
Оглавление.

	Стр.
Введение.....	2
1. Шлифование. Абразивный инструмент.....	3
2. Абразивные материалы.....	3
3. Зернистость абразивного инструмента.....	9
4. Твердость абразивного инструмента.....	13
5. Структура абразивного инструмента.....	17
6. Высокопористые шлифовальные круги.....	18
7. Вид связи абразивного инструмента.....	20
8. Рабочая скорость.....	23
9. Классы точности.....	23
10. Классы неуравновешенности.....	24
11. Типоразмеры абразивного инструмента.....	24
12. Проверка прочности кругов.....	45
13. Шлифовальная шкурка.....	45
14. Паста.....	48
15. Отрезные круги.....	52
16. Алмазные отрезные круги.	53
17. Маркировка абразивного инструмента.....	54
18. Рекомендации по назначению режимов обработки.	60
19. Список литературы.....	62

1. Шлифование. Абразивный инструмент.

Шлифование - способ резания абразивным инструментом на шлифовальных станках, позволяющий получить наружные и внутренние цилиндрические, конические, фасонные и плоские поверхности изделий 5...8 качества с шероховатостью $R_a=0,1...2,5$ мкм.

Абразивным называется инструмент или набор инструментов, определяющим признаком которого является наличие абразивного материала, производящего механическую обработку изделия.

Абразивный инструмент состоит из зерен абразивных материалов, скрепленных каким-либо связующим веществом. Он изготавливается в основном из искусственных и, в небольшом количестве, из природных абразивных материалов преимущественно путем прессования массы, состоящей из шлифовального зерна и связки, с последующей термической и механической обработкой полученных заготовок. Применяется так же горячее прессование, литье, экструдирование и др.

Каждый вид инструмента на жесткой основе представляет собой тело, образованное абразивными зернами, соединенными различными видами связок. Зерна могут свободно размещаться во всем объеме тела, находиться лишь в рабочем слое, могут быть ориентированы так, чтобы обеспечить наиболее эффективный процесс шлифования. В объеме тела инструмента или рабочего слоя имеются поры. Соотношение объема зерен, пор и связки определяет структура инструмента. Назначение характеристик инструмента определяется технологическими требованиями, которые диктуются условиями обработки: производительностью процесса, его термодинамической напряженностью, точностью и качеством обрабатываемой детали.

Абразивный инструмент характеризуется видом абразивного материала, его зернистостью, твердостью, структурой, связкой, классом точности, формой и размерами. Вращающийся инструмент дополнительно характеризуется классом неуравновешенности, а алмазный и эльборовый – концентрацией зерен в рабочем слое.

2. Абразивные материалы.

Абразивные материалы - это преимущественно материалы высокой твердости, природные или искусственные, применяемые для обработки менее твердых материалов. Используются в виде зерна или порошков в свободном виде или в виде изготовленных из них инструментов.

К природным (естественным) абразивным материалам, имеющим промышленное значение, относятся алмаз, гранат, корунд, кремнь и др.

Искусственные абразивные материалы отличаются большей стабильностью физико-механических свойств по сравнению с природными. В настоящее время искусственные абразивные материалы практически полностью вытеснили в промышленности природные. К искусственным абразивным материалам относятся, например, электрокорунд, карбид кремния, карбид бора, эльбор (борозон) - кубический нитрид бора, синтетический алмаз, техническое стекло и др.

Электрокорунд - абразивный материал, состоящий из корунда (Al_2O_3) и небольшого количества примесей. Промышленность производит несколько разновидностей электрокорунда, в том числе нормальный, белый, хромистый, титанистый, циркониевый, моно- и сфорокорунд. Инструменты из электрокорунда используются при обработке материалов с высоким сопротивлением разрыву (стали, ковкого чугуна, железа, латуни, бронзы).

Нормальный электрокорунд (Маркировка – 18A, 15A, 14A и 13A), получаемый в электрических печах из бокситов (микротвердость 1900-2000 кгс/мм², плотность 3,85-3,95 г/см³).

Применяется при обработке материалов с высоким сопротивлением разрыву (обдирка стальных отливок, поковок, проката, высокопрочных и отбеленных чугунов, ковкого чугуна, получистовая и чистовая обработка различных деталей машин из углеродистых и легированных сталей в незакаленном и закаленном виде, марганцовистый бронзы, никелевых и алюминиевых сплавов и т.п.).

Белый электрокорунд (Маркировка – 25А, 24А и 23А) - получаемый в электрических печах расплавлением глинозёма (микротвердость 2000-2100, плотность 3,9-4,00 г/см³).

Абразивные инструменты из электрокорунда белого применяются при обработке:

- закаленных деталей из углеродистых, быстрорежущих и нержавеющей сталей, хромированных и нитрированных поверхностей;
- тонких деталей и инструментов, когда отвод тепла, образующегося при шлифовании, затруднен (штампы, зубья шестерен, резьбовой инструмент, тонкие ножи и лезвия, стальные резцы, сверла, деревообрабатывающие ножи т.п.);
- деталей (плоское, внутреннее и профильное шлифование) с большой площадью контакта между кругом и обрабатываемой поверхностью, сопровождающейся обильным теплообразованием;
- при отделочном шлифовании (хонингование, суперфиниширование и т.п.).

Электрокорунд циркониевый (Маркировка - 38А) - разновидность электрокорунда с примесью окиси циркония (от 10 до 45%). Микротвердость 2300-2400 кгс/мм², плотность 4,05-4,15 г/см³. Применяется для тяжелых обдирочных операций. Стойкость таких кругов при обдирочных работах приблизительно в 40 раз превышает стойкость кругов из электрокорунда.

Из этих видов электрокорундов производится до 80-90% абразивного инструмента самого разного назначения. В специальных инструментах используется *электрокорунд хромистый и титанистый (Маркировка - 34А, 33А)* имеющие отличные от белого электрокорунда свойства благодаря соответствующим примесям. Области применения этих кругов в основном совпадают с областями применения белого электрокорунда.

Сложнолегированный хромтитанистый электрокорунд (Маркировка 92А, 91А на основе белого электрокорунда и 94А, 93А на основе нормального электрокорунда) по стойкости инструмента в 1,5 раза, а по производительности процесса на 25-30% превышает показатели аналогов из белого и нормального электрокорунда.

Применяется в областях:

- аналогичных областям применения электрокорунда белого и монокорунда для марки 92А;
- аналогичных областям применения электрокорунда нормального для марки 94А;

Монокорунд (Маркировка 45А, 44А, 43А) - шлифзерно представлено монокристаллами в отличие от нормального электрокорунда, имеющего поликристаллическую структуру, что обеспечивает высокую режущую способность, но и высокую стоимость этого материала. Благодаря скалыванию мельчайших частиц зерен в процессе резания, круги из монокорунда обладают высокой режущей способностью. За счет сохранения остроты режущих кромок снижаются потребляемая на резание мощность и соответственно нагрев обрабатываемой детали. Применяется для шлифования деталей из цементированных, закаленных, азотированных и высоколегированных сталей с низкой теплопроводностью и теплоемкостью.

Карбид кремния (Маркировка 64С, 63С, 62С - зеленый или 55С, 54С, 53С - черный) - абразивный материал, представляющий собой химическое соединение кремния с

углеродом (SiC), твердость по МООСу - 9,1; микротвердость 3300-3600 кгс/мм², получаемых в электрических печах из кварца и нефтяного кокса при температуре 1500-2300 °С. Зеленый карбид кремния содержит меньше примесей, более хрупок, более высокая абразивная способность. Широко используется для всех видов шлифовального инструмента. Карбид кремния характеризуется более высокой твердостью и меньшими углами заострения зерен, чем инструмент из электрокорунда.

Абразивный инструмент из карбида кремния применяется для:

- обработки твердых материалов с низким сопротивлением разрыву, высокой твердости и хрупкости (чугуна, бронзового и латунного литья, твердых сплавов, драгоценных камней, стекла, мрамора, гранита, фарфора, твердого каучука, кости и т.п.);
- обработки мягких и вязких материалов (жаропрочных сталей и сплавов, меди, алюминия, резины и т.д.)

Карбид бора выпускается с содержанием общего бора в карбиде зернистостью 16 не менее 72,5%, зернистостью 5-4 – 71,5%. Карбид бора используют обычно в виде порошка или паст, так как вследствие переменного химического состава и низкой температуры разложения не удается получить прочный абразивный инструмент.

Применяется для обработки инструмента из твердых сплавов типа металлокерамика на основе карбидов вольфрама, титана и других целей.

Эльбор (борозон) - кубический нитрид бора. Получают из гексагонального нитрида бора при высоких давлениях и температуре. Плотность 3,45-3,54 г/см³, микротвердость 8000-10000 кгс/мм². Разновидность кубического нитрида бора, разработанная за рубежом, имеет торговую марку - борозон. Используется в промышленности достаточно широко, в основном как аналог алмазного инструмента, также на режущие пластинки для резцов, буров, сверл. В настоящее время в промышленности применяются порошки кубического нитрида бора марки ЛКВ40-ЛКВ50 и микропорошки марки ЛМ.

Абразивные инструменты из эльбора применяются при:

- шлифовании и доводке труднообрабатываемых сталей и сплавов;
- чистовом шлифовании, заточке и доводке инструментов из быстрорежущих сталей;
- чистовом и окончательном шлифовании прецизионных деталей из жаропрочных, нержавеющих и высоколегированных конструкционных сталей;
- чистовом и окончательном шлифовании направляющих станков, ходовых винтов, обработка которых затруднена обычными абразивными инструментами из-за больших тепловых деформаций;
- размерном и фасонном шлифовании в автоматическом цикле, когда требуется высокая стойкость инструмента по профилю и режущей способности.

Алмаз – наиболее твердый из абразивов – уже в своем природном виде завоевал прочное место в производстве благодаря росту использования твердых сплавов. Круги изготавливают из алмазных шлифпорошков (см. табл.1), которые в зависимости от сырья, из которого они изготовлены, обозначают буквенными индексами (по ГОСТ 9206-84):

А – из природных алмазов;

АС – из синтетических алмазов;

АР – из синтетических поликристаллических алмазов.

К буквенному обозначению шлифпорошков из синтетических поликристаллических алмазов добавляют буквенный индекс, который обозначает тип поликристаллического алмаза:

В – типа «баллас»;

К – типа «карбонадо»;

С – типа «спеки».

1. Марки алмазных порошков. Рекомендуемые области применения.

Марка Порошка	Характеристика	Рекомендуемая область применения
Шлифпорошки		
A1, A2, A3, A4	Из природных алмазов, получаемых дроблением, содержащих не менее 10%, 20%, 30%, 40% изометричных зерен соответственно	Изготовление инструментов на металлических связках при обработке технического стекла, керамики, камня, бетона
A5	Из природных алмазов, получаемых дроблением, содержащих не менее 50% изометричных зерен	Изготовление инструментов на металлических и гальванической связках для обработки камня, прочных бетонов, твердой керамики. Изготовление правящего, бурового инструментов, инструментов для стройиндустрии и камнеобработки
A8	Из природных алмазов, получаемых дроблением, содержащих не менее 80% изометричных зерен	Изготовление бурового и правящего инструментов, инструментов для камнеобработки и стройиндустрии
AC3	Из синтетических алмазов повышенной хрупкости, зерна которых представлены агрегатами с развитой поверхностью	Изготовление инструментов на органических связках, применяемых на чистовых и доводочных операциях при обработке твердого сплава
AC4	Из синтетических алмазов повышенной хрупкости, зерна которых представлены агрегатами и сrostками	
AC3Ni56 AC4Ni56	Из синтетических алмазов покрытых никелем (покрытие - 56% никеля)	
AC6	Из синтетических алмазов, зерна которых представлены отдельными кристаллами с развитой поверхностью, агрегатами и сrostками	Изготовление инструментов на органических, металлических связках, применяемых при обработке твердого сплава, керамики, стекла и других хрупких материалов
AC6Ni56	Из синтетических алмазов покрытых никелем (покрытие - 56% никеля)	
AC15	Из синтетических алмазов, зерна которых представлены агрегатами и сrostками (не более 60%), а также удлинёнными кристаллами с коэффициентами формы зерен от 1,3 до 3,0	

АС20	Из синтетических алмазов, зерна которых представлены агрегатами и сростками (не более 40%), а также удлинёнными кристаллами с коэффициентами формы зерен от 1,3	
АС32	Из синтетических алмазов, зерна которых представлены кристаллами, а также сростками и агрегатами (не более 15%) с коэффициентом формы зерен не более 1,2	Изготовление инструментов на металлических связках, применяемых для шлифования камня, резки мягких горных пород, обработки стекла, рубина, лейкосапфира, ситалла, корунда, черного хонингования
АС50	Из синтетических алмазов, зерна которых представлены кристаллами, а также сростками и агрегатами (не более 12%) с коэффициентом формы зерен не более 1,2	Изготовление инструментов на металлических связках, применяемых для шлифования камня, резки мягких горных пород, рубина, лейкосапфира, ситалла, корунда, черного хонингования
АС65	Из синтетических алмазов, зерна которых представлены кристаллами, а также сростками и агрегатами (не более 10%) с коэффициентом формы зерен не более 1,2	Изготовление инструментов на металлических связках, применяемых при обработке природного камня, строительных материалов, горных пород средней твердости, керамики, бетона, в буровом инструменте, сверлах
АС80	То же, зерна, которых представлены кристаллами, а также сростками (не более 8%) с коэффициентом формы зерен не более 1,1	
АС 100	Из синтетических алмазов, зерна которых представлены кристаллами, а также сростками (не более 6%) с коэффициентом формы зерен не более 1,1	Изготовление инструментов на металлических связках, применяемых для резки, сверления природного камня, бетонов, керамики, правки шлифовальных кругов, обработке огнеупоров, в буровом инструменте
АС 125	Из синтетических алмазов, зерна которых представлены кристаллами, а также сростками (не более 4%) с коэффициентом формы зерен не более 1,1	
АС 160	Из синтетических алмазов, зерна которых представлены кристаллами, а также сростками (не более 2%) с коэффициентом формы зерен не более 1,1	Изготовление инструментов на металлических связках, применяемых для резки, сверления природного камня, бетона, керамики, правки шлифовальных кругов, при обработке огнеупоров, в буровом инструменте
АРСЗ	Из синтетических поликристаллических алмазов типа «спеки»	Изготовление инструментов на металлических связках, применяемых при обработке, природного камня, бетона,

APC4	То же, с коэффициентом формы зерен не более 1,5	
Микропорошки		
AM	Из природных алмазов нормальной абразивной способности	Доводка и полирование деталей машин и приборов из закаленных сталей, сплавов, керамики, стекла, полупроводниковых и других материалов
АСМ	Из синтетических алмазов нормальной абразивной способности	
АН	Из природных алмазов повышенной абразивной способности	Доводка и полирование твердых и сверхтвердых труднообрабатываемых материалов, корунда, керамики, алмазов, драгоценных камней
АСН	Из синтетических алмазов с повышенной абразивной способностью	
Субмикропорошки		
AM5	Из природных алмазов с содержанием крупной фракции до 5%	Сверхтонкая доводка и полирование поверхностей изделий, при обработке полупроводниковых материалов
АСМ5	Из синтетических алмазов с содержанием крупной фракции до 5%	
AM1	Из природных алмазов с содержанием крупной фракции до 1%	
АСМ1	Из синтетических алмазов с содержанием крупной фракции до 1%	

Абразивные инструменты из алмаза применяются:

- при шлифовании и доводке хрупких и высокотвердых материалов и сплавов (твердых сплавов, чугуна, керамики, германия, кремния);
- при чистовом шлифовании, заточке и доводке твердосплавных режущих инструментов;
- при чистовом и окончательном шлифовании и хонинговании деталей автотракторного производства;
- при размерном и фасонном шлифовании в автоматическом цикле деталей из твердых сплавов и высокопрочного чугуна, когда требуется высокая стойкость инструмента по профилю и режущей способности.

Обозначения шлифовальных материалов в России и других странах приведены в табл. 2.

2. Обозначение основных абразивных материалов в России и других странах.

Абразивный материал	Россия	США	Англия	Франция	ФРГ	Италия	Австрия	Швейцария	Япония	Чехия
Абразивное зерно на основе кубического нитрида бора	Эльбор	Боразон			J11B, J43sol, B10A					CBN
	Эльбор Р	Боразон резцовый								

Карбид кремния зеленый	62C; 63C; 64C	39C; GC	C	66C; 4C	SiCg; SCg	CVC; CW	C; CV	Vitocar bon	GC	C49
Карбид кремния черный	52C; 53C; 54C; 55C	37C; C	BC	55C; C	SiC; SC21	CNC; C	1C; C	Vitocar bon	C	C48
Монокорунд	43A; 44A; 45A	32A								90MA
Электрокорунд циркониевый	68A	68A; 66A; ZS; ZF					14F; 24A; 28A			97EA
Электрокорунд титанистый	37A									
Электрокорунд хромистый	32A; 33A; 34A	5A; 25A					88A			
Электрокорунд ванадиевый		EA								
Электрокорунд белый	22A; 23A; 24A; 25A	38A; AA	WA	44A; 99A	EK; EKv	OBA; WA	89A; WA	Vitone va	WA	99A, A99
Электрокорунд нормальный	12A; 13A; 14A; 15A; 16A	A; 16A; 44A; 57A	A	A	NK	ONA; A	A; 10A	Vitobor und	A; A-40; TA	96A, A96

3. Зернистость абразивного инструмента.

Зернистость абразивного материала - это показатель, определяющий содержание и размер данного шлифовального материала.

В России обозначение зернистостей и их состав определены ГОСТ 3647-71.

Шлифовальные материалы делятся на группы в зависимости от размера зерен, мкм:

шлифзерно	от 2000 до 160
шлифпорошки	от 125 до 40
микрошлифпорошки	от 63 до 14
тонкие микрошлифпорошки	от 10 до 3

Для алмазного порошка и эльбора принята (ГОСТ 9206-80) своя квалификация зернистости:

шлифпорошки	– размер зерен от 3000 до 40 мкм;
микропорошки	– размер зерен от 80 до 1 мкм и мельче;
субмикропорошки	– размер зерен от 1,0 до 0,1 мкм и мельче.

Определяющей характеристикой зернистости является ее основная фракция продуктов рассева. При производстве шлифовальных кругов может использоваться абразивное зерно с различным содержанием основной фракции. На это указывает буквенный индекс стоящий рядом с зернистостью круга в его характеристике:

- Д – допустимое содержание основной фракции;
- Н – нормальное содержание основной фракции;
- П – повышенное содержание основной фракции;
- В – высокое содержание основной фракции.

Примечание. Индексы указаны в порядке возрастания содержания основной фракции. Процентное содержание основной фракции каждого индекса определяется по ГОСТ в зависимости от диапазона зернистости.

В отличие от России в странах, входящих в Европейскую организацию изготовителей абразивов (FEPA), приняты другие стандарты для обозначения зернистостей (см. табл. 3).

3. Обозначение зернистостей шлифзерна и шлифпорошков по ГОСТ и FEPA.

Обозначение по ГОСТ 3647-71 зерна и порошков для шлифкругов и шлифшкурки		Обозначение по FEPA 42 – D 84	
Зернистость	Размер зерен, мкм	Зернистость	Размер зерен, мкм
-	-	8	2800-2360
200	2500-2000	10	2360-2000
160	200-1600	12	2000-1700
-	-	14	1700-1400
125	1600-1250	16	1400-1180
100	1250-1000	20	1180-1000
80	1000-800	24	850-710
63	800-630	30	710-600
50	630-500	35	600-500
40	500-400	46	425-355
32	400-320	54	355-300
25	320-250	60	300-250
20	250-200	70	250-212
16	200-160	80	212-180
-	-	90	180-150
12	160-125	100	150-125
10	125-100	120	125-106
8	100-80	150	106-65
6	80-63	180	90-63
5	63-50	220	75-53
4	50-40	-	-
3	40-28	-	-
M63	63-50	-	-
-	-	F 230/53	53±3,0
M50	50-40	F 240/45	44,5±2,0
M40	40-28	F 280/37	36,5±1,5
-	-	F 300/29	29,2±1,5
M28	28-20	-	-
-	-	F 360/23	22,8±1,5
M20	20-14	F 400/17	17,3±1,0
M14	14-10	F 500/13	12,8±1,0
M10	10-7	F 600/9	9,3±1,0
M7	7-5	F 800/7	6,5±1,0
M5	5-3	F 1000/5	4,5±0,8
-	-	F 1200/3	3,0±0,5

Зернистость алмазного и эльборового инструмента определяется по основной фракции, преобладающей по массе, и обозначается дробью, числитель которой

соответствует размеру стороны ячейки верхнего сита знаменатель – размеру стороны ячейки нижнего сита:

2500/2000	1000/800	400/315	160/125	63/50
2000/1600	800/630	315/250	125/100	50/40
1600/1250	630/500	250/200	100/80	
1250/1000	500/400	200/160	80/63	

Крупнозернистые инструменты применяются:

- при обдирочных и предварительных операциях с большой глубиной резания, когда удаляются большие припуски;
- при работе на станках большой мощности и жесткости;
- при обработке материалов, которые вызывают заполнение пор круга и засаливание его поверхности, например при обработке меди, латуни, алюминия;
- при большой площади контакта круга с обрабатываемой деталью, например при использовании высоких кругов, при плоском шлифовании торцом круга, при внутреннем шлифовании;

Средне- и мелкозернистые инструменты применяются:

- для получения шероховатости поверхности 0,320 – 0,080 мкм;
- при обработке закаленных сталей и твердых сплавов;
- при окончательном шлифовании, заточке и доводке инструментов;
- при высоких требованиях к точности обрабатываемого профиля детали.

Также при выборе зернистости следует учитывать [1]:

- количества снимаемого при обработке материала;
- физических свойств обрабатываемого материала;

4. Рекомендации по выбору зернистости инструмента в зависимости от вида обработки.

Зернистость инструмента	Вид обработки
80-320	Обдирочные операции: зачистка заготовок, отливок, поковок, штамповочных деталей
50-80	Плоское шлифование торцом круга, заточка средних и крупных резцов, правка абразивного инструмента, отрезка
25-63	Предварительное и комбинированное шлифование (предварительное и окончательное шлифование выполняется без съема изделия со станка), заточка режущего инструмента
16-32	Чистовое шлифование, обработка профильных поверхностей, заточка мелкого инструмента, шлифование хрупких материалов
6-12	Отделочное шлифование, доводка твердых сплавов, доводка режущего инструмента, предварительное хонингование, заточка тонких лезвий
4-6	Отделочное шлифование металлов, стекла, мрамора и т.п., резьбошлифование, чистовое шлифование
M40 и мельче	Суперфиниширование, окончательное хонингование, доводка тонких лезвий и мерительных поверхностей калибров, резьбошлифование изделий с мелким шагом

5. Рекомендации по выбору зернистостей в алмазном круге при шлифовании и заточке твердосплавных инструментов и изделий.

Типы и марки связок	Рекомендуемый диапазон зернистостей	Шероховатость обработанной поверхности, Ra, мкм		
		При торцевом шлифовании и заточке	При плоском шлифовании периферией круга	При круглом шлифовании
Органические связки				
Органические В1-01, В1-04, В1-10	200/160÷100/80	0,63÷0,16	1,0÷0,32	1,0÷0,32
	80/63÷50/40	0,32÷0,16	0,63÷0,20	0,63÷0,20
Органические (алмазы с покрытием) В2-01, В1-04	125/100÷50/40	0,32÷0,10	0,63÷0,16	0,80÷0,20
Органические (алмазы без покрытия) В2-01, В3-16	125/100÷20/14	0,32÷0,05	0,50÷0,10	0,63÷0,125
Металлические связки				
Металлическая повышенной производительности М3-12	200/160÷125/100	1,0÷0,32	1,25÷0,63	1,25÷0,63
	100/80÷80/63	0,50÷0,16	1,0÷0,32	1,25÷0,40
	63/50÷50/40	0,32÷0,16	0,63÷0,16	0,63÷0,32
Металлические повышенной стойкости М2-01, М2-02, М2-05, М2-14Э	250/200-125/100	1,0÷0,32	1,25÷0,63	1,25÷0,63
	100/80-80/63	0,50÷0,16	1,0÷0,32	1,25÷0,40
	63/50-50/40	0,32÷0,16	0,63÷0,16	0,63÷0,32
Связки для электролитического шлифования				
Металлическая повышенной производительности М3-12	200/160÷125/100	1,25÷0,32	2,0÷0,63	2,0÷0,63
	100/80÷80/63	0,63÷0,20	1,25÷0,63	1,25÷0,63
Металлические повышенной стойкости М2-01, М2-02, М2-05, М2-4Э	200/160÷125/100	1,25÷0,32	2,0÷0,63	2,0÷0,63
	100/80÷80/63	0,63÷0,20	1,25÷0,63	1,25÷0,63
Органическая В 1-03	160/125÷100/80	0,50÷0,10	0,63÷0,16	0,63÷0,16
	80/63÷50/40	0,16÷0,05	0,32÷0,08	0,32÷0,08

- требуемого класса шероховатости и точности обработки поверхности;

Чем больше зернистость абразивного материала, тем больше значение высотных параметров шероховатости:

6. Рекомендации по выбору зернистости в зависимости от шероховатости обработанной поверхности Ra.

Шероховатость обработанной поверхности Ra, мкм	Рекомендуемая зернистость шлифовального круга
2,50...1,25	50; 40
0,80...0,50	(32); 25
0,40...0,30	20; 16
0,30...0,16	12; 10
0,12...0,10	6...M28
010...0,08	M28...M14

- требуемой в автоматическом цикле шлифования стойкости кругов между правками;

4. Твердость абразивного инструмента.

Твердость абразивного инструмента характеризует прочность удержания зерна в связке круга. Поэтому из зерен самого твердого абразивного материала можно изготовить мягкие абразивные инструменты и, наоборот, из абразивного материала малой твердости можно изготовить твердые инструменты. Мягким абразивным инструментом в отличие от твердого называют такой, из которого абразивные зерна легко выкрашиваются.

В зависимости от связки обозначения твердости несколько различаются. У вулканитовых кругов градаций твердости меньше, нежели у керамических и бакелитовых. Однако, обозначения степени твердости аналогично для всех групп абразивных материалов. Для целей выбора инструмента достаточно знать, что:

BM1 и BM2	– весьма мягкие;
M1, M2 и M3	– мягкие;
CM1 и CM2	– средне мягкие;
C1 и C2	– средние;
CT1, CT2 и CT3	– средне твердые;
T1 и T2	– твердые;
BT	– весьма твердые;
CT	– чрезвычайно твердые.

Примечание. Цифры 1, 2 и 3 характеризуют возрастание твердости абразивного инструмента внутри степени.

Методы определения твердости даны в ГОСТах 18118, 21323, 19202 и ГОСТ 25961.

В настоящее время у части кругов маркируют твердость не буквенным обозначением, а цифровым показателем, именуемым "звуковой индекс", который обозначается цифрой - так для бакелитовых отрезных кругов указывают цифры от 25 до 51, что примерно должно соответствовать ранее указанным твердостям. Для вулканитовых кругов от 23 до 45. Однако, по крайней мере для армированного отрезного инструмента акустический метод имеет недостаточную корреляцию с твердостью. Ориентировочные соотношения между звуковым индексом (ЗИ) и твердостью абразивных инструментов показаны в табл. 7-9:

7. Значения ЗИ абразивных инструментов на керамической связке.

Степени твердости	Значение ЗИ абразивных инструментов из			
	Белого, нормального и легированного электрокорунда зернистостями св. 6	Зеленого карбида кремния зернистостями св. 6	Белого, нормального, легированного электрокорундов и зеленого карбида кремния зернистостями	
			6-М40	Менее М40
М1	35; 37	-	33; 35	33; 35
М2	39; 41	47; 49	37; 39	35; 37
М3	41; 43	51; 53	41; 43	39; 41
СМ1	45; 47	55	43; 45	41; 43
СМ2	49	57	45; 47	43; 45
С1	51	59	49	45; 47
С2	53	59	49; 51	47; 49
СТ1	55	61	51; 53	49
СТ2	57	61	53	51
СТ3	59	63	55	53
Т1	61	63	55; 57	-
Т2	61	-	57	-
ВТ	63	-	-	-

8. Значения ЗИ кругов на бакелитовой связке из электрокорундовых материалов

Степень твердости	Звуковой индекс	Степень твердости	Звуковой индекс
С1	31	Т1	37
С2	33	Т2	39
СТ1	35	ВТ	39
СТ2	35	ЧТ	41
СТ3	37		

9. Значения ЗИ кругов на вулканитовой связке из электрокорундовых материалов

Степень твердости	Звуковой индекс
СМ	19; 21
С	23; 25
СТ	27; 29; 31
Т	33; 35

Твердость инструмента в значительной степени определяет производительность процесса обработки и качество обработанной детали.

Абразивные зерна по мере их затупления должны обновляться путем скалывания и выкрашивания частиц. При слишком твердом круге связка продолжает удерживать затупившиеся и потерявшие режущую способность зерна. При этом на работу расходуется большая мощность, изделия нагреваются (возможны их коробления), на поверхности появляются следы дробления, риски, прижоги и другие дефекты. При слишком мягком круге зерна, не утратившие свою режущую способность, выкрашиваются, круг теряет правильную форму, увеличивается его износ, в результате чего трудно получить детали необходимых размеров и форм. В процессе обработки появляется вибрация, необходима

более частая правка круга. Таким образом, в обоих случаях снижается интенсивность съема материала, повышается шероховатость поверхности обрабатываемого изделия.

На выбор твердости абразивного инструмента влияют следующие факторы:

- физико-механические свойства шлифуемого материала;
- величина площади контакта между инструментом и изделием;
- режим работы;
- мощность электродвигателя;
- состояние станка.

При выборе твердости круга необходимо руководствоваться следующими положениями [1]:

1. Твердые материалы скорее истирают абразивные зерна, затупляют их. Удаление затупившихся зерен скорее происходит в сравнительно мягких кругах. Поэтому для обработки твердых материалов следует применять мягкие абразивные инструменты, а для обработки материалов невысокой твердости - более твердые. Исключение составляет медь, алюминий, свинец, нержавеющая и жаропрочная стали, которые шлифуют мягким инструментом. При обработке вязких материалов отходы шлифования заполняют поры круга и он становится не пригодным для работы. Тогда правка круга необходима, хотя абразивные зерна в этом случае могут быть еще очень острыми.
2. С увеличением площади контакта между кругом и изделием давление на единицу круга уменьшается и, следовательно, обновление затупившихся зерен затрудняется. В этом случае следует использовать более мягкий инструмент.
3. Чем больше окружная скорость круга при прочих неизменных условиях, тем более мягкий инструмент следует применять. При интенсивных режимах работы - при большой скорости изделия и поперечной подаче - применяются более твердые круги.
4. Для предварительных операций применяются более твердые инструменты, чем для чистовых.
5. При шлифовании всухую следует использовать более мягкие круги, чем при работе с охлаждением.
6. При шлифовании неровных, прерывистых поверхностей применяют более твердые инструменты, чем при шлифовании ровных поверхностей.
7. На автоматических станках устойчивых и жестких конструкций со спокойным ходом шпинделя применяются более мягкие круги, чем на станках с ручными подачами.
8. Мелкозернистые инструменты должны быть относительно меньшей твердости, а крупнозернистые - большей.
9. При заточке лезвий закаленных инструментов, при шлифовании и заточке пластинок из твердых сплавов, при обработке поверхностей изделий, плохо отводящих тепло, тонких, с отверстиями (типа труб) и т.п. применяют мягкие шлифовальные круги.
10. При одинаковых условиях шлифования абразивные инструменты на бакелитовой связке должны быть на две степени тверже, чем на керамической.
11. Мягкие круги экономичнее твердых, так как реже правятся и позволяют вести обработку с более интенсивными режимами. Однако твердость их не должна быть низкой, чтобы они быстро не изнашивались и не теряли форму.
12. Твердость шлифовального круга оказывает сложное влияние на шероховатость. Для конкретных условий и режимов шлифования существует оптимальная твердость, при которой достигается минимальный уровень шероховатости. Уменьшение или увеличение твердости круга относительно

оптимальной приводит к увеличению шероховатости (см. рис.1)

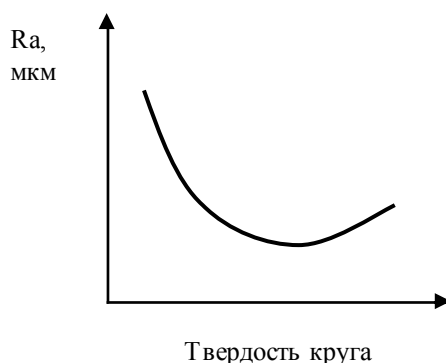


Рис. 1. Зависимость шероховатости по Ra обработанной поверхности от твердости шлифовального круга

Выбор абразивных инструментов по твердости рекомендуется [1] производить согласно следующей таблицы:

10. Рекомендации по выбору твердости шлифовального круга в зависимости от вида обработки.

Твердость	Вид обработки
BT1-ЧТ2	Правка абразивных инструментов
	Шлифование шариков шарикоподшипников и деталей часовых механизмов
СТ2-Т2	Обдирочные операции, ведущиеся вручную (обработка крупных отливок и поковок)
	Отрезка абразивными дисками, прорезка канавок
	Круглое наружное шлифование методом врезания при необходимости сохранить профиль круга (например, обработка шеек коленчатых валов), бесцентровое шлифование ведущими кругами, хонингование отверстий небольших диаметров
С2-СТ2	Предварительное круглое наружное и бесцентровое шлифование сталей (преимущественно незакаленных) и ковкого чугуна на бакелитовой связке
С1-СТ1	Плоское шлифование сегментами и кольцевыми кругами на бакелитовой связке
С2-СТ2	Хонингование и резьбошлифование кругами на бакелитовой связке
	Профильное шлифование, обработка прерывистых поверхностей
СМ1-С2	Чистовое и комбинированное круглое, наружное, бесцентровое и внутреннее шлифование стали, плоское шлифование периферией круга, резьбошлифование деталей с крупным шагом
С1-С2	Заточка режущих инструментов: вручную
СМ1-СМ2	Заточка режущих инструментов: с механической или автоматической подачей
М2-СМ2	Плоское шлифование торцом круга
М2-М3	Заточка и доводка режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, шлифование труднообрабатываемых специальных сплавов

Твердость шлифовальных кругов по FERA определяется иными способами, чем по ГОСТ. Таким образом, шкала степеней твердости по FERA и ГОСТ (см. табл. 11) имеет

ориентировочный характер и не может быть использована для непосредственной замены импортного инструмента отечественным, и наоборот.

11. Ориентировочное сопоставление степеней твердости по ГОСТ и FEPA.

Обозначение степени твердости шлифкругов по ГОСТу	BM1	BM2	M1	M2	M3	CM1	CM2	C1	C2	CT1	CT2	CT3	T1	T2	BT	ЧТ
Обозначение степени твердости шлифкругов по FEPA	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T, U	V, W, Y, Z

5. Структура абразивного инструмента.

Структура абразивного инструмента - это соотношение объемов, занимаемых в круге абразивным зерном, связкой и порами. Объемное содержание абразивного зерна (в %) положено в основу условных обозначений - номеров структуры. Принятые в отечественной практике номера структуры можно условно разделить на следующие группы:

- 0... 2 - очень плотные;
- 3... 4 - плотные;
- 5... 6 - средние;
- 7... 9 - открытые;
- 10... - высокопористые.

Круги на керамической связке изготавливают, в основном, со структурами выше 5, а круги на бакелитовой связке - со структурой 0...4. Круги со структурами №№ 5-6 обычно называют кругами нормальной структуры, а круги со структурами более №№ 7-8 – высокоструктурными. С увеличением номера структуры объемное содержание абразивного зерна в круге уменьшается. При структуре № 6 это содержание составляет 50 %, а при структуре № 12 – 38 %.

Контроль пористости стандартами не предусмотрен.

При более открытой структуре круга создаются благоприятные условия для микрорезания абразивными зёрнами и для лучшего размещения микростружки, что повышает стойкость круга.

Высокопористые круги, кроме обычных пор (размером до 0,03...0,05 мм), имеют крупные поры, полученные при выгорании специального порообразующего наполнителя или добавление не выгорающих порообразователей. Размер таких пор, составляет от 0,1 мм до 1 мм. Наличие крупных пор значительно улучшает условия образования и размещения микростружки при резании абразивными зёрнами, а также создаёт условия для лучшего охлаждения зоны шлифования.

На выбор структуры инструмента влияют следующие факторы:

- физико-механические свойства обрабатываемого материала (мягкие материалы с небольшим сопротивлением разрыву обрабатываются кругами открытых структур, твердые с мелкозернистым строением и хрупкие материалы - кругами закрытых структур);

- требуемое количество отделки (для чистовой обработки следует использовать круги более закрытых структур, чем для предварительной или грубой обработки; для обдирки со значительным припуском рекомендуется использовать круги открытых структур);
- величина давления при шлифовании (при больших давлениях следует применять круги средней и закрытой структур).

Выбор структуры абразивного инструмента в зависимости от операции шлифования приведен в таблице 12:

12. Рекомендации по выбору структуры абразивного инструмента.

Номер структуры	Вид обработки
3 – 4	Профильное шлифование, при необходимости сохранить профиль круга, шлифование при больших, а так же переменных нагрузках, отрезка
5 – 6	Круглое наружное шлифование, бесцентровое шлифование, плоское шлифование периферией круга и заточка инструмента
7 – 9	Плоское шлифование торцом круга, внутреннее шлифование
8 – 10	Шлифование и заточка инструмента
8 – 12	Резьбошлифование мелкозернистыми кругами

6. Высокопористые шлифовальные круги.

В настоящее время в промышленности широко применяются высокопористые шлифовальные круги на керамической связке. Эти круги обладают рядом преимуществ по сравнению с абразивными кругами с нормальной структурой. Они позволяют:

- повышать производительность бездефектной обработки до 2...5 раз при традиционных схемах шлифования различных конструкционных материалов;
- применять прогрессивные схемы глубинной и высокоскоростной обработки деталей из закаленных легированных сталей, жаропрочных, магнитных и других труднообрабатываемых материалов с повышением производительности до 10 раз при одновременном снижении затрат до 5...8 раз;
- отказаться от использования смазочно-охлаждающих средств при шлифовании.

В МГТУ «Станкин» разработан принципиально новый вид абразивного инструмента – высокопористые шлифовальные круги, у которых структура формируется с применением экологически безопасных, невымарающих порообразователей в виде микросфер различного состава, размеров и свойств.

Оригинальный состав новых кругов позволяет варьировать характеристики изготавливаемого инструмента в широком диапазоне (см. табл. 13).

13. Диапазон возможных характеристик новых высокопористых шлифовальных кругов.

Характеристика	Материал абразива	
	Различные модификации корунда	Различные модификации карбида кремния

Зернистость	6 ...50	10 ...25
Твердость	BM1 ...CT2	BM1 ...C2
Структура	10 ...26	10 ...16

Новый инструмент наряду с достоинствами известных аналогов высокопористого и обычного инструмента обладает дополнительными преимуществами:

- в процессе шлифования оказывает минимальное термодинамическое воздействие на систему резания, что создает предпосылки для бездефектной и высокопроизводительной обработки;
- при шлифовании новым инструментом вследствие особенностей его строения более низкая температура в зоне резания – на 300 ...500 °С ниже, чем у аналогов. Эта разница сохраняется как при обработке с охлаждением, так и без применения смазочно-охлаждающих средств;
- повышенная стабильность физико-механических свойств в объеме инструмента при минимальном дисбалансе обеспечивают стабильные режущие свойства по всей периферии рабочей поверхности шлифовального круга и соответственно равномерный износ в течение всего периода его работы.

Эффективность использования высокопористого инструмента, изготавливаемого по оригинальной технологии МГТУ «Станкин», подтверждена производственными испытаниями и их многолетним применением на ФГУП ММП «Салют» и других машиностроительных предприятиях страны. Новые круги рекомендуются для внедрения в следующих областях:

- шлифование деталей из хрупких материалов и закаленных сталей, особенно после химико-термической обработки (цементации, азотирования, нитроцементации), которые чувствительны к появлению сколов, трещин и прижогов;
- ручная и машинная обработка без охлаждения;
- шлифование с высокими скоростями резания – более 50 м/с;
- высокопроизводительные схемы глубинного шлифования различных конструкционных материалов.
- бездефектного шлифования зубчатых колес на всех станках отечественного и зарубежного производства методами обката или копирования, в том числе, методом врезания «по целому»;
- изготовления зубчатых колес с модулем 0,5–8 мм профильным глубинным шлифованием взамен зубофрезерования и других методов лезвийной обработки;
- глубинного шлифования хвостовиков турбинных лопаток авиационных двигателей и газоперекачивающих станций с шириной обработки 15–200 мм;
- бездеформационного шлифования нежестких деталей;
- профилирования фасонных поверхностей режущего инструмента;
- обработки высокоточных деталей из легированных сталей после цементации, азотирования и нитроцементации.

При замене шлифовальных кругов нормальной структуры на высокопористый инструмент снижается термодинамическая напряженность процесса шлифования и вероятность появления дефектов шлифовочного характера на обработанных поверхностях деталей. Этот эффект будет тем больше, чем выше номер структуры. Однако, при этом надо иметь в виду, что увеличение номера структуры круга увеличивает шероховатость обработанной поверхности и снижает стойкость инструмента. Поэтому рекомендуется одновременно с увеличением номера структуры уменьшать зернистость абразива и увеличивать твердость круга.

7. Вид связки абразивного инструмента.

Связка - собственно связующее вещество и наполнители. Вид связки имеет определяющее значение для прочности и режимов работы абразивного инструмента. В производстве абразивного инструмента применяют два вида связок; неорганические (минерального происхождения) и органические.

К *органическим связкам* относятся: бакелитовая, вулканитовая, глифталевая, эпоксидная и др..

Неорганические связки: (керамическая и магнезиальная) обладают высокой огнеупорностью, водостойкостью, химической стойкостью и относительно высокой стойкостью. В зависимости от поведения в процессе термической обработки они делятся на плавящиеся (стекловидные) и спекающиеся (фарфоровидные). Общее название - керамические (обозначаются "К"). Существуют так же связки, отверждающиеся без термической обработки (магнезиальные-"М"). Плавящиеся связки после остывания превращаются в стекло, спекающиеся расплавляются только частично и по своему составу и состоянию близки к фарфору.

Неорганические связки чаще всего представляют собой многокомпонентные смеси, составленные в определенных пропорциях из измельченных сырых материалов: огнеупорной глины, плавней (полевого шпата, борного стекла), талька и ряда других материалов. Недостатком керамической связки является ее высокая хрупкость, вследствие чего круги на этой связке не могут использоваться при ударных нагрузках (обдирочное, отрезное и силовое шлифование). Относительно низкий предел прочности при изгибе не допускает применение таких кругов для отрезных работ, так как они тонкие и могут разрушиться от боковой нагрузки (изгибе).

Бакелитовая связка (обозначение "Б") - основа фенолформальдегидные смолы жидкие и порошкообразные с наполнителями неорганической природы (криолит, пирит, алебастр и др.). Абразивный инструмент на бакелитовой связке обладает высокой прочностью, особенно на сжатие и ударной прочностью, превосходя по этим показателям инструмент на керамике. Высокая прочность бакелитовой связки позволяет абразивному инструменту работать при больших нагрузках и высоких скоростях резания (при армировании стеклосеткой - до 80 м/с и выше). Так же круги применяются для обдирочных и отрезных операций, при шлифовании с большими нагрузками и съемом металла.

К недостаткам следует отнести невысокую теплостойкость - деструкция связки происходит при температурах 400° - 700°С, недостаточную устойчивость к воздействию щелочных растворов, что ограничивает применение охлаждающих жидкостей (нежелательно применение растворов, содержащих щелочи более 1,5%).

Вулканитовая связка (обозначение "В") - многокомпонентная композиция, основной компонент - синтетический каучук. В качестве добавок: вулканизирующий агент - сера, ускорители вулканизации (каптакс, тиурам и др.), минеральные и органические наполнители регулирующие физико-механические и эксплуатационные свойства абразивных инструментов и формовочные свойства массы. Инструмент на вулканитовой связке обладает эластичностью и плотностью, поэтому может использоваться как при обычных видах шлифования, так и при полирующих операциях. Круги на вулканитовой связке в отличие от остальных могут быть изготовлены очень тонкими (десятые доли миллиметра при диаметре до 150-200 мм.).

Недостатком является низкая теплостойкость (250°-300°С) и слабое закрепление зерна в связке, что объясняет более низкую износостойкость кругов в сравнении с бакелитовыми и керамическими.

Глифталевая связка (обозначение "ГФ") - продукт взаимодействия глицерина с фталевым ангидридом. Низкая теплостойкость (120°С), невысокая твердость позволяет применять круги на глифталевой связке только для процессов полирования при рабочей скорости не выше 40 м/с.

Эпоксидная и полиэфирная связки (обозначение "Э") - состав ясен из названия. В основном используются для изготовления галтовочных тел, абразивных изделий используемых во вращающихся барабанах и вибрационных контейнерах для очистки поверхностей и снятия заусенцев деталей малого размера.

Упрочняющие элементы. При необходимости для увеличения механической прочности абразивного инструмента используются упрочняющие элементы. Прежде всего это металлические детали: кольца, впрессованные в обдирочные круги; металлические диски в алмазных отрезных кругах; подложки для торцевшлифовальных кругов; фланцы для лепестковых кругов. В отрезных, зачистных и обдирочных кругах, работающих при рабочих скоростях 80 м/с и выше в качестве упрочняющего элемента используются диски, вырезанные из стеклосетки. Используют стеклосетки с размером ячеек от 3 до 6 мм. и толщиной нити от 0,4 до 2 мм. Наличие упрочняющей сетки указывается в маркировке круга буквой "У".

В зависимости от вида абразивной обработки рекомендуется использовать шлифовальные круги со следующими связками:

14. Рекомендации по выбору связки круга из электрокорунда и карбида кремния.

Связка	Вид обработки
Керамическая	Все виды шлифования, кроме обдирки на подвесных станках, разрезки и прорезки узких пазов, плоского шлифования сегментными кругами и шлифования желоба колец шарикоподшипников
Бакелитовая	Плоское шлифование торцом круга, обдирочные работы, выполняемые вручную и на подвесных станках, отрезка и прорезка пазов, заточка инструментов, отделочное шлифование цилиндров, кулачков и роликов мелкозернистыми абразивными инструментами, хонингование и резбошлифование кругами на специальной связке ГБ и тонкозернистыми кругами на глифталевой связке и с графитовым наполнителем для окончательного полирования
Вулканитовая	Отрезка, прорезка и шлифование пазов, обработка сферических поверхностей, иногда - чистовые операции при других видах фасонного шлифования, бесцентровое шлифование и полирование гибкими кругами
Глифталевая	Полирование с получением шероховатости $Ra \leq 0,1$ мкм. Финишное шлифование магнитных материалов.
Эпоксидно-каучуковая	Шлифование сплавов на основе алюминия или меди. Шлифование резины, полимеров.

Инструменты из эльбора серийно выпускаются на керамической и органической связках, опытные партии изготавливаются на металлических связках. Круги на керамической связке отличаются прочным закреплением эльбора в абразивном слое, высокой стойкостью профиля; круги на органической связке более эластичны, отличаются высокими режущими свойствами, интенсивно самозатачиваются, редко засаливаются, позволяют осуществить бесприжоговое шлифование на повышенных режимах, имеют по сравнению с кругами на керамической связке более высокий удельный расход эльбора.

Инструменты из алмазов серийно изготавливаются на органической и металлической связках, ведутся опыты по производству алмазных кругов на керамической связке. При шлифовании и доводке кругами на бакелитовой связке в зоне резания выделяется меньше тепла, а силы резания значительно меньше, чем при работе кругами на металлической связке. Алмазные круги на металлической связке обладают высокой

стойкостью, длительно сохраняют рабочий профиль, находят преимущественное применение на операциях предварительного шлифования при съеме небольших припусков.

Рекомендации по выбору связки кругов из алмазных и эльборовых порошков приведены в следующей таблице:

15. Рекомендации по выбору связки кругов из алмазных и эльборовых порошков.

Типы и марки связок	Рекомендуемые операции и условия обработки	Рекомендуемая марка алмазного порошка и его относительная концентрация
Органические связки		
Органические B1-10, B1-01, B1-03, B1-04	Получистовое и чистовое шлифование и заточка твердосплавного инструмента и изделий без охлаждения и с охлаждением, в отдельных случаях шлифование твердого сплава совместно со сталью (с охлаждением), профильное шлифование	AC4, AC6 50, 100
Органические (алмазы с покрытием) B2-01, B1-03, B1-04	Чистовая заточка твердосплавного инструмента без охлаждения, чистовое шлифование твердосплавных деталей (с охлаждением и без охлаждения) при повышенных требованиях к качеству обработанной поверхности	AC4 50, 100
Органические (алмазы без покрытия) B2-01, B3-16	Доводочное шлифование, заточка, полирование твердосплавного инструмента и деталей, а также стальных закаленных изделий и инструмента	ACM 25, 50, 100
Металлические связки		
Металлическая повышенной производительности M3-12	Получистовое высокопроизводительное шлифование твердосплавного инструмента и твердосплавных деталей с охлаждением	AC6 50, 100
Металлические повышенной стойкости M2-01, M2-02, M2-05, M2-14Э	Получистовое и профильное шлифование твердосплавного инструмента и твердосплавных изделий при повышенных требованиях к точности и стойкости кругов (работа с охлаждением)	AC6, AC15 50, 100, 150
Металлические M2-01, M6-23, M6-24, M6-25, M6-27, M6-30, M6-31, M6-34	Обработка строительных материалов и природных камней (стекло, мрамор, бетон, гранит, керамика и т.п.)	AC20÷AC200 25, 50, 100
Гальваническая связка		

Ni – гальванический	Обработка стекла, керамики, мрамора, внутреннее шлифование различных материалов	AC15÷AC50
Связки для электролитического шлифования		
Металлическая повышенной производительности (алмазы с покрытием и без)	Высокопроизводительное шлифование твердых сплавов и сталей, заточка	AC6 100
Металлические повышенной стойкости М2-05, М2-01, М2-14Э, М2-02	Шлифование твердых сплавов и твердых сплавов со сталью при повышенных требованиях к точности обработки	AC6, AC15 50, 100
Органическая В1-03	Электрохимическое шлифование молибденовых, вольфрамовых сплавов, специальных сталей при повышенных требованиях к качеству обработанных поверхностей	AC4 100

8. Рабочая скорость.

В маркировке круга указывается максимальная рабочая скорость шлифовального круга. Для обеспечения безопасности при эксплуатации шлифовальных кругов перед их установкой на станок необходимо провести комплекс определенных мероприятий. В соответствии ГОСТ 12.3.028-82 необходимо произвести проверку кругов на прочность на специальных стендах вращением при испытательной скорости:

$$V_{и} = 1,5 V_{раб} \quad \text{для } V_{раб} < 80 \text{ м/с;}$$

$$V_{и} = 1,4 V_{раб} \quad \text{для } V_{раб} > 80 \text{ м/с.}$$

А для отрезных кругов:

$$V_{и} = 1,3 V_{раб}.$$

Контролируют не менее 10 кругов из партии при диаметре кругов до 500 мм, не менее 5 кругов из партии при диаметре кругов свыше 500 мм.

Перед началом работы круг, установленный на шлифовальном станке, должен вращаться вхолостую с рабочей скоростью в течение 2-5 мин., после чего можно производить операцию шлифования.

9. Классы точности.

В зависимости от точности размеров и формы абразивных кругов ГОСТ 2424-83 установлены классы точности АА, А и Б.

Допуски на размер посадочного отверстия, смещение оси отверстия, на плоскостность и параллельность торцовых поверхностей для кругов класса точности АА от 1,3 до 2 раз меньше, чем для кругов класса А и в 1,5...3 раза меньше, чем для кругов класса Б.

Допуск овальности наружной поверхности для кругов класса АА в 5-9 раз меньше, чем для кругов класса Б и в 1,8...2,25 раз меньше, чем для кругов класса А.

При использовании более точных кругов время на их правку на шлифовальном станке значительно сокращается.

Круги класса точности АА должны иметь 1 класс неуравновешенности, класса А - 1 и 2 классы неуравновешенности, класса Б - 1... 3 классы неуравновешенности.

Для шлифования со скоростью $V_{и} > 50$ м/с следует применять круги только класса точности АА. Для операций шлифования наиболее точных и ответственных деталей используют круги точности АА и А. Круги класса Б используют при шлифовании деталей, к точности и качеству поверхности которых не предъявляют высокие требования.

10. Классы неуравновешенности.

Вследствие неоднородности структуры, а также из-за погрешностей формы круга все круги, как правило, имеют некоторую неуравновешенность массы. По величине этой массы в ГОСТе 3060-86 установлены четыре класса неуравновешенности. Наименьшую неуравновешенность массы имеют круги 1 класса.

Неуравновешенность массы является основной причиной вибраций при шлифовании; поэтому круги должны быть отбалансированы.

Балансировке подлежат круги диаметром 250 мм и более, а также круги диаметром 125 мм и более, предназначенные для работы со скоростью свыше 50 м/с. В ряде случаев производится двукратная балансировка круга.

11. Типоразмеры абразивного инструмента.

В характеристике абразивного инструмента должны быть указаны тип (форма профиля) и основные геометрические размеры круга, определенные в соответствующем ГОСТе в зависимости от типа и материала инструмента. К основным геометрическим размерам относятся:

- Габаритные размеры круга;
- Размеры по длине, ширине и высоте выточек в круге.

Форма и размеры шлифовального круга определяются видом обработки. Высоту круга следует подбирать таким образом, чтобы обеспечить равномерный износ рабочей поверхности круга. Диаметр посадочного отверстия зависит от диаметра инструментального шпинделя станка или используемого приспособления, например, оправки.

При обработке отверстий диаметр круга $D_{кр}$ выбирается в зависимости от диаметра отверстия $d_{отв}$ по следующей зависимости:

$$D_{кр} = (0,5 \dots 0,9) d_{отв} \quad (1)$$

Такое соотношение позволяет применять круги оптимальных размеров и создать наиболее рациональный режим шлифования. Ориентировочный размер кругов при обработке отверстий разных диаметров приведен в следующей таблице 16:

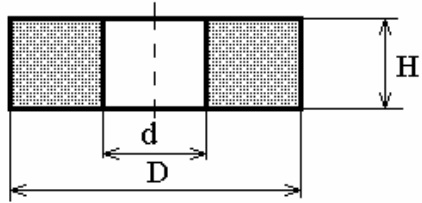
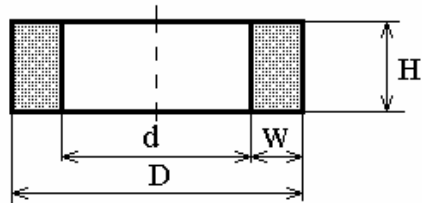
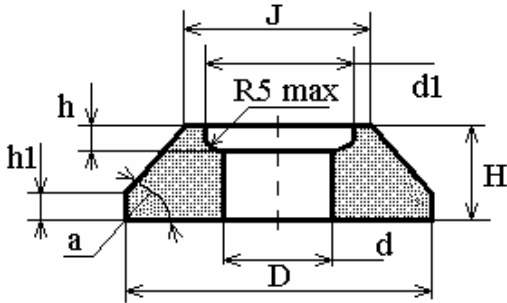
16. Оптимальные размеры кругов для внутреннего шлифования.

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр шлифовального круга, мм
10	9
20	19
30	28
40	35
50	40
100	80

150	110
300	200-250
600	250-300

Типы абразивного инструмента определены в соответствующих ГОСТах в зависимости от материала. Ниже приведены обозначения и эскизы наиболее часто используемых кругов из различных материалов (см. табл. 17 и 18).

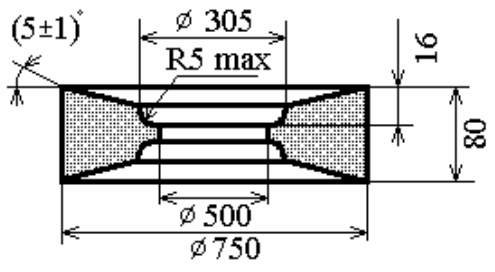
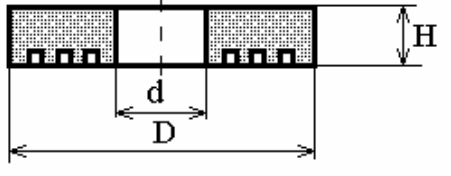
17. Типы шлифовальных кругов из электрокорунда и карбида кремни по ГОСТ 2424-83

Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги прямого профиля	1	ПП		$D \times H \times d$ Пример: 1 200×25×32 25A 16П СТ2 7 К3
Круги кольцевые	2	К		$D \times H - W \dots$ Пример: 2 200×80-62 24A 25П СТ1 7 К2
Круги с коническим профилем	3	3П		$D / J \dots \times H / h1 \dots \times d$

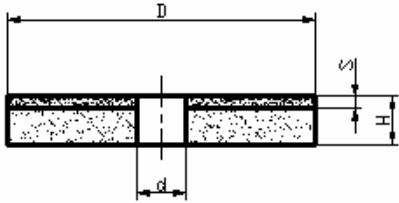
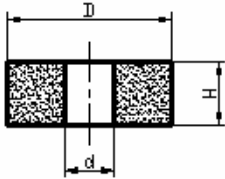
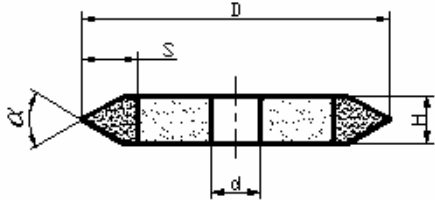
Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги с двусторонним коническим профилем	4	4П		4 DxHxd-h...
Круги с односторонней выточкой	5	ПВ		5 DxHxd-d1...,h...
Круги чашечные цилиндрические	6	ЧЦ		6 DxHxd-W...,E ...

Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги с двусторонней выточкой	7	ПВД		$D \times H \times d - P \dots, F \dots, G \dots$
Круги с двусторонней выточкой и ступицей	10	ПВДС		$D / K \times H \times d - G \dots, F \dots, W \dots$
Круги чашечные конические	11	ЧК		$D / J \dots \times H \times d - W \dots, E \dots, K \dots$

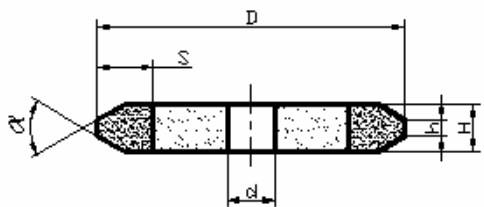
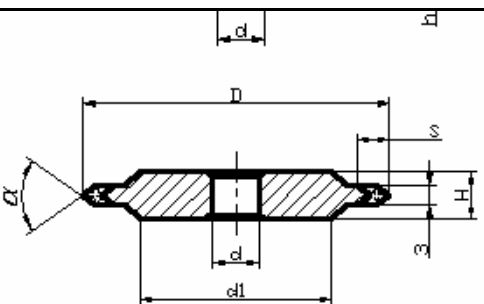
Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги тарельчатые	12	T		$D / J \dots \times H / U \times d - W \dots, E \dots, K \dots$
Круги тарельчатые	14	1T		$D / J \dots \times H \times d - E \dots, U \dots, K \dots$
Круги с конической и цилиндрической выточками с одной стороны	23	ПВК		$D \times H / N \dots \times d - P \dots, F \dots$

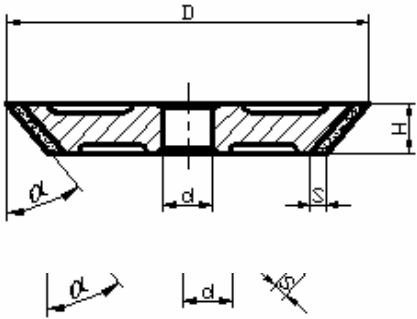
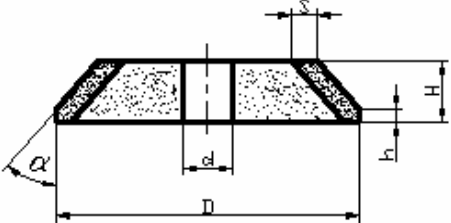
Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги с конической и цилиндрической выточками с обеих сторон	26	ПВДК		$D \times H/N \dots / O \dots \times d - P \dots, F \dots / G \dots$
Круги кольцевые с запрессованными крепежными элементами	36	ПН		$D \times d - W$

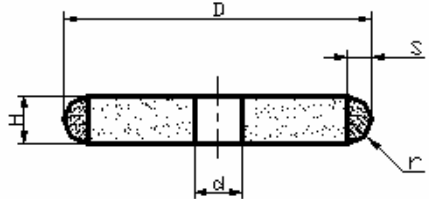
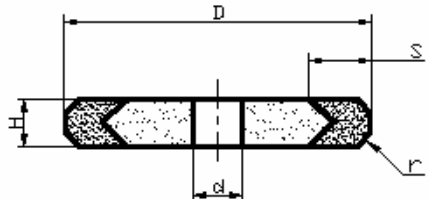
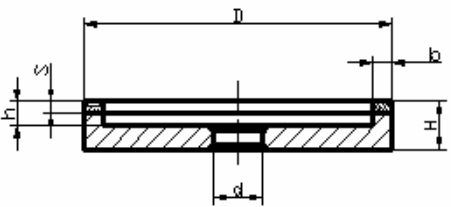
Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
--------------	-------------	-----------------------	-------	---------------------------------

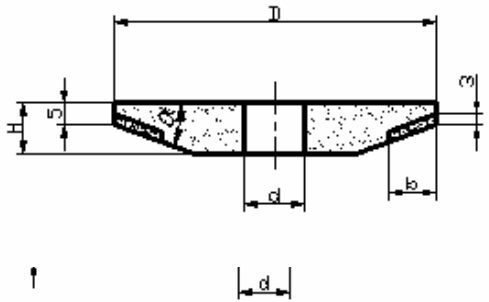
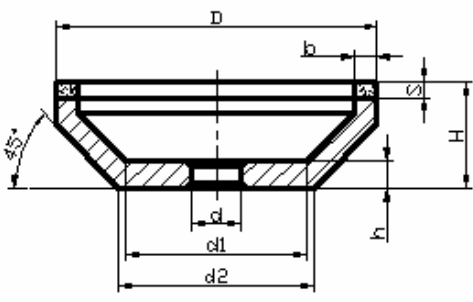
Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги плоские прямого профиля	1A1 (исполнение1)			1A1-1 DxHxdxS Пример: 1A1-1 250x10x76x5 ЛКВ40 160/125 СТ1 К27 100 35
Круги плоские прямого профиля без корпуса	1A1 (исполнение2)			1A1-2 DxHxd1 xS
Круги плоские с двусторонним коническим профилем	14A1 1E1			14A1 DxHxdxdl xh 1E1 DxHxdxS-α

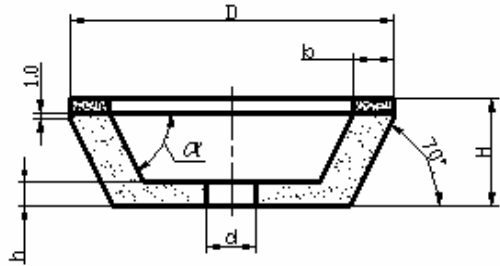
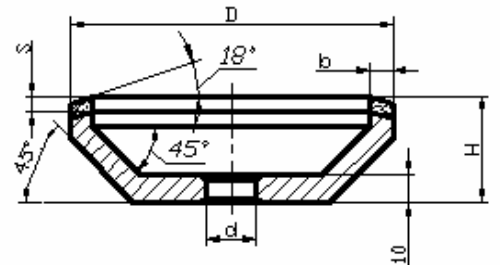
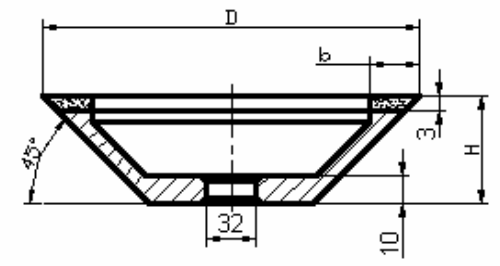
18. Типы шлифовальных кругов из эльбора и алмазного порошка по ГОСТ 17123-79.

Наименование	Обозначение	Старое обозначение		Обозначение типоразмеров кругов
Круги плоские с двусторонним коническим профилем	1D1			1D1 DxHxdxSxh- α
	1E6Q			1E6Q DxHxdxh- α
	14EE1X			14EE1X DxHxdxd1xS- α

Наименование	Обозначение	Старое обозначение		Обозначение типоразмеров кругов
Круги плоские с односторонним коническим профилем	1V1 (исполнение 2) 1V1 (исполнение 1)			1V1-2 D x H x d x S- α 1V1-1 D x H x d x S- α
	1R1			1R1 D x H x d x S x h- α

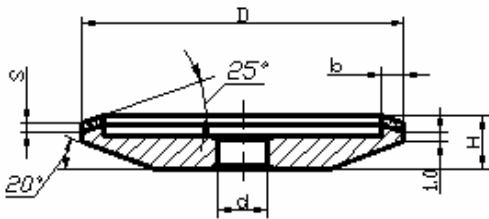
Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги плоские с полуциркулярно-выпуклым профилем	1F1X (исполнение 1)			1F1X-1 DxHxdxSxr
	1F1X (исполнение 2)			1F1X-2 DxHxdxSxr
Круги плоские с выточкой	6A2			6A2 DxHxdxBxSxh

Наименование	Обозначение	Старое обозначение		Обозначение типоразмеров кругов
Круги профильные Круги плоские с двусторонней выточкой	4V9 9A3			4V9 DxHxdxb-α 9A3 DxHxdxbxh
Круги чашечные конические	12A2-45°			12A2-45° DxHxdxd1xd2xbxSxh

Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги чашечные конические	11A2			11A2 DxHxdxbxh- α
	12V5-45°			12V5-45° DxHxdxbxS
	12B2			12B2 DxHxb

Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги чашечные конические	12C2			12C2 D×H×b×h
Круги тарельчатые	12R9 (исполнение 1)			12R9-1 D×H×d×b×h×S
	12R9 (исполнение 2)			12R9-2 D×H×d×b×h×S

Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги тарельчатые	12V9			12V9 DxHxdxd1 xS-β
	12A2-20°			12A2-20° DxHxdxd1 xb xSxh
	12RA			12R4 DxHxdxd1 xb xSxh

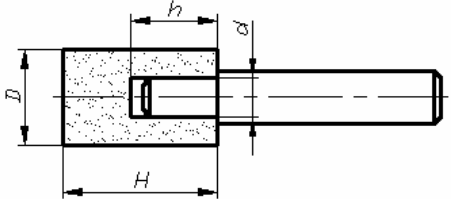
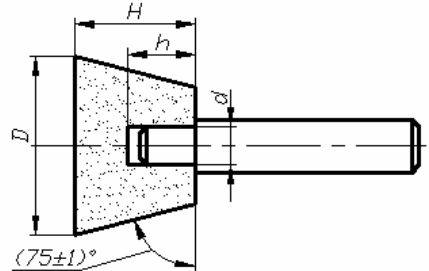
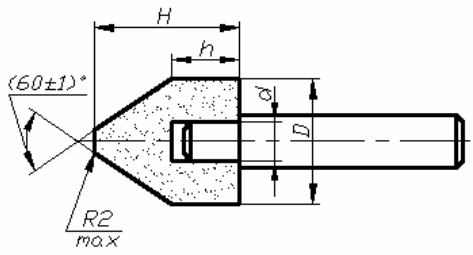
Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круги тарельчатые	12V5-20°			12V5-20° D×H×d×b×S

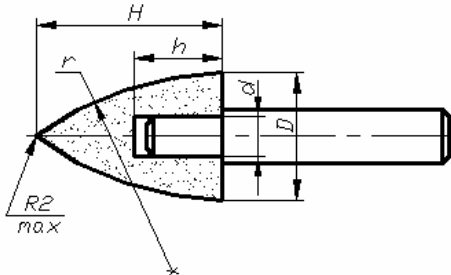
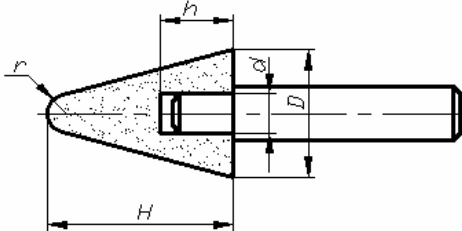
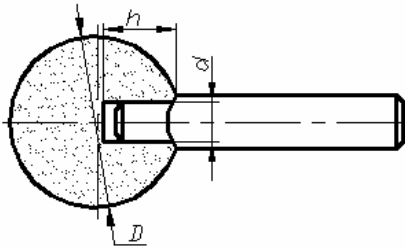
Типы шлифовальных головок не зависимо от материала имеют одинаковое обозначение (табл. 19). Номера ГОСТов для различных абразивных материалов, в которых указаны основные размеры этих инструментов, можно найти в Перечне стандартов.

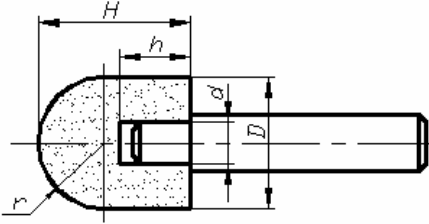
Обозначение одного и того же типа шлифовального бруска из электрокорунда или карбида кремния отличается от обозначения бруска из эльбора (табл. 20)

Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов

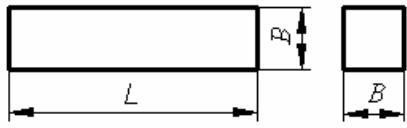
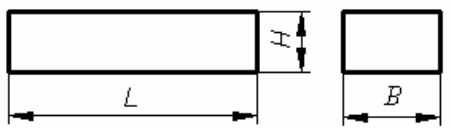
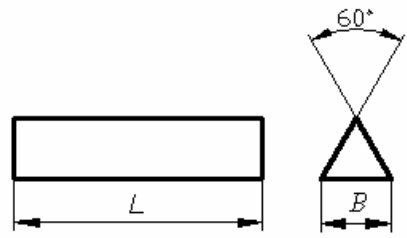
19. Типы шлифовальных головок.

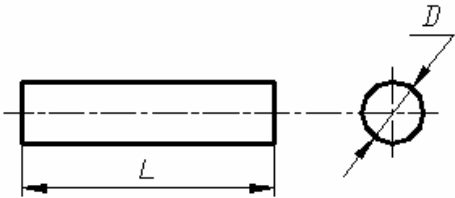
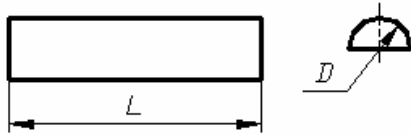
Цилиндрические	AW	ГЦ		AW DxH Пример: AW 8x10 24A 25H CT1 6 K A 35M/c ГОСТ 2447-82
Угловые	DW	ГУ		DW DxH
Конические с углом конуса 60°	EW	ГК		EW DxH

Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Сводчатые	F-1W	ГСВ		F-1W D×H×r
Конические с закругленной вершиной	KW	ГКЗ		KW D×H×r
Шаровые	F-2W	ГШ		F-2W D

Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Шаровые с цилиндрической боковой поверхностью	FW	ГШЦ		FW D×H×r

**20. Типы шлифовальных брусков из электрокорунда (ЭК) или карбида кремния (КК) по ГОСТ 2456-82
и брусков из эльбора по ГОСТ 28734-90.**

Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Квадратный	БКв	БКв		БКв BxL
Прямоугольный	БП	БП		БП BxHxL
Треугольный	БТ	БТ		БТ BxL

Наименование	Обозначение	Старое обозначение	Эскиз	Обозначение типоразмеров кругов
Круглый	БКр	БКр		БКр DxL
Полукруглый	БПКр	БПКр		БПКр DxL

12. Проверка прочности кругов.

По требованиям ГОСТ перед эксплуатацией шлифовальных кругов необходимо провести проверку прочности. Вначале контролируют круги простукиванием деревянным молоточком. Чистый звук свидетельствует об отсутствии в круге трещин. Далее каждый круг перед установкой на станок должен быть испытан вращением при испытательной скорости, указанной выше (см. пункт 8.).

13. Шлифовальная шкурка.

Шлифовальная шкурка — абразивный инструмент на гибкой основе с нанесенным на нее слоем или несколькими слоями шлифовального материала, закрепленного связкой. Применяется в виде шлифовальных листов, бесконечных лент, бобин, дисков, трубок, колец, конусов, лепестковых шлифовальных кругов и др. Предназначается для машинной и ручной абразивной обработки (шлифования и полирования) различных материалов без охлаждения или с применением смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) на основе масла, керосина, уайт-спирита, воды. Режущая способность, прочность закрепления абразивных зерен и установленная наработка шкурки определяются комплексом свойств основы и связки, маркой и зернистостью шлифматериала, способом его нанесения на основу.

Виды основ. В зависимости от назначения шлифовальной шкурки и требований к прочности при эксплуатации для ее изготовления применяют ткани хлопчатобумажные, смешанные (основа — хлопчатобумажная, уток — вискозная техническая нить), синтетические (капрон, лавсан), бумагу, фибру, комбинированную основу (ткань + бумага).

Выбор основы обусловлен нагрузками при шлифовании. Саржи особо легкая, легкая и средняя применяются для изготовления шкурки, предназначенной для работы со средними нагрузками. Такие ткани, как саржа утяжеленная, ткань с вискозно-технической нитью в утке, применяются на особо тяжелых операциях. Шифон, капрон, плащевая ткань предназначены для изготовления более эластичной шкурки, способной обеспечить шероховатость поверхности Ra 0,08-0,04 мкм и обрабатывать сложные поверхности. Бумаги марок 0-140 (П1) и 0-200 (П2) используются при изготовлении неводостойкой шкурки, предназначенной для работы со средними нагрузками, а бумаги марок 0-240 (П5) и БВ-225 (П9) — при изготовлении неводостойкой шкурки, предназначенной для работы с большими нагрузками.

Перед изготовлением тканевой шлифовальной шкурки ткань специально подготавливается на линиях аппретирования. На поверхность ткани наносятся в один или несколько слоев аппретирующие составы для придания тканевой основе определенных свойств.

В качестве аппретирующих составов для неводостойкой тканевой шкурки применяются составы на основе казеинового и мездрового клеев, декстрина, крахмала; для водостойкой тканевой шкурки применяются аппретирующие составы на основе латексов, латекса с фенолоформальдегидной смолой.

Связки. Для изготовления шлифовальной шкурки применяют связки различных видов и марок.

При изготовлении неводостойких тканевых, бумажных и комбинированных шкурок, предназначенных для абразивной обработки без охлаждения или с применением СОЖ на основе масла, керосина и уайт-спирита, используется мездровый клей по ГОСТ 3252—80, мездровый клей в сочетании с фенолформальдегидными смолами, казеиновый клей.

Водостойкая бумажная шлифовальная шкурка изготавливается с применением алкидного лака марки ПФ-587 по ТУ 6-10-942-75, лака марки ЯН-153 по ТУ 6-10-1359-78, эпоксиэфирного лака по ТУ 6-10-200-162-76.

Водостойкая тканевая шлифовальная шкурка изготавливается на синтетических связках - фенолоформальдегидных жидких по ГОСТ 20907—75. Синтетические связки

обеспечивают получение более качественной шлифовальной шкурки, которая может применяться как без охлаждения, так и с охлаждением.

Для изготовления шлифовальной шкурки на фибровой основе применяются органические связки – жидкий бакелит по ГОСТ 4559—78 и фенолформальдегидные жидкие смолы по ГОСТ 20907—75.

Шлифовальные материалы. Шлифовальную шкурку изготавливают из нормального, белого и легированного электрокорундов, зеленого и черного карбидов кремния, эльбора и алмаза. Вид, марка и зернистость шлифматериалов, из которых изготавливается шкурка, регламентируются соответствующими государственными и отраслевыми стандартами и другой НТД.

Выбор вида шлифматериала для изготовления шкурки зависит от обрабатываемого материала.

Виды, типы и области применения. В зависимости от условий и требований, предъявляемых при эксплуатации, шлифовальная шкурка выпускается следующих видов: неводостойкая (тканевая, бумажная и комбинированная) на мездровом клее или на других водорастворимых связках и водостойкая (тканевая и бумажная).

В зависимости от назначения неводостойкая и водостойкая шлифовальная шкурка на различных основах изготавливается двух типов:

неводостойкая тканевая:

тип 1 – для машинной обработки неметаллических материалов, металлов и сплавов низкой твердости и для ручной обработки различных материалов;

тип 2 – для машинной и ручной обработки твердых и прочных вязких материалов;

водостойкая тканевая:

тип 1 – для машинной и ручной обработки древесины, пластмасс, лаковых покрытий, сплавов низкой твердости;

тип 2 – для машинной и ручной обработки твердых и прочных вязких металлов и сплавов;

неводостойкая бумажная:

тип I – для машинной и ручной обработки неметаллических материалов (дерева, кожи, резины, пластмассы и т. п.);

тип 2 – для машинной и ручной обработки металлов и сплавов.

В зависимости от количества рабочих слоев шлифматериала на основе водостойкая шкурка по ГОСТ 13344—79 изготавливается однослойной (О) и двухслойной (Д). Неводостойкая тканевая и бумажная шкурки по ГОСТ 5009—82 и ГОСТ 6456—82 изготавливаются со сплошным (С) и рельефным (Р) рабочими слоями.

Для обработки различных материалов требуется шлифовальная шкурка с различной прочностью закрепления абразивных зерен, с различным приведенным износом и режущей способностью. Значения указанных показателей регламентированы ГОСТ 5009—82, ГОСТ 6456—82, ГОСТ 27181—86, ТУ 2-036-0224450-014-89.

Неводостойкая шлифовальная шкурка применяется для машинной и ручной обработки без СОЖ и с применением СОЖ (масло, керосин или уайт-спирит). Из-за растворимости в воде применяемых связок использование воды и водных растворов в качестве СОЖ при обработке неводостойкой шкуркой исключается.

Неводостойкая тканевая шкурка выпускается по ГОСТ 5009—82, ГОСТ 27181—86 и ТУ 2-036-0224450-002—89 шириной от 615 до 1400 мм и длиной от 20 до 50 м, неводостойкая бумажная шкурка — по ГОСТ 6456—82 в рулонах шириной 720, 750, 800, 850 и 900 мм, длиной 30 м.

Промышленность выпускает также эластичную неводостойкую шлифовальную шкурку на легких тканях типа шифона, сарже легкой № 1 суровой, сарже плащевой на

казеиновом клее в рулонах шириной 680, 710, 740, 770, 800, 830, 860, 890, 920 и 950 мм, длиной 30 и 50 м; эта шкурка изготавливается по ТУ 2-036-022445-002—89 из нормального и белого электрокорундов зернистостями 12—М40 и применяется для абразивной обработки деталей подшипников.

Неводостойкая шлифовальная шкурка на комбинированной основе (ткань с вискозно-технической нитью в утке+высокопрочная бумага БВ-225) на связках клей + смола и смола + смола выпускается по ТУ 2-036-864—85.

Водостойкая шлифовальная шкурка изготавливается на ткани и бумаге и предназначается для, машинно-ленточного и ручного шлифования и полирования с применением СОЖ (воды, водных растворов, эмульсий, масла, керосина, уайт-спирита), а также без применения СОЖ. Водостойкая тканевая шкурка на синтетических связках является универсальной и применяется как для работы с охлаждающими жидкостями, так и без охлаждения.

Водостойкая тканевая шкурка выпускается по ГОСТ 13344—79: однослойная шириной 725, 745, 775, 800, 820 и 840 мм, длиной 20 и 30 м; двухслойная — в рулонах шириной 725, 745, 800, 820 и 840 мм, длиной 20 м. Этот вид шкурки выпускается также по ГОСТ 27181—86 в рулонах шириной от 615 мм до 1400 мм, длиной 20, 30, 40 и 50 м.

Водостойкая тканевая эльборная шлифовальная шкурка зернистостями 125/100—МЗ/2 изготавливается по ТУ 2-036-0224450-014—89 электростатическим, механическим и суспензионным способами в виде шлифовальных бобин шириной от 60 до 100 мм и длиной до 100 пог. м. В качестве связок применяется масляный лак ЯН-153 и смола СФЖ-3039, в качестве основ ткани — шифон и капрон.

Водостойкая бумажная шлифовальная шкурка выпускается по ГОСТ 10054—82 в рулонах шириной 500, 650, 700 и 750 мм, длиной 50 и 100 м; шириной 950 и 1000 мм, длиной 30 и 50 м, а также в листах размерами 140X230, 140x280, 140x310, 230X280, 230X310, 280X310 и 320X320 мм; по ГОСТ 27181—86 в рулонах шириной 1200 мм, длиной 50 и 100 м, а также в листах размерами 230X280, 280X310 и 310X310 мм.

Изделия из шлифовальной шкурки. Шлифовальная шкурка применяется в промышленности, как в рулонах, так и в виде изделий. Для машинной абразивной обработки применяются шлифовальные ленты в виде бобины, бесконечные шлифовальные, ленты, листы, диски, диски с прорезями, трубки, конуса, усеченные конуса, кольца, лепестковые круги.

Бесконечные шлифовальные ленты, ширина которых не превышает ширину рулонной шкурки, изготавливаются с одним швом, расположенным под углом 45—65° к кромке основы шкурки. Бесконечные ленты, ширина которых больше ширины рулонной шкурки, изготавливаются с двумя и более швами из заготовок шкурки, имеющих форму параллелограмма; швы в этом случае располагаются под углом 25—65° к кромке основы шкурки.

Конструкция швов бесконечных лент:

- встык с прямым или фигурным швом и подложкой из бумаги, ткани, полимерной пленки;
- внахлест с удалением шлифматериала с обоих концов ленты на участках под шов;
- внахлест с удалением шлифматериала с одного конца ленты на участке под шов.

В зависимости от назначения изделия изготавливаются из тканевой, бумажной и комбинированной шкурок различных характеристик.

Наиболее широкое применение в различных отраслях промышленности находят бесконечные ленты и фибровые шлифовальные диски.

Бесконечные шлифовальные ленты и шлифовальные бобины выпускаются по ГОСТ 12439—79. Практически ГОСТ 12439—79 предусматривает выпуск бесконечных лент любой требуемой ширины и длины из всех видов шлифовальной шкурки.

Фибровые шлифовальные диски изготавливаются по ГОСТ 8692—88 из нормального электрокорунда зернистостями 80—16 с применением фенолформальдегидных смол.

14. Паста.

Паста предназначена для доводочных и полировальных операций деталей. В настоящее время в промышленности используются пасты из абразивных, эльборовых и алмазных материалов.

Паста абразивная твердая должна изготавливаться из материалов, обладающего абразивной способностью, органического связующего с добавлением других материалов по технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

Паста выпускается 4-х видов:

- белая;
- розовая;
- коричневая;
- желтая.

Шероховатость обрабатываемой поверхности Ra мкм после обработки не более:

- Белой пастой – 0,020;
- Розовой пастой – 0,15;
- Коричневая пастой – 0,05;
- Желтой пастой – 0,05.

В качестве материала, обладающего абразивной способностью должны использоваться следующие шлифматериалы: для белой, розовой, желтой паст – из белого электрокорунда фракции минус 50 мкм по ТУ 2-036-315-76, минус 15 мкм по ТУ 2-036-288-86, микрошлифпорошка марки 24А зернистостью М40 по ТУ 2-036-913-82; для коричневой пасты – из корундовой наждачной руды микрошлифпорошка 92Е зернистостью М20 по ТУ 2-036-742-84, концентрат цирконовый по ОСТ 48-82-81.

По согласованию с потребителем допускается изготовление пасты из других материалов.

Паста абразивная жидкая.

Паста выпускается 4-х видов:

- белая жидкая;
- розовая жидкая;
- белая концентрированная;
- розовая концентрированная.

Шероховатость обрабатываемой поверхности Ra мкм после обработки не более:

- Белой пастой – 0,063;
- Розовой пастой – 0,125;

В качестве материала, обладающего абразивной способностью должны использоваться следующие шлифматериалы:

для белой пасты – из белого электрокорунда фракции минус 15 мкм по ТУ 2-036-288-86, микрошлифпорошка марки 24А зернистостью М40 по ТУ 2-036-913-82. По согласованию с потребителем допускается изготавливать марки ГЭФ по ГОСТ 6912-87.

для розовой пасты – из белого электрокорунда фракции минус 50 мкм по ТУ 2-036-315-76.

По согласованию с потребителем допускается изготовление пасты из других материалов.

Паста эльборовая предназначена для доводочных и полировальных операций деталей из различных труднообрабатываемых материалов и сплавов.

Паста должна изготавливаться из микропорошков эльбора зернистостей 63/40, 40/28, 28/20, 20/14, 14/10, 10/7, 7/5, 5/3, 3/2, связующих и поверхностно-активных веществ (основы).

Примечание. По согласованию с потребителем пасты могут изготавливаться из шлифпорошков эльбора.

В зависимости от содержания эльбора паста должна изготавливаться нормальной, повышенной и высокой концентрации:

- Н – нормальная;
- П – повышенная;
- В – высокая.

Содержание эльбора в пасте должно соответствовать данным указанным в следующей таблице:

21. Содержание эльбора в пасте.

Обозначение зернистости шлифовального материала	Содержание эльбора в пасте, в %		
	Н	П	В
63/40	20	40	60
40/28	20	40	60
28/20	10	20	40
20/14	8	10	20
14/10	8	10	20
10/7	6	8	10
7/5	6	8	10
5/3	6	8	10
3/2	4	6	8

Примечание. По требованию потребителей пасты могут изготавливаться и других концентраций.

Паста должна изготавливаться следующих видов:

- В – смываемая водой;
 - О – смываемая органическими растворителями;
 - ВО – смываемая водой и органическими растворителями.
- По консистенции – М – мазеобразная.

Наличие комков и расслоение связующих компонентов в пасте не допускается.

Показатели надежности пасты – установленный ресурс, параметр шероховатости обработанной поверхности при указанных условиях шлифования.

Параметр шероховатости обработанной поверхности при различных зернистостях приведены в следующей таблице:

22. Влияние зернистости пасты на шероховатость обработанной поверхности.

Зернистость пасты	Параметр шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-73, Ra, мкм, не более	
	Исходная поверхность	Обработанная поверхность

63/40	1,0	0,63
40/28	0,63	0,32
28/20	0,32	0,20
20/14	0,20	0,125
14/10	0,125	0,080
10/7	0,080	0,050
7/5	0,050	0,040
5/3	0,040	0,032
3/2	0,032	0,025

Паста алмазная.

Паста должна изготавливаться следующих видов:

В – смываемая водой;

О – смываемая органическими растворителями;

ВО – смываемая водой и органическими растворителями.

Пасты по консистенции должны изготавливаться – мазеообразные (М) и твердыми (Т).

Зернистость, марки изготавливаемых алмазных паст и рекомендуемые области применения указаны в таблице 23.

23. Пасты алмазные. Рекомендуемые области применения.

Марка алмазного материала	Зернистость алмазного порошка	Рекомендуемая область применения
A2, A3, AC2	125/100, 100/80, 80/63, 63/50, 50/40	Шлифование, грубая доводка различных материалов. Параметр шероховатости обработанной поверхности Ra от 2,50 до 0,32 мкм
AM, ACM, AH, ACH	60/40, 40/28, 28/20, 20/14, 14/10, 10/7, 7/5	Полирование и доводка различных материалов (сталь, сплавы, цветные металлы, неметаллические материалы). Параметр шероховатости обработанной поверхности Ra от 0,320 до 0,050 мкм.
AM, ACM	5/3, 3/2, 2/1, 1/0	Тонкое полирование и доводка металлов, сплавов и неметаллических материалов. Параметр шероховатости обработанной поверхности Ra от 0,250 до 0,020 мкм.
AM1, ACM1, AM5, ACM5	0,7/0,3; 0,5/0,1; 0,3/0; 0,1/0	Тонкое полирование и доводка сталей, сплавов и неметаллических материалов. Параметр шероховатости обработанной поверхности Rz не более 0,040 мкм.

Массовая доля алмазов в пасте может быть:

Н – нормальной;
 П – повышенной;
 В – высокой.

Массовая доля алмазов в пасте, цвет пасты и этикетки должны соответствовать указанным в таблице 24.

Срок годности алмазной пасты – два года с момента её изготовления.

24. Характеристики алмазных паст.

Зернистость алмазного порошка	Массовая доля алмазов в пасте, %			Цвет пасты и этикетки
	Н	П	В	
125/100 100/80 80/63	40	60	-	Сиреневый
63/50 50/40	20	40		
60/40 40/28	8	20	40	Красный
28/20 20/14 14/10	6	15	30	Голубой
10/7 7/5 5/3	4	10	20	Зеленый
3/2 2/1 1/0	2	5	10	Желтый

Параметры шероховатости поверхности Ra образца из твердого сплава марок ВК6 или ВК8 по ГОСТ 3882-74, обработанного пастами из алмазных микрошлифпорошков должны соответствовать значениям указанным в следующей таблице:

25. Рекомендации по выбору зернистости алмазной пасты в зависимости от шероховатости обработанной поверхности детали из твердого сплава.

Зернистость алмазного порошка	Параметр шероховатости поверхности, Ra, по ГОСТ 2789-73, мкм, не более	
	До обработки	После обработки
60/40	0,400	0,200
40/28	0,200	0,160
28/20	0,160	0,125
20/14	0,125	0,100
14/10	0,100	0,080
10/7	0,080	0,063
7/5	0,063	0,050
5/3	0,050	0,040
3/2	0,040	0,032
2/1	0,032	0,025
1/0	0,025	0,020

15. Отрезные круги.

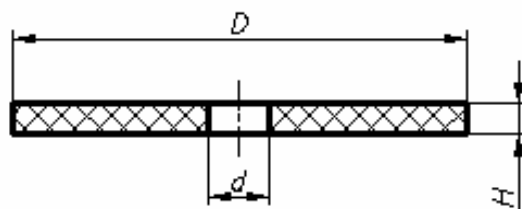


Рис. 2. Отрезной круг.

Круги отрезные изготавливаются без упрочняющих элементов или с упрочняющими элементами (У).

Круги изготавливаются следующих видов:

- 1 – для отрезки изделий из металла температурой не более 600°C (общего назначения);
- 2 – для отрезки изделий из горячего металла температурой не более 600°C;
- 3 – для бесприжоговой отрезки металла;
- 4 – для отрезки титановых сплавов;
- 5 – для отрезки магнитопроводов;
- 6 – для отрезки стекла;
- 7 – для отрезки неметаллических материалов (динаса, шамота т.д.).

Размеры кругов должны соответствовать указанным в ГОСТ 21963-82.

Круги на бакелитовой связке изготавливаются из шлифматериалов и зернистостей, указанных в следующей таблице:

26. Используемые шлифматериалы и зернистости для отрезных кругов на бакелитовой связке.

Шлифматериал		Зернистость	Вид круга
вид	Марка		
Нормальный электрокорунд	15А	50 – 12	1; 2
	13А; 14А	125 – 12	
Белый электрокорунд	24А;	50 – 5	3
Хромотитанистый электрокорунд	94А; 93А	125 – 16	1; 2
	92А; 91А	50 – 16	3
Черный электрокорунд	38А	125 – 50	2
Черный карбид кремния	53С; 54С; 55С	160 – 16	4; 5; 7
Зеленый карбид кремния	63С	16 – 6	6

Круги на вулканитовой связке изготавливаются из нормального или хромотитанистого корундов марки 13А, 14А, 15А; 93А, 94А, зернистостей 6 – 50, общего назначения.

Зерновой состав шлиф материала – по ГОСТ 3647.

Круги высотой 2,5 мм и более на бакелитовой связке с упрочняющими элементами изготавливаются с калибровочными втулками.

Классы неуравновешенности по ГОСТ 3060 должны быть:

- для кругов зернистостями 63 и менее – 1 или 2;
- для кругов зернистостями 80 и крупнее – 1, 2 или 3.

Круги не должны иметь трещин.

Круги на бакелитовой связке изготавливаются со звуковыми индексами с 25 по 51, на вулканитовой связке – с 23 по 45.

Механическая прочность кругов на вулканитовой связке должна обеспечивать работу с рабочей скоростью 50; 60; 80 м/с; механическая прочность кругов на бакелитовой связке без упрочняющих элементов должна обеспечивать их работу с рабочей скоростью 50; 60 м/с; механическая прочность кругов на бакелитовой связке с упрочняющими элементами должна обеспечивать их работу с рабочей скоростью 60*, 80 и 100 м/с.

Правила и нормы безопасности работы – по ГОСТ 12.03.028.

16. Алмазные отрезные круги.

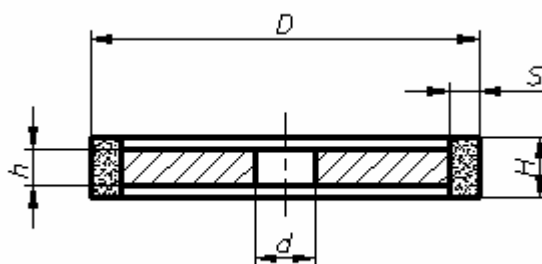


Рис.2. Круг алмазный отрезной формы 1А1R.

Размеры кругов должны соответствовать указанным в ГОСТе 10110-87.

Круги алмазные отрезные состоят из корпуса с закрепленным на нем методом порошковой металлургии алмазоносным слоем.

Алмазоносный слой кругов изготавливается из алмазных порошков марок А2, А3, А5, АС15, АС20, АС32, АС50 и АС65 зернистостями от 50/40 до 400/315 по ГОСТ 9206-80 и металлической связке.

Допустимый диапазон зернистостей алмазного порошка в зависимости от высоты круга указан в рекомендуемой таблице.

27. Допустимый диапазон зернистостей алмазного порошка в зависимости от высоты круга

Высота круга Н, мм	Зернистость алмазного порошка
0,15	50/40 – 63/50
0,25; 0,30	63/50 – 80/63
0,45; 0,50	80/63 – 125/100
0,60; 0,80	100/80 – 160/125
1,00; 1,20	125/100 – 250/200
1,50; 1,90; 2,00	250/200 – 315/250

Относительная концентрация алмазов в алмазоносном слое должна быть 25, 50, 75, 100.

Предельно допустимые окружные скорости должны быть для кругов диаметром от 50 до 200 мм – 25 м/с, диаметров более 200 мм – 35 м/с.

17. Маркировка абразивного инструмента.

Маркировка шлифовальных кругов. В соответствии с ГОСТ 2424-83 на торцевой поверхности круга должно быть четко нанесено:

- товарный знак предприятия-изготовителя или наименование предприятия-изготовителя;
- условное обозначение круга (см. пример ниже);
- номер партии.

Однако существует ряд допущений к нанесению маркировки:

1. Маркировка кругов диаметром 40 мм и менее наносится на коробку или упаковку.
2. Номер партии и класс неуравновешенности допускается наносить на обратной стороне круга
3. Маркировку кругов типа кольцо (по ГОСТ 2424-83 – тип 2), чашка цилиндрическая (6), чашка коническая (11), тарелка (12 и 14) и на кругах диаметром свыше 40 до 200 мм допускается наносить на периферии круга
4. Марка связки не наносится на кругах диаметром 80 мм и менее
5. Размер круга, обозначение стандарта и номер партии не наносится на кругах диаметром 250 мм и менее
6. Рабочая скорость круга не наносится на кругах диаметром менее 100 мм.

Пример маркировки шлифовальных кругов смотри на странице 57.

На отрезных кругах по ГОСТ 21963-82 должны быть нанесены цифры, указывающие на то, какой материал разрезается этим кругом:

- 1 - общего назначения;
- 2 - металл, нагретый свыше 600 °С;
- 3 - бесприжоговая резка;
- 4 - титан и сплавы;
- 5 - магнитопроводы;
- 6 - стекло;
- 7 - неметаллы (минералы, шмот и т.д.).

Однако ряд производителей в маркировке не указывают эти цифры, а просто обозначают словами разрезаемый материал: "металл", "сталь", "для резки камня" и т.д.

На отрезных кругах должны быть нанесены цветные полосы (ГОСТ 12.3.028-82.):

- желтая - круги с рабочей скоростью 60 м/с;
- красная - круги с рабочей скоростью 80 м/с;
- зеленая - круги с рабочей скоростью 100 м/с;
- синяя и зеленая - круги с рабочей скоростью 120 м/с.

Пример 1: условного обозначения круга с наружным диаметром $D=400$ мм, высотой $H=4,0$ мм, диаметром посадочного отверстия $d=32$ мм из нормального электрокорунда марки 14А, зернистости 40Н со звуковым индексом 41, на бакелитовой связке (Б), с упрочняющими элементами (У), с рабочей скоростью 80 м/с, 2-го класса неуравновешенности, для резки горячего металла:

Круг 400х4х32 14А 40Н 41 Б У 80 м/с 2 кл. 2 ГОСТ 21963-82.

Пример 2: условного обозначения алмазного отрезного круга диаметром D=100 мм, диаметром посадочного отверстия d=20 мм, высотой H=0,6 мм, толщиной алмазного слоя S=5 мм из алмазных порошков марки AC15, зернистостью 80/63, относительной концентрацией алмазов 50, на металлической связке марки M2 – 01:
1A1R 100x0,6x20x5 AC15 80/63 50 M2-01 ГОСТ 10110-87.

Маркировка шлифшкурки: на нерабочей части поверхности рулона шлифовальной шкурки через каждые (235±20) мм в продольном и через каждые (200±20) мм в поперечном направлениях должны быть нанесены:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- условное обозначение;
- номер партии.

Пример 1: Тканевая шлифовальная шкурка типа 2 с рельефным рабочим слоем шириной 850 мм, длиной 50 м, на сарже средней № 2 суровой, из белого электрокорунда марки 24А, зернистости 40 Н, на мездровом клее:
2Р 830х50 С2 24А 40Н М ГОСТ 5009-82 (Пояснения к обозначениям см. в табл. 26 после примеров).

Пример 2: Водостойкая тканевая 2-х слойная шлифовальная шкурка типа 2 шириной 820 мм, длиной 20 м, на тканевой основе из гладкокрашеной утяжеленной саржи, из зеленого карбида кремния 63 С, зернистостей 40Н и 25П, на фенолформальдегидной смоле:
Д2 820х20 УГ 63С 40 Н/25П СФЖ ГОСТ 13344-79.

Пример 3: Неводостойкая бумажная шлифовальная шкурка типа 1, со сплошным рабочим слоем С, шириной 1000 мм., длиной 50 м, на бумаге марки 0-200, из нормального электрокорунда марки 15А, зернистости 25Н, на мездровом клее:
1С 1000х50 П2 15А 25Н М ГОСТ 6456-82.

Пример 4: Водостойкая шлифовальная шкурка в рулоне, шириной 750 мм, длиной 50м на влагопрочной бумаге, из зеленого карбида кремния, марки 64С, зернистости 16П:
750х50 М 64 С 16П ГОСТ 10054-82.

То же, для шлифовального листа, шириной 230 мм, длиной 280 мм, на влагопрочной бумаге с пентафтальевым лаковым покрытием, из черного карбида кремния, марки 53 С, зернистости 16П:

Л 230х280 Л1 53 С 16П ГОСТ 10054-82.

28. Маркировка шлифшкурки

Тип по ГОСТ	Область применения	Форма рабочего слоя	Тип ткани	Связывающее вещество
1. Тканевая неводостойкая ГОСТ 5009-82	1 - для неметаллов и мягких сплавов 2 - прочие	С - сплошной Р - рельефный	ЛОГ, Л1, Л2, Г, С1, С1Г, У1, УГ, ЛО, Л2, С2, У2 - обозначение саржи или указывает артикул ткани	Мездровый
2. Тканевая водостойкая ГОСТ 13344-79	1 - для неметаллов и мягких сплавов 2 - прочие	О - однослойная Д - двухслойная (буквы проставляются перед указанием типа шлифшкурки)	ЛОГ, Л1, Л2, Г, С1, С1Г, У1, УГ, ЛО, Л2, С2, У2 - обозначение саржи или указывает артикул ткани	СФЖ - фенолформальдегидная смола
3. Бумажная неводостойкая	1 - для неметаллов и мягких сплавов	С - сплошной Р - рельефный	П1...П11 - условное обозначение марки бумаги или указывает марку бумаги	Мездровый

ГОСТ 6456-82	2 - прочие		по ГОСТ	
4. Бумажная водостойкая ГОСТ 10054-82	Не указывается. Если шкурка в листах - ставится буква "Л"	Не указывается	М - влагопрочное Л1, Л2 - с латексным покрытием	СФЖ - фенол-формальдегидная смола

Шлифовальные ленты и бобины: По ГОСТ 12439-79 имеют специальные обозначения. Однако, на практике это не используется. Достаточно указать размеры и шлифшкурку, из которой изготавливаются эти изделия.

Лепестковые круги: При заказе рекомендуется указать тип круга (кругло- или торцшлифовальный), основные размеры и шлифшкурку, из которой необходимо изготовить эти изделия.

Сетчатые диски: В настоящее время не ГОСТированы. При заказе рекомендуется указать материал для основы, марку шлифзерна и его зернистость, назначение (сухая шлифовка или с охлаждением).

Фибровые диски: Выпускаются двух типов: для шлифования неметаллов и цветных металлов (тип 1), для шлифования сталей и сплавов (тип 2).

Диаметры дисков: 1-го типа 60, 70, 100 мм, 2-го типа 150, 178, 225 мм.

Пример условного обозначения: фибровый шлифовальный диск типа 2, диаметром 225 мм., диаметром отверстия 22 мм., из нормального электрокорунда марки 14А, зернистости 16 П, на фенолформальдегидной смоле (С):

2 225x22 14А 16 ПС ГОСТ 8692-88

Маркировка диска: На нерабочей поверхности диска должны быть нанесены:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- условное обозначение(кроме типа, размеров).

Щетки из абразивонаполненных волокон: При заказе следует указывать основные размеры щетки, зернистость шлифовального материала и такой показатель, как количество нитей на единице площади.

Пасты из абразивных, эльборовых и алмазных материалов. При заказе следует указывать наименование, материал, зернистость.

Пример 1: условного обозначения пасты абразивной твердой желтой:

Паста абразивная твердая желтая ТУ 2-036-190-84.

Пример 2: условного обозначения пасты абразивной жидкой белой:

Паста абразивная жидкая белая ТУ 2-036-773-84.

Пример 3: условного обозначения пасты абразивной концентрированная белой:

Паста абразивная концентрированная белая ТУ 2-036-773-84 К.

Пример 4: эльборовая паста мажеобразной консистенции (М), нормальной концентрации (Н), на основе, смываемой водой (В), шлифовального материала – микропорошка эльбора с индексом ЛМ, зернистостью 20/14:

МНВ ЛМ 20/14 ТУ 2-036-778-87

Пример 5: условного обозначения пасты из синтетических алмазных порошков марки АСМ, зернистостью 7/5 с нормальной массовой долей алмазов (Н), смываемых водой (В), твердой концентрации (Т):

Паста алмазная АСМ 7/5 НВТ ГОСТ 25593-83.

Примечание: Рекомендуемые формы заявок на абразивный, алмазный и эльборовый инструмент в Приложении 1 на странице 58.

Пример маркировки шлифовальных кругов:

1	300x40x127	25A	16П	СМ1	10	К	35м/с	А	2кл
<u>Типоразмеры:</u>		Марка абразивного материала:			Номер структуры:		Рабочая скорость		
Тип (форма профиля)		25А – Электрокорунд белый 68А – Электрокорунд циркониевый 37А – Электрокорунд титанистый 34А – Электрокорунд хромистый 14А – Электрокорунд нормальный 64С – Карбид кремния зеленый 54С – Карбид кремния черный			0...2 – очень плотная 3...4 – плотная 5...6 – средняя 7...9 – открытая 10... – высокопористая		Класс точности:		
Основные геометрические размеры		Зернистость: В – высокое содержание основной фракции П – повышенное содержание основной фракции Н – нормальное содержание основной фракции Д – допустимое содержание основной фракции			Марка связки: К – керамическая Б – бакелитовая В – вулканитовая		АА А Б		Класс неуравновешенности:
									1 – для классов АА, А, Б 2 – для классов А, Б 3 – для класса Б
					Степень твердости: ВМ1 и ВМ2 – весьма мягкий М1, М2 и М3 – мягкий СМ1 и СМ2 – среднемягкий С1 и С2 – средний СТ1, СТ2 и СТ3 – среднетвердый Т1 и Т2 – твердый ВТ – весьма твердый ЧТ – чрезвычайно твердый				

18. Рекомендации по назначению режимов обработки.

Ниже приведены примерные рекомендации по выбору характеристик шлифовального инструмента и назначению режимов обработки для основных групп материалов.

29. Рекомендации по выбору абразивного инструмента и режимов обработки

Вид шлифования, Характеристика круга, Режимы шлифования	Цементиров. стали: 12Х2Н4АШ, 12ХН3А, 18НВА	Азотированные стали: 38ХМЮАШ, 13Х14НВФРА, 25Х18Н8В2	Легирован. констр. стали с твердостью HRC = 28 – 42 ед.	Титановые сплавы ВТ3- 1, ОТ4-1	Жаропрочные сплавы ХН60ВТ, ЖС6У
<i>Наружное круглое:</i>					
Характеристика круга	23А-25А 40-16 МЗ-СМ1К	64С-63С 40-16 МЗ-СМ1К	23А-25А 40-25 СМ2-С2К	64С-63С 40-25 МЗ-СМ2К	23А-24А 40-25 СМ1-С1К
Режимы шлифования:					
$V_{кр}$, м/с	22-25	22-25	25-35	20-30	25-35
$V_{изд}$, м/мин	25-30	25-30	25-30	10-15	25-35
$t_{вр}$, мм/дв.ход	0,005-0,015	0,005-0,015	0,01-0,02	0,01-0,03	0,01-0,03
$S_{пр}$, мм ручная	0,5-1	0,5-1,2	0,5-2	1-3	1-3
При шлифовании торцов $S_{пр}$, мм ручная	0,005-0,01 за 5-10сек	0,005-0,01 за 5-10сек	0,005-0,015 за 5-10сек	0,005-0,01 за 5-8сек	0,005-0,02 за 3-5сек
<i>Внутреннее шлифование</i>					
Характеристика круга	23А-25А 40-16 МЗ-СМ1К	64С-63С 40-16 МЗ-СМ1К	23А-25А 40-16 СМ2-С1К	64С-63С 40-25 МЗ-СМ1К	23А-24А 40-25 СМ1-С1К
Режимы шлифования:					
$V_{кр}$, м/с	16-25	16-25	16-25	16-25	16-25
$V_{изд}$, м/мин	18-30	18-30	18-25	10-15	18-25
$t_{вр}$, мм/дв.ход	0,005-0,015	0,005-0,015	0,01-0,02	0,01-0,02	0,005-0,015
$S_{пр}$, мм ручная	1,5-5	1,5-5,0	1,5-8	1,5-3	1,5-5
При шлифовании торцов $S_{пр}$, мм ручная	0,005-0,01 за 5-10сек	0,005-0,01 за 5-10сек	0,005-0,01 за 3-5сек	0,005-0,01 за 5-10сек	0,005-0,02 за 3-5сек
<i>Плоское шлифование</i>					
Характеристика круга	23А-25А 40-16 МЗ-СМ1К	64С-63С 40-16 МЗ-СМ1К	23А-25А 40-16 СМ2-С1К	64С-63С 40-25 МЗ-СМ2К	23А-24А 40-25 СМ1-С1К
Режимы шлифования:					
а) с круглым столом					
$V_{кр}$, м/с	20-25	20-25	25-35	25-30	25-35
$V_{изд}$, м/мин	25-30	20-25	25-35	10-15	25-35
$t_{вр}$, мм/дв.ход	0,005-0,015	0,005-0,015	0,01-0,05	0,01-0,02	0,01-0,03
$S_{поперная}$, мм/об стола	0,3-0,7 ширины круга	0,3-0,7 ширины круга	0,3-0,7 ширины круга	0,3-0,7 ширины круга	0,3-0,7 ширины круга
б) с плоским столом					
$V_{ст.прд}$, м/мин	8-15	10-20	10-20	10-15	10-20
$t_{вр}$, мм/дв.ход стола	0,01-0,015	0,005-0,01	0,01-0,05	0,01-0,02	0,01-0,03
$S_{поп}$, мм дв.ход	1-2	1-2	1-2	0,8-1	0,8-1
<i>Бесцентровое шлифование</i>					

Характеристика круга	23А-25А 40-25 МЗ-СМ1К	64С-63С 40-25 МЗ-СМ1К	23А-25А 40-25 СМ2-СТ1	64С-63С 40-25 МЗ-СМ2К	
Режимы шлифования:					
$V_{кр.}$ м/с	25-30	22-25	25-30	25-35	
$V_{вед.кр.}$ м/мин	20-100	20-100	20-100	20-70	
на проход $t_{вр.}$ мм	0,01-0,05	0,01-0,03	0,02-0,15	0,02-0,15	
угол поворота вед. круга α°	$2^\circ - 4^\circ$	$2^\circ - 4^\circ$	$2^\circ - 4^\circ$	$2^\circ - 4^\circ$	
$t_{вр.}$ врезанием мм	0,01-0,02 за 3 – 5 сек.	0,01-0,02 за 3 – 5 сек.	0,02-0,03 за 3 – 5 сек.	0,02-0,03 за 3 – 5 сек.	

В таблицах 30-31 даны рекомендации по назначению режимов шлифования алмазными кругами на различных связках в зависимости от обрабатываемого материала и вида обработки.

30. Рекомендуемые режимы обработки изделий из твердых сплавов алмазными кругами на металлических связках.

Вид обработки	Скорость круга, м/сек	Скорость вращения изделия, м/мин	Продольная подача, м/мин	Поперечная подача, мм/ход	Глубина шлифования, мм
Заточка	15÷25	-	1,0÷3,0	0,05÷0,1*	-
Плоское шлифование	20÷35	-	5,0÷10,0	1,0÷2,0	0,02÷0,05
Круглое наружное шлифование	20÷35	20÷40	1,0÷1,5	-	0,02÷0,05
Круглое внутреннее шлифование	10÷25	10÷30	0,5÷1,5	-	0,0025÷0,005
Профильное врезное шлифование	20÷30	-	1,0÷3,0	0,02÷0,05	0,05÷1,0**

Примечание * - за двойной ход

** - в зависимости от геометрии инструмента

Работу с кругами на металлических связках следует производить с применением охлаждающей жидкости (3÷5 л/мин).

31. Рекомендуемые режимы обработки изделий из твердых сплавов и инструментальных сталей алмазными кругами на органической связке.

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Скорость круга, м/сек	Скорость вращения изделия, м/мин	Продольная подача, м/мин	Поперечная подача, мм/ход	Глубина шлифования, мм
Твердый сплав	Заточка	20÷35*	-	1,0÷2,0	0,05÷0,07	-
	Плоское	20÷35	-	5,0÷10,0	0,5÷1,5	0,01÷0,03
	Круглое наружное шлифование	20÷35	20÷40	0,5÷1,5	-	0,001÷0,005
	Круглое внутреннее шлифование	15÷25	10÷30	0,5÷1,5	-	0,001÷0,005
Инструменталь-	Доводка	25÷40	-	0,5÷1,0	0,005÷0,03	-

	Профильное шлифование	20÷30		1,0-2,0	0,01÷0,03	0,03÷0,7**
--	-----------------------	-------	--	---------	-----------	------------

Примечание * - при работе с охлаждением

** - в зависимости от геометрии инструмента

При использовании охлаждения повышается износостойкость кругов на органической связке и чистота обрабатываемой поверхности.

В таблице 32 приведены примерные рекомендации по назначению режимов обработки эльборовыми кругами на органической связке в зависимости от схемы шлифования.

32. Рекомендуемые режимы обработки изделий из инструментальных и быстрорежущих сталей эльборовыми кругами на органической связке.

Вид обработки	Скорость круга, м/сек	Скорость вращения изделия, м/мин	Поперечная подача, мм/ход	Продольная подача, м/мин	Глубина шлифования, мм/дв. ход
Заточка металлорежущего инструмента	20÷30	-	0,03÷0,05	0,5÷1,5	-
Шлифование направляющих станин станков	20÷35	-	-	2÷6	0,005÷0,01
Круглое наружное шлифование	30÷50	10÷30	-	0,5÷1,0	0,002÷0,01
Круглое наружное доводочное шлифование	30÷50	8÷15	-	0,3÷0,8	0,002÷0,005
Плоское шлифование периферией круга	30÷40	-	0,3÷1,0	1,0÷5,0	0,005÷0,02
Доводка	20÷40		0,005÷0,02	0,34-1,0	0,005÷0,01

Шероховатость обработанной поверхности формируется в результате комплексного воздействия различных факторов. В таблице 33 показано влияние основных таких факторов.

33. Влияние различных факторов на шлифовочные дефекты и шероховатость поверхности

Факторы, влияющие на шлифовочные дефекты и шероховатость	Склонность к образованию шлифовочных дефектов	Влияние на шероховатость поверхности
Увеличение скорости шлифовального круга	Увеличивается	Улучшается
Увеличение скорости изделия	Уменьшается	Ухудшается
Увеличение глубины шлифования	Увеличивается	Ухудшается
Повышение твердости круга	Увеличивается	Улучшается
Увеличение зернистости круга	Уменьшается	Ухудшается
Увеличение пористости круга	Уменьшается	Не изменяется
Повышенные радиальные и осевые биения (более 0,01мм) шпинделя шлифовальной головки, набегание круга на торец, дробление и т.д.	Увеличивается	Ухудшается

Увеличение скорости подачи правящего инструмента относительно шлифовального круга.	Уменьшается	Ухудшается
Несбалансированность шлифовального круга	Увеличивается	Ухудшается
Наличие СОЖ с обильной подачей	Уменьшается	Улучшается
Напряжения в детали, не снятые при термообработке, коробление детали.	Увеличивается	Ухудшается

19. Список литературы.

1. Кремень З.И., Юрьев В.Г. Виды шлифования и выбор характеристик абразивных кругов. СПб.: Издательство «Инструмент и технологии», 2002. – 54 с.
2. Производство зубчатых колес газотурбинных двигателей: Произв.-практ. издание / Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, И.П. Нежурин и др.; Под ред. Ю.С. Елисеева. – М.: Высш. шк., 2001. – 493 с.; ил.
3. Старков В.К. Высокопористый абразивный инструмент нового поколения // Вестник машиностроения. 2002. №4. С. 56-62
4. Абразивные материалы и инструменты. Отраслевой каталог. Под ред. к.т.н. С.А. Молчанова, ВНИИТЭМР, 1991г. – 320 с.
5. Перечень стандартов:
 - Стандарт ISO 525. Абразивные изделия на связках. Общие требования.
 - Стандарт ISO 8486. Абразивные изделия на связках. Определение и обозначения распределения частиц по размерам.
 - ГОСТ 28734-90. Бруски абразивные эльборовые. Типы и размеры.
 - ГОСТ 25594-83. Бруски алмазные хонинговальные. Технические условия.
 - ГОСТ 16595-84. Бруски ручные алмазные. Технические условия.
 - ГОСТ 2456-82. Бруски шлифовальные. Технические условия.
 - ГОСТ 17122-85. Головки алмазные шлифовальные. Технические условия.
 - ГОСТ 2447-82. Головки шлифовальные. Технические условия.
 - ГОСТ 8692-88. Диски шлифовальные фибровые. Технические условия.
 - ГОСТ 22776-77. Изделия из шлифовальной шкурки. Технические условия.
 - ГОСТ 30513-97. Инструмент абразивный и алмазный. Методы испытаний на безопасность.
 - ГОСТ 25961-83. Инструмент абразивный. Акустический метод контроля физико-механических свойств.
 - ГОСТ 21323-75. Инструмент абразивный. Измерение твердости методом вдавливания конуса.
 - ГОСТ 2270-78. Инструмент абразивный. Основные размеры элементов крепления.
 - ГОСТ 607-80. Карандаши алмазные для правки шлифовальных кругов. Технические условия.
 - ГОСТ 17006-80. Круги алмазные кольцевой формы 2А2. Технические условия
 - ГОСТ 26004-83. Круги алмазные отрезные с внутренней режущей кромкой. Технические условия.
 - ГОСТ 16115-88. Круги алмазные отрезные сегментные форм 1А1К88/С1 и 1А1К58/С2. Технические условия.
 - ГОСТ 10110-87. Круги алмазные отрезные формы 1А1К. Технические условия.
 - ГОСТ 17007-80. Круги алмазные плоские формы 6А2Т и 1А2Т. Технические условия.
 - ГОСТ 30352-96. Круги алмазные шлифовальные для обработки сортового и художественного стекла. Технические условия.
 - ГОСТ 16168-91. Круги алмазные шлифовальные плоские прямого профиля без корпуса формы А8. Размеры.
 - ГОСТ 16169-81. Круги алмазные шлифовальные плоские прямого профиля трехсторонние формы 14Ш. Основные размеры .
 - ГОСТ 24630-90. Круги алмазные шлифовальные плоские прямого профиля формы 14А1. Основные размеры.
 - ГОСТ 16167-90. Круги алмазные шлифовальные плоские прямого профиля формы 1А1. Основные размеры.
 - ГОСТ 16170-91. Круги алмазные шлифовальные плоские с выточкой формы 6А2. Размеры.

- ГОСТ 16179-91 Круги алмазные шлифовальные плоские с двусторонним коническим профилем форм 1EE1 и 14EE1. Размеры.
- ГОСТ 16171-91. Круги алмазные шлифовальные плоские с двухсторонней выточкой формы 9A3. Размеры.
- ГОСТ 16180-91. Круги алмазные шлифовальные плоские с полукругло-выпуклым профилем формы 1PP1. Размеры.
- ГОСТ 16175-90. Круги алмазные шлифовальные тарельчатые конические формы 12A2 с углом 20 град. Основные размеры.
- ГОСТ 16178-82. Круги алмазные шлифовальные тарельчатые формы 12P9. Основные размеры.
- ГОСТ 16176-82. Круги алмазные шлифовальные тарельчатые формы 12K4. Основные размеры.
- ГОСТ 16177-82. Круги алмазные шлифовальные тарельчатые формы 12У5 с углом 20 град. Основные размеры.
- ГОСТ 16174-81. Круги алмазные шлифовальные тарельчатые формы 12У5 с углом 45 град. Размеры.
- ГОСТ 16173-91. Круги алмазные шлифовальные чашечные конические формы 11У9 с углом 70 град. Размеры.
- ГОСТ 16172-90. Круги алмазные шлифовальные чашечные конические формы 12A2 с углом 45 град. Основные размеры.
- ГОСТ 16181-82. Круги алмазные шлифовальные. Технические условия.
- ГОСТ 21963-82 Круги отрезные. Технические условия.
- ГОСТ 23182-78. Круги шлифовальные для ручных машин. Технические условия.
- ГОСТ 22775-77. Круги шлифовальные лепестковые. Типы и основные размеры.
- ГОСТ 3060-86. Круги шлифовальные. Допустимые неуравновешенные массы и метод их измерения.
- ГОСТ 2424-83. Круги шлифовальные. Технические условия.
- ГОСТ 24106-80. Круги эльборовые шлифовальные. Технические условия.
- ГОСТ 17123-79. Круги эльборовые шлифовальные. Типы и основные размеры.
- ГОСТ 21445-84. Материалы и инструменты абразивные. Термины и определения.
- ГОСТ 27595-88. Материалы шлифовальные и инструменты абразивные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение.
- ГОСТ 5744-85. Материалы шлифовальные из карбида бора. Технические условия.
- ГОСТ 26327-84. Материалы шлифовальные из карбида кремния. Технические условия.
- ГОСТ 28654-90. Материалы шлифовальные из электрокорунда. Методы определения химического состава.
- ГОСТ 28818-90. Материалы шлифовальные из электрокорунда. Технические условия.
- ГОСТ 3647-80. Материалы шлифовальные. Классификация. Зернистость и зерновой состав. Методы контроля.
- ГОСТ 28924-91. Материалы шлифовальные. Методы определения физических и физико-механических свойств.
- ГОСТ 23505-79. Обработка абразивная. Термины и определения.
- ГОСТ 25593-83. Пасты алмазные. Технические условия.
- ГОСТ 9206-80. Порошки алмазные. Технические условия.
- ГОСТ 12.3.028-82. Процессы обработки абразивным и эльборовым инструментом. Требования безопасности.
- ГОСТ 17368-79. Резцы алмазные для профилирования червячных шлифовальных кругов. Технические условия.
- ГОСТ 16014-78. Ролики алмазные для правки шлифовальных кругов. Технические условия.

- ГОСТ 12482-67. Ролики. Конструкция.
- ГОСТ 2464-82. Сегменты шлифовальные. Технические условия.
- ГОСТ 10054-82. Шкурка шлифовальная бумажная водостойкая. Технические условия.
- ГОСТ 344-85. Шкурка шлифовальная бумажная для контроля истираемости резины. Технические условия.
- ГОСТ 6456-82. Шкурка шлифовальная бумажная. Технические условия.
- Шкурка шлифовальная для обработки труднообрабатываемых материалов. Технические условия ГОСТ 27181-86
- ГОСТ 13344-79. Шкурка шлифовальная тканевая водостойкая. Технические условия.
- ГОСТ 5009-82. Шкурка шлифовальная тканевая. Технические условия.