

621.922(075.8)

М 207

 **ТОЛЬЯТТИНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

В.И. Малышев, О.Б. Федосеев

**ВЫБОР
ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ
НА ОПЕРАЦИЯХ ШЛИФОВАНИЯ
И ЗАТОЧКИ**

Методические указания
по выполнению практической работы

Тольятти
ТГУ
2011

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Автомеханический институт
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного
производства»

В.И. Малышев, О.Б. Федосеев

ВЫБОР ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ НА ОПЕРАЦИЯХ ШЛИФОВАНИЯ И ЗАТОЧКИ

Методические указания
по выполнению практической работы

Тольятти
ТГУ
2011

УДК 621.922 (075.8)

ББК 34.637.3я73

М207

Рецензенты:

д.т.н., профессор Поволжского государственного университета
сервиса *Б.М. Горшков*;

к.т.н., доцент Тольяттинского государственного университета
Д.Г. Левашкин.

М207 Малышев, В.И. Выбор шлифовальных кругов на операциях шлифования и заточки : методич. указания по выполнению практической работы / В.И. Малышев, О.Б. Федосеев. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 38 с. : обл.

В методических указаниях представлены рекомендации по выбору типоразмеров и характеристик шлифовальных кругов для операций шлифования и заточки. Издание предназначено для выполнения практической работы по дисциплинам «Технология машиностроения» и «Технология станкоинструментального производства» студентами специальностей 151001 «Технология машиностроения» и 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы», обучающимися по направлениям подготовки бакалавров и специалистов, а также для курсового и дипломного проектирования.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

УДК 621.922 (075.8)

ББК 34.637.3я73

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», 2011

ВВЕДЕНИЕ

Режущий инструмент, изготовленный из шлифовального материала и предназначенный для абразивной обработки, называется абразивным инструментом. Абразивный инструмент по своим свойствам, форме и строению существенно отличается от других видов режущего материала, в том числе способностью работать при скоростях резания, значительно превосходящих скорость резания лезвийным инструментом, обрабатывать различные по свойствам материалы — от кожи, резины до труднообрабатываемых закаленных сталей и изделий из твердых сплавов и при этом обеспечивать высокую точность и качество обработки.

Разнообразие выполняемых работ на шлифовальных и заточных станках привело к созданию широкой номенклатуры абразивного инструмента, различающегося маркой абразивного материала, его зернистостью, твердостью, структурой, видом связки, формой и размерами. Все эти параметры абразивного инструмента определяют его характеристику. Инструмент одной определенной характеристики не является широко универсальным инструментом. Поэтому эффективность и технико-экономические показатели операций абразивной обработки зависят не только от правильно выбранного оборудования и режимов резания, но прежде всего от рационального выбора характеристики шлифовального инструмента.

Цель работы — получение практических навыков в выборе характеристики абразивного инструмента при проектировании технологических операций шлифования и заточки.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ШЛИФОВАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

1.1. Основные сведения об абразивной обработке

К числу процессов абразивной обработки относятся шлифование, затачивание, доводка, притирка, отрезка, виброабразивная обработка, жидкостно-абразивная обработка, а также специальные виды с использованием электрохимического растворения металлов, вибраций ультразвуковой частоты и других физических и химических явлений. Наиболее распространенным видом абразивной обработки является *шлифование*, при котором инструмент совершает главное движение резания, являющееся только вращательным. Движение подачи может быть любым и сообщаться заготовке или инструменту.

На рис. 1, 2, 3, 4 показано несколько технологических схем шлифования поверхностей. Если у шлифовального круга в качестве режущей части используется наружная поверхность, образующая которой параллельна оси его вращения, то такой вид обработки называется *шлифованием периферией круга* (рис. 1, а, б, в, г; рис. 2, а, б, в; рис. 3, а, б; рис. 4). Если при шлифовании в качестве режущей части используется торцовая поверхность шлифовального круга, то такой вид обработки называется *шлифованием торцом круга* (рис. 3, в, г).

Если на заготовке обрабатывается наружная поверхность тела вращения, то шлифование называется *круглым наружным* (рис. 1). При *внутреннем* шлифовании производится обработка внутренней поверхности (рис. 2), при *плоском* – плоской (рис. 3), при *профильном* – обработка поверхности, образующая которой кривая или ломаная линия. Шлифование поверхности вращения называется *круглым*, сферической поверхности – *сферошлифованием*, шлифование боковых сторон и впадин профиля резьбы – *резьбошлифованием*, боковых поверхностей шлицев – *шлицешлифованием*.

Заготовка совершает движение подачи D_s и имеет разные установочные базы при закреплении на станке. Шлифование, при котором установочной технологической базой является наружная либо внутренняя поверхность заготовки, а базирование и закрепление заготовки производится с помощью патрона, называется шлифованием в патроне.

Шлифование, при котором в качестве установочной технологической базы используются центровые поверхности заготовки или центровой оправки, называется шлифованием в центрах (рис. 1). Круглое шлифование, при котором установочной базой является обрабатываемая или ранее обработанная цилиндрическая поверхность, называется бесцентровым (рис. 4).

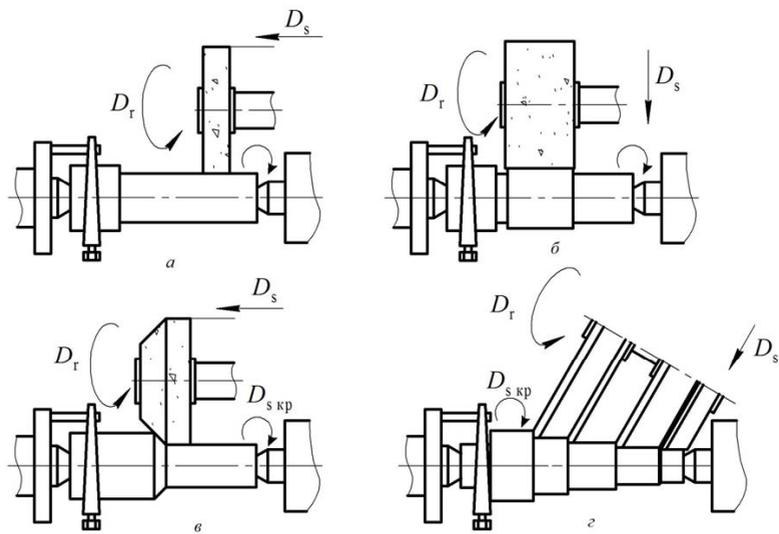


Рис. 1. Схема круглого наружного шлифования

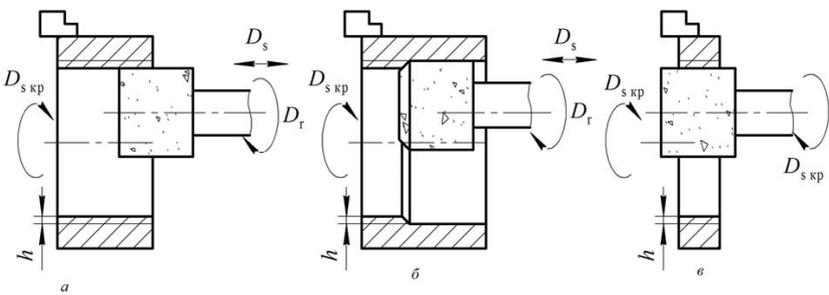


Рис. 2. Схема внутреннего шлифования

При этом виде шлифования движение подачи D_s заготовке 2 сообщает ведущий круг 3. Вращение $D_{скр}$ происходит за счет сил трения

между поверхностями ведущего круга 3 и заготовки 2, которая поддерживается специальным устройством – опорным ножом 4.

Движение подачи D_s при плоском шлифовании может быть возвратно-поступательным на станках с прямоугольным столом (рис. 3, а, в) либо вращательным на столах с круглым столом (рис. 3, б, г).

Шлифование, при котором припуск удаляется за несколько рабочих ходов, называют *многопроходным шлифованием* (рис. 1, а; 2, а; 3, а). Если припуск снимается за один рабочий ход, то шлифование *однопроходное или глубинное*. В этом случае на шлифовальном круге формируют конический участок, который удаляет основную часть припуска, а оставшая часть рабочей поверхности круга зачищает обработанную поверхность (рис. 1, в; 2, б).

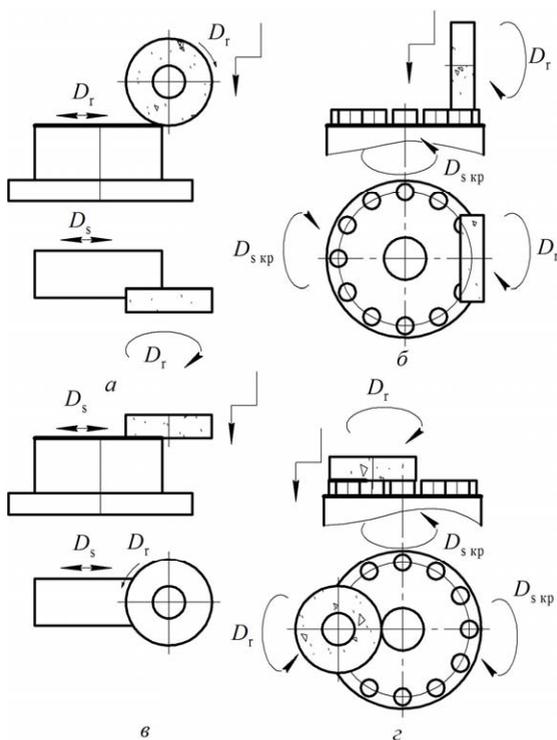


Рис. 3. Схема плоского шлифования

Шлифование, при котором движение подачи D_s осуществляется в направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности, называется *врезным* (рис. 1, б, з; 2 б). Если направление D_s имеет угол меньше 90° , например 30° (рис. 1, з), то может производиться одновременная обработка двух или более координатно-связанных поверхностей – *угловое врезное шлифование*. Если движение подачи осуществляется по траектории, равностоящей (эквидистантной) от обрабатываемой поверхности, шлифование называется *эквидистантным*.

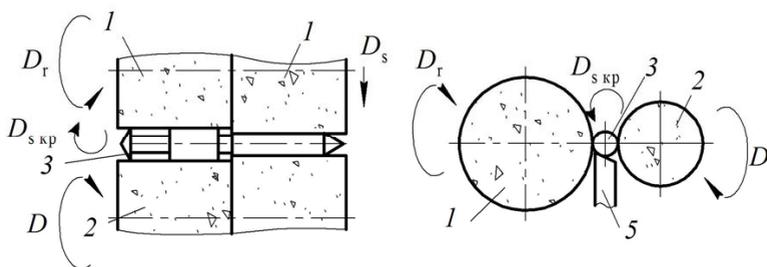


Рис. 4. Схема бесцентрового шлифования

Скорость главного движения резания при шлифовании относительно высока по сравнению с обработкой лезвийным инструментом. При скорости абразивного инструмента $35\text{--}60$ м/с шлифование называют *скоростным*, а если скорость превышает 60 м/с – *высокоскоростным*.

На заготовках после литья,ковки,штамповки,прокатки и сварки образуется слой материала, называемый дефектным слоем, так как его поверхность и свойства не соответствуют заданным требованиям. Шлифование, предназначенное для удаления с заготовок дефектного слоя, называется *обдирочным*. Шлифование одной или нескольких поверхностей заготовок одновременно несколькими шлифовальными кругами называется *многокруговым* (рис. 1, з).

Затачивание (заточка) – одна из заключительных операций абразивной обработки, в процессе которой обрабатывают передние и задние поверхности инструментов, а также фаски, ленточки, стружкоразделительные канавки и др. *Доводка* – операция, следующая после операции шлифования или заточки, выполняется для снижения шероховатости поверхности. В отличие от шлифования, при котором главное движение резания осуществляется с высокой скоростью, при доводке инстру-

мент и заготовка совершают вращательное, возвратно-поступательное, осциллирующее или другое сложное движение со скоростями одного и того же порядка.

Правка шлифовальных кругов. В процессе шлифования происходит снижение режущей способности круга за счет затупления и выкрашивания абразивных зерен. А также это влечет за собой искажение геометрической формы его рабочей поверхности. Периодическая правка круга производится с целью восстановления его режущих свойств и необходимой геометрической формы. В этом случае на шлифовальном станке прекращается процесс шлифования и с вращающегося с рабочей скоростью круга удаляется с помощью специального правящего инструмента поверхностный слой абразивного материала и связки. Величина снятого слоя составляет примерно 0,02–0,1 мм в зависимости от степени износа круга и зернистости.

Правка абразивных кругов производится алмазным или безалмазным правящим инструментом.

На операциях шлифования сложнопрофильных поверхностей (резьбошлифование, зубошлифование, фасонное шлифование и т. д.), где требуется высокое качество обработки, применяют:

- *алмазы в оправках* – алмазные кристаллы с естественными гранями, закрепленные пайкой или зачеканкой в оправки (рис. 5, а);
- *алмазные иглы и резцы*, режущая часть которых подвергается искусственной огранке для придания ей определенных геометрических параметров (рис. 5, б).

Во всех других случаях используют наиболее простой и экономичный инструмент – алмазные карандаши, вставка которых изготавливается из алмазных зерен на металлической связке и запрессовывается в оправку. Алмазные зерна во вставке могут располагаться цепочкой вдоль оси карандаша слоями или параллельно (рис. 5, в, г, д).

Для правки сложнопрофильных поверхностей экономически эффективны алмазные гребенки, успешно заменяющие дорогостоящие алмазы в оправках и др. на операциях профильного шлифования, например на операциях шлифования деталей автомобиля. Алмазные гребенки содержат несколько алмазных зерен, расположенных друг за другом в плоскости вращения шлифовального круга (рис. 5, е).

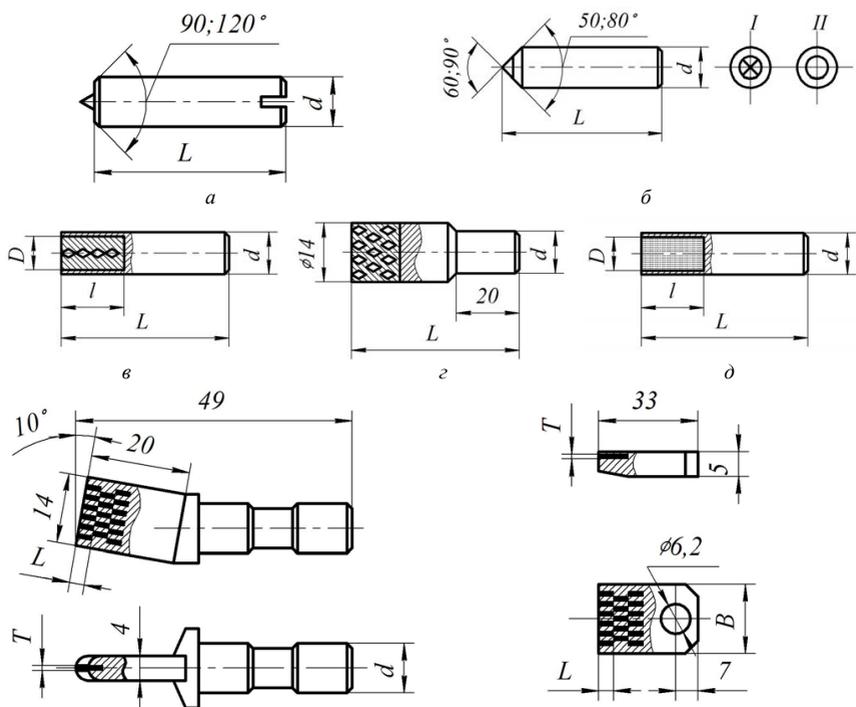


Рис. 5. Инструменты для правки круга обтачиванием: а) алмаз в оправе; б) алмазная игла; в) однокристалльный карандаш, тип 01; г) многокристалльный с неориентированно расположенным алмазом, тип 4; д) многокристалльный карандаш, тип 02; е) алмазная гребенка и сменная алмазная пластина к ней

Для условий крупносерийного и массового производства наиболее эффективны алмазные ролики, состоящие из алмазоносного слоя, нанесенного на металлический корпус (рис. 5, е). Ролик в процессе правки вращается от специального привода и шлифует за счет врезной подачи с рабочей поверхности круга изношенный слой абразива. При этом профиль ролика, как правило, соответствует профилю шлифуемой детали, поэтому он копирует его на заправляемом круге. Правящие ролики имеют относительно высокую стойкость. Время правки совмещается со временем загрузки и выгрузки детали.

Другие правящие инструменты устанавливают в правящее приспособление и за счет продольной подачи по копиру или от системы числового программного управления производят правку круга по заданной траектории.

Восстановление режущих свойств алмазных и эльборовых кругов производится путем очистки их рабочей поверхности от стружки, частиц твердого сплава, продуктов износа и вскрытия новых вершин зерен, ранее не принимавших участия в резании, с помощью крупнозернистых абразивных брусков. Круги на вулканитовых и бакелитовых связках обычно в правке не нуждаются.

Установка шлифовальных кругов на станке производится с помощью специальных устройств (рис. 6). Круг предварительно зажимается в устройстве, после чего устанавливается на шпинделе шлифовального станка. Размеры и конструкция крепёжных устройств зависят от модели станка и размеров шлифовального круга.

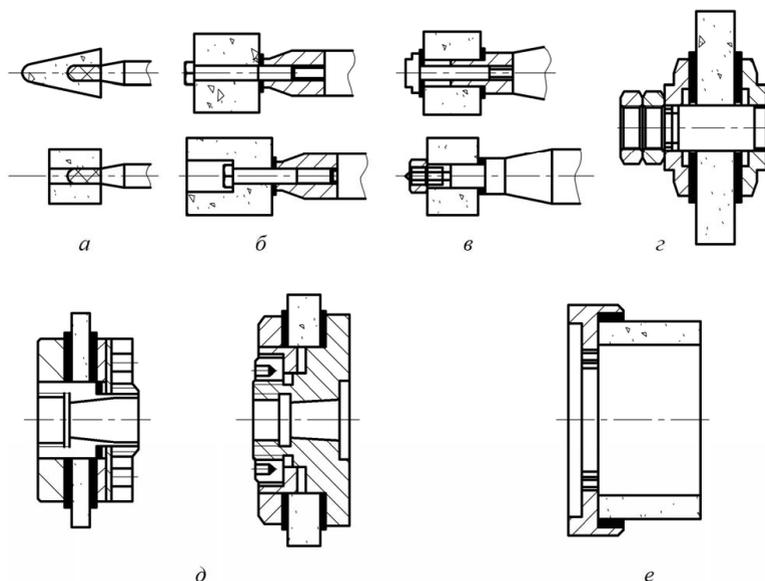


Рис. 6. Конструкции устройств для крепления шлифовальных кругов: *а, б, в* – для внутреннего шлифования; *з, д* – для круглого и плоского шлифования; *е* – для шлифования торцом круга

1.2. Выбор типа и размеров шлифовальных кругов

Эффективность любой операции механической обработки определяется точным выбором металлообрабатывающего оборудования, назначением оптимальных режимов обработки, разработкой рацио-

нального технологического маршрута и т. д. На операциях шлифования и заточки кроме отмеченных факторов важнейшую роль выполняет целенаправленный подбор типоразмера и характеристики шлифовального инструмента, влияющих на производительность операций шлифования, качество поверхностного слоя, размерную точность и шероховатость обработанных поверхностей. При выборе шлифовального инструмента следует учитывать тип и модель станка, физико-механические свойства обрабатываемого материала, форму и размеры детали, требуемые параметры качества шлифуемых поверхностей, режим шлифования и т. д. Выбор рациональной характеристики шлифовального инструмента является многофакторным процессом, однако без грамотного, профессионального решения этой задачи невозможно обеспечить высокую эффективность изготовления инструмента. Среди многочисленных видов шлифовального инструмента наиболее представительными по сложности решаемых задач и по объемам использования являются шлифовальные круги.

В зависимости от вида абразивного материала шлифовальные круги разделяются на две группы:

- содержащие абразивные зерна из электрокорунда (А, от «alundum») или из карбида кремния (С, от «carbogundum»);
- содержащие абразивные зерна из сверхтвердых материалов (СТМ) – алмаза или кубического нитрида бора (эльбора).

Отечественные производители шлифовального инструмента постепенно переходят на маркировку своей продукции, приближенную к международным стандартам ISO и стандартам европейских производителей абразива FEPA. Однако в научно-технической литературе и в практике абразивной обработки пока еще встречаются обозначения типов и характеристик кругов по ранее действовавшим стандартам, например ГОСТ 2424-83 и др. Поэтому далее приводятся сравнительные соответствия некоторых параметров по ныне действующим и отмененным стандартам.

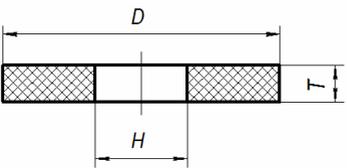
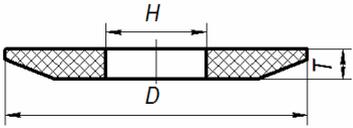
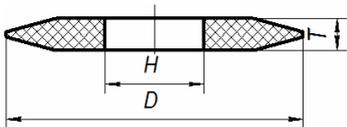
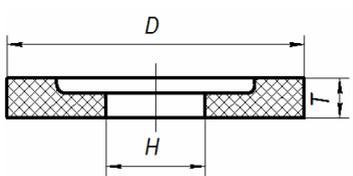
В табл. 1 приведены основные типы шлифовальных кругов с абразивным материалом из электрокорунда и карбида кремния, их служебное назначение и обозначение приведены в соответствии с ГОСТ Р 52781-2007. Для сравнения в скобках указаны обозначения типов кругов по ранее действовавшему стандарту ГОСТ 2424-83. В табл. 2 показана

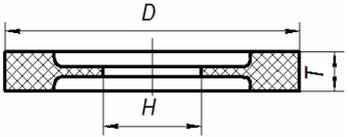
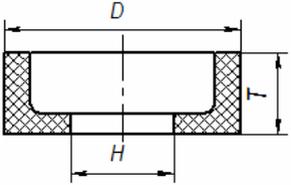
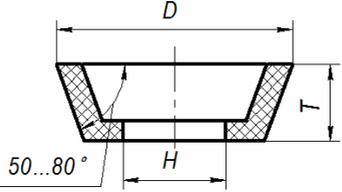
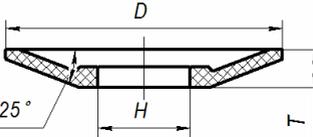
ны основные типы шлифовальных кругов из СТМ – алмаза и эльбора, их служебные назначения и обозначения по ГОСТ 24747-90.

Выбор шлифовального круга начинают с определения его типа, формы и размеров, обусловленных характером выполняемой операции, формой шлифуемой поверхности и моделью станка. Любой шлифовальный или заточной станок предусматривает применение шлифовальных кругов с определенной предельно допустимой окружной рабочей скоростью и размерами по наружному и внутреннему диаметрам и высоте (табл. 3, 4, 5, 6, 7, 8).

Таблица 1

Обозначение типов шлифовальных кругов из А и С по ГОСТ Р 52781-2007

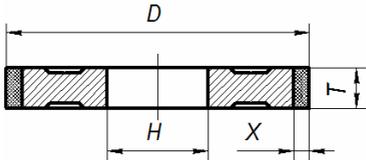
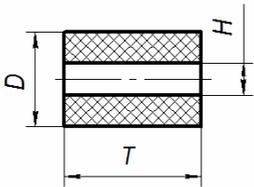
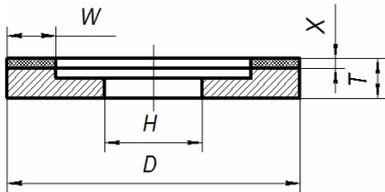
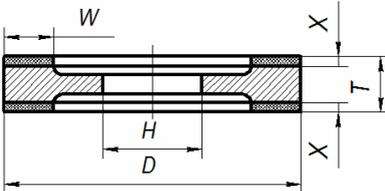
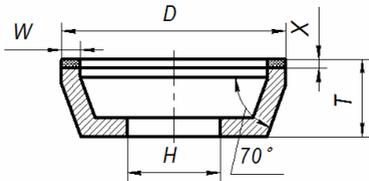
Обозначение круга	Форма сечения круга	Назначение
Прямоугольного профиля Тип 1 (ПП)		Наиболее универсальное применение на основных видах шлифования в зависимости от диаметра круга
С коническим профилем Тип 3 (2П)		Резьбошлифование, шлифование, зубошлифование, заточка многолезвийного инструмента
С двухсторонним коническим профилем Тип 4 (3П)		
С выточкой Тип 5 (ПВ)		Универсальное применение подобно кругам типа 1. Выточки предназначены для одновременного шлифования торцовых и цилиндрических поверхностей

Обозначение круга	Форма сечения круга	Назначение
С двойной выточкой Тип 7 (ПВД)		Универсальное применение подобно кругам типа 1. Выточки предназначены для одновременного шлифования торцовых и цилиндрических поверхностей
Чашечный цилиндрический Тип 6 (ЧЦ)		Заточка и доводка инструмента; внутреннее и плоское шлифование
Чашечный конический Тип 11 (ЧК)		Заточка и доводка инструмента
Тарельчатый Тип 12 (Т)		Заточка и доводка многолезвийного режущего инструмента, особенно по передней поверхности

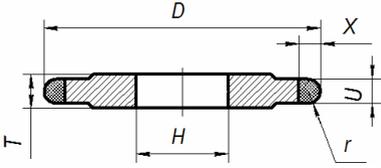
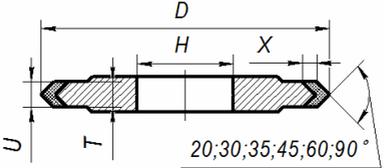
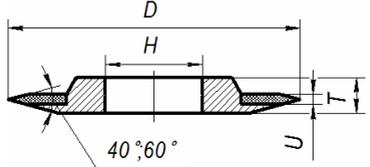
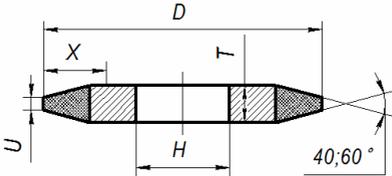
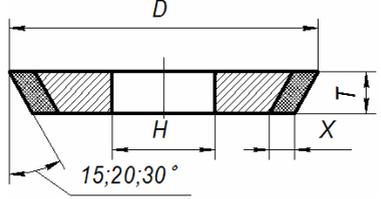
Пример обозначения типа и размера круга: 11 D×H×T или в размерном виде 11-150×70×32. В скобках приведено обозначение по ранее действовавшему ГОСТ 2424–83.

Таблица 2

Обозначение шлифовальных кругов из СТМ по ГОСТ 14747-90

Обозначение круга	Тип	Форма сечения круга	Назначение
Плоский прямого профиля	1A1		Обработка цилиндрических, конических и плоских поверхностей
Плоский прямого профиля без корпуса	A8		Шлифование отверстий
Плоский с выточкой	6A2		Заточка и доводка режущего инструмента, круглое торцовое шлифование
Плоский с двусторонней выточкой	9A3		Заточка и доводка инструмента
Круги чашечные и конические	11A2		Заточка и доводка инструмента; обработка плоских поверхностей

Обозначение круга	Тип	Форма сечения круга	Назначение
	11V9		Заточка и доводка многолезвийного инструмента по передним и задним поверхностям
Круги тарельчатые	12A2-20°		Заточка и доводка многолезвийного инструмента
	12R9		Заточка многолезвийного инструмента по передней поверхности
	12V5-20°		Заточка и доводка передней поверхности многолезвийного инструмента со спиральным зубом
	12V5-45°		Заточка и доводка многолезвийного инструмента со спиральными канавками
	12R4		Шлифование эвольвентного профиля зуба долбяков и шевров

Обозначение круга	Тип	Форма сечения круга	Назначение
Плоский с полукругло-выпуклым профилем	14F1		Шлифование фасонных поверхностей, стружечных канавок
Плоский с двусторонним коническим профилем	14EE1		Заточка и доводка передней поверхности многолезвийного инструмента со спиральным зубом
Плоский с двусторонним профилем	1E6Q		Шлифование резьбы
Плоский с двусторонним профилем	1D1		Шлифование профиля червячных фрез и резьбы
Плоский с односторонним коническим профилем	1V1		Шлифование заборного конуса метчиков, шлицевых валов

Обозначение круга	Тип	Форма сечения круга	Назначение
Профильный	4V9		Заточка червячных фрез
Плоский с полукруглым выпуклым профилем	1F1X		Шлифование фасонных поверхностей различных деталей

Пример обозначения типа и размера круга: 1A1-D×H×T×X, в размерном виде 1A1-400×125×25×5; 12A2-20°-D×H×T×W×X или 12A2-20°-150×32×25×3×10.

Таблица 3

Круги для круглошлифовальных станков

Размеры круга, мм			Тип круга	Модель станка
D	T	H		
250	25	76	Тип 1	ЛЗ – 269 Ф10; ЗУ10MS; 3110M; ЗУ10П
350	32	127		3E12MФ10; 3C133B; 3C130B; 3C132B; КШ – 3M; 3U12RA
400	40-50	203		3T153E; 3M153; 3E153.
500	100	203		МШ1475-1; МШ1476-1; МШ476Т-1; ВШ-152УВ-01
600	100 80...	305	Тип 1 Тип 7	3M152BM; 3K152BФ20; 3H130B; 3M132MBФ2; 3M151; 3A343АДФ2; ME359-1; 3A151; 3A161

Таблица 4

Круги для бесцентрово-шлифовальных станков

D	T, мм	H, мм	Тип круга	Модель станка
200	40	32	Тип 1	3Г180; 3Е180В
400	150-600	127		3Е183ВМ; 3Г183; 3Д183
500	150-200	305		3Е184ВМ
600	200			3185ВН; 3Е185ВМ; ВШ84
Ведущие круги				
150	150-600	50	Тип 1	3Г180; 3Е180В
300	200-150	127		3Г183; 3Д183; 3Е183ВМ
450	200			3Е84; 3Е184ВМ; 3Е185; 3Е185В; 3Е185ВМ

Таблица 5

Круги для плоскошлифовальных станков

Размеры круга, мм			Тип круга	Модель станка
D	T	H		
250	20	75	Тип 1	3Г71; 3Б71М; ВШ-035; 3Д711; АФ10-1
300	40	75		3Е723; ЛШ402; ОШ550
400	63	127		3Д732; 3Д721; ВФ3-1; ОШ-400
450	63	127		3Д722В; 3Л722ВФ2; АШ324; 3Д722; ОШ-620
500	63	203		3А740; 3Б740; 3Д725

Таблица 6

Круги для универсальных и внутришлифовальных станков

Размеры круга, мм			Тип круга	Диаметр отверстия, мм	Модель станка
D	H	T			
10	3	20	Тип 1	12...17	310П; 3А110; 3У10С; 3225Б; 3У10С; 3225Б; 3225П
15	5				
20	6	40	Тип 1	17...22	3Б12; 3А225; 3А227; 3А130; 3А140
25					
30	10	40	Тип 5	22...27	3А227; 3А228; 3А130
40					
50	13	40	Тип 1	27...32	3А228; 3А130; 3А141; 3А229; 3А141;
60					
70	16	40	Тип 1	32...45	3А228; 3А130; 3А141; 3А229; 3А141;
90					
70	20	50	Тип 1	45...55	3А228; 3А130; 3А141; 3А229; 3А141;
90					
90	20	50	Тип 5	55...70	3А228; 3А250; 3А229; 3А141;
90					
90	20	50	Тип 6	20...80	3А229; 311141; 3260; 3А250
90					
90	20	50	Тип 6	80...100	3А229; 311141; 3260; 3А250
90					
90	20	50	Тип 6	100...130	3А229; 311141; 3260; 3А250
90					
90	20	50	Тип 6	130...150	3А229; 311141; 3260; 3А250
90					

Таблица 7

Круги для резьбошлифовальных станков

Размеры круга в мм				Модель станка
D	H	T		
		Однориточный	Многориточный	
350	127	10	20; 40	МВ110; 5М822В; 5К821; 5Д822В; 5К822
			40	5896Н; 5897
400	203	10	25	5821; МВ-139
500	305	13	25	5823
			40	

Таблица 8

Круги для заточки режущего инструмента на заточных станках

Размеры круга, мм			Форма круга	Модель станка
D	T	H		
40	25	13	Тип 6	3В642; 3М642; 3Д64Е;
50	32	20		
75	40	32		
100	50			
125	63		Тип 6	В3-208Ф3
150	80;63	32	Тип 6	В3-454Ф4 В3-587Ф4
200		76		
250	100		Тип 11	
50	25	13		
75	30	20		
100				
125	35;45	32	Тип 11	
150		35;50		
250	8	127	Тип 12	
300				
75	10	13	Тип 12	
		20		
100	13		Тип 12	
125				
150		32		
200	20			
250	25			

1.3. Выбор характеристики шлифовального круга

1.3.1. Выбор материала абразивного зерна

Область применения абразивного материала определяется физико-механическими свойствами обрабатываемого металла заготовки и условиями шлифования. Рекомендации по выбору материала абразивных зерен приведены в табл. 9, 10, 11.

Электрокорунд. Его разновидности в зависимости от содержания окиси алюминия и легирующих добавок имеют различный цвет, структуру, свойства и соответствующее обозначение. Обладает наименьшей из всех абразивных материалов микротвердостью. Шлифовальные круги из электрокорунда имеют высокую режущую способность и возможность формирования с помощью правки любого профиля. Круги из белого электрокорунда применяют в основном на операциях обработки заготовок из закаленных углеродистых, легированных и быстрорежущих сталей.

Таблица 9

Абразивные материалы из электрокорунда и карбида кремния

Абразивный материал	Рекомендуемые операции
Электрокорунд нормальный: 13А; 14А	Шлифование корпусов сборных инструментов из конструкционных сталей. Ведущие круги при бесцентровом шлифовании
Электрокорунд белый: 23А; 24А; 25А	Шлифование и заточка; универсальное применение
Электрокорунд титанистый 37А	Шлифование заготовок из углеродистых и легированных сталей
Электрокорунд циркониевый 38А	Обдирочное шлифование стальных заготовок на высоких скоростях
Монокорунд 43А; 44А	Шлифование сталей ухудшенной шлифуемости, заточка инструмента
Электрокорунд хромотитанистый 91А; 92А	Шлифование инструментов из быстрорежущих сталей
Карбид кремния черный 54С	Шлифование заготовок из чугуна, цветных металлов, гранита, заточка твердосплавного инструмента
Карбид кремния зеленый 63С; 64С	Предварительное шлифование и заточка инструментов из твердых сплавов при съеме большого припуска совместно с конструкционной сталью корпуса

Таблица 10

Абразивные материалы из алмазов

Абразивный материал	Рекомендуемые операции
Природный алмаз: A1, A2, A3, A5	Шлифование и заточка инструментов из алмаза, других сверхтвердых материалов, керамики
Природный алмаз повышенной прочности A8	Правка шлифовальных кругов
Синтетический алмаз повышенной хрупкости AC4	Предварительное и окончательное шлифование и заточка инструментов из твердых сплавов, керамики
Синтетический алмаз повышенной хрупкости, но более твердый AC6	Профильное шлифование, резбошлифование, вышлифовывание канавок в инструменте из твердого сплава
Синтетический алмаз повышенной прочности: AC15; AC20	Резка, глубинное шлифование инструмента из твердого сплава
Синтетический алмаз высокой прочности AC32	Правка шлифовальных кругов. Предварительное хонингование
Синтетические поликристаллические дробленые алмазы: APB1, APK1, APC3	Предварительное хонингование, резка, правка шлифовальных кругов
Субмикророшки из природных и синтетических алмазов: AM5, ACM1, ACM5	Сверхтонкая доводка и полирование инструмента из твердых сплавов

Таблица 11

Абразивные материалы из эльбора

Абразивный материал	Рекомендуемые операции
Обычной прочности: ЛО	Окончательное шлифование и заточка инструментов из быстрорежущих сталей
Повышенной прочностю: ЛП	Предварительное и окончательное шлифование инструментов из быстрорежущих сталей
Высокой прочности: ЛКВ; ЛКВ40; ЛКВ50	Профильное шлифование, резбошлифование, вышлифовывание канавок инструментов из быстрорежущих сталей
Обычной прочности с металлическим покрытием: ЛОМ	Окончательное шлифование и заточка инструментов из быстрорежущих сталей кругами повышенной стойкости на органической связке

Круги из электрокорунда нормального чаще всего применяют на обдирочных и черновых операциях обработки заготовок, в том числе из пластичных материалов.

Зерна из монокорунда имеют высокую механическую прочность и относительно большое число режущих кромок. Поэтому круги из монокорунда используют в основном на получистовых и чистовых операциях обработки заготовок из легированных сталей ухудшенной шлифуемости.

Круги из хромотитанистого электрокорунда обладают более высокими режущими свойствами по сравнению с кругами из белого электрокорунда. Это позволяет рекомендовать их для операций с высокими требованиями к качеству поверхностного слоя и точности профиля шлифовальных поверхностей.

В последнее время некоторые производители абразивного инструмента выпускают круги из так называемых спеченных электрокорундов. Абразивное зерно представляет собой конгломерат из микрокристаллов величиной до одного мкм.

При шлифовании происходит самозатачивание абразивного зерна за счет постепенного разрушения микрокристаллов с образованием острых микрокромки. Это обеспечивает постоянство высокой режущей способности круга и более высокую режущую способность по сравнению с монокристаллическим электрокорундом.

Широкое применение в машиностроении, особенно в инструментальном производстве, имеют инструменты, оснащаемые алмазом, а также синтетическим и кубическим нитридом бора. Обладая большей твердостью по сравнению с электрокорундом и карбидом кремния и относясь к классу СТМ, они не конкурируют между собой, а дополняют друг друга.

Алмазный инструмент для обработки стальных заготовок практически не применяют из-за химического взаимодействия железа и алмаза, состоящего из углерода. Это приводит к быстрому износу алмазного инструмента при шлифовании стали. Поэтому экономически и технически целесообразно его применение для обработки твердого сплава и цветных металлов.

Для шлифования сталей и других железоуглеродистых сплавов используют кубический нитрид бора, производимый в России под торговой маркой «Эльбор». Твердость эльбора несколько меньше, чем у алмаза, но значительно выше, чем у других абразивных материалов. Положительной особенностью эльбора является высокая теплостойкость, которая значительно выше, чем у алмаза. Высокая твердость, теплостойкость и химическая инертность к железу обеспечивают его высокую эффектив-

ность при шлифовании инструментальных и быстрорежущих сталей по сравнению с алмазным и электрокорундовым инструментом.

1.3.2. Выбор зернистости круга

Согласно ГОСТ Р 52381-2005 *зернистость* – условная числовая характеристика распределения абразивных зерен по размерам. Размер зерен возрастает по мере уменьшения числового обозначения зернистости. Согласно ранее действовавшему ГОСТ 3647-80 зернистость выражалась напрямую размером зерна основной фракции в сотых долях миллиметра. Соотношение обозначений зернистости шлифовальных кругов по двум стандартам приведено в табл. 12.

Зернистость шлифопорошков из алмаза обозначается в виде дроби, у которой в числителе и знаменателе обозначены размеры соответственно верхнего и нижнего сита при сортировке зерен основной фракции в микрометрах, например 400/315, 63/40, 25/20.

Таблица 12

Ориентировочное соотношение зернистости шлифовальных кругов

Обозначение по ГОСТ Р 52381-2005	Обозначение по ГОСТ 3647-80	Диапазоны размеров зерен, мм
F12	160	2,0...1,41
F16	125	1,41...1,0
F20	100	1,19...0,84
F22	-	-
F24	80	0,84...0,6
F30	63	0,71...0,50
F36	50	0,60...0,42
F40	-	-
F46	40	0,42...0,30
F54	32	0,35...0,25
F60	25	0,35...0,25
F80	20	0,25...0,18
F90	16	0,21...0,15
F100	12	0,15...0,11
F120	10	0,13...0,09
F150	8	0,11...0,06
F180	6	0,09...0,05

Примечание. При обозначении зернистости круга буква «F» не пишется.

Зернистость влияет на шероховатость обработки, удельный расход абразивных материалов, производительность и себестоимость операции шлифования. Мелкозернистым шлифовальным кругом проще получить низкую шероховатость шлифованной поверхности. Для обеспечения высокой производительности обработки и получения низкой шероховатости шлифованной поверхности шлифование разделяют на две и более операции с последовательным удалением общего припуска Z_0 :

- предварительное шлифование крупнозернистым кругом: $0,50...0,60 Z_0$;
- чистовое шлифование: $0,30...0,40 Z_0$;
- окончательное шлифование мелкозернистым кругом: $0,05...0,15 Z_0$.

В табл. 13 приведены области применения инструментов различной зернистости (в скобках указано обозначение зернистости по ГОСТ 3647-80).

Таблица 13

Применение абразивных инструментов различной зернистости

Зернистость инструментов		Область применения
Из А и С	Из СТМ	
150; 180 (8; 6)	63/50; 50/40; 40/28	Доводка режущего инструмента; шлифование резьбы; отделочное шлифование заготовок
100; 120 (12; 10)	125/100 – 80/63	Чистовое шлифование; чистовая заточка режущих инструментов
60; 90 (25; 16)	200/160 - 125/100	Чистовое шлифование; заточка режущих инструментов; предварительное шлифование кругами из СТМ; шлифование фасонных поверхностей
46; 54 (40; 32)	315/250; 250/200	Предварительное и получистовое шлифование заготовок; предварительная заточка режущих инструментов

1.3.3. Выбор структуры или концентрации круга

Шлифовальные круги из электрокорунда, карбида кремния и эльбора на керамической связке состоят из трех фракций: абразивной, занимаемой абразивными зёрнами; связующей, занимаемой связкой, и газообразной, занимаемой порами.

Соотношение объемов абразивного материала связки и пор в круге называется его структурой. Структуру обозначают номерами от 1 до 12 (объемная концентрация зёрен соответственно от 62 до 42%). При увели-

чении структуры на один номер содержание зерен уменьшается на 2%.

Шлифовальные круги плотной структуры (1–3) имеют очень тесное расположение зерен и малые поры. А также они имеют ограниченное применение, главным образом – для доводочных работ. Наибольшее распространение имеют круги нормальной структуры с 4 по 8. Открытая структура (9–12) характеризуется большим расстоянием между абразивными зёрнами и, соответственно, лучшим отводом и размещением срезаемой стружки, что позволяет кругам работать на повышенных режимах. Однако круги открытой структуры имеют меньшую прочность, а шероховатость шлифованных поверхностей по сравнению с нормальной структурой формируется более грубая. В последнее время находят применение высокопористые круги (структура 13–20), величина пор у которых в поперечнике достигает 2...3 мм и превышает размеры абразивных зерен. Такие круги за счет лучшего теплоотвода из зоны шлифования и условий размещения стружки в межзерновом пространстве обеспечивают высокопроизводительное глубинное шлифование заготовок и заточку режущего инструмента.

Рекомендуемые номера структур для шлифовальных кругов из ЭК и КК указаны в табл. 14.

Таблица 14

Применение шлифовальных кругов различной структуры

Структура	Область применения
1–3	Шлифование заготовок с малым съемом металла кругами на бакелитовой и керамической связках
3–4	Профильное шлифование; шлифование твердых и хрупких материалов; доводка; шлифование с большими подачами или переменной нагрузкой; отрезные работы
5–6	Круглое, наружное, бесцентровое, плоское периферией круга шлифование металлов с высоким сопротивлением разрыву
7–8	Шлифование вязких металлов с низким сопротивлением разрыву; плоское шлифование торцом круга; внутреннее шлифование; заточка инструментов
9–12	Скоростное шлифование; профильное шлифование мелкозернистыми кругами; шлифование резьбы

Для алмазных и эльборовых инструментов (кроме кругов на керамических связках) обозначают не номер структуры, а относительную концентрацию зерен (%), в 4 раза превышающую объемное содержание зерен в алмазноносном слое – 50, 75, 100, 150. Так, при относитель-

ной концентрации в 100% алмазные зерна фактически занимают 25% объема алмазноносного слоя, а остальные 75% объема занимает связка с наполнителем (абсолютная концентрация алмазов – 25%).

Вместо обозначения относительной концентрации в процентах принимают и сокращенное обозначение цифрами: 1 (25%); 2 (50%); 3 (75%); 4 (100%); 5 (125%); 6 (150%).

Для операций шлифования обычно выбирают концентрацию, равную 100%. Более высокая концентрация приводит к повышению стоимости круга, а меньшая снижает его режущую способность.

1.3.4. Выбор твердости круга

Величину, характеризующую прочность удержания абразивных зерен связкой, называют твердостью шлифовального круга. Чем выше твердость круга, тем прочнее связь между абразивными зернами. Поэтому износ более твердых кругов меньше, чем мягких. Однако мягкие круги могут работать в режиме самозатачивания из-за интенсивного обновления режущего профиля.

В табл. 15 приведены соотношения обозначений твердости кругов согласно ныне действующим стандартам: ГОСТ Р 52587-2006 и ГОСТ 19202-80.

Таблица 15

Соотношение обозначений твердости кругов

Характеристика твердости	ГОСТ Р 52587	ГОСТ 19202
Весьма мягкие	F	BM1
	G	BM2
Мягкие	H	M1
	I	M2
	J	M3
Среднемягкие	K	CM1
	L	CM2
Средние	M	C1
	N	C2
Среднетвердые	O	CT1
	P	CT2
Твердые	R	T1
	S	T2
Весьма и чрезвычайно твердые	T	BT
	V	CT

Выбор кругов по твердости зависит главным образом от вида шлифования, точности и формы шлифуемых заготовок, физико-механических свойств обрабатываемого материала, типа станка. Наиболее универсальными для шлифования закаленных конструкционных и быстрорежущих сталей являются круги твердости L, M, N, O, P (СМ2 – СТ2).

Некоторые общие рекомендации по выбору твердости кругов приведены в табл. 16.

Таблица 16

Применение кругов различной твердости

Степень твердости	Область применения
Мягкие и среднемягкие: I; J; K; L (M2; M3; CM1; CM2)	Плоское шлифование; шлифование заготовок и заточка инструментов из твердых сплавов, минералокерамики, закаленных углеродистых и легированных сталей
Среднемягкие и средние: L; M; N (CM2; C1; C2)	Круглое, бесцентровое, внутреннее, плоское шлифование заготовок из закаленных сталей; шлифование резьб с крупным шагом; заточка инструментов
Средние и среднетвердые: N; O; P (C2; CT1; CT2)	Круглое, бесцентровое шлифование, резьбошлифование заготовок из закаленных и незакаленных углеродистых и легированных сталей и сплавов, чугуна, вязких металлов и материалов; хонингование брусками
Среднетвердые и твердые: P; Q; R; S (CT2; CT3; T1; T2)	Обдирочное и предварительное шлифование; шлифование фасонных профилей, прерывистых поверхностей, заготовок малого диаметра; отрезка; бесцентровое шлифование
Весьма твердые и чрезвычайно твердые: T; V (BT; CT)	Безалмазная правка шлифовальных кругов; шлифование заготовок с малым съемом материала

При выборе степени твердости необходимо учитывать следующие рекомендации:

- с увеличением твердости шлифуемого материала следует снижать твердость выбираемого круга и наоборот;
- при бесцентровом, внутреннем и плоском шлифовании применяют более мягкие круги, чем при круглом наружном шлифовании;
- при профильном шлифовании, резьбошлифовании необходимо выбирать более твердые круги, чем при шлифовании поверхностей простой формы;

- для снижения вероятности появления на шлифованной поверхности прижогов следует снижать твердость круга.

1.3.5. Выбор связки круга

Связка предназначена для закрепления абразивных зерен в объеме круга. В зависимости от химического состава и физических свойств веществ, входящих в связку, различают керамические, органические и металлические связки.

Керамические связки (V) являются многокомпонентными смесями минеральных материалов. Круги на керамической связке обладают высокими прочностью, теплостойкостью и жесткостью, имеют универсальное применение и используются для разнообразных шлифовальных операций, кроме отрезки.

К органическим связкам относятся бакелитовая (B), вулканитовая (R) и др. Бакелитовые связки обладают более высокой прочностью при сжатии по сравнению с керамическими связками. Круги на бакелитовой связке, армированные стеклотканью, способны работать на относительно высоких скоростях резания — 80 м/с и выше, например при отрезке.

Вулканитовая связка по сравнению с другими является эластичной, что позволяет создавать тонкие отрезные круги относительно большого диаметра.

Алмазные и эльборовые круги изготавливают на четырех основных связках: органической, керамической, металлической (порошковой, никелевой и гальванической). Металлические порошковые связки представляют собой сплавы меди, олова, цинка, алюминия, никеля и других элементов.

Алмазные круги на органической связке обладают хорошими режущими свойствами, что позволяет работать с небольшими силами и относительно невысокими температурами резания. Это создает благоприятные условия для шлифования без охлаждения, поэтому эти круги широко используют при заточке режущего инструмента.

Рекомендации по выбору связок приведены в табл. 17, 18.

Связки для кругов из электрокорунда и карбида кремния

Связки	Область применения
Керамические: V (K1 – K10)	Шлифовальные инструменты всех типов, кроме узких отрезных кругов
Бакелитовые: B; BF; B4; BE (B1, B2, B4, BU, B156, BP2)	Круги для скоростного и обдирочного шлифования, плоского шлифования торцом круга, отрезки заготовок и прорезания пазов, заточки режущих инструментов, шлифования прерывистых поверхностей; алмазные и эльборовые круги; хонинговальные бруски.
Вулканитовые: P и другие органические: R1 – R5 (B1 – B5)	Ведущие круги при бесцентровом шлифовании; гибкие круги для полирования и отделочного шлифования; отрезные круги для прорезания и шлифования пазов; круги для некоторых чистовых операций профильного шлифования; инструмент для доводочного шлифования

Связки для кругов из СТМ

Связки	Область применения
Органические с металлическим наполнителем (B156, BP2, T02)	Шлифовальные круги для заточки твердосплавного инструмента, профильного, получистового и чистового шлифования заготовок твердосплавных и керамических деталей
Органические с минеральным наполнителем (B1, B3, BP)	Круги для чистовой заточки твердосплавного инструмента без применения жидких СОТС
Металлические, обеспечивающие повышенную производительность (МК, M15, M1)	Инструменты для высокопроизводительного глубинного, получистового шлифования и заточки твердосплавного инструмента
Гальваническая никелевая	Алмазные правящие ролики. Инструмент для врезного шлифования фасонными кругами (вышлифовывание стружечных канавок)
Керамическая (K1-01)	Круги для шлифования и заточки инструментов при обработке твердого сплава совместно со сталью
Токопроводящая органическая (БПЗ) металлическая (MB1, PM1, M15, M1)	Инструмент для электролитического шлифования заготовок из твердых сплавов, молибденовых, вольфрамовых и других специальных сталей и сплавов, для электроабразивной заточки режущих инструментов

1.4. Маркировка шлифовальных кругов

На каждый шлифовальный круг в определенной последовательности наносится специальная маркировка. В мировой практике производителей шлифовального инструмента форма и характеристика круга обозначаются буквенными и цифровыми символами и представляются в виде обозначения типа круга и его размера (наружный диаметр, внутренний диаметр, высота и т. д.) (рис. 7, 8). Затем следует обозначение характеристик круга в определенной последовательности:

- материал абразивного зерна;
- зернистость (размер абразивного зерна);
- твердость круга;
- структура (концентрация зерен) круга;
- тип связки;
- дополнительные обозначения.

Маркировка круга из электрокорунда или карбида кремния должна содержать дополнительно рабочую скорость шлифования (для круга с наружным диаметром 150 мм и более); класс точности инструмента; класс неуравновешенности (на кругах с наружным диаметром 250 мм и более и высотой 6 мм и более).

На кругах из СТМ, кроме инструментов на керамических связках, обозначение маркировки идет в такой же последовательности. Но для них вместо номера структуры вводится обозначение относительной концентрации зерен.

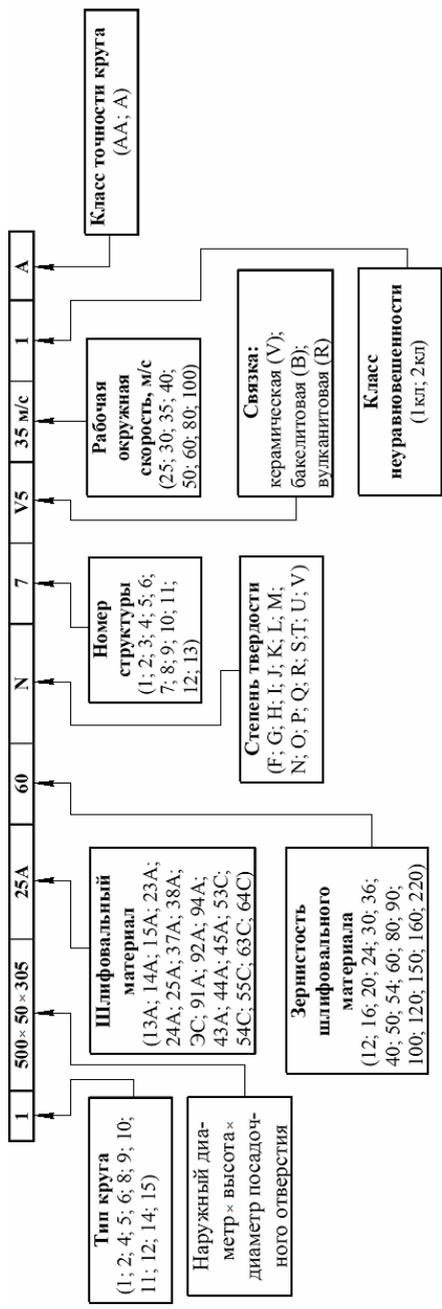


Рис. 7. Пример обозначения шлифовального круга из электрокорунда и карбида кремния

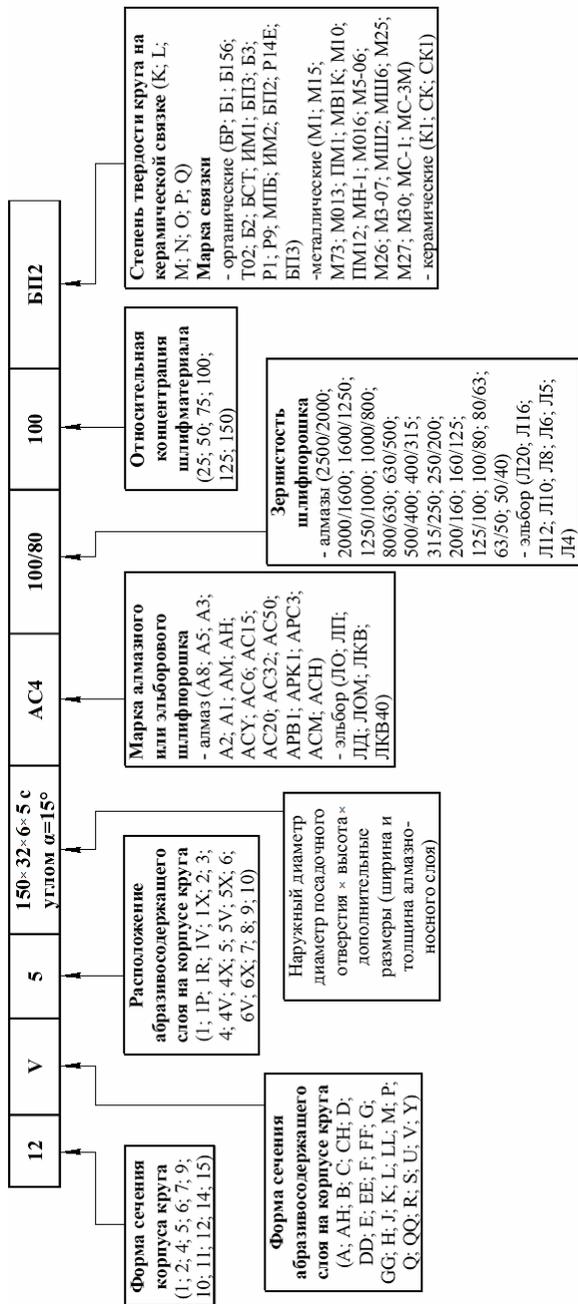


Рис. 8. Пример обозначения шлифовального круга из СТМ

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Для выполнения практической работы студент получает рабочий чертеж металлорежущего инструмента или его натурный образец. Работу следует проводить в следующем порядке:

1) изучить рабочий чертеж инструмента или его натурный образец и определить его исполнительные, базовые и свободные характеристики. Определить часть технологического маршрута изготовления инструмента, относящегося к операциям абразивной обработки, используя пособия [3], [4];

2) выбрать необходимые технологические схемы абразивной обработки, позволяющие обеспечить необходимую форму шлифуемых поверхностей, выбрать модели станков, реализующие выбранную технологическую схему, и определить габаритные размеры и форму шлифовальных кругов, позволяющих обрабатывать заготовку на конкретных операциях;

3) учитывая марку и твердость шлифуемого изделия, необходимую шероховатость и точность обработки, выбрать материал абразивного зерна, тип связки, зернистость, структуру или концентрацию и твердость круга по данным;

4) записать полное обозначение характеристики шлифовального круга для каждой операции;

5) назначить тип правящих инструментов для формирования требуемого рабочего профиля шлифовальных кругов;

6) выбрать устройства для установки шлифовальных кругов на шпинделях станков;

7) в отчете представить эскизы технологических наладок шлифовальных операций с необходимыми обозначениями характеристики шлифовальных кругов.

Пример: заточить токарный резец по главной задней поверхности с напайной твердосплавной пластиной.

Материал державки – конструкционная сталь. Форма задней поверхности резца выполнена в виде трех плоскостей. Главный задний угол α и углы $\alpha+3^\circ$ и $\alpha+5^\circ$ образуют три плоскости для раздельной заточки материалов державки и твердосплавной пластины (рис. 9).

1. Технологический маршрут заточки резца может предусматривать три последовательные операции заточки задней поверхности:

- заточка резца под углом $\alpha+4^\circ$;
- предварительная заточка твердосплавной пластины под углом $\alpha+2^\circ$;
- чистовая заточка пластины под углом α .

2. По табл. 1 – 8 выбираем тип круга 11 с размерами 150x63x32 для универсально-заточного станка 3В642.

3. Для обработки конструкционной стали целесообразно применить круг из электрокорунда. Полная характеристика круга: 11 – 150x63x32 24А 46L 7V.

4. Для операции предварительной обработки твердого сплава вместо круга из электрокорунда целесообразно использовать круг из карбида кремния. Полная характеристика круга: 11 150x63x32 63С 54 L 6V.

5. Для операции окончательной обработки пластины твердого сплава выбираем алмазный круг АС4 125/100 М013-100%. Форма алмазного круга – 11А2. Полная характеристика круга: 11А2 150x63x32x3 АС4 125/100 М013- 100%.

Далее указываются вид крепления круга, тип правящего инструмента. Эти сведения отражаются на эскизе технологической наладки. В отчете все предложенные решения по п. 1–5 должны быть обоснованы с подробным описанием процесса выбора абразивных инструментов.

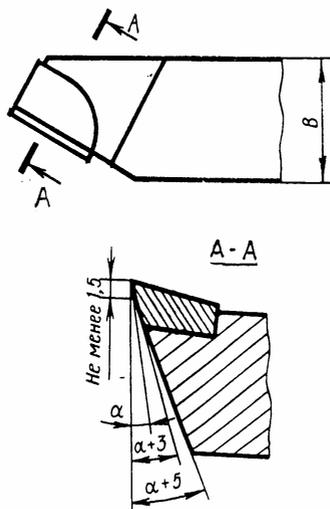


Рис. 9. Параметры заточки резца по главной задней поверхности

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким образом, изменяя зернистость кругов, можно снизить шероховатость шлифовальной поверхности?
2. При обработке какого материала – стали 40Х или стали Р6М5 – целесообразно применить круг большей твердости?
3. Как можно снизить теплонапряженность процесса шлифования за счет изменения структуры круга, материала зерна, твердости?
4. Какую форму круга целесообразно рекомендовать для резьбошлифования: ЗП; 12А2; ЧК; ПВД; ПН?
5. Какую форму круга целесообразно выбрать для шлифования цилиндрической поверхности: 1А1; 12А1; 4D5; тип 1, тип 6, тип 11?
6. Дайте рекомендации по выбору характеристики абразивного круга для скоростного шлифования.
7. Дайте рекомендации по выбору характеристики шлифовального круга для обдирочного шлифования сварного шва.
8. Какие марки абразивного зерна рекомендуются для шлифования инструментов:
 - из твердосплавных материалов;
 - из быстрорежущей стали?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боровский, Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов. – М. : Машиностроение, 2005. – 464 с.
2. Инструменты из сверхтвердых материалов : справочник / Г.П. Богатырева [и др.] ; под ред. Н.В. Новикова. – М. : Машиностроение, 2005. – 555 с.
3. Малышев, В.И. Технология изготовления режущего инструмента : методич. указания к курсовому проекту / В.И. Малышев. – Тольятти : ТГУ, 2010. – 41 с.
4. Палей, М.М. Технология производства металлорежущих инструментов / М.М. Палей. – М. : Машиностроение, 1982. – 256 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ШЛИФОВАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА.....	4
1.1. Основные сведения об абразивной обработке.....	4
1.2. Выбор типа и размеров шлифовальных кругов.....	10
1.3. Выбор характеристики шлифовального круга.....	20
1.4. Маркировка шлифовальных кругов.....	30
2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	33
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	35
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	36

Учебное издание

Мальшев Владимир Ильич
Федосеев Олег Борисович

ВЫБОР ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ НА ОПЕРАЦИЯХ
ШЛИФОВАНИЯ И ЗАТОЧКИ

Методические указания
по выполнению практической работы

Редактор *Е.Ю. Жданова*
Вёрстка: *Л.В. Сызганцева*
Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 22.06.2011. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 2,21.

Тираж 75 экз. Заказ № 2-66-10.

Тольяттинский государственный университет
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

15-55

