их положения. Применяют в серийном производстве. К этой группе приспособлений относят переналаживаемые пневматические тиски, универсальные лекальные тиски с поворотным синусным устройством и т. п.

Универсально-сборные (УСП) и сборно-разборные (СРП) приспособления применяют для обработки разнообразных заготовок небольшими партиями, которые komponуют из заранее изготовленных унифицированных элементов. После обработки партии заготовок приспособления разбирают с целью многократного использования. Их применяют на заводах с опытным и единичным производством, а в серийном производстве — при освоении новой продукции.

Универсально-безналадочные приспособления (УБП) применяют для закрепления разнообразных заготовок без каких-либо конструктивных доработок и требующих только регулирования подвижных элементов. Применяют в единичном и мелкосерийном производстве. К этой группе относятся универсальные приспособления общего назначения (тиски, патроны и т. п.).

Специализированные наладочные приспособления (СНП) применяют для обработки родственных по конфигурации заготовок различных габаритных размеров с идентичными схемами базирования. Выпускают серийно, определенных типоразмеров и дополняют специальными элементами, допускающими регулировку в зависимости от конструкции и типоразмеров заготовок, а также характера выполняемой операции. Применяют в серийном производстве.

Наиболее рациональными для станков с ЧПУ являются универсально-безналадочные, универсально-сборные и сборно-разборные приспособления.

По степени механизации и автоматизации приспособления подразделяют на три группы: ручного действия, полуавтоматические и автоматические.

Установку и съем деталей в полуавтоматических приспособлениях осуществляют вручную, а зажим и раскрепление — автоматически.

Приспособления классифицируют также по виду используемой энергии: механические, пневматические, гидравлические, электрические, магнитные, вакуумные, электромагнитные и т. д.

Приспособления различаются также компоновкой привода. Привод можно встраивать в корпус приспособления, закреплять снаружи или отделять полностью (автономно).

Приспособления для шлифовальных станков, как и всю технологическую оснастку, условно обозначают шифром из восьми цифр. Первые четыре цифры указывают на эксплуатационно-конструктивную характеристику, четыре последующие цифры, отделенные от первых чертой, являются его регистрационным номером. Установлены следующие ступени классификации приспособлений: группа, подгруппа, вид и разновидность. Первая цифра шифра обозначает группу, сочетание первых двух цифр — подгруппу, первых трех цифр — вид, первых четырех цифр — разновидность.

Приспособления для шлифовальных станков по общей классификации оснастки относят к седьмой группе.

Например, маркировка приспособления 7205—8020 обозначает: 7 — группа — приспособления для станочных и ручных работ; 72 — подгруппа — приспособления к фрезерным, строгальным, долбежным и плоскошлифовальным станкам; 720 — вид — приспособления универсальные; 7205 — разновидность — приспособления поворотные угловые; 8020 — порядковый регистрационный номер.

1. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ КРУГЛО- И ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

На круглошлифовальных станках заготовки устанавливают на упорные центры, в патроны, на оправки и в приспособления.

Для закрепления заготовок на упорных центрах на торцах заготовок делают конусы или центровые отверстия. Центровые отверстия изготавливают четырех форм (рис. 1). При повышенных требованиях к точности обработки применяют центровые отверстия с цилиндрической выточкой (рис. 1, в). При такой форме центровых отверстий случайная забоина на торцевой поверхности заготовки не нарушает базу центрального отверстия.

Центровые отверстия с выпуклой дугообразной образующей несущего конуса и без предохранительного конуса (рис. 1, г) снижают погрешности установки, в том числе обеспечивают нечувствительность к угловым погрешностям, и лучше удерживают смазывающий материал.

При установке заготовок используют упорные центры различных конструкций, в том числе и со сферической формой вершины конуса (рис. 2).

Обработка заготовок осуществляется как на неподвижных (для получения более точных деталей), так и на вращающихся центрах. На вращающихся центрах обрабатывают тяжелые заготовки и заготовки с осевыми отверстиями, имеющими узкие центровые фаски.

Подпружинивание упорного центра задней бабки уменьшает вибрации заготовок при шлифовании.

Для передачи вращательного движения от шпинделя станка к заготовке, установленной в центрах, применяют поводковые устройства различных конструкций (табл. 1).

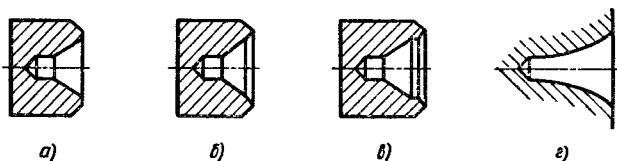


Рис. 1. Центровые отверстия:

а — с прямолинейной образующей несущего конуса и без предохранительного конуса; б — с предохранительным конусом; в — с предохранительной цилиндрической выточкой; г — с выпуклой образующей несущего конуса и без предохранительного конуса

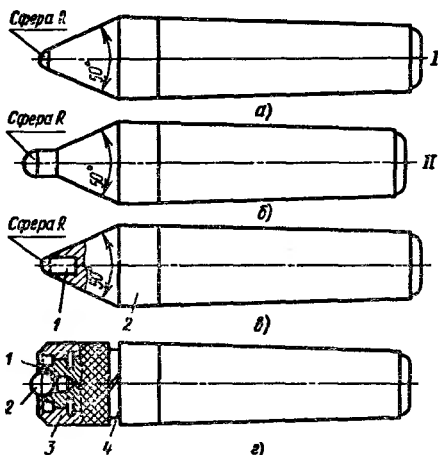


Рис. 2. Сферические упорные центры:

а, б — цельные (I — первого исполнения, II — второго исполнения); в — составной (1 — вставка; 2 — корпус); г — шариковый (1 — корпус; 2 — упорный шарик; 3 — крышка; 4 — пружинная шайба)

При шлифовании хвостовиков зубчатых колес в условиях серийного производства применяют специальное поводковое

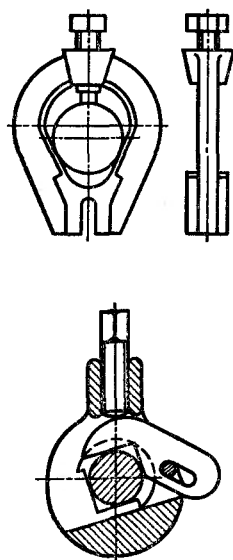
приспособление (рис. 3). Корпус 1 приспособления крепится к планшайбе передней бабки болтом 4, а поводок 3 с помощью гайки 2 устанавливается так, что при закреплении шлифуемого зубчатого колеса в центрах он попадает во впадину между зубьями и при вращении планшайбы увлекает за собой колесо. Применение таких поводковых приспособлений сокращает вспомогательное время, так как исключает установку и снятие хомутика с каждой детали.

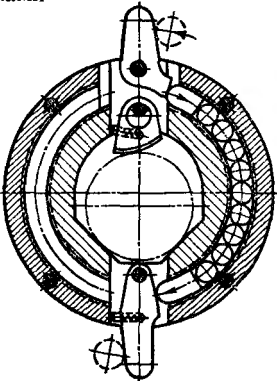
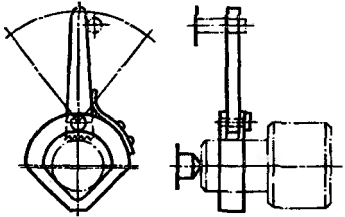
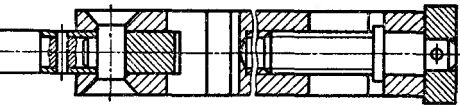
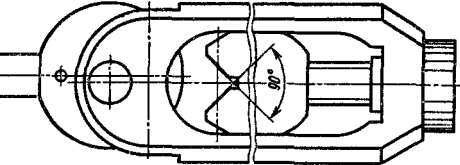
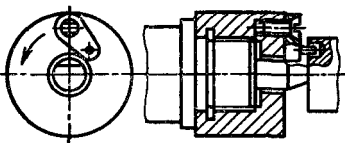
Заготовки с точным отверстием и небольшой высоты шлифуют на длинных центровых оправках с небольшой конусностью. Диаметр оправки с одной стороны на 0,01 мм меньше номинального диаметра отверстия шлифуемой заготовки; диаметр оправки с другой стороны — превышает диаметр отверстия заготовки на 0,015 мм. Конусность оправки должна быть не более 0,015 мм на 100 мм длины.

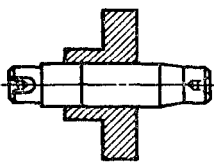
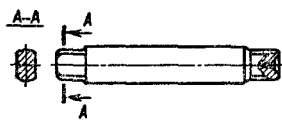
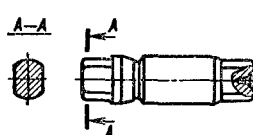
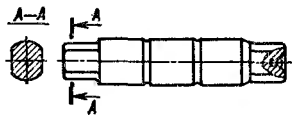
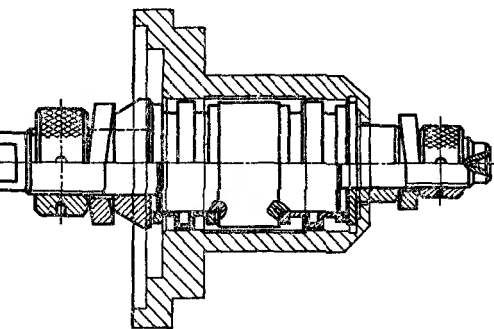
Для шлифования заготовок с более широким допуском по внутреннему диаметру используют разжимные оправки. В конструкциях приспособлений для круглого шлифования как средство центрирования и зажима заготовки с успехом применяют вязкий гидропласт (состоящий из полихлорвиниловой смолы и других веществ). Принцип действия таких конструкций основан на равномерной передаче давления гидропласта на стенки центрирующей втулки.

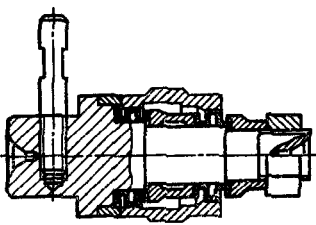
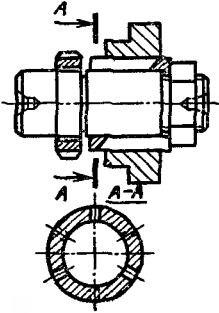
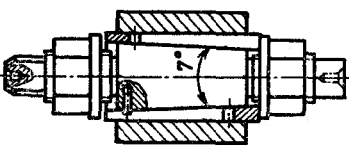
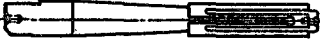
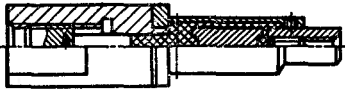
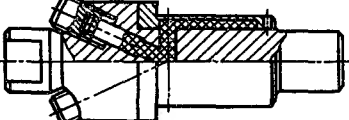
Наиболее широко применяемые конструкции оправок приведены в табл. 2.

ые устройства

Устройства	Особенности конструкций
вальных работ (ГОСТ 16488—70)  ные	Хомутики Имеют простейшую конструкцию. Применяются для заготовок диаметром 5—125 мм Обеспечивают сохранение формы детали в поперечном сечении

Устройства	Особенности конструкций
поводками  мные 	Обеспечивают сохранение формы детали в поперечном сечении Обеспечивают сокращение вспомогательной операции
ковые регулируемые   орцовые 	В некоторых случаях заменяют набор калибров Обеспечивают сокращение вспомогательной операции. Применяют для заготовок диаметром до 40 мм

Оправки	Особенности заготовок
 ские центровые (ГОСТ 16211—70)  ические центровые (ГОСТ 16212—70) 	С большими отверстиями, концентрируемой поверхности С точно обработанными (6—9-го качества) цилиндрическими базовыми отверстиями до $1,5d$ С точно обработанными (6—7-го качества) цилиндрическими базовыми отверстиями
ические ступенчатые центровые (ГОСТ 16213—70)  рованными втулками: овые с двумя автономными немеханизированными ами 	То же Типа зубчатых колес, колец, втулок (в том числе тонкостенных)

Оправки	Особенности заготовок
становки заготовок по ступенчатому отверстию  ые 	Типа зубчатых колес, колец, втулок, гильз (в том числе тонкостенных) Тонкостенные, с большими допусками на полноту центрального отверстия
е разжимные  ые улучшенного типа с разрезной цангой  астовые  а)  б)	С широким допуском цилиндрического конического отверстия Типа втулок и гильз (в том числе тонкостенных) Тонкостенные с внутренним диаметром $a - 20 - 40$ мм; $b -$ св. 40 мм

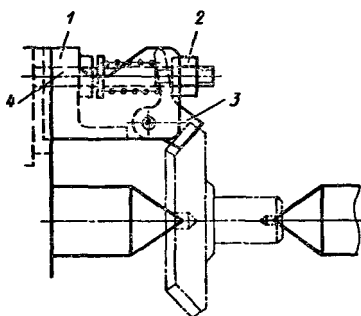


Рис. 3. Полюдовое приспособление

При работе на универсальных шлифовальных станках для закрепления заготовок применяют также различные патроны: кулачковые, мембранные, магнитные и др. (табл. 3).

Нашлифовальных автоматах и полуавтоматах широко применяют нецанговые патроны, с помощью которых заготовки закрепляют по наружной, внутренней или торцовой поверхности.

Достаточно высокую точность обработки обеспечивает шлифование на жестких опорах — башмаках. Этот способ позволяет автоматизировать цикл загрузки шлифуемых заготовок. Магнитный патрон с этим устройством (рис. 4) предназначен для закрепления и центрования тонкостенных заготовок при шлифовании. Корпуса 1 и 2 жестко прикреплены к бабке шпинделя заготовки. В корпусе 2 установлены жесткие опоры (башмаки) 5. Кольцевой Т-образный паз позволяет устанавливать башмаки в нужном положении. Устанавливаемая заготовка опирается на магнитный диск 3, который посредством втул-

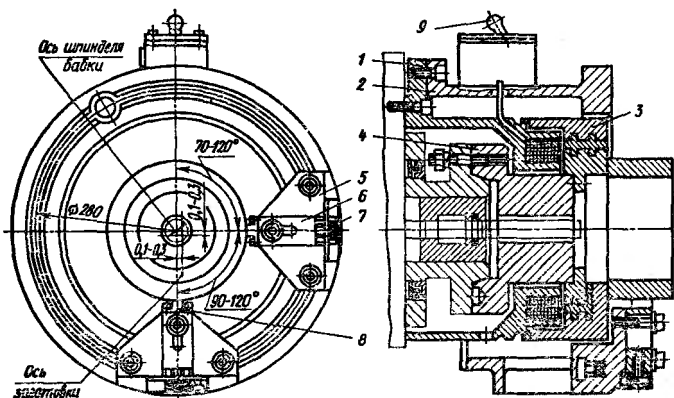
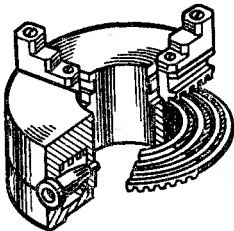
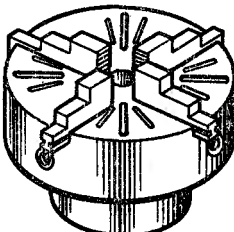
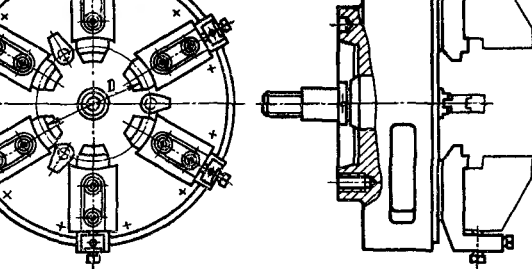


Рис. 4. Магнитный патрон с башмаковым устройством

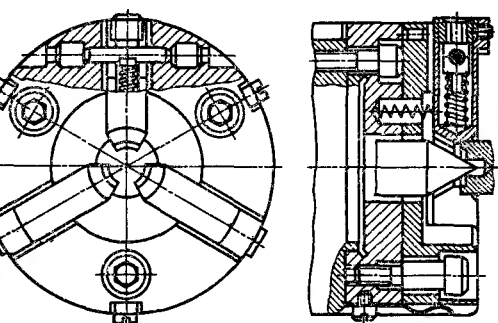
ля установки и закрепления заготовок

Патроны	Особенности
 ющие трехкулачковые (ГОСТ 2675—80)  ковые с независимым перемещением кулачков (ГОСТ 2675—82)	Для заготовок с концентричными б В патронах кулачки перемещаются временно Для заготовок с неконцентричными б В патронах кулачки перемещаются незав один от другого



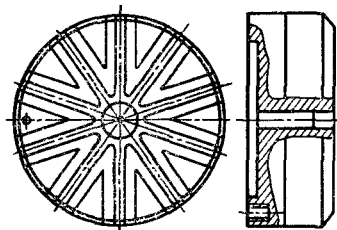
для шлифования отверстия в зубчатых колесах
5157—70)

Для прямозубых и косозубых колес обеспечивают высокую точность центральных отверстий относительно зуба и торца



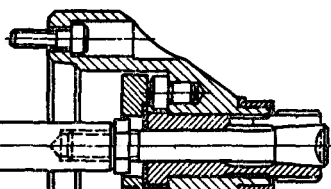
ые (ГОСТ 13334—67)

Для заготовок, обрабатываемых на шлифовальных станках в условиях крупного производства



ые (ГОСТ 24568—81)

Для тонких дисков и колец из ферритных материалов. Патроны не требуют специальных электрических запитывающих устройств



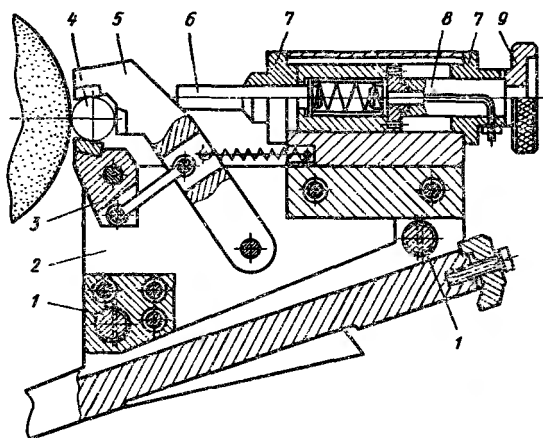


Рис. 5. Конструкция самоцентрирующегося люнета

ки 4 крепится к шпинделю бабки заготовки, и на сменные планки 8, положение которых регулируется винтами 7 через кулачки 6. При включении магнита тумблером 9 заготовка торцом притягивается к электромагниту, расположенному в корпусе 1.

При шлифовании длинных нежестких заготовок, например ходовых винтов, штоков гидроцилиндров, у которых длина превышает диаметр в 12 раз и более, для уменьшения прогиба применяют дополнительные опоры — люнеты. Чем длиннее и тоньше заготовка, тем больше люнетов необходимо установить.

Конструкция люнета, обеспечивающая неизменное положение оси шлифуемой детали в процессе обработки, приведена на рис. 5. Люнет устанавливают на столе станка. Опорами для детали 4 служат губки качающихся рычагов 3 и 5, оси которых закреплены на плите 2. Контакт губок с деталью обеспечивается толкателем 6 нажимного механизма, расположенного во втулке 7, при повороте маховика 9, связанного с валом 8, на котором нарезана резьба. Люнет настраивают по эталонной детали поворотом эксцентрических валиков 1. Твердосплавные губки люнета притирают алмазной пастой по эталонной детали непосредственно на станке.

2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ БЕСЦЕНТРОВО-ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

На бесцентрово-шлифовальных станках заготовку не зажимают в специальное приспособление; она свободно опирается на нож или на жесткие опоры. Опорные ножи различных типов приведены на рис. 6.

При шлифовании заготовок диаметром до 3 мм применяют ножи из термообработанной легированной стали типа X12M (ГОСТ 5950—73), а для обработки заготовок диаметром св. 3 мм — ножи из углеродистой стали 45 с припаянными твердосплавными пластинками.

При шлифовании ступенчатых заготовок используют ступенчатые ножи.

При отделочном шлифовании и полировании применяют ножи с опорной поверхностью из твердой резины типа эбонита марки А (по ГОСТ 2748—77).

Размеры опорного ножа зависят от устанавливаемой заготовки и модели станка. Толщина b ножа должна быть не более 12 мм и на 1—2 мм меньше диаметра шлифуемой заготовки. Например, при диаметре заготовки 3—6,9 мм толщину ножа выбирают равной 2,5 мм, а при диаметре заготовки 7—12,5 мм — 6 мм.

Угол скоса ϕ опорной поверхности ножа зависит от длины и диаметра шлифуемой поверхности. Для заготовки длиной до 100 мм и диаметром до 30 мм угол скоса $\phi = 30^\circ$. При размерах заготовки, превышающих указанные, угол ϕ уменьшают до $20—25^\circ$. Установочная и опорная поверхности ножа должны быть прямолинейны (отклонение от прямолинейности 0,01 на длине 100 мм).

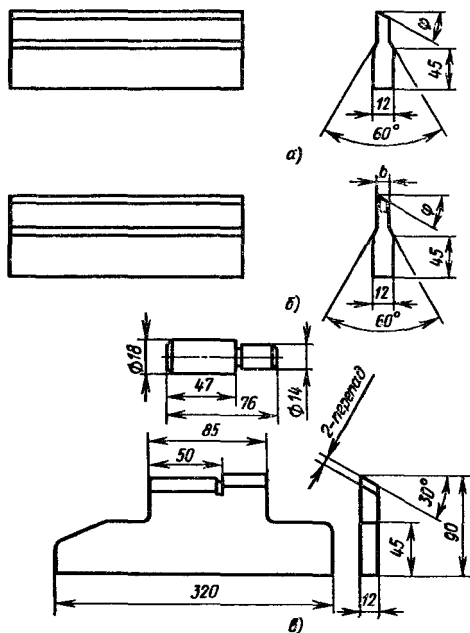
Длину опорного ножа при продольном шлифовании выбирают такой, чтобы обеспечить вылет передней части ножа из зоны кругов на 1,2—1,3, а задней части ножа — на 0,75 длины шлифуемой заготовки.

Форму и размеры опорных ножей при врезном шлифовании также выбирают в зависимости от конфигурации заготовки и модели станка.

При продольном шлифовании для направления заготовки в зону обработки и вывода из этой зоны применяют направляющие линейки. Линейки изготовляют из стали 45. Для обеспечения отклонения от прямолинейности 0,01 на 100 мм длины направляющие и установочные поверхности линейок шлифуют

Рис. 6. Опорные ножи для шлифования заготовок:

a — диаметром до 3 мм;
б — диаметром св. 3 мм;
в — ступенчатых (врезанием)



Длину линеек выбирают в зависимости от длины шлифуемых заготовок. Для заготовок длиной до 100 мм длина линеек должна быть равной длине заготовки, а для заготовок длиной 100–200 мм — $\frac{3}{4}$ длины. При выборе длины линеек учитывают также соотношение длины и диаметра заготовок. При шлифовании заготовок малой длины и большого диаметра длину линеек берут больше, чтобы одновременно шлифовать несколько заготовок. Высота линеек зависит от конструкции суппорта, а их толщина — от диаметра заготовок. На

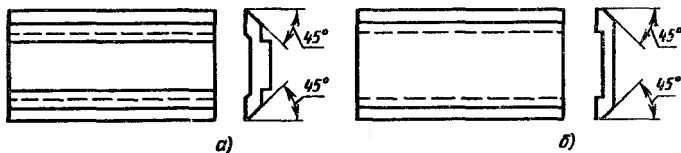


Рис. 7. Направляющие линейки для шлифования заготовок диаметром:
a — до 12 мм; *б* — св. 12 мм

рис. 7 представлены конструкции направляющих линеек, применяемых для шлифования заготовок.

3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

На плоскошлифовальных станках заготовки закрепляют непосредственно на столе, на электромагнитных или магнитных плитах, в приспособлениях.

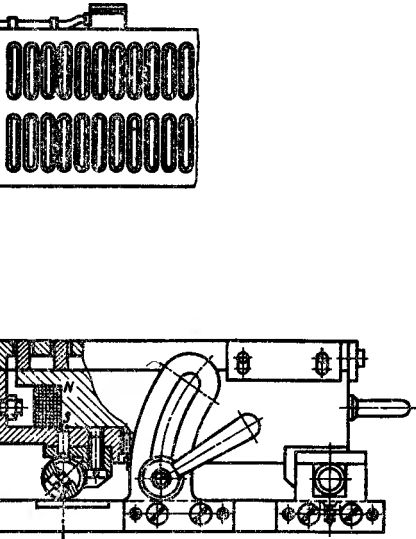
Наиболее широкое распространение получили электромагнитные плиты (табл. 4), которые изготавливают различных размеров, прямоугольной и круглой формы. Плиты прямоугольной формы применяют для закрепления шлифуемых заготовок на станках с возвратно-поступательным движением стола, а плиты круглой формы — для закрепления заготовок на станках с вращательным движением стола. Для питания электромагнитных плит используют генераторы, преобразующие переменный ток в постоянный. Одно из преимуществ электромагнитных плит по сравнению с магнитной оснасткой состоит в том, что путем изменения силы тока можно регулировать силу притяжения заготовки в зависимости от режима обработки. Электромагнитные плиты обеспечивают быстрое и надежное закрепление шлифуемых заготовок.

Широкое распространение в промышленности имеют магнитные приспособления (табл. 5). Такая оснастка автономна, обеспечивает безопасность в работе, точность базирования и производительность. Она экономичнее электромагнитной оснастки, имеет меньшую массу, размеры и стоимость. Заготовки, закрепляемые с помощью магнитной оснастки, не нагреваются. Современные конструкции магнитных приспособлений могут эксплуатироваться без ремонта в течение 4—5 лет при общей продолжительности применения более 10 лет. При выборе оснастки для закрепления шлифуемых заготовок учитывают то, что магнитные плиты, как правило, притягивают заготовки слабее, чем электромагнитные, что не позволяет работать на производительных режимах.

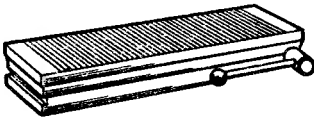
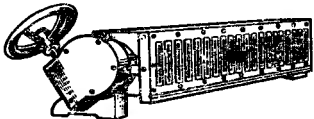
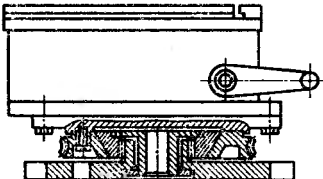
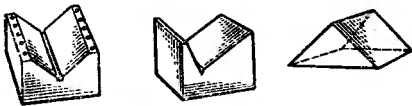
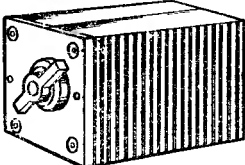
Для устранения недостатков, которые свойственны электромагнитным и магнитным плитам (изменение размеров заготовок вследствие их нагрева или недостаточная сила их притяжения), применяют комбинированные плиты с импульсными магнитами. Такие плиты работают как обычные магнитные при периодическом включении и выключении электромагнита.

Приспособления для плоскошлифовальных станков

Магнитные плиты

Плиты	Закрепленне заготовок
 The top part of the drawing shows a rectangular magnetic plate with two rows of circular magnetic poles. The bottom part shows a side view of a grinding machine with a rotating wheel and a workpiece mounted on the magnetic plate. The workpiece is held in place by a clamping mechanism.	Плоских, в виде призм, подставок, лекальных С обрабатываемыми поверхностями, расположенными под углом к основанию

5. Магнитные приспособления

Приспособления	Область применения и особенности заготовок
Плиты Магнитные (ГОСТ 16528—81)  Поворотные  	С плоскими и профильными поверхностями Устанавливаемые под различными углами наклона Для шлифования закруглений
Призмы Угловые  Прямоугольной формы 	Устанавливаемые под различными углами наклона С плоскими и профильными поверхностями. Могут иметь форму валов или клиньев при выполнении на приспособлении призматических выемок

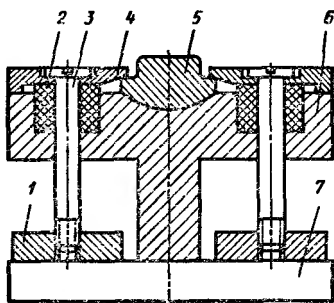


Рис. 8. Приспособление для закрепления заготовок из немагнитных материалов на электромагнитной плите

ромагнитном корпусе 6 под планками 4, через которые пропущены винты 3. На винты накручены ферромагнитные наконечники 1. При включении электромагнитной плиты 7 наконечники притягиваются к ней и через винты передают усилие на планки, которые одновременно прижимают заготовку к корпусу и сжимают амортизационные кольца 2, изготовленные из мягкой резины. При отключении электромагнитной плиты амортизационные кольца поднимают планки и освобождают обработанную деталь.

Регулирование силы закрепления заготовки в приспособлении осуществляется перед обработкой путем обеспечения соответствующего зазора между плитой и наконечниками.

Закрепление магнитных и немагнитных заготовок сложной формы, включая заготовки с минимальной опорной поверхностью, можно осуществлять в устройствах, в которых используются магнитно-реологические материалы или композиции. Вязкость этих материалов изменяется под действием магнитного поля. Заготовку помещают в емкость, заполненную магнитно-реологическим веществом, таким образом, чтобы обрабатываемая поверхность заготовки оставалась открытой. Затем включают приспособление магнитного типа, на котором установлена емкость. Это обеспечивает фиксацию заготовки в необходимом положении. Завершив обработку, с поверхности устройства удаляют стружку и абразивную пыль. Магнитное приспособление отключают и легко вынимают обработанную деталь из размягченного вещества.

Магнитно-реологическое вещество представляет собой коллоидную взвесь ферромагнитных частиц размером 0,1 — 10 мкм (например, карбонального железа) и ферритовых магнитотвердых частиц (препятствующих осаждению и слипанию ферромагнитных частиц) в жидкости (воде, керосине, масле и т. п.) или массе наполнителя. Прочность на сдвиг отвердевшей суспензии достигает 250. кПа. В качестве основы магнитно-реологических композиций могут также применяться пластичные

материалы (например, пластилин или мягкие пластмассы), насыщенные в процессе изготовления ферромагнитными частицами (например, из закаленной стали, покрытой от коррозии тонким слоем меди).

Нередко возникает необходимость шлифовать плоские заготовки толщиной до 2 мм. Для этого используют следующие приемы. Заготовки, имеющие площадь поверхности до 500 мм², перед шлифованием устанавливают на магнитной плите станка или на стальной ферромагнитной планке толщиной до 5 мм с параллельными плоскостями и заливают их жидкостью, состоящей из растворенной в ацетоне мелкой стружки из оргстекла в соотношении по объему 3:2. В процессе заливки раствор проникает в зазоры под покоробленные участки заготовок и после затвердевания становится их опорой. При заливке заготовок на магнитной плите последняя должна быть выключена. После шлифования заготовок оргстекло вновь растворяют ацетоном.

Для плотного прилегания тонких (толщиной 0,5–2,5 мм) заготовок длиной 40–100 мм и шириной 5–15 мм к магнитной плите используют и такой прием. Заготовку покрывают тонким слоем чистого машинного масла или технического вазелина. Вследствие поверхностной энергии смазочного слоя тонкие заготовки притягиваются к столу, и их шлифуют, не включая электромагнит. Длинные и узкие заготовки рекомендуются шлифовать при глубине резания не более 0,01–0,02 мм.

Для закрепления тонких немагнитных заготовок на плоскошлифовальных станках также применяют электростатические приспособления. Заготовки в этом случае притягиваются к зеркалу электростатической плиты статическими электрическими зарядами противоположной полярности. В основании стола встроен нагревательный элемент малой мощности, поддерживающий температуру на поверхности стола на несколько градусов выше, чем температура окружающей среды, что предотвращает конденсацию влаги из воздуха. Заготовки, устанавливаемые на плите, обязательно должны контактировать с токопроводящей пластиной. Для надежного закрепления установочная поверхность заготовок должна иметь небольшую шероховатость. По сравнению с магнитными электростатические плиты создают меньшие удельные силы притяжения. Заготовки из стекла, резины, керамики, пластмассы предварительно покрывают металлическим порошком или электропроводящим лаком.

Для закрепления нежестких заготовок плоской, круглой и криволинейной формы используют также вакуумные приспособления, которые обладают равномерно распределенной силой притяжения.

Во избежание отрыва заготовки при обработке на вакуумном приспособлении стремятся к тому, чтобы направление составляющих сил резания совпадало с направлением сил притяжения заготовок.

Для исключения деформаций устанавливаемой заготовки верхнюю часть корпуса приспособлений делают ячеистой с перекрещивающимися пазами. В эти пазы для герметизации зоны, закрытой заготовкой, по контуру заготовки укладывают эластичные прокладки.

Кроме перечисленных выше разновидностей приспособлений, для закрепления заготовок применяют станочные тиски (табл. 6). Лекальные тиски отличаются от остальных разновидностей точностью изготовления и возможностью кантования. Боковые поверхности лекальных тисков изготавливают параллельными друг другу и перпендикулярными основанию. Для их закрепления предусматривают резьбовые отверстия. Чаще их закрепляют на магнитной плите. Тиски изготавливают из стали, закаливают и шлифуют со всех сторон.

При плоском шлифовании немагнитных материалов применяют чугунные плиты. Заготовки фиксируют различными прихватами, болтами и струбцинами.

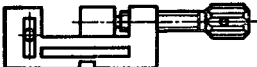
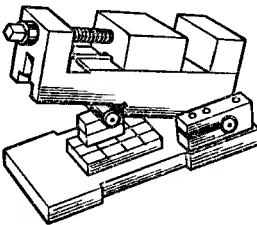
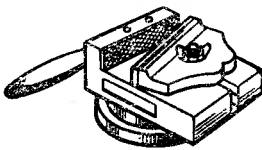
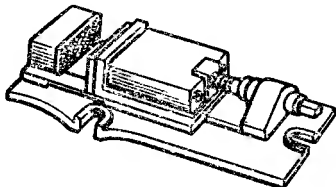
Для закрепления заготовок при плоском шлифовании широко используют установочные планки, плитки и угольники. Планки и плитки повышают надежность закрепления заготовок на плите, а угольники применяют при установке и креплении заготовок прямоугольной формы. Заготовки прикрепляют к угольникам струбцинами. Небольшие угольники изготавливают из закаленной стали, а крупные — из чугуна.

Для шлифования поверхностей заготовок под разными углами применяют синусные приспособления (табл. 7). Установка заготовок в них под необходимым углом обеспечивается, как правило, набором мерных плиток.

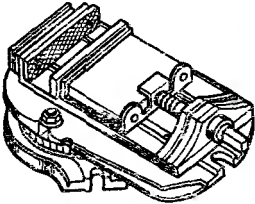
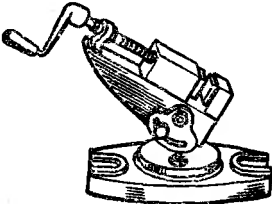
При необходимости получения лысок на цилиндрической поверхности детали ее располагают на призме и крепят скобами с прижимными винтами.

Для поворота заготовок на определенный угол применяют также делительные диски, представляющие собой правильные многогранники с параллельными сторонами.

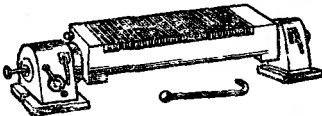
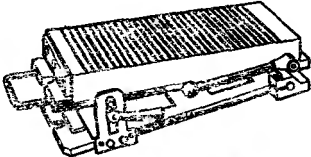
6. Станочные тиски

Тиски	Особенности заготовок
Лекальные <i>Исполнение I</i>  <i>Исполнение II</i> 	Небольших размеров плоские и фасонные
Синусные универсальные 	То же, для обработки их под углом с высокой точностью
С поворотной губкой 	С непараллельными сторонами
Неповоротные 	Небольших размеров

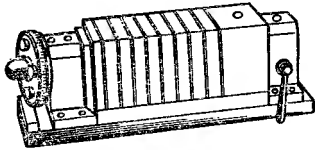
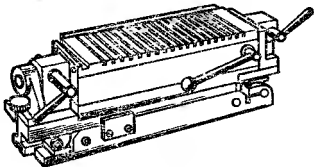
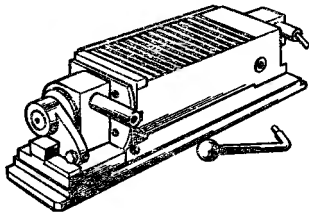
Продолжение табл. 6

Тиски	Особенности заготовок
Поворотные 	Небольших размеров в для обработки их под углом
Универсальные 	Небольших размеров, имеющие скосы в вертикальном и горизонтальном направлениях

7. Синусные приспособления

Эскиз	Основные данные	Особенности заготовок
 	Размер зеркала плиты 200×560 мм; наибольший угол поворота 90°; габариты $915 \times 210 \times 196$ мм; масса 110 кг Размер зеркала плиты 200×500 мм; наибольший угол наклона 10°; габариты $585 \times 317 \times 152$ мм; масса 85 кг	Угловые Типа клин

Продолжение табл. 7

Эскиз	Основные данные	Особенности заготовок
	Размер призмы 85×85 мм; удельная сила притяжения 350 кПа; габариты $350 \times 115 \times 120$ мм; масса 19 кг	Угловые
	Размер зеркала плиты 125×360 мм; наибольший угол поворота вокруг оси: продольной 90° , поперечной 8° ; габариты $570 \times 224 \times 170$ мм; масса 57 кг	Угловые
	Размер зеркала плиты 245×100 мм; наибольший угол поворота 90° ; габариты $450 \times 145 \times 112$ мм; масса 21 кг	Типа клиньев

4. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Делительные устройства служат для поворота заготовок на различные доли оборота или перемещения на отрезки различной длины. Применяются при обработке поверхностей, шлифовании шлицев, зубьев зубчатых колес, спиралей, многозаходных резьб. Различают делительные устройства двух видов. У первых делительный механизм является составной частью шлифовального станка (например, зубо- или шлицешлифовального). Ко вторым относят приспособления с делительными дисками, синусные делительные головки, делительные головки с червячной передачей, оптические делительные головки.

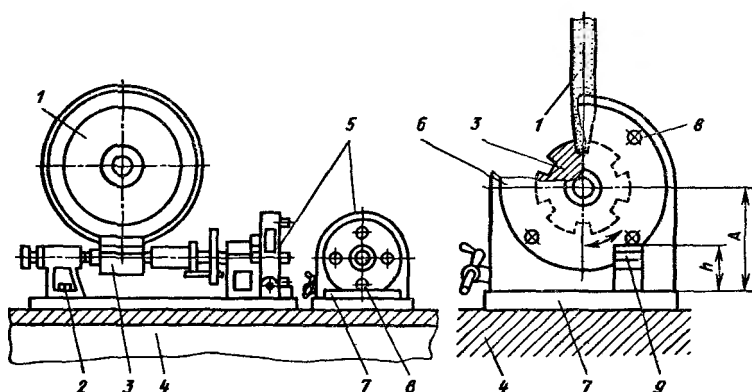


Рис. 9. Схема синусной делительной головки

Схема синусной делительной головки, широко применяемой при шлифовании, представлена на рис. 9. На плите 4 смонтированы задняя 2 и передняя 5 бабки. Передняя бабка 5 снабжена делительным диском 6 с роликами 8, расположенными по его диаметру симметрично под углом 90° . Под роликами 8 на плите имеется опорная площадка 7, на которую при настройке на заданный угол устанавливают набор плиток концевых мер 9. Расстояние A от верхней плоскости площадки 7 до оси делительной головки — постоянное; его маркируют на лицевой стороне плиты.

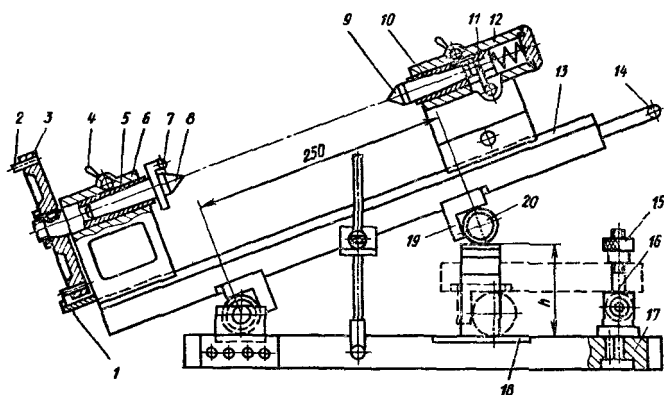


Рис. 10. Универсальное делительное приспособление

При шлифовании шестишлицевого пуансона 3 шлифовальный круг 1 профилируют в соответствии с формой шлицев. Заготовку устанавливают в центрах синусной делительной головки. Размер h блока концевых мер для поворота на требуемый угол определяют по формуле $h = A \pm (L \sin \alpha - d/2)$, где L — расстояние от делительного диска 6 до площадки 7, мм; d — диаметр ролика 8, мм.

Размеры A , L и d известны, угол α задают. В рассматриваемом примере он равен 60° . Блок плиток подбирают таким образом, чтобы их число было наименьшим.

При шлифовании шлицевых калибров широко применяют универсальное синусное делительное приспособление (рис. 10). Приспособление устанавливают на магнитную плиту станка основанием 17. Плиту 13, на которой закреплены передняя 6 и задняя 12 бабки, рукояткой 14 поднимают (или опускают) на необходимое расстояние $h = 250 \sin \alpha$. Расстояние h получают с помощью набора мерных плиток, которые укладывают на площадке 18 с таким расчетом, чтобы ролик 20, прикрепленный к угольнику 19, упирался в него. В бабке 6 на шпинделе 5 слева устанавливают делительный диск 3 с роликом 2. Заготовку помещают между центрами 8 и 9, а затем, обеспечив надежное прилегание центров и центровых отверстий заготовки, фиксируют положение задней бабки. При делении ролик 2 делительного диска 3 упирается в мерный блок плиток, установленный на окончательно обработанную площадку 1. Поводком 7 фиксируют хвостовую часть хомутика, надеваемого на заготовку. После поворота заготовки на требуемый угол шпиндель передней бабки стопорят рукояткой 4. Ускоренный отвод центра 9, расположенного в пиноли 10, осуществляется собачкой 11.

При шлифовании поверхностей заготовки, параллельных основанию приспособления, плиту 13 крепят откидным винтом 16 и гайкой 15.

1. ВИДЫ ШЛИФОВАНИЯ

Шлифованием называют абразивную обработку, при которой инструмент (круг, головка и др.) совершает только вращательное движение, которое является главным движением резания, а заготовка — любое движение.

Шлифование — один из прогрессивных и универсальных методов окончательной обработки различных поверхностей деталей машин, к которым предъявляются высокие требования по точности размеров, геометрической формы и качеству обработки.

Снятие припуска (слоя металла) с обрабатываемой поверхности инструмента абразивным кругом представляет собой процесс высокоскоростного шлифования мельчайшими режущими кромками абразивных зерен.

Абразивные зерна, участвующие в работе, испытывают периодическое силовое, тепловое и химическое воздействие в момент контакта с обрабатываемой поверхностью. В результате такого воздействия происходит истирание режущих кромок зерен и появление площадок износа, скалывание режущих кромок, вырывание целых зерен из связки круга, налипание частиц металла на вершинах режущих кромок и заполнение пор круга металлической стружкой. Такое явление называют *засаливанием круга*. Шлифующие свойства такого круга ухудшаются, нарушается его правильная форма. Чтобы восстановить первоначальное состояние круга, необходима его правка. Приведение рабочей поверхности круга в работоспособное состояние называется *правкой*.

Под *стойкостью* понимают способность шлифовального круга сопротивляться засаливанию и затуплению его при абразивной обработке.

Период стойкости — время работы круга между двумя последовательными правками, в течение которого круг соответствует заданным требованиям.

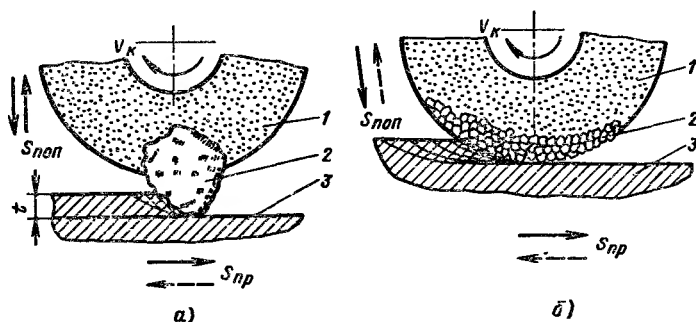


Рис. 1. Схемы резания:

а — абразивным зерном; *б* — шлифовальным кругом; $S_{пр}$ и $S_{поп}$ — соответственно продольная и поперечная подачи стола станка; v_k — скорость вращения круга

Стойкость круга связана с *самозатачиваемостью*, т. е. свойством шлифовального круга сохранять работоспособное состояние вследствие образования новых выступов и режущих кромок у абразивных зерен.

Режущая способность шлифовального круга характеризуется отношением наработки круга к времени резания.

Схемы резания абразивным зерном и кругом приведены на рис. 1.

Снятие металла абразивным зерном 2 круга 1 происходит в две операции: вначале абразивное зерно, приближаясь к обрабатываемой поверхности детали 3 острой кромкой, не режет, а скользит с большим трением по поверхности, сдвигая впереди себя металл вследствие нарастания радиальной силы, затем, в момент, когда силы резания превысят предел прочности обрабатываемого материала, абразивное зерно врежется в металл и образует стружку.

Скорость вращения шлифовального круга (м/с)

$$v_k = \frac{\pi D_k n}{60 \cdot 1000} \approx 0,525 \cdot 10^{-4} D_k n,$$

где D_k — диаметр шлифовального круга, мм; n — частота вращения шлифовального круга, мин^{-1} .

При круглом и внутреннем шлифовании обрабатывают наружные и внутренние поверхности вращения. При круглом

шлифовании обрабатываемая деталь вращается вокруг своей оси. Скорость вращения детали (м/мин)

$$v_d = \frac{\pi d_d n_1}{1000} \approx \frac{d_d n_1}{318},$$

где d_d — диаметр обрабатываемой детали (наружный при круглом и внутренний при внутреннем шлифовании), мм; n_1 — частота вращения детали, мин^{-1} .

При круглом шлифовании осуществляется взаимное перемещение шлифовального круга и детали вдоль ее оси (продольная подача) и нормально к оси детали (поперечная подача). Возможна также подача под углом к оси детали.

Схемы шлифования приведены на рис. 2. В зависимости от формы обрабатываемой поверхности различают следующие виды шлифования: круглое наружное (рис. 2, а) и внутреннее (рис. 2, б), плоское периферией (рис. 2, в) и торцом (рис. 2, г и д) круга, бесцентровое (рис. 2, е), профильное (рис. 2, ж), резьбошлифование (рис. 2, з), шлице- и зубошлифование (рис. 2, и и к).

Круглое шлифование периферией и торцом круга предназначено для обработки деталей типа тел вращения и является основным способом, обеспечивающим высокую точность. Оно может осуществляться с установкой детали в невращающихся центрах и в кулачковом или цанговом патроне вращающегося шпинделя станка.

Диаметр круга D_k не зависит от диаметра обрабатываемой детали d_d и определяется прочностью круга, параметрами станка и технологическими факторами обработки.

Круглое шлифование можно осуществлять как периферией круга (в основном), так и его торцом; при этом в качестве режущей части используют наружную или торцовую поверхность шлифовального круга.

Применяют следующие основные операции круглого шлифования: обдирочное, предварительное, окончательное (чистовое), тонкое и выхаживание (табл. 1).

В табл. 2 приведены виды, способы, технологические особенности, назначение, преимущества и недостатки основных операций круглого наружного шлифования периферией и торцом круга.

Способом внутреннего шлифования обрабатывают цилиндрические, конические и профильные отверстия.

При внутреннем шлифовании в патроне и бесцентровом шлифовании подача осуществляется вследствие вращения де-

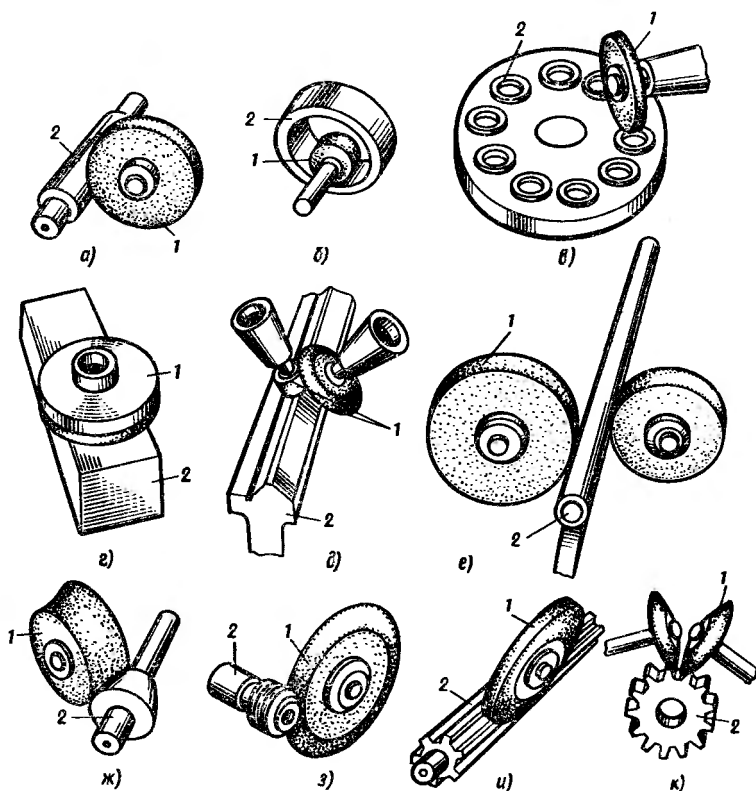


Рис. 2. Схемы шлифования:

1 — шлифовальный круг; 2 — обрабатываемая деталь

тали со скоростью v_d . При внутреннем шлифовании крупногабаритных деталей деталь неподвижна, а шпиндель шлифовального круга совершает вращение вокруг оси обрабатываемого отверстия. Диаметр круга при внутреннем шлифовании выбирают наибольшим допустимым диаметром обрабатываемого отверстия. При диаметре отверстия $d_{отв} = 30 \div 40$ мм диаметр шлифовального круга $D_k = 0,95 d_{отв}$; при $d_{отв} = 50 \div 150$ мм $D_k = (0,85 \div 0,75) d_{отв}$; при $d_{отв} \geq 150$ мм $D_k = 0,5 d_{отв}$.

В табл. 3 приведены основные способы внутреннего шлифования.

При **бесцентровом шлифовании** деталь не закрепляют в центрах или в патроне, а базируют по обрабатываемой или ранее обработанной поверхности.

Деталь получает вращение от ведущего круга, окружная скорость которого в 60–100 раз меньше, чем скорость шлифовального круга. В табл. 4 приведены основные способы бесцентрового шлифования.

Плоское шлифование периферией круга осуществляется шлифовальными кругами типа ПП (ГОСТ 2424–83) диаметром 100–500 мм и шириной 8–75 мм (реже до 100 мм).

Шлифуемые детали в зависимости от материала, формы и размеров крепят на рабочей поверхности основного стола или на электромагнитной плите.

При шлифовании торцовых поверхностей применяют широкие круги типов ПВ и ПВД.

В целях сохранения рабочей скорости круга постоянной при плоском шлифовании широко применяют станки, работающие торцом круга типа К, ЧК, ЧЦ, ПН, а также сегменты, закрепленные в специальной сегментной головке.

В зависимости от длины обрабатываемой детали шлифование периферией круга может осуществляться двумя способами: с продольной подачей (напроход) и врезанием (способ непрерывной поперечной подачи). При шлифовании с продольной подачей одним кругом можно обработать поверхности разной длины; износ кругов происходит более равномерно, что не влияет на точность цилиндрической поверхности детали.

При этом способе применяются мягкие круги, не требующие частой правки, так как они работают в режиме самозатачивания, достигается наименьший параметр шероховатости и обеспечивается высокое качество обработанной поверхности.

Основные способы плоского шлифования приведены в табл. 5.

Профильное шлифование. Шлифование поверхностей деталей, образующая которых является кривой или ломаной линией, называют профильным шлифованием (табл. 6).

Резьбо- и зубошлифование применяют при изготовлении резбонарезных (резбообразующих) режущих инструментов (метчиков, резбонакатных головок), ходовых винтов, зубчатых колес и делительных дисков.

Резьбошлифование — шлифование боковых сторон и впадин профиля резьбы (табл. 7). Образование винтовой поверхности

Виды шлифования

технологические операции круглого шлифования

е	Припуск, мм	Режимы работы	Достигаемая точность; параметр шероховатости	Назначение
	Св. 1,0	$v_k = 50 \div 60$ м/с; $S_{пр} = (0,5 \div 0,7)H^{*1}$ м/мин $S_{поп} = 0,01 \div 0,08$ мм/об	7—9-й квалитет; $Ra = 2,5 \div 5,0$ мкм	Для удаления с заготовок лишнего слоя после литья, штамповки, прокатки
ь-	До 1,0	$v_k = 40 \div 60$ м/с; $S_{пр} = (0,25 \div 0,3)H$ м/мин $S_{поп} = 0,005 \div 0,010$ мм/об	6—9-й квалитет; $Ra = 1,2 \div 2,5$ мкм	До термической обработки для выпечения базирования и подгонки поверхности к окончательно обработке
ое	0,3—0,5	$v_k = 35 \div 40$ м/с; $S_{пр} = (0,10 \div 0,15)H$ м/мин $S_{поп} = 0,001 \div 0,005$ мм/об	5—6-й квалитет; $Ra = 0,2 \div 1,2$ мкм	Достижение заданной геометрии, формы, точности и качества обработки
	0,05—0,10	$v_k = 25 \div 35$ м/с	4—5-й квалитет; $Ra = 0,025 \div 0,1$ мкм	Достижение наименьшего параметра шероховатости
е	—	$v_k = 25 \div 35$ м/с; $S_{поп} = 0$; число ходов 2—3	—	Снижение параметра шероховатости, достижение заданной формы

сота круга, мм

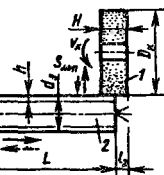
ание. Совмещение предварительного и окончательного шлифования в одной операции целесообразно при автоматическом цикле работы, принудительной автоматической правке круга и возможностью регулирования режимов шлифования.

ые способы круглого шлифования периферией и торцом круга

Шлифование	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
------------	-----------------------------	------------	---------------------------

Шлифование периферией круга

с продольной подачей



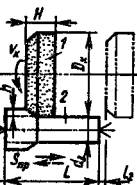
Обрабатываемая деталь 2, вращаясь, совершает продольное перемещение вдоль своей оси со скоростью продольного хода, равной минутной продольной подаче круга $S_{пр}$. В конце двойного или каждого хода шлифовальный круг 1 устанавливают в направлении, перпендикулярном к оси детали, на величину снимаемого припуска h , численно равного поперечной подаче $S_{поп}$.

Перебеги, во избежание завалов «по концам» детали, должны быть $l_1 = l_2 = 0,3H$ (где H — высота круга); при обработке конических поверхностей деталь поворачивается на угол, равный половине угла конуса

Обдирочное и чистовое шлифование деталей большой длины [$L \geq H$ (валы, оси, цапфы, сверла, протяжки)]

Высокая точность, возможность обработки детали по всей длине, так как часть детали находится в патроне; при шлифовании длинных деталей не требуется менять дополнительную опору — люнет

с установленным

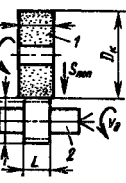


Разновидность шлифования с продольной подачей круга. Обработку проводят с глубиной резания $t = 0,5 \div 5$ мм и более и $S_{пр} \geq 100 \div 300$ мм/мин за один ход. Шлифовальный круг 1 устанавливают на величину снимаемого припуска h . Подачу детали 2 осуществляют только в одну сторону (например, вправо) с $S_{пр}$

Резание осуществляет коническая часть круга с углом $1^\circ 30' - 1^\circ 45'$, а цилиндрическая часть круга зачищает обработанную поверхность. При глубинном шлифовании перебеги $l_1 = l_2 \geq H$

Обдирочное и получистовое шлифование жестких коротких деталей [$L = (5 \div 8)H$] (цапфы, оси, пальцы, валы); шлифование пазов и деталей сложного профиля

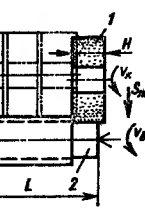
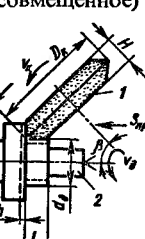
Совмещение шлифования и чистового шлифования; высокая производительность, стабильность размеров, простота обработки, достижимая точность, простота измерения параметров шлифования; благоприятные условия резания, не требующие охлаждения. Особые требования к оборудованию, жесткости и вибрации, а также к СОТС



Поперечную подачу шлифовального круга 1 на глубину припуска h осуществляют непрерывно или периодически. Деталь 2 не имеет продольной подачи. Для повышения точности и снижения параметра шероховатости кругу сообщают дополнительное осевое колебательное (осциллирующее) движение вправо или влево (до 3 мм)

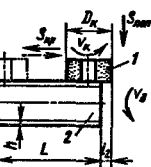
Обдирочное и чистовое шлифование конических и цилиндрических поверхностей при $L < H$ (шейки валов, цапфы, бурты, кулачки); обработка

Повышенная точность; возможность обработки временно несбалансированных поверхностей; возможность установки на станке с большим диаметром круга; простота контакта круга

Шлифование	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
		ботка профильных и ступенчатых поверхностей	интенсивное выделение теплоты, что способствует обильному охлаждению для достижения высокой точности обработки; частая пр
	Способ сочетает шлифование с продольной подачей и врезное; шлифование каждого участка детали 2 осуществляется кругом 1 с поперечной подачей $S_{\text{поп}}$ на величину $0,9h$; вначале шлифуется один участок, а затем соседний с ним с перекрытием участков на 5–10 мм. Образующуюся ступенчатость участков устраняют двумя-тремя продольными ходами	Обдирочное и чистовое шлифование длинных деталей с $L > H$ (ступенчатые валы, ступицы зубчатых колес, цилиндрические и конические хвостовики режущего инструмента)	Повышенная долговечность обработки; возможность задания параметров шероховатости поверхности; необходима частота вращения круга
ацей под углом (совмещенное) 	Одновременное шлифование по торцу и диаметру детали кругом 1, ось шпинделя которого расположена под углом к оси детали 2 ($\beta = 45^\circ$). Шлифование осуществляют кругом с подачей $S_{\text{поп}}$ перпендикулярно к оси его вращения; по данной схеме возможно шлифование нескольких шеек и торцов валов одновременно	Обдирочное и чистовое шлифование сопряженных поверхностей (цилиндр—торец, конус—торец) относительно небольшой длины $L < H/\cos\beta$ (торцы и шейки валов, цапф)	Высокая долговечность с учетом заданных параметров шероховатости и качества поверхности; необходима частота вращения круга

Шлифование торцом круга

и однопроходное

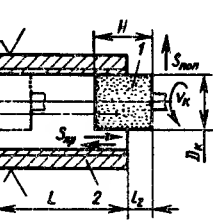
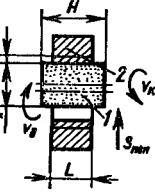
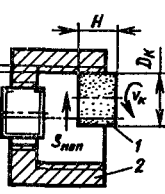


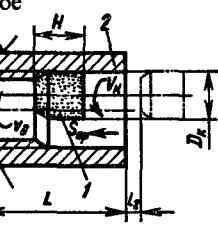
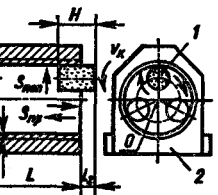
Шлифование осуществляется кругом 1, ось которого расположена перпендикулярно к обрабатываемой поверхности детали 2, с подачей $S_{\text{поп}}$ на глубину резания. Припуск h снимается за один и несколько ходов:

$$l_1 = l_2 = (0,3 \div 0,7) \left(\frac{D_k - d_d}{2} \right)$$

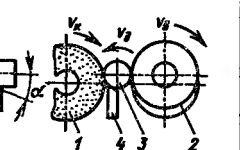
Чистовая обработка цилиндрических деталей больших диаметров и длин ($L \gg H$) (например, алмазное шлифование валков прокатных станков, шпинделей, станков и колонн радиально-сверлильных станков)

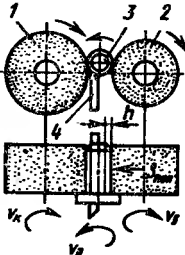
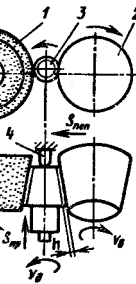
Повышенная долговечность, точность достигается высокой точностью шлифования; необходима частота вращения круга

Шлифование	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
с продольной подачей 	Шлифовальный круг 1, вращаясь со скоростью v_k, перемещается вправо и влево. Подача $S_{пр}$ осуществляется за каждый двойной ход на величину снимаемого припуска h, численно равную $S_{поп}$. Деталь 2 вращается со скоростью v_d в противоположную сторону. Перебеги $l_1 = l_2 = 0,3H$	Обдирочное и чистовое шлифование внутренних отверстий в деталях сравнительно большой длины $L \gg H$ (гильзы, цилиндры, долбяки, фрезы, ступицы колес)	Возможность достижения высокой производительности при увеличении скорости v_k. $S_{пр}, S_{поп}$; то 7-го квалитета $= 0,63 \div 0,1$. Большой вынос (соль) шпинделя при высокой частоте вращения n_d, большая погрешность контакта круга с деталью вызывает повышенный износ готовок, интенсивный износ круга СОТС в зоне шлифования сложна
	Шлифовальный круг 1 и шлифуемая деталь 2 вращаются так же, как при шлифовании с продольной подачей. $S_{пр}$ отсутствует; $S_{поп}$ осуществляется непрерывно на величину снимаемого припуска h	Обдирочное и чистовое шлифование сравнительно коротких сквозных и глухих отверстий в деталях повышенной жесткости с $L < H$ (ступицы зубчатых колес и шкивов, кольца, бандажи)	Высокая долговечность шлифовального круга при шлифовании отверстий более частых кругов. Повышенные требования к жесткости детали
	Шлифовальный круг 1 и шлифуемая деталь 2 вращаются так же, как при шлифовании с продольной подачей. Поперечная подача $S_{поп}$ шлифовального круга осуществляется на величину снимаемого припуска h. Смежные участки шлифуют последовательно с перекрытием на 3—10 мм	Обдирочное и чистовое шлифование отверстий в деталях, в том числе ступенчатых, а также в деталях повышенной жесткости	Повышенная производительность при необходимости правки круга

Шлифование	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
Шлифование с продольной подачей 	Шлифовальный круг 1 и шлифуемая деталь 2 вращаются так же, как при шлифовании с продольной подачей $S_{\text{поп}}$ на полную глубину снимаемого припуска h	Обдирочное шлифование отверстий в сквозных и глухих отверстиях при $L > H$ (толстостенные цилиндры, втулки, ступицы)	Высокая производительность при отклонении размеров в большую сторону. Большие размеры и малая жесткость шпинделя, как высокая жесткость, не достигается
Шлифование с поперечной подачей 	Крупногабаритная деталь 2 неподвижна. Шлифовальный круг 1 совершает вращательное со скоростью v_k и планетарное движения (перекатывание по обрабатываемой поверхности) с центром в точке О. Одновременно кругу сообщается поперечная подача $S_{\text{поп}}$ на величину снимаемого припуска h	Обдирочное и чистовое шлифование гладких отверстий относительно большой длины с $L > H$ в крупногабаритных деталях повышенной жесткости	То же

способы бесцентрового шлифования

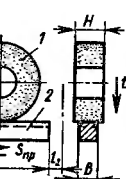
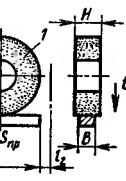
Вид шлифования	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
шлифование с продольной подачей 	Шлифовальный 1 и ведущий 2 круги вращаются со скоростями v_k и v_v соответственно. Деталь 3, установленная на опорный нож 4, и ведущий круг 2 вращаются со скоростью v_d. Вследствие угла наклона ведущего круга и возникновения сил трения происходит перемещение детали с продольной подачей $S_{пр}$	Обдирочное и чистовое шлифование гладких цилиндрических поверхностей деталей (тонкостенные цилиндры, пальцы, кольца подшипников, штыри, крупные валы)	Производительность превышает несколько раз производительность шлифования в режиме шлифования. Режимы шлифования повышены благодаря надежной опоре детали на опорный нож. Надежность наладки высока, требуется небольшое отклонение от цилиндричности. Шлифование деталей имеющих выточки по длине

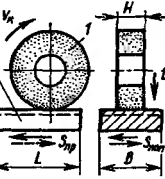
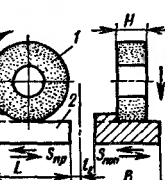
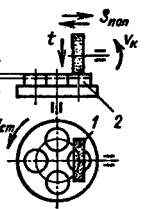
Шлифование	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
	Шлифовальный 1 и ведущий 2 круги вращаются со скоростями v_k и v_v соответственно. Ведущий круг 2 осуществляет поперечную подачу $S_{\text{поп}}$ на величину припуска h. Деталь 3, опираясь на нож 4 и ведущий круг, вращается в противоположную сторону со скоростью v_d.	Обдирочное и чистовое шлифование цилиндрических, ступенчатых и фасонных поверхностей (цапфы, крестовины, стержни клапанов, сферические пальцы)	Высокая производительность
	Деталь 3 в первый момент шлифуется кругом 1, как при шлифовании с продольной подачей, а при касании ее торца 4 ведущий круг 2 отходит назад, и деталь освобождается. Подача $S_{\text{поп}}$ осуществляется при радиальном перемещении ведущего круга 2 на деталь 3. Одновременно осуществляется подача $S_{\text{пр}}$ до упора при осевом перемещении детали 3 вследствие угла наклона оси ведущего круга	Чистовое шлифование цилиндрических и конических поверхностей деталей относительно небольших размеров $L < H$ (хвостовики концевых режущего инструмента, стержни клапанов)	Высокая производительность, высокая стабильность размеров пар работанных деталей. Сложность конструкции, частая замена кругов

способы плоского шлифования

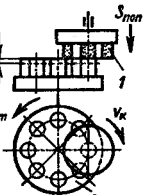
Шлифование	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
------------	-----------------------------	------------	---------------------------

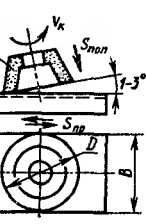
Шлифование периферией круга

	Шлифовальный круг 1, вращаясь со скоростью v_k, осуществляет вертикальную подачу на глубину резания t. Деталь 2 совершает возвратно-поступательное движение с числом двойных ходов n. Подача $S_{\text{поп}}$ отсутствует. Припуск h снимается за несколько двойных ходов. Перебег $l_1 = l_2$	Обдирочное и чистовое шлифование деталей относительно малой ширины $B < H$ (шпонки, линейки, измерительные плитки, плоские и призматические направляющие, детали сложного профиля)	Высокая точность шлифования малых и тонких деталей. Низкая производительность. Необходимость частой правки круга
	Шлифовальный круг 1, вращаясь со скоростью v_k, устанавливается на большую глубину резания, равную припуску h перебега $l_1 = l_2$	Обдирочное и чистовое шлифование деталей того же типа, что и в предыдущей операции	Высокая производительность. Необходимость частой правки круга

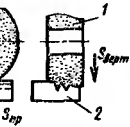
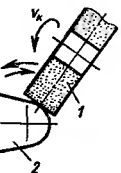
Шлифование	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
дольной и поперечной подачей. 	Шлифовальный круг 1, вращаясь со скоростью v_k, устанавливается на небольшую глубину резания. Деталь 2 совершает большую поперечную подачу $S_{\text{поп}}$; сьем припуска h осуществляется за несколько двойных ходов	Обдирочное и чистовое шлифование деталей большой ширины ($B > H$) и достаточной жесткости (столы, плиты, корпусные детали, поковки, отливки)	Высокая Способ получения большого радиуса в произв.
дольной подачей и поперечной подачей. 	Шлифовальный круг 1 вращается со скоростью v_k; его устанавливают на глубину резания t, равную припуску h. Деталь 2 совершает поперечное перемещение с малой подачей $S_{\text{поп}}$. С целью уменьшения износа торцовой рабочей поверхности круг правят на конус	Обдирочное и чистовое шлифование деталей относительно большой ширины $H > B$. Детали того же типа, что и в предыдущей операции	Высокая точность и плоскостей
торцовым вращением планка 	Шлифовальный круг 1, вращаясь со скоростью v_k, совершает подачу на глубину резания t, и возвратно-поступательное движение с подачей $S_{\text{поп}}$. Деталь 2 вращается со скоростью $v_{\text{ст}}$	Чистовое шлифование деталей небольших размеров (торцы колес, втулок, шатунов, плоскостей разъема корпусных деталей)	Большая точность

Шлифование торцом круга

торцовым вращением 	Шлифовальный круг 1 (чаще сегментный) вращается со скоростью v_k и совершает поперечную подачу $S_{\text{поп}}$ на глубину резания, равную припуску h. Деталь 2 вращается со скоростью $v_{\text{ст}}$	Чистовое шлифование (колец, крестовин, втулок, плоскостей разъема корпусных деталей)	Высокая точность. большого количества деталей, но образования трещин, дефектов на рабочей поверхности
---	---	---	--

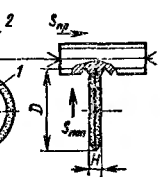
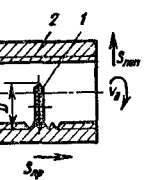
Шлифование	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
Шлифовальная машина с кругом 1 и деталью 2. Показаны скорости v_k, поперечная подача $S_{\text{поп}}$ и угол наклона $1-3^\circ$. Вспомогательный чертеж показывает диаметр круга D и ширину B. 	Шлифовальный круг 1, вращаясь со скоростью v_k, осуществляет поперечную подачу $S_{\text{поп}}$ на величину припуска h. Деталь 2 совершает возвратно-поступательную подачу $S_{\text{пр}}$ с числом двойных ходов n. Шпиндель круга располагают с наклоном на $1-3^\circ$ (предварительное шлифование) к обрабатываемой поверхности или перпендикулярно к ней (чистовое шлифование)	Предварительное и чистовое шлифование плоских поверхностей деталей с шириной меньше диаметра круга $B < D$ (направляющие станин, суппортов столов, пластин, заточка режущего инструмента)	Большая точность при шлифовании на шпинделе (меньше поперечной неточности). Мелкий припуск детали отводит тепло, исключает ее перегрев. При угле наклона круга точность повышается

е способы профильного шлифования

шлифование	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
шлифованными (опирание) 	Профиль шлифовального круга 1 соответствует профилю обрабатываемой поверхности детали 2; круг вращается со скоростью v_k. Шлифовальный круг осуществляет вертикальную подачу $S_{\text{верт}}$ врезанием, а обрабатываемая деталь имеет возвратно-поступательное движение с подачей $S_{\text{пр}}$	Чистовое шлифование различных деталей, имеющих относительно небольшую ширину и глубину профиля (пуансоны, матрицы, копиры, кулачки, профильные шаблоны и калибры, профильные поверхности измерительного и режущего инструмента)	Высокая точность и длительный срок службы. Сложность изготовления.
шлифование (огибанием) 	Сложный профиль детали 2 образуется в результате обкатки шлифовального круга 1, вращающегося со скоростью v_k и совершающего подачу S_k	Чистовое шлифование небольших сложных профилей как у плоских, так и круглых деталей (кулачки, матрицы, копиры)	Обеспечение высокой точности и водителю. Точность 0,02 мм. Специальные ковы и для шлифования.

Технологические процессы шлифования

Основные способы резьбошлифования одно- и многопрофильными кругами

Способ шлифования	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
Поперечное 	Шлифовальный круг 1 устанавливают под углом, равным углу подъема резьбы; он вращается в направлении, противоположном вращению детали 2 при шлифовании наружных резьб, и в одном — при шлифовании внутренних резьб.	Шлифование резьб всех типов: одно- и многозаходных, цилиндрических, конических и кольцевых с различными профилями (резьбонарезной инструмент, ходовые винты)	Универсальность, высокая точность шлифования резьбы, простота правки
Продольное 	Продольная подача $S_{пр}$ осуществляется при поступательном движении детали 2 вдоль шлифуемой резьбы относительно шлифовального круга 1. Поперечная подача $S_{поп}$ на глубину осуществляется за каждый ход стола		

резьбообразующего инструмента осуществляется профильным инструментом.

Зубошлифование. Наибольшее применение в машиностроении получили зубчатые колеса из закаленных сталей с твердостью рабочих поверхностей HRC 48–60, которые выполняют 4–7-й степени точности в зависимости от условий работы. Рабочие поверхности зубьев должны иметь следующие параметры шероховатости: для 4–5-й степени точности $Ra = 0,2 \div 0,6$ мкм; для 6–7-й степени точности $Ra = 0,8 \div 1,4$ мкм. Шлифование зубьев может осуществляться методами копирования или обкатывания (табл. 8).

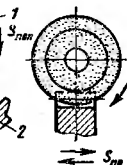
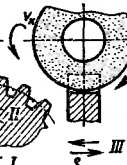
Шлифование зубьев колес по методу обкатывания чаще всего осуществляют двумя тарельчатыми шлифовальными кругами, расположенными так, что их рабочие поверхности образуют зуб производящей рейки того же модуля и угла зацепления, что и обрабатываемое колесо. При шлифовании впадин зуба обрабатываемое колесо перемещается в направлении, перпендикулярном к своей оси, одновременно поворачиваясь вокруг этой оси. Кроме того, шлифуемому колесу сообщается возвратно-поступательное движение вдоль оси, поэтому шлифуется вся длина профиля зуба. Применяют также шлифование зубьев методом обкатывания коническим кругом. При обработке этим способом, как и в предыдущем случае, шлифуемое колесо совершает движение обкатки по воображаемой производящей рейке. Шлифование зубьев осуществляется за два оборота зубчатого колеса. При втором обороте происходит окончательное шлифование с малой продольной подачей круга. Перед окончательным шлифованием круг правится автоматически. Форма рабочей поверхности круга, полученная в результате правки, в сочетании с движением обкатки позволяет получать точные зубчатые колеса. Более производительно шлифовать прямозубые и косозубые цилиндрические мелко модульные колеса абразивным кругом, спрофилированным в виде червяка. Шлифовальный круг в виде одно- или двухзаходного червяка в процессе обработки вращается вокруг своей оси (скорость резания) и движется поступательно вдоль оси заготовки (движение подачи).

Обрабатываемое колесо вращается согласованно с червяком (движение обкатки) и перемещается периодически (движение подачи).

Шлифование прямозубых конических колес осуществляют по методу обкатывания одним или двумя шлифовальными кру-

Технологические процессы шлифования

Способы зубошлифования профильными кругами

Способ шлифования	Технологические особенности	Назначение	Преимущества и недостатки
Шлифование по методу копирования 	Профиль круга <i>1</i> соответствует профилю впадины между зубьями колеса <i>2</i>. Круг вращается со скоростью v_k. Продольная подача $S_{пр}$ обеспечивается движением каретки стола станка с колесом или шлифовальной бабки вдоль оси колеса. Подача $S_{поп}$ осуществляется периодически за каждый двойной ход круга. После обработки каждой впадины зуба колесо поворачивается на заданный угол и шлифовальный круг правится	Шлифование цилиндрических зубчатых колес с прямым зубом	Процесс прост в исполнении. Точность обработки относительно высока при зубошлифовании по методу копирования
Шлифование по методу обкатывания шлифовальными кругами конического шлифовального круга 	При методе обкатывания осуществляются следующие движения: вращение шлифовальных кругов со скоростью v_k; возвратно-поступательное движение колеса или шлифовальной бабки в направлении, перпендикулярном к оси колеса (движение I); соответствующий поворот колеса (движение II); относительное перемещение круга вдоль зуба (движение III) — продольная подача $S_{пр}$; поворот колеса на шаг после окончательной обработки зуба	Шлифование цилиндрических зубчатых колес с прямыми и наклонными зубьями. Шлифование зуборезного инструмента (долбяки, шеверы, эталонные зубчатые колеса)	Процесс прост в исполнении. Точность обработки относительно высока при зубошлифовании по методу обкатывания

гами формы ПП и 4П (рис. 3, а). Вращение шлифовальных кругов 1 (движение I), установленных в поворотных ползунах на инструментальной люльке 3, согласовано с вращением шлифуемого колеса 2 (движение II). Шлифование зубьев конических колес по методу обкатывания проводят кругами формы ЧЦ или ЧК с конической рабочей поверхностью.

Рабочими движениями при этом процессе является вращение (рис. 3, б) шлифовального круга 1 вокруг своей оси (движение I); вращение шлифовального круга 1 вокруг оси барабана 4 (движение II); вращение обрабатываемого колеса 2, согласованное с вращением барабана (движение III).

Скоростное, обдирочное и глубинное шлифование интенсифицируют процесс и позволяют повысить производительность обработки, снизить трудоемкость и стоимость операций.

Скоростное шлифование является наиболее известным высокопроизводительным методом абразивной обработки.

Согласно ГОСТ 23505—79 различают следующие виды шлифования: скоростное при скорости вращения круга 35—60 м/с и высокоскоростное при скорости вращения круга св. 60 м/с. Скоростное шлифование можно проводить разными способами.

1. Шлифование с повышенной скоростью вращения круга без изменения других составляющих режима шлифования (без изменения частоты вращения детали, поперечных подач круга и продольных подач детали). В этом случае будут обеспечены низкие параметры шероховатости поверхности шлифуемой детали и повышенная стойкость круга, что снизит число правок, скорость изнашивания кругов и вспомогательное время. Процесс шлифования происходит при меньших силах.

2. Шлифование с повышенной скоростью вращения круга при одновременном пропорциональном увеличении частоты

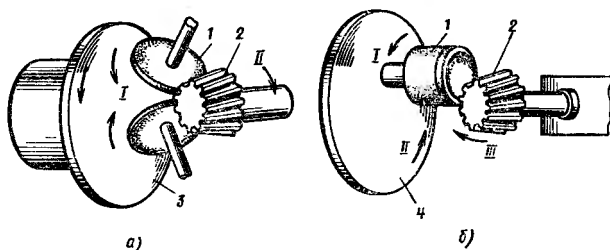


Рис. 3. Схемы шлифования зубьев конических колес

вращения детали (на круглошлифовальных станках) или продольной или окружной скорости стола (на плоскошлифовальных станках) без увеличения поперечных подач. В этом случае производительность обработки повышается при снижении машинного времени пропорционально увеличению скорости вращения и стойкости круга. Шероховатость поверхности и силы шлифования будут теми же, что и до повышения скорости вращения круга.

3. Шлифование с повышенной скоростью вращения круга при одновременном пропорциональном увеличении частоты вращения детали и скорости перемещения стола (на плоскошлифовальных станках) и увеличении поперечных подач круга. При этом резко возрастает производительность шлифования, но уменьшается стойкость круга, увеличивается шероховатость поверхности.

Первые два способа могут применяться для чистовых операций с обеспечением заданных отклонений формы и размеров детали, а также шероховатости шлифуемой поверхности. Третий способ используют для обдирочного шлифования, при необходимости съема больших припусков или когда не предъявляются высокие требования к точности обработки.

Недостатки скоростного шлифования: возрастает мощность шлифования; увеличивается выделение теплоты, что может привести к появлению прижогов. Прижогов можно избежать путем повышения скорости обрабатываемой детали и совершенствования составов и способов подвода смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС).

При скоростном шлифовании необходимо повысить требования к балансировке быстровращающихся деталей станка и круга.

Станки для скоростного шлифования должны обладать повышенной динамической жесткостью и мощностью привода.

Выбор способа скоростного шлифования определяется требованиями, предъявляемыми к обрабатываемой детали. При этом во всех случаях следует исходить из экономической эффективности операции.

Основное влияние на производительность скоростного шлифования оказывают следующие факторы: окружные скорости шлифовального круга и детали; поперечные подачи; свойства и способы подачи СОТС; частота правок и свойства правящих инструментов (алмазные ролики, блоки, пластины); качество и размеры шлифовальных кругов; жесткость технологической

системы (станок — приспособление — инструмент — деталь).

При повышении скорости вращения круга (до 50—60 м/с), подачи и мощности привода круга производительность шлифования увеличивается в 1,4—1,7 раза; при применении специального СОТС, подаваемого в зону резания под высоким давлением, — до 1,5 раза; при повышении режущей способности круга с помощью его частых правок и применения эффективных правящих инструментов (алмазных роликов, блоков, пластин) — в 1,3—1,5 раза.

Обдирочное шлифование, обеспечивающее значительные съемы обрабатываемого материала, находит все более широкое применение в машиностроении.

Высокая производительность обдирочного шлифования достигается на мощных (мощность привода главного движения до 100—250 кВт) и жестких специальных станках, позволяющих шлифовать большие поверхности с силой прижима круга до 10 кН при обычных (35 м/с) и повышенных (80 м/с) скоростях вращения круга. В последнем случае процесс обработки называют скоростным обдирочным шлифованием.

Обдирочное шлифование предназначено для удаления с заготовок дефектного слоя материала после литья,ковки,штамповки, прокатки и сварки.

При шлифовании отливок, имеющих твердую корку, окалину, производительность не снижается. Обработка по твердой корке приводит к самозатачиванию круга и повышает его режущую способность.

Обдирочное шлифование осуществляют периферией круга, имеющей гладкий или фасонный профиль, и торцом шлифовального круга. В последнем случае чаще всего используют сегментные или прерывистые круги.

Основные преимущества обдирочного шлифования: повышенная точность и небольшие параметры шероховатости поверхности; расход мощности на съем 1000 мм³ металла снижается до 0,3—0,4 кВт; режущая способность кругов при обработке стали до 280 кг/ч и чугуна до 345 кг/ч; мощность шлифования 0,25—0,75 кВт на 1 мм высоты круга, а радиальная сила, прижимающая круг к обрабатываемой поверхности, 10—50 Н на 1 мм ширины круга; можно обрабатывать прерывистые поверхности.

При обдирочном шлифовании производительность шлифования повышается до 6 раз и снимается значительный припуск (до 7 мм на сторону).

Глубинное шлифование является разновидностью обдирочного шлифования. Однако, в ряде случаев, глубинное шлифование по достигаемому качеству обрабатываемой поверхности может являться чистовым.

Припуск на обработку снимается за один-два прохода круга, после чего осуществляется чистовое шлифование без подачи на врезание. Обработку проводят с большими глубинами (св. 5 мм), с малыми продольными подачами (100—300 мм/мин) и скоростью вращения круга 30—40 м/с. При этом обеспечиваются заданные точность и параметр шероховатости поверхности.

Глубинное шлифование применяют для профильного шлифования, в том числе широкими кругами, для шлифования стружечных канавок на сверлах, гребенок, пазов; при шлифовании резьб, зубьев и червяков и деталей топливной аппаратуры и при алмазной обработке твердосплавных режущих инструментов.

На рис. 4 показаны схемы глубинного шлифования при обработке деталей на различных станках.

При обработке поверхностей деталей напроход целесообразно применять схему глубинного шлифования методом поперечной подачи круга (рис. 4, а), т. е. за один ход стола круг снимает основной припуск ($h = t$) и осуществляет предварительное и окончательное шлифование. При обработке плоских поверхностей деталей с высокой эффективностью можно применять совмещенное шлифование, предварительное и окончательное шлифование (рис. 4, б). При такой схеме обработки первый круг, имеющий более высокую скорость, с помощью специального устройства снимает большую часть припуска, а второй круг снимает небольшой слой металла и выполняет чистовую обработку, обеспечивая заданную точность и качество поверхностного слоя.

Круглое наружное глубинное шлифование проводят с большой подачей на глубину и малой продольной подачей (рис. 4, в). При обработке пазов, выступов, канавок используют схемы врезного и плоского глубинного шлифования.

При такой схеме шлифования на круглошлифовальных станках детали сообщают медленное вращательное движение, а на плоскошлифовальных станках медленную «ползучую» подачу стола.

На внутришлифовальных станках для обработки внутренних поверхностей, в том числе прерывистых, применяют схему

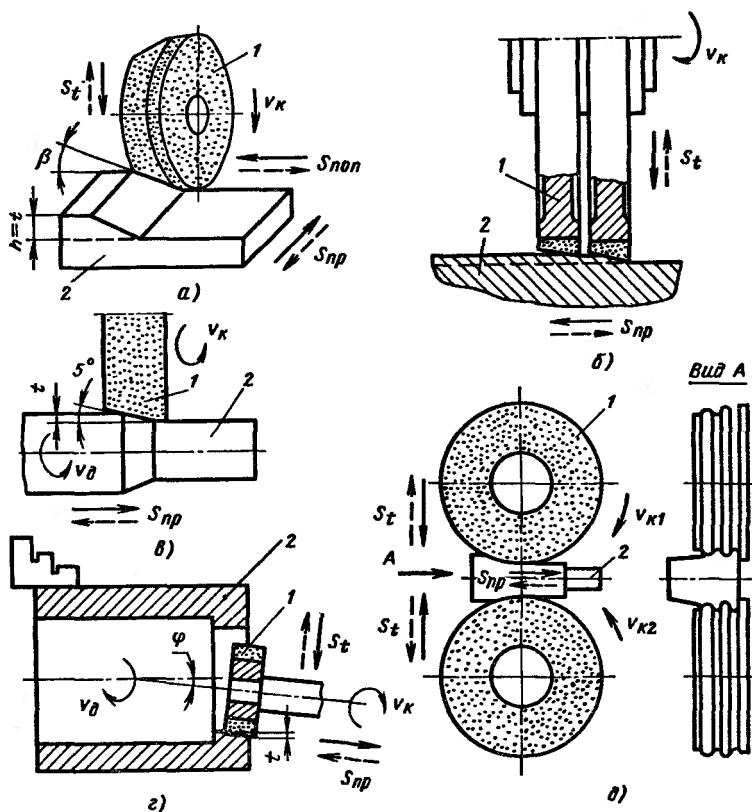


Рис. 4. Схемы глубинного шлифования:

а — врезное; на станках: б — плоскошлифовальном; в — круглошлифовальном; г — внутришлифовальном; д — двухшпиндельном (1 — шлифовальный круг; 2 — деталь)

алмазного шлифования (рис. 4, г). При работе по такой схеме круг повернут относительно направления продольной подачи так, чтобы образующая его поверхности располагалась под углом φ . Угол φ зависит от глубины резания t , равной снимаемому припуску, и высоты круга H :

$$\varphi = \arcsin \frac{t}{H}.$$

При глубинном врезном шлифовании на двухшпиндельных станках обработка проводится за один или несколько переходов круга в зависимости от глубины шлифования и требуемого качества обработанных поверхностей. За одну установку можно обработать несколько деталей. Отклонение от плоскостности после обработки поверхностей составляет 0,003–0,004 мкм; $Ra = 0,63 \div 1,25$ мкм.

2. СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА (СОТС) И СПОСОБЫ ИХ ПОДВОДА В ЗОНУ ОБРАБОТКИ

СОТС предназначены для уменьшения теплообразования и интенсификации отвода теплоты из зоны обработки, для образования в зоне шлифования защитных пленок, препятствующих непосредственному контакту абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью, предотвращающих изнашивание кругов и снижающих трение; для удаления из зоны резания отходов шлифования (абразивной пыли и стружки), что сохраняет режущую способность круга и уменьшает число его правок.

Правильно выбранное СОТС повышает качество шлифуемой поверхности в результате снижения параметра шероховатости обработанной поверхности, повышения точности обработки и уменьшения поверхностных дефектов (трещин, сколов, прижогов).

СОТС для шлифования подразделяют на водные (синтетические и полусинтетические, эмульсии, масляные) и газообразные. СОТС выбирают в зависимости от материала детали, марки абразивного материала, зернистости и связки шлифовальных кругов.

Выбор способа, скорости и направления подачи СОТС зависит от условий шлифования, т. е. от зоны контакта круга с деталью, давления, возникающего в процессе шлифования, требуемого воздействия жидкости на зону резания и требований к шероховатости обрабатываемых поверхностей деталей.

Чем выше скорость подачи СОТС, тем лучше ее охлаждающее действие. Однако в связи с разбрызгиванием и ухудшением условий труда количество подаваемой жидкости не должно превышать 8 л/мин на каждые 10 мм высоты круга при правильно выбранном сечении трубопроводов.

Охлаждающее действие СОТС во многом зависит от температуры самой жидкости: чем она ниже, тем лучше охлаждение.

Так как при прохождении СОТС через зону обработки у детали отбирается часть тепла, то его температура во время шлифования повышается.

В табл. 9 приведены виды и составы СОТС для шлифования, а в табл. 10 — СОТС, рекомендуемые для типовых операций шлифования.

Способы и средства подачи СОТС должны обеспечивать благоприятные условия контакта жидкости, подаваемой в рабочую зону станка, с рабочей поверхностью абразивного, алмазного или эльборового круга и с обрабатываемой деталью, гарантировать активное участие СОТС в процессе резания.

На операциях шлифования трудности при подаче СОТС возникают в связи с наличием воздушных потоков, создаваемых вращающимся кругом. Энергия воздушных потоков настолько велика, что достаточна для отбрасывания струй СОТС от зоны обработки.

Простейшими, но малоэффективными способами подачи СОТС при шлифовании являются полив зоны обработки свободно падающими и напорными струями, внезонная подача тонких высоконапорных струй на рабочую поверхность круга, подача СОТС по каналам в круге.

Основные способы подачи СОТС и возможные комбинации их с оценкой эффективности приведены в табл. 11, а соответствующие принципиальные схемы — на рис. 5.

Подачу СОТС свободно падающей струей — «охлаждение поливом» (способ № 1; табл. 11, рис. 5, а) наиболее широко применяют на универсальных круглошлифовальных станках.

СОТС подают в зону шлифования центробежным электронасосом через сопло, имеющее щелевое или круговое отверстие. Чаще всего применяют щелевые клиновые сопла (насадки). При этом способе происходит в основном охлаждение шлифуемой детали, поэтому полив используют только при шлифовании деталей на универсальных станках в единичном и мелкосерийном производстве из материалов, обладающих хорошей обрабатываемостью шлифованием (закаленные углеродистые стали).

При круглом наружном, внутреннем и плоском шлифовании периферией круга расход СОТС должен быть не менее 8–10 л/мин, а при бесцентровом шлифовании 3–6 л/мин на каждые 10 мм длины контакта круга с деталью; при плоском

9. СОТС для шлифования

Номер	Состав
Синтетические и полусинтетические СОТС	
1	2—5%-ный раствор Аквол-10М
2	5—10%-ный раствор Аквол-10М
3	3—5%-ный раствор Аквол-11
4	1,5—3%-ный раствор Аквол-12
5	3—5%-ный раствор Аквол-14
6	5—10%-ный раствор Аквол-14
7	10—15%-ный раствор Аквол-14
8	3—5%-ный раствор Аквол-15
9	2—3%-ный раствор Аквол-5
10	3—5%-ный раствор Аквол-5
11	1—3%-ный раствор Карбамол С-1
12	3—5%-ный раствор Аквол-1
13	1—3%-ный раствор Аквол-2
14	1—3%-ный раствор Аквол-14
Эмульсии	
15	1—3%-ная ВНИИМП-117Т
16	3—7%-ная РЗ-СОЖ8
17	5—10%-ная ИХП-45Э
18	3—5%-ная Укринол-1 (Укринол-1М)
19	5—10%-ная Укринол-1 (Укринол-1М)
20	3—10%-ная Аквол-2
21	10—20%-ная Аквол-2
22	10—20%-ная Аквол-6
23	3—10%-ная Карбамол Э-1
24	3—10%-ная Синтал-2
25	3—10%-ная ФМИ-3
Масляные СОТС	
26	МР-2; МР-2у
27	МР-3
28	МР-4
29	МР-2у
<i>Растворы МР-5у в индустриальных маслах</i>	
30	50—100%-ные
31	МР-7
32	МР-10

Продолжение табл. 9

Номер	Состав
<i>Растворы МР-99 в индустриальных маслах</i>	
33	50–100 %-ные
34	Укринол-14
35	ШП
36	ОСМ-1
37	ОСМ-3
38	ОСМ-4
39	ЛЗ-СОЖ ПИО
Газообразные СОТС	
40	Воздух
41	Воздушно-жидкостные туманы (аэрозоли товарных эмульсий, синтетических и полусинтетических СОТС)
42	Воздушно-жидкостные туманы (аэрозоли товарных масляных СОТС)
43	Сложные туманы (аэрозоли, получающиеся при одновременном диспергировании масел и водных растворов)
44	Фреоновое аэрозольное средство «Аэрографит» (в аэрозольном баллоне)

10. СОТС, рекомендуемые для типовых операций шлифования

Материал детали (Проводимая операция)	Номер СОТС (по табл. 9)	Рекомендации по применению
Легированные стали (скоростное шлифование)	9–11; 22	В устройствах по нейтрализации воздушных потоков, создаваемых кругом; СОТС подается напорной струей
Инструментальные и жаропрочные стали (обдирочное шлифование)	32; 34; 39	Подача СОТС разветвленным потоком и под большим давлением
Коррозионно-стойкие стали (ленточное шлифование)	27; 28; 35	Дополнительно осуществляется подача СОТС на ленту из ТСМ*1
Подшипниковые стали	17–19; 23; 24	Подача СОТС поливом или напорной струей; часть потока направлена на жесткие опоры для установки колец

Продолжение табл. 10

Материал детали (Проводимая операция)	Номер СОТС (по табл. 9)	Рекомендации по применению
Коррозионно-стойкие стали	9; 11; 12; 22; 28; 29; 36	Подача водных СОТС с помощью ультразвука. Дополнительно проводится пропитка (импрегнирование) круга
Титановые сплавы	16; 20; 21; 22	Дополнительно применяют низкотемпературное охлаждение детали, карандаши из ТСМ или пропитку круга
Магнитные сплавы	6; 7; 12; 13; 25	Подача СОТС с помощью ультразвука и полив СОТС напорной струей
Чугуны	1; 4; 13; 15	Тщательная очистка СОТС от графитовых включений
Магнелиевые сплавы	26; 31; 37	Полив свободно падающей струей
Керамика и полупроводники	1; 3; 5; 12	Дополнительно возможна подача охлажденной СОТС номер 16, применение СОТС номер 48 и карандашей из ТСМ
Алюминиевые сплавы	3; 4; 23	Очистка круга с помощью ультразвука или струями СОТС
Медные сплавы	5	То же
Труднообрабатываемые стали (Шлифование алмазными кругами)	9—11	Дополнительно применяют карандаш из ТСМ. СОТС подается напорной струей
Безвольфрамовые твердые сплавы (Шлифование алмазными кругами)	2; 6; 9	Подача СОТС разветвленным потоком
Быстрорежущие стали (Шлифование зельборовыми кругами)	5; 12; 14; 15	Дополнительно применяют карандаши из ТСМ

Продолжение табл. 10

Материал детали (Проводимая операция)	Номер СОТС (по табл. 9)	Рекомендации по применению
Цинковые сплавы (Ленточное шлифование)	38	Подача СОТС в зону обработки и на ленту. Контактная очистка ленты
(Шлифование профильным кругом)	9; 11; 12; 20; 21	При наличии прижогов на круг дополнительно подается СОТС с применением ультразвука
(Все операции шлифования, на которых применение СОТС недопустимо или нецелесообразно)	40; 41–44	Импрегнирование и пропитка кругов легкоплавкими продуктами. Применение карандашей из TCM

*1 Твердый смазочный материал

шлифовании торцом круга – 10–15 л/мин на каждые 10 мм ширины сегмента или кольца.

Давление жидкости в напорных струях составляет 1–1,5 МПа. Дальнейшее повышение давления нецелесообразно вследствие сильного разбрызгивания СОТС. Предпочтительно применять разветвленные потоки СОТС, при которых жидкость из общего коллектора распределяется на несколько потоков, направляемых на различные участки рабочей зоны. Рекомендуется одновременно направлять струи СОТС со стороны рабочей поверхности и с торцов кругов.

Для регулирования подачи струи СОТС и уменьшения разбрызгивания применяют заслонку.

Принципиальная схема подачи СОТС напорной струей (способ № 2; табл. 11, рис. 5, а) аналогична схеме подачи СОТС поливом; давление жидкости повышают до 1–1,5 МПа и более. Повышение давления приводит к увеличению скорости потока СОТС, что интенсифицирует отвод теплоты от шлифуемой детали и очистку пор круга от загрязнений, улучшает качество смазывания и охлаждения абразивных зерен. Применение способа возможно только при надежной герметизации рабочей зоны станка вследствие повышенного разбрызгивания жидкости.

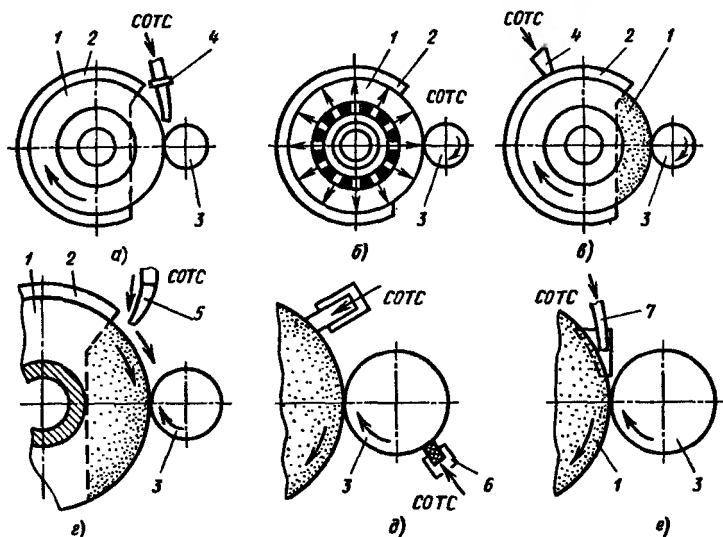


Рис. 5. Схемы основных способов подачи СОТС при шлифовании:

а — свободно падающей, напорной и воздушно-жидкостной струей; *б* — через поры шлифовального круга; *в* — струйно-напорный врезонный; *г* — с помощью ультразвука; *д* — контактный; *е* — гидроаэродинамический (*1* — шлифовальный круг; *2* — кожух; *3* — деталь; *4* — сопло; *5* — вибрирующий волновод; *6* — пористый элемент; *7* — насадка)

Подача СОТС в виде струи воздушно-жидкостной смеси (способ № 3; табл. 11, рис. 5, *а*) применяется при абразивно-алмазной обработке, выполняемой главным образом при шлифовании крупногабаритных деталей, а также на операциях шлифования и заточки режущего инструмента. Этот способ подачи СОТС при шлифовании менее эффективен, чем охлаждение поливом.

При подаче СОТС через поры шлифовального круга (способ № 4; табл. 11, рис. 5, *б*) для деталей из закаленных углеродистых сталей расход СОТС должен быть примерно 3–5 г/мин на 10 мм высоты круга. В случае такого подвода уменьшается температура в зоне обработки не только вследствие лучшего подвода СОТС, но и меньшего трения, что исключает появление шлифовочных трещин и прижогов на обрабатываемой поверхности. Данный способ используют для

11. Способы подачи СОТС при шлифовании и их эффективность

Номер способа	Способ подачи СОТС	ис- число СОТС, пользуемых одновременно	Действие СОТС				
			смазочное	охлаждающее	моющее по отношению		
					к кругу	к детали	к станку
Основные способы							
1	Свободно падающей струей (поливом)	1	Н	У	Н	Х	Х
2	Напорной струей	1	У	Х	У	В	Х
3	В виде воздушно-жидкостной смеси	1	Н	У/Н	Н	Н	Н
4	Через поры круга	1	В/Х	Н	У	Н	Н
5	В среде СОТС	1	В	Х	У	У	У
6	Струйно-напорный внезонный	1	Х	В	В	Х/В	Х
7	С помощью ультразвука	1	Х	У	В	У	У
8	Контактный	1	В/Х	Н	Н	У	Н
9	Гидроаэродинамический	1	Х	В	Х/В	Х	Х
Комбинированные способы							
10	№ 1 (№ 2) + № 4	2 (1)	О	У	У	Х	Х
11	№ 1 (№ 2) + № 6	1	Х	В	В	В	В
12	№ 1 + № 7	1	Х	У	В	Х	Х
13	№ 1 (№ 2) + № 8	2	О/Х	У	О	Х	Х
14	№ 6 + № 8	2	О	В	В	Х/В	Х
15	№ 1 (№ 2) + № 9	1	Х	В	В/Х	В	В
16	№ 8 + № 9	1	О	В	Х/В	Х	Х
17	№ 1 (№ 2) + № 6 + № 8 и др.	2	О	В	В	В	В

Условные обозначения при оценке действия СОТС; Н — незначительное; У — удовлетворительное; Х — хорошее; В — высокоэффективное; О — особо высокоэффективное.

работы кругами на керамических связках, так как в кругах на других связках сквозные поры отсутствуют. Шлифование проводят через 3–6 мин после подачи СОТС обязательно во вращающийся круг и прекращают подачу СОТС в него за 5 мин до выключения станка.

Способ № 5 (табл. 11) применяют сравнительно редко из-за конструктивных сложностей, главным образом при ленточном и плоском шлифовании, отрезке (разрезке) и в случае опасности появления дефектов (трещин, прижогов) на обрабатываемой поверхности детали, для чего жидкостную ванну выполняют проточной.

При струйно-напорном внезонном способе подачи (способ № 6; табл. 11, рис. 5, в) СОТС под давлением подается на рабочую поверхность шлифовального круга вне зоны резания через одно или несколько сопел 4, встроенных в кожух 2. Струи СОТС, обладающие большой кинетической энергией, пробивают воздушный поток, окружающий шлифовальный круг, и с определенной силой воздействуют на его рабочую поверхность, очищая поры и абразивные зерна от частиц металла.

При подаче СОТС с помощью ультразвука (способ № 7, табл. 11, рис. 5, г) на небольшом расстоянии от рабочей поверхности шлифовального круга устанавливают сопло-волновод 5, соединенный с генератором колебаний. Находит ограниченное применение в связи с необходимостью выдерживать в жестких пределах зазор между торцом волновода и поверхностью шлифовального круга.

При контактном способе подачи СОТС (способ № 8; табл. 11, рис. 5, д) на обрабатываемую поверхность детали 3 вне зоны резания непрерывно наносится тончайший слой смазочного материала путем поджима к шлифуемой поверхности мягкого пористого элемента 6. Благодаря чрезвычайно малому расходу (15–30 г/ч) можно применять эффективные, но относительно дорогие составы.

При гидроаэродинамическом способе подачи СОТС (способ № 9; табл. 11, рис. 5, е) воздушные потоки, создаваемые вращающимся кругом, повышают скорость движения потока жидкости относительно рабочей поверхности круга и шлифуемой детали. Специальными устройствами потока СОТС направляется на рабочую поверхность круга, осуществляя ее очистку, а затем в зону контакта круга с деталью. Расход СОТС 5–6 л/мин на 10 мм высоты круга. Этот способ эффективен при скоростном и обдирочном шлифовании.

Загрязнение СОТС при шлифовании приводит к быстрому засаливанию шлифовального круга, а следовательно, и прижогам на обрабатываемой поверхности деталей. Существуют несколько методов очистки СОТС. Простейшим является метод естественного отстоя СОТС в резервуарах. Однако этот метод

не даст высокого качества очистки. Широко применяют центробежную очистку, осуществляемую в специальных аппаратах. При магнитной очистке наиболее часто используют магнитные сепараторы, систему, снабженную фильтром с пористым наполнителем, а также широкую бумажную ленту, которая расположена на сетке специального бака и периодически перемещается по мере ее загрязнения, а затем выбрасывается вместе со шламом.

Наиболее эффективными являются комбинированные системы очистки СОТС.

3. СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

При срезании стружек на абразивные зерна шлифовального круга действуют силы сопротивления металла разрушению — силы резания.

При шлифовании различают силы резания шлифовальным кругом и одним шлифующим зерном. Силу резания шлифовальным кругом рассматривают в виде составляющих сил: P_y радиальной (в случае цилиндрической режущей поверхности круга), P_z касательной (окружной) и P_x осевой (подачи) (рис. 6).

Сила P_y , направленная перпендикулярно (нормально) к режущей поверхности круга, является реакцией обрабатываемой детали против стремления круга внедрить зерна в обрабатываемую деталь и деформировать ее. Сила P_y при круглом или плоском шлифовании стремится изогнуть шпиндель, на кото-

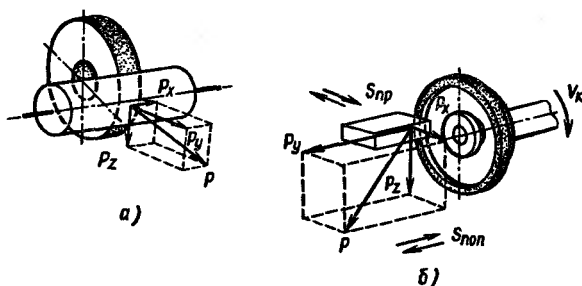


Рис. 6. Силы резания при шлифовании:

а — при круглом шлифовании периферией круга; б — при плоском шлифовании торцом круга

ром закреплен круг, а при торцовом — прижать шпиндель к осевым подшипникам.

Сила P_z направлена параллельно шлифуемой плоской поверхности и касательна к окружности шлифовального круга. Сила P_z определяет крутящий момент и мощность, которую необходимо затратить на шлифование.

Сила P_x действует в плоскости шлифования, вызывая дополнительный прогиб шпинделя. При шлифовании, когда микрорезание осуществляют одновременно большое количество зерен, нормальная сила P_y всегда больше составляющей силы P_z , причем соотношение между P_y и P_z изменяется в зависимости от режимов шлифования ($P_y/P_z = (1 \div 3)$, а $P_x = (0,1 \div 0,2) P_z$).

Существенное увеличение силы P_y по сравнению с силой P_z объясняется малым сечением срезаемого слоя металла и наличием отрицательных передних углов у зерен шлифовального круга.

Сила резания P_z увеличивается с повышением скорости детали, подачи и глубины шлифования, но уменьшается с повышением скорости круга. С уменьшением диаметра в результате износа круга снижается его скорость и возрастает сила P_z .

С увеличением сил резания при шлифовании возрастают отжатия элементов в технологической системе станок — приспособление — инструмент — деталь (СПИД), увеличивается износ круга и сокращается период его стойкости, повышается температура в зоне резания и в поверхностных слоях детали, увеличивается параметр шероховатости и снижается точность обработки.

Силы резания при шлифовании зависят от схемы обработки, свойств материала детали, режимов резания, площади контакта круга с деталью, характеристики абразивного круга, наличия охлаждения и состояния оборудования (жесткости, виброустойчивости) и определяются расчетным путем.

Глава 6

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ШЛИФОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

1. КРУГЛОЕ НАРУЖНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Цилиндрические детали типа гильз, штоков, валов, поршней и цилиндров подвергают шлифованию в термообработанном и нетермообработанном состоянии. Операции окончательного шлифования должны обеспечивать требуемые параметры шероховатости обработанной поверхности, заданные точность, структуру и качество поверхностного слоя.

Перед назначением режимов резания выбирают характеристики шлифовального круга, его форму и размеры. Материал абразивного зерна, твердость и связка круга зависят от шлифуемого материала и его твердости, а также принятой скорости вращения круга. Зернистость круга зависит от требуемых параметров шероховатости поверхности.

В табл. 1 приведены характеристики кругов для круглого наружного шлифования с продольной подачей.

Режимы резания выбирают по нормативам. Для различных видов шлифования учитывают следующие факторы: материал детали и его твердость; группу обрабатываемости этого материала шлифованием; габариты детали; допуск на шлифование и требуемый параметр шероховатости; припуск на шлифование; тип и модель станка.

Припуск на обработку поверхностей при шлифовании существенно влияет на выбор характеристики кругов и режимов шлифования. Припуск — это слой материала, удаляемый с поверхности заготовки с целью достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности. Припуски удаляются с поверхности заготовки в процессе обработки на каждом технологическом переходе.

Припуски на шлифование устанавливают в зависимости от исходных отклонений формы и расположения обрабатываемой поверхности, от размерной точности и параметров шероховатости, а также от требований достигаемого качества обрабатываемой поверхности на данной операции шлифования.

характеристика шлифовальных кругов для круглого наружного шлифования деталей из различных материалов в зависимости от твердости и скорости подачи

Скорость вращения, м/с	Ra, мкм	Стали конструкционные углеродистые и легированные твердостью HRC		
		До 30	30—50	Св. 50
	3,2	15A50C1K	15A50CM2K	15A50CM1K
	2,5	15A40—50C2K	15A40—50C1K	15A40—50CM2K
	1,25	15A или 24A40CT1K	15A или 24A40C1K	15A или 24A40CM2K
	0,63	24A16—25CT1K	24A16—25CT2K	24A16—25C1K
	3,2	24A50CM2K	24A50CM1K	15A50CM1K
	2,5	24A50C1K	24A50CM2K	24A50CM1K
	1,25	24A40C1K	24A40C1K	24A40CM2K
	0,63	24A25C2K	24A25C2K	24A25CM2K
Скорость вращения, м/с	Ra, мкм	Сплавы коррозионно-стойкие, жаропрочные и инструментальные стали	Титановые сплавы	Чугуны и бронзы
	3,2	15A50CM1K	63C40C1Б6	54C50CM1K
	2,5	15A40—50CM1K	63C25C1Б6	54C40—50CM1K
	1,25	15A или 24A40CM2K	63C16C1Б6; 15A24A40CM2K	54C1 или 5A40CM
	0,63	24A16—25CM2K	63C25CM1К6 (осн. фр. 75%) 63C6C2Б6; 24A16—25CM2K; 63C10C1—C2Б6	54C или 15A16—2
	3,2	—	—	54C50CM1K
	2,5	—	—	54C50CM1K
	1,25	—	—	54C или 15A40CM
	0,63	—	—	54C или 15A25CM

Замечания: 1. Отступление от рекомендуемой твердости кругов допускается на одну степень в большую сторону в зависимости от условий шлифования. При работе на ручных подачах можно использовать более твердые круги (на одну степень). При шлифовании деталей малого диаметра с галтелями и усложненными профилями рекомендуется использовать круги с твердостью на одну степень выше. 2. Для шлифования указанных материалов см. в гл. 5.

Оптимальный припуск должен обеспечивать требуемое качество, низкую трудоемкость и минимальную себестоимость изготовленной детали. Минимальный припуск при обработке наружных поверхностей определяется наименьшими предельными размерами, а при обработке внутренних поверхностей — наибольшими размерами заготовок на смежных переходах.

Рекомендации по выбору припусков на обработку наружных цилиндрических поверхностей при шлифовании в центрах приведены в табл. 2.

2. Припуски (в мм) на диаметр при шлифовании круглых наружных поверхностей в центрах

Диаметр детали, мм	Длина детали, мм					
	До 100	100—300	300—500	500—700	700—1300	1300—2000
6—10	$\frac{0,25}{0,3}$	$\frac{0,3}{0,35}$	$\frac{0,35}{0,4}$	—	—	—
10—18	$\frac{0,3}{0,35}$	$\frac{0,35}{0,4}$	$\frac{0,4}{0,45}$	—	—	—
18—30	$\frac{0,35}{0,4}$	$\frac{0,4}{0,45}$	$\frac{0,45}{0,5}$	—	—	—
30—50	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{0,45}{0,45}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{0,55}{0,55}$	$\frac{0,6}{0,6}$	—
50—80	$\frac{0,45}{0,45}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{0,55}{0,55}$	$\frac{0,6}{0,6}$	$\frac{0,65}{0,7}$	$\frac{0,7}{0,75}$
80—120	$\frac{0,5}{0,6}$	$\frac{0,55}{0,65}$	$\frac{0,6}{0,7}$	$\frac{0,65}{0,75}$	$\frac{0,7}{0,8}$	$\frac{0,75}{0,85}$
120—180	$\frac{0,6}{0,65}$	$\frac{0,6}{0,7}$	$\frac{0,65}{0,75}$	$\frac{0,7}{0,8}$	$\frac{0,8}{0,9}$	$\frac{0,85}{0,95}$
180—260	$\frac{0,7}{0,8}$	$\frac{0,7}{0,8}$	$\frac{0,7}{0,85}$	$\frac{0,75}{0,85}$	$\frac{0,8}{0,9}$	$\frac{0,85}{0,95}$
260—300	$\frac{0,8}{0,85}$	$\frac{0,8}{0,85}$	$\frac{0,8}{0,9}$	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,9}{1,0}$	$\frac{0,95}{1,05}$

Примечание. В числителе приведены припуски для незакаленных деталей, в знаменателе — для закаленных.

резания при круглом наружном шлифовании с продольной подачей. Работа с охлаждением

Частота вращения детали n_d и продольная подача $S_{пр}$

Стали с HRC, < 30, чугуны, бронзы	Стали с HRC 30 – 50	Стали с HRC ≥ 50, коррозионно- стойкие и инстру- ментальные	Высота круга H_K , мм до											
			40			50			63			75		
			Ra , мкм											
			2,5	1,25	0,63	1,6	1,25	0,63	1,6	1,25	0,63	1,6	1,25	
$n_{др}$ мин ⁻¹			$S_{пр}$, мм/мин											
200	320	450	4800	3200	2000	6000	4000	2500	—	—	—	—	—	
			7700	5100	3200	9600	6400	4000	—	—	—	—	—	
			10800	7200	4500	13500	9000	5600	—	—	—	—	—	
150	250	350	3600	2400	1500	4500	3000	1900	5700	3800	2400	—	—	
			6000	4000	2500	7500	5000	3100	9200	6300	3900	—	—	
			8400	5600	3500	10500	7000	4400	11000	8800	5300	—	—	
100	160	225	2400	1600	1000	2900	2600	1250	3700	2500	1500	4500	3000	
			3900	2600	1600	4750	3200	2000	6000	4000	2400	7000	4750	
			5400	3600	2250	6700	5000	2850	8300	5600	3250	10000	6700	
60	100	150	1420	960	600	1800	1200	750	2300	1500	900	2700	1800	
			2400	1600	1000	2900	2000	1850	2800	2500	1500	4500	3000	
			3600	2400	1500	6500	5000	2900	5500	3800	2400	6800	4500	

Стали с HRC, ≤ 30, чугуны, бронзы	Стали с HRC 30 — 50	Стали с HRC ≥ 50, коррозионно- стойкие и инстру- ментальные	Высота круга H_K , мм до											
			40			50			63			7		
			R_a , мкм											
			2,5	1,25	0,63	1,6	1,25	0,63	1,6	1,25	0,63	1,6	1,25	0,63
n_d , мин ⁻¹			$S_{пр}$, мм/мин											
40	65	90	960	600	400	1200	800	500	1500	1000	600	1800	1200	
			1500	1000	550	1900	1300	980	2400	1600	980	2900	1900	
			2150	1400	790	2700	1900	1100	3300	2250	1500	4000	2800	
30	50	75	760	460	300	900	600	360	1100	750	430	1300	900	
			1200	800	500	1500	1000	630	1400	1250	750	2500	1500	
			1800	1200	750	2750	1500	950	2850	1900	1230	3400	2200	

Поперечная подача $S_{поп}$

Угловая $S_{пр}$, ин	Припуск 2П на диаметр, мм до	Диаметр шлифуемой детали D_d , мм до						
		200	160	100	80	63	40	32
		$S_{поп}$, мм/ход						
	0,15—0,50	0,020— 0,041	0,026— 0,051	0,028— 0,058	0,032— 0,065	0,036— 0,075	0,046— 0,093	0,050— 0,010
	0,15—0,50	0,015— 0,031	0,019— 0,039	0,021— 0,043	0,024— 0,048	0,027— 0,056	0,034— 0,070	0,037— 0,073
	0,15—0,50	0,011— 0,022	0,014— 0,028	0,016— 0,032	0,018— 0,036	0,020— 0,041	0,025— 0,051	0,027— 0,054
	0,15—0,50	0,015— 0,017	0,010— 0,020	0,011— 0,022	0,012— 0,024	0,014— 0,028	0,017— 0,034	0,018— 0,037
	0,15—0,50	0,006— 0,012	0,08— 0,016	0,009— 0,018	0,010— 0,020	0,011— 0,023	0,014— 0,030	0,015— 0,036
	0,20—0,70	0,005— 0,010	0,007— 0,013	0,007— 0,015	0,008— 0,016	0,009— 0,019	0,011— 0,023	0,012— 0,025
	0,20—0,70	0,004— 0,008	0,005— 0,011	0,006— 0,012	0,007— 0,013	0,007— 0,016	0,009— 0,019	0,010— 0,020
	0,20—0,70	0,004— 0,007	0,004— 0,009	0,005— 0,010	0,005— 0,011	0,006— 0,013	0,007— 0,015	0,008— 0,016
	0,20—0,70	0,003— 0,005	0,004— 0,007	0,004— 0,008	0,004— 0,009	0,005— 0,011	0,006— 0,012	0,007— 0,013
	0,20—0,70	0,002— 0,004	0,003— 0,006	0,003— 0,007	0,004— 0,007	0,004— 0,009	0,005— 0,010	0,005— 0,011
	0,30—1,0	0,003— 0,007	0,004— 0,008	0,005— 0,009	0,005— 0,010	0,006— 0,012	0,007— 0,015	0,008— 0,016
	0,30—1,00	0,002— 0,004	0,003— 0,005	0,003— 0,006	0,003— 0,006	0,004— 0,007	0,004— 0,009	0,005— 0,010
	0,30—1,00	0,002— 0,003	0,002— 0,004	0,002— 0,005	0,002— 0,005	0,003— 0,005	0,003— 0,007	0,003— 0,008

ежание. При поперечной подаче на двойной ход стола значения $S_{поп}$ умножить на 2.

Поправочные коэффициенты на поперечную подачу $S_{\text{поп}}$

Изменяющиеся параметры	K_1 в зависимости от качества				
	4—5	6—7	8	9—10	11
	0,80	1,00	1,25	0,60	1,85
	0,68	0,85	1,05	1,35	1,44
	0,36	0,45	0,56	0,72	0,92
	0,12	0,15	0,18	0,24	0,23
	1,20	1,60	2,00	3,00	2,90
	K_2 в зависимости от диаметра круга D_k				
	400	500	600		
	0,80 0,04	0,90 1,16	1,00 1,30		
поверхности. детали (отношение h_d/D_d)	K_3 в зависимости от формы поверхности				
	цилиндрической	прерывистой (шлицевой)	с галтелью		
			с одной стороны		
	1,00	1,30	0,73		
	0,90	1,15	0,66		
измерения и контроль размеров.	K_4 в зависимости от способа измерения				
	Ручное измерение			Ак ко	
	штангенциркулем, микрометром и пр.		жесткой скобой		
	0,8 —		1,0 —		
	K_5 в зависимости от срока работы ста				
	До 10		10—20		
	1,00 0,85		1,00 0,80		

Замечание. Поправочный коэффициент при шлифовании цилиндрической поверхности, с галтелью

Режимы резания при шлифовании

резания при круглом наружном шлифовании деталей из высокопрочных сталей (типа 30ХН2МФА) с продольной подачей. Работа с охлаждением

Продольная подача $S_{пр}$

Р ой мм	Частота вращения детали n_d , мин ⁻¹	Высота круга H_k , мм											
		До 40			50			63			Св.		
		Ra , мкм											
		2,5	1,25	0,63	2,5	1,25	0,63	2,5	1,25	0,63	2,5	1,25	0,63
		$S_{пр}$, мм/мин											
	400	2000	1600	1200	2500	2000	1500	3150	2500	1900	4000	3200	
	300	1500	1200	900	1900	1500	1150	2400	1900	1450	3000	2400	
	200	1000	800	600	1250	1000	760	1590	1250	950	2000	1600	
	150	750	600	450	950	760	570	1200	960	720	1500	1200	

Поперечная подача $S_{поп}$

ная лин	Припуск 2П на диаметр, мм	Диаметр детали D_d , мм до				
		80	60	40	30	
		$S_{\text{поп}}$, мм/ход стола				
	0,1—0,3	0,01—0,04	0,009—0,032	0,008—0,025	0,007—0,020	0,006—0,015
	0,1—0,3	0,010—0,035	0,009—0,027	0,008—0,021	0,007—0,017	0,006—0,014
	0,1—0,4	0,008—0,030	0,007—0,024	0,006—0,019	0,005—0,015	0,004—0,012
	0,1—0,4	0,005—0,030	0,005—0,024	0,005—0,019	0,004—0,015	0,003—0,011
	0,1—0,5	0,005—0,025	0,005—0,020	0,005—0,017	0,004—0,013	0,003—0,010

Круглое шлифование

Продолжение

Поправочные коэффициенты на поперечную подачу $S_{\text{поп}}$

Исходные параметры	K_1 в зависимости от качества					
	4—5	6—7	8	9—10	11	12
	0,95	1,00	1,05	1,15	1,25	1,40
Диаметр круга D_k при скорости подачи $v_k = 35$ м/с	K_2 в зависимости от диаметра круга D_k , мм					
	400	500	600	750	900	1100
	0,80 1,00	0,90 1,10	1,00 1,20	1,10 1,30	1,20 1,40	1,30 1,50
Формы поверхности.	K_3 в зависимости от формы поверхности					
	цилиндрической	прерывистой (шлицевой)	с галтелью или торцом			
			с одной стороны		с двух сторон	
Материал детали h_d/D_d :	1,00 0,90	1,15 1,05	0,60 0,50		0,50 0,40	

резания при круглом наружном шлифовании деталей из титановых сплавов с продольным охлаждением

Частота вращения деталей n_d и продольная подача $S_{пр}$

Диаметр шлифуемой детали D_d , мм	Частота вращения детали n_d , мин ⁻¹	Высота круга H_k , мм										
		До 40			50			63			Ст	
		Ra , мкм										
		2,5	1,25	0,63	2,5	1,25	0,63	2,5	1,25	0,63		2,5
		$S_{пр}$, м/мин										
5	200	1400	1200	1000	1800	1500	1300	2300	2000	1650	2900	2
25	170	1100	850	650	1400	1100	850	1800	1400	1100	2350	1
100	130	850	650	500	1100	850	650	1400	1100	850	1800	1
250	100	650	500	390	850	650	500	1100	850	650	1400	1
500	75	500	390	300	650	500	390	850	650	500	1100	
1000	55	390	300	250	500	390	300	650	500	390	850	

Поперечная подача круга $S_{поп}$

Поперечная подача $S_{поп}$, мм/мин	Припуск 2П на диаметр, мм до	Диаметр детали D_d , мм, до					
		20	30	40	60	80	
		$S_{поп}$, мм/дв. ход. стола					
0,00	0,10—0,30	0,006—0,020	0,007—0,024	0,008—0,027	0,009—0,030	0,010—0,033	0,011—0,036
0,50	0,10—0,35	0,005—0,018	0,006—0,022	0,007—0,025	0,008—0,028	0,009—0,031	0,010—0,034
1,60	0,10—0,40	0,005—0,016	0,006—0,019	0,006—0,022	0,007—0,025	0,008—0,028	0,009—0,031
5,00	0,15—0,50	0,004—0,014	0,004—0,016	0,005—0,019	0,006—0,022	0,007—0,025	0,008—0,028
10,00	0,15—0,50	0,004—0,012	0,004—0,014	0,004—0,016	0,005—0,019	0,006—0,022	0,007—0,025
30,00	0,15—0,50	0,003—0,010	0,003—0,012	0,003—0,014	0,004—0,016	0,005—0,019	0,006—0,022

работе шлифовальными кругами различных диаметров D_k выбранную подачу $S_{поп}$ умножают на коэффициент K_1

Диаметр круга D_k , мм	250	300	350	400	450	500	600	750	900
K_1	0,42	0,50	0,58	0,67	0,75	0,84	1,00	1,25	1,50

в зависимости от необходимой точности подачу $S_{поп}$ умножают на коэффициент K_2

Точность	4—5	6—7	8	9—10	11
K_2	0,90	1,00	1,10	1,20	1,35

Режимы резания при шлифовании

резания при круглом наружном шлифовании с поперечной подачей

Частота вращения детали n_d и поперечная подача $S_{\text{поп}}$

Частота вращения n_d , мин ⁻¹ , в зависимости от материала детали			Припуск 2П на диаметр, мм	Длина детали L_d , мм до					
Стали с HRC < 30, угуны, бронзы	Стали с HRC 30 – 50	Стали конструкционные с HRC > 50, коррозионно-стойкие, жаропрочные		32	40	50	63	80	
				$S_{\text{поп}}$, мм/дв, ход стола					
150	390	370	0,10 – 0,50	0,63 – 1,25	0,55 – 1,10	0,48 – 0,97	0,42 – 0,84	0,36 – 0,72	
100	250	350	0,10 – 0,50	0,56 – 1,11	0,49 – 0,97	0,43 – 0,85	0,37 – 0,74	0,32 – 0,64	
80	200	250	0,10 – 0,50	0,50 – 1,10	0,43 – 0,87	0,38 – 0,76	0,33 – 0,66	0,29 – 0,58	
60	150	200	0,20 – 0,70	0,55 – 1,10	0,48 – 0,96	0,43 – 0,85	0,37 – 0,71	0,32 – 0,63	
40	110	150	0,20 – 0,70	0,46 – 0,90	0,39 – 0,78	0,34 – 0,69	0,30 – 0,59	0,26 – 0,52	
25	75	100	0,30 – 1,00	0,45 – 0,90	0,39 – 0,78	0,34 – 0,68	0,29 – 0,59	0,25 – 0,51	

Круглое шлифование

Продолжение

Поправочные коэффициенты на поперечную подачу $S_{\text{поп}}$

еся параметры	Квалитет												
	4—5		6—7		8		9—10			11—			
	Ra, мкм												
	0,63	1,25	0,63	1,25	0,63	1,25	0,63	1,25	2,5	1,25	2,5		
	K ₁ в зависимости от квалитета												
стали:													
структурные углеро- ромистые, никелевые, ые	0,66	0,8	0,83	1,0	1,1	1,25	1,3	1,6	1,8	1,64	1,9		
структурные воль- , кремнистые	0,56	0,68	0,70	0,85	0,88	1,05	1,10	1,35	1,55	1,3	1,5		
розионно-стойкие	0,30	0,36	0,38	0,45	0,47	0,56	0,60	0,72	0,85	0,82	0,9		
ые сплавы	0,10	0,12	0,13	0,15	0,15	0,18	0,20	0,24	0,28	0,20	0,2		
бронзы	1,0	1,20	1,30	1,60	1,70	2,00	2,60	3,00	3,10	2,60	3,10		
уга D _к . ащения v _к , м/с:						K ₂ в зависимости от диаметра круга D							
						400		500		600			
						0,83 1,04		0,90 1,16		1,00 1,30			

Режимы резания при шлифовании

Продолжен

поверхности. детали (отношение h_d/D_d):	K_3 в зависимости от формы поверх			
	цилиндри- ческой	прерывис- той (шлицевой)	с галтел	
			с одной стороны	
	1,00 0,90	1,30 1,15	0,70 0,75	
измерения и контроля размеров.	K_4 в зависимости от способа измерения			
	Ручное измерение			Ак ко
	штангенцирку- лем, микрометром и пр.		жесткой скобой	
	0,80 —		1,00 —	
ическая	K_5 в зависимости от срока работы ст			
ования — круглое на станках:	До 10		10 — 20	С
ЗУ10А, 3Е12, 3У11УВ, 3У12В, 3У153, 3Т153, 3М152ПФ20, 3М193Ф2	1,00 1,00 0,85		1,00 0,85 0,80	

ечения: I. Режимы резания приведены для нормальных условий с охлаждением и автоматическ
 кругами твердости С1 — С2.
 применении кругов, твердость которых отличается от твердости С1 — С2, вводится поправочный к
 поперечную подачу.

Рекомендуемые режимы резания при круглом шлифовании сталей, чугунов, бронз и титановых сплавов приведены в табл. 3—6.

2. БЕСЦЕНТРОВОЕ ШЛИФОВАНИЕ

При бесцентровом шлифовании обрабатываемая деталь проходит между двумя вращающимися кругами — ведущим, который вращается с меньшей скоростью, и шлифующим (рабочим), который вращается с большей скоростью, достаточной для шлифования.

Характеристики кругов для бесцентрового шлифования с радиальной подачей выбирают по табл. 7.

Бесцентровым шлифованием с радиальной подачей обрабатывают детали с цилиндрической, конической, сферической и фасонной поверхностями, ступенчатые валы и др.

Припуски на бесцентровое шлифование валов после чистового обтачивания приведены в табл. 8.

Режимы резания для конструкционных легированных и коррозионно-стойких сталей, жаропрочных сплавов, чугунов и бронз при бесцентровом шлифовании с радиальной подачей приведены в табл. 9, а с продольной подачей — в табл. 10, для высокопрочных сталей (типа 30ХГН2А, 40ХН2МА и 30ХН2МФА) при бесцентровом шлифовании с радиальной подачей — в табл. 11, а для титановых сплавов при бесцентровом шлифовании с радиальной подачей — в табл. 12.

3. ВНУТРЕННЕЕ ШЛИФОВАНИЕ

Внутреннее шлифование должно обеспечивать точность обработки 6—8-го качества и параметр шероховатости поверхности $Ra = 1,25 \div 0,63$ мкм.

Для внутреннего шлифования, как правило, применяют круги более мягкие и с более крупной структурой, чем для наружного шлифования, что способствует условиям обеспечения лучшего отвода теплоты из зоны резания.

Шлифовальный круг при внутреннем шлифовании устанавливают на шлифовальном шпинделе. Длина шпинделя равна $1,25 - 1,35$ длины обрабатываемого отверстия.

Рекомендуемые размеры шлифовальных кругов приведены в табл. 13 и 14. Характеристики кругов для внутреннего шлифования приведены в табл. 15.

Режимы резания при шлифовании

Характеристики шлифовальных кругов для бесцентрового шлифования с радиальной подачей

	Ra, мкм	Стали конструкционные углеродистые и легированные твердостью HRC		
		До 30	30 – 50	Св. 50
	3,2	24A50CT1K	24A50CT2K	24A50CT3K
	2,5	24A50CT1K	24A50CT2K	24A50CT3K
	1,25	24A40CT1K	24A40CT1K	24A40CT1K
	0,63	24A25CT1K	24A25CT1K	24A25CT1K
	3,2	24A50C2K	24A50C1K	24A50C1K
	2,5	24A50C2K	24A50C2K	24A50C1K
	1,25	24A40CT1K	24A40C2K	24A40C1K
	0,63	24A25CT1K	24A25CT1K	24A25CT1K
	Ra, мкм	Стали жаропрочные, коррозионно-стойкие и инструментальные	Титановые сплавы	Чугуны и стали
	3,2	14A50CM2Б, К	63C40CM2K9 или 24A40CM2Б, К	54C50C1K
	2,5	14A40 – 50CM25K	63C40CM1K9 или 14A40 – 50CM2Б, К	54C40C1K
	1,25	14A или 24A40C1Б, К	63C25CM2K9 (осн. фр. 55%) или 24A40C1Б, К	54C или 24A
	0,63	14A16 – 25C15K	63C25CM1K9 (осн. фр. 55%) или 24A16 – 25C1Б, К	54C или 14A
	3,2	—	—	54C50CM2K
	2,5	—	—	54C50CM2K
	1,25	—	—	54C40C1K
	0,63	—	—	54C или 24A

П р и м е ч а н и я : 1. Таблицы режимов резания составлены для кругов твердостью C1 – C2. При работе кругами с твердостью C3 и выше значения табличных значений, значения табличных подач для более мягких кругов умножают на 1,1, а для более твердых – делят на 0,85. 2. Ведущий круг – из электрокорунда марки 14A16CT3 – T1B или алюминия марки AL9.

8. Припуски (в мм) на диаметр при бесцентровом шлифовании валов после чистового обтачивания

Диаметр вала, мм	Длина вала, мм			
	До 100	100—250	250—500	500—1000
6—10	$\frac{0,25}{0,3}$	$\frac{0,3}{0,35}$	—	—
10—18	$\frac{0,3}{0,35}$	$\frac{0,35}{0,4}$	—	—
18—30	$\frac{0,35}{0,4}$	$\frac{0,4}{0,45}$	$\frac{0,45}{0,5}$	—
30—50	$\frac{0,4}{0,45}$	$\frac{0,45}{0,5}$	$\frac{0,5}{0,55}$	$\frac{0,55}{0,6}$
50—80	$\frac{0,45}{0,5}$	$\frac{0,5}{0,55}$	$\frac{0,55}{0,6}$	$\frac{0,6}{0,65}$
80—120	$\frac{0,5}{0,55}$	$\frac{0,55}{0,6}$	$\frac{0,6}{0,65}$	$\frac{0,65}{0,7}$
120—200	$\frac{0,5}{0,6}$	$\frac{0,6}{0,65}$	$\frac{0,65}{0,7}$	$\frac{0,7}{0,75}$

Примечания: 1. Заготовки, поступающие на шлифование, изготовляют с допусками по 11-му качеству.

2. В числителе приведены припуски для незакаленных заготовок, в знаменателе — для закаленных.

Режимы резания при шлифовании

резания при бесцентровом шлифовании с радиальной подачей. Работа с охлаждением

Частота вращения детали n_d и поперечная подача $S_{\text{поп}}$

	Стали с HRC < 30, чугуны, бронзы	Стали с HRC 30—50	Стали конструк- ционные с HRC > 50, коррозионно- стойкие, жаропрочные	Припуск 2П на диаметр, мм до	Длина шлифуемой детали L_d , мм до						
					32	40	50	63	80	100	125
					$S_{\text{поп}}$, мм/мин						
n_d , мин ⁻¹											
250	350	550	0,10—0,20	1,52— 2,40	1,32— 2,04	1,15— 1,82	1,00— 1,57	0,86— 1,35	0,75— 1,15	0,63— 1,00	0,52— 0,80
200	300	500	0,15—0,30	1,27— 2,03	1,16— 1,85	1,00— 1,60	0,87— 1,40	0,75— 1,20	0,69— 1,10	0,58— 0,95	0,48— 0,75
150	200	370	0,15—0,30	1,19— 1,90	1,05— 1,68	0,90— 1,44	0,79— 1,27	0,68— 1,08	0,59— 0,95	0,50— 0,80	0,42— 0,65
100	250	350	0,15—0,30	1,03— 1,68	0,92— 1,48	0,80— 1,27	0,70— 1,14	0,60— 0,96	0,53— 0,84	0,45— 0,70	0,38— 0,55
80	200	250	0,15—0,50	0,94— 1,88	0,83— 1,66	0,72— 1,43	0,63— 1,25	0,54— 1,07	0,47— 0,95	0,40— 0,70	0,33— 0,50
60	150	200	0,20—0,70	1,06— 2,10	0,92— 1,84	0,80— 1,59	0,69— 1,38	0,60— 1,20	0,53— 1,05	0,45— 0,75	0,38— 0,55
50	130	170	0,20—0,70	0,95— 1,88	0,83— 1,65	0,72— 1,45	0,63— 1,25	0,54— 1,07	0,47— 0,94	0,40— 0,70	0,33— 0,50
40	110	150	0,20—0,70	0,95— 1,68	0,83— 1,65	0,72— 1,45	0,63— 1,25	0,54— 1,07	0,42— 0,82	0,35— 0,65	0,28— 0,45
30	80	130	0,30—1,00	0,95— 1,90	0,83— 1,67	0,72— 1,43	0,62— 1,25	0,54— 1,08	0,47— 0,95	0,40— 0,70	0,33— 0,50

Внутреннее шлифование

Продолжение

Поправочные коэффициенты на поперечную подачу $S_{\text{поп}}$

ся параметры	Квалитет											
	4—5		6—7		8		9—10			11—		
	Ra , мкм											
	0,63	1,25	0,63	1,25	0,63	1,25	0,63	1,25	2,5	1,25	2,5	
	K_1 в зависимости от квалитета											
	0,66	0,80	0,83	1,00	1,10	1,25	1,30	1,60	1,80	1,64	1,9	
	0,30	0,36	0,38	0,45	0,47	0,56	0,60	0,72	0,85	0,82	0,9	
	0,10	0,12	0,13	0,15	0,15	0,18	0,20	0,24	0,26	0,20	0,2	
	медные сплавы	1,00	1,20	1,30	1,60	1,70	2,00	2,60	3,00	3,10	2,60	3,1
	та D_K . ращения v_K , м/с:	K_2 в зависимости от диаметра круга D_K , мм										
400				500				600				
0,80 1,04				0,90 1,16				1,00 1,30				
K_3 в зависимости от способа измерения размеров												
ерения и контроля раз-	ручное измерение (скобой, микрометром и пр.)						Активный контроль					
	1,0 —						1,4 1,4					
еская												

резания при бесцентровом шлифовании с продольной подачей
 Частота вращения детали n_d , продольная подача $S_{пр}$ и число ходов i

Материал детали				Припуск 2П на диаметр, мм до	Исходная точность обработки, мм								
Стали с HRC < 30, чугуны, бронзы	Стали с HRC 30–50	Стали конструк- ционные с HRC > 50, коррозион- но-стойкие, жаропрочные и инструмен- тальные	n_d , мин ⁻¹		До 0,10				0,10–0,02				
					Квалитет								
					4–5	6–8	9–10	11–14	4–5	6–8	9–10	5	
					$S_{пр}$, мм/мин/ i								
	450	500	600	0,05 0,10 0,20 0,30	–/– –/– 1880/3 1923/4	–/– –/– 1570/2 1819/3	–/– –/– 2100/1 3226/2	–/– –/– 3100/1 2381/1	2000/1 1128/1 1250/2 693/2	2500/1 1250/1 1250/2 834/2	4000/1 2000/1 1000/1 667/1	40 20 10 –	
	400	450	550	0,10 0,20 0,30 0,50	–/– 2140/4 1403/4 –/–	–/– 2010/3 1339/3 1081/4	–/– 2140/2 1428/2 1304/3	–/– 3800/1 2589/1 1562/1	1370/1 1370/2 909/2 556/2	1710/1 1724/2 1149/2 697/2	2740/1 1351/1 901/1 1112/2	33 – – –	
	350	400	480	0,10 0,20 0,30 0,50	–/– 1750/4 1150/4 877/5	–/– 1635/3 1111/3 899/4	–/– 1740/2 1242/2 1132/3	–/– 2800/1 1851/1 1124/1	1260/1 1250/2 834/2 505/2	1570/1 1587/2 1058/2 645/2	2520/1 1282/1 855/1 1053/2	22 22 – –	
	300	350	420	0,10	–/–	–/–	–/–	–/–	855/1	1080/1	1880/1	19	
	300	350	420	0,20 0,30 0,50	1620/4 1025/4 750/5	1410/3 952/3 754/4	1500/2 1026/2 937/3	2320/1 765/1 476/1	855/2 751/2 519/3	1087/2 725/2 689/3	862/1 –/– 714/2	9 – –	
	250	300	350	0,10 0,20 0,30 0,50	–/– 1230/4 1042/5 633/5	–/– 1152/3 1026/4 625/4	–/– 2060/3 2068/3 1250/3	–/– 1520/1 1111/1 667/1	1540/2 1154/3 769/3 625/4	1930/2 715/3 476/3 384/4	1570/1 1518/2 1058/2 968/3	15 15 – –	

Поправочные коэффициенты на продольную подачу $S_{пр}$

Параметры детали:	K_1 в зависимости от материала
конструкционные углеродистые, хромистые, никелевые, марганцевые	1,0
конструкционные вольфрамовые, кремнистые	0,85
коррозионно-стойкие	0,45
легкие сплавы	0,15
бронзы	1,6

руга.	Диаметр круга $D_{\text{кк}}$, мм							
	400			500			600	
	Высота круга $H_{\text{к}}$, мм							
	150	250	400	150	250	400	150	250
ращения $v_{\text{к}}$, м/с:	K_2 в зависимости от размеров круга							
	0,8	1,28	2,0	0,9	1,45	2,25	1,0	1,1
	0,92	1,46	2,28	1,0	1,66	2,56	1,12	1,2
	1,0	1,62	2,5	1,06	1,84	2,8	1,24	2,5
	1,04	1,65	2,6	1,16	1,90	2,9	1,3	2,6

Режимы резания при шлифовании

резания при бесцентровом шлифовании с радиальной подачей для деталей из высокопрочных сталей (12ХН2А, 40ХН2МА, 30ХН2МФА). Работа с охлаждением

Частота вращения детали n_d и поперечная подача $S_{\text{поп}}$

Частота вращения детали n_d , мин ⁻¹	Припуск 2П на диаметр, мм до	Длина шлифуемой детали L_d , мм до						
		32	40	50	63	80	100	125
		$S_{\text{поп}}$, мм/мин						
380	0,10–0,20	1,90–0,95	1,70–0,85	1,50–0,69	1,40–0,61	1,32–0,54	1,21–0,50	1,12–0,38
320	0,10–0,25	1,60–0,80	1,44–0,70	1,28–0,59	1,21–0,52	1,12–0,45	1,06–0,38	0,96–0,32
290	0,10–0,30	1,40–0,70	1,26–0,62	1,12–0,56	1,04–0,45	0,97–0,39	0,89–0,35	0,84–0,28
260	0,10–0,35	1,30–0,65	1,19–0,57	1,04–0,49	0,96–0,41	0,91–0,36	0,83–0,31	0,78–0,26
220	0,10–0,40	1,10–0,55	0,99–0,49	0,88–0,42	0,83–0,35	0,77–0,32	0,70–0,27	0,66–0,22
170	0,10–0,45	0,85–0,42	0,76–0,37	0,68–0,32	0,63–0,27	0,59–0,24	0,58–0,21	0,50–0,17
130	0,10–0,50	0,65–0,33	0,59–0,28	0,52–0,24	0,48–0,21	0,45–0,18	0,41–0,15	0,38–0,13
100	0,10–0,50	0,50–0,25	0,46–0,22	0,42–0,19	0,39–0,16	0,36–0,14	0,33–0,12	0,30–0,10

Внутреннее шлифование

Продолжение 1

Поправочные коэффициенты на поперечную подачу $S_{\text{поп}}$

ся параметры качество поверхности	Квалитет											
	4—5			6—7		8		9—10			11—12	
	Ra, мкм											
	0,63	1,25	0,63	1,25	0,63	1,25	0,63	1,25	2,5	1,25	2,5	5,0
	K ₁ в зависимости от квалитета											
	0,66	0,80	0,83	1,00	1,10	1,20	1,25	1,40	1,65	1,75	1,85	2,00
уга D _к . м/с, до:	K ₂ в зависимости от диаметра круга D _к , мм											
	400				500				600			
	0,80 1,04				0,90 1,16				1,00 1,30			

Режимы резания при шлифовании

ы резания при бесцентровом шлифовании деталей из титановых сплавов с радиальной
охлаждением

Частота вращения деталей n_d и поперечная подача $S_{\text{поп}}$

Частота вращения детали n_d , мин ⁻¹	Припуск 2П на диаметр, мм	Длина шлифуемой детали L_d , мм до						
		20	32	40	50	63	80	100
		$S_{\text{поп}}$, мм/мин						
1200	0,10—0,20	3,0—6,0	2,65— 5,65	2,25— 5,15	1,92— 4,80	1,68— 4,45	1,44— 4,08	1,20— 3,84
800	0,10—0,25	2,0—4,0	1,76— 3,75	1,52— 3,45	1,28— 3,20	1,12— 2,95	0,96— 2,72	0,80— 2,55
350	0,10—0,30	0,88—1,75	0,77— 1,64	0,66— 1,50	0,56— 1,40	0,49— 1,28	0,42— 1,18	0,35— 1,11
180	0,10—0,35	0,45—0,90	0,39— 0,84	0,34— 0,77	0,29— 0,72	0,25— 0,67	0,21— 0,61	0,18— 0,57
120	0,10—0,40	0,30—0,60	0,26— 0,56	0,23— 0,52	0,19— 0,48	0,17— 0,44	0,14— 0,41	0,12— 0,38
90	0,10—0,45	0,22—0,45	0,19— 0,42	0,17— 0,39	0,15— 0,36	0,13— 0,33	0,11— 0,30	0,09— 0,29
60	0,10—0,50	0,15—0,30	0,13— 0,28	0,11— 0,26	0,10— 0,24	0,09— 0,22	0,07— 0,20	0,07— 0,19

Внутреннее шлифование

Продолжение

Поправочные коэффициенты на поперечную подачу $S_{\text{поп}}$

ся параметры качество поверхности	Квалитет											
	4—5		6—7		8		9—10			11—12		
	Ra , мкм											
	0,63	1,25	0,63	1,25	0,63	1,25	0,63	1,25	2,5	1,25	2,5	
	K_1 в зависимости от квалитета											
	0,80	0,85	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,45	1,65	1,70	1,82	
та D_k при скорости м/с	K_2 в зависимости от диаметра круга D_k , мм											
	350		400		450		500		600		700	
	0,77		0,80		0,85		0,91		1,00		1,12	

13. Рекомендуемые размеры шлифовальных кругов типа ПВ

Наружный диаметр, мм	Высота, мм	Диаметр посадочного отверстия, мм	Наружный диаметр, мм	Высота, мм	Диаметр посадочного отверстия, мм
10	13	3	50	25	16
13	16	4	50	40	16
16	25	6	63	32	20
25	25	6	80	6	20
32	25	10	80	20	20
32	32	10	80	50	20
40	32	16	80	63	20
40	40	16	100	32	20
40	50	16	100	63	20

14. Диаметры шлифовальных кругов в зависимости от диаметров обрабатываемых отверстий

Диаметр отверстия, мм	Диаметр шлифовального круга, мм	Диаметр отверстия, мм	Диаметр шлифовального круга, мм
12—17	10	60—70	50
17—22	16	70—80	63
22—27	20	80—100	75
27—32	25	100—130	90
32—45	30	130—150	115
45—55	40	Св. 150	125

В связи с низкой жесткостью шпинделя шлифовальной головки и малым диаметром шлифовального круга на операциях внутреннего шлифования необходимо снимать минимальные припуски (табл. 16).

При шлифовании отверстий нужно учитывать, что малая скорость вращения круга приводит к его интенсивному износу. С увеличением скорости вращения круга уменьшается шероховатость, улучшается состояние поверхностного слоя и увеличивается производительность.

Режимы резания при внутреннем шлифовании конструкционных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей, чугунов и бронз приведены в табл. 17, а для высокопрочных сталей типа 30ХГН2А, 30ХН2МФА, 40ХН2МА — в табл. 18.

15. Характеристики кругов для внутреннего шлифования

Материал детали	Характеристика круга				
	Марка абразива	Зернистость	Твердость	Вид связки	Структура
Стали легированные: незакаленные закаленные	24A	40—25	CM1—C1	К	7—8
	24A	25—16	M3—CM1	К	7—8
Титановые сплавы	24A	40—16	M3—CM1	К	7—8 6 (осн. фр. 74%)
	63C	25—12	M3—CM2		
По хрому	24A	25—16	CM1—CM2	К	7—8
Бронзы	24A	25	CM1—CM2	К	7—8
Чугуны	24A/55C	40; 25; 16	M3—CM1	К	7—8

Примечание. Допускается отступление от рекомендуемой твердости на одну степень в меньшую или большую сторону.

16. Припуски (в мм) на шлифование отверстий

Диаметр отверстия, мм	Длина отверстия, мм					
	До 25	25—50	50—100	100—150	150—200	200—300
До 10	0,07—0,1	0,10—0,12	—	—	—	—
10—18	0,12—0,15	0,12—0,15	0,15—0,18	—	—	—
18—30	0,12—0,15	0,15—0,18	0,18—0,22	0,20—0,25	—	—
30—50	0,18—0,22	0,22—0,27	0,25—0,30	0,25—0,30	0,30—0,35	0,40—0,50
50—80	0,20—0,25	0,25—0,30	0,25—0,35	0,35—0,40	0,40—0,45	0,45—0,55
80—120	0,25—0,30	0,25—0,30	0,30—0,35	0,40—0,45	0,45—0,50	0,50—0,60
120—180	0,30—0,35	0,35—0,40	0,40—0,45	0,45—0,50	0,55—0,60	0,50—0,65
180—250	0,40—0,45	0,45—0,50	0,45—0,50	0,50—0,55	0,60—0,65	0,65—0,75
Св. 250	0,40—0,50	0,50—0,55	0,50—0,55	0,50—0,60	0,60—0,70	0,65—0,75

резания при шлифовании отверстий

Частота вращения детали n_d и продольная подача $S_{пр}$

Материал детали	Стали с HRC 30—50	Стали конструк- ционные с HRC св. 50, корро- зионно-стойкие, жаропрочные	Высота круга H_k , мм											
			8			16			25			40		
			Ra , мкм											
			3,2	1,25	0,63	3,2	1,25	0,63	3,2	1,25	0,63	3,2	1,25	
$n_{др}$, мин ⁻¹			$S_{пр}$, мм/мин											
0	500	600	2160 2400 2900	1280 1600 1920	900 1000 1200	—	—	—	—	—	—	—	—	
0	450	540	1920 2180 2600	1280 1440 1700	800 900 1120	3840 4300 5200	2500 2900 3400	1600 1800 2180	—	—	—	—	—	
0	400	480	1680 1920 2300	1120 1220 1540	700 800 900	3300 3800 4600	2240 2560 3100	1400 1800 1920	—	—	—	—	—	
0	350	420	1440 1680 2000	960 1120 1350	600 700 840	2900 3300 4000	1900 2200 2700	1200 1400 1680	4500 5250 6500	3000 3500 4200	1880 2240 2685	—	—	
0	300	360	1200 1440 1700	800 960 1150	500 600 720	2400 2900 3500	1600 1900 2300	1000 1200 1450	5700 4500 5400	2500 3000 3600	1600 1920 2560	6000 7200 7500	4000 4800 5800	
0	250	300	—	—	—	1900 2400 2900	1300 1600 1900	800 1000 1200	3000 3700 4500	2000 2500 3000	1280 1600 1920	4800 6000 7000	3200 4000 4800	
0	200	240	—	—	—	1460 2300 2300	960 1820 1540	600 800 960	2550 3000 3500	1500 2000 2400	937 1250 1500	3600 4800 5760	2400 3200 2800	

Поперечная подача $S_{поп}$

Припуск 2П на диаметр, мм до	Диаметр детали D_d , мм до							
	8	12,5	16	20	32	50	80	
	$S_{\text{поп}}$, мм/дв. ход шпинделя							
0,15—0,50	—	0,014— 0,028	0,013— 0,027	0,013— 0,026	0,012— 0,024	0,012— 0,023	0,011— 0,023	
0,15—0,50	0,008—0,017	0,010— 0,022	0,010— 0,020	0,010— 0,019	0,009— 0,018	0,009— 0,018	0,008— 0,019	
0,20—0,70	0,008—0,016	0,011— 0,021	0,010— 0,020	0,010— 0,019	0,009— 0,018	0,009— 0,017	0,008— 0,016	
0,20—0,70	0,006—0,012	0,008— 0,016	0,007— 0,015	0,007— 0,014	0,007— 0,013	0,006— 0,013	0,006— 0,012	
0,20—0,70	0,005—0,010	0,006— 0,012	0,006— 0,011	0,005— 0,011	0,005— 0,010	0,005— 0,010	0,005— 0,010	
0,20—0,70	0,004—0,007	0,005— 0,010	0,005— 0,009	0,004— 0,009	0,004— 0,008	0,004— 0,008	0,003— 0,008	
0,30—1,00	0,003—0,007	0,005—	0,004—	0,004—	0,004—	0,004—	0,004—	

Режимы резания при шлифовании

Продолжение

ая ни	Припуск 2П на диаметр, мм до	Диаметр детали D_d , мм до						
		8	12,5	16	20	32	50	80
		$S_{\text{поп}}$, мм/дв. ход шпинделя						
	0,30—1,00	—	0,004— 0,007	0,003— 0,007	0,003— 0,006	0,003— 0,006	0,003— 0,006	0,003— 0,005
	0,30—1,00	—	0,003— 0,005	0,003— 0,005	0,002— 0,005	0,002— 0,005	0,002— 0,004	0,002— 0,004
	0,30—1,00	—	—	0,002— 0,004	0,002— 0,004	0,002— 0,003	0,002— 0,003	0,002— 0,003

Поправочные коэффициенты на поперечную подачу $S_{\text{поп}}$

влияющие параметры	K_1 в зависимости от качества					
	4—5	6—7	8	9—10	11	
детали:						
конструкционные углеро-	0,80	1,00	1,25	1,60	1,81	
коррозионно-стойкие	0,36	0,45	0,56	0,72	0,92	
очные сплавы	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	
и бронзы	1,20	1,60	2,00	3,00	2,90	

измерения и контроля поверхности. детали (отношение	K_2 в зависимости от диаметра круга D_k , мм			
	До 10	10—45	45—80	Св
	0,80	0,90	1,00	1
	K_3 в зависимости от способа измерения размеров			
	Ручное измерение (пробкой, нутромером и пр.)		Активный контроль	
	1,0		1,4	
	K_4 в зависимости от формы поверхности			
	цилиндрической	прерывистой (шлицевой)	с галтел	
	1,00 0,90 0,70	1,30 1,16 0,90	0,80 0,72 0,56	

Замечание. Стойкость круга между правками 15—20 мин.

Режимы резания при шлифовании

Режимы резания при шлифовании отверстий в деталях из сталей типа 30ХГСН2А, 40ХН2МА, 30Х

Частота вращения детали n_d и продольная подача $S_{пр}$

Частота вращения детали n_d , мин ⁻¹	Высота круга H_K , мм до											
	10			20			30			40		
	R_a , мкм											
	3,2	1,25	0,63	3,2	1,25	0,63	3,2	1,25	0,63	3,2	1,25	0,63
	$S_{пр}$, мм/мин											
800	3200	2400	1600	—	—	—	—	—	—	—	—	—
750	3000	2250	1500	3750	3000	2250	—	—	—	—	—	—
640	2560	1920	1280	3700	2560	1920	—	—	—	—	—	—
430	1720	1260	960	2150	1720	1260	2580	2150	1720	—	—	—
320	1280	960	640	1600	1280	960	1980	1600	1280	—	—	—
260	—	—	—	1275	1020	765	1530	1225	1020	1785	1530	1225
200	—	—	—	1000	800	600	1200	1000	800	1400	1200	1000
135	—	—	—	—	—	—	810	675	540	945	810	675
100	—	—	—	—	—	—	600	500	—	—	—	—

Внутреннее шлифование

Продолжение

Поперечная подача $S_{\text{поп}}$

ая	Припуск 2П на диаметр, мм, до	Диаметр детали D_d , мм до						
		8	12,5	16	20	32	50	80
		$S_{\text{поп}}$ мм/дв. ход шпинделя						
	0,1 — 0,3	—	0,007 — 0,014	0,007 — 0,013	0,006 — 0,013	0,006 — 0,012	0,006 — 0,011	0,006 — 0,011
	0,1 — 0,3	0,004 — 0,008	0,005 — 0,011	0,005 — 0,010	0,005 — 0,009	0,005 — 0,009	0,004 — 0,009	0,004 — 0,009
	0,1 — 0,3	0,004 — 0,006	0,005 — 0,008	0,005 — 0,008	0,005 — 0,008	0,004 — 0,007	0,004 — 0,007	0,004 — 0,007
	0,1 — 0,3	0,003 — 0,005	0,004 — 0,006	0,004 — 0,006	0,003 — 0,006	0,003 — 0,005	0,003 — 0,005	0,003 — 0,005
	0,1 — 0,3	0,003 — 0,004	0,003 — 0,005	0,003 — 0,005	0,003 — 0,004	0,003 — 0,004	0,003 — 0,004	0,003 — 0,004

Поправочные коэффициенты на поперечную подачу $S_{\text{поп}}$

Основные параметры обработки Диаметр круга D_k Поверхности детали (отношение L_d/D_d):	K_1 в зависимости от качества					
	5	6—7	8	9—10	11	12
	0,90	1,00	1,10	1,20	1,35	1,50
	K_2 в зависимости от диаметра круга D_k , мм					
	10		20		40	
	0,8		0,9		1,0	
	K_3 в зависимости от формы поверхности					
	цилиндрической		прерывистой (шлицевой)		с галтелями	
	1,00		1,30		0,80	
	0,90		1,16		0,72	
0,70		0,90		0,56		
0,60		0,78		0,48		

Примечания: 1. Работа ведется с охлаждением.
2. Временная выдержка круга между правками 10—15 мин.

Внутреннее шлифование

Режимы резания при шлифовании отверстий в деталях из титановых сплавов

Продольная подача $S_{пр}$

Частота вращения детали $n_{\text{д}}$, мин ⁻¹	Высота круга $H_{\text{к}}$, мм											
	8			16			25			40		
	Ra , мкм											
	3,2-2,5	1,25	0,63	3,2-2,5	1,25	0,63	3,2-2,5	1,25	0,63	3,2-2,5	1,25	0,63
	$S_{\text{пр}}$, мм/мин											
530	1500	1050	520	3500	2400	1250	—	—	—	—	—	—
320	890	640	310	2000	1400	770	—	—	—	—	—	—
200	560	400	190	1250	900	480	2250	1600	900	—	—	—
120	—	—	—	770	540	290	1350	960	500	2400	1600	1300
80	—	—	—	510	360	190	900	640	360	1600	1300	1000
65	—	—	—	—	—	—	730	520	290	1300	1000	800

Поперечная подача $S_{поп}$ при припуске 2П на диаметр до 0,1-0,3 мм

Диаметр отверстия D_0 , мм									
	15	20	30	40	60	80	120	160	200
	$S_{поп}$, мм/дв. ход шпинделя								
0,010 —	0,009 —	0,008 —	0,008 —	0,007 —	0,007 —	0,006 —	0,006 —	0,006 —	0,006 —
0,028	0,026	0,024	0,022	0,020	0,019	0,018	0,017	0,017	0,017
0,009 —	0,008 —	0,008 —	0,007 —	0,007 —	0,006 —	0,006 —	0,006 —	0,006 —	0,006 —
0,025	0,023	0,022	0,021	0,019	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017
0,008 —	0,007 —	0,007 —	0,006 —	0,006 —	0,005 —	0,005 —	0,005 —	0,005 —	0,005 —
0,022	0,020	0,019	0,018	0,017	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015

Режимы резания при шлифовании

Продолжение

Диаметр отверстия D_0 , мм							
15	20	30	40	60	80	120	160
$S_{\text{поп}}$, мм/дв. ход шпинделя							
0,007— 0,021	0,007— 0,020	0,006— 0,019	0,006— 0,018	0,005— 0,017	0,005— 0,016	0,004— 0,015	0,004— 0,014
0,006— 0,018	0,006— 0,017	0,006— 0,016	0,005— 0,015	0,005— 0,015	0,005— 0,014	0,003— 0,014	0,003— 0,013
0,005— 0,016	0,005— 0,015	0,005— 0,015	0,004— 0,014	0,004— 0,014	0,004— 0,013	0,003— 0,013	0,003— 0,012

Поправочные коэффициенты на поперечную подачу $S_{\text{поп}}$

исходящие параметры	K_1 в зависимости от качества					
	5	6—7	8	9—10	11	
	0,90	1,00	1,10	1,20	1,35	
обработка цилиндрической поверхности круга.	K_2 в зависимости от характеристики круга					
	16—25			40		50
	M3—CM2	C1—C2	CM1—CT1	M3—CM2	C1—C2	M3—CM2
вращения v_k	M3—CM2	C1—C2	CM1—CT1	M3—CM2	C1—C2	M3—CM2
	1,00	1,05	0,75	1,05	1,10	0,80
	0,90	0,95	0,70	0,95	1,00	0,75
	0,80	0,85	0,65	0,85	0,85	0,65

Замечания: 1. Работа ведется с охлаждением. 2. Стойкость круга между правками 8—10 мин.

Режимы резания при внутреннем шлифовании отверстий в деталях из титановых сплавов приведены в табл. 19. Скорость вращения круга при механической и ручной подаче составляет соответственно 20—30 и 18—25 м/с; допустимая рабочая скорость круга при обработке отверстий малого диаметра 12—18 м/с.

4. ПЛОСКОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Плоское шлифование выполняется на станках с прямоугольным столом, работающих периферией или торцом круга.

Рекомендации по выбору характеристик шлифовальных кругов для плоского шлифования приведены в табл. 20. Рекомендуемые припуски на плоское шлифование для станков с прямоугольным столом даны в табл. 21.

Режимы резания при плоском шлифовании торцом круга на станках с прямоугольным столом деталей из различных материалов приведены в табл. 22—24; режимы резания при плоском шлифовании периферией круга на станках с прямоугольным столом деталей из различных материалов — в табл. 25—27.

Таблицы режимов резания составлены для кругов твердостью СМ1—СМ2. При обработке кругами другой твердости значения подач, приведенные в таблицах, для более мягких кругов умножают на 1,1, для более твердых кругов — на 0,85.

В табл. 28 приведены режимы резания для плоского шлифования направляющих станин станков эльборовыми кругами. Режимы резания и припуски для плоского шлифования базовых и корпусных деталей из сталей и чугунов эльборовыми кругами приведены в табл. 29. Параметры процесса шлифования эльборовыми кругами в зависимости от режимов резания приведены в табл. 30.

Режимы резания при шлифовании

Характеристика шлифовальных кругов для плоского шлифования

	Стали конструкционные (углеродистые и легированные) с HRC			Стали жаропрочные коррозионно-стойкие, быстрорежущие	Титановые сплавы	Чугуны
	До 30	30 – 50	Св. 50			
	14A50CM2K	14A50CM1K	14A60M3K	14A50M3K или Б	63C50M3K6, 14A50M3K или Б	54C 14A50
	14A40CM2K	14A40CM1K	14A40M3K	14A40M3K или Б	6340C2B6, 14A40M3K или Б	54C 14A40
	14A25C1K	14A25CM2K	14A25CM1K	14A25CM1K или Б	63C40M3K6, 63C25C2B6, 14A25CM1K или Б	54C 14A2
	14A16C1K	14A16CM2K	14A16CM1K	14A16CM1K или Б	63C25M3K6, 63C16M3K6, 63C16C2B6, 14A16CM1K или Б	54C 14A2

Плоское шлифование

Продолжение

Стали конструкционные (углеродистые и легированные) с HRC			Стали жаропрочные коррозионно-стойкие, быстрорежущие	Титановые сплавы	Чугуны и
До 30	30—50	Св. 50			
14A50CM1Б	14A50CM1Б	14A50M2Б	14A50M2Б	63C40C2Б6, 63C40M3К6, 14A50M2Б	54C 14A50C
14A40CM1Б	14A40CM1Б	14A40M2Б	14A40M2Б	63C40C2Б6, 63C40M3К6, 14A40M2Б	54C 14A40C
14A25CM2Б	14A25CM1Б	14A25M3Б		63C25C2Б, 14A25M3К6, 14A25M3Б	54C 14A25C
				63C16C2Б6, 63C16M3К6, 14A25M3Б	54C 14A25C

Примечания: 1. При шлифовании пазов периферией круга твердость увеличивать на 1—2 степени.
2. При обработке сегментными кругами твердость увеличивать на одну степень.

21. Припуски (в мм) на плоское шлифование

Установка детали на станке	Длина обрабатываемой поверхности, мм	Ширина шлифуемой поверхности, мм					
		3—10	10—50	50—100	100—200	200—400	400—1000
Без выверки	До 100	$\frac{0,1}{0,13}$	$\frac{0,15}{0,20}$	$\frac{0,20}{0,25}$	—	—	—
	100—150	$\frac{0,15}{0,20}$	$\frac{0,20}{0,25}$	$\frac{0,25}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,35}$	$\frac{0,35}{0,45}$	$\frac{0,5}{0,6}$
	500—1000	$\frac{0,20}{0,25}$	$\frac{0,25}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,35}$	$\frac{0,35}{0,40}$	$\frac{0,40}{0,50}$	$\frac{0,6}{0,7}$
	1000—2000	—	$\frac{0,30}{0,35}$	$\frac{0,35}{0,40}$	$\frac{0,40}{0,50}$	$\frac{0,45}{0,55}$	$\frac{0,65}{0,75}$
	Св. 2000	—	—	$\frac{0,40}{0,50}$	$\frac{0,45}{0,55}$	$\frac{0,50}{0,60}$	$\frac{0,7}{0,8}$
В приспособлении или с выверкой индикатором	До 100	$\frac{0,08}{0,10}$	$\frac{0,12}{0,13}$	$\frac{0,15}{0,17}$	—	—	—
	100—150	$\frac{0,10}{0,13}$	$\frac{0,13}{0,17}$	$\frac{0,18}{0,20}$	$\frac{0,20}{0,25}$	$\frac{0,20}{0,30}$	$\frac{0,25}{0,35}$
	500—1000	$\frac{0,15}{0,17}$	$\frac{0,17}{0,20}$	$\frac{0,20}{0,25}$	$\frac{0,25}{0,30}$	$\frac{0,25}{0,35}$	$\frac{0,30}{0,40}$
	1000—2000	—	$\frac{0,20}{0,25}$	$\frac{0,25}{0,30}$	$\frac{0,25}{0,35}$	$\frac{0,30}{0,40}$	$\frac{0,35}{0,45}$
	Св. 2000	—	—	$\frac{0,30}{0,35}$	$\frac{0,35}{0,40}$	$\frac{0,40}{0,45}$	$\frac{0,45}{0,55}$

Примечания: 1. В числителе приведены припуски для незакаленных деталей, в знаменателе — для закаленных.

2. Припуски указаны на обработку одной стороны.

3. При одновременной обработке нескольких деталей длину и ширину считать совместно с промежутками между деталями.

4. На чистовое шлифование из приведенного общего припуска оставляют 0,02—0,06 мм в зависимости от ширины шлифуемой поверхности и длины обрабатываемой поверхности.

ская. Работа с охлаждением

Скорость перемещения детали $v_{\text{д}}$ и подача на глубину шлифования S_r

Материал	Скорость перемещения детали v_d , м/мин, до	Припуск Δ на обработку, мм	Приведенная ширина шлифуемой поверхности $B_{пр}$, мм до					
			20	32	50	80	125	200
			S_f , мм/ход стола					
Структурированные и другие с HRC:	3,2	0,12—0,35	0,099—0,196	0,080—0,157	0,063—0,126	0,051—0,101	0,041—0,080	0,032—0,064
	4	0,12—0,35	0,080—0,157	0,063—0,126	0,051—0,101	0,041—0,080	0,036—0,064	0,025—0,051
	5	0,12—0,35	0,063—0,126	0,051—0,101	0,041—0,080	0,032—0,063	0,025—0,051	0,020—0,040
	6,3	0,17—0,50	0,063—0,126	0,051—0,101	0,041—0,080	0,032—0,063	0,025—0,051	0,016—0,041
	8	0,17—0,50	0,041—0,080	0,032—0,063	0,025—0,051	0,020—0,041	0,016—0,032	0,013—0,025
	10	0,17—0,50	0,041—0,080	0,032—0,063	0,025—0,051	0,020—0,041	0,016—0,032	0,013—0,025

Режимы резания при шлифовании

Продолжение

Тип детали	Скорость перемещения детали v_d , м/мин, до	Припуск П на обработку, мм	Приведенная ширина шлифуемой поверхности $B_{пр}$, мм до					
			20	32	50	80	125	200
			S_f , мм/ход стола					
Структурированные и детали с HRC:	12,5	0,17—0,50	0,033— 0,063	0,025— 0,051	0,020— 0,041	0,016— 0,032	0,013— 0,025	0,010— 0,020
	16	0,17—0,50	0,027— 0,051	0,020— 0,041	0,016— 0,041	0,013— 0,025	0,010— 0,020	0,008— 0,016
	20	0,17—0,50	0,021— 0,041	0,016— 0,033	0,013— 0,025	0,010— 0,020	0,008— 0,016	0,007— 0,013
	25	0,17—0,50	0,016— 0,035	0,013— 0,025	0,013— 0,020	0,008— 0,016	0,007— 0,013	0,005— 0,010

Плоское шлифование

Продолжение 1

Поправочные коэффициенты

Исходные параметры	Ra , мкм	K_1 в зависимости от точности обработки, мм				
		0,02	0,03	0,05	0,08	0,12
Стали: конструкционные углеродистые	2,5	0,80	0,96	1,20	1,50	1,80
	1,25	0,65	0,30	1,00	1,25	1,50
	0,63	0,55	0,66	0,83	0,04	0,10
Коррозионно-стойкие	2,5	0,35	0,42	0,54	0,68	0,80
	1,25	0,29	0,36	0,55	0,56	0,60
	0,63	0,25	0,30	0,38	0,48	0,60
Титановые сплавы	2,5	0,12	0,14	0,18	0,24	0,30
	1,25	0,10	0,12	0,15	0,19	0,24
	0,63	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20
Алюминиевые и медные сплавы	2,5	1,20	1,50	1,90	2,30	2,80
	1,25	1,10	1,30	1,60	2,00	2,40
	0,63	0,85	1,00	1,30	1,60	2,00
Диаметр круга:	K_2 в зависимости от диаметра круга D_k , мм					
	До 330		330—500		Св. 500	
	0,80		1,00		1,20	
	1,00		1,20		1,44	

23. Режимы резания при плоском шлифовании торцом круга на станках с прямоугольным столом деталей из высокопрочных сталей (типа 30ХГН2А, 40ХН2МА и 30ХН2МФА). Работа без охлаждения

Скорость перемещения детали v_d и подача на глубину шлифования S_r

Скорость перемещения детали v_d , мм/мин, до	Припуск П на обработку, мм, до	Приведенная ширина шлифования $B_{пр}$, мм, до			
		20		32	
		Ra , мкм			
		3,2	1,25	0,63	3,2
		S_r , мм/ход стола			
4	0,10—0,30	0,010—0,025	0,009—0,023	0,008—0,021	0,009—0,023
6	0,12—0,30	0,009—0,023	0,008—0,021	0,007—0,019	0,008—0,027
8	0,15—0,35	0,008—0,021	0,007—0,019	0,006—0,017	0,007—0,019
10	0,15—0,40	0,008—0,018	0,007—0,017	0,006—0,015	0,007—0,018
12,5	0,17—0,45	0,007—0,017	0,006—0,015	0,005—0,013	0,006—0,016
16	0,17—0,50	0,006—0,015	0,006—0,014	0,005—0,013	0,006—0,014
20	0,17—0,50	0,005—0,013	0,005—0,012	0,004—0,011	0,005—0,012
25	0,17—0,50	0,005—0,010	0,005—0,010	0,004—0,009	0,005—0,010

Скорость перемещения детали v_d , мм/мин, до	Припуск П на обработку, мм, до	Приведенная ширина шлифования $B_{пр}$, мм, до			
		32		50	
		Ra , мкм			
		1,25	0,63	3,2	1,25
		S_r , мм/ход стола			
4	0,10—0,30	0,008—0,021	0,007—0,019	0,008—0,021	0,007—0,019
6	0,12—0,30	0,007—0,019	0,006—0,017	0,007—0,020	0,006—0,018
8	0,15—0,35	0,006—0,017	0,005—0,015	0,007—0,018	0,006—0,016
10	0,15—0,40	0,006—0,016	0,005—0,014	0,007—0,017	0,006—0,015
12,5	0,17—0,45	0,005—0,012	0,005—0,012	0,005—0,015	0,005—0,013
16	0,17—0,50	0,005—0,013	0,003—0,012	0,004—0,013	0,005—0,012
20	0,17—0,50	0,005—0,011	0,004—0,010	0,004—0,011	0,004—0,011
25	0,17—0,50	0,004—0,009	0,004—0,009	0,004—0,009	0,003—0,009

Продолжение табл. 23

Скорость вращения детали v_d , мм/мин, до	Припуск P на обработку, мм до	Приведенная ширина шлифования $B_{пр}$, мм, до			
		50	80		
		Ra , мкм			
		0,63	3,2	1,25	0,63
		S_f , мм/ход стола			
4	0,10—0,30	0,006—0,017	0,007—0,019	0,006—0,018	0,005—0,015
6	0,12—0,30	0,005—0,016	0,007—0,018	0,006—0,016	0,005—0,014
8	0,15—0,35	0,005—0,014	0,006—0,017	0,006—0,015	0,005—0,013
10	0,15—0,40	0,005—0,013	0,006—0,016	0,005—0,014	0,005—0,012
12,5	0,17—0,45	0,004—0,012	0,005—0,014	0,004—0,013	0,004—0,012
16	0,17—0,50	0,004—0,011	0,005—0,012	0,005—0,011	0,004—0,010
20	0,17—0,50	0,003—0,010	0,004—0,011	0,003—0,010	0,003—0,010
25	0,17—0,50	0,003—0,008	0,004—0,009	0,003—0,008	0,003—0,008

Скорость вращения детали v_d , мм/мин, до	Припуск P на обработку, мм до	Приведенная ширина шлифования $B_{пр}$, мм, до		
		125		
		Ra , мкм		
		3,2	1,25	0,63
		S_f , мм/ход стола		
4	0,10—0,30	0,006—0,017	0,005—0,015	0,004—0,013
6	0,12—0,30	0,006—0,016	0,005—0,014	0,004—0,012
8	0,15—0,35	0,006—0,016	0,005—0,014	0,004—0,012
10	0,15—0,40	0,006—0,015	0,005—0,013	0,004—0,011
12,5	0,17—0,45	0,005—0,013	0,004—0,012	0,003—0,011
16	0,17—0,50	0,004—0,011	0,004—0,011	0,003—0,010
20	0,17—0,50	0,004—0,010	0,003—0,010	0,002—0,009
25	0,17—0,50	0,004—0,008	0,003—0,008	0,002—0,007

Поправочные коэффициенты

Изменяющиеся параметры	K_1 в зависимости от точности обработки, мм				
	0,02	0,03	0,05	0,08	0,15
Точность обработки	0,95	1,00	1,05	1,20	1,60
Диаметр и тип круга:	K_2 в зависимости от диаметра круга, мм				
	До 330		330—500		Св. 500
	чашечный		0,9		1,2
	сегментный		1,0		1,4

Продолжение табл. 23

Примечание. Поправочные коэффициенты при работе с охлаждением:
 $K_{v_d} = 1,00$; $K_{S_f} = 1,30$.

24. Режимы резания при плоском шлифовании торцом круга на станках с прямоугольным столом деталей из титана. Подача автоматическая. Работа с охлаждением

Скорость вращения детали v_d и подача на глубину шлифования S_f

Скорость вращения детали v_d , мм/мин, до	Припуск П на обработку, мм, до	Приведенная ширина шлифования $B_{пр}$, мм, до			
		20		32	
		Ra , мкм			
		3,2	1,25	0,63	3,2
		S_r , мм/ход стола			
4	0,12—0,35	0,014—0,024	0,012—0,020	0,010—0,018	0,011—0,022
6	0,12—0,35	0,011—0,022	0,010—0,019	0,009—0,017	0,009—0,018
8	0,12—0,35	0,009—0,018	0,007—0,015	0,007—0,014	0,007—0,014
10	0,17—0,50	0,009—0,018	0,007—0,015	0,007—0,014	0,007—0,014
12,5	0,17—0,50	0,007—0,014	0,006—0,012	0,006—0,011	0,006—0,011
15	0,17—0,50	0,006—0,011	0,005—0,010	0,004—0,009	0,004—0,008
18	0,17—0,50	0,005—0,009	0,004—0,007	0,004—0,007	0,003—0,007
22	0,17—0,50	0,004—0,007	0,003—0,006	0,003—0,006	0,003—0,006

Скорость вращения детали v_d , мм/мин, до	Припуск П на обработку, мм, до	Приведенная ширина шлифования $B_{пр}$, мм, до			
		32		50	
		Ra , мкм			
		1,25	0,63	3,2	1,25
		S_r , мм/ход стола			
4	0,12—0,35	0,010—0,019	0,009—0,017	0,008—0,018	0,007—0,015
6	0,12—0,35	0,007—0,015	0,007—0,014	0,007—0,014	0,006—0,012
8	0,12—0,35	0,006—0,012	0,006—0,011	0,006—0,011	0,005—0,010
10	0,17—0,50	0,006—0,012	0,006—0,011	0,006—0,011	0,005—0,010
12,5	0,17—0,50	0,005—0,010	0,004—0,009	0,004—0,009	0,004—0,007
15	0,17—0,50	0,004—0,007	0,003—0,007	0,003—0,007	0,003—0,006
18	0,17—0,50	0,003—0,006	0,003—0,006	0,003—0,006	0,002—0,005
22	0,17—0,50	0,002—0,005	0,002—0,004	0,002—0,004	0,002—0,004

Продолжение табл. 24.

Скорость вращения детали v_d , мм/мин, до	Припуск P на обработку, мм, до	Приведенная ширина шлифования $B_{пр}$, мм, до			
		50	80		
		Ra , мкм			
		0,63	3,2	1,25	0,63
		S_p , мм/ход стола			
4	0,12—0,35	0,007—0,014	0,007—0,011	0,006—0,012	0,006—0,011
6	0,12—0,35	0,006—0,011	0,006—0,011	0,005—0,010	0,004—0,009
8	0,12—0,35	0,004—0,009	0,004—0,009	0,004—0,007	0,003—0,007
10	0,17—0,50	0,004—0,009	0,004—0,009	0,004—0,007	0,003—0,006
12,5	0,17—0,50	0,003—0,007	0,003—0,007	0,003—0,006	0,003—0,006
15	0,17—0,50	0,003—0,006	0,002—0,005	0,002—0,004	0,002—0,004
18	0,17—0,50	0,002—0,004	0,002—0,004	0,002—0,004	0,002—0,003
22	0,17—0,50	0,002—0,004	0,002—0,003	0,001—0,003	0,001—0,003

Скорость вращения детали v_d , мм/мин, до	Припуск P на обработку, мм, до	Приведенная ширина шлифования $B_{пр}$, мм, до		
		125		
		Ra , мкм		
		3,2	1,25	0,63
		S_p , мм/ход стола		
4	0,12—0,35	0,006—0,011	0,005—0,010	0,004—0,009
6	0,12—0,35	0,002—0,009	0,002—0,008	0,002—0,007
8	0,12—0,35	0,003—0,007	0,003—0,006	0,003—0,006
10	0,17—0,50	0,003—0,007	0,003—0,006	0,003—0,006
12,5	0,17—0,50	0,003—0,006	0,002—0,005	0,002—0,004
15	0,17—0,50	0,002—0,004	0,002—0,004	0,002—0,003
18	0,17—0,50	0,002—0,003	0,002—0,003	0,001—0,003
22	0,17—0,50	0,001—0,003	0,001—0,002	0,001—0,002

Поправочные коэффициенты

Изменяющиеся параметры	K_1 в зависимости от точности обработки, мм				
	0,02	0,03	0,05	0,08	0,015
Точность обработки	0,90	1,00	1,10	1,25	1,80
	K_2 в зависимости от диаметра круга D_k , мм				
Диаметр и тип круга:	До 330		330—500		Св. 500
	чашечный		1,00		1,20
	сегментный		1,00		1,44

25. Режимы резания при плоском шлифовании периферией круга на станках с прямоугольным столом. Работа с охлаждением

Поперечная подача $S_{\text{поп}}$

Ra , мкм	Приведенная ширина $B_{\text{пр}}$, мм до					
	20	32	40	50	63	80
	$S_{\text{поп}}$, мм/ход стола					
3,2 и грубее	16	26	32	40	50	64
2,5	12	19	24	30	38	48
1,25	8	12,5	16	20	25	32
0,63	3—5	8	10	12,5	16	20

Скорость перемещения стола $v_{\text{ст}}$ и подача на глубину шлифования S_t (напроход)

Материал детали и твердость	Скорость перемещения стола $v_{\text{ст}}$, м/мин, до	Припуск P на обработку, мм, до	Поперечная подача $S_{\text{поп}}$, мм/ход стола, до	
			8	12
			S_t , мм/ход	
Чугуны	5	0,17 0,25 0,35	0,137 0,168 0,210	0,093 0,115 0,140
Стали конструкционные углеродистые и легированные с HRC, до:				
28	6,3	0,17—0,50	0,108—0,210	0,073—0,140
32	8	0,17—0,50	0,085—0,168	0,057—0,113
40	10	0,17—0,50	0,069—0,137	0,045—0,091
48	12,5	0,17—0,50	0,055—0,109	0,036—0,073
56	16	0,17—0,50	0,045—0,087	0,028—0,057
Св. 60	20	0,25—0,70	0,042—0,086	0,028—0,056
Стали коррозионно-стойкие	25	0,25—0,70	0,034—0,067	0,022—0,045

Продолжение табл. 25

Материал детали и твердость	Поперечная подача $S_{\text{поп}}$, мм/ход стола, до			
	18	27	38	55
	S_p , мм/ход			
Чугуны	0,062 0,076 0,095	0,041 0,050 0,063	0,030 0,036 0,045	0,020 0,025 0,031
Стали конструкционные углеродистые и легированные с HRC: до 28	0,048 — 0,097	0,032 — 0,064	0,022 — 0,045	0,015 — 0,031
32	0,038 — 0,076	0,025 — 0,051	0,018 — 0,036	0,011 — 0,025
40	0,031 — 0,060	0,021 — 0,041	0,014 — 0,028	0,009 — 0,020
48	0,024 — 0,048	0,017 — 0,032	0,011 — 0,022	0,008 — 0,015
56	0,018 — 0,038	0,013 — 0,025	0,008 — 0,020	0,006 — 0,013
Св. 60	0,020 — 0,098	0,013 — 0,029	0,008 — 0,018	0,006 — 0,013
Стали коррозионно-стойкие	0,015 — 0,031	0,009 — 0,021	0,007 — 0,014	0,006 — 0,009

Поправочный коэффициент

Материал детали:	K в зависимости от точности обработки, мм			
	0,02	0,03	0,05	0,08
	0,65	0,80	1,00	1,25
стали конструкционные углеродистые	0,29	0,36	0,45	0,56
стали коррозионно-стойкие жаропрочные сплавы	0,10	0,12	0,15	0,19
чугуны и медные сплавы	1,00	1,30	1,60	1,90

резания при плоском шлифовании периферией круга на станках с прямоугольным
высокопрочных сталей (типа 30ХГН2А, 40ХН2МА и 30ХН2МФА). Работа с охлаждением

Поперечная подача $S_{\text{поп}}$

ПКМ	Высота круга H_k , мм до						
	10	20	30	40	50	60	
	$S_{\text{поп}}$, мм/ход						
	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	
	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	
5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	
3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	

Скорость перемещения стола $v_{\text{ст}}$ и подача на глубину S_l

Припуск П на обработку, мм, до	Поперечная подача $S_{\text{поп}}$, мм/ход стола до						
	2	4	6	8	10	12	
	S_l , мм/ход стола (напроход)						
0,10—0,30	0,014—0,035	0,013—0,033	0,012—0,031	0,011—0,029	0,010—0,027	0,010—0,025	0,009—0,023
0,10—0,30	0,013—0,033	0,012—0,031	0,011—0,029	0,010—0,027	0,010—0,025	0,009—0,023	0,008—0,021
0,10—0,35	0,013—0,031	0,012—0,029	0,011—0,027	0,010—0,026	0,009—0,024	0,009—0,022	0,008—0,020
0,10—0,35	0,012—0,030	0,011—0,028	0,010—0,026	0,010—0,024	0,009—0,022	0,009—0,020	0,008—0,019
0,10—0,40	0,012—0,029	0,011—0,027	0,010—0,025	0,009—0,023	0,008—0,021	0,008—0,019	0,007—0,018
0,10—0,45	0,011—0,028	0,010—0,026	0,010—0,024	0,009—0,022	0,008—0,020	0,007—0,018	0,006—0,017
0,10—0,50	0,010—0,027	0,009—0,025	0,009—0,023	0,008—0,021	0,007—0,019	0,006—0,017	0,005—0,016

Поправочный коэффициент на глубину

обработки	0,020	0,032	0,050	До 0,070
.	0,95	1,00	1,05	1,20

числения. При работе с охлаждением: $K_{v_d} = 1,0$; $K_{S_l} = 1,3$; $K_{S_{\text{поп}}} = 1,2$.

ы резания при плоском шлифовании периферией круга на станках с прямоугольным столом
ых сплавов. Работа с охлаждением

Поперечная подача $S_{\text{поп}}$

Ra , мкм	Высота круга H_k , мм до					
	20	32	40	50	63	
	$S_{\text{поп}}$, мм/ход					
3,2	4	6	8	10	13	
2,5	3	5	7	8	11	
1,25	2,5	4	5	6	7	
0,63	2	3	4	5	6	

Скорость перемещения стола $v_{\text{ст}}$ и подача на глубину S_r

Припуск P на обработ- ку, мм, до	Поперечная подача $S_{\text{поп}}$, мм/ход стола (напроход)					
	3	5	8	10	12	15
	S_r , мм/ход стола (напроход)					
0,10—0,30	0,015—0,033	0,014—0,032	0,013—0,031	0,012—0,029	0,011—0,026	0,010—0,023
0,10—0,30	0,014—0,031	0,014—0,031	0,012—0,028	0,011—0,026	0,010—0,023	0,009—0,020
0,10—0,35	0,013—0,030	0,013—0,030	0,016—0,025	0,010—0,021	0,009—0,017	0,008—0,014
0,10—0,40	0,012—0,028	0,012—0,028	0,013—0,023	0,010—0,021	0,009—0,017	0,008—0,014
0,10—0,40	0,011—0,026	0,011—0,026	0,010—0,020	0,009—0,017	0,008—0,014	0,007—0,012
0,10—0,45	0,010—0,022	0,010—0,022	0,009—0,016	0,008—0,013	0,007—0,010	0,006—0,009
0,10—0,50	0,010—0,018	0,010—0,018	0,008—0,013	0,007—0,011	0,006—0,009	0,005—0,007

Поправочный коэффициент K на вертикальную подачу

обработки	0,020	0,032	0,050
.	0,900	1,000	1,100

28. Режимы резания для плоского шлифования направляющих станин станков эльборовыми кругами (относительная концентрация 100)

Материал детали	Твердость материала	Снимаемый припуск, мм	Характеристика круга	
			Тип и размеры, мм	Зернистость
Чугун СЧ 20	HB 175–185	0,03–0,06	11A2 150 × 32 × 5	ЛО160/125
		0,05–0,12		
	HRC 40–50	0,032–0,050	11A2 125 × 32 × 5	
	HRC 35–40	0,03–0,05	11A2 150 × 32 × 5	
Сталь 40X	HRC 59	0,015–0,065	11A2 150 × 32 × 10	ЛО125/100
Чугун СЧ 20	—	0,05	11A2 150 × 32 × 10	
Материал детали	Твердость материала	Снимаемый припуск, мм	Характеристика круга	Режимы шлифования
			Связка	Скорость вращения круга, м/с
Чугун СЧ 20	HB 175–185	0,03–0,06	B2-01	23
		0,05–0,12	B1-02	23
	HRC 40–50	0,032–0,050	B2-01, B1-02	19–20
	HRC 35–40	0,03–0,05	B2-01, B1-02	22
Сталь 40X	HRC 59	0,015–0,065	B2-01	47
Чугун СЧ 20	—	0,05	B2-01	21

Продолжение табл. 28

Материал детали	Твердость материала	Снимаемый припуск, мм	Режимы шлифования	
			Продольная подача стола, м/мин	Подача на глубину, мм/дв.ход
Чугун СЧ 20	HB 175–185	0,03–0,06	3–6	0,010
		0,05–0,12	5–6	0,015–0,020
	HRC 40–50	0,032–0,050	3,5–5,5	0,005–0,010
	HRC 35–40	0,03–0,05	6,0	0,01
Сталь 40X	HRC 59	0,015–0,065	2	0,005
Чугун СЧ 20	—	0,05	0,9	0,005

29. Режимы резания и припуски для плоского шлифования базовых и корпусных деталей эльборовыми кругами (марки ЛО или ЛП, зернистостью 125/100* или 200/165, на связке В2-01 или В1-02)

Припуск Π на обработку, мм	Скорость вращения круга v_k , м/с	Продольная подача $S_{пр}$, м/мин	Поперечная подача $S_{поп}$ на глубину, мм/дв.ход
0,02	20–35	3–5	0,005
0,03	20–25	5–7	0,005–0,010
0,05	30–45	5–10	

* Относительная концентрация эльбора в круге – 100.

Примечание. Выхаживание (шлифование без поперечной подачи) проводят при $v_k = 20 \div 35$ м/с и $S_{пр} = 1,0 \div 1,5$ м/мин.

30. Параметры процесса шлифования эльборовыми кругами в зависимости от режимов резания

Режим шлифования	Параметры процесса		
	Ra , мкм	Относительный расход эльбора, мг/г	Эффективная мощность, Вт
Скорость вращения круга, м/с: 15 23 32 45	0,49	0,32	250
	0,43	0,22	260
	0,37	0,20	480
	0,28	0,18	870
Поперечная подача, мм/дв.ход ¹ : 0,005 0,010 0,015 0,020	0,43	0,23	400
	0,80	0,74	730
	0,82	0,92	800
	0,87	6,4	1600

¹ Продольная подача 1 м/мин; скорость вращения круга 23 м/с; характеристика круга 11A2 150 × 32 × 5 ЛО 160/125 – Б1 – 100.

5. ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Характеристика кругов, применяемых при профильном шлифовании деталей из различных материалов, приведена в табл. 31. К процессам профильного шлифования относят резьбо- и зубошлифование.

Резьбошлифование применяют для изготовления резьбонарезного инструмента (метчиков, гребенок, плашек и др.), резьбовых калибров, ходовых винтов, червяков, накатных роликов. Резьбу шлифуют одно- и многопрофильными кругами по предварительно изготовленному профилю или на полную высоту профиля без предварительной обработки.

Рекомендации по выбору шлифовальных кругов для резьбошлифования приведены в табл. 32.

Абразивные круги, применяемые для резбошлифования, должны обладать высокой размерной стойкостью, что необходимо для достижения заданных допусков по точности шага, среднему диаметру и углу профиля резьбы. Чем меньше шаг шлифуемой резьбы, тем труднее обеспечить эти требования. Особенно большие трудности возникают при шлифовании метчиков с шагом резьбы менее 1 мм, у которых радиус закругления впадины не превышает 0,1 мм.

Резьбу с шагом до 1 мм рекомендуется шлифовать кругами из эльбора на керамической связке за один-два хода, а с шагом 1 мм и более — за один ход после накатывания и термической обработки или предварительного шлифования многопрофильными абразивными кругами.

Для резбошлифования метчиков, резбовых калибров, гребенок, накатных роликов и т. п. наиболее рациональными являются однопрофильные эльборовые круги на керамической связке характеристик: Л2П60° 350 × 8 × 160, 400 × 10 × 203, 450 × 10 × 229 и 500 × 13 × 305. Зернистость и твердость кругов выбирают в зависимости от шага шлифуемой резьбы.

Шаг резьбы, мм	Зернистость	Твердость
0,5—0,75	ЛМ 28/20—ЛМ 40/28	Т1—Т2
0,8—1,00	ЛМ 63/40—ЛО 50/40	СТ3—Т1
1,0—1,50	ЛО 50/40—ЛО 63/50	СТ3—Т1
1,5 и более	ЛО 63/50—ЛО 80/63	СТ3—Т1

Структура кругов определяется главным образом зернистостью. Так, круги зернистостью ЛМ 28/20—ЛМ 40/28 рекомендуется применять 11-й структуры; зернистостью ЛО 63/40—ЛО 50/40 — 9-й структуры; ЛО 63/50—ЛО 80/63 — 8-й структуры. Относительная концентрация эльбора в объеме эльборсодержащего слоя — 100.

Резбошлифование однопрофильными эльборовыми кругами на керамической связке экономически целесообразно осуществлять только глубинным методом — с небольшой скоростью вращения детали и относительно большими подачами на глубину. Рекомендуемые режимы шлифования: скорость круга 35—42 м/с; скорость вращения детали 0,16—30 м/мин; глубина резания 0,4—0,5 мм (при обдирочном шлифовании) и 0,10—0,15 мм (при чистовом шлифовании). При резбошлифовании эльборовыми кругами на указанных режимах пара-

Характеристики кругов, применяемых при профильном шлифовании

Характеристики обрабатываемых деталей	Материал деталей	Шлифование	Характеристика круга		
			Марка абразива	Твердость	Зернистость
Плоские и цилиндрические детали	Инструментальные стали	Предварительное и чистовое плоское	24А; 14А; 34А	СМ1—СМ2	25—40
		Плоское и круглое узких прорезей и участков с малым радиусом	24А; 34А	С1—СТ1	16—25
		Чистовое плоское и круглое узких прорезей и участков с малым радиусом	24А; 34А	С1—С2	6—16
Углеродистые конструкционные стали	Углеродистые конструкционные стали	Плоское	14А	С2—СТ1	40—60
Инструментальные стали	Инструментальные стали	Круглое	24А; 14А; 34А	СМ2—СТ2	25—40
Профильные детали	Быстрорежущие стали	Предварительное плоское	24А; 34А	СМ1—СМ2	16—25
		Чистовое плоское		СМ1—СТ1	
	Твердые спеченные сплавы	Профильное и плоское	АС4; АС6	Относительная концентрация 100—150	160/120—100/80
			63С	М3—СМ1	16—25
Профильные детали	Быстрорежущие стали	Круглое	24А; 34А	СМ1—СТ1	25—40
			ЛП; ЛД; ЛКВ; ЛОМ; ЛОС	СМ2—СТ1	160/120—63/40
Калиброванные ролики	Легированные конструкционные стали	Круглое	24А; 34А	СМ1	25—40
		Плоское	24А	СМ1—СМ2	40—60
Угловые шлифовальные колеса		Предварительное	14А	М3—СМ1	50—60
		Чистовое	24А; 34А		40—50
Конические шлифовальные колеса		Предварительное бесцентровое одновременно рабочей части и конического хвостовика. Чистовое бесцентровое	14А	СТ1—СТ3	40—50
				СМ2—СТ1	25—40
			ЛО; ЛП; ЛД; ЛКВ	СМ2—СТ1	160/120—63/40

Режимы резания при шлифовании

Характеристики шлифовальных кругов для резьбошлифования

Характеристики шлифовальных кругов	Шлифование	Характеристика кругов при шлифовании резьбы с шагом, мм					
		0,5	0,5—0,9	1,0—1,25	1,5—1,75	2—2,25	
Характеристики шлифовальных кругов HRC	Предварительное	M28HCT1—CT210K	3C2—C110K	4C1 11K	4C1 11K	5CM2 12K	6—1
	Окончательное	M20CT2—CT38K	M28CT2—CT38K	3C2 9K	4C1 9K	5CM2 10K	6—1
Глубинное		ЛМ28/20—40/28CT3—T2, связка К или С10, относительная концентрация 100		ЛО или ЛП50/40—80/63 T1—T2, связка относительная концентрация 100			

Замечания: 1. Абразивный материал марки 63С — при зернистости св. 3; 23А, 24А — при зернистости 3; при обработке деталей из незакаленной стали круг выбирают по твердости на одну степень выше, а при обработке быстрорежущей стали — на одну степень ниже.
 Профильные круги принимают по твердости на одну степень ниже.
 На органических связках рекомендуется твердость CT3—T1.

метр шероховатости обработанной поверхности $Ra = 0,16 \div 0,32$ мкм. Резьба, шлифуемая эльборовыми кругами, имеет правильный профиль и высокую точность по допуску на средний диаметр, допуску на угол профиля; прижоги отсутствуют полностью.

Метчики, шлифованные эльборовыми кругами, сохраняют высокую твердость (HRC 65—67) режущих поверхностей; стойкость их увеличивается в 1,5—3 раза по сравнению с метчиками, шлифованными кругами из обычных абразивов. Применение резбошлифовальных эльборовых кругов на керамической связке повышает производительность обработки в 2—4 раза в зависимости от шага резьбы и материала метчиков.

Шлифование однопрофильными кругами из эльбора позволило сократить число правок круга по сравнению с однопрофильными электрокорундовыми кругами в 5—6 раз, а шлифование многопрофильными кругами из эльбора — в 3 раза по сравнению с электрокорундовыми многопрофильными кругами.

Процесс многопрофильного резбошлифования наиболее прогрессивен и высокопроизводителен по сравнению с однопрофильным. Число впадин профиля на заборной части многопрофильного круга следует выбирать с таким расчетом, чтобы глубина резания, приходящаяся на одну впадину профиля, составляла 0,1 мм. На калибрующей части круга должно быть не менее трех-четырех впадин профиля.

Припуск на шлифование составляет 0,4—0,5 мм на диаметр для накатанных метчиков и 0,2—0,3 мм для предварительно шлифованных метчиков.

Припуски на шлифование резьбы одно- и многопрофильными кругами даны в табл. 33 и 34. Операции (переходы) при шлифовании однопрофильными кругами приведены в табл. 35.

Режимы резания при шлифовании резьбы однопрофильным кругом на станках с автоматической подачей приведены в табл. 36.

Режимы резания при шлифовании резьбы многопрофильным кругом методом продольной подачи приведены в табл. 37, а методом врезания — в табл. 38.

В табл. 39 приведены режимы шлифования метчиков из быстрорежущей стали Р9К5 кругами из эльбора.

Достижимая точность шага и профиля резьбы, а также производительность обработки зависят от качества правки круга. Правка резбошлифовальных кругов из эльбора на керамиче-

ской связке осуществляется с помощью имеющегося на станке приспособления алмазными карандашами типа 04, причем с уменьшением зернистости круга уменьшается зернистость правящего карандаша. Для исключения возможности появления сколов на острой кромке круга правку необходимо осуществлять так, чтобы при продольном ходе карандаши полностью не выходили за пределы рабочей поверхности круга.

33. Припуски (в мм) на шлифование резьбы однопрофильным кругом, мм

Шаг P резьбы, мм	Высота профиля резьбы, мм	Резьбонарезание		
		в одну операцию	в две операции	в две операции после предварительного нарезания резьбы
0,5	0,270	0,270	0,17—0,20	0,07—0,10
0,75	0,406	0,406	0,26—0,31	0,10—0,15
1	0,541	0,540	0,34—0,44	0,10—0,20
1,25	0,676	0,676	0,47—0,57	0,10—0,20
1,5	0,812	0,812	0,61—0,71	0,10—0,20
2	1,082	—	0,88—0,93	0,20—0,25
4	2,165	—	—	0,25—0,30
6	3,246	—	—	0,30—0,35

Примечание. Меньшие значения припусков для окончательного шлифования принимают для меньших диаметров, а большие — для больших диаметров шлифуемой резьбы.

34. Припуски (в мм) на шлифование резьбы многопрофильным кругом

Операция	Шаг резьбы, мм	Диаметр резьбы d_0 , мм					
		6	9	16	30	52	120
Предварительное резьбонарезание	0,5	0,20	0,20	0,17	0,17	—	—
	0,75	0,31	0,31	0,31	0,31	0,25	—
	1	0,44	0,44	0,44	0,44	0,39	0,34
	1,25	—	0,57	0,47	—	—	—
	1,5	—	—	0,71	0,66	0,66	0,61
	2	—	—	0,93	0,93	0,88	0,88
	2,5	—	—	—	1,20	1,15	—
Предварительное шлифование после нарезания резьбы	2,5	—	—	—	0,03	0,35	0,45
	3	—	—	—	0,03	0,35	0,45
	4	—	—	—	0,035	0,40	0,45
	5	—	—	—	—	0,45	—
	6	—	—	—	—	—	0,50

35. Операции (переходы) при шлифовании однопрофильными кругами

Шаг резьбы P , мм	Число операций (переходов)	Шлифование резьбы
0,5—1	1	При резьбонарезании абразивным кругом
1—1,5	2 (предварительная и окончательная)	
1,5—6	1 (окончательная)	После предварительного нарезания эльборовыми кругами

Правку кругов из эльбора осуществляют при рабочей скорости круга. Для чистового шлифования скорость вращения круга при правке должна быть не ниже 30—35 м/с, продольная подача алмазного инструмента 0,03—0,05 м/мин, подача на глубину 0,005—0,01 мм.

При получистовом шлифовании допустимы режимы правки, повышенные на 40—50%.

В качестве СОТС применяются: масло «Индустриальное 20», сульфозфрезол, смесь масла с сульфозфрезолом (например, в пропорции 75 и 25%), эмульсии.

Профилирование и правка многопрофильного резьбошлифовального круга осуществляются выдавливанием на его рабочей поверхности кольцевых канавок, соответствующих профилю резьбы, при взаимном перемещении без скольжения друг относительно друга накатного ролика и круга. Накатной ролик — из твердого спеченного сплава (например, марки Т15К6). Ролик имеет косые продольные канавки небольшой глубины, расположенные с неравномерным шагом по окружности, что способствует удалению из зоны правки частиц связки и зерен.

Рекомендуемые режимы профилирования эльборового многопрофильного круга приведены в табл. 40.

Наружная поверхность многопрофильного круга, предназначенного для шлифования резьбы с продольной подачей на проход, правится алмазными карандашами типа 04.

Зубошлифование. Характеристики шлифовальных кругов, применяемых при зубошлифовании цилиндрических и конических колес, приведены в табл. 41. В табл. 42 даны припуски, назначаемые на зубошлифование.

Режимы резания при шлифовании

Режимы резания при шлифовании резьбы однопрофильным кругом на станках с автоматическим охлаждением

Шаг резьбы, мм	Частота вращения детали n_d , мин ⁻¹												
	209	186	166	147	130	116	105	92	82	72	64	57	51
209	166	147	130	116	103	92	82	72	64	57	51	45	40
140	116	103	92	82	72	64	57	51	45	40	36	32	28
103	92	82	72	64	57	51	45	40	36	32	28	25	22
92	82	72	64	57	51	45	40	36	32	28	25	22	

Поправочный коэффициент на частоту вращения детали

детали	Стали конструкционные закаленные	Быстрорежущие стали		Стали жаропрочные коррозионно-стойкие
		P18	P9	
коэффициент K	1,2	1,0	0,8	0,5

Замечание. Частота вращения устанавливается на глубине резания для первого хода

Профильное шлифование

ы резания при шлифовании резьбы многопрофильным кругом методом продольной подачи

П от-	Частота вращения детали n_d , мин ⁻¹																			
	194	172	153	136	121	107	96	85	75	67	60	53	47	42	37	33	29	26	23	20
	194	172	153	136	121	107	96	85	75	67	60	53	47	42	37	33	29	26	23	20
	153	136	121	107	96	85	75	67	60	53	47	42	37	33	29	26	23	20	18	16
	121	107	96	85	75	67	60	53	47	42	29	33	29	26	23	20	18	16	14	15
	96	85	75	67	60	53	47	42	37	33	29	26	23	20	18	16	14	13	11	10
	75	67	60	53	47	42	37	33	29	26	23	20	18	16	14	13	11	10	9,0	8,0
	60	53	47	42	37	33	29	26	23	20	18	16	14	13	11	10	9,0	8,0	7,1	6,3
	47	42	37	33	29	26	23	20	18	16	14	13	11	10	9,0	8,0	7,1	6,3	5,6	5,0
	37	33	29	26	23	20	18	16	14	13	11	10	9,0	8,0	7,1	6,3	5,6	5,0	4,4	3,9
	29	26	23	20	18	16	14	13	11	10	9,0	8,0	7,1	6,3	5,6	5,0	4,4	3,9	3,5	3,1

Поправочный коэффициент K на частоту вращения детали

руга H_k , мм	20	25	32	
коэффициент K	1,0	1,2	1,4	

38. Режимы резания при шлифовании резьбы многопрофильным кругом методом врезания

Припуск P на обработку, мм	Частота вращения детали n_d , мин ⁻¹													
	8,9	7,9	7,0	6,3	5,6	4,9	4,3	3,9	3,4	3,0	2,7	2,4	2,1	1,7
0,2	8,9	7,9	7,0	6,3	5,6	4,9	4,3	3,9	3,4	3,0	2,7	2,4	2,1	1,7
0,25	7,0	6,3	5,6	4,9	4,3	3,9	3,4	3,0	2,7	2,4	2,1	1,9	1,7	1,3
0,32	5,6	4,9	4,3	3,9	3,4	3,0	2,7	2,4	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	1,0
0,40	4,3	3,9	3,4	3,0	2,7	2,4	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,84
0,50	3,4	3,0	2,7	2,4	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,95	0,84	0,75
0,65	2,7	2,4	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,95	0,84	0,75	0,66	0,59
0,80	—	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,95	0,84	0,75	0,66	0,59	0,52	0,47
1,0	—	1,5	1,3	1,2	1,0	0,95	0,84	0,75	0,66	0,59	0,52	0,47	0,41	0,33
1,3	—	1,2	1,0	0,95	0,84	0,75	0,66	0,59	0,52	0,47	0,41	0,37	0,33	0,33

39. Режимы шлифования метчиков из быстрорежущей стали Р9К5 кругами из зльбора

Шаг резьбы P , мм	Припуск P на обработку, мм	Диаметр детали, мм					
		2—5	6—10	12—18	20—27	30—40	42—54
		Частота вращения детали, мин ⁻¹					
0,3	0,167	30—12	10—6	5—3,7	3,1—2,3	2,1—1,6	1,5—1,2
0,4	0,186	29—12	10—6	5—3,7	3,1—2,3	2,1—1,6	1,5—1,2
0,5	0,235	28—11	10—6	4,9—3,6	3,1—2,3	2,1—1,6	1,5—1,2
0,7	0,379	27—11	9—6	4,8—3,5	3,0—2,2	2,0—1,6	1,5—1,2
0,8	0,493	25—10	9—6	4,7—3,4	3,0—2,2	2,0—1,5	1,4—1,2
1,0	0,609	—	9—5	4,6—3,3	2,9—2,1	2,0—1,6	1,4—1,1
1,25	0,764	—	8—5	4,5—3,3	2,9—2,1	1,9—1,5	1,4—1,1
1,5	0,920	—	8—5	4,5—3,2	2,8—2,0	1,9—1,5	1,3—1,1
1,75	1,073	—	—	4,4—3,2	2,7—2,0	1,9—1,4	1,3—1,1
2,0	1,224	—	—	4,4—3,1	2,7—2,0	1,8—1,4	1,3—1,0
2,5	1,524	—	—	4,3—3,0	2,6—1,9	1,8—1,4	1,3—1,0
3,0	1,624	—	—	—	2,5—1,9	1,8—1,3	1,2—1,0
4,0	2,160	—	—	—	—	1,7—1,3	1,2—0,9
5,0	2,656	—	—	—	—	—	1,2—0,9

Продолжение табл. 39

Шаг резь- бы, P , мм	Припуск Π на об- работку, мм	Диаметр детали, мм			Чис- ло хо- дов	Глубина шлифова- ния на ход, мм	
		56—70	72—84	86—100		t_1	t_2
		Частота вращения детали, мин ⁻¹					
0,3	0,167	1,2—0,9	0,9—0,7	0,7—0,6	2	0,117	0,050
0,4	0,186	1,2—0,9	0,9—0,7	0,7—0,6	2	0,136	0,050
0,5	0,235	1,2—0,9	0,9—0,7	0,7—0,6	2	0,185	0,050
0,7	0,379	1,2—0,9	0,9—0,7	0,7—0,6	2	0,329	0,050
0,8	0,493	1,2—0,9	0,9—0,7	0,7—0,6	2	0,443	0,050
1,0	0,609	1,1—0,8	0,9—0,7	0,7—0,6	3	0,300	0,259
1,25	0,764	1,1—0,8	0,8—0,7	0,7—0,6	3	0,400	0,314
1,5	0,920	1,1—0,8	0,8—0,7	0,7—0,6	3	0,450	0,420
1,75	1,073	1,1—0,8	0,8—0,7	0,7—0,6	4	0,400	0,400
2,0	1,224	1,0—0,8	0,8—0,6	0,6—0,5	4	0,450	0,450
2,5	1,524	1,0—0,7	0,7—0,6	0,6—0,5	5	0,450	0,450
3,0	1,624	1,0—0,7	0,7—0,6	0,6—0,5	5	0,450	0,450
4,0	2,160	0,9—0,7	0,7—0,6	0,6—0,5	6	0,450	0,450
5,0	2,656	0,9—0,7	0,7—0,6	0,6—0,5	8	0,450	0,450

Шаг резь- бы P , мм	Припуск Π на об- работку, мм	Глубина шлифования на ход, мм				
		t_3	t_4	t_5	t_6	t_7
0,3	0,167	—	—	—	—	—
0,4	0,186	—	—	—	—	—
0,5	0,235	—	—	—	—	—
0,7	0,379	—	—	—	—	—
0,8	0,493	—	—	—	—	—
1,0	0,609	0,050	—	—	—	—
1,25	0,764	0,050	—	—	—	—
1,5	0,920	0,060	—	—	—	—
1,75	1,073	0,223	0,050	—	—	—
2,0	1,224	0,274	0,050	—	—	—
2,5	1,524	0,400	0,174	0,050	—	—
3,0	1,624	0,400	0,274	0,050	—	—
4,0	2,160	0,400	0,310	0,050	—	—
5,0	2,656	0,400	0,400	0,300	0,206	0,050

Примечание. Скорость вращения круга $v_k = 35 \div 42$ м/с.

40. Рекомендуемые режимы профилирования эльборового многопрофильного круга

Параметры профилирования	Циклы обработки	
	Начальный	Окончательный
Скорость профилирования, м/мин	0,8—2,0	
Число врезаний	17	8
Глубина единичного врезания, мм	0,05	0,025
Время, мин: одного выхода профилирования	34	16

41. Характеристика кругов, рекомендуемых для зубошлифования

Тип круга	Модуль шлифующего колеса, мм	Марка абразивного материала	Характеристика круга				Модель станка
			Зернистость	Твердость	Структура	Связка	
ПП	0,2—0,4 0,5—0,8 1,0—1,75 2—4 5—6 7—8	24A	3—8 6—12 10—16 12—20 16—25 20—32	CM2 CM2 CM2—CM1 CM1—M3 CM1—M3 C3	8	K7	5B830, 5B833, 5D833, 5B836
2П	1—3 3—5 5—12	24A	16—25 25—32 32—40	CM2—CM1 CM1 M3—M2	8	K7	5A841, 5M841, 5843, 5A868, 5A868Д
3П	1—16	24A	25	CM1	8	K7	5A893C, 5851, 5A851, 5853, 5891C
Т	2—4 4—8 8—12		12—16 16—25 25—40	CM2 CM1 M3—M2			
2Т 2П	1—8 0,3—3	24A 63C	16—25 6—16	M3—CM2 M3—T2	7—8 7—8	К К, Б	5870В, 587В
ЧЦ	10	24A	16—40	M3—C1	7—8	Б	5A870В,
ЧК	10	24A	16—40	M3—C1	7—8	В	5A872В, 5878С

Продолжение табл. 41

Тип круга	Модуль шлифуемого колеса, мм	Марка абразивного материала	Характеристика круга				Модель станка
			Зернистость	Твердость	Структура	Связка	
12A2 (ЛТ)	4—10	ЛО	200/160	—	—	Б1,	5851, 5М841
12V9 (Л4Т)	4—10	ЛП	315/250	—	—	КБ,	
		Л, ЛП	160/125, 200/160	СМ1-С2	7—8	К	

Примечание. Относительная концентрация кругов из эльбора на связках КБ и К — 100, на связке Б1 — 150.

42. Припуски (в мм) на зубошлифование

Модуль, мм	Диаметр колеса, мм				
	До 100	100—200	200—500	500—800	Св. 800

Припуск на толщину зуба, мм

До 3	0,15—0,20	0,15—0,25	0,18—0,30	—	—
3—5	0,18—0,25	0,18—0,30	0,20—0,35	0,25—0,45	0,30—0,50
5—10	0,25—0,40	0,30—0,50	0,35—0,60	0,40—0,70	0,50—0,80
10—20	0,35—0,50	0,40—0,60	0,50—0,70	0,50—0,70	0,60—0,80

Допуск припуска на толщину зуба (в тело), мм

3—20	0,07	0,10	0,12	0,15	0,18
------	------	------	------	------	------

Примечание. Меньшие значения припуска относятся к колесам, имеющим малую склонность к поводке после термической обработки.

Назначение рациональных режимов зубошлифования заключается в выборе глубины шлифования, подачи и скорости обкатки, обеспечивающих наибольшую производительность при высоком качестве поверхности профиля зуба.

Режимы зубошлифования кругами различных типов приведены в табл. 43—46.

43. Режимы зубошлифования при работе коническим кругом

Модуль, мм	Подача при обкатке $S_{обк}$, мм/дв. ход круга, колес с числом зубьев							Подача S_f (мм/ход) на глубину шлифования	
	До 10	20	30	40	50	70	Св. 70	предвари- тельная	оконча- тельная
1,5	0,15	0,25	0,4	0,6	0,75	1,0	1,75	0,05—0,10	0,01—0,02
2	0,2	0,3	0,5	0,75	0,95	1,2	1,45		
4	0,25	0,45	0,75	0,95	1,15	1,75	1,8		
6	0,3	0,65	0,95	1,15	1,35	1,7	2,1		
8	0,45	0,75	1,1	1,35	1,6	1,95	2,35	0,05—0,12	
10	0,55	0,9	1,25	1,55	1,9	2,2	2,6		
12	0,7	1,2	1,6	2,0	2,3	2,55	3,4	0,05—0,15	
16	0,8	1,4	1,85	2,3	2,65	3,0	3,8		
20	0,9	1,55	2,1	2,55	2,95	3,3	4,2		

44. Режимы зубошлифования при работе тарельчатыми кругами

Модуль, мм	Частота обкатки n (обк/мин) шлифовального круга при обработке колес диаметром, мм							Подача S_f (мм/ход) иа глубину шлифования	
	До 30	30— 50	50— 100	100— 150	150— 200	200— 300	Св. 300	Пред- вари- тельная	Окон- чатель- ная
До 3	300	240	240	220	220	220	200	0,04 — 0,08	0,01 — 0,02
4	—	240	200	220	220	200	180		
5	—	—	200	200	180	180	160		
6	—	—	200	180	160	130	130		
8	—	—	160	130	130	130	130	0,05 — 0,12	
Св. 8	—	—	160	130	120	120	100		

Модуль, мм	Подача при обкатке $S_{обк}$, мм/ход круга, колес с числом зубьев							Продольная подача $S_{пр}$, мм/ход	
	10	20	30	40	50	70	Св. 70	Пред- вари- тельная	Окон- чатель- ная
До 4	0,4	0,7	0,9	1,15	1,35	1,6	1,8	3,7—4,7	1,1—1,3
6	0,5	0,85	1,15	1,35	1,6	1,8	2,4		
8	0,55	0,95	1,3	1,6	1,85	2,1	2,8		
Св. 10	0,65	1,1	1,45	1,8	2,1	2,3	3,1		

45. Режимы зубошлифования при работе плоским кругом

Мо- дуль, мм	Подача S_f , мм/ход, на глубину шлифования		Подача $S_{обк}$, мм/дв. ход, при числе зубьев					
	Предвари- тельная	Оконча- тельная	10	20	30	40	50	70
До 4	0,02—0,03	0,01—	40	70	90	115	135	160
5—8	0,03—0,035	0,02	55	95	130	160	185	210
Св. 8	0,03—0,09		65	110	145	180	210	230

46. Режимы зубошлифования прямозубых зубчатых колес эльборовыми кругами

Характеристика круга	Режим резания	Предвари- тельные ходы	Чистовые ходы
12A2 ЛО 160/125 Б1—100	Скорость вра- щения круга, м/с	28—30	28—30
	Подача на глу- бину шлифова- ния, мм/ход	0,02—0,03	0,01
	Продольная по- дача, мм/мин	До 300	100
	Число качаний стола в минуту	125	90—125

6. ШЛИФОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ

В табл. 47 и 48 приведены рекомендуемые режимы обработки инструментов из твердых сплавов алмазными кругами и при электрохимической обработке.

Характеристика кругов и режимы резания при шлифовании канавок и спинок у сверл из быстрорежущих сталей приведены в табл. 49.

ал	Характеристика круга			Напря- жение тока, В	Плот- ность тока, А/см ²	Ско- рость враще- ния кру- га, м/с	Контакт- ное дав- ление, кПа	Про- должная подача, м/мин
	Тип	Алмазный порошок	Связка					
сплав, лав со	12A2 6A2	AC6 200/160 – – 160/125 AC4 125/100 – – 100/80	Металлическая повышенной про- изводительности	6–8 6–8	80–100 80–100	25–30 25–30	500–1000	–
ав, лав со магнит- енные мные	12A2	AC15 200/160 – – 160/125 AC6 125/100 – – 100/80	Металлическая повышенной стойкости	6–8 6–8	60–80 60–80	25–30 25–30		
		AC4 125/100 – – 80/63	Органическая то- копроводная	4–6	50–80	20–25		
сплав, лав со	12A2	AC6 200/160 – – 160/125	Металлическая повышенной про- изводительности	6–8	80–100	25–30	–	0,3–1,0
		AC4 125/100 – – 100/80	Металлическая повышенной стой- кости	6–8	80–100	25–30		0,5–1,0
		AC15 200/160 – – 160/125		6–8	60–80	25–30		0,2–0,4
		AC6 125/100 – – 100/80		6–8	60–80	25–30		0,2–0,4
сплав, лав со опроч- енные, нитные		AC2 160/125 – – 100/80	Органическая то- копроводная	4–6	50–80	20–25		0,2–0,4
сплав, лав со опроч- мные	1A1	AC6 200/160 – – 125/100 AC4 100/80 – – 80/63	Металлическая повышенной про- изводительности	6–8	80–100	25–30	–	0,5–3,0
сплав, лав со		AC15 200/160 – – 125/100 AC6 100/80 – – 80/63	Металлическая повышенной стой- кости	6–8				0,5–1,0
сплав, лав со итные, е и е		AC4 160/125 – – 100/80	Органическая то- копроводная	4–6				

мендуемый электролит для обработки твердых сплавов и сталей – «ЭНИМС-1», состав (г/л): Na
20. В остальных случаях применяются специальные электролиты.

48. Рекомендуемые режимы обработки инструментов из твердых сплавов алмазными кругами

Обработка	Характеристика круга	
	Тип	Связка
Шлифование: плоское	1A1	M1-01; M1-02
		M2-01; M2-02; M2-05; M2-04Э
		B1-03; B1-01
круглое: наружное	1A1	M1-01; M1-02; M2-01; M2-02
		B2-01; B1-01
внутреннее	1A1	M2-01; M2-02; B2-01; B1-01
профильное врезное	1EE1X, 14EE1X Спецкруги	M2-01; M2-02; M4 (гальваническая) B2-01; B1-01
Затачивание твердосплавного инструмента	12A2	M1-01; M1-02
		B1-02; B1-10; B1-01
То же в режиме глубинного шлифования	12A2, 6A2, 11V9	M1-01; M1-02
То же совместно со стальным корпусом	12A2	K1-01
Чистовое затачивание и доводка твердосплавного инструмента	12A2, 6A2, 11V9, 12V5, 12R4, 12D9	B2-01; B1-02; B1-01; B1-10

Продолжение табл. 48

Обработка	Характеристика круга	Припуск P на обработку, мм
	Алмазный порошок	
Шлифование: плоское	АС6 (АС4) 200/160—125/80	0,1—0,3
	АС6 (АС4) 100/80—80/63	0,1—0,2
	АС6 (АС4) 63/50—50/40	0,05—0,1
	АС6 (АС15) 200/160—100/80 или 100/80—80/63 63/50—50/40	0,1—0,2 0,1—0,2 0,05—0,1
	АС4 200/160—100/80 или 80/63—50/40 АС4 (АС2) 63/50—50/40	0,1—0,2 0,1—0,2 0,05—0,1
	круглое: наружное	АС6 200/160—100/80 100/80—80/63 0,1—0,2 0,1—0,2
	внутреннее	АС4 160/100—80/63 63/50—50/40 0,05—0,1 0,05—0,1
профильное врезное	АС6 160/125—80/63 АС4 100/80—50/40	0,1—0,2 0,05—0,1
	АС6 125/100—80/63 АС4 125/100—63/50	0,1—0,2 0,05—0,2
Затачивание твердо- сплавного инструмента	АС6 (АС4) 160/125—100/80 или 80/63—63/50	0,2—0,5 0,2—0,3
	АС4 125/100—100/80 или 80/63—50/40	0,1—0,2
То же в режиме глубин- ного шлифования	АС6 200/160—100/80	0,5—1,0
То же совместно со стальным корпусом	АС6 (АС4) 160/125—80/63	0,2—0,4
Чистовое затачивание и доводка твердосплавно- го инструмента	АС4 (АС0) 100/80—63/50 или 63/50—50/40	0,1—0,2 0,05—0,1
	АСМ 50/40—28/20	0,1—0,05

Продолжение табл. 48

Обработка	Скорость вращения		Подача стола		Глубина шлифования, мм
	круга, м/с	детали, м/мин	продольная, м/мин	поперечная, мм/ход	
Шлифование: плоское	20—35	—	5—15	1,0—2,0	0,03—0,05
			5—15	1,0—2,0	0,02—0,03
			5—10	0,5—1,0	0,01—0,02
	20—35	—	5—15	1,0—2,0	0,01—0,02
			5—10	0,5—1,0	0,01—0,02
			5—10	0,5—1,0	0,005—0,01
	20—35	—	5—15	1,0—2,0	0,01—0,02
			5—10	0,5—1,0	0,005—0,01
			5—15	0,5—1,0	0,005—0,01
	20—35	20—40	1,0—1,5	—	0,0025—0,005
			0,5—1,5		0,0025—0,005
			0,5—1,0		0,0020—0,003
круглое: наружное	20—35	20—40	0,3—0,5		0,0010—0,002
			0,5—1,5		0,0025—0,005
			0,3—1,0		0,0010—0,002
	10—25	10—30	0,5—1,5	—	0,0025—0,005
внутреннее	10—25	10—30	0,3—1,0	—	0,0010—0,002
			0,3—1,0		0,0010—0,002
профильное врезное	20—30	—	1,0—5,0	—	0,01—0,02
			1,0—5,0		0,01—0,02
Затачивание твердосплавного инструмента	20—30	—	1,0—2,0	—	0,05—0,1
	20—30	—	1,0—2,0	—	0,04—0,06
То же в режиме глубинного шлифования	15—25	—	0,2—0,5	—	0,05—1,0
То же совместно со стальным корпусом	20—35	—	1,5—2,0	—	0,03—0,05
Чистовое затачивание и доводка твердосплавного инструмента	20—30	—	1,0—2,0	—	0,01—0,04
	20—30	—	0,5—1,0	—	0,01—0,02
	20—30	—	0,5—1,0	—	0,005—0,01

49. Характеристика кругов и режимы шлифования канавок и спинок у сверл из быстрорежущих сталей

Характеристика круга					
Тип	Размеры, мм	Марка абра- зива	Зерни- стость	Связка	Относи- тельная концентрация
1А1	150 × 5 × 32 × 5	ЛО, ЛП	125/100— 160/125	B2-01	100
	200 × 8 × 32 × 5		125/100— 160/125	B1-02	
	150 × 6 × 32 × 3		50/40	M2—01	
	200 × 6 × 32 × 3		80/63	TM2; M20	
ПП	350—400 × × 6 × 203 250 × 6 × 75	24А*	12	Вулкани- товая	—

Режимы резания				Модель станка
Тип	Скорость круга, м/с	Подача, мм/мин	Глубина, мм	
1А1	20—30	18—36	0,45	ЗВ642
	20—30	18—26	1,75	
	10—20	36	0,45	
	10—12	18	1,75	
ПП	50—60	600—1000	6	Автоматы 3657 3826
		0,01—0,017	2	

* Допускается применять круги высотой 8 и 10 мм при диаметре 400 мм и высотой 6,8 и 10 мм при диаметре 350 мм.

7. СКОРОСТНОЕ, ОБДИРОЧНОЕ И ГЛУБИННОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Для скоростного, обдирочного и гудбинного шлифования применяют абразивные, алмазные и эльборовые круги.

Круги из электрокорунда марки 24А на серийно выпускаемой связке К5 применяют для шлифования со скоростью резания не выше 60 м/с. Для более высоких скоростей и в случае

применения легированного электрокорунда марок 33А и 37А используют керамическую связку К431, повышающую прочность и износостойкость кругов. Круги из легированного электрокорунда этих марок применяют для обдирочного скоростного шлифования при съеме увеличенных припусков, а круги из электрокорунда марки 24А — при чистовом скоростном шлифовании.

В табл. 50 приведены характеристики кругов, рекомендуемые на операциях круглого наружного шлифования с продольной подачей и методом врезания, бесцентрового и плоского шлифования деталей машин и приборов, а также врезного шлифования колец подшипников.

Для скоростного шлифования применяют абразивные круги, прочность которых существенно выше прочности инструментов, предназначенных для шлифования деталей с обычными (до 35 м/с) скоростями вращения круга. Повышение прочности кругов достигается армированием и упрочнением напряженной части кругов, улучшением их характеристики (выбор оптимальной зернистости, пористости, связки и наполнителей), созданием композиционных кругов и кругов с прерывистой рабочей поверхностью.

Характеристики абразивных, алмазных и эльборовых кругов для скоростного шлифования деталей из различных материалов приведены в табл. 51.

Круги для обдирочного шлифования при скорости вращения 60 и 80 м/с изготавливают на органических связках методом горячего прессования из нормального упрочненного электрокорунда марок 14А, 38А и из спеченного электрокорунда (сфорокорунда); наиболее широко применяют круги из циркониевого электрокорунда. По допускам на размеры они должны отвечать требованиям, предъявляемым к кругам класса А.

Круги не должны иметь трещин и расслоений. Механическая прочность должна обеспечивать их работу при скорости вращения 60 и 80 м/с с силой прижима круга до 10000 Н. Для кругов с рабочей скоростью свыше 60 м/с отношение диаметра посадочного отверстия к наружному диаметру не должно превышать 0,5. Круги изготавливают с упрочняющими элементами (металлическими кольцами) определенных размеров.

Для обдирочного шлифования применяют круги типа ПП, ПН, ПР, ПВ (реже ЧК) диаметром 200—750 мм (круги типа ПН и ПР — диаметром до 1340 мм). Для сохранения постоянной скорости шлифования частота вращения шлифовального

50. Абразивные круги типа ПП для скоростного шлифования

Размеры круга, мм			Характеристика круга			
На- руж- ный диа- метр	Высота	Диаметр поса- дочно- го отвер- стия	Марка электроко- рунда	Зерни- стость	Твердость	Струк- тура
750	50—100	305	24А	40—50	СМ1—С1	6—7
750	130—150	305	24А	40—25	С1—С2	6—7
600	50—63	305	24А	40—25	СМ1—С1	6—7
600	200—250	305	24А	40—25	СМ1—С1	7
500	50	203	24А	25	СМ2	7
500	150 (до 550 в наборе)	305	24А	40—25	СМ1—С1	7
				40—16	СМ1—СМ2	7
400	32—40	203	33А	25	С1—С2	7
500	14—30	203	33А	25	С1—М2	7
350	8	127	24А, 33А, 37А	25—16	СМ1—С1	7
65	14; 30	20	24А, 33А, 37А	8	М3	9
35	25	10	24А, 33А, 37А	12; 16	СМ1—С1	7—8
450	63	203	24А	40—25	М3—СМ1	7—8
400	40	203	24А	40—25	М3—СМ1	7—8
250	40	76	24А	40—25	М3—СМ1	7—8

Примечание. Рекомендуемые диапазоны зернистостей и степеней твердости кругов: 8—25, СМ1—СМ2 (для чистового шлифования) и 8—25, СМ2—С2 (для обдирочного шлифования) соответственно.

шпинделя регулируется в зависимости от износа круга; скорость подачи стола с деталью регулируется в пределах 5—80 м/мин, сила прижима круга к детали — в диапазонах 500—5000 и 5000—10000 Н с точностью $\pm 10\%$.

В табл. 52 приведены размеры и характеристики обдирочных кругов типа ПП, применяемых при шлифовании со скоростью вращения 60 и 80 м/с.

Характеристики кругов и показатели шлифования деталей из стали 12Х18Н10Т и прецизионных (магнитных) сплавов 29НЖ, 79НМ и 50Н приведены в табл. 53.

Обдирочное шлифование обеспечивает точность размеров в пределах 0,01—0,05 мм, отклонение от плоскостности не более 0,05 мм по всей длине детали, параметр шероховатости $Ra = 0,63 \div 2,5$ мкм.

51. Характеристики абразивных, алмазных и эльборовых кругов для скоростного шлифования деталей из различных материалов

Вид шлифования	Материал детали	
Круглое наружное	Сталь	
	ШХ15 (HRC 61–64)	
	30ХГСА (HRC 35–42)	
	18ХНВА (HRC 33–44)	
	45 (HRC 49–51)	
	12Х18Н12Т (HRC 65–75)	
	40ХГНМ (HRC 48–52)	
	Р6М5 (HRC 63–65)	
	Р12Ф4К10М3 (HRC 66–70)	
	20Х23Н13	
Внутреннее	Чугун	
	СЧ 45 (HRC 50–52)	
	СЧ 45 (HRC 50–52)	
	Твердый сплав ВК20	
Круглое наружное		
Бесцентровое		
Плоское		
Вид шлифования	Характеристика шлифовального круга	Скорость вращения круга, м/с
Круглое наружное	24А16–25СМ17К5	70
	24А40С1–СМ27К5	70
	24А40С1–С27К5	70
	24А40М37К5	60
	24А25 СМ17К5	120
	24А25М2–СМ27К5	90
	ЛО16–ЛО25К–100	70
	ЛО16–ЛО25К–100	70
Внутреннее	ЛО8–КБ–100	55
Круглое наружное	24А25М2–СМ27К5	90
Бесцентровое	24А16–40С17К5	60
Плоское	АС125/100–М1–01–100	90

Для различных схем глубинного шлифования могут быть использованы высокопористые круги из белого электрокорунда с повышенным содержанием зерен основной фракции на керамической связке.

Высокая пористость кругов достигается применением наполнителей, выгораемых или выплавляемых при изготовлении кругов.

52. Характеристика кругов для обдирочного шлифования

Размеры круга, мм			Характеристика круга
Наружный диаметр	Высота	Диаметр посадочного отверстия	Вид абразивного материала круга ¹
800; 750	80; 100	305	Электрокорунд циркониевый 38А
600; 630;	50; 63; 78; 80	305 (203)	Электрокорунд нормальный 13А
500	40; 50; 63; 80	203 (305)	Сферокорунд ВТ – ЧТ

¹ Зернистость круга 125 – 200; твердость Вт – ЧТ

53. Характеристика кругов и показатели шлифования деталей из различных сталей в сплавах

Материал детали	Характеристика круга	Показатели шлифования	
		Режущая способность круга, кг/ч	Коэффициент шлифования по массе, кг/кг
Сталь 12Х18Н10Т	14А125ЧТБ (упрочненный нормальный электрокорунд)	137 – 151	12 – 14
	38А200ЧТБ (упрочненный нормальный электрокорунд)	92 – 220	21 – 26
Сплавы 29НК, 79НМ, 50Н	14А160ЧТБ (упрочненный нормальный электрокорунд)	65 – 76	24 – 31
	38А200ЧТБ (циркониевый электрокорунд)	67 – 85	27 – 44

Примечание. Коэффициент шлифования по массе – отношение массы снятого металла к массе израсходованного абразивного материала.

В качестве порообразователей применяют перлит (П), полистирол синтетический (ПСС) и др. Пористый абразивный инструмент имеет полости, необходимые для размещения стружки.

Поры способствуют дополнительному охлаждению, лучшему пропитыванию круга и проникновению СОТС в зону резания. Пористые круги обладают хорошей самозатачиваемостью и меньшей засаливаемостью. Применение пористых кругов уменьшает число зерен на рабочей поверхности круга и силу резания, приходящуюся на одно зерно, облегчает правку и обеспечивает эффективное использование СОТС.

При глубинном профильном шлифовании применяют высокопористые круги на керамической связке следующих характеристик: 24А10 (ВМ1—ВМ2) (10—12) К5/П40—15; 24А10 (ВМ1—ВМ2) (10—12) К5/ПСС25—10 (ВМ1, ВМ2 — степень твердости; 10—12 — структура круга; П40—15, ПСС25—10 — зернистость порообразователей из перлита и полистирола синтетического); абразивные круги из электрокорунда на бакелитовой связке: 24А50СТ18БП (пористые), 24А50СТ16ПБ (прерывистые) с наполнителями (олово, парафин, пирит, медь, калий йодистый).

Перспективными для глубинного шлифования являются алмазные круги из зерен марок АС4, АС6, АС15, АС32, зернистостью 125/100; 160/125, с относительной концентрацией 100 на металлических связках МО13, МО13Э, МО16, МО20, М1-01 (МВ1), М2-04Э (М15) и круги из кубического нитрида бора (эльбора и кубонита) марок ЛП или ЛД на металлических связках МО20, МО16, М1-01 (МВ1).

Для глубинного шлифования инструментальных материалов с повышенными скоростями вращения круга применяют круги на вулканитовой и бакелитовой связках, зернистостью 10—16, твердостью СТ2—Т1, с зерном из белого электрокорунда. Высокую эффективность при шлифовании этих материалов обеспечивают круги 24А10(СТ2—Т1)БЗ и 24А12Т1В. Такие круги обеспечивают высокую стойкость инструмента, отсутствие прижогов, следов дробления.

Глубинное шлифование (0,5 мм/ход и выше) твердого сплава осуществляют алмазными кругами на связке ИМ-1 (на основе полиамидных смол). Стойкость таких кругов по сравнению с кругами на связке из фенолформальдегидных смол выше. Применение алмазных кругов на металлических связках обеспечивает высокопроизводительное глубинное шлифование режущего инструмента. Заточку и шлифование проводят кругами из алмазов марок А6 и АС15 с глубиной резания до 5 мм и скоростью вращения детали 0,0015—0,0025 м/мин.

В табл. 54—56 приведены режимы скоростного, обдирочного и глубинного шлифования.

Скоростное, обдирочное и глубинное шлифование

рекомендуемые режимы шлифования при скорости вращения круга 60 м/с

Типы шлифовальных кругов	Типовые детали	Материал детали — сталь	Скорость детали, м/мин	Подача, м/мин	
				черновая	чистовая
торцешлифовальный	Валы, оси, втулки, диски, кольца, детали сложной формы	45, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 18ХГТ, 30ХГТ, 12ХН3А, 15ХГН2ТА, 25ХГМ, 20Х2Н4А	110	0,6—3,0	0,15—0,40
цилиндрическо-шлифовальный	Втулки, диски, кольца,		60	0,5—1,2	0,06—0,16
осевое шлифование	Пальцы, клапаны, кольца подшипников	45, 12ХН2, ШХ15	65	—	—

Режимы резания при шлифовании

Режимы обдирочного шлифования чугуна торцом круга

Глубина шлифова- ния, мм	Осевая сила, Н				Допустимая подача детали, мм/мин				Мощность шлиф	
	Скорость круга, м/с									
	30	40	30	60	30	40	50	60	30	40
5	720	670	900	900	3000	3000	5000	6000	38	36
10	1050	1000	1000	1170	1500	1500	2500	3000	38	34
15	1520	1380	1380	1500	1000	1000	1500	2000	38	35
5	1660	1550	1900	1900	1500	1500	2500	3000	38	36
10	2400	2300	2500	2450	750	750	1250	1500	38	34
15	3450	3150	3150	3150	500	500	750	1000	38	35
5	2600	2500	2500	2700	1000	1000	1750	1750	38	36
10	3800	3700	3800	3900	500	500	1000	1000	38	36
15	5100	5000	4600	5400	200	200	500	750	28	27
5	4400	4300	4100	4000	750	750	1750	1500	38	37
10	5900	5800	5600	5500	500	500	750	750	41	40
15	7300	7100	7100	7000	250	250	500	500	37	36
5	6400	6200	5500	5800	750	750	1000	1250	43	42
10	8800	8600	8600	8100	500	500	750	750	48	47
15	11 000	10 800	10 800	10 800	250	250	500	500	42	41

Скоростное, обдирочное и глубинное шлифование

Шлифование при глубинном шлифовании труднообрабатываемых материалов

Шлифование	Материал детали	Характеристика круга					Режимы резания		
		Марка абразива	Зернистость	Твердость	Структура	Связка	Скорость круга v_k , м/с	Скорость детали v_d , м/мин	Поперечная подача $S_{поп}$, мм/дв. ход
Шлифование с двухпроходное с поперечной подачей	ЖС6К	24А	40—50	СТ	6	ПБ	55—60	18—24	0,6
	ЭИ857	24А	40-Н	СМ1	7	К5	35	18	0,8
	ХН77ТЮР	24А	40-П	СМ1	7	К5	28	15	0,7
Шлифование с однопроходное по профилю	ЖС6К	24А	10-Н	ВМ1—ВМ2	10	К5	25—30	69,6	—
	ХН73МБТЮ	24А	10-Н	ВМ2	10	К5	30	0,5	—
Шлифование с наружное более за два прохода	18ХГТ	24А	25	СМ2	6	К5	30	17	—
	ЖС6К	24А	10-П	ВМ1—ВМ2	12	К5	35	0,5—1,0	—
Шлифование с	ГПИ-74МВ	АС4	125/100	100	—	МО4	32—40	22,0	Продольная 5,0 м/мин
Шлифование с	ВК6	АС4	125/100	100	—	МО4	30—40	15—25	Продольная 1,5—2 м/мин

Основные показатели скоростного шлифования по сравнению с обычным шлифованием приведены в табл. 57.

57. Показатели скоростного шлифования

Параметр	Скорость вращения круга, м/с		
	25—35	45	60
Стойкость круга, мин	1	1,5	2,0
Высота микроиерогностей, мм	1	0,8	0,5
Время, мин:			
выхаживания	1	0,8	0,6
правки	1	0,7	0,5
Удельная мощность, кВт/мм	0,15	0,35	0,75
Давление рабочей жидкости, МПа	0,05—0,1	0,2—0,3	0,4—1,0
Расход рабочей жидкости, л/мин	1	1,5—2,5	2,5—6
Скорость вращения детали, м/мин	1	1,5—2	2—2,5
Объемная режущая способность, мм ³ /(мм·мин), при шлифовании:			
получистовом и чистовом	30—150	60—300	150—750
обдирочном и предварительном	60—300	120—600	400—2400

8. ШЛИФОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ

Для шлифования применяют пневматические машины. Рекомендуемые характеристики абразивных головок, используемых при шлифовании пневматическими машинами: абразивный материал — электрокорунд 24А, монокорунд 44А и карбид кремния зеленый 63С зернистостью 16—40, твердостью СМ1—СМ2; структура 6—8.

Размеры шлифовальных головок (или кругов) к пневматическим машинам при шлифовании деталей из стали 30ХГН2А приведены в табл. 58, а из титановых сплавов — в табл. 59.

Процесс шлифования может состоять из двух операций (предварительной и окончательной). Припуск под окончательное шлифование должен быть не менее 0,1 мм.

58. Диаметр (в мм) шлифовальных головок (или кругов) к пневмомашинам при шлифовании деталей из стали 30ХГН2А

Модель пневмошли- фовальной машины	Техническая характери- стика машины		Марка абразивного материала			
			24А		44А	
	Мощ- ность N, кВт	Частота вращения круга n_k , мин ⁻¹	Шлифование			
			плоское	врезное	плоское	врезное
ПМ-33-25	1,18	2500	150	80	200	125
ШР-2	1,03	4500	125	40	125	80
ИП-2203	1,3	4800		63	100	
ИП-2201, ИП-2001, ШР-06-М	1,25	6000	80	125	80	63
ИП-2002	0,73	8000	40	32	63	
ИП-2013	0,4	9000		25	40	32
ИП-2003	0,6	10000				
ИП-2009А	0,4	12700	32	25	40	25
ПМ-33-140, ШР-06-А	0,36	14000	25			
ПМ-34-150, ШР-06		15000		32		
ПШМА-08-60	1,3	5000	125	63	125	63
ЭЛ-2009		12000	32	25		32

59. Диаметр (в мм) шлифовальных головок (или кругов) к пневмомашинам при шлифовании деталей из титановых сплавов

Модель пневмошли- фовальной машины	Техническая харак- теристика машины		Марка абразивного материала					
			63С		24А		44А	
	Мощ- ность <i>N</i> , кВт	Частота вращения круга <i>n</i> _к , мин ⁻¹	Шлифование					
			плос- кое	врез- ное	плос- кое	врез- ное	плос- кое	врез- ное
ПМ-3325	0,36	2500	150	80	100	63	125	80
ИП-2203	1,3	4800	80	63	63	32	80	40

Продолжение табл. 59

Модель пневмошли- фовальной машины	Техническая харак- теристика машины		Марка абразивного материала					
			63С		24А		44А	
	Мощ- ность N, кВт	Частота вращения круга n _к , мин ⁻¹	Шлифование					
			плос- кое	врез- ное	плос- кое	врез- ное	плос- кое	врез- ное
ИП-2209А	0,4	12100	32	20	25	10	25	16
ИП-2002	0,73	7600	63	32	40	20	40	25
ИП-2014	1,28	5100	40	25	30	20	32	20
ИП-2014ПС	1,28	5100	40	25	30	20	32	20
ПМ-34-150	0,36	15000	25	16	20	10	25	13
ПМ-33-140	0,36	14000	25	16	25	10	25	13

Глава 7

КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ

Качество деталей характеризуется тремя основными показателями: точностью исполнения заданных геометрических параметров; шероховатостью и физическим состоянием обработанных поверхностей (фазово-структурными изменениями, наличием трещин, прижогов и других дефектов).

От методов контроля, оснащенности рабочих мест контрольно-измерительными средствами зависит качество выпускаемой продукции.

1. ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Точность обработки — это степень приближения действительных формы и размеров детали к форме и размерам, указанным на чертеже. Чем меньше разность между действительным размером и размером, указанным в чертеже, тем выше точность обработки.

1. Допуски (в мкм) при шлифовании плоских поверхностей

Шлифование	Квалитет	Расстояние между обрабатываемой поверхностью и основанием, мм				
		Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120
Однократное	8—9	35	45	50	60	70
Чистовое:						
после однократной обработки	8	18	21	25	30	35
повышенной точности	7	12	14	17	20	23

Примечание. Точность размеров дана при шлифовании плоских поверхностей шириной до 300 мм и длиной до 450 мм.

Контроль деталей

и (в мкм при шлифовании цилиндрических поверхностей

Обработка	Ква- ли- тет	Диаметр, мм										
		Св. 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 400
Наружное шлифование												
Чистовая	8—9	20	25	30	35	45	50	60	70	80	90	100
Полуоднократной обра-	8	9	12	15	18	21	25	30	35	40	47	55
ботки повышенной точности	7	6	8	10	12	14	17	20	23	27	30	35
	6	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	25
Внутреннее шлифование												
Чистовая	8—9	—	25	30	35	45	50	60	70	80	90	100
Полуоднократной обра-	8	—	18	22	27	33	39	46	54	63	73	85
ботки повышенной точности	7	—	13	16	19	23	27	30	35	40	45	55
	6	—	8	9	11	13	15	18	21	24	27	35

Замечание. Точность размеров при длине детали св. 150 мм ниже на один квалитет. Точность шлифования в зависимости от жесткости станка находится в пределах 8—11-го квалитета.

При контроле точности обработки различают точность размеров, а также допуски формы и расположения поверхностей детали.

Каждому виду шлифования соответствует определенная достижимая точность обработки (табл. 1—4).

3. Допуски соосности поверхностей тел вращения (деталей типа втулки в ступенчатого вала)

Шлифование	Допуск соосности, мм
Наружной поверхности: в центрах с одной установки, а также при повторной установке, при условии, когда центры термически не обработаны, но шлифованы	0,015
при повторной установке, при условии, когда центры закалены и шлифованы	0,05
Внутренней поверхности: на оправке, проточенной на месте	0,025
на ранее изготовленной оправке, при условии, когда центр шпинделя термически не обработан, но шлифован	0,03
на ранее изготовленной оправке, при условии, когда центр шпинделя закален и шлифован	0,075

4. Допуски (в мкм) при шлифовании торцовых поверхностей

Шлифование	Квалитет	Диаметр, мм			
		До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500
Чистовое	8—9	30	40	50	70
Тонкое	8	20	25	30	35

Примечание. Точность размеров дана при шлифовании на полный диаметр и при измерении от базы или обработанной параллельной поверхности.

2. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Шлифованная поверхность имеет неровности различной формы и высоты. Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная, например, с помощью базовой длины, называется *шероховатостью поверхности*.

сти. Параметры шероховатости поверхности, достижимые при абразивной обработке, представлены в табл. 5.

Количественно шероховатость поверхности оценивается в соответствии с ГОСТ 2789—73 следующими параметрами: Ra — среднее арифметическое отклонение профиля; Rz — высота неровностей профиля по десяти точкам; $R_{\max}$ — наибольшая высота неровностей профиля; S_m — средний шаг неровностей профиля; S — средний шаг местных выступов профиля; t_p — относительная опорная длина профиля. Все параметры определяются на базовой длине поверхности l .

Шероховатость оценивают по профилю, являющемуся линией сечения поверхности (рис. 1, а и б), и задают параметрами шероховатости Ra или Rz . Параметр шероховатости Ra является предпочтительным:

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad \text{или} \quad Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|;$$

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5},$$

где y_{pi} — высота i -го наибольшего выступа профиля; y_{vi} — глубина i -й наибольшей впадины профиля.

Параметры шероховатости зависят от многих факторов.

С увеличением частоты вращения круга возрастает число абразивных зерен, участвующих в процессе резания в единицу

5. Параметры шероховатости поверхности, достижимые при абразивной обработке

Обработка	Параметр шероховатости Ra , мкм	Обработка	Параметр шероховатости Ra , мкм
Шлифование: обдирочное	3,2—1,6	Предварительная доводка	0,1
предварительное, получистовое и чистовое	0,8—0,4	Отделочная сверхчистовая обработка (тонкое шлифование, полирование, суперфиниширование и притирка)	0,05—0,012
окончательное	0,2		

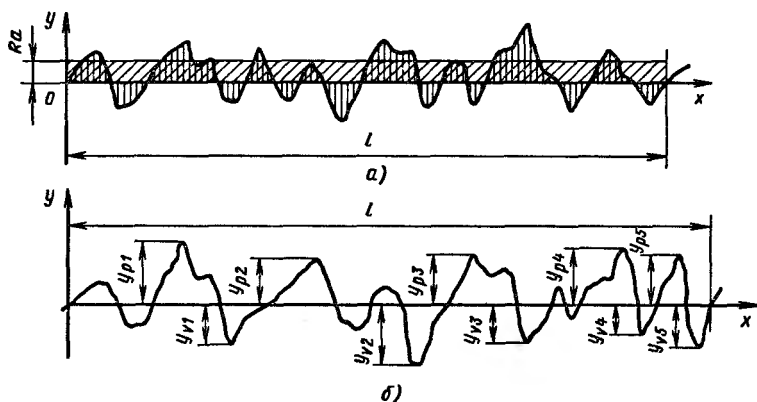


Рис. 1. Участки профиля неряностей, характеризующих шероховатость поверхности

времени, что приводит к уменьшению врезания отдельных зерен и обеспечивает снижение шероховатости.

С увеличением подачи шероховатость возрастает.

За время выхаживания технологическая система возвращается в исходное положение. При этом глубина внедрения абразивных зерен в обрабатываемую поверхность и шероховатость уменьшаются. С увеличением обрабатываемой поверхности время выхаживания возрастает. Оно также увеличивается с уменьшением жесткости технологической системы и режущей способности круга. Натяг и шероховатость в начале выхаживания заметно уменьшаются, а затем процесс замедляется; поэтому время выхаживания обычно ограничивают.

С уменьшением зернистости круга обеспечивается снижение шероховатости поверхности.

Неравномерная или значительная твердость круга может явиться источником появления вибрации и увеличения шероховатости.

При повышении упругих свойств материала связи круга шероховатость обработанной поверхности снижается, особенно при шлифовании кругами на бакелитовой связке с графитовым наполнителем, обладающим смазочным действием.

С уменьшением, например, продольной подачи алмаза на один оборот круга шероховатость снижается. Применяя весьма

малую подачу алмазного инструмента при правке круга, можно получить шероховатость $Ra = 0,16 \div 0,04$ мкм кругом зернистостью 40–25. Однако с уменьшением подачи на оборот круга при правке снижается его режущая способность.

Время работы круга после правки зависит от состояния микрорельефа образующей круга. При неоднородном изнашивании круга, а также возрастании амплитуды автоколебаний из-за притупления круга, шероховатость увеличивается.

При выборе материала абразива без учета свойств обрабатываемого материала шероховатость повышается; например, с уменьшением микротвердости черных металлов высота неровностей профиля возрастает.

СОТС способствует уменьшению шероховатости. Загрязнение СОТС приводит к увеличению шероховатости поверхности.

При ухудшении состояния станка шероховатость возрастает.

При повышенных зазорах в опорах на деталях появляются часто расположенные следы вибрации. При биении шпинделя на поверхности детали появляются длинные и редко расположенные следы вибрации.

При повышенных требованиях к шероховатости ($Ra = 0,16 \div 0,04$ мкм) применяют тонкое шлифование. Необходимыми условиями для его осуществления являются: безвибрационная работа оборудования; плавность малых перемещений рабочих органов станка; тщательная балансировка круга; малые подачи при правке круга (0,01–0,025 мм/об для $Ra = 0,04$ мкм, 0,03–0,05 мм/об для $Ra = 0,08$ мкм, 0,06–0,08 мм/об для $Ra = 0,16$ мкм); тщательная очистка СОТС; легкие режимы шлифования; мелкозернистые круги на бакелитовой связке с графитовым наполнителем (или круги на глифталевой связке) на завершающих ходах при припуске 0,02–0,05 мкм и исходной шероховатости $Ra = 1,25 \div 0,32$ мкм. При тонкой правке нельзя допускать применения затупленного алмазного инструмента. Следует чаще поворачивать алмазную державку, обеспечивая подвод к кругу острых кромок алмаза. По этой причине алмазную державку располагают под углом 5–15° к кругу. После правки поверхность круга и направляющие станины рекомендуется очищать жесткой щеткой при обильной подаче СОТС. Круг необходимо править на тех же участках станины, на которых обычно осуществляется обработка.

Шероховатость поверхности деталей влияет на их эксплуатационные свойства: износостойкость, прочность, коэффициент трения и другие показатели.

Кроме шероховатости на обрабатываемой поверхности может образовываться волнистость.

Волнистость представляет собой совокупность периодически повторяющихся выступов и впадин с периодом значительно большим, чем у неровностей, образующих шероховатость.

Волнистость поверхности характеризуется максимальной высотой волнистости $W_{\max}$, средней высотой волнистости по десяти точкам W_z и средним шагом волнистости Sw , определяемым как среднее арифметическое расстояние из пяти значений между волнами на пяти равновеликих отдельных участках измерений волнистости. Перечисленные параметры волнистости аналогичны соответствующим параметрам шероховатости $R_{\max}$, R_z и Sm .

При необходимости получения более полной оценки волнистости ее характеристику дополняют высотными параметрами Wa и Wp , формой неровностей волн rw^2 , их направлением и опорной длиной профиля tw .

Волны могут образовываться на обрабатываемой поверхности детали в двух взаимно перпендикулярных направлениях, вследствие чего различают продольную и поперечную волнистость. Если первая обычно возникает в результате вибрации технологической системы, то вторая вызывается неравномерностью подачи, неправильной правкой шлифовального круга, неравномерностью его износа и другими причинами.

Волнистость можно уменьшить: увеличением жесткости и виброустойчивости всех узлов технологической системы; уменьшением радиальной силы резания и ее колебаний путем выбора рациональной характеристики круга, своевременной и качественной его правки; уменьшением неуравновешенности системы шпиндель — круг; применением средств демпфирования колебаний в системе, а также использованием при шлифовании высококачественных кругов (классов точности АА и А и 1-го класса неуравновешенности).

3. ДЕФЕКТЫ, ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Дефекты поверхности, которые могут возникнуть при абразивной обработке деталей, регламентированы ГОСТ 23505—79 и могут проявляться в виде царапин, сколов, шлифовочных прижогов, трещин, огранки, следов выкрашивания и задиров.

Поверхностные дефекты в значительной мере вызываются нагревом детали в зоне контакта со шлифовальным кругом в процессе обработки. Например, в деталях из предварительно закаленных сталей при шлифовании наблюдаются изменения внутреннего состояния, к которым относятся объемные изменения, вызывающие появление напряжений в поверхностном слое. Для нормально закаленной углеродистой стали при отпуске в интервале температур 80—200 °С происходит превращение, связанное с уменьшением объема. Отпуск в интервале 200—260 °С вызывает структурные изменения с некоторым увеличением объема. Отпуск при 260—400 °С сопровождается уменьшением объема. Объемные изменения при шлифовании могут вызвать образование трещин.

Шлифовочные трещины — дефект поверхности, представляющий собой сетку паутинообразных или отдельных произвольно направленных поверхностных разрывов, образовавшихся при шлифовании металла, обладающего высокой твердостью, хрупкостью и малой теплопроводностью. Трещины на поверхности детали появляются только в том случае, если концентрация внутренних напряжений на этих участках выше временного сопротивления материала детали на разрыв.

В зависимости от причин образования трещины на поверхности деталей могут быть термические, шлифовочные и термошлифовочные.

Термические трещины являются результатом неправильной термической обработки деталей, шлифовочные — следствием нарушений условий абразивной обработки, термошлифовочные — результатом напряженного состояния, возникающего при термической обработке и шлифовании.

Характеристика трещин шлифовочного и термического происхождения приведена в табл. 6.

В зависимости от внутренних напряжений в поверхностном слое деталей различают трещины с вогнутыми краями от напряжений растяжения и трещины с выпуклыми краями от напряжений сжатия.

6. Характеристика трещин шлифовочного и термического происхождения

Характеристика	Причина образования	Возникновение трещин на деталях
----------------	---------------------	---------------------------------

Шлифовочные трещины

Тонкие (волосяные) трещины в виде сетки или петлеобразного рисунка. Расположены только на поверхности. Образуются за границами зерен на основе нового образования мартенсита	Повышенный нагрев обрабатываемой поверхности в процессе шлифования с последующим быстрым охлаждением СОТС	Из закаленных сталей
--	---	----------------------

Закалочные трещины

Более крупные прямолинейные трещины, межкристаллические. Образуются вдоль зон охлаждения	Высокие закалочные напряжения, превышающие прочность материала детали	После закалки
--	---	---------------

По расположению относительно поверхности детали трещины разделяют на поверхностные и подповерхностные.

На поверхностях деталей трещины образуются в виде прямых или кривых линий (линсийные), а также в виде четырех- и многоугольников со сторонами от долей миллиметра до 5–6 мм (сетчатые).

Ширина раскрытия трещин может быть разная. Некоторые трещины настолько малы по ширине раскрытия, что визуально не видны, и для их выявления применяют специальные методы и аппаратуру.

По глубине проникновения шлифовочные трещины делят на два вида: микротрещины глубиной до 0,01 мм и трещины глубиной св. 0,01 мм. Глубина трещин может быть более 1 мм, причем трещины могут располагаться не перпендикулярно, а под некоторым углом (80–30°) к поверхности детали.

Распространенным дефектом при шлифовании является шлифовочный прижог. Шлифовочным прижогом называют структурно измененный слой или участок на обработанной поверхности, являющийся следствием теплового действия шлифования.

Прижоги могут привести к изменению микроструктуры, микротвердости и остаточным напряжениям.

Сплошной прижог является следствием завышенных режимов шлифования, повышенной твердости инструмента или его сильного износа.

Прижоговые пятна появляются в результате вибрации круга, неисправности опор шпинделя, неравномерной подачи круга, его засаливания или изменения формы при износе, неравномерного распределения припуска.

Штриховые прижоги возникают вследствие неоднородности структуры круга, недостаточной очистки СОТС, неправильной установки детали.

Прижоги при шлифовании разделяют также по глубине изменений микроструктуры поверхностного слоя. По глубине проникновения прижоги подразделяют на мелкие (глубиной до 0,005 мм), средние (глубиной до 0,01 мм) и глубокие (глубиной св. 0,01 мм).

Кроме трещин и прижогов при шлифовании на обработанных поверхностях могут образовываться абразивные царапины, сколы, следы выкрашивания, задиры и огранка.

Абразивная царапина — углубление на обработанной поверхности, образованное в результате воздействия абразивного зерна или группы зерен при абразивной обработке, глубина которого превышает наибольшую высоту неровностей профиля поверхности.

Абразивный скол — нарушение кромок обработанной заготовки, появившееся в результате абразивной обработки.

След выкрашивания — углубление на обработанной поверхности, образованное в результате отделения частиц обрабатываемого материала при абразивной обработке.

Задир — повреждение поверхности трения в виде широких и глубоких борозд в направлении скольжения.

Несоблюдение технологической дисциплины, а также рекомендуемых режимов резания при шлифовании может вызвать отклонения формы и расположения поверхностей деталей (табл. 7—13).

Обработанные поверхности имеют, прежде всего, отклонения от заданной формы (ГОСТ 24642—81).

Отклонением формы называют отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля.

Под *реальной* понимают поверхность, ограничивающую деталь и отделяющую ее от окружающей среды.

7. Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей деталей при обработке на круглошлифовальных станках

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение заданного размера	Износ шлифовального круга Чрезмерный нагрев заготовки в процессе шлифования Применение изношенного или невыверенного инструмента Погрешность измерения нагретой детали	Править шлифовальный круг. Подналадить станок Увеличить подачу СОТС в зону обработки Проверить измерительный инструмент перед началом работы контрольным инструментом Деталь и измерительный инструмент должны иметь одинаковую температуру
Отклонение от соосности последовательно-шлифуемых поверхностей	Смещение оси вращения шлифуемой заготовки	Проверить надежность закрепления центров на станке, фиксацию передней и задней бабок, механизма поворота стола и других подвижных и регулируемых элементов станка
Отклонение от заданного угла уклона конуса	Неправильная регулировка положения поворотного стола или передней бабки	Повернуть стол или бабку под углом, обеспечивающим получение на детали необходимо угла уклона конуса
Конусообразность, выпуклость или вогнутость профилей обработанных деталей	Слабое закрепление поворотного стола или передней бабки, а также неточное расположение опорных элементов, отклонение базовых опорных поверхностей (центров или центровых отверстий)	Выверить стол и обеспечить соосность передней и задней бабок в соответствии с направлением движения стола. Надежно закрепить поворотный стол и бабки станка. Проверить состояние центровых отверстий в детали, центров на станке и правильность установки детали в центрах, отрегулировать силу закрепления центра задней бабки
Отклонение от круглост	Неуравновешенность заготовки или поводкового хомутика Загрязненность центров или центровых отверстий. Нарушение	Уравновесить вращающуюся заготовку, сменить хомутик Очистить центровые отверстия от грязи и стружки, смазать центры. Проверить

Продолжение табл. 7

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Огранка, волнистость	геометрической формы центров, повреждение центровых отверстий. Зазор центров в бабке	геометрическую форму и взаимное прилегание центров и центровых отверстий. Устранить имеющиеся на базовых опорных поверхностях дефекты (забоины, заусенцы и др.). Проверить положение центров. Установить круг надлежащей характеристики
	Неправильный выбор характеристики шлифовального круга (завышена твердость или занижена зернистость) Неуравновешенность круга, шпиндельного узла или ротора электродвигателя Биение шлифовального круга Слабое закрепление заготовки Ненадежное закрепление передней или задней бабки на столе. Чрезмерный зазор в опорах и направляющих бабок Неправильная правка круга Неправильный выбор характеристики шлифовального круга (завышена твердость или занижена зернистость) Наличие зазубрин на боковых режущих кромках круга Неправильный угол центров и центровых отверстий, неудовлетворительное их прилегание или повышенный	Отбалансировать подвижные элементы станка Править и балансировать круг Проверить закрепление заготовки и натяг пружины Проверить затяжку болтов передней и задней бабок и шлифовальных салазок. Уменьшить зазор в опорах и направляющих бабок Жестко закрепить державку. Править круг неспритупленной кромкой алмаза Установить круг надлежащей характеристики Закруглить кромки круга Проверить центры и центровые отверстия и их взаимное прилегание. Обеспечить периодическое смазывание центров. Чрезмерно изношенные центры

Продолжение табл. 7

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Абразивные царапины	износ центров Изменение силы прижима круга к заготовке при постоянном их контакте в процессе шлифования	заменить Уменьшить вибрации от перемещающихся (вращающихся) элементов станка и устранить влияние вибраций на процесс шлифования
	Неправильный режим правки шлифовального круга. Неверная установка алмазного правящего инструмента	Проверить жесткость крепления правящего инструмента. Править круг, уменьшив продольную подачу алмазного инструмента и обеспечив плавность его перемещения. Исключить вибрацию правящего устройства. Заменить правящий инструмент в случае выкрашивания алмаза при правке круга. После правки круг очистить
Повышенная шероховатость	Наличие острых режущих боковых кромок круга	Притупить острые кромки круга
	Неправильный выбор характеристики шлифовального круга	Установить круг с необходимой маркой абразивного зерна или с меньшей зернистостью
	Неправильный выбор характеристики шлифовального круга	Установить мелкозернистый круг
Шлифовочные прижоги и трещины	Завышенные режимы шлифования	Уменьшить чистовую врезную подачу круга или увеличить время выхаживания в конце обработки
	Загрязненность СОТС	Промыть систему охлаждения, залить свежее СОТС
	Некачественная правка круга	Уменьшить продольную подачу правящего инструмента, ввести в конце правки выхаживающий чистовой ход (без подачи на врезание)
	Недостаточно интенсивное охлаждение	Увеличить подачу СОТС

Продолжение табл. 7

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Шлифовочные прижоги и трещины	Неправильный способ подачи СОТС при шлифовании Завышенная твердость круга Заниженная частота вращения заготовки Применение чрезмерно большой подачи круга на глубину Проскальзывание ремней или круга во фланцах Затупление или засаливание шлифовального круга Правка круга притупленной кромкой алмаза	Изменить способ подачи СОТС Установить круг меньшей твердости Увеличить частоту вращения заготовки Снизить подачу круга на глубину Проверить натяжение ремней и крепление круга. Не допускать остановки заготовки в процессе ее обработки кругом Править круг Править круг непритупленной кромкой алмаза

8. Дефекты отклонения формы и расположения поверхностей деталей при обработке на бесцентровошлифовальных станках

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение заданного размера	Проскальзывание ремней привода шлифовального круга Недостаточно интенсивное охлаждение Слабая затяжка клиньев салазок бабки ведущего круга Увеличенный зазор в подшипниках шпинделя ведущего или шлифовального круга	Увеличить натяжение ремней привода шлифовального круга Увеличить подачу СОТС в зону шлифования Подтянуть клинья в салазках бабки ведущего круга Отрегулировать зазор в подшипниках

Продолжение табл. 8

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Конусообразность: на переднем конце детали на заднем конце детали	Неправильная установка направляющих линеек на входе Неправильная установка направляющих линеек на выходе Неправильное положение опорной поверхности ножа в продольном направлении Непрямолинейность опорного ножа Неправильная установка валковых загрузочных устройств Неправильная правка шлифовального круга	Передвинуть входную направляющую линейку влево от образующей ведущего круга Передвинуть направляющую линейку на выходе влево от образующей ведущего круга Установить нож в продольном направлении
Вогнутость профиля	Неправильное положение бабки ведущего круга Искажение профиля ведущего круга Излом оси столба заготовок в сторону шлифовального круга (при шлифовании напроход) Расположение оси заготовки под углом к оси шлифовального круга Неправильная установка направляющих линеек	Шлифовать опорную поверхность ножа для обеспечения ее прямолинейности Выверить положение валковых загрузочных устройств в вертикальной плоскости Проверить затяжку клиньев салазок устройства для правки круга. Заменить (при необходимости) правящий инструмент. Увеличить подачу СОТС в зону правки. Вновь править шлифовальный круг Развернуть бабку ведущего круга в горизонтальной плоскости Править ведущий круг после проверки устройства для правки Установить транспортные устройства станка (или боковые направляющие линейки) в правильное положение Выставить опорный нож в продольном направлении Установить направляющие линейки параллельно оси шлифовального круга

Продолжение табл. 8

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Выпуклость профиля	Искажение профиля шлифовального круга	Править шлифовальный круг после проверки устройства
Отклонение от круглости	Излом оси столба заготовок в сторону ведущего круга (при шлифовании напроход)	Установить транспортные устройства станка (или боковые направляющие линейки) в правильное положение
	Заниженное положение опорного ножа или неправильное установление угла скоса ножа	Поднять опорный нож или изменить угол скоса ножа
	Малая частота вращения заготовки	Увеличить частоту вращения ведущего круга
	Недостаточно интенсивное охлаждение	Увеличить подачу СОТС в зону обработки
	Завышенная глубина шлифования	Уменьшить глубину шлифования
	Завышенное допустимое отклонение от круглости заготовки перед шлифованием	Недопустить завышения отклонения от круглости заготовки больше половины припуска на шлифование
Отклонение от перпендикулярности наружной поверхности детали относительно торцов	Наличие зазора между заготовками в зоне обработки (при шлифовании напроход)	Увеличить подпор заготовок. Установить валковые загрузочные устройства в правильное положение. Снизить продольную подачу заготовок
	Завышенная твердость шлифовального круга	Установить шлифовальный круг меньшей твердости
	Затупление шлифовального круга	Править шлифовальный круг
	Неправильная установка упора на суппорте (при врезном шлифовании)	Установить упор в центре заготовки или ближе к шлифовальному кругу
	Отклонение от перпендикулярности наружной поверхности заготовок относительно торцов	Увеличить подпор заготовок
	Наличие забоин и заусенцев на торцах заготовок, поступающих на шлифование	Обеспечить хорошее качество торцов заготовок

Продолжение табл. 8

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Овальность	Бение шпинделя ведущего круга Неправильное взаимное расположение торцов шлифовального и ведущего кругов Недостаточно интенсивное охлаждение в зоне шлифования Неравномерное вращение заготовок	Отрегулировать зазор в подшипниках шпинделя ведущего круга. Править ведущий круг Установить круги в нужное положение Увеличить подачу СОТС Увеличить продольную подачу заготовки или частоту вращения ведущего круга. Увеличить высоту центра заготовки над линией центров кругов (на станках, имеющих наклонную компоновку) Править ведущий круг
Огранка	Металлический налет на поверхности ведущего круга Затупление шлифовального круга Превышение скорости перемещения заготовки в осевом направлении, приводящее к большому давлению на упор и замедлению вращения Замедленное вращение ведущего круга Завышенная глубина съема при шлифовании напроход или поперечной подаче круга при врезном шлифовании Неправильная установка центра заготовки по высоте	Править шлифовальный круг Установить угол поворота ведущего круга $0,5^\circ$. Если скорость перемещения заготовки не уменьшится, проверить параллельность опорного ножа к оси шлифовального круга Уменьшить затяжку подшипников ведущего круга Снизить глубину шлифования или поперечную подачу
Отклонение угла уклона конуса	Неправильная установка опорного ножа	Поднять опорный нож с помощью прокладок. Изменить угол скоса опорного ножа Правильно установить опорный нож. Проверить параллельность оси заготовки к оси шлифовального круга

Продолжение табл. 8

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение угла уклона конуса	Повышенный износ шлифовального круга Неправильная установка копирной линейки или угла поворота устройства для правки шлифовального круга	Установить круг большей твердости Отрегулировать копирную линейку или угол поворота устройства для правки шлифовального круга
Отклонение шаровой поверхности	Изнашивание ведущего круга	Править ведущий круг
Лыски	Неправильная установка ведущего круга относительно шлифовального	Ведущий круг расположить посередине радиусной выточки шлифовального круга
	Неправильная установка направляющих линеек	Переместить направляющую линейку на входе вправо от образующей ведущего круга (при срезе на переднем конце детали). Установить направляющую линейку на входе строго параллельно относительно образующей ведущего круга
	Наличие масла на поверхности прутков	Удалить масло
	Завышенная частота вращения заготовки Подрубка поверхности детали кромкой шлифовального круга на выходе из зоны обработки	Снизить частоту вращения ведущего круга Обеспечить на выходе шлифовального круга обратный конус
Отклонение от прямолинейности оси длинных деталей	Завышенная кривизна заготовки	Перед шлифованием заготовку тщательно править. Править заготовку между проходами
	Искривление заготовки при многопроходном шлифовании	Установить центр заготовки на определенную величину ниже линии, соединяющей центры кругов
	Неправильная установка заготовки при обработке	Точно выставить станок и транспортные устройства

Продолжение табл. 8

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Занижение диаметра прутков по концам	Плохая регулировка подшипников шлифовального и ведущего кругов Плохое вращение прутка на выходе из зоны обработки	Загружать прутки с минимальным отклонением концов по диаметру Синхронизировать частоту вращения прутка в зоне обработки и на транспортных устройствах Отремонтировать станок
Отклонение наружного диаметра деталей	Неправильная установка бабок или износ направляющих. Износ механизма подачи Заниженная твердость шлифовального круга Биение ведущего круга Перегрев детали	Установить шлифовальный круг большей твердости Править ведущий круг Правильно подобрать характеристику шлифовального круга. Увеличить подачу СОТС в зону шлифования
Абразивные царапины на прутках	Плохая подготовка заготовок к обработке Неправильное положение транспортных устройств Завышенная частота вращения заготовки Изготовление роликов разгрузочного устройства из твердого материала	Рассортировать заготовки по припускам Тщательно выставить транспортные устройства относительно станка Править засалившийся ведущий круг Заменить материал роликов на более мягкий
Абразивные царапины на деталях	Образование сколов, задигов, наростов из абразива и металла на рабочей поверхности опорного ножа Неравномерная твердость шлифовального круга	Шлифовать нож и установить нож большей твердости. Увеличить зазор между режущей поверхностью шлифовального круга и боковой плоскостью ножа. Улучшить смазочные свойства подаваемого в зону обработки СОТС Подобрать комплект шлифовальных кругов одной твердости

Продолжение табл. 8

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Абразивные царапины на деталях	Наличие режущей кромки на выходе шлифовального круга Загрязнение СОТС	Обеспечить на выходе шлифовального круга обратный конус Промыть систему охлаждения. Залить свежее СОТС
Огранка	Шлифование заготовок из незакаленных материалов Неправильная установка центра заготовки по высоте Неправильный выбор характеристики шлифовального круга (по твердости и зернистости) Не сбалансирован шлифовальный круг Неправильный подбор угла скоса опорного ножа Износ опорного ножа Недостаточная жесткость опорного ножа и его крепления Неправильная установка центра заготовки по высоте Износ ведущего круга Завышенная частота вращения заготовки Завышенная глубина шлифования или скорости поперечной подачи шлифовального круга Увеличенный зазор в подшипниках шлифовального или ведущего круга Неплотная посадка планшайбы с кругом на конусе шпинделя	Установить опорный нож из более мягкого материала: чугуна, бронзы, пластмассы Поднять заготовку, чтобы уменьшить давление на нож Установить круг надлежащей характеристики Вторично балансировать круг Изменить угол скоса ножа поворотом верхней части суппорта или шлифованием Заменить нож Увеличить толщину ножа и жесткость его крепления Обеспечить необходимую высоту превышения центра заготовки над центрами кругов Править ведущий круг Уменьшить скорость вращения ведущего круга Уменьшить режимы обработки Отрегулировать зазоры в подшипниках Проверить прилегание посадочного отверстия к конусу шпинделя по краске

Продолжение табл. 8

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Шлифовочные прижоги	Затупление шлифовального круга Вибрации, возникающие в станке или передаваемые ему извне от другого оборудования	Править шлифовальный круг Устранить источник вибрации. Установить станок на отдельный фундамент и, при необходимости, применить дополнительную изоляцию (виброизолирующие опоры)
	Недостаточно интенсивное охлаждение в зоне шлифования Малая продольная подача при правке шлифовального круга	Увеличить подачу СОТС (до 8 л/мин на каждые 10 мм ширины круга) Увеличить продольную подачу при правке
	Недостаточная частота вращения заготовки Плохо подобранная характеристика шлифовального круга (завышенная твердость или заниженная зернистость)	Увеличить частоту вращения ведущего круга Установить шлифовальный круг требуемой характеристики
	Увеличенная глубина шлифования Неустойчивое положение заготовки, свисание ее с ножа	Уменьшить глубину обработки Применить люнеты или поддерживающее приспособление
Повышенная шероховатость	Увеличенная скорость продольной подачи устройства для правки шлифовального круга Низкая стойкость шлифовального круга Завышенная зернистость шлифовального круга	Снизить скорость продольной подачи правящего устройства Увеличить частоту правки Установить круг меньшей зернистости. Использовать осцилляцию шлифовального круга (при врезном шлифовании)
	Загрязнение СОТС	Промыть систему охлаждения. Залить свежее СОТС
	Использование некачественного правящего инструмента	Заменить правящий инструмент

Продолжение табл. 8

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение от заданного угла уклона конуса ролика	Увеличенная продольная подача заготовки или ее частота вращения	Уменьшить угол наклона оси ведущего круга или снизить частоту вращения ведущего круга
	Биеение или износ барабана	Устранить биеение или править барабан
	Износ шлифовального круга	Править шлифовальный круг: если угол уклона конуса ролика больше, править круг на входе, если меньше — на выходе
	Неправильное положение опорного ножа по высоте	Если угол уклона конуса ролика больше, нож следует опустить; если меньше — поднять
	Износ опорного ножа	Заменить опорный нож
	Биеение (радиальные, торцовые) шпинделей	Устранить биеения шпинделей

9. Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей деталей при обработке на внутришлифовальных станках

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
-----------------------	-----------------------	-------------------

Шлифование в натроне

Отверстие большего диаметра	Неправильная наладка механизма калибров или измерительно-управляющего устройства	Правильно наладить калибры или измерительно-управляющее устройство
	Недостаточное натяжение пружины, прижимающей калибры к отверстию	Усилить натяжение пружины
	Загрязнение контактов	Промыть контакты
	Неправильная правка круга	Скорректировать продольную подачу, тщательно править круг

Продолжение табл. 9

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отверстие меньшего диаметра	Неправильная наладка механизма калибров или измерительно-управляющего устройства Применение изношенных калибров Завышенный съем при правке круга Увеличенная продольная подача круга	Правильно наладить калибры или измерительно-управляющее устройство Заменить калибры Уменьшить съем при правке Отрегулировать продольную подачу таким образом, чтобы черновая подача не превышала 0,5—0,75, а чистовая — 0,3—0,4 высоты круга
	Чрезмерный нагрев заготовки	Промыть систему охлаждения, залить свежее СОТС.
Конусообразность отверстия	Неправильный выход круга из отверстия	Увеличить подачу СОТС. Снизить поперечную подачу Обеспечить выход круга на обе стороны на $\frac{1}{3}$ своей высоты регулировкой хода стола
	Неправильный ход стола и реверсирование	Отрегулировать ход стола (проверив при этом гидропривод стола, форму цилиндра подачи, правильность работы реверса, качество манжет и др.)
	Неправильная установка шлифовальной бабки Уменьшенный диаметр круга Увеличенный отжим шпинделя	Выверить положение шлифовальной бабки Установить круг большего диаметра Заменить шпиндель более жестким или снизить режимы
Овальность отверстия	Проскальзывание ремней привода шлифовального круга	Снизить поперечную подачу
	Неравномерная подача, осуществляемая рывками	Исправить механизм подачи

Продолжение табл. 9

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Овальность отверстия	Овальность отверстий заготовок, превышающая припуск	Отбраковать заготовки с повышенной овальностью
	Повышенная овальность наружной поверхности	Отбраковать негодные заготовки
	Применение неправильно шлифованного патрона	Шлифовать патрон на станке
	Попадание грязи в патрон	Промыть патрон
	Чрезмерный зажим заготовки, вызывающий ее деформацию	Уменьшить силу зажима
Отклонение от перпендикулярности торца относительно оси отверстия	Износ подшипников шпинделя	Заменить подшипники
	Слабое натяжение ремней шлифовальной бабки или бабки заготовки	Усилить натяжение ремней
Отклонение от concentricity отверстия	Износ упоров фланца	Шлифовать фланец
Разброс размеров деталей	Завышенное биение патрона	Шлифовать патрон на станке
	Несодинаковые размеры фасок, вызывающие неодинаковое входение калибра в отверстие деталей	Обеспечить одинаковые размеры фасок партии деталей
Повышенная шероховатость и волнистость	Завышенная частота вращения заготовки	Уменьшить частоту вращения заготовки
	Завышенная скорость продольного перемещения стола	Уменьшить скорость продольного перемещения стола
	Применение круга с слишком большой зернистостью	Установить круг надлежащей зернистости

Продолжение табл. 9

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Шлифовочные прижоги	Наличие вибрации шпинделя шлифовального круга или шпинделя заготовки	Устранить вибрацию
	Завышенная твердость круга	Установить круг меньшей твердости
	Завышенная поперечная подача шлифовальной бабки	Установить поперечную подачу по нормативам
Шлифование при бесцентровом зажиме		
Овальность отверстия	Овальность наружной поверхности Завышенное биение роликов или торца магнитного патрона, неправильное касание поверхности заготовки с башмаками	Отбраковать заготовки с повышенной овальностью Перебрать и прошлифовать ролики. Подтянуть или заменить подшипники шпинделя ведущего ролика. Шлифовать магнитный патрон и опорные поверхности башмаков
Конусообразность отверстия	Неправильная установка центра заготовки Не обеспечена правильность формы круга при правке Большие колебания припусков заготовок Заниженная твердость круга Завышение биения шпинделя шлифовального круга	Выправить установку центра заготовки Отладить устройство для правки круга. Править круг Разбраковать заготовки по припуску Установить круг большей твердости Подтянуть или заменить подшипники
Отклонение от перпендикулярности торца относительно оси отверстия	Отклонение от перпендикулярности заготовок Завышенное биение опорной втулки Неправильный выбор силы прижима заготовки в осевом направлении Наличие стружки на опорной поверхности планшайбы	Разбраковать заготовки Проверить биение втулки и шлифовать Отрегулировать силу прижима Очистить опорную поверхность планшайбы от стружки

10. Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей деталей при обработке на плоскошлифовальных станках

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение заданного размера	Неправильная установка подачи (ручной или автоматической) на глубину	Периодически проверять заготовки во время снятия с них припуска до достижения шлифовальной бабкой упора или соответствующей риски на лимбе
	Погрешность измерения нагретой заготовки	Заготовка и измерительный инструмент должны иметь одинаковую температуру
	Применение изношенного или невыверенного инструмента	Проверять измерительный инструмент перед началом работы контрольным инструментом
Уменьшение размера	Случайная подача круга на деталь вместо его отвода	Отводить круг только тогда, когда деталь полностью выведена из-под него
	Самопроизвольная подача шлифовального круга	Отрегулировать систему противовеса. Обеспечить нормальную затяжку планок и клиньев в направляющих вертикального перемещения. Устранить зазор в гайке винта механизма подачи
	Врезание шлифовального круга в заготовку с оставлением в ней глубокого (до нескольких десятых долей миллиметра) следа. Наблюдается при торцовом шлифовании чашечным кругом без СОТС и наклона оси бабки и при обработке недостаточно жестких заготовок	По возможности работать с подачей СОТС в зону обработки. При работе без СОТС перед окончательным ходом охладить деталь. При торцовом шлифовании без СОТС наклонять ось круга на 2—3°. Нежесткие заготовки шлифовать кругами низкой твердости с малой подачей на глубину
Отклонение от параллельности шлифуемой поверхности	Наличие грязи (забоин) на зеркале магнитного стола (плиты) и на базе заготовки. Выпуклость и вогнутость магнитного	Тщательно протереть стол (плиту) и базу заготовки. Периодически шлифовать магнитный стол, не снимая со станины

Продолжение табл. 10

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
относительно базы	стола (плиты) Выпуклость (вогнутость) базы детали Износ подшипников шпинделя	Исправить базу шлифованием, фрезерованием или строганием Заменить подшипники
Отклонение от плоскостности шлифуемых поверхностей	Отклонение от прямолинейности тонкой заготовки Износ направляющих станины прямоугольного стола (выпуклость или вогнутость)	Рихтовать заготовки Шабрить или шлифовать направляющие станины
Отклонения от параллельности и плоскостности шлифуемых поверхностей	Износ направляющих горизонтальной шлифовальной бабки Износ направляющих вертикальной шлифовальной бабки, отклонение от параллельности осей стола и шлифовальной бабки. Изношенность подшипников шпинделя Неправильное закрепление заготовки в зажимном приспособлении или погрешность базирующих поверхностей приспособления Применение круга с заниженной твердостью Недостаточный выход круга с заготовки в поперечном направлении Неудовлетворительная правка, особенно при врезном шлифовании заготовок, более узких, чем ширина круга	Шлифовать зеркало стола или направляющие при обнаружении у них отклонения от прямолинейности Шабрить или шлифовать направляющие. Заменить подшипники Правильно закрепить заготовку, проверить приспособление и устранить имеющуюся погрешность (например, шлифованием) Установить круг требуемой твердости Увеличить сход круга до $\frac{3}{4}$ его ширины Чаще править круг, особенно при чистовых ходах

Продолжение табл. 10

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонения расположения поверхностей	Чрезмерный нагрев заготовки из-за применения слишком интенсивного режима обработки	Изменить режимы обработки, увеличить подачу СОТС, подобрать соответствующую характеристику круга
	Неточность приспособления, неправильная установка заготовки	Следить за правильной установкой заготовки, проверить приспособление
	Неправильный выбор характеристики шлифовального круга	Установить круг с требуемой характеристикой
	Недостаточно интенсивное охлаждение	Увеличить подачу СОТС
Абразивные царапины	Слишком большая площадь соприкосновения круга и заготовки	Уменьшить площадь соприкосновения. При шлифовании сегментным кругом число сегментов уменьшить в 2 раза. Увеличить подачу СОТС
	Чрезмерно интенсивный режим резания (глубина шлифования и др.) Загрязнение СОТС	Изменить режим обработки (уменьшить глубину шлифования и др.) Промыть систему охлаждения, залить свежее СОТС
Огранка	Неравномерная правка круга	Подобрать режимы правки
	Завышенная вертикальная подача	Снизить вертикальную подачу
	Недостаточная жесткость станка, фундамент станка не обеспечивает надежной изоляции от воздействия вибрации соседнего оборудования	На чистовых операциях следует применять станки высокой жесткости, изолированные от соседних вибрирующих агрегатов
	Грубая сшивка ремня	Заменить ремень
	Неплавное движение стола	Отрегулировать работу гидروпривода стола
	Недостаточная жесткость закрепления заготовки	Заменить приспособление
	Засаливание круга	Править круг или заменить его кругом меньшей твердости

Продолжение табл. 10

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Повышенная шероховатость	Неравномерный износ круга	Установить круг большей твердости
	Зазор в подшипниках шпинделя	Проверить подшипники, при их износе — заменить
	Завышенный режим шлифования	Режим обработки изменить в соответствии с нормативами
	Некачественная правка круга	Тщательно править круг, при необходимости — снизить режимы правки
	Неправильный подбор характеристики круга	Уменьшить зернистость круга
	Недостаточно интенсивное охлаждение	Увеличить подачу СОТС
Шлифовочные прижоги	Слишком малый припуск	Увеличить припуск
	Недостаточно интенсивное охлаждение	Увеличить подачу СОТС
	Завышенная вертикальная подача	Уменьшить вертикальную подачу. При шлифовании торцом круга наклонить бабку на 2—3°; при шлифовании сегментами их число уменьшить в 2 раза
Шлифовочные трещины	Увеличенная твердость круга	Установить круг меньшей твердости
	Недостаточно интенсивное охлаждение	Увеличить подачу СОТС
	Завышенная твердость круга Завышенные режимы обработки	Установить круг меньшей твердости Изменить режимы в соответствии с нормативами

11. Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей деталей при обработке на резбошлифовальных станках

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение среднего диаметра резьбы превышает допуск	Использование невыверенного или изношенного инструмента	Проверить и устранить погрешность измерений резьбового микрометра. Использовать неизношенные резьбовые калибры
	Неправильный выбор характеристики шлифовального круга	Установить круг надлежащей характеристики
	Засаливание шлифовального круга	Править круг
Отклонение внутреннего диаметра резьбы превышает допуск	Неправильный выбор характеристики шлифовального круга (занижена твердость или завышена зернистость)	Установить круг надлежащей характеристики
Отклонение угла профиля резьбы	Неправильная правка круга	Тщательно выверить положение головки для правки шлифовального круга
	Заниженная твердость шлифовального круга	Установить круг большей твердости
Отклонение шага резьбы превышает допуск	Не прогрет станок	Включить станок (включая его гидравлическую систему) за 30 мин до начала шлифования
	Биеение заготовки	Шлифовать (или притереть) центровые отверстия заготовки
	Недостаточная точность или глубина предварительного нарезания резьбы	Проверить правильность предварительного нарезания резьбы
	Недостаточное число выходяющих ходов	Увеличить число выходяющих ходов
Отклонение от номинального профиля резьбы	Загрязненность (или повреждение) центровых отверстий	Очистить центровые отверстия от грязи и стружки и смазать солидолом. При необходимости устранить имеющиеся дефекты
Конусообразность среднего диаметра резьбы	Неправильная установка поворотной части продольного стола	Установить поворотную часть стола в нулевое положение

Продолжение табл. 11

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение от прямолинейности оси детали	Неправильная установка и регулировка центров передней и задней бабок	Выверить центры передней и задней бабок станка
	Неправильная регулировка лонетов	Тщательно регулировать кулачки лонетов
	Неточная рихтовка заготовки	Тщательно править заготовку
Огранка на поверхности резьбы	Наличие внутренних (остаточных) напряжений в заготовке после термообработки	Термообработать заготовку для снятия внутренних напряжений
	Недостаточная балансировка шлифовального круга	Снова балансировать круг
	Засаливание шлифовального круга	Править шлифовальный круг
Шлифовочные прижоги	Завышенная твердость шлифовального круга	Установить круг меньшей твердости
	Забоины или окалины баз центровых отверстий заготовки	Шлифовать базы центровых отверстий заготовки
	Зазор при установке заготовки в центрах	Поджать центр задней бабки
	Вибрация детали при малой ее жесткости и большой глубине шлифования	Уменьшить глубину обработки
	Тугая натяжка приводного ремня	Ослабить натяжение ремня
	Зазоры в подшипниках	Подтянуть подшипники
	Забоины на приводных шкивах	Устранить забоины на шкивах
	Засаливание шлифовального круга	Править круг. Установить (при необходимости) круг меньшей твердости. Снизить частоту вращения шлифовального круга и заготовки
	Завышенная глубина шлифования	Уменьшить глубину обработки
	Недостаточно интенсивное охлаждение	Увеличить подачу СОТС в зону обработки

12. Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей деталей при обработке на зубошлифовальных станках

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение окружных шагов зубьев колеса	Зазоры в кинематической цепи станка	Произвести переналадку станка; при повторении дефектов сменить изношенные детали станка
	Биеение рабочей оправки	Сменить оправку. Выдерживать условие точного совпадения осей центров с осью посадочной части оправки
	Неточность работы кинематических цепей деления	Проверить состояние храпового делительного диска и фиксирующего штифта, отрегулировать ограничители хода поршня цилиндра делительного механизма
	Отклонение от перпендикулярности торцовых плоскостей и неправильное положение опорных плоскостей у оправки относительно направления обката и торца обрабатываемого колеса	Сменить оправку. Проверить крепление зубчатого колеса и совпадение его оси с осью посадочной части оправки
	Неправильное положение опорных плоскостей крепления шлифовального круга относительно направления обката и торца шлифуемого колеса	Сменить опорные втулки шлифовального круга. Проверить плотность прилегания предохранительных тарелок и прокладок к плоскости круга. Затянуть гайку и контргайку крепления шпинделя
	Перекос осей боковых алмазодержателей	Установить боковые алмазодержатели таким образом, чтобы их оси располагались в одной плоскости
	Отклонение от перпендикулярности оси колеса к оси шлифовального круга	Сменить оправку

Продолжение табл. 12

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение от номинального эвольвентного профиля	Неправильная правка шлифовального круга боковыми алмазами	Отрегулировать установку боковых алмазов таким образом, чтобы их вершины находились на одной прямой и отстояли друг от друга на строго определенном расстоянии. В случае износа алмазов заменить штифты с алмазами
	Неправильная работа кинематической цепи деления	Проверить правильность подбора храпового и делительного дисков по числу зубьев шлифуемого колеса. При износе этих частей заменить их новыми. Заменить штифт при его свободном перемещении в прорези диска. Отрегулировать ограничители хода поршня цилиндра делительного механизма
	Биеение рабочей оправки	Сменить оправку. Выдерживать условие точного совпадения осей центров с осью посадочной части оправки
	Неправильное положение опорных поверхностей шлифовального круга относительно направления обката и торца колеса Неравномерная правка шлифовального круга боковыми алмазами	Проверить крепление шлифовального круга на шпинделе. Сменить втулки (при необходимости) Отрегулировать установку боковых алмазов таким образом, чтобы их вершины находились на одной высоте относительно обрабатываемого колеса и отстояли друг от друга на строго определенном расстоянии. В случае износа алмазов заменить штифты с алмазами

Продолжение табл. 12

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
	Отклонение от перпендикулярности оси обрабатываемого колеса к оси шлифовального круга	Проверить правильность крепления колеса, сменить оправку. Посадочный диаметр оправки выдержать точно по отверстию колеса с совпадением осей центров и посадочной части оправки
Отклонения внутренних диаметров зубьев и профилей впадин шлифуемого колеса	Неправильная установка переднего алмазодержателя относительно осевой линии боковых алмазов Колебания переднего алмазодержателя	Установить передний алмазодержатель по специальному контрольному приспособлению Отрегулировать положение алмазодержателя, закрепить его, затянуть гайку и контргайку
Выкрашивание краев шлифовального круга	Заниженная твердость шлифовального круга Неравномерный припуск на обработку зуба	Установить шлифовальный круг большей твердости Соблюдать припуск на шлифование

13. Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей деталей при обработке на шлипешлифовальных станках

Отклонение или дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение размера внутреннего диаметра вала относительно номинального размера	Неправильная установка шлифовального круга	Установить шлифовальный круг по расчетному межосевому расстоянию
Отклонения от цилиндричности и прямолинейности центрирующих диаметров вала и от прямолинейности боковых поверхностей зубьев	Неточная установка заготовки относительно продольного перемещения стола	Проверить состояние центров стола и центровых отверстий заготовки, установить ось заготовки параллельно перемещению стола

Продолжение табл. 13

Отклонение или дефект	Причины возникновения	Способ устранения
Отклонение окружных шагов зубьев	Неправильная установка делительного диска на шпинделе механизма деления	Снять делительный диск, очистить посадочные поверхности от грязи и стружки, снова установить диск на шпиндель
Повышенная шероховатость центрирующих элементов шлифового вала	Нестабильная фиксация пазов делительного диска Неправильный выбор характеристики шлифовального круга	Проверить и наладить работу фиксатора в механизме деления Установить шлифовальный круг с более мелкой зернистостью

Под *номинальной* понимают идеальную поверхность, номинальная форма которой задана чертежом или другой технической документацией.

Номинальный профиль — это профиль номинальной поверхности.

Основными видами отклонений формы поверхностей являются:

отклонение от плоскостности — наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка;

выпуклость поверхности — отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности от прилегающей плоскости уменьшается от краев к середине;

вогнутость поверхности — отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности от прилегающей плоскости увеличивается от краев к середине;

отклонение от цилиндричности — наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

Основными видами отклонений формы профилей являются:

отклонение от прямолинейности в плоскости — наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка;

выпуклость профиля — отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой уменьшается от краев к середине;

вогнутость профиля — отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой увеличивается от краев к середине;

отклонение от прямолинейности оси (или линии) в заданном направлении — наименьшее расстояние Δ между двумя параллельными плоскостями, перпендикулярными к плоскости заданного направления, в пространстве между которыми располагается реальная ось поверхности вращения (линия) в пределах нормируемого участка;

отклонение от прямолинейности оси (или линии) в пространстве — наименьшее значение диаметра Δ цилиндра, внутри которого располагается реальная ось поверхности вращения (линия) в пределах нормируемого участка;

отклонение от круглости — наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей окружности;

овальность — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях;

огранка — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру;

отклонение профиля продольного сечения — наибольшее расстояние Δ от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка.

Основными видами отклонений профиля продольного сечения являются: отклонение от прямолинейности и параллельности образующих (в частном виде конусообразность, бочкообразность и седлообразность).

Конусообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны.

Бочкообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения.

Седлообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения.

Основными видами отклонений расположения поверхностей являются:

отклонение от параллельности плоскостей — разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка;

отклонение от перпендикулярности плоскостей — отклонение угла между плоскостями от прямого угла (90°), выраженное в линейных единицах Δ на длине нормируемого участка;

отклонение наклона плоскости относительно плоскости — отклонение угла между плоскостью и базовой плоскостью от номинального угла, выраженное в линейных единицах Δ на длине нормируемого участка.

Основными видами отклонений расположения поверхностей и осей (линий) являются: отклонение от перпендикулярности плоскости относительно оси (или прямой); отклонение от перпендикулярности оси (или прямой) относительно плоскости в заданном направлении; отклонение наклона оси (или прямой) относительно плоскости.

Основными видами отклонений расположения профилей, осей (или линий) являются: отклонение от параллельности прямых в плоскости; отклонение от параллельности осей в пространстве; отклонение от параллельности осей (или прямых) в общей плоскости; перекося осей (или прямых); отклонение наклона оси (или прямой) относительно оси (прямой); отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности; отклонение от соосности относительно общей оси; позиционное отклонение; отклонение от пересечения осей.

Основными видами суммарных отклонений формы и расположения поверхностей (плоскостей) являются: полное радиальное биение; полное торцовое биение; отклонение формы заданной поверхности; суммарное отклонение параллельности и плоскостности; суммарное отклонение перпендикулярности и плоскостности; суммарное отклонение от номинального наклона и плоскостности.

Основными видами суммарных отклонений формы и расположения профилей являются: радиальное биение; торцовое биение; биение в заданном направлении; отклонение формы заданного профиля.

4. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Обработанные шлифованием детали измеряют универсально-измерительными средствами (например, микрометрами, пассаметрами), а также специальным инструментом (например, скобами, шаблонами) и сложными измерительными приспособлениями (при обработке партии деталей).

Различают контрольный и измерительный инструмент.

Инструменты, которые указывают только на погрешности размеров и формы детали, а не на ее величину, относят к *контрольным* (например, предельные калибры, поверочные линейки, шупы).

Инструменты, позволяющие определить действительные размеры деталей и отклонения от номинальных значений, относят к *измерительным* (например, штангенциркули, штангенрейсмасы, микрометры, угломеры металлические линейки и рулетки).

Измерительные средства подразделяют на универсальные и специальные.

К универсальным измерительным средствам относят инструменты и приборы, с помощью которых можно определить размеры различных деталей.

Специальные измерительные средства служат для измерения определенных деталей узкого назначения. К специальным измерительным средствам относят контрольные приспособления, автоматы, полуавтоматы и т. п.

Для измерения длин, диаметров и зазоров между поверхностями деталей служат: концевые плоскопараллельные меры (плитки), линейки, шупы, штангенинструменты, микрометрические инструменты и т. д. (табл. 14—19).

Мера — средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера.

Для измерения отклонений от плоскостности, прямолинейности, взаимного расположения углов, конусов служат поверочные угольники и плиты, оптические линейки, угломеры, уровни и рычажно-механические измерительные приборы (табл. 19, 20).

Измерительный прибор — средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

14. Характеристика комплектов плоскопараллельных концевых мер длины (ГОСТ 9038—83)

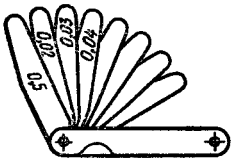
Номер набора (число мер в наборе)	Градация мер, мм	Номинальная длина мер, мм	Число мер	Класс точности наборов	
				из стали	из твердо- го сплава
1 (83)	—	1,005	1	0; 1; 2 и 3	1; 2 и 3
	0,01	1—1,5	51		
	0,1	1,6—2	5		
	—	0,5	1		
	0,5	2,5—10	16		
	10	20—100	9		
2 (38)	—	1,005	1	1; 2 и 3	1; 2 и 3
	0,01	1—1,1	11		
	0,1	1,2—2	9		
	1	3—10	8		
	10	20—100	9		
3 (112)	—	1,005	1	0; 1; 2 и 3	1; 2 и 3
	0,01	1—1,5	51		
	0,1	1,6—2	5		
	—	0,5	1		
	0,5	2,5—25	46		
	10	30—100	8		
4 (11)	0,001	2—2,01	11	0; 1; 2	—
5 (11)	0,001	1,99—2	11	0; 1; 2	—
6 (11)	0,001	1—1,01	11	0; 1; 2	0 и 1
7 (11)	0,001	0,99—1	11	0; 1; 2	0 и 1
8 (10)	25	125—200	4	0; 1; 2 и 3	—

Продолжение табл. 14

Номер набора (число мер в наборе)	Градация мер, мм	Номинальная длина мер, мм	Число мер	Класс точности наборов	
				из стали	из твердого сплава
8 (10)	50	250—300	2	0; 1; 2 и 3	—
	100	400—500	2		
9 (12)	100	100—1000	10	0; 1; 2 и 3	—
10 (20)	0,01	0,1—0,29	20	1; 2 и 3	—
11 (43)	0,01	0,3—0,7	41	0; 1; 2 и 3	—
	0,1	0,8—0,9	2		
12 (74)	—	1,005	1	—	1; 2; 3
	0,01	0,9—1,5	61		
	0,1	1,6—2	5		
	—	0,5	1		
	0,5	2,5—5	6		
13 (11)	—	5	1	1; 2 и 3	—
	10	10—100	10		
14 (38)	0,5	10,5—25	30	0; 1; 2 и 3	—
	10	30—100	8		
15 (29)	—	1,005	1	1; 2 и 3	—
	0,01	1—1,1	11		
	0,1	1,2—2	9		
	1	3—10	8		
16 (19)	0,001	0,991—1,009	19	0; 1 и 2	0 и 1
17 (19)	0,001	1,991—2,009	19	0; 1 и 2	—
18 (2)	—	—	—	—	1; 2 и 3
19 (2)	—	—	—	—	1; 2 и 3

Примечание. В число концевых мер в наборы № 8, 9, 18 и 19 входят по две защитные меры. Их длина для наборов № 8 и 9 составляет 50 мм, для набора № 18 — 1 мм и для набора № 19 — 2 мм. Концевые меры в наборах № 1, 2 и 3 из твердого сплава длиной св. 5 мм допускается заменять концевыми мерами из стали.

15. Щупы (ГОСТ 882—75)

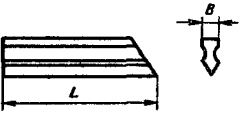
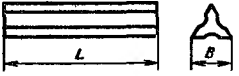
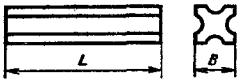
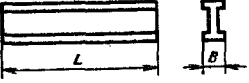
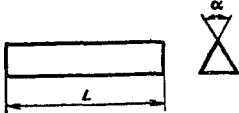
Наборы	Эскиз	Краткая характеристика
№ 1 и 2		Диапазон измерений 0,02—0,10 мм (через 0,01 мм) и 0,02—0,5 мм (через 0,01 и 0,05 мм); число пластин в наборе 11 и 17; ширина пластин 10 мм; длина 100 и 200 мм; класс точности 1 и 2
№ 3		Диапазон измерений 0,55—1 мм (через 0,05 мм); число пластин в наборе 10; ширина пластин 10 мм; длина 100 и 200 мм; класс точности 1 и 2
№ 4		Диапазон измерений 0,1—1 мм (через 0,10 мм); число пластин в наборе 10; ширина пластин 10 мм; длина 100 и 200 мм; класс точности 1 и 2

Примечание. Назначение щупов — для измерения зазоров между поверхностями.

Отклонения от прямолинейности проверяют с помощью поверочных (лекальных) линеек, с использованием автоколлиматора и зеркала.

Для проверки отклонения от прямолинейности поверочную (лекальную) линейку прикладывают к детали и образующиеся просветы оценивают на глаз или щупами. При использовании автоколлиматоров типа мод. АК-0,2У и МГА по поверхности детали перемещают зеркало с подставкой. Луч света, посланный из автоколлиматора, отклоняется зеркалом и отраженный возвращается на отсчетную шкалу прибора.

Отклонение от плоскостности измеряют поверочными плитами по краске или с помощью измерительных головок. В первом случае поверочную плиту, покрытую тонким слоем краски, накладывают на контролируемую поверхность детали (или наоборот). По числу и размеру пятен определяют отклонение от плоскостности. В качестве краски используют смесь касторового (или машинного) масла с лазурью, ультрамарином или сажей, например, 50—70 г касторового масла на 100 г лазури.

Линейки	Эскиз	Краткая характеристика
с пронным скосом типа ЛД		Размеры $L \times B$: 50 × 6; 80 × 6; 125 × 6; 320 × 8 и 500 × 10 мм; класс точности 0 и 1
ные типа ЛТ		Размеры $L \times B$: 200 × 26; 320 × 30 и 500 × 30 мм; класс точности 0 и 1
гранные типа ЛЧ		Размеры $L \times B$: 200 × 20; 320 × 25 и 500 × 25 мм; класс точности 0 и 1
кой рабочей поверх- ного сечения типа ШПХ (хромированные)		Размеры $L \times B$: 250 × 5; 400 × 6 и 630 × 6 мм; класс точности 0, 1 и 2
ового сечения типа ШД		Размеры $L \times B$: 630 × 14; 1000 × 16; 1600 × 18; 2000 × 20; 2500 × 20 и 3000 × 20 мм; класс точности 0 (до 1600 мм), 1 и 2
а типа ШМ		Размеры $L \times B$: 400 × 50; 630 × 50; 1600 × 80; 2000 × 90; 2500 × 100 и 3000 × 100 мм; класс точности 0, 1 и 2
грехгранные типа УТ		Длина L : 400; 630 и 1000 мм; α : 45°; класс точности 0, 1 и 2

17. Штангенинструменты

Наименование, тип и модель (ГОСТ, ТУ)	Краткая характеристика	Измерение размеров
Штангенциркули (ГОСТ 166—80): двусторонний с глубиномером типа ШЦ-I	Диапазон измерений 0—125 мм; значение отсчета по нониусу 0,1 мм	Наружных и внутренних, а также глубин
односторонний с покрытием из твердого сплава с глубиномером типа ШЦТ-I	То же	Наружных в условиях повышенного изнашивания
двусторонние типа ШЦ-II	Диапазон измерений 0—160; 0—200; 0—250 мм; значение отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм	Наружных и внутренних (для разметки)
односторонние типа ШЦ-III (типоразмеры 1600—3000 и 2000—4000 по ТУ 2-034-803—74)	Диапазон измерений 0—160; 0—200; 0—250; 0—315; 0—400; 0—500; 250—630; 250—800; 320—1000; 500—1250; 500—1600; 800—2000 мм; значение отсчета по нониусу 0,05 мм (при диапазоне до 250 мм) и 0,10 мм (при диапазоне до 2000 мм)	Наружных и внутренних (для разметки деталей штангенциркуль снабжают разметочным устойчивым)
со стрелочным отсчетом мод. 124 (ТУ 2-034-9—85)	Диапазон измерений 0—150 мм; цена деления шкалы штанги 10 мм; цена деления круговой шкалы 0,1 мм	Наружных и внутренних, глубин
Штангенглубиномеры: мод. ШГ-160; ШГ-200; ШГ-250; ШГ-315 и ШГ-400 (ГОСТ 162—80)	Диапазон измерений 0—160; 0—200; 0—250; 0—315 и 0—400 мм; значение отсчета по нониусу 0,05 мм	Глубин

Продолжение табл. 17

Наименование, тип и модель (ГОСТ, ТУ)	Краткая характеристика	Измерение размеров
со стрелочным отсчетом мод. БВ-6232 (ТУ 2-034-620-84)	Диапазон измерений 0—250 мм; цена деления шкалы отсчетного устройства 0,05 мм; цена деления шкалы штанги 5 мм	Глубин
Штангенрейсмасы: мод. ШР-250; ШР-400; ШР-630; ШР-1000; ШР-1600 и ШР-2500 (ГОСТ 164-80)	Диапазон измерений 0—250; 40—400; 60—630; 100—1000; 600—1600 и 1500—2500 мм; значение отсчета по нониусу 0,05 мм (при диапазоне до 630 мм) и 0,10 мм (при диапазоне св. 630 мм)	»
со стрелочным отсчетом мод. БВ-6226 (ТУ 2-034-616-83)	Диапазон измерений 0—250 мм; цена деления шкалы отсчетного устройства 0,05 мм; цена деления шкалы штанги 5 мм	»
Штангензубомеры с нониусом типа ШЗ-18 и ШЗ-36 (ТУ 2-034-773-84)	Диапазон модулей контролируемых колес 1—18 и 5—36 мм; значение отсчета по нониусу 0,05 мм	Модуля цилиндрических зубчатых колес внешнего зацепления

Во втором случае измерительную головку на стойке устанавливают вместе с деталью на поверочную плиту. Головку перемещают по плите в разные точки контролируемой поверхности и снимают показания, которые характеризуют отклонения от плоскостности. Проверку отклонений от плоскостности также осуществляют с помощью автоколлиматора аналогично проверке отклонений от прямолинейности, но измерение проводится по пяти сечениям.

18. Микрометрические инструменты

Наименование, тип и модель (ГОСТ, ТУ)	Краткая характеристика	Измерение размеров
Микрометры (ГОСТ 6507—78): гладкие типа МК, мод. 102	Диапазон измерений 0—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—125; 125—150; 150—175; 175—200; 200—225; 225—250; 250—275; 275—300; 300—400; 400—500 и 500—600 мм; цена деления 0,01 мм; измерительное усилие не более 9 Н	Наружных
листовые с циферблатом мод. МЛ-5, МЛ-10 и МЛ-25	Диапазон измерений 0—5; 0—10 и 0—25 мм; цена деления 0,01 мм; измерительное усилие не более 7 Н	Толщины листов и лент
трубный мод. МТ-25	Диапазон измерений 0—25 мм; цена деления 0,01 мм; наименьший внутренний диаметр измеряемых труб 8 или 12 мм; измерительное усилие не более 7 Н	Толщины стенок труб
зубомерные типа МЗ (нормалемер)	Диапазон измерений 0—25; 25—50; 50—75 и 75—100 мм; цена деления 0,01 мм; измерительное усилие не более 7 Н	Длины общей нормали зубчатых колес с модулем св. 1 мм
Глубиномеры микрометрические, оснащенные твердым сплавом, мод. ГМ-100 и ГМ-150 (ГОСТ 7470—78)	Диапазон измерений 0—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—125 и 125—150 мм; цена деления 0,01 мм; измерительное усилие не более 7 Н	Глубины пазов и высоты уступов

Продолжение табл. 18

Наименование, тип и модель (ГОСТ, ТУ)	Краткая характеристика	Измерение размеров
Нутромеры микрометрические типа НМ (ГОСТ 10-75)	Диапазон измерений 50-75; 75-175; 75-600; 150-1250; 800-2500; 1250-4000 и 2500-6000 мм; цена деления 0,01 мм	Внутренних
Микрометры со вставками типа МВМ (ГОСТ 4380-86)	Диапазон измерений 0-350 мм (через 25 мм); цена деления шкалы 0,01 мм; измерительное усилие не более 9 Н	Среднего диаметра метрических, дюймовых и грубых резьб

19. Рычажно-механические измерительные приборы

Наименование, тип и модель (ГОСТ, ТУ)	Краткая характеристика	Измерение размеров
Индикаторы часового типа (ГОСТ 577-68): мод. ИЧ02 и ИЧ10МН	Диапазон измерений 0-2 и 0-10 мм; цена деления шкалы 0,01 мм; класс точности 0 и 1; измерительное усилие не более 1,5 Н	Отклонений формы и расположения поверхностей
мод. ИТ02	Диапазон измерений 0-2 мм; цена деления шкалы 0,01 мм; класс точности 0 и 1; измерительное усилие не более 1,5 Н	То же
Индикаторы многообортные: типа 1 МИГ мод. 05301 и типа 2 МИГ	Диапазон измерений 0-1 и 0-2 мм; цена	»

Продолжение табл. 19

Наименование, тип и модель (ГОСТ, ТУ)	Краткая характеристика	Измерение размеров
мод. 05201 (ГОСТ 9696—82)	деления шкалы 0,001 и 0,002 мм; измерительное усилие не более 2 Н	Отклонений форм и расположение поверхностей
мод 05205 и 05305 (ТУ 2-034-317—77)	Диапазон измерений 0—5 мм; цена деления шкалы 0,002 и 0,004 мм; измерительное усилие не более 2 Н	Точное
Скобы (ГОСТ 11098—75): рычажные с встроенным в корпус отсчетным устройством типа СР мод. 01010, 01110, 01210, 01310, 01410 и 01510	Диапазон измерений 0—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—125 и 125—150 мм; цена деления шкалы 0,002 мм; измерительное усилие не более 10 Н	Линейных
индикаторные, оснащенные измерительными головками, типа СИ	Диапазон измерений 0—50; 50—100; 100—200; 200—300; 300—400; 400—500; 500—600; 600—700; 700—850 и 850—1000 мм; цена деления шкалы 0,01 мм; измерительное усилие не более 12 Н	Линейных
Микрометры рычажные с отсчетным устройством, встроенным в корпус типа МР мод. 02020, 02120, 02220 и 02320	Диапазон измерений 0—25; 25—50; 50—75 и 75—100 мм; цена деления шкалы отсчетного устройства 0,002 мм; цена деле-	Наружных

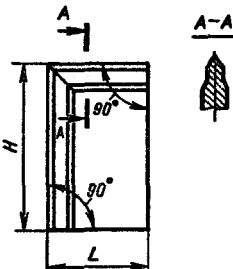
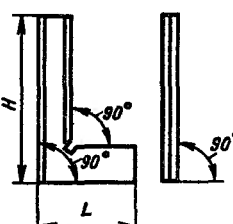
Продолжение табл. 19

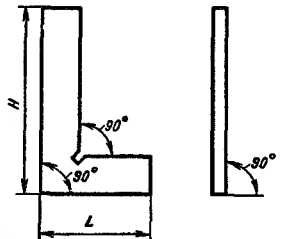
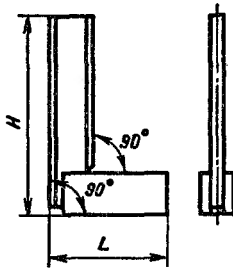
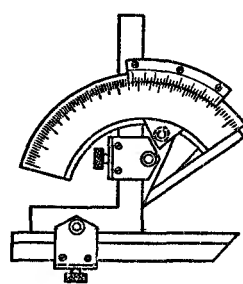
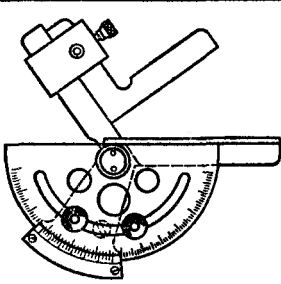
Наименование, тип и модель (ГОСТ, ТУ)	Краткая характеристика	Измерение размеров
оснащенные отсчетным устройством типа МРИ мод. МРИ125, МРИ150, МРИ200, МРИ250, МРИ300, МРИ400 и МРИ500	ния шкалы барабана микрометра 0,01 мм; измерительное усилие не более 7 Н	Наружных
	Диапазон измерения 100—125; 125—150; 150—200; 200—250; 250—300; 300—400 и 400—500 мм; цена деления шкалы отсчетного устройства 0,002 мм; цена деления шкалы барабана микрометра 0,01 мм; измерительное усилие не более 10 Н	То же
Головки измерительные пружинные: малогабаритные (микрометры) типа 02-ИПМ мод. 13510; типа 05-ИПМ мод. 13401; типа 1-ИПМ мод. 13301; типа 2-ИПМ мод. 13201 (ГОСТ 14712—79)	Диапазон измерений $\pm 0,010$; $\pm 0,025$; $\pm 0,050$ и $\pm 0,100$ мм; цена деления шкалы 0,0002; 0,0005; 0,001 и 0,002 мм; измерительное усилие не более 1,5 Н	Линейных, отклонений формы
с нормальным измерительным усилием типа 01 ИПМ мод. 11600 (ГОСТ 6933—81)	Диапазон измерений $\pm 0,004$ мм; цена деления шкалы 0,0001 мм; измерительное усилие не более 1,5 Н	Точное линейных, отклонений формы и расположения поверхностей
Головки измерительные: рычажно-пружинные виброустойчивые (микрометры) мод. 10302 (ГОСТ 14711—69)	Диапазон измерений ± 80 мкм (с коротким наконечником ± 40 мкм); цена де-	Отклонений формы и размеров деталей в труднодоступных местах

Продолжение табл. 19

Наименование, тип и модель (ГОСТ, ТУ)	Краткая характеристика	Измерение размеров
пружинно-оптические (оптикаторы) типа 01П мод. 15601, типа 02П мод. 15501, типа 05П мод. 15401 (ГОСТ 10593—74)	ления шкалы головки 2 мкм (с коротким наконечником 1 мкм); измерительное усилие не более 3 сН (с коротким наконечником не более 20 сН).	в условиях повышенной вибрации
	Диапазон измерений ± 12 ; ± 25 и ± 50 мкм; цена деления шкалы 0,1; 0,2 и 0,5 мкм; измерительное усилие не более 1,5 Н	Линейных и отклонений формы методом сравнения
Глубиномер индикаторный мод. ГИ100 (ГОСТ 7661—67)	Диапазон измерений: глубиномера 0—100, индикатора 0—10 мм; цена деления шкалы индикатора 0,01 мм; измерительное усилие не более 2 Н	Глубины пазов, отверстий и высоты уступов
Нутромеры индикаторные типа НИ (ГОСТ 868—82)	Диапазон измерений 6—10; 10—18; 18—50; 50—100; 100—160; 160—250; 250—450; 450—700 и 700—1000 мм; цена деления 0,01 мм; измерительное усилие не более 9 Н	Внутренних
Нутромеры (ГОСТ 9244—75)	Диапазон измерений 2—3; 3—6; 6—10; 10—18; 18—50; 50—100; 100—160 и 160—260 мм; цена деления 0,001 и 0,002 мм; измерительное усилие не более 9 Н	Внутренних

Измерения углов и конусов

Наименование, тип (ГОСТ, ТУ)	Эскиз	Краткая характеристика	Измерение углов
Проверочные (ГОСТ 749—77):		Размеры $H \times L$: 60×40; 100×60 и 160×100 мм; № класс точности 0 и 1	Прямые углы
Типа УЛП		Размеры $H \times L$: 60×40; 100×60; 160×100 и 250×160 мм; класс точности 0 и 1	»

			
е: е типа УП		Размеры $H \times L$: 60 × 40; 100 × 60; 160 × 100; 250 × 160 и 400 × 250 мм; класс точности 1 и 2	»
ким основанием УШ		Размеры $H \times L$: 60 × 40; 100 × 60; 160 × 100; 250 × 160; 400 × 250; 630 × 400; 100 × 630 и 1600 × 1000 мм; класс точности 0 (при H до 400 мм), 1 (при H до 400 мм), ((при H до 1000 мм) и 2 (при H = 1600 мм)	»
ы с нониусом 378—66): мод. 127		Диапазон измерений углов: наружных 0—360°; внутренних 40—180°; цена деления основной шкалы 1°; значение отсчета по нониусу 2'	На вну
1 мод. 2УМ и		Диапазон измерений наружных углов 0—180°; цена деления основной шкалы 1°; значение отсчета по нониусу 2 и 5'	На

Отклонения от цилиндричности оцениваются измерением детали в нескольких сечениях. Приборов для измерения этих отклонений нет.

Отклонение от круглости измеряют специальным прибором — кругломером типа мод. 290.

Для измерения небольших обработанных площадок на деталях применяют лупы типа ЛИ-3-10^x, ЛИ-4-10^x и отсчетные микроскопы типа МПБ-2 и МИР-2. Все они имеют прозрачную шкалу измерений, что позволяет осуществлять измерение непосредственно на поверхности детали.

Угловые размеры измеряют различными угломерами, оптическими делительными головками (типа ОДГ-5Э).

Для быстрых и точных измерений и контроля деталей небольших размеров сложной формы как в лабораторных, так и в цеховых условиях рекомендуется применять измерительные проекторы типа ЧП-2, БП-3Ц.

5. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Качество шлифованных поверхностей — понятие комплексное и характеризуется геометрическими параметрами (шероховатостью и волнистостью), структурой и свойствами тонкого поверхностного слоя, образованного под воздействием силового, теплового и химического факторов в процессе обработки.

Для проверки качества обработанной поверхности применяют контроль, который может быть *сплошным*, когда проверяют каждую деталь, и *выборочным*, когда проверке подвергают определенное число деталей из партии. Для обоснованного определения оптимального числа проверяемых из партии деталей учитывают погрешность проверяемого параметра, состояние оборудования и оснастки, квалификацию рабочего и другие факторы.

Оценка качества обработанных поверхностей начинается с поиска дефектов внешнего вида визуальным осмотром или с помощью луп типа ЛАЗ-6^x. Размеры дефектов измеряют с помощью луп типа ЛИ-3-10^x или микроскопов типа МИР-2.

Для измерения шероховатости применяют два метода: контактный и бесконтактный.

Контактный метод позволяет определять все высотные и шаговые параметры шероховатости, а также параметр *tp*. На принципе использования этого метода работают электронные

приборы. По виду представления результатов измерения электронные приборы делят на профилометры и профилографы. Принцип их действия основан на перемещении алмазной иглы (с радиусом округления у вершины 2 или 10 мкм) вдоль измеряемой поверхности; вертикальные перемещения иглы вследствие неровностей поверхности преобразуются датчиком в электрические сигналы, которые усиливаются, суммируются и подаются на показывающие приборы, проградуированные по параметрам шероховатости, или записываются в виде профилграмм на электрографической бумаге.

Наибольшее распространение из бесконтактных способов получили способы светового сечения и теневой проекции, с применением растров и интерференционных.

Бесконтактные способы измерения шероховатости осуществляются оптическими приборами. Эти приборы предназначены для измерения параметров $R_{\max}$, R_z и S шероховатости, в основном, наружных поверхностей.

Для измерения шероховатости наиболее тщательно обработанных поверхностей применяют микроинтерферометры. Эти приборы позволяют измерять шероховатость плоских, цилиндрических и сферических поверхностей.

Некоторые модели микроинтерферометров (типа МИИ-4) имеют устройства для фотографирования профиля.

Микроинтерферометр МИИ-10 позволяет измерять шероховатость иммерсионно-репликовым методом. При этом измеряют шероховатость не самой детали, а реплики — отпечатка с поверхности. Отпечаток получают на нитроцеллюлозной киноплёнке. Это расширяет диапазон измерений, позволяет измерять шероховатость в труднодоступных местах (отверстиях, поверхностях резьб, зубьев колес и т. п.).

Для измерения шероховатости грубообработанных поверхностей применяют приборы светового и теневого сечения. Приборы светового сечения типа ПСС имеют два микроскопа: проецирующий и наблюдения. Отсюда прежнее название — двойной микроскоп. Приборы выполнены накладными и устанавливаются непосредственно на измеряемые детали. Приборы теневого сечения по принципу действия аналогичны приборам светового сечения, но предназначены для измерения шероховатости еще более грубообработанных поверхностей.

Шероховатость металлических поверхностей с направленными следами обработки измеряют с помощью растровых микроскопов.

Визуально определение шероховатости обработанных поверхностей осуществляется сравнением с образцами шероховатости, изготовленными в виде брусков с плоской и цилиндрической поверхностью. На практике вместо образцов шероховатости широко применяют аттестованные образцовые детали, изготовленные из того же материала и обработанные по той же технологии, что и контролируемые детали.

Технические характеристики средств контроля шероховатости приведены в табл. 21.

Для измерения волнистости обработанной поверхности применяют приборы, использующие контактный метод. Например, волнистость на плоской поверхности измеряют с помощью профилометра-профилографа мод. 203 завода «Калибр» иглой, имеющей радиус округления 10 мм. Прибор позволяет записать волнограмму без учета шероховатости поверхности. Волнистость измеряют также с помощью приборов для определения прямолинейности, например автоколлиматорами типа АК-30 с автоматической записью результатов, оптическими линейками типа ИС-36М и линейками ЛИП-3 и УИП-5. Для измерения волнистости цилиндрических поверхностей применяют кругломеры типа мод. 290, прибор МПГ-3, а также специальные приборы мод. ОКП-1 и 267 для контроля подшипников.

Шлифовочные прижоги выявляют визуально по наличию цветов побежалости – радужной окраске, возникающей на поверхности нагретого стального образца в результате появления на нем тонкого слоя окислов. Каждому цвету соответствует определенная температура нагрева в зависимости от группы сталей. Например, для углеродистых сталей характерны следующие цвета побежалости: соломенный – при 220 °С, золотистый – при 230 °С, коричневый – при 240 °С, красно-коричневый – при 250 °С, пурпурный – при 260 °С, фиолетовый – при 280 °С, синий (васильковый) – при 300 °С, светло-голубой – при 320 °С, светло-серый – при 330–350 °С.

На легированных сталях эти цвета побежалости появляются при более высоких температурах.

Однако визуальный метод определения прижогов является неоднозначным и не позволяет осуществить количественную оценку прижога.

Для однозначного определения наличия прижогов и мягких пятен применяют травление обработанных поверхностей деталей. Для травления используют водные, спиртовые или ацето-

21. Технические характеристики средств контроля шероховатости

Наименование и модель (ГОСТ, ТУ)	Краткая характеристика
Образцы шероховатости поверхности (сравнения) (ГОСТ 9378—75)	Параметр шероховатости Ra образцов: 0,025; 0,050; 0,100; 0,200; 0,400; 0,800 мкм
Профилограф-профилометр типа А1 мод. 252 (ТУ 2-034-105—78)	Диапазон измерений: профилографа 0,02—250 мкм; профилометра по параметрам: $Ra = 0,02 \div 100$ мкм; $H_{\max}$ и $H_{\min}$ 0,1—100 мкм; t_p 0—100%. Базовая длина: для профилографа — весь ряд; для профилометра 0,08; 0,25; 0,8 и 2,5 мм. Увеличение: вертикальное 20—100 000 ^x (9 ступеней), горизонтальное 0,5—2000 ^x (12 ступеней)
Профилограф-профилометр с выходом на ЭВМ мод. 250 (ТУ 2-034-13—86)	Диапазон измерений: профилографа 0,02—500 мкм; профилометра по параметру $Ra = 0,02 \div 100$ мкм. Базовая длина: для профилографа — весь ряд; для профилометра 0,08; 0,25; 0,8 и 2,5 мм. Увеличение: вертикальное 100—20 000 ^x ; горизонтальное 0,5—2000 ^x . Минимальный диаметр измеряемых отверстий 3 мм. Может служить для измерения криволинейных поверхностей
Профилометр типа А, группы П, мод. 296 (ТУ 2-034-4—83)	Диапазон измерения параметра $Ra = 0,02 \div 10$ мкм. Измеряемая величина выдается в числовой форме. Базовая длина 0,25; 0,8 и 2,5 мм
Микроинтерферометры: Линника (микроскоп интерференционный измерительный) мод. МИИ-4 (ТУ 3-3.1145—81)	Предел измерения высоты неровностей 0,1—0,8 мкм. Увеличение: при визуальном наблюдении 500 ^x ; при фотографировании 260 ^x . Поле зрения 0,32; 0,38 мм
мод. МИИ-10 (ТУ 3-3.1119—75)	Пределы измерения: иммерсионно-репликовым методом 0,4—10 мкм; интерференционным методом 0,1—0,8 мкм. Увеличение 500 ^x . Поле зрения 0,36 мм

Продолжение табл. 21

Наименование и модель (ГОСТ, ТУ)	Краткая характеристика
Прибор светового сечения типа мод. ПСС-2	Диапазон измерений параметров: R_z и $R_{\max}$ 0,8–40 мкм; S и Sm 0,1–6,3 мм
Прибор теневого сечения типа мод. ПТС-1	Диапазон измерений параметров: R_z и $R_{\max}$ 40–320 мкм; S и Sm 0,02–6,3 мм

новые растворы азотной кислоты, растворы этиленгликоля. Операции по выявлению мягких пятен и прижогов на деталях осуществляют в последовательности, указанной в табл. 22.

Поверхности деталей после травления подвергают визуальному осмотру. При осмотре на сером фоне травленной поверхности выявляют дефекты в виде участков различной конфигурации более темного или светлого тона.

Темные пятна с размытыми границами на общем фоне поверхности характеризуют собой мягкие закалочные зоны. Повышенная травимость обусловлена наличием в структуре троостита закалки.

Темные штрихи, пятна и полосы на более светлом основном фоне травленной поверхности детали указывают на наличие шлифовочных прижогов (зон вторичного отпуска).

Шлифовочные прижоги, состоящие из зон вторичной закалки, наоборот, представляют собой более светлые участки (в виде штрихов, пятен и полос), ограниченные темной оторочкой. Более светлый тон участков прижога объясняется меньшей травимостью зон неотпущенного мартенсита или мартенсита и аустенита. Темная оторочка является переходной зоной высокоотпущенного мартенсита.

На травленном сером фоне поверхности детали могут выступать более светлые серые пятна с размытыми границами, не имеющие серой оторочки; это участки с обезуглероженной поверхностью.

Процесс травления зависит от состояния поверхности. Для чисто полированной поверхности целесообразно применять слабые травящие растворы, для грубошлифованной — высококонцентрированные растворы (при этом время травления увеличивается).

22. Операции по выявлению мягких пятен и прижогов на деталях

Операция	Рабочая среда	Технологические условия
Предварительное обезжиривание	Бензин Б70 или керосин	При значительных жировых загрязнениях
Обезжиривание	Водно-щелочной раствор (г/л): 30—45 тринатрийфосфата; 30—45 кальцинированной соды; 10—25 каустической соды; 5—10 жидкого стекла	Способ обработки — погружение (или струйный). Температура раствора 80—95 °С
Промывка	Проточная горячая вода Проточная холодная вода	Температура воды 60 °С в течение 0,5—1 мин До полного охлаждения детали
Травление	Водный раствор азотной кислоты (14—28 г/л) или спиртовой раствор азотной кислоты (20—45 г/л)	Температура раствора 15—30 °С в течение 0,5—2 мин
Промывка	Проточная холодная вода	В течение 0,5—1 мин
Осветление	Водный раствор (г/л): 10—150 хромового ангидрида; 4—6 серной кислоты	Температура раствора 15—30 °С; продолжительность 2 мин
Промывка	Проточная холодная вода	В течение 0,5—1 мин
Осветление	Раствор соляной кислоты (г/л): 90—130 соляной кислоты; 5—10 ингибитора ПБ5 или 40—55 соляной кислоты; 2 двухлористого олова	Температура раствора 15—30 °С; выдержка не более 2 мин
Промывка	Проточная холодная вода	В течение 0,5—1 мин

Продолжение табл. 22

Операция	Рабочая среда	Технологические условия
Нейтрализация	Водный раствор три-натрийфосфата (20—40 г/л) или кальцинированной соды (10—25 г/л)	Температура раствора 15—30 °С в течение 0,5—1 мин
Промывка	Проточная холодная вода	В течение 0,5—1 мин
Предохранение от коррозии	Водные растворы (г/л): а) 10—15 олеино-натриевое мыло;	В течение 1—2 мин Температура раствора 35—50 °С
	б) 2—3 азотистокислого натрия или 100 глицерина;	Температура раствора 15—30 °С
	в) 2 водного раствора аммиака или 2—3 азотистокислого натрия, 8—12 триэтаноламина	Температура раствора 15—30 °С

В поверхностном слое шлифованных деталей могут образовываться остаточные напряжения, которые всегда связаны с неоднородностью линейной или объемной деформации в смежных объемах материала детали.

На величину и знак остаточных напряжений влияют технологические факторы — методы и режимы обработки, состояние шлифовального круга, состав СОТС и другие.

Остаточные напряжения классифицируют как по протяженности силового поля, так и по физической сущности.

Общепринятой является классификация по первому признаку.

Напряжения 1-го рода — макронапряжения, охватывающие области, соизмеримые с размерами детали; эти напряжения имеют ориентацию, связанную с формой детали.

Напряжения 2-го рода — микронапряжения, распространяющиеся на отдельные зерна металла или на группу зерен.

Напряжения 3-го рода — субмикроскопические, относящиеся к искажениям атомной решетки кристалла; ориентация их связана со структурой атомной решетки. В этом случае термин «напряжения» является весьма условным и более правильно

пользоваться термином «статические искажения решетки или искажения 3-го рода».

По характеру остаточные напряжения разделяют на напряжения растяжения и сжатия. Наибольшие напряжения, возникающие при шлифовании, образуются на глубине 50—75 мкм.

При шлифовании на интенсифицированных режимах обработки появляются растягивающие напряжения, при чистовых режимах — сжимающие.

Чем выше твердость закаленной стали, тем больше напряжения в шлифованной поверхности.

Наименьшие остаточные напряжения образуются при шлифовании пористыми кругами с пониженной твердостью, непосредственно после тщательной правки с пониженными радиальной подачей и скоростью круга и повышенной скоростью детали, с увеличением числа выхаживающих ходов.

Остаточные макронапряжения в поверхностном слое определяют механическим путем на приборе «Пион-2» при непрерывном стравливании поверхностных слоев металла с исследуемого образца.

Наклеп и разупрочнение измеряют микротвердомерами мод. ПМТ-3 или ПМТ-5 путем вдавливания алмазной пирамиды в исследуемую поверхность и измерения получившегося отпечатка — ромба с диагоналями, не превышающими несколько десятков микрометров.

Для измерения микротвердости по сечению образца на нем делают косой шлиф под углом $1-2^\circ$, затем для каждого сечения осуществляют 15—25 параллельных измерений.

Фазовое состояние, структуру и физико-механические свойства поверхностного слоя обработанных деталей оценивают различными методами.

При послойном анализе наибольшее распространение имеют металлографические и физические (спектральный, рентгеновский, магнитный и др.) методы в их различном сочетании с химическими.

Металлографический метод выборочного контроля является разрушающим (требуется разрезка детали и изготовление шлифа).

Спектральный анализ — физический метод качественного и количественного анализа вещества, основанный на изучении их спектров — испускания, поглощения, комбинационного рассеяния света, люминесценции, рентгеновских. Метод отличается весьма высокой чувствительностью.

Рентгеновский анализ — метод, основанный на различном поглощении рентгеновских лучей при распространении их на одинаковые расстояния в различных средах. Регистрация интенсивности рентгеновских лучей, прошедших через контролируемое изделие, проводится фотографическим, визуальным, ксерографическим или ионизационным методами. Рентгеноскопия позволяет обнаружить раковины, рыхлости, трещины и другие дефекты, определить тип и характерные размеры кристаллической решетки металлов, а также распределение в них внутренних напряжений, осуществлять качественный и количественный фазовый анализ неоднородных физико-химических систем.

Магнитная дефектоскопия — комплекс методов, основанных на исследовании магнитных полей рассеяния вокруг намагниченной детали. Метод позволяет определить размеры, форму и глубину залегания дефектного слоя.

Для обнаружения трещин, которые могут образовываться в поверхностном слое при абразивной обработке, рекомендуется использовать следующие методы дефектоскопии: осмотр поверхности невооруженным глазом, микроскопический, цветных красок, люминесцентный, химического травления и магнитный.

Перед визуальным осмотром контролируемую поверхность протирают чистой ветошью и смачивают бензином. Бензин, задерживаясь в трещинах более длительное время, чем на поверхности, обрисовывает их контуры темными линиями на светло-сером фоне изделия.

Микроскопический метод позволяет обнаружить самые тонкие микротрещины. Контролируемую поверхность предварительно очищают песком, осуществляют тонкое шлифование, доводку или полирование (в течение 1–2 мин). Увеличение в 400^x гарантирует обнаружение тонких шлифовочных трещин. Этим методом контролируют мелкие и плоские детали.

При применении метода цветных красок контролируемую поверхность обезжиривают керосином (ацетоном, четыреххлористым углеродом или нитритно-содовым раствором) и высушивают в струе воздуха. Затем на очищенную поверхность кистью наносят слой красной краски. Через 15 мин краску смывают проточной водой. Поверхность высушивают фильтровальной бумагой или ветошью и наносят на нее кистью слой белой краски. На высушенной в струе теплого воздуха контролируемой поверхности в местах трещин выступают красные полосы, которые хорошо просматриваются на общем белом

фоне. Красную краску готовят следующим образом: к 10 г краски судан-3, растворенной в 200 мл скипидара, добавляют 800 мл керосина; полученный раствор нагревают в колбе 20 мин в водяной бане, а затем фильтруют. Для приготовления белой краски в 1 л воды (керосина) растворяют 300 г каолинового порошка.

Метод цветных красок позволяет обнаруживать поверхностные дефекты с шириной раскрытия 0,001 мм и глубиной — 0,01 мм на деталях из любого материала. Применение дефектоскопов мод. 77ДМК-3М и 77ДМК-4М позволяет быстро оценить обработанную поверхность.

Люминесцентный метод, основанный на способности свечения люминофора при ультрафиолетовом облучении, также применяют на производстве. Исследуемую поверхность обезжиривают очищенным бензином, затем сушат на воздухе 3—5 мин. Деталь погружают (смачивают или поливают) в раствор, состоящий из 25% авиационного масла марки МК8 и 15% керосина, и нагревают до 60—80°C в течение 5—10 мин. Затем поверхность промывают в горячем 5%-ном водном растворе кальцинированной соды и высушивают в струе воздуха или протирают ветошью. Для более быстрого выхода люминофора из трещин поверхность посыпают гигроскопическим порошком (окисью магния или тальком) и выдерживают в течение 3 мин. Излишний порошок стряхивают легким постукиванием о дерево. При облучении ультрафиолетовым светом трещины начинают светиться ярко-голубыми полосками на темно-фиолетовой поверхности детали.

Метод позволяет обнаруживать дефекты, имеющие ширину раскрытия 0,01—0,02 мм и глубину — 0,02 мм.

На применении этого метода основана работа люминесцентных дефектоскопов мод. ЛД-2 и ЛД-4, а также установки для люминесцентной дефектоскопии мод. КД-21Л.

Люминесцентный дефектоскоп мод. ЛД-4 предназначен для выявления поверхностных дефектов как на магнитных, так и немагнитных материалах, с шириной раскрытия трещины не менее 0,01 мм и глубиной не менее 0,02 мм.

Основные технические характеристики люминесцентного дефектоскопа мод. ЛД-4:

Питание — от сети переменного тока напряжением, В

380

Потребляемая мощность, кВт

Не более 2

Напряжение лампы типа ДРШ-250 в установленном режиме, В	72 ± 15
Температура, °С:	
крышки электроплитки	Не более 100
воздуха для подсушки влажных деталей	Не менее 50
Габариты (длина × ширина × высота), мм	1015 × 1240 × 766
Масса, кг	Не более 240

Установка для люминесцентной дефектоскопии мод. КД-21Л предназначена для выявления поверхностных несплошностей в деталях различной формы из разных материалов. Основные технические характеристики установки мод. КД-21Л:

Питание — от сети переменного тока напряжением, В	380/220
Потребляемая мощность, кВт	До 3
Тип источника излучения	ДРШ-1000
Тип фильтра	УФС-6
Толщина фильтра, мм	3
Интенсивность излучения при контрольном поле диаметром 150 мм, отн. ед.	2500—5000
Неравномерность облучения рабочего поля, отн. ед.	Не более 2
Габариты (длина × ширина × высота), мм:	
колонки	450 × 450 × 1000
стола	650 × 1400 × 800
пульта	140 × 380 × 220
Масса, кг	90

Для выборочного контроля обработанных поверхностей на наличие шлифовочных трещин рекомендуется применять метод химического травления. Исследуемую поверхность обезжиривают очищенным бензином, а затем просушивают на воздухе в течение 2 мин. Поверхность промывают техническим спиртом. Травление осуществляют в два этапа. Поверхность поочередно выдерживают в 5%-ном спиртовом растворе азотной кислоты (H_2NO_3) и в 12%-ном спиртовом растворе соляной кислоты (HCl) по 1 мин. Нейтрализацию проводят в 5%-ном водном растворе кальцинированной соды, а затем исследуемую поверхность промывают водой. Поверхность сушат в струе воздуха или протирают безворсовой салфеткой. Трещины, края которых очищены от окислов, прилипшего шлама и тонких

частиц металла, хорошо просматриваются на поверхности, подготовленной таким образом.

Для выявления шлифовочных трещин на деталях из ферромагнитных материалов применяют магнитный метод. Намагниченную деталь приводят в соприкосновение с мелкими частицами крокуса, находящимися во взвешенном состоянии в масле. Трещины прерывают магнитные силовые линии, возникающие в магнитном поле. Частицы крокуса перекрывают эти трещины, соединяя два полюса магнитного поля.

На применении этого метода основана работа магнитных дефектоскопов переменного тока — универсального мод. 9000-ВИАМ и силового агрегата мод. СМА 9000-ВИАМ.

Дефектоскопы позволяют осуществить плавное регулирование циркулярного и продольного магнитных полей. Полив контролируемой детали магнитной суспензией и ее размешивание осуществляется электронасосом.

1. БАЛАНСИРОВКА, УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ КРУГОВ

Дисбалансом называют векторную величину, равную произведению неуравновешенной массы на ее расстояние до оси ротора¹ e (эксцентриситет). Дисбаланс круга возникает при несовпадении его центра массы с центром вращения.

Основными причинами, вызывающими дисбаланс шлифовального круга, могут быть: неправильная установка круга на планшайбе; погрешность установки планшайбы с кругом на шпинделе станка; погрешности геометрической формы круга; неравномерный износ в процессе шлифования; неравномерное насыщение охлаждающей жидкостью.

Даже небольшой дисбаланс круга при большой частоте вращения создает значительную центробежную силу, которая может в несколько раз превысить собственную массу круга и вызвать его разрушение. Дисбаланс круга в процессе работы приводит к ухудшению качества шлифуемой поверхности (появлению огранки и волнистости, шлифовочных прижогов, увеличению шероховатости и другим дефектам), повышенному износу круга в процессе правки, увеличению износа правящего инструмента, преждевременному выходу из строя шпиндельного узла.

Для снижения дисбаланса шлифовальные круги подвергают балансировке. Круги диаметром менее 100 мм балансируют непосредственно на станке. Установленный на станке шлифовальный круг вращается холостую в течение 5–10 мин. Круг, имеющий биение, правят.

Шлифовальные круги диаметром более 100 мм балансируют с помощью специальных устройств. Различают балансировку статическую и динамическую.

¹ Ротором называют любую деталь или сборочную единицу, которая при вращении удерживается своими несущими поверхностями в опорах.

Статическую балансировку осуществляют на устройствах, которые отличаются формой направляющих. Они имеют форму ножей, призм, цилиндрических валиков 1 (рис. 1, а) или дисков 2 (рис. 1, б). Для статической балансировки могут применяться также балансировочные весы.

Динамическую балансировку кругов осуществляют на балансировочных станках типа мод. ДБ10, 9715.

Статическая балансировка осуществляется следующим образом. Шлифовальный круг 1 (рис. 2), предварительно закрепленный в планшайбе 2, монтируют на оправку 3, которую затем устанавливают перпендикулярно к двум параллельным направляющим 4 балансировочного приспособления с таким расчетом, чтобы круг был равноудален от обеих опорных поверхностей. Направляющие при этом должны быть одного вида и иметь одинаковую площадь поперечного сечения, твердость, соответствующую твердости оправки не ниже HRC 50, и шероховатость поверхности не ниже $Ra = 2,5$ мкм. Вследствие дисбаланса тяжелая сторона круга оказывается внизу. После остановки круга в верхнюю часть кольцевой канавки, выполненной на боковой стороне планшайбы, устанавливают сухарь 5. Удержание сухаря в планшайбе осуществляется стопорным винтом 6. Круг поворачивают на 90° , и если он не удерживается в состоянии безразличного равновесия, то на планшайбу устанавливают дополнительные противовесы. Процесс повторяют до тех пор, пока шлифовальный круг в любом положении не будет находиться в покое. После правки балансировку круга осуществляют вторично и более тщательно.

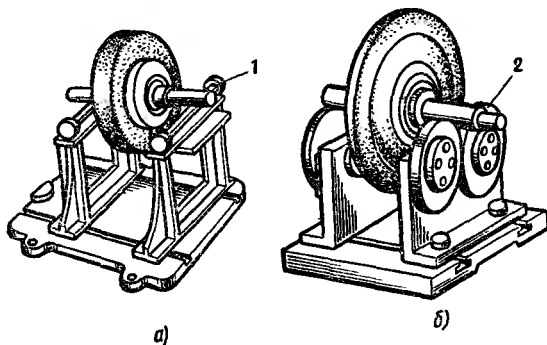


Рис. 1. Устройства для статической балансировки шлифовальных кругов

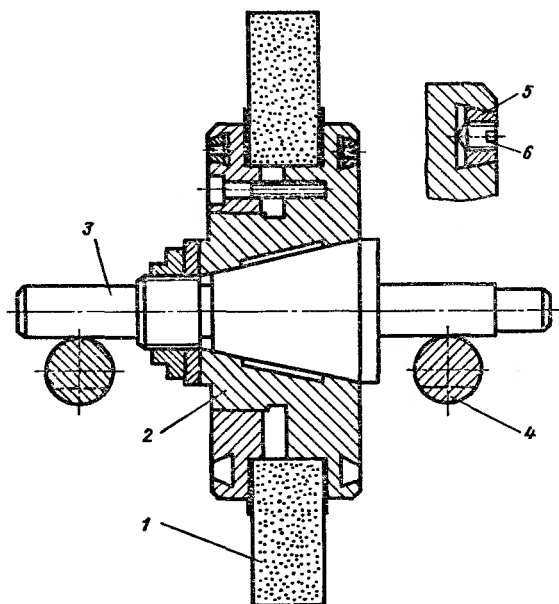


Рис. 2. Схема статической балансировки шлифовальных кругов

При контроле дисбаланса круг поворачивают на 90° и устанавливают груз с массой, равной допустимо неуравновешенной массе (табл. 1). Если под действием этого груза круг остается в покое или медленно опускается, то круг удовлетворяет требованиям точности балансировки данного класса. Погрешность измерения допустимой неуравновешенности массы круга не должна превышать величины, указанной в табл. 2.

Для статической балансировки шлифовальных кругов диаметром 200–600 мм применяют балансировочные весы (рис. 3). Перед началом балансировки раму 1 с помощью грузиков 2 и 3 устанавливают в нулевое положение по ватерпасу в продольном и поперечном направлениях. Шлифовальный круг вместе с фланцами монтируют на специальной оправке и устанавливают на весы. При этом балансировочные противовесы должны быть сняты с фланца круга. Медленно вращая круг, определяют такое его положение, которое соответствует наибольшему отклонению стрелки 4, и фиксируют это положение.

1. Допустимые неуравновешенные массы (г) круга

Масса круга, кг	Класс точности балансировки			
	1	2	3	4
От 0,20 до 0,25	2,5	4,0	6,0	12,0
Св. 0,25 » 0,30	2,5	4,5	7,0	14,0
» 0,30 » 0,40	3,0	5,0	7,5	15,0
» 0,40 » 0,50	3,5	5,5	9,0	17,0
» 0,50 » 0,63	4,0	6,0	10,0	20,0
» 0,63 » 0,80	4,5	7,0	11,0	22,0
» 0,80 » 1,00	5,0	7,5	12,0	25,0
» 1,00 » 1,25	5,5	9,0	14,0	27,0
» 1,25 » 1,60	6,0	10,0	15,0	30,0
» 1,60 » 2,00	7,0	11,0	17,0	35,0
» 2,00 » 2,50	7,5	12,0	20,0	40,0
» 2,50 » 3,00	9,0	14,0	22,0	45,0
» 3,00 » 4,00	10,0	15,0	25,0	50,0
» 4,00 » 5,00	11,0	17,0	27,0	55,0
» 5,00 » 6,30	12,0	20,0	30,0	60,0
» 6,30 » 8,00	14,0	22,0	35,0	70,0
» 8,00 » 10,0	15,0	25,0	40,0	75,0

Примечание. Для отрезных кругов на вулканитовой связке и армированных на бакелитовой связке допустимые неуравновешенные массы увеличиваются на 20%.

2. Погрешность измерения (г) допустимой неуравновешенности массы круга

Масса круга, кг	Класс точности балансировки			
	1	2	3	4
От 0,20 до 0,25	0,5	0,8	1,2	2,4
Св. 0,25 до 0,30	0,5	0,9	1,4	2,8
» 0,30 » 0,40	0,6	1,0	1,5	3,0
» 0,40 » 0,50	0,7	1,1	1,8	3,5
» 0,50 » 0,63	0,8	1,2	2,0	4,0
» 0,63 » 0,80	0,9	1,4	2,2	4,5
» 0,80 » 1,00	1,0	1,5	2,4	5,0
» 1,00 » 1,25	1,1	1,8	2,8	5,5
» 1,25 » 1,60	1,2	2,0	3,0	6,0
» 1,60 » 2,00	1,4	2,2	3,5	7,0
» 2,00 » 2,50	1,5	2,4	4,0	8,0
» 2,50 » 3,00	1,8	2,8	4,5	9,0
» 3,00 » 4,00	2,0	3,0	5,0	10,0
» 4,00 » 5,00	2,2	3,5	5,5	11,0

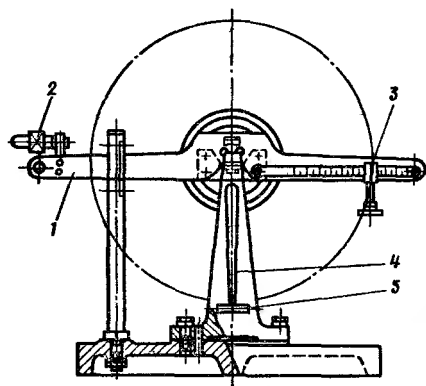


Рис. 3. Веса для статической балансировки шлифовальных кругов

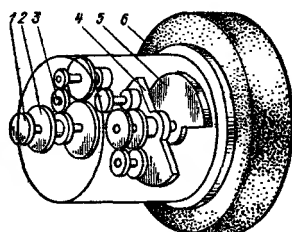


Рис. 4. Механизм для балансировки шлифовальных кругов

ние. С противоположной стороны круга на одинаковом расстоянии от метки размещают противовесы. Перемещая противовесы, добиваются совмещения стрелки с нулевой отметкой шкалы 5. Шлифовальный круг при этом считается отбалансированным. Новый шлифовальный круг необходимо балансировать 2 раза.

Если при статической балансировке дисбаланс достигает 70 г·см, то при использовании балансировочных устройств непосредственно на шлифовальных станках обеспечивается балансировка с дисбалансом до 25 г·см.

На шлифовальном станке можно проводить балансировку круга с помощью различных механизмов. На рис. 4 приведен механизм для балансировки шлифовальных кругов, корпус 1 которого прикреплен к фланцу шлифовального круга 6. Балансирующими элементами являются секторы 2 и 3, расположенные внутри корпуса и перемещающиеся один относительно другого с помощью рукояток 4 и 5. Секторы могут вращаться в одну или другую сторону; при этом сектор 3 немного отстает от сектора 2. Для балансировки необходимо остановить одну из рукояток 4 или 5. В результате зубчатые колеса редуктора будут вращать сектор относительно корпуса, а колеса — между собой.

Если при торможении рукоятки 5 наиболее благоприятное положение будет пройдено и дисбаланс начнет увеличиваться,

то следует отпустить рукоятку 5 и остановить рукоятку 4. В этом случае секторы начнут вращаться в обратном направлении. Останавливая поочередно рукоятки, находят наиболее благоприятное взаимное положение секторов для уменьшения дисбаланса.

На круглошлифовальном станке для точной и быстрой балансировки кругов можно использовать следующее устройство (рис. 5). На конце шпинделя 1 шлифовального круга 5 расположена распределительная муфта 2, через которую подается масло в цилиндр 6. В результате вращения (вправо или влево) первого направляющего гидрораспределителя происходит поворот поршня 7 цилиндра 6 для грубой балансировки круга. Точная балансировка осуществляется радиальным перемещением (вверх или вниз) поршня 8, который приводится в движение поворотом (вправо или влево) второго направляющего гидрораспределителя. Сбалансированное положение круга фиксируется посредством зубчатых штоков 3 и 4. Дисбаланс шлифовального круга оценивают виброметром.

Динамическая балансировка кругов осуществляется также и на балансировочных станках. Шлифовальный круг устанавливают на чувствительные опоры балансировочного станка на той же оправке, какую используют для статической балансировки. Определяют значение и угловое положение дисбаланса в двух заранее выбранных плоскостях коррекции. Определение дисбаланса основано на измерении центробежной силы, возникающей при вращении неуравновешенного изделия. Колебания

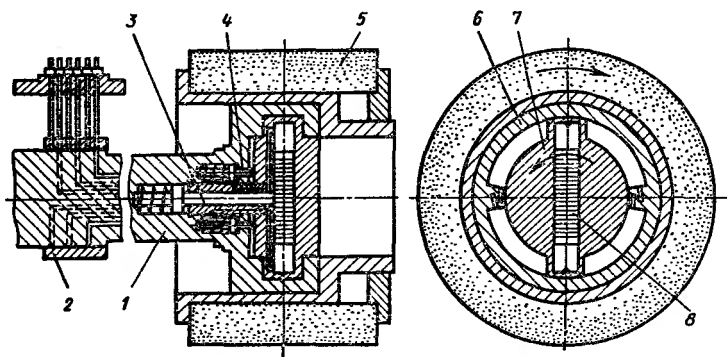


Рис. 5. Устройство для балансировки кругов на круглошлифовальном станке

опор при этом регистрируются индукционными датчиками, которые преобразуют механические колебания в электрические, поступающие в измерительную систему станка. Решающее устройство устраняет влияние одной плоскости измерения на другую. Дисбаланс устраняется с помощью передвижных сухарей, закрепленных в пазах планшайбы шлифовального круга. Динамическая балансировка проводится сначала на низкой частоте вращения, а заканчивается на максимальной.

Точность балансировки кругов на балансировочных станках высокая. Так, для станка мод. 9715 она достигает $1-2,5 \text{ г} \cdot \text{мм/кг}$.

Не менее важным этапом в подготовке к процессу шлифования является установка и крепление кругов. Круг на шпинделе шлифовального станка необходимо устанавливать тщательно. Неточная выверка и неправильное закрепление круга могут явиться причиной его разрыва и, возможно, травмы рабочего. В первую очередь необходимо проверить соответствие диаметра посадочного места оправки и внутреннего диаметра инструмента. Значения зазора между отверстием круга и посадочным местом в оправке приведены ниже.

Диаметр отверстия, мм	До 100	Св. 100 до 250
---------------------------------	--------	-------------------

Зазор, мм, при скорости вращения круга,
м/с:

до 50	0,1—0,8	0,1—0,2
св. 50	0,2—1,0	0,2—0,6

Если диаметр посадочного отверстия круга меньше, чем диаметр посадочного места оправки, то отверстие растачивают, а при большем диаметре оправку обертывают бумажной лентой (в направлении вращения круга) до получения необходимого зазора.

Крепление шлифовального круга на шпинделе станка должно быть надежным и не создавать в круге внутренних напряжений. Способы крепления абразивного инструмента (ГОСТ 2270—78) в зависимости от формы и размеров приведены в табл. 3.

При установке и закреплении шлифовальных кругов на оправку между торцовыми поверхностями круга и фланцами устанавливают прокладочные кольца из картона, резины, кожи, войлока или тонкого алюминия толщиной 0,5—1,5 мм и с наружным диаметром на 4—6 мм больше диаметра фланца. Круг закрепляют в оправке ключом. Оправки для кругов диа-

3. Способы крепления абразивного инструмента

Круги	Размеры, мм			
	d	D	H	d_1 или b

Крепление шлифовальных кругов и головок на оправке наклеиванием

Исполнение 1

Исполнение 2

1	3,2	10	3
1,5	5,0		
1,6	6,0		
2	6,3	16	6
3	12	25	
4	13		
6	16; 45	40; 70	
8; 10	40	40	10
13		60	13

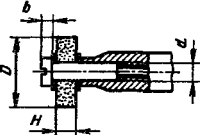
Крепление шлифовальных кругов на нитке

Круги чашечной формы и с выточкой

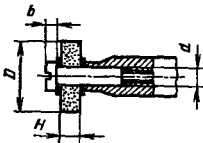
Technical drawing of a cup-shaped grinding wheel mounting on a thread. The drawing shows a cross-section of the wheel and its mounting. The dimensions are labeled as follows: D is the outer diameter of the wheel, d is the diameter of the mounting hole, H is the height of the wheel, b is the thickness of the mounting flange, and a is the distance from the center of the wheel to the center of the mounting hole.

6	20	40	4
10	32	32	6
13	50	50	
16			
20	63		

Круги остальных форм

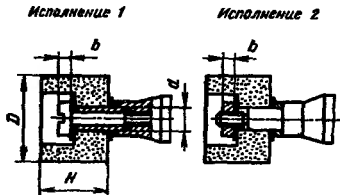
	3; 4	13	20	4
	6	20	25	
		25	40	
		40	10	6
	8	25	40	

Продолжение табл. 3

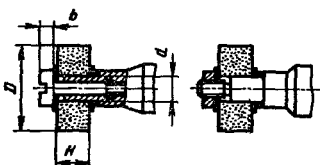
Круги	Размеры, мм			
	d	D	H	d_1 или b
	10	40	40	6
	13			
	16	50	63	8
	20	63		

Крепление шлифовальных кругов на шпинделе или оправке винтом или гайкой

Круги чашечной формы и с выточкой

	10	32	32	6
	13	40	50	
	16	50	21,5; 50	
	20	63	32; 50	8
		80	40; 63; 80	
		100	50; 63	

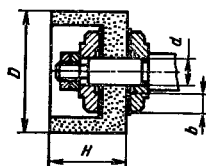
Круги остальных форм

	10	32	20; 40	6
	13	40; 50	25	
	16	40	20; 50; 63	8
		50		
	20	63	20; 40; 63	
		80		
		100	20; 40	

Продолжение табл. 3

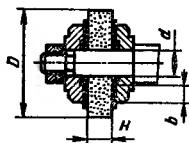
Круги	Размеры, мм			
	d	D	H	d_1 или b

Крепление шлифовальных кругов на шпинделе или оправке фланцами
Круги чашечной формы и с выточкой



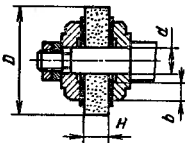
10			2,5
13	32	32	3,0
	40	50	
	50		
16			
20	63		4,0
	80	80	
	100	63	
	125	50	6,0
32	100	25	
	125; 150	80	
	160	20	
	200	63	

Круги остальных форм



10	32	40	2,5
	40	10	3,0
	50	8	
	63	13	
13	40; 50	40	3,0
16	50	63	
	63	13	

Продолжение табл. 3

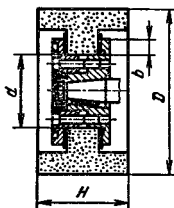
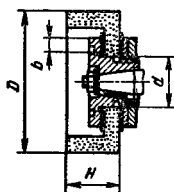
Круги	Размеры, мм			
	d	D	H	d_1 или b
	20	63	63	4,0
		80; 100	100	
		125	20	
	32	80	40	6,0
		100	80	
		160	32	
		125	50	
		150		
		200		
		250		8,0

Крепление шлифовальных кругов на переходных фланцах винтами (гайками)

Круги чашечной формы и с выточкой

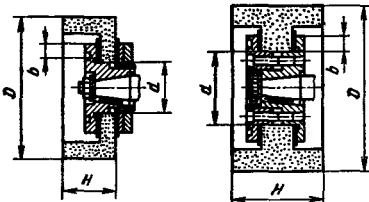
Исполнение 1 для кругов с $d \leq 51$ мм

Исполнение 2 для кругов с $d \geq 51$ мм

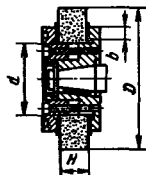
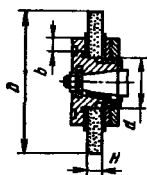


32	160	25; 63; 80	6
	200	20; 63	
51	150	25; 80	12
	250	63	
76	300	20; 63; 160	
		32; 63; 250	
127	350	80; 250	16
203		50; 200	20

Продолжение табл. 3

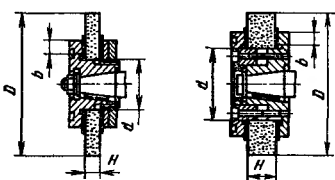
Круги	Размеры, мм			
	d	D	H	d_1 или b
	203	500	63; 100	20
	305	600	63; 100	25
		750		
		900		

Круги остальных форм

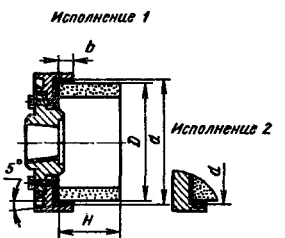
Исполнение 1 для
кругов с $d \leq 51$ ммИсполнение 2 для
кругов с $d \geq 51$ мм

32	160	10; 40; 50	6
	200		
	250		8
51	150	10; 40; 100	6
	250	10; 40	
76	300	10; 40; 200	12
	400	40; 50	
127	300		16
	350	10; 40; 200	
	400	10; 40; 100	
	450	10; 40; 63	20
203	350	10; 40;	

Продолжение табл. 3

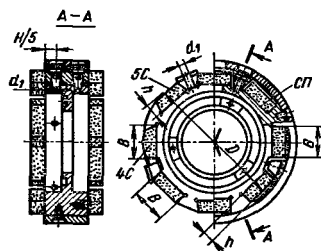
Круги	Размеры, мм			
	d	D	H	d_1 или b
	203	350	200	20
		400	10; 40; 150	
		500	10; 40; 100	
		600	10; 40; 80	
	305	750	40; 250	25
		900	40; 100	
		1060	63	
	508	1250	100	32

Крепление шлифовальных кругов на переходных фланцах пакленванием

	205	200	100	16
	305	300	160	25
	408	400	125	
	458	450		
	508	500		32

Продолжение табл. 3

Крепление шлифовальных сегментов на переходных фланцах



Размеры, мм

D	d ₁	H			h			B		
		Для сегментов типа								
		СП	4С	5С	СП	4С	5С	СП	4С	5С
250	M10	65	—		35	—	18	80	—	60
300		90			46		46	90		
400	M12	120	90	65	50	40	44	100	100	100
500										
600										
750							42			
900	M16									

метром св. 100 мм снабжают сухарями для балансировки. Если круг с оправкой после установки на шпиндель станка имеет биение выше допустимого, то его необходимо подвергнуть правке.

Алмазные и эльборовые круги устанавливают на оправке по посадке h6. Биение цилиндрического пояса посадочного места оправки под круг не должно превышать 0,01 мм, а биение алмазного или эльборового круга по периферии рабочей поверхности при установке его на шпиндель станка не должно превышать 0,01—0,015 мм.

Целесообразно, чтобы алмазные и эльборовые круги рабо-

тали без съема с оправок до полного их износа. Это позволит избежать многократных правок и преждевременного износа кругов.

На биение круга влияет также чистота (отсутствие грязи и стружки) посадочных мест как шпинделя, так и оправки круга, а также площадь их взаимного прилегания.

Шлифовальные круги снабжают защитными кожухами из стали или ковкого чугуна. Расположение и оптимально допустимые углы раскрытия защитных кожухов при различных условиях шлифования показаны на рис. 6. В некоторых конструкциях угол раскрытия регулируется передвижным козырьком, закрепляемым на кожухе в требуемом положении. При внутреннем шлифовании защитный кожух изготавливают передвижным. Одна из конструкций передвижного защитного кожуха, применяемых на внутришлифовальных станках, приведена на рис. 7. В нерабочем положении защитный кожух 1 находится в крайнем левом положении, закрывая круг 2. Во время работы, когда круг подходит к обрабатываемому отверстию

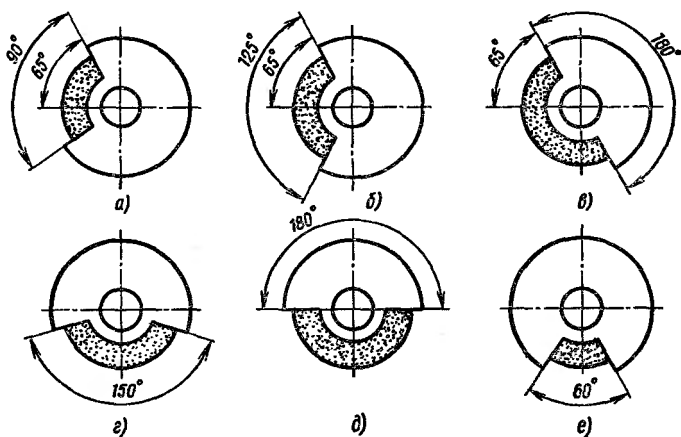


Рис. 6. Расположение и оптимально допустимые углы раскрытия защитных кожухов для шлифовальных кругов:

a — на обдирочных и точильных станках; *б* — то же, при расположении обрабатываемых деталей ниже оси круга; *в* — на заточных, кругло- и бесцентрово-шлифовальных станках; *г* — на плоскошлифовальных и заточных станках, работающих периферией круга; *д* — на переносных станках с гибким валом, обдирочных (маятниковых) и заточных станках; *е* — при работе, осуществляемой наиболее высокой точкой круга

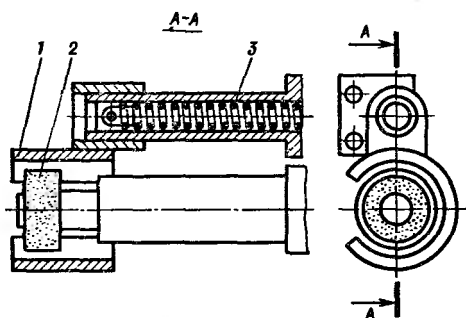


Рис. 7. Конструкция передвижного защитного кожуха, применяемого на внутришлифовальных станках

стию, пружина 3 сжимается, пропуская круг в зону шлифования. При выходе круга из зоны резания пружина возвращает кожух в исходное положение.

Шлифовальные круги диаметром 150 мм и более для работы с окружной скоростью св. 10 м/с испытывают на скоростях, в 1,5 раза превышающих рабочую скорость. Испытание проводят в специальном помещении, огражденном надежными перегородками, предохраняющими от возможного разлетания частей круга. Увеличивать скорость вращения круга выше той, что указана на круге, недопустимо.

2. МЕТОДЫ ПРАВКИ КРУГОВ.

ВИДЫ ПРАВЯЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.

ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

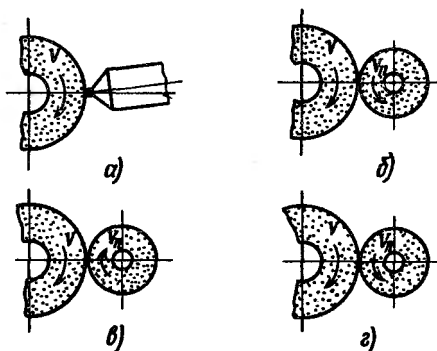
Результаты абразивной обработки в значительной степени определяются методами и условиями правки шлифовальных кругов.

Правка обеспечивает кругу не только правильную геометрическую форму, удаляет с его поверхности засаленный слой абразива и затупившиеся зерна, но также влияет на форму абразивных зерен, число активных режущих зерен, прочность их закрепления в связке инструмента, склонность круга к самозатачиванию.

Режимы правки круга существенно влияют на качество поверхности детали, шлифованной таким кругом. Только в результате изменения продольной подачи алмазного инструмента при правке круга шероховатость шлифованной им поверхности может уменьшиться более чем в 100 раз.

Рис. 8. Схемы правки шлифовальных кругов:

a — обтачиванием ($v = 25 \div 50$ м/с);
б — обкатыванием ($v_n = v = 25 \div 50$ м/с);
в — шлифованием ($v = 25 \div 50$ м/с; $v_n = 10 \div 12$ м/мин);
г — накатыванием ($v_n = v = 10 \div 15$ м/с)



Правка шлифовальных кругов осуществляется следующими методами: обтачиванием, обкатыванием, шлифованием и накатыванием (рис. 8).

Правка обтачиванием является наиболее простым и надежным методом, при котором правящий инструмент выполняет роль резца, а скорость обтачивания равна скорости вращения шлифовального круга.

При правке шлифовального круга этим методом достигаются высокие режущая способность круга и точность профиля его рабочей поверхности, образуется небольшой разрушенный слой (алмаз обеспечивает срезание абразивных зерен с образованием мелких и острых режущих кромок).

В качестве правящего инструмента используют наиболее износостойкий алмазный инструмент.

Основные виды алмазных правящих инструментов, применяющихся при правке шлифовальных кругов обтачиванием и другими методами, приведены в табл. 4.

Схемы и особенности правки методом обтачивания приведены в табл. 5.

Широкое распространение при правке абразивных кругов получили алмазные карандаши. Алмазный карандаш представляет собой стальной корпус цилиндрической формы с хвостовиком, имеющий глухое отверстие, в котором закреплен алмазный элемент. Алмазные карандаши в соответствии с ГОСТ 607—80 изготовляют четырех типов: 01 — с алмазами, расположенными цепочкой по оси карандаша; 02 — с алмазами, расположенными слоями; 03 — с алмазами, расположенными на сферической поверхности; 04 — с неориентированным располо-

жением алмазов, и трех исполнений: А — с цилиндрическим, В — с коническим, С — со ступенчатым корпусом (табл. 6).

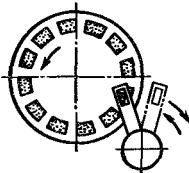
Для изготовления алмазного элемента применяют шлифпорошки из природных алмазов по ГОСТ 9206—80 и из синтетических поликристаллических алмазов марки СВК, а также алмазное сырье.

В целях повышения износостойкости инструмента, в том числе правящих карандашей, на алмазное сырье предварительно наносят различные покрытия.

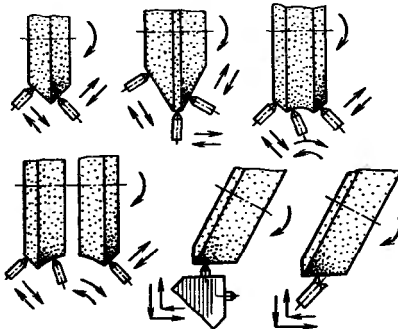
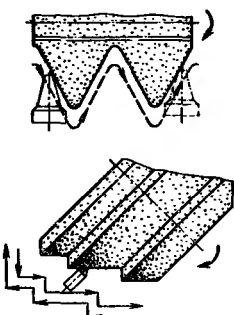
4. Основные виды алмазных правящих инструментов

Инструмент	Назначение
Карандаши (ГОСТ 607—80)	При круглом наружном, плоском, внутреннем, бесцентровом шлифовании, а также на отдельных операциях профильного, резьбо- и зубошлифования
Алмазы в оправках (ГОСТ 22908—78)	При круглом наружном, плоском, внутреннем, бесцентровом шлифовании, а также зубо- и шлицешлифовании и других операциях финишной обработки фасонных поверхностей
Резцы (ГОСТ 17368—79, ТУ 2-037-221—78)	При зубошлифовании
Иглы (ГОСТ 17564—85)	При круглом наружном, плоском, бесцентровом и резьбошлифовании
Пластины (ТУ 2-037-230—78) (применяют взамен алмазов в оправе)	При резьбошлифовании однопрофильными кругами
Гребенки (ТУ 2-037-230—78) (применяют взамен алмазных резцов)	При скоростном и врезном шлифовании дорожек качения колец подшипников
Бруски прямого профиля (ОСТ 2И73-4—80)	При круглом, бесцентровом и торцешлифовании
Ролики:	При плоском шлифовании сегментными кругами и шарошлифовании
прямого профиля (ГОСТ 16014—78)	При шлифовании шеек коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей
фасонного профиля (ТУ 2-037-131—82)	При врезном шлифовании кругами сложного профиля и скоростном шлифовании

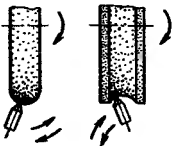
5. Схемы и особенности правки методом обтачивания

Схемы и особенности правки	Назначение
 Правка шлифовального круга формы ПП алмазом в оправе. Правящий инструмент жестко закреплен в специальном приспособлении на столе станка. Алмаз в оправе перемещается в направлении подачи на глубину и вдоль оси круга. Направление подачи на глубину перпендикулярно к оси круга	При круглом, бесцентровом и плоском шлифовании цилиндрических и плоских деталей
 Одновременная правка кругов алмазными гребенками, совершающими качательное возвратно-поступательное движение Правка сегментного круга алмазным бруском прямого профиля. Правящий инструмент имеет качательное движение. Поперечная подача осуществляется шлифовальной головкой	При плоском шлифовании деталей одновременно с двух сторон круга, работающими периферией При плоском шлифовании сегментным кругом, работающим торцом

Продолжение табл. 5

Схемы и особенности правки	Назначение
 Одновременная правка кругов сложного профиля несколькими алмазами в оправках. Ось правящих инструментов находится под углом к оси круга. Алмазы в оправках совершают возвратно-поступательное движение по прямым или по дугам  Профильная правка шлифовального круга (или набора кругов) алмазным резцом, получающим перемещение вследствие продольной и поперечной подачи стола или приспособления	При профильном шлифовании деталей, имеющих сложный профиль (резьбо-, зубо- и шлицшлифование) При профильном круглом шлифовании

Продолжение табл. 5

Схемы и особенности правки	Назначение
 Правка выпуклой или вогнутой поверхности круга алмазными пластинами, совершающими движение по радиусу. Радиус определяют расстоянием от вершины правящего инструмента до оси качения	При шлифовании беговых дорожек колец подшипников

6. Алмазные карандаши (ГОСТ 607—80)

Исполнение А

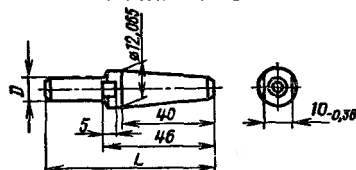


Обозначение караидаша	Тип	Размеры, мм			Весовая группа алмазов	Общая масса алмазов	Зернистость алмазного порошка
		D	d	L			
		г (карат)					
3908-0051	01	10	10	55	0,006—0,010 (0,03—0,05)	0,1 (0,5)	—
3908-0052				0,010—0,020 (0,05—0,10)			
3908-0053				0,020—0,040 (0,10—0,20)			
3908—0054				0,040—0,100 (0,20—0,50)	0,2 (1,0)	—	
3908-0055				0,062—0,100 (0,31—0,50)	0,062—0,100 (0,31—0,50)	100/80	

Продолжение табл. 6

Обозначение карандаша	Тип	Размеры, мм			Весовая группа алмазов	Общая масса алмазов	Зернистость алмазного порошка
		D	d	L			
		г (карат)					
3908-0056	04	6	6	45		0,1 (0,5)	125/100
3908-0057						0,2 (1,0)	200/160
3908-0058							63/50
3908-0059		100/80					
3908-0060		125/100					
3908-0061		200/160					
3908-0062		315/250					
3908-0063		400/315					
3908-0064		500/400					
3908-0065		630/500					
3908-0066		800/630					
3908-0067		10	10			0,4 (2,0)	1000/800
3908-0068							
3908-0069							

Исполнение В

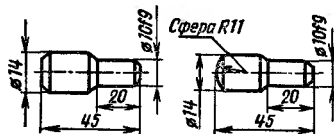


Обозначение карандаша	Тип	Размеры, мм		Весовая группа алмазов	Общая масса алмазов	Зернистость алмазного порошка
		<i>D</i>	<i>L</i>			
3908-0070	01	10	70	0,010 – 0,020 (0,05 – 0,10)	0,1 (0,5)	—

Продолжение табл. 6

Обозначение карандаша	Тип	Размеры, мм		Весовая группа алмазов	Общая масса алмазов	Зернистость алмазного порошка
		<i>D</i>	<i>L</i>			
		г (карат)				
3908-0071	01	10	65	0,020—0,040 (0,10—0,20)	0,1 (0,5)	—
3908-0072				0,040—0,100 (0,20—0,50)	0,2 (1,0)	
3908-0073				0,062—0,100 (0,31—0,50)	0,062—0,100 (0,31—0,50)	
3908-0074	02	60	0,010—0,020 (0,05—0,10)	0,2 (1,0)		
3908-0075			0,020—0,040 (0,10—0,20)			
3908-0076			0,010—0,020 (0,05—0,10)			
3908-0077			0,020—0,040 (0,10—0,20)			
3908-0078	04	10	—	—	500/400	
3908-0079					630/500	
3908-0080					800/630	

Исполнение С



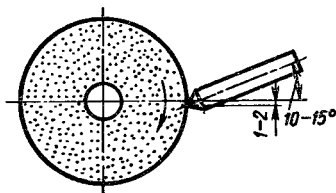
Обозначение карандаша	Тип	Весовая группа алмазов	Общая масса алмазов	Зернистость алмазного порошка
		г (карат)		
3908-0081	02	0,003 — 0,005 (0,017 — 0,025)	0,2 (1,0)	—

Продолжение табл. 6

Обозначение карандаша	Тип	Весовая группа алмазов	Общая масса алмазов	Зернистость алмазного порошка
		г (карат)		
3908-0082	02	0,010—0,020 (0,050—0,100)	0,2 (1,0)	—
3908-0083		0,020—0,040 (0,100—0,200)	0,2 (1,0)	
3908-0084		0,020—0,040 (0,100—0,200)	0,4 (2,0)	
3908-0085		0,022—0,040 (0,110—0,200)	0,2 (1,0)	
3908-0086		—		1250/1000
3908-0087				1600/1250
3908-0088			2000/1600	
3908-0089	03	0,010—0,020 (0,050—0,100)	0,24 (1,2)	—
3908-0090		0,020—0,040 (0,100—0,200)	0,3 (1,5)	
3908-0091	0,4	—	0,4 (2,0)	1000/800
3908-0092		—	0,5 (2,5)	
3908-0093				0,4 (2,0)

При правке карандаш устанавливают с наклоном относительно шлифовального круга (рис. 9). Этот прием позволяет поддерживать высокую режущую способность карандаша путем периодического поворота его вокруг оси и вводом в работу незатупившихся режущих элементов граней алмаза. При этом рабочую кромку алмаза устанавливают на уровне линии центра абразивного круга или ниже ее на 1—2 мм.

Рис. 9. Схема установки правящего карандаша относительно шлифовального круга



Рекомендации для выбора и применения алмазных карандашей из природных алмазов приведены в табл. 7, а из синтетических алмазов — в табл. 8.

Для правки абразивных кругов зернистостью 5—40, низкой, средней, а в отдельных случаях и высокой твердости (на чистовых операциях шлифования с обильным охлаждением) на керамической, вулканитовой и бакелитовой связках, а также алмазных кругов на органической связке и эльборовых кругов на керамической связке обтачиванием применяют правящие карандаши из синтетических алмазов марок АС 15 или АС 32, скрепленных металлической адгезионно-активной связкой (МААС).

Круги необходимо править с непрерывной подачей СОТС свободным поливом с шириной потока, равной диаметру карандаша, и через центральное сквозное отверстие в карандаше (с расходом жидкости не менее 2 л/мин). Это способствует формированию смазочной пленки на поверхности инструмента, снижению температуры при правке и очистке пор круга от продуктов износа, а также повышению общей стойкости карандашей в 1,5—2 раза.

На рис. 10 представлены конструкции правящих карандашей МААС. Выпускается два типа карандашей: тип 1 — со сплошным алмазонасным слоем (диаметром D_2 до 6 мм) и тип 2 — с алмазонасным слоем, имеющим центральный канал для подвода СОТС в зону правки. Карандаши обоих типов состоят из металлического корпуса, несущего алмазонасную вставку с неориентированным расположением синтетических алмазов в рабочем слое. Корпус карандашей выполняют либо с цилиндрической, либо с конической хвостовой частью. Основные конструктивные размеры карандашей МААС представлены в табл. 9.

Диаметр карандашей МААС выбирают в зависимости от высоты круга, его диаметра и степени твердости.

7. Рекомендации для выбора и применения правящих карандашей из природных алмазов

Вид шлифования	Размеры абразивного круга, мм		Обозначение карандаша по ГОСТ 607-80			
	Диаметр	Высота	01	02	03	04
Круглое наружное	До 450	Любая	3908-0054 3908-0072	3908-0074 3908-0076 3908-0082	—	3908-0068 3908-0092
	500—600	До 63	3908-0054 3908-0072	3908-0074 3908-0076 3908-0081 3908-0082	3908-0089	3908-0068 3908-0092
		Св. 63	3908-0055 3908-0073	3908-0075 3908-0077 3908-0083 3908-0084 3908-0085	—	—
	750—1060	До 63	—	3908-0075 3908-0077 3908-0083 3908-0084 3908-0085	—	—
		Св. 63	—	3908-0084 3908-0085	—	—
Бесцентровое: рабочие круги	200—350	До 63	3908-0053 3908-0071	3908-0074 3908-0076 3908-0082	—	3908-0068 3908-0092
		Св. 63	3908-0054 3908-0072	3908-0074 3908-0076 3908-0082	3908-0089	—
	400—600	До 63	3908-0054 3908-0072	3908-0074 3908-0076 3908-0082	—	3908-0068 3908-0092
		Св. 63	3908-0055 3908-0073	3908-0075 3908-0077	—	—

Продолжение табл. 7

Вид шлифования	Размеры абразивного круга, мм		Обозначение карандаша по ГОСТ 607—80			
	Диаметр	Высота	01	02	03	04
рабочие круги	400—600	Св. 63	3908—0055 3908—0077	3908-0081 3908-083	—	—
		Св. 200 (составные круги)	—	3908-0075 3908-0077 3908-0083 3908-0084 3908-0085	—	—
ведущие круги	До 300	Любая	3908-053 3908-0054 3908-0071 3908-0072	—	—	—
	300—350	То же	3908-0054 3908-0072	—	—	—
Внутреннее	10—63	Любая	3908-0051	—	—	—
	80—150	То же	3908-0052 3908-0070	3908-0074 3908-0076 3908-0082	—	3908-0068 3908-0092
	Св. 150	»	3908-0053 3908-0071	3908-0074 3908-0076 3908-0082	3908-0089	—
Плоское	До 250	Любая	3908-0052 3908-0071	—	—	3908-0068 3908-0092
	300—500	То же	3908-0054 3908-0072	3908-0074 3908-0076 3908-0082	3908-0089	3908-0068 3908-0092
	600—800	»	—	3908-0075 3908-0077 3908-0083 3908-0084 3908-0085	—	—

Продолжение табл. 7

Вид шлифования	Размеры абразивного круга, мм		Обозначение карандаша по ГОСТ 607-80			
	Диаметр	Высота	01	02	03	04
Резбошлифование однопрофильными кругами при шаге резьбы, мм: до 0,5 0,5—0,8 0,8—1,25 1,25—2 2—3 3 и более	—	—	—	—	—	3908-0059
	—	—	—	—	—	3908-0056 3908-0060
	—	—	—	—	—	3908-0057 3908-0061
	—	—	—	—	—	3908-0058 3908-0062
	—	—	—	—	—	3908-0063
	—	—	—	—	—	3908-0064
Зубошлифование	250—300	Любая	3908-0052 3908-0053 3908-0070 3908-0071	3908-0074 3908-0076 3908-0082	—	—
Шлицешлифование боковых сторон	До 200	Любая	3908-0051 3908-0052 3908-0070	—	—	—
	Св. 200	То же	3908-0052 3908-0070	3908-0082	—	3908-0068 3908-0092
Профильное	До 350	Любая	3908-0052 3908-0053 3908-0070 3908-0071	—	—	—
	400—500	То же	3908-0053 3908-0054 3908-0071	—	—	—

Продолжение табл. 7

Вид шлифования	Размеры абразивного круга, мм		Обозначение карандаша по ГОСТ 607—80			
	Диаметр	Высота	01	02	03	04
Профильное	400—500	Любая	3908-0072	—	—	—
	500—600	»	3908-0054 3908-0055 3908-0072 3908-0073			
	750—1060	»	3908-0055 3908-0073	—	—	—

8. Рекомендации для выбора в применения правящих карандашей из синтетических алмазов

Вид шлифования	Параметры шлифовального круга				Обозначение карандашей по ГОСТ 607—80
	Диаметр, мм	Высота, мм	Зернистость	Твердость	
Круглое наружное	До 300	До 32	25—40	До СТ2	3908-0091 3908-0093
	До 600	До 63	16—40	До СТ1	3908-0086
	750—1060	63—200	16—40	М—СМ—С	3908-0087 3908-0088
Бесцентровое (рабочие круги)	До 400	До 63	25—40	До СТ1	3908-0086 3908-0093
	400—600	До 200	16—40	М—СМ—С	3908-0087 3908-0088
Внутреннее	До 150	Любая	8—40	До СТ1	3908-0086 3908-0091
	Св. 150				3908-0083 3908-0087
Плоское	До 300	До 32	25—40	До СТ2	3908-0086 3908-0091 3908-0093

Продолжение табл. 8

Вид шлифования	Параметры шлифовального круга				Обозначение карандашей по ГОСТ 607-80
	Диаметр, мм	Высота, мм	Зернистость	Твердость	
Плоское	До 500	До 63	16-40	До СТ1	3908-0087 3908-0088
Зубошлифование	До 300	До 32	16-40	До СТ2	3908-0069
Шлицешлифование: боковых сторон	До 300	До 32	16-40	До СТ2	3908-0091 3908-0093
по внутреннему диаметру	До 300	До 32	16-40	До СТ2	3908-0069

Для радиусной правки кругов и правки кругов на резьбо- и внутришлифовальных станках следует применять карандаши с диаметром рабочего слоя $D_2 = 4 \div 6$ мм.

Для круглого, бесцентрового и плоского шлифования в основном следует использовать карандаши МААС с центральным каналом.

При ширине круга до 20 мм рекомендуется применять карандаши с диаметром $D_2 = 8 \div 10$ мм, св. 20 мм — с диаметром $D_2 = 14 \div 18$ мм.

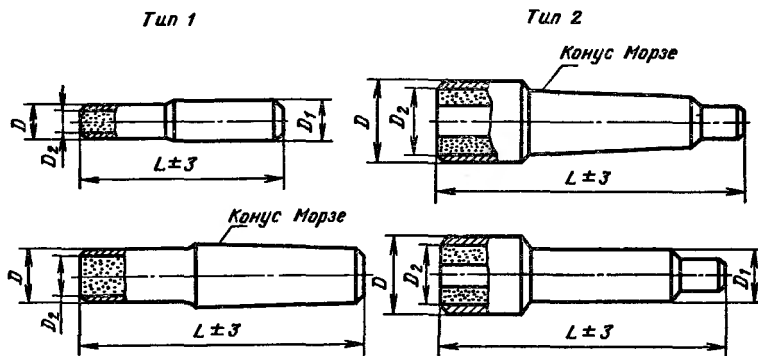


Рис. 10. Конструкции правящих карандашей МААС

9. Основные конструктивные размеры карандашей МААС (см. рис. 10)

Обозначение карандаша МААС	Тип	Размеры, мм				Масса алмазов, г (карат)
		<i>D</i>	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>L</i>	
4/6	1	5	6	4	35	0,32(1,6)
4/8	1	8	8	4	45	0,32(1,6)
6/8	1	7	8	6	35	0,76(3,8)
6/10	1	7	10	6	35	0,76(3,8)
6/M0	1	7	Конус Морзе 0	6	48	0,76(3,8)
6/M1	1	7	» 1	6	65	0,76(3,8)
8/8	2	10	8	8	35	0,72(3,6)
8/10	2	10	10	8	35	0,72(3,6)
8/M0	2	10	Конус Морзе 0	8	48	0,72(3,6)
8/M1	2	10	» 1	8	65	0,72(3,6)
10/8	2	12	8	10	48	1,26(6,3)
10/10	2	12	10	10	48	1,26(6,3)
10/M0	2	12	Конус Морзе 0	10	51	1,26(6,3)
10/M1	2	12	» 1	10	65	1,26(6,3)
14/10	2	16	10	14	48	1,60(8,0)
14/M0	2	16	Конус Морзе 0	14	47	1,60(8,0)
14/M1	2	16	» 1	14	63	1,60(8,0)
18/10	2	20	10	14	45	3,40(17,0)
18/M1	2	20	Конус Морзе 1	14	64	3,40(17,0)

Режимы правки абразивных кругов на керамической связке алмазными карандашами МААС в зависимости от вида шлифования и требуемой шероховатости приведены в табл. 10.

Перед началом процесса правки карандашом МААС необходимо проверить надежность его закрепления в приспособлении и осуществить подачу СОТС через центральное отверстие инструмента. При правке карандаш следует подвести к кругу примерно посередине его высоты, затем включить продольную подачу и плавными поперечными перемещениями ввести карандаш в соприкосновение с поверхностью круга.

Применение карандашей МААС позволяет снизить припуск на правку кругов, увеличить общую стойкость и кромкостойкость кругов между правками, обеспечивает снижение шероховатости шлифованной поверхности детали в 1,5–2 раза по сравнению с правящим инструментом из природных алмазов, а при уменьшении зернистости алмазов в карандаше с 500/400 до 125/100 – в 1,8–2 раза. Обеспечение параметра шероховатости поверхности обработанных деталей $Ra = 0,32 \div 0,08$ мкм позволяет в некоторых случаях исключить доводочные опера-

10. Режимы правки абразивных кругов на керамической связке алмазными карандашами МААС

Шлифование	Параметр шероховатости шлифуемой поверхности R_a , мкм	Поперечная подача, м/мин	Число ходов
Круглое наружное	0,05—0,63	0,01	2—4
Бесцентровое	0,15—0,25	0,005—0,01	2—4
Внутреннее	0,16—1,25	0,01	1—3
Плоское	0,20—0,80	0,005—0,01	1—2
Резьбошлифование	0,05—0,50	0,005—0,01	1—4
Зубошлифование	0,16—1,25	0,01—0,02	2—4

Примечания: 1. При всех указанных способах шлифования продольная подача 0,2—1 м/мин.

2. Рекомендуемые режимы резания даны для абразивных кругов на керамической связке.

3. Скорость круга при правке не ограничена.

ции. При необходимости получения параметра шероховатости обработанной поверхности $R_a = 0,08 \div 0,04$ мкм при правке круга следует осуществлять выхаживающие ходы.

Для правки шлифовальных кругов на операциях финишной обработки фасонных поверхностей применяют алмазы в оправках. В зависимости от формы корпуса алмазы в оправках изготавливают четырех типов: цилиндрические, цилиндрические с головкой, конические и резьбовые (рис. 11).

Этот правящий инструмент изготавливают с углом при вершине державки $\alpha = 90^\circ$ — для правки кругов фасонного профиля и с углом $\alpha = 120^\circ$ — для правки кругов прямого профиля. Допускается применение алмазов с покрытием металлическими и неметаллическими материалами.

Рекомендуемые режимы правки алмазными карандашами, алмазами в оправках, резцами, иглами, пластинами и гребенками приведены в табл. 11.

Правка обкатыванием представляет собой достаточно эффективный метод, при котором правящий инструмент получает вращение в результате контакта с шлифовальным кругом.

В качестве правящего инструмента используют крупнозернистые круги из карбида кремния черного, весьма или чрезвычайно твердые (ВТ или ЧТ) на керамической связке, стальные

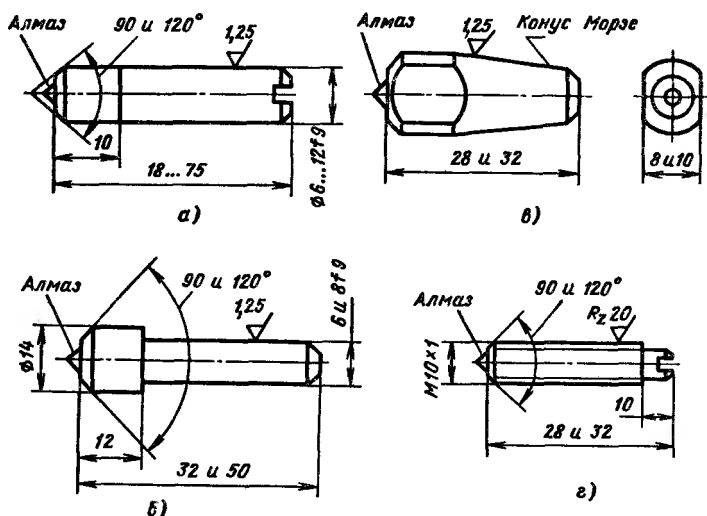


Рис. 11. Конструкции алмазов в оправках:

а — цилиндрические; б — цилиндрические с головкой; в — конические; г — резьбовые

диски, звездочки, шарошки, а также твердосплавные и алмазные ролики. Инструменты для правки методом обкатывания и область их применения приведены в табл. 12. При правке методом обкатывания возможны два варианта взаимного расположения правящего инструмента и шлифовального круга, когда оси вращения инструментов либо параллельны, либо скрещиваются. При обкатывании на рабочей поверхности круга в зоне контакта происходит дробление и выкрашивание абразивных зерен и связки. В результате правки на рабочей поверхности круга образуется большой дефектный абразивный слой, который быстро изнашивается при последующем шлифовании. Метод обкатывания применяют для предварительной правки, когда необходимо снять большой слой абразива.

Правка шлифованием осуществляется принудительным вращением правящего инструмента — алмазного ролика или абразивного круга из черного карбида кремния твердостью ВТ или ЧТ. Правящий инструмент получает вращение от привода передней бабки шлифовального станка или индивидуального электропривода. Правку круга осуществляют как при попут-

11. Рекомендуемые режимы правки алмазными карандашами, алмазами в оправках, резцами, иглами, пластинами и гребенками

Вид обработки	Вид правящего инструмента	Параметр шероховатости Ra , мкм	Подача	
			Продольная, м/мин	Поперечная, мм/дв.ход
Круглое шлифование: врезанием	Карандаши, пластины, гребенки	0,8	0,15—0,30	0,020—0,030
	Алмазы в оправках, резцы, иглы	0,4	0,10—0,15	0,015—0,020
		0,2	0,05—0,10	0,010—0,015
0,1		0,03—0,05	0,005—0,010	
напроход	Карандаши, пластины, гребенки	0,8	0,20—0,30	0,020—0,030
	Алмазы в оправках, резцы, иглы	0,4	0,15—0,20	0,020—0,030
		0,2	0,10—0,15	0,015—0,020
0,1		0,05—0,10	0,010—0,015	
торцов	Карандаши	0,8	0,20—0,30	0,020—0,030
	Алмазы в оправках	0,4	0,10—0,20	0,010—0,020
		0,2	0,10—0,15	0,015—0,020
0,1		0,05—0,10	0,010—0,015	
Бесцентровое шлифование: врезанием	Карандаши, пластины, гребенки	0,8	0,15—0,30	0,020—0,030
	Алмазы в оправках, резцы, иглы	0,4	0,10—0,15	0,015—0,020
		0,2	0,05—0,10	0,010—0,015
0,1		0,03—0,05	0,005—0,010	
напроход	Карандаши, пластины	0,8	0,20—0,30	0,020—0,030
	Алмазы в оправках	0,4	0,10—0,15	0,015—0,020
		0,2	0,05—0,10	0,010—0,015
0,1		0,03—0,05	0,005—0,010	

Продолжение табл. 11

Вид обработки	Вид правящего инструмента	Параметр шероховатости R_a , мкм	Подача	
			Продольная, м/мин	Поперечная, мм/дв.ход
правка ведущего круга	Карандаши, алмазы в оправках	—	0,10—0,15	0,020—0,030
Внутреннее шлифование: отверстий	Карандаши	0,8	2,00—3,00	0,020—0,030
	Алмазы в оправках, пластины	0,4	1,00—2,00	0,020—0,030
		0,2 0,1	0,50—1,00 0,30—0,50	0,010—0,020 0,005—0,010
торцов	Карандаши, алмазы в оправках	0,8	2,00—3,00	0,020—0,030
		0,4	1,00—2,00	0,020—0,030
Плоское шлифование: торцом круга	Карандаши	0,8	0,20—0,30	0,020—0,030
		0,4	0,15—0,20	0,020—0,030
периферией круга	Карандаши	0,8	0,60—0,80	0,020—0,030
	Резцы, алмазы в оправках, пластины	0,4	0,40—0,60	0,020—0,030
		0,2	0,20—0,40	0,010—0,020
торцов	Карандаши, алмазы в оправках	0,8	2,00—3,00	0,020—0,030
		0,4	1,00—2,00	0,020—0,030
Резьбошлифование	Карандаши	0,8	0,08—0,15	0,010—0,020
	Иглы, алмазы в оправках	0,4	0,05—0,08	

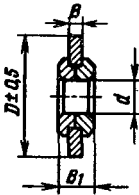
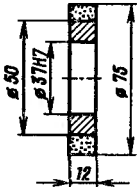
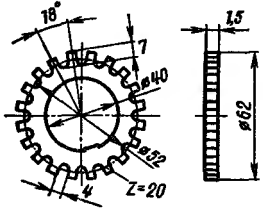
Продолжение табл. 11

Вид обработки	Вид правящего инструмента	Параметр шероховатости Ra , мкм	Подача	
			Продольная, м/мин	Поперечная, мм/дв.ход
Шлице-шлифование: боковых сторон	Карандаши	0,8	0,40—0,60	0,020—0,030
	Алмазы в оправках	0,4	0,20—0,40	
	Карандаши	0,8	0,50—0,70	
	Алмазы в оправках	0,4	0,30—0,50	
Профильное шлифование	Гребенки, пластины, карандаши	0,8	0,20—0,30	0,030—0,040
	Резцы, алмазы в оправках, иглы	0,4 0,2	0,10—0,15 0,08—0,10	0,020—0,030 0,010—0,020

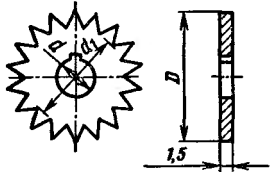
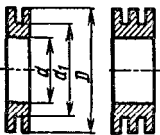
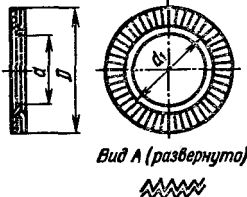
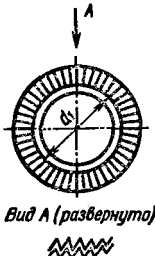
ном, так и при встречном шлифовании с подачей правящего инструмента напроход или на врезание. При этом абразивный круг вращается с рабочей скоростью, а правящему инструменту сообщается скорость вращения 10—30 м/с. В процессе правки применяют обильное охлаждение (с подачей СОТС не менее 12 л/мин). Правка методом шлифования является производительным методом. При ее осуществлении в основном происходит срезание и скалывание вершин абразивных зерен круга.

Для правки шлифовальных кругов в условиях крупносерийного и массового производства все большее применение находят алмазные правящие ролики. Алмазным роликом можно осуществлять до 100 тыс. правок и более. Ролики обеспечивают повышение точности деталей, шлифуемых правленными кругами, и способствуют повышению производительности обработки.

12. Инструменты для правки методом обкатывания и область их применения

Инструмент	Размеры (мм) и применение			
	D	B	B_1	d
	32 35 40	2,5	4,5	14
	60	4,0	6,0	28
Твердосплавный монолитный	Бесцентровое шлифование с параметром шероховатости поверхности $Ra = 1,2$ мкм. Внутреннее шлифование (диски диаметром 32 мм)			
	Бесцентровое, круглое и плоское (периферией круга) шлифование по 7-му качеству с параметром шероховатости поверхности $Ra = 1,2$ мкм. Торце-шлифование			
Рабочий обод из крошки твердого сплава. Внутренняя ступица стальная				
Звездочки: 	Круглое и бесцентровое шлифование по 8—9-му качеству и грубее с параметром шероховатости поверхности $Ra = 2,5$ мкм. Плоское шлифование торцом круга			
тупозубые				

Продолжение табл. 12

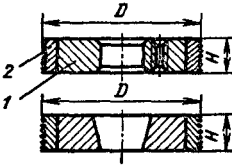
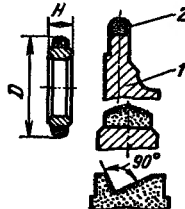
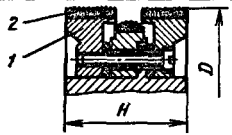
Инструмент	Размеры (мм) и применение		
	D	d	d_1
 острозубые	35	10	24
	50	14	34
Диски:  с кольцевыми канавками	Плоское шлифование торцом круга. Предварительная правка кругов. Правка точил		
	50	14	35
	70	28	46
 гофрированные	Шлифование мягкими и малогабаритными кругами по 7—9-му качеству с параметром шероховатости поверхности $Ra = 0,6 \div 1,2$ мкм		
	50	28	24
	70	35	46
Вид А (развернуто) 	Бесцентровое и круглое шлифование по 8—9-му качеству с параметром шероховатости поверхности $Ra = 1,2$ мкм		
	50	28	24
	70	35	46
	50	28	18
	70	35	22

В табл. 13 приведены основные виды алмазных правящих роликов, а в табл. 14 — схемы профильной правки, особенности и назначение алмазных роликов.

Режимы правки кругов алмазными роликами по копиру даны в табл. 15.

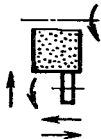
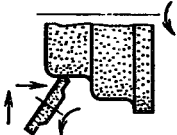
Методы правки кругов

Основные виды алмазных правящих роликов

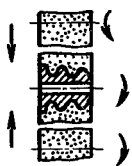
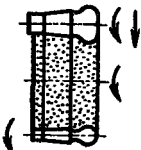
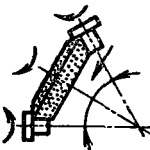
Наименование	Эскиз	Размеры, мм		Масса, г (карат)	
		Диаметр D	Высота H	одного кристалла	алмаза
Одноосевый		69,85–70,05	20	0,0012–0,002 (0,006–0,010)	1, (7)
Одноосевый		50–250	До 150		
Одноосевый		До 250	До 400	0,0034–0,0016 (0,017–0,008)	Опр раз рол

Замечание. 1 – корпус; 2 – алмазоносный слой.

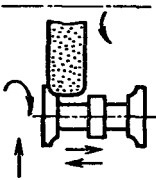
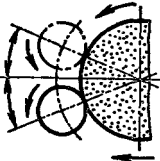
14. Схемы профильной правки, особенности и назначение алмазных роликов

Схема и особенности правки	Назначение
 Правка шлифовального круга методом шлифования. Оси круга и ролика параллельны. Ролик перемещается в направлении подачи на глубину и вдоль оси круга. Направление подачи на глубину перпендикулярно к оси круга. Возможна правка с установкой ролика в центрах станка	При круглом и плоском шлифовании цилиндрических и плоских деталей
 Правка шлифовального круга по копиру вращающимся алмазным роликом прямого профиля. Оси круга и ролика расположены в различных плоскостях и перпендикулярны друг к другу. Возможна также правка неподвижным роликом с периодическим поворотом его вокруг оси после каждого хода	При круглом шлифовании цилиндрических деталей, имеющих вогнутый профиль (например, коленчатые валы с цилиндрической шейкой и двумя галтелями)
 Правка шлифовального круга по копиру фасонным алмазным роликом. В зависимости от конфигурации обрабатываемой детали ось ролика может быть параллельна оси круга или расположена к ней под углом	При профильном круглом врезном шлифовании

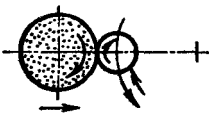
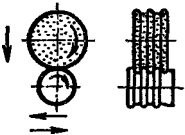
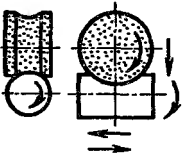
Продолжение табл. 14

Схема и особенности правки	Назначение
 Правка двух кругов врезанием	При профильном плоском шлифовании
 Правка шлифовального круга методом врезания при параллельном расположении осей круга, ролика и детали. Подача ролика осуществляется перпендикулярно к оси круга	При профильном круглом шлифовании
 Правка шлифовального круга методом врезания при расположении осей ролика и детали под одинаковым углом к оси шлифовального круга. Подача ролика осуществляется перпендикулярно к оси круга	При профильном круглом врезном шлифовании

Продолжение табл. 14

Схема и особенности правки	Назначение
 Правка шлифовального круга методом врезания при параллельном расположении осей круга и ролика и при расположении оси детали под углом к оси круга. Подача ролика осуществляется перпендикулярно к оси круга	При профильном круглом врезном шлифовании
 Правка шлифовального круга при параллельном расположении осей круга и блока роликов и сочетании радиального и осевого перемещений блока роликов	То же
 Правка методом врезания. Диаметр ролика равен диаметру детали	»

Продолжение табл. 14

Схема и особенности правки	Назначение
 Правка шлифовального круга с тангенциальной подачей ролика по дуге окружности и с параллельным расположением осей ролика и круга	При профильном круглом врезном шлифовании
 Правка шлифовального круга с тангенциальной подачей ролика по касательной к кругу при параллельном расположении осей ролика и круга	При профильном плоском шлифовании
 Правка шлифовального круга с тангенциальной подачей при перпендикулярном расположении осей ролика и круга	То же

15. Режимы правки кругов алмазными роликами по копиру

Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм	Скорость вращения, м/с		Продольная подача, м/мин, при ходе		Подача на глубину, мм/ход, при ходе	
	круга	роли- ка	пря- мом	обрат- ном	прямом	обрат- ном
1,25	35—45	10	0,5	0,3	0,015—0,03	0,005
0,63	35—45	10^{*1}	0,5	0,3	0,015—0,03	0,005

*1 При обратном ходе скорость ролика равна нулю.

Правка накатыванием представляет собой эффективный метод правки профильных шлифовальных кругов. В результате взаимного вращения металлического накатного ролика и круга и поперечной подачи ролика происходит разрушение рабочей поверхности круга (дробление абразивных зерен и связи). Правящим инструментом служит фасонная шарошка, имеющая профиль обработанной детали (рис. 12).

Для улучшения условий правки на шарошках делают канавки. Неравномерный шаг канавок на правящем инструменте исключает появление на круге следов от канавок. Накатывание осуществляется при скорости вращения шарошки или круга, 1—1,5 м/с с поперечной подачей 0,05—0,06 мм/мин. Правку шлифовальных кругов производят как с охлаждением (при давлении 8—10 МПа), так и без него.

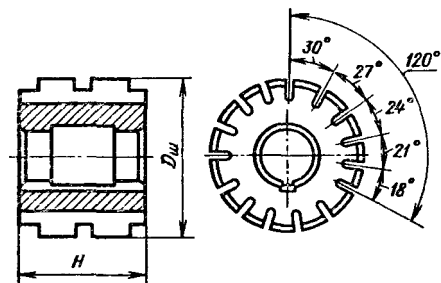


Рис. 12. Фасонная шарошка для правки шлифовальных кругов

Частота правки шлифовального круга зависит от его стойкости. Ориентировочно периоды стойкости кругов между правками, в зависимости от вида обработки, приведены в табл. 16.

16. Периоды стойкости кругов между правками

Вид обработки	Время работы круга между правками, мин	
	шлифовального	ведущего
Круглое наружное шлифование		
Периферией круга методом продольной подачи	40	—
Периферией и торцом круга методом продольной подачи до упора	30	—
Периферией круга методом врезания цилиндрических и конических поверхностей	2	—
Периферией и торцом круга методом врезания с одновременным шлифованием галтели	20	—
Профильной периферией круга шариковой или роликовой дорожки внутренних колец подшипников	4—7	—
Бесцентровое шлифование		
Периферией круга методом продольной подачи напроход	60	400—450
Периферией круга методом продольной подачи напроход до упора с опрокидыванием цилиндрических сверл диаметром 4—12 мм	80—50	420
Периферией круга методом врезания цилиндрических или конических поверхностей	30	360—420
Периферией круга цилиндрических или конических роликов подшипников напроход с применением специального червячного ведущего круга	30	—
То же, чистовое и окончательное	40—20	—
Профильной периферией круга бочкообразных роликов подшипников напроход с применением специального червячного ведущего круга	5—10	—

Продолжение табл. 16

Вид обработки	Время работы круга между правками, мин	
	шлифовального	ведущего
Внутреннее шлифование		
Периферией круга методом продольной подачи цилиндрических или конических отверстий	6—10	—
Профильной периферией круга методом врезания (беговые дорожки наружных колец подшипников)	3	—
Плоское шлифование		
Периферией круга методом продольной подачи	25	—
Периферией круга методом врезания	10	—
Шлифование торцом круга (чашечного или тарельчатого) методом продольной подачи	55	—
Профильное шлифование		
Круглое или плоское шлифование профильной периферией круга методом врезания	3—10	—

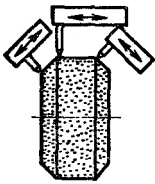
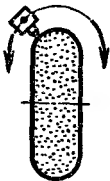
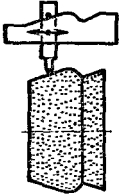
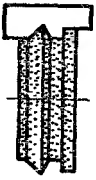
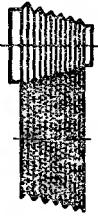
3. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРАВКИ КРУГОВ

В массовом и крупносерийном производстве устройства для правки расположены на шлифовальной бабке. Наиболее часто применяемые схемы правки сложнопрофильных шлифовальных кругов приведены в табл. 17.

В условиях единичного и мелкосерийного производства заданный профиль можно получить с помощью съемных приспособлений, устанавливаемых на столе станков.

Для правки шлифовальных кругов по прямолинейной образующей, расположенной под углом к оси круга, широко используют приспособление, представленное на рис. 13, а.

17. Схемы правки сложнопрофильных шлифовальных кругов

Схема правки	Краткая характеристика и назначение
	Трехсторонняя одновременная правка профиля под различными углами, которые можно регулировать. Проводится индивидуальная настройка каждого правящего инструмента
	Правка профиля по радиусу. Величину радиуса регулируют. Проводится настройка на выпуклый и вогнутый профиль
	Правка профиля по копиру. Профиль копирной линейки может передаваться непосредственно на круг или через пантограф. Целесообразна в условиях единичного и мелко-серийного производства
	Правка профиля алмазной гребенкой. Правящее устройство отличается простотой. Целесообразна в условиях серийного и массового производства
	Правка профиля алмазным роликом. Процесс осуществляется методом шлифования или накатывания и отличается высокой производительностью и стойкостью инструмента. Целесообразна в условиях массового производства

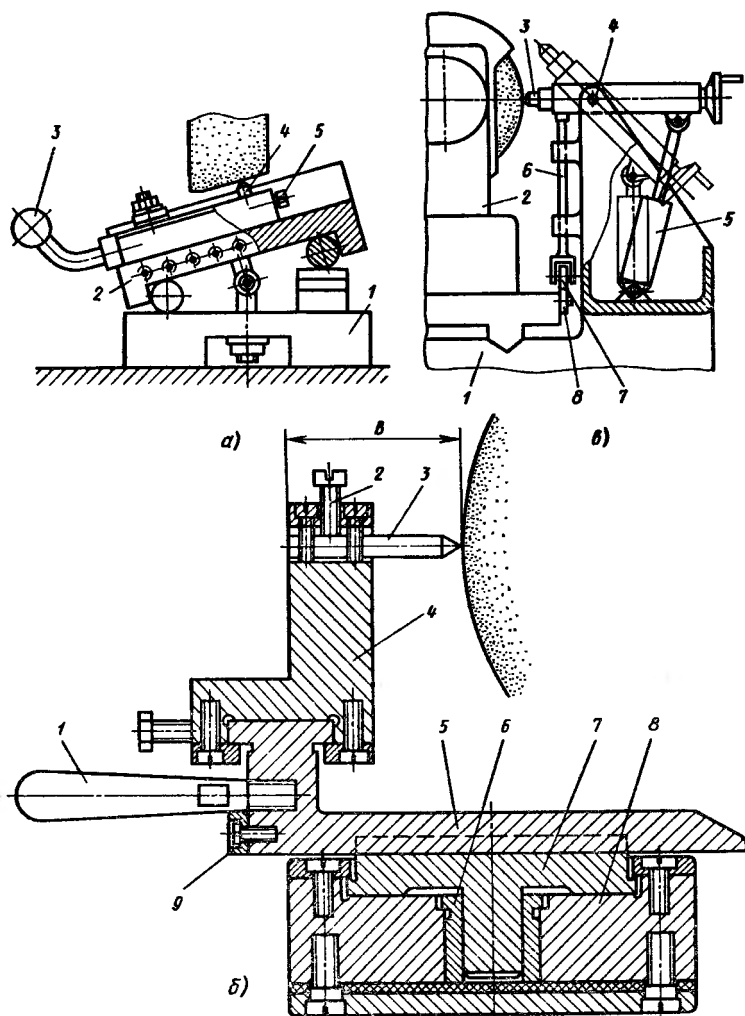


Рис. 13. Приспособления для правки шлифовальных кругов:
 а — по наклонной прямой; б — по радиусу; в — по вогнутому профилю

Приспособление крепится на магнитной плите плоскошлифовального станка основанием 1, на котором установлена синусная линейка 2. Угол наклона линейки регулируется с помощью плоскопараллельных концевых мер, величина которых соответствует синусу заданного угла. Алмазный инструмент 4, закрепленный в державке стопорным винтом 5, перемещается по направляющим приспособления вручную рукояткой 3.

Для правки профиля шлифовальных кругов по радиусу на плоскошлифовальных станках применяют приспособление, конструкция которого показана на рис. 13,б.

Правка профиля проводится вручную рукояткой 1, вращающей верхнюю часть приспособления во втулке 6, запрессованной в отверстие плиты 8. Перед правкой алмазный правящий инструмент 3 устанавливают в призматический паз стойки 4 таким образом, чтобы размер B был равен $50 \pm 0,1$ мм. При этом обеспечивается расположение режущей кромки алмаза по оси вращения диска 7 при расстоянии между упором 9 и цилиндрической поверхностью фиксирующего штифта (на рис. 13,б не показан), равном 75 мм. Затем алмазный инструмент фиксируют винтом 2. Стойка 4 закреплена на салазках 5, которые могут передвигаться по направляющим поворотного диска 7, установленного на плите 8.

Настройка приспособления для правки профиля круга по определенному радиусу R осуществляется по размеру A ; для выпуклого профиля $A_{\text{вып}} = 75 - R$ мм; для вогнутого профиля $A_{\text{вогн}} = 75 + R$ мм.

Для правки шлифовальных кругов по вогнутому профилю применяют также приспособление (рис. 13,в), состоящее из станины 1, шлифовальной бабки 2, рычага 3, несущего алмазный инструмент и закрепленного на оси 4. Рычаг 3 может качаться в вертикальной плоскости относительно оси 4. Качающийся гидроцилиндр 5 надежно поджимает рычаг 3 к толкателю 6, ролик 7 которого опирается на наклонную линейку 8, закрепленную с регулируемым углом наклона на шлифовальной бабке. При продольном перемещении шлифовальной бабки 2 ролик 7 катится по линейке 8, перемещая алмазный инструмент. По окончании правки шток гидроцилиндра опускается, переводя рычаг 3, несущий правящий инструмент, в нерабочее положение. Конструктивное выполнение наклонной линейки (поворотной и перемещаемой) позволяет регулировать кривизну профиля круга.

Правку кругов со сложной формой профиля в условиях мелкосерийного и единичного производства можно осуществить с помощью съемного приспособления, установленного на столе станка (рис. 14, а). Правящий алмазный инструмент 2 закрепляют в подвижной державке 4, которая под воздействием пружины 5 поджата к копиру 6. Поворотом маховика 1

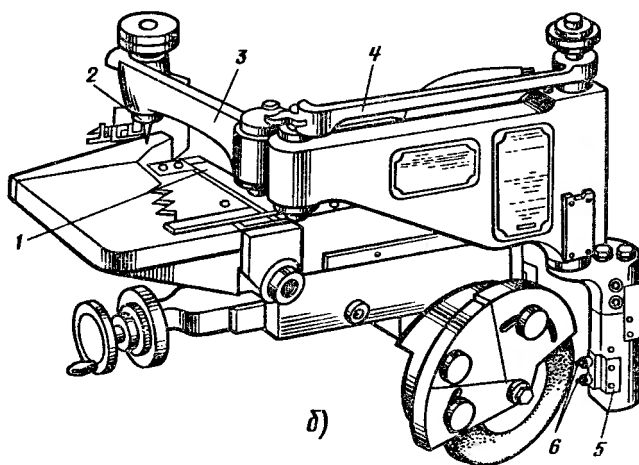
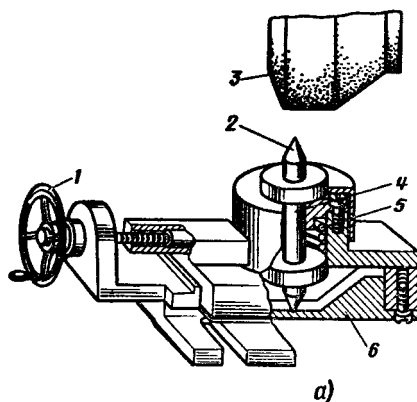


Рис. 14. Приспособления для правки профиля шлифовальных кругов по копиру:

а — съемное; б — пантографного типа

вика 1 державка 4 перемещается вдоль копира и передает его профиль шлифовальному кругу 3.

Для правки профиля шлифовальных кругов по копиру в условиях мелкосерийного и единичного производства применяют приспособление пантографного типа (рис. 14, б). Траектория движения щупа 2 по копиру 1 передается через системы рычагов 3 и 4 к державке 5 с правящими инструментами 6. В случае, если шлифование осуществляется крупнозернистыми кругами высокой твердости, в державке 5 устанавливают два алмазных резца — для предварительной и чистовой правки. При правке кругов с глубоким профилем алмазный резец для предварительной правки после предварительной операции с приспособления снимают. В зависимости от передаточного отношения пантографа копир 1 изготовляют с пяти- и десятикратным увеличением профиля, воспроизводимого на шлифовальном круге.

4. ОСОБЕННОСТИ ПРАВКИ АЛМАЗНЫХ И ЭЛЬБОРОВЫХ КРУГОВ

Правка алмазных шлифовальных кругов, особенно кругов на металлической связке, представляет значительные трудности по сравнению с правкой абразивных кругов. Для правки алмазных кругов наиболее широко используют методы механического воздействия на алмазосодержащий слой.

Наиболее простым и доступным методом правки алмазных кругов является обтачивание абразивными брусками, закрепленными в тисках на столе станка или в специальных приспособлениях. Правка осуществляется при медленном перемещении бруска в продольном и поперечном направлениях относительно алмазного круга. Режимы правки брусками из зеленого карбида кремния (63С) на керамической связке следующие: скорость вращения алмазного круга — рабочая; продольная подача 1—2 м/мин; поперечная подача 0,01—0,02 мм/дв.ход стола. Правку осуществляют с применением СОТС.

Характеристика абразивного инструмента для правки алмазных кругов в зависимости от марки алмазов, зернистости и связки приведена в табл. 18.

Эффективна правка алмазных кругов на органических связках карандашами МААС. Режим правки: продольная подача 0,2—0,4 м/мин; поперечная подача 0,002—0,01 мм/ход. Зерни-

стость алмазов в карандаше должна быть на два разряда выше зернистости алмазов круга.

Широкое применение, как наиболее производительная, получила правка алмазных кругов методом шлифования кругами из зеленого карбида кремния или белого электрокорунда. Правку можно проводить либо на станке, либо в специальном приспособлении. В любом случае правку алмазных кругов следует вести с обильным охлаждением на следующих режимах: скорость вращения абразивного круга 15–25 м/с; скорость вращения алмазного круга 1–3 м/с; продольная подача, т. е.

18. Характеристика абразивного инструмента для правки алмазных кругов

Характеристика алмазного круга			Характеристика абразивного правящего инструмента			
Марка алмаза	Зернистость	Связка	Марка абразива и зернистость	Твердость	Связка	
АС6	315/250	Металлическая	63С40	С1 – С2	Керамическая	
АС4, АС6	250/200		63С32			
	200/160					
	160/125					
	125/100					63С25
	100/80					63С20
	80/63					63С16
	63/50					63С12
АС2	160/125	Органическая	63С16	СМ1 – СМ2		
	125/100		63С12			
	100/80		63С10			
	80/63		63С8			
	63/50		63С6	М3 – СМ1		
	50/40		63С5			

скорость перемещения абразивного круга вдоль образующей алмазного круга, 1,5–2 м/мин; поперечная подача 0,03–0,04 мм/дв. ход. Перемещение правящего абразивного круга должно обеспечивать его выход не менее чем на 5 мм с каждой стороны алмазного круга.

В качестве правящего инструмента рекомендуется применять круги из белого электрокорунда твердостью МЗ–СМ1, зернистостью, примерно равной зернистости алмазного круга. Это позволяет получить наибольшую производительность правки. Применение мелкозернистых абразивных кругов снижает производительность процесса, а увеличение зернистости приводит к затуплению зерен.

Правка алмазных кругов абразивными кругами методом обкатывания менее эффективна, и поэтому ее применяют значительно реже.

Вращение абразивного круга в процессе правки методом обкатывания осуществляется вследствие контакта с алмазным кругом, вращающимся на рабочей скорости. Продольная подача абразивного круга в этом случае равна 0,8–1,2 м/мин, а поперечная подача до 0,02 мм на шесть–восемь двойных ходов.

Для повышения эффективности правки алмазных кругов продольную подачу абразивного круга осуществляют с осциллирующим движением. Интенсификация процесса правки происходит также при установке правящего инструмента под углом 2–10° к оси алмазного круга.

Наиболее эффективен метод обкатывания при подаче в зону сопряженных поверхностей свободного абразива. В этом случае вращение получает абразивный круг, который подводится до касания с наиболее выступающими зернами алмазного круга, находящегося в покое. В зону контакта двух кругов подается абразив в виде порошка или пасты. Алмазный круг начинает вращаться. Абразивные частицы, воздействуя на связку алмазного круга, восстанавливают его режущую способность.

Этим способом можно править алмазные круги сложного профиля. Для ускорения процесса правки и повышения точности профиля круга его правку рекомендуется осуществлять в несколько операций. При предварительной правке применяют крупнозернистый абразив, при окончательной – мелкозернистый.

Сравнительно простым и эффективным способом правки (а также профилирования) алмазных кругов на металлической

связке является способ пластического деформирования. Этим способом рекомендуется править круги зернистостью 50/40—200/160, относительной концентрацией алмазов 50—150 и твердостью алмазонального слоя HRB 60—100. В качестве правящего инструмента используют стальные и твердосплавные ролики. Правка проводится при частоте вращения, превышающей 30 мин^{-1} . Время накатывания нового профиля алмазного круга составляет 10—30 мин в зависимости от характеристики круга и размеров профиля. Точность правленного таким способом алмазного круга в зависимости от точности накатного ролика и жесткости технологической системы составляет 5—10 мкм или 5—10%. Способ позволяет получить профиль круга с радиусом закругления 0,03—0,04 мкм. При необходимости получения профиля большой глубины процесс профилирования целесообразно осуществлять в нагретом состоянии круга. Точность профилирования снижается на $\pm 0,05 \text{ мм}$.

Наряду с методами механического воздействия на алмазосодержащий слой используют методы физико-химического воздействия.

При электроэрозионном процессе правки алмазных кругов на токопроводящих связках правка происходит вследствие эрозии (разрушения) связки импульсными электрическими разрядами с высокой концентрацией энергии.

Для осуществления электроэрозионной правки алмазный круг соединяют с положительным полюсом, а правящий инструмент-электрод через регулируемое сопротивление с отрицательным полюсом высокочастотного импульсного генератора. Межэлектродной средой служат слабые содовые растворы, различные масла и эмульсии. В качестве материала электрода применяют графит ЭЭГ, медь, бронзу. Скорость съема алмазонального слоя при электроэрозионной правке может достигать $100 \text{ мм}^3/\text{мин}$, точность профилирования 10—22 мкм, минимальный радиус закругления 0,1 мм.

Достаточно производительным является метод электрохимической правки алмазных (и эльборовых) кругов на металлических связках. Сущность данного процесса правки заключается в сочетании электрохимического растворения связки, что обуславливает высокую производительность, и механического удаления продуктов растворения (в том числе анодной пленки, которая затормаживает процесс анодного растворения), что определяет качество и точность правки. Для осуществления процесса правки алмазный круг соединяют с положитель-

ным, а правящий инструмент — с отрицательным полюсом выпрямительного устройства, обеспечивающего получение технологического тока низкого напряжения (4–12 В). Круг подводят к правящему инструменту (например, стальной пластинке). В зону обработки подают электролит. Правку проводят на рабочей скорости круга с большой поперечной подачей. Прерывистость подачи обеспечивает врезание алмазных зерен на всю высоту, на которую они выступают из связки. В конце правки осуществляют несколько ходов без поперечной подачи.

Для повышения эффективности электрохимической правки правящему инструменту сообщают высокочастотные колебания.

Разновидностью электролитической обработки, в том числе правки алмазных кругов, является способ анодно-механической правки алмазного инструмента с помощью вращающейся металлической щетки. Этот способ достаточно производителен, но не обеспечивает высокой точности.

Алмазные круги очищают пемзой или брусками из белого электрокорунда зернистостью 16–12, твердостью СМ2 с жестким креплением правящего инструмента.

Правку эльборовых кругов осуществляют различными методами: обтачиванием режущей поверхности правящими инструментами из сверхтвердых материалов (алмазами в оправках, алмазными иглами, алмазными карандашами); обкатыванием режущей поверхности правящими роликами (алмазными, абразивными, металлическими и др.); шлифованием режущей поверхности правящими кругами; вскрытием рабочей поверхности абразивными брусками по методу обтачивания; притиркой режущей поверхности чугунными притирами со свободным абразивным зерном; форсированием износа режущей поверхности круга; физико-химическим воздействием на режущую поверхность круга (электрохимическим растворением связки, химическим травлением связки и т. д.).

Правку эльборовых кругов на керамической связке обычно осуществляют алмазными карандашами типа 01 исполнения А или алмазами в оправках методом обтачивания. Скорость продольной подачи правящего инструмента 50–60 мм/мин, глубина врезания 5–6 мкм. Основным недостатком такой правки является большая скорость изнашивания правящего инструмента, которая во много раз больше, чем при правке абразивных кругов из электрокорунда. Круги на органической связке правят алмазными кругами зернистостью 100/80 с относи-

тельной концентрацией алмазов 100 на связке М1 методом шлифования. Скорость вращения алмазного круга 15–20 м/с, продольная подача 100–150 мм/мин, глубина врезания 3–5 мкм.

Круги на металлической связке иногда правят абразивными кругами из карбида кремния методом шлифования. Характеристика абразивного круга 63С 16СМ1–СМ25К. Скорость вращения правящего круга 15–20 м/с, продольная подача 100–150 мм/мин, глубина врезания 3–5 мкм.

Правку эльборовых кругов карандашами МААС проводят в две операции: предварительную (продольная подача 0,3–0,5 м/мин; поперечная подача 0,05; 0,04 и 0,03 мм/дв.ход; зернистость алмазов 500/400, 400/315 и 315/250) и тонкую (продольная подача 0,2–0,4 м/мин; поперечная подача 0,003–0,005 мм/ход).

Правку осуществляют карандашами с маркой алмазов АС15 и зернистостью 315/250 и выше – для предварительной правки и 125/100–50/40 – для окончательной правки.

Для правки эльборовых кругов методом обкатывания применяют алмазные ролики прямого профиля. Режим обкатывания: частота вращения ролика $200–300 \text{ мин}^{-1}$; продольная подача 0,05–0,10 мм/об. круга; поперечная подача на глубину 0,02–0,05 мм/ход.

При правке эльборовых кругов методом шлифования применяют абразивные круги на вулканитовой, бакелитовой и керамической связках из электрокорунда или карбида кремния твердостью СМ–Т. Зернистость этих кругов выбирают на один–два разряда выше зернистости эльборовых кругов.

С повышением разряда зернистости правящего круга из карбида кремния твердостью СМ2 с 20(200–250 мкм) до 40(400–500 мкм) скорость изнашивания абразивного инструмента уменьшается в 1,2–1,3 раза, а производительность правки возрастает в 2 раза.

Эльборовые круги на керамической связке для резбошлифования правят методом шлифования электрокорундовыми кругами на режимах: поперечная подача 0,01–0,02 мм на четыре–пять дв.ходов; продольная подача 1–1,5 м/мин; скорость вращения кругов: эльборового 1,5–2,0 м/с; правящего (электрокорундового) 10–15 м/с.

Для ускорения правки кругов из эльбора их предварительно правят алмазными кругами на органической или керамической связке на тех же режимах.

Правка эльборовых кругов по методу притирки свободным абразивным зерном на чугунной плите создает наиболее благоприятный профиль режущей поверхности круга. Этот способ нередко применяют для правки кругов из эльбора чашечной формы.

Эльборовые круги на бакелитовой связке типа В2-01 (Б1) или карболитовой связке типа КБ нередко правят путем шлифования бракованных деталей или пластин из специальных материалов на повышенных режимах: $v_k = 40 \div 45$ м/с; $S_{\text{поп}} = 0,1 \div 0,3$ мм/дв. ход; $S_{\text{пр}} = 0,2 \div 0,3$ м/мин. При такой правке устраняют биение режущей поверхности круга с $0,2 - 0,3$ мм до $0,01 - 0,015$ мм.

Правку эльборовых кругов абразивными брусками применяют в случаях, когда не требуется восстановление точности профиля. Для правки применяют бруски из зеленого карбида кремния твердостью СМ1—СМ2. Зернистость брусков выбирают на один—три номера выше зернистости эльборовых кругов, подвергающихся правке. Мелкозернистые бруски применяют также для чистки эльборовых кругов на керамической связке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник/Под ред. А. Н. Резникова. М.: Машиностроение, 1977. 391 с.
2. Алмазный инструмент. Каталог ВНИИАлмаза, ВНИИТЭМР, 1985. 119 с.
3. Бердичевский Е. Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки материалов: Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 224 с.
4. Верников А. Я. Магнитные и электромагнитные приспособления в металлообработке. М.: Машиностроение, 1984. 160 с.
5. Глубинное шлифование деталей из труднообрабатываемых материалов/С. С. Силин, В. А. Хрульков, А. В. Лобанов, Н. С. Рыкунов. М.: Машиностроение, 1984. 64 с.
6. Дубовик Н. П., Мендельсон В. С. Устройства для правки шлифовальных кругов алмазными инструментами. Киев: Наукова думка, 1982. 128 с.
7. Кашук В. А., Мелехин Д. А., Бармин Б. П. Справочник заточника. М.: Машиностроение, 1982. 232 с.
8. Корчак С. Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. М.: Машиностроение, 1974. 280 с.
9. Лоскутов В. В. Шлифование металлов: Учебник для средних профессионально-технических училищ. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
10. Наерман М. С. Справочник молодого шлифовщика. М.: Высшая школа, 1985. 207 с.
11. Сильвестров Б. Н. Зубошлифовальные работы. М.: Высшая школа, 1985. 272 с.
12. Справочник шлифовщика/Л. М. Кожуро, А. А. Паиов, Э. И. Ремизовский, П. С. Чистосердов; Под общ. ред. П. С. Чистосердова. — Минск: Высшая школа, 1981. 287 с.
13. Средства контроля, управления и измерения линейных и угловых размеров в машиностроении: Каталог. ВНИИИзмерения, М.: 1985. 202 с.
14. Стерин И. С. Машиностроительные материалы. Л.: Лен-издат, 1984. 272 с.
15. Эльбор в машиностроении/Под ред. В. С. Лысанова. Л.: Машиностроение, 1978. 280 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- Алмаз синтетический 6
- Алмазы в оправках — Конструкции 442, 443

Б

- Балансировка кругов динамическая 411—413, 416, 417
- статическая 411—413, 415
- Бесцентровое шлифование 220, 271—281
- Припуски на обработку 271, 273
- Режимы 271, 274—281
- Способы 229, 230
- Характеристики кругов 271, 272
- Бочкообразность 380

В

- Весы для статической балансировки шлифовальных кругов 413, 415
- Внутреннее шлифование 218, 219, 271—292
- Поправочные коэффициенты 286, 287, 290, 292
- Припуски на обработку 283
- Размеры кругов 271, 282
- Режимы 282, 284—293

- Способы 226—230
- Характеристики кругов 271, 283

- Вогнутость поверхности 379
- профиля 380
- Волнистость поверхности 351
- Выпуклость поверхности 379
- профиля 380

Г

- Глубинное шлифование кругом 239, 242—244 — профильное 338, 341
- Головка синусная делительная 214, 215
- Головки шлифовальные алмазные 106—110
- конические типа EW 108
- конические усеченные типа DIW 109
- полусферические типа FW 109, 110
- сводчатые типа FIW 109
- угловые типа DW 108
- цилиндрические типа AW 107
- Головки шлифовальные к пневматическим машинам — Диаметры 342—344
- Типаж 45—48
- Головки шлифовальные зальбовые 110—114

- конические типа ЛГК1 111
- конические типа ЛГК2 111
- полушаровые типа ЛГПШ1 112
- полушаровые типа ЛГПШ2 112
- цилиндрические типа ЛГКЭ 114
- цилиндрические типа ЛГЦ1 110
- цилиндрические типа ЛГЦ2 110

ГОСТ 8—82Е 141

- 380—71 115
- 607—80 431
- 613—79 115
- 614—73 115
- 882—75 385
- 1050—74 115
- 1215—79 115
- 1412—85 115
- 1414—75 115
- 1435—74 115
- 2270—78 417
- 2748—77 202
- 3882—74 115, 134
- 4543—71 115—122
- 5632—72 115, 123—126
- 5950—73 115, 202
- 8026—75 386, 387
- 9038—83 383, 384
- 9206—80 428
- 13334—67 199
- 16157—70 198
- 16211—70 192
- 16212—70 192
- 16213—70 193
- 16488—70 189
- 19265—73 115, 129
- 19807—74 115, 130
- 23505—79 352
- 24568—81 199

ГОСТ 24642—81 354**Д****Дисбаланс 411, 413**

- Допуски при шлифовании плоских поверхностей 345, 347**
 - торцовых поверхностей 347
 - цилиндрических поверхностей 346, 347
- Допуски соосности поверхностей тел вращения 347**

З**Задир 354****Засаливание круга 216**

- Зубошлифование кругами — Основные способы 237—239**
 - Припуски 325
 - Режимы 325—327
 - Характеристика кругов 319, 324, 325

И

- Ивструменты для правки методом обкатывания 447, 448**
 - измерительные 382
 - контрольные 382
 - микрометрические 390, 391
 - правящие алмазные — Основные виды 427, 428

К

- Карандаши алмазные 428, 431—434**
 - МААС — Конструкции 435, 440
 - Размеры 441
 - Режимы правки абразивных кругов 442

- Схема установки относительно шлифовального круга 434, 435
- Карандаши правящие** из природных алмазов — Рекомендации для выбора и применения 435—439
- из синтетических алмазов — Рекомендации для выбора и применения 435, 439, 440
- Конструкции 435, 440
- Кожухи защитные** — Расположение и оптимально допустимые углы раскрытия 425, 426
- Контроль выборочный** 399
- сплошной 399
- Конусообразность** 380
- Круги абразивные** 15—45
- кольцевые типа К 38
- Предельные отклонения 41, 42
- прямого профиля типа ПП 16—28
- с выточкой типа ПВ 31—33
- с двусторонней выточкой и ступицей типа ПВДС 40
- с двусторонней выточкой типа ПВД 34, 35
- с двусторонним коническим профилем типа 2П 28, 29
- с запрессованными крепежными элементами типа ПН 41
- с коническим профилем типа 3П 29—31
- с конической выточкой типа ПВК 34
- Степени твердости 42, 41, 42
- Структура для различных видов шлифования 42, 43
- тарельчатые типа Т 39, 40
- Круги алмазные** 45—83
- для обработки неперетачиваемых пластин из твердого сплава 75
- Зернистость 82, 83
- кольцевые формы 2А2 76, 77
- плоские прямого профиля без корпуса формы А8 на связках О, М, К 54, 55
- плоские прямого профиля формы 14А1 72, 73
- плоские с выточкой формы 6А2 на связках О, М, К 54, 55
- плоские с двусторонней выточкой формы 9А3 на связках О, М, К 58, 59
- плоские прямого профиля формы 1А1 на связках О, М, К 48—53
- плоские с двусторонним коническим профилем формы 14ЕЕIX, 1ЕЕIX на связках О, М 70, 71
- плоские с полукругло-выпуклым профилем формы 1FF-IX на связках М(О) 73—75
- плоские формы 6А2Т 76
- Связки 78—82
- Способ правки пластическим деформированием 463, 464 — электрохимический 464, 465 — электроэрозионный 464
- тарельчатые конические формы 12А2 с углом 20° 67
- тарельчатые формы 12D9 на связках О, М 68, 69
- тарельчатые формы 12R4 на связках О, М 68

- тарельчатые формы 12V5 с углом 45° на связках О, М 64, 65 — с углом 20° на связках О, М 65, 66
- чашечные конические формы 12A2 с углом 45° 59—63
- чашечные конические формы 11V9 с углом 70° на связках О, М 63, 64

Круги из кубического нитрида бора 83—104

- плоские прямого профиля без корпуса типа А8 80—90
- плоские прямого профиля типа 1A1 86—88
- плоские прямого профиля типа 1A2 92
- плоские прямого профиля типа 14A1 98
- плоские с выточкой типа 6A2 96
- плоские с двусторонней выточкой типа 9A3 97
- плоские с двусторонним коническим профилем типа 1D1 85
- плоские с двусторонним коническим профилем типа 1E1 90
- плоские с двусторонним коническим профилем типа 1E6Q 91
- плоские с двусторонним коническим профилем типа 14EEIX 95
- плоские с односторонним коническим профилем типа 1R1 91
- плоские с односторонним коническим профилем типа 1V1 100
- плоские с полукругло-выпуклым профилем типа 1FIX 93—95
- Предельные отклонения 101, 105, 106
- профильные типа 4V9 92
- Связки 84, 102—104
- Структура 84
- тарельчатые типа 12A2— 20° 99, 100
- тарельчатые типа 12R4 98
- тарельчатые типа 12R9 92
- тарельчатые типа 12V5— 20° 101
- тарельчатые типа 12V9 93
- чашечные конические типа 11A2 93
- чашечные конические типа 12V5— 45° 97
- чашечные типа 12A2— 45° 99

Круги шлифовальные — Допустимые неуравновешенные массы 413, 414

- Периоды стойкости между правками при различных видах шлифования 455, 456
- Погрешность измерения допустимой неуравновешенной массы 414
- Правка накатыванием 454, 455
- Правка обкатыванием 442, 443
- Правка обтачиванием 427, 429—431, 442—448
- Правка шлифованием 443, 446, 448

Круглое наружное шлифование — Поправочный коэффициент на поперечную подачу 262, 263, 265, 267, 269, 270

- Припуски на обработку 255, 258
- Режимы резания 255, 259—261
- Характеристики кругов 255—257

Круглое шлифование периферией и торцом круга 218, 222—225

Л

- Линейки направляющие для шлифования заготовок** 203, 204
- поверочные 386, 387
- Люнет самоцентрирующийся** 201

М

- Материалы абразивные** — Физико-механические свойства 6, 7
- инструментальные —
- Характеристики и область применения** 127, 128
- Материалы шлифовальные** — Зернистость 7
- из кубического натрида бора 6
 - карбидоборные 6
 - карбидокремниевые 6
 - Классификация по обрабатываемости шлифованием 134—140
 - Содержание основной фракции 7
- Мера** 382 — Характеристики комплектов 383, 384
- Методы контроля качества поверхностей деталей** 399—410

Механизмы для балансировки шлифовальных кругов 415, 416

Микро- и субмикророшки — Марки и зернистость 9

Монокорунд 6

Н

Ножи опорные для шлифования заготовок 203

Номинальная поверхность 379

Номинальный профиль 379

О

Обдирочное шлифование кругом — Область применения 239, 241 — Требования к кругам 333—335 — Характеристика кругов 337, 338

Овальность 380

Огранка 380

Операции по выявлению мягких пятен и прижогов на деталях 401—403

Оправки для установки заготовок 192—195

Отверстия центровые 187

Отклонения наклона плоскости относительно плоскости 381

- от круглости 380

- от параллельности плоскостей 381

- от плоскостности 379

- от перпендикулярности плоскостей 381

- от прямолинейности в плоскости 379

- от прямолинейности оси в заданном направлении 380

- от прямолинейности оси в пространстве 380

- от цилиндричности 379
- профиля продольного сечения 380
- формы поверхности 354—356

П

- Патрон магнитный с башмаковым устройством** 196
- Патроны для установки и закрепления заготовок** 197—200
- Период стойкости круга** 216
- Плиты электромагнитные** 204, 205
- Плоское шлифование кругом** 220
- Основные способы 231—234
 - Режимы 293, 297—312
 - Характеристики кругов 293—295
- Полуавтоматы круглошлифовальные** — Технические характеристики 143, 146—151
- Порошки алмазные** — Характеристика и область применения 11, 12
- Приборы измерительные рычажно-механические** 391—394
- Прижог шлифовочный** 352—354, 357, 358, 365, 369, 373, 375, 401, 403
- Приспособления для бесцентрово-шлифовальных станков** 202—204
- делительные универсальные 214, 215
 - для закрепления заготовок из немагнитных материалов на электромагнитной плите 207, 208
 - для кругло- и внутришлифовальных станков 187—201
 - для правки шлифовальных кругов 456, 458—461
 - для шлифовальных станков — неразборные 185, 186 — специализированные 186 — универсально-безналадочные 185, 186 — универсально-наладочные 185, 186 — универсально-сборные 185, 186
 - магнитные 204, 206, 207
 - поводковые 188, 189—191
- Профильное шлифование** — Основные способы 220, 235, 312—327
- Режимы 317, 318, 320—327
 - Характеристика кругов 312, 314—316, 324

Р

- Режущая способность круга** 217
- Резьбошлифование инструментом** 220, 236, 237
- одно- и многопрофильными кругами 312, 313, 317—319
- Ролики алмазные правящие** — Основные виды 448, 449
- Режимы правки 448, 450—454
- Ротор** 411

С

- Седлообразность** 380
- Силы резания при шлифовании** 253, 254
- Система управления адаптивная** 182—184
- ЧПУ 178—182

- Скоростное шлифование кругом** — Общие сведения 239 — 241
- Характеристика кругов 334—336, 338, 339, 342
- След выкрашивания** 354
- Сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные** — Марки, химический состав и назначение 115, 123—126
- твердые спеченные — Свойства и назначение 130—133
- Способы крепления абразивного инструмента на винте** 417—419
- на оправке наклеиванием 417, 418
 - на переходных фланцах 417, 421—424
 - на шпинделе или оправке 417, 419—421
- Средства измерения качества поверхности деталей** 400—406, 408, 409
- углов и конусов 395—398
- Средства контроля шероховатости поверхности** — Технические характеристики 401—403
- Средства смазочно-охлаждающие технологические** 244—253
- Стали быстрорежущие** — Химический состав 129
- высоколегированные — Марки, химический состав и назначение 115, 123—126
 - конструкционные легированные — Химический состав, физико-механические свойства 115—122
- Станки бесцентровошлифовальные** — Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей при обработке 354, 358—366
- внутришлифовальные — Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей при обработке 366—369 — Технические характеристики 143, 156—160
- Станки зубошлифовальные** — Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей при обработке 370, 373, 376—378
- для конических колес — Технические характеристики 143, 176
 - для цилиндрических колес — Технические характеристики 143, 172—175
- Станки круглошлифовальные бесцентровые для наружной обработки** 143, 154—157 — Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей при обработке 354—358
- Станки плоскошлифовальные с крестовым столом и горизонтальным шпинделем** — Технические характеристики 143, 162—165
- с круглым столом и вертикальным шпинделем 143, 168
 - с круглым столом и горизонтальным шпинделем — Технические характеристики 143, 164—167
 - с прямоугольным столом —

- Технические характеристики 143, 160—163
- Станки** резьбошлифовальные — Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей при обработке 374, 375 — Технические характеристики 143, 169—171
- торцокруглошлифовальные — Технические характеристики 143, 152, 153
- Станки шлифовальные** — Кинематические схемы 142, 143
- Классификация 141, 142
- с ПУ 143, 179—182
- Станки шлицшлифовальные** — Дефекты, отклонения формы и расположения поверхностей при обработке 378, 379
- Технические характеристики 143, 177, 178
- Станки универсальные круглошлифовальные** — Технические характеристики 143—146
- Стойкость круга** 216, 217
- Сферокорунд** 6
- Т**
- Тиски станочные** 210—213
- Трещины закалочные** 352, 353
- шлифовочные 352, 353
- У**
- Устройства для правки кругов** — Схемы правки 456, 457
- передаточно-преобразующие 179
- универсальные делительные 213—215
- Устройство для точной и быстрой балансировки кругов на круглошлифовальном станке** 416
- мод. КУ-64 адаптивного управления к внутришлифовальным станкам — Технические характеристики 183, 184
- Ф**
- Формокорунд** 6
- Ц**
- Царапина абразивная** 354, 357
- Центры упорные сферические** 187, 188
- Ш**
- Шероховатость поверхности** 347 — Достигаемая при абразивной обработке 348—350
- Шлифование** 216
- инструментов — Режимы 327—333
- пневматическими машинами 342—344
- Шлифпорошки из синтетических монокристаллических алмазов** — Марки и зернистость 10

— поликристаллических алма-
зов — Марки и зернистость
8, 9

Шлифпорошки с покрытиями —
Характеристика и область
применения 13

Штангенинструменты 388, 389

Щ

Щупы 385

Э

Электрокорунд 6

— белый 6

— легированный 6

— нормальный 6

— циркониевый 6

Эльбор различных марок —
Зернистость 14, 15

— Характеристика и область
применения 14, 15

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

СЕРИЯ СПРАВОЧНИКОВ ДЛЯ РАБОЧИХ

**Виталий Авксентьевич Кашук,
Александр Борисович Верещагин**

СПРАВОЧНИК ШЛИФОВЩИКА

Редактор **И. И. Лесниченко**
Художественный редактор **С. С. Водчик**
Технический редактор **Н. М. Харитонова**
Корректор **Н. Г. Богомолова**

ИБ № 4904

Сдано в набор 04.06.87. Подписано в печать 19.04.88. Т-05183. Формат 84 × 108¹/₃₂. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура таймс. Печать высокая. Усл. печ. л. 25,20. Усл. кр.-отг. 25,20. Уч.-изд. л. 23,46. Тираж 75 000 экз. Заказ № 530. Цена 1 р. 50 к.

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

Отпечатано в Ленинградской типографии № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 193144, Ленинград, ул. Моисеенко, 10, с диапозитивов, изготовленных в ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградском производственно-техническом объединении «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15.