

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

Лабораторный практикум
для студентов специальности 1-36 01 03
«Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

В 2 частях

Часть 2

ШЛИФОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области машиностроительного оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2019

УДК 621.9.07/.08(076.5)(075.8)

ББК 34.63-5я7

Т38

Составители:

М. А. Корниевич, Л. А. Колесников

Рецензенты:

ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук,
доцент ГНУ «Институт порошковой металлургии» НАН РБ

А. И. Шевцов;

заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»
Гомельского государственного технического университета
им. П. О. Сухого *М. И. Михайлов*

Технология изготовления инструментальной оснастки : лабора-
Т38 торный практикум для студентов специальности 1-36 01 03 «Техно-
логическое оборудование машиностроительного производства» :
в 2 ч. / сост.: М. А. Корниевич, Л. А. Колесников. – Минск : БНТУ,
2014–2019. – Ч. 2: Шлифование деталей инструментальной оснаст-
ки. – 82 с.

ISBN 978-985-550-671-4 (Ч. 2).

Изучаются способы профилирования и правки абразивных кругов, установки их на станок и статической балансировки, а также способы шлифования профилированным и непрофилированным кругом и, в том числе, выбор абразивных кругов и специализированных приспособлений для этих работ.

Издание адресовано студентам машиностроительных специальностей высших учебных заведений, а также специалистам в технологии изготовления инструментальной оснастки.

Часть 1 «Изучение конструкций оснастки для типовых технологических операций» вышла в 2014 г.

УДК 621.9.07/.08(076.5)(075.8)

ББК 34.63-5я7

ISBN 978-985-550-671-4 (Ч. 2)

ISBN 978-985-550-403-1

© Белорусский национальный
технический университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
<i>Лабораторная работа № 1.</i> ПРОФИЛИРОВАНИЕ И ПРАВКА АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ	5
<i>Лабораторная работа № 2.</i> СТАТИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ.....	24
<i>Лабораторная работа № 3.</i> ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ НЕПРОФИЛИРОВАННЫМ КРУГОМ.....	37
<i>Лабораторная работа № 4.</i> ШЛИФОВАНИЕ ПРОФИЛИРОВАННЫМ КРУГОМ	73

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы по технологии изготовления инструментальной оснастки являются одним из этапов подготовки инженеров, в процессе которого формируются и закрепляются теоретические знания студентов. Приобретается опыт самостоятельного решения практических задач, обеспечивается требуемая степень подготовленности студента к выполнению дипломного проекта и к дальнейшей инженерной деятельности, к выполнению задач по выпуску продукции, соответствующей по своим технико-экономическим показателям мировым образцам и являющейся конкурентоспособной на мировом рынке.

Лабораторный практикум, часть 2, включает в себя четыре лабораторных работы, посвященных изучению процессов шлифования деталей технологической оснастки. В процессе выполнения первой работы изучаются способы профилирования и правки абразивных кругов и выполняется профилирование шлифовального круга для обработки детали заданного профиля. Во второй работе студенты знакомятся с методами закрепления и статической балансировки шлифовальных кругов. В третьей работе изучаются методики выбора абразивного круга, назначения режимов обработки, настройки оборудования, а также методы контроля, применяемые при профильном шлифовании непрофилированным кругом. В четвертой работе происходит ознакомление с выполнением шлифования профилированным шлифовальным кругом. Изучаются методики настройки оборудования для профильного шлифования; осуществляется контроль точности и шероховатости обработанных деталей.

Лабораторная работа № 1

ПРОФИЛИРОВАНИЕ И ПРАВКА АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ

Цель работы: ознакомление с методами профилирования и правки абразивных кругов, а также практическое ознакомление с выполнением операции процесса профилирования абразивного круга для профильного шлифования.

Задачи: изучение методик профилирования абразивных кругов; приобретение навыков настройки приспособления для профилирования кругов и контроля качества на примере одного из способов профилирования, применяемых в инструментальных цехах машиностроительных предприятий.

Оборудование, приспособления, инструменты и материалы, необходимые для выполнения работы

1. Плоскошлифовальные станки с магнитным прямоугольным столом моделей ЗГ71, ЗБ71М или универсально-заточный станок модели ЗД642Е.

2. Универсальное приспособление для профилирования абразивных кругов.

3. Набор плоско-параллельных концевых мер длины (ГОСТ 9038–59).

4. Угольник для выверки положения приспособления на столе станка.

5. Алмазный карандаш.

6. Державка для установки алмазного карандаша.

7. Синусное приспособление.

8. Защитные очки.

9. Штангельциркуль.

10. Абразивный круг (Тип 1 D × b × d 12А или 24А, зернистостью 16...40, С2...СМ2 на керамической связке).

11. Заготовка контрольного шаблона.

12. Инструментальный микроскоп (ГОСТ 80074–71).

13. Образцы шероховатости обработки.

Общие сведения

Сущность процесса профилирования и правки шлифовальных кругов

В производстве штампов, пресс-форм и приспособлений значительная доля трудоемкости их изготовления приходится на слесарные работы высокой квалификации: разметку, опиловку фасонных профилей и получение малой шероховатости обработанных поверхностей. Существенное снижение трудоемкости при выполнении этих работ может быть достигнуто при замене слесарных работ профильным шлифованием. Этим достигается увеличение производительности обработки, повышение точности и уменьшение шероховатости обработанной поверхности, сокращение цикла производства, облегчение условий труда и снижение себестоимости изготовления деталей.

Существуют несколько способов профильного шлифования, самым распространенным из которых является шлифование профилированным кругом. В этом случае профиль круга соответствует профилю детали.

Профилирование абразивных кругов может осуществляться посредством:

- радиального обтачивания алмазным инструментом (рисунок 1.1, а);
- тангенциальным точением профильной поверхности круга алмазными фасонными брусками (рисунок 1.1, б);
- шлифованием кругами из карбида кремния и алмазно-металлическими роликами (рисунок 1.1, в);
- обкатыванием абразивными, твердосплавными и металлическими дисками;
- накатыванием стальными профильными роликами (рисунок 1.1, г).

При шлифовании срезаемая в процессе работы стружка разогревается до высокой температуры, размягчается, забивает поры и налипает на поверхность круга. Происходит так называемое «засаливание». При этом режущая способность шлифовального круга резко падает, ухудшается чистота и качество обработанной поверхности. Для восстановления режущей способности круга производится его правка, при которой с режущей части круга удаляется поверхност-

ный слой затупившихся и засалившихся зерен. В результате восстанавливается как режущая способность круга, так и его геометрическая точность. Методы правки, в общем, совпадают с методами профилирования круга. На правку расходуется от 40 до 80 % полезного объема шлифовального круга. Затраты времени на правку достигают 40 % и более штучного времени обработки.

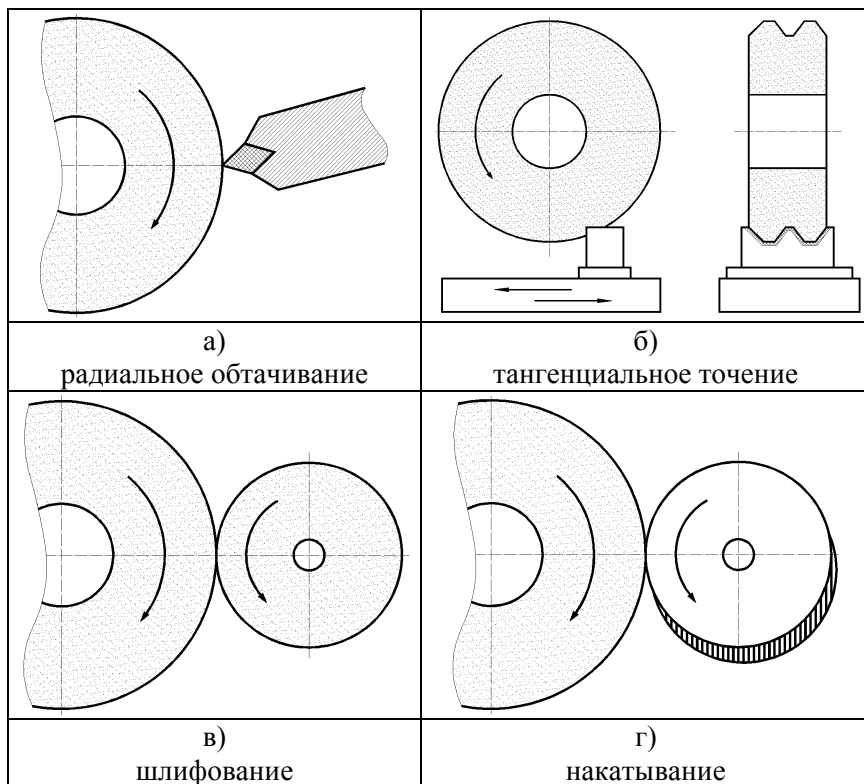


Рисунок 1.1 – Основные способы профилирования шлифовальных кругов

Профилирование методом обтачивания

Профилирование и правка методом обтачивания представляет собой точение (разрушение) хрупкого абразивного материала и связи шлифовального круга алмазным инструментом высокой твердости. Правка осуществляется:

- алмазно-металлическими карандашами диаметром 8–10 мм;
- отдельными сравнительно крупными алмазными зёрнами, зачеканенными в оправки;
- обтачивающими роликами с закрепленными в них алмазами.

Наибольшее применение для профилирования и правки шлифовальных кругов имеет обтачивание алмазными карандашами. В алмазно-металлических карандашах кристаллы алмазов размещены в определенном порядке и прочно соединены специальным сплавом (рисунок 1.2). Схема правки или профилирования круга алмазными карандашами разных типов приведена на рисунке 1.3.

Алмазно-металлические карандаши выпускают четырех типов в зависимости от расположения и характеристики алмазных кристаллов в рабочей части: Ц – с алмазами, расположенными цепочкой вдоль оси карандаша (рисунок 1.2, *а*); С – с алмазами, расположенными неперекрывающимися слоями (рисунок 1.2, *б*) и перекрывающимися слоями (рисунок 1.2, *в*); Н – с неориентированным расположением алмазов (рисунок 1.2, *г*). Каждый тип карандашей подразделяют на марки, отличающиеся массой и количеством алмазов, а также размерами вставки и оправы.

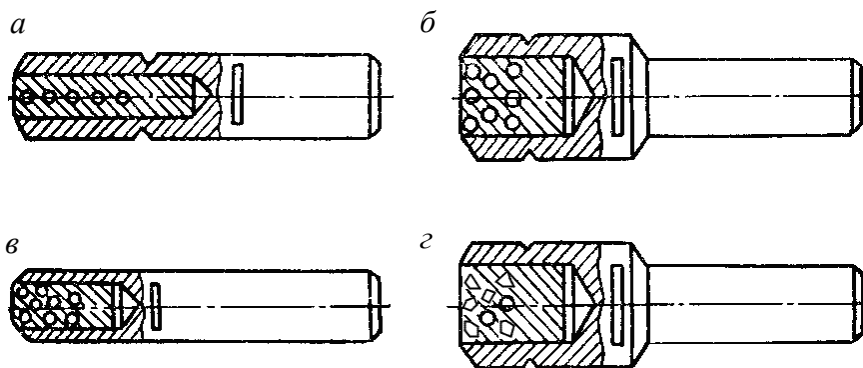


Рисунок 1.2 – Алмазные карандаши

Карандаши типа Ц изготавливают из высококачественных кристаллов алмазов. Они имеют наибольшее применение при правке кругов для круглого центрального и бесцентрового, внутреннего и фасонного шлифования.

Карандаши типа С выпускают двух марок: многозернистые с количеством до 10 сравнительно мелких алмазных зерен в слое и мало-зернистые с двумя–пятью алмазными зернами массой 0,1–0,2 карата. Эти карандаши обладают повышенной износостойкостью; их используют для правки абразивных кругов при чистовом шлифовании в автоматическом цикле.

Карандаши типа Н изготавливают из алмазов различного качества, в том числе из дробленых и колотых, и используют для правки мелкозернистых шлифовальных кругов на операциях круглого и бесцентрового шлифования, а также для правки односторонних резьбошлифовальных, тарельчатых и плоских кругов для зубо- и шлицевшлифования.

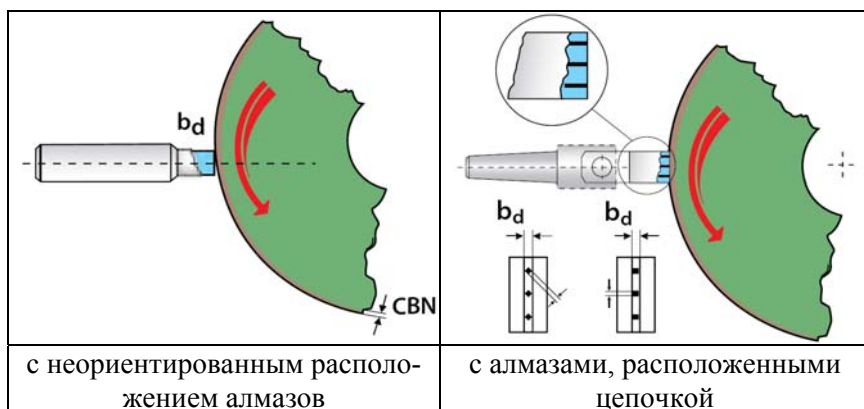


Рисунок 1.3 – Схема правки круга алмазными карандашами

Для правки кругов больших размеров, а также при профильном шлифовании, применяют природные алмазы больших размеров в оправках, представляющие собой стальную державку, в которой закреплен необработанный или чаще ограненный алмаз с острой вершиной. Алмазы с естественными гранями, закрепленные в оправках, имеют преимущество перед алмазно-металлическими карандашами в том, что их изготавливают из более качественных алмазов, и, следовательно, их износостойкость значительно выше.

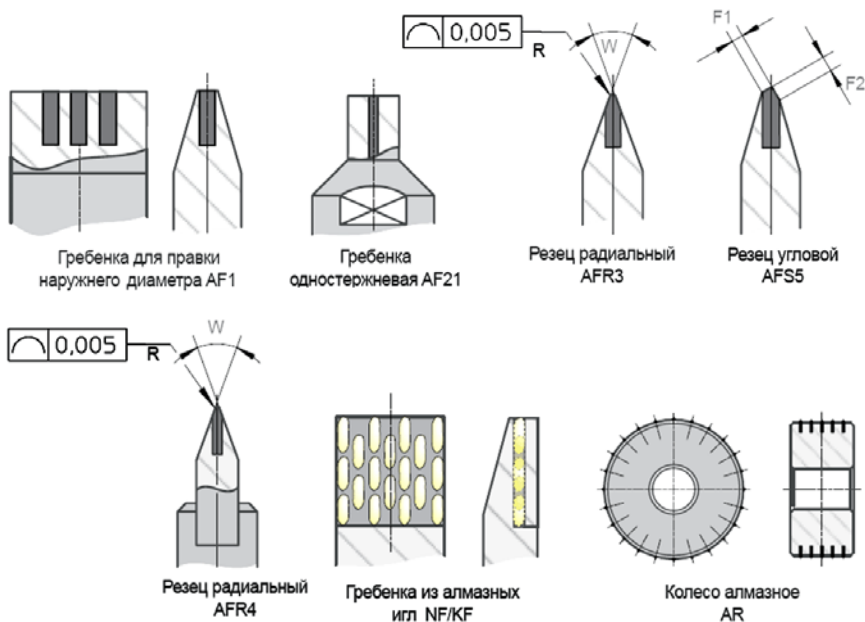


Рисунок 1.4 – Типы резцов для обтачивания шлифовальных кругов

Специально для правки одностержневых резьбошлифовальных кругов в соответствии с ГОСТ 17564–72 промышленность выпускает алмазные иглы (рисунок 1.5), для изготовления которых применяют природные алмазы в виде октаэдрических, пиленых и колотых кристаллов.

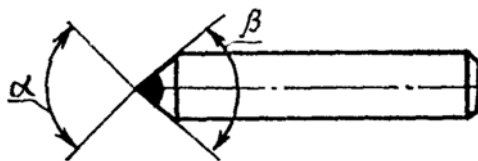


Рисунок 1.5 – Игла алмазная для правки резьбошлифовальных кругов

Профилрование алмазными фасонными брусками

Алмазные профильные брусочки (рисунок 1.1, б) обычно используются только при правке круга в процессе работы. Брусочек с профилем,

соответствующим профилю шлифуемой заготовки, закрепляется на столе, например, плоскошлифовального станка. Шлифовальный круг перед каждой подачей на глубину подводится к фасонной поверхности бруска, установленного рядом с деталью.

Такой контакт круга с правящим алмазным бруском позволяет постоянно обновлять его профиль, обеспечивая высокое качество обрабатываемых поверхностей, точность размеров и стабильность профиля. Производительность обработки существенно повышается за счет исключения времени на правку, а качество шлифования повышается за счет работы кругом, рабочая поверхность которого восстанавливается перед каждым чистовым ходом.

При правке круга алмазными брусками обеспечивается более низкая режущая способность круга, чем при использовании однокристалльных алмазов и алмазных карандашей. При такой правке обеспечивается точность профиля круга в пределах 0,015–0,020 мм.

Профилирование методом шлифования

Правка методом шлифования представляет собой процесс срезания (шлифования) слоя абразивных зерен и связки алмазным роликом или кругом из карбида кремния. Правящий ролик получает принудительное вращение от отдельного привода. Окружная скорость правящего ролика порядка 0,2 м/сек, профилируемого круга – 25–50 м/сек.

Правка роликами выполняется либо методом врезания, либо методом шлифования с продольной подачей. Для правки методом врезания рабочая поверхность ролика (либо набора роликов) должна точно соответствовать форме шлифуемой детали. Такой подход позволяет за несколько секунд проводить правку одновременно по нескольким поверхностям, при этом обеспечивается высокая стойкость круга между правками. С другой стороны, масса алмазов в таких роликах достигает десятков карат, стоимость их чрезвычайно высока, поэтому правка врезным шлифованием используется, в основном, при массовом производстве.

В настоящее время, в условиях мелко- и среднесерийного производства, все более широкое применение находит правка обтачивающими кругами (роликами) под управлением ЧПУ (рисунок 1.6, 1.7). Вводом рабочих параметров через систему ЧПУ значительно упроща-

ется настройка процесса правки, что позволяет существенно снизить штучные затраты на шлифование. Применение этой технологии дает возможность обработки профилей с радиусом менее 0,01 мм.

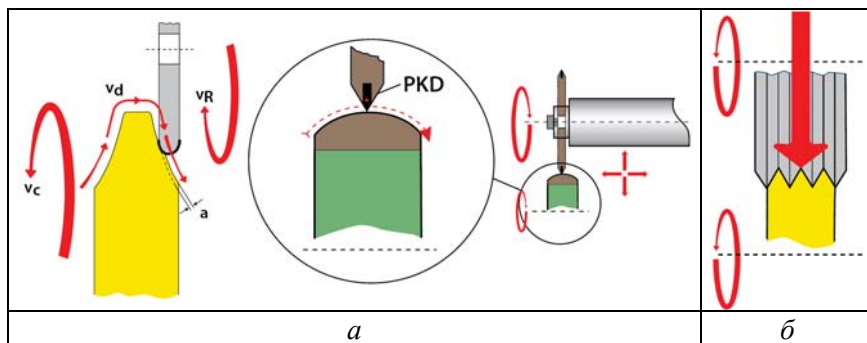


Рисунок 1.6 – Схемы работы обтачивающих роликов

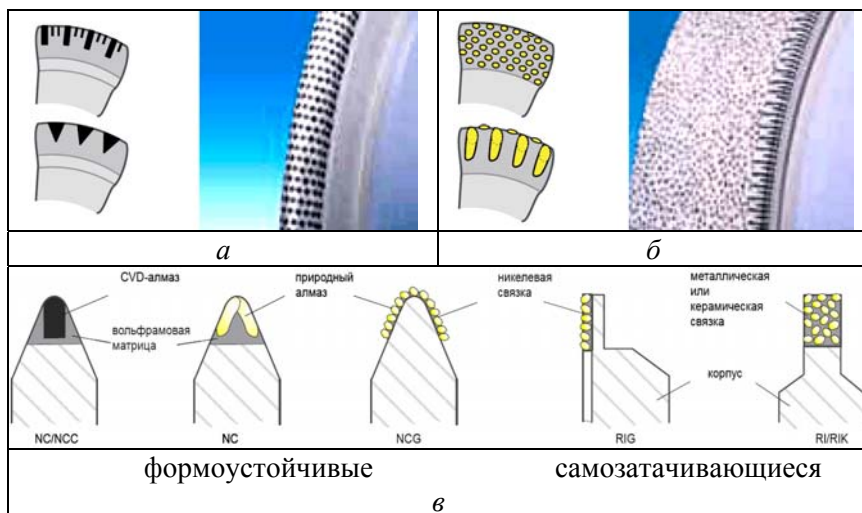


Рисунок 1.7 – Структура, внешний вид и типы обтачивающих роликов

Профилирование методом обкатывания

Правка методом обкатывания представляет собой процесс дробления и выкрашивания слоя абразивных зерен и связки стальным или твердосплавным роликом, перемещающимся вдоль образующей оборудования. Ролик увлекается во вращение обрабатываемым кругом и перемещается вдоль поверхности круга. В качестве правящего инструмента применяются также звездочки (рисунок 1.8), шарошки, крупнозернистые круги из карбида кремния и т. д.

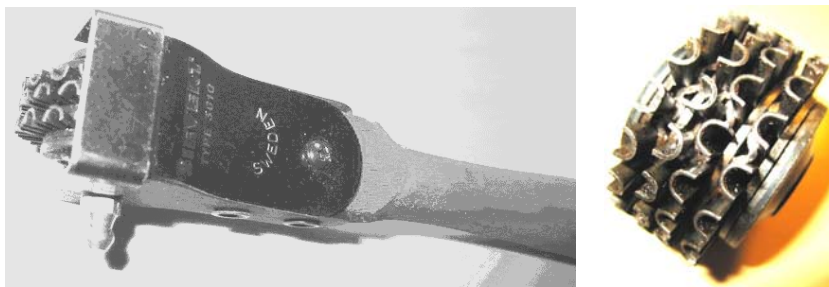


Рисунок 1.8 – Ручная оправка и звездочка для профилирования круга обкатыванием

При такой правке возникает дефектный слой абразива, поэтому износ таких кругов намного выше, чем при правке алмазным инструментом и других методах обработки. Правка обкатыванием грубая, обычно используется для начального профилирования, когда с круга необходимо удалить большой объем абразива.

Профилирование методом накатывания

При профилировании абразивного круга накатным роликом в результате пластического деформирования связки происходит утапливание выступающих абразивных зерен в связку. В результате формируется профиль круга, эквидистантный линии профиля накатного ролика. Вид одного из типов твердосплавного ролика для профилирования абразивных кругов показан на рисунке 1.9.

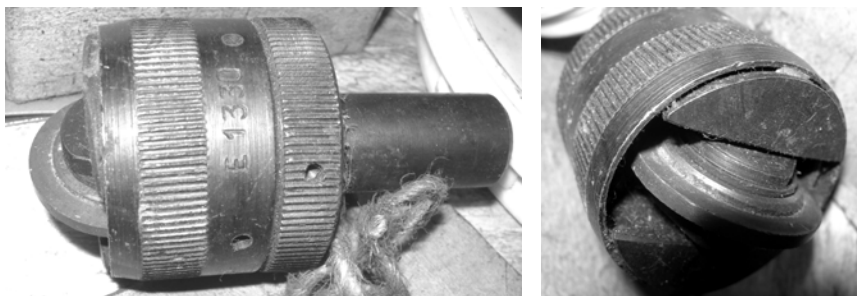


Рисунок 1.9 – Ролик для профилирования абразивных кругов накатыванием

Профилирование накатным роликом чаще всего производят с применением жировых смазок, которые уменьшают трение между контактирующими поверхностями ролика и рабочего слоя шлифовального круга. При накатывании на рабочей поверхности круга формируется упрочненный поверхностный слой. Этот слой обладает повышенной твердостью и износостойкостью, что приводит к повышению размерной стойкости круга при эксплуатации. При этом может быть достигнута стабильная точность профиля в пределах 5–10 мкм за счет выравнивания зерен относительно поверхности накатного ролика.

Но такой способ профилирования определяется точностью размеров и положения ролика, поэтому не позволяет получать круги высокой точности.

Профилирование абразивных кругов с использованием приспособлений

Для профильной правки шлифовальных кругов алмазными карандашами применяются разнообразные приспособления. Профилирование шлифовальных кругов с получением углов до 45° возможно с помощью синусного приспособления (рисунок 1.10), которое позволяет производить правку с высокой степенью точности. При известном расстоянии между осями поворотный столик устанавливается на требуемый угол заправки α с помощью блока мерных плиток высотой H с микронной точностью. Вычислить угол заправки α можно из формулы $\sin(\alpha) = H/L$.

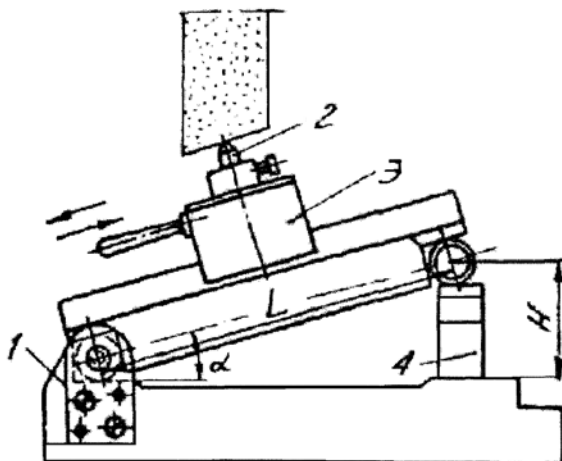


Рисунок 1.10 – Синусное приспособление для правки шлифовальных кругов:
 1 – основание; 2 – державка с алмазом; 3 – движок; 4 – блок мерных плиток

Нониусное приспособление (рисунок 1.11) обеспечивает менее высокую точность правки, однако его быстрее и проще настраивать.

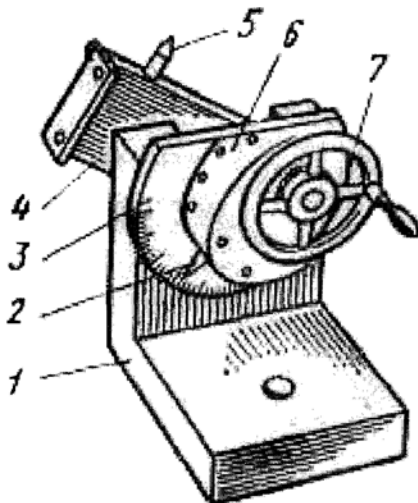


Рисунок 1.11 – Нониусное приспособление с зубчатой передачей:
 1 – корпус; 2 – стрелка; 3 – угломерный диск; 4 – поворотная каретка;
 5 – алмазодержатель; 6 – барабан; 7 – маховичок

Конструкция приспособлений для профилирования выпуклых (рисунок 1.12) и вогнутых (рисунок 1.13) радиусов обладает высокой точностью настройки и профилирования кругов.

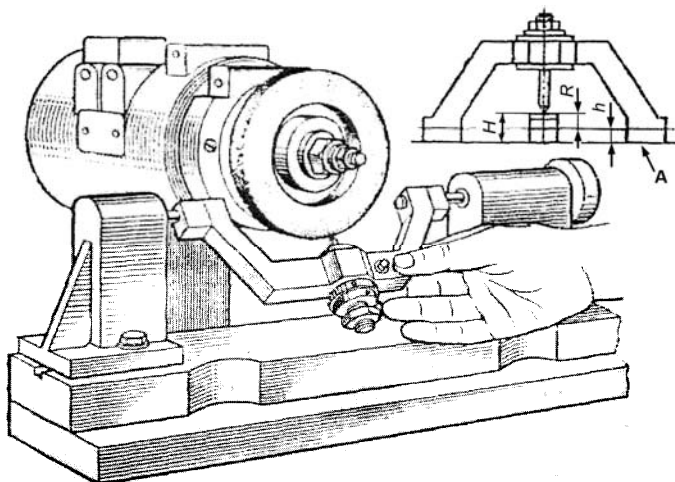


Рисунок 1.12 – Настройка приспособления для профилирования выпуклого радиуса

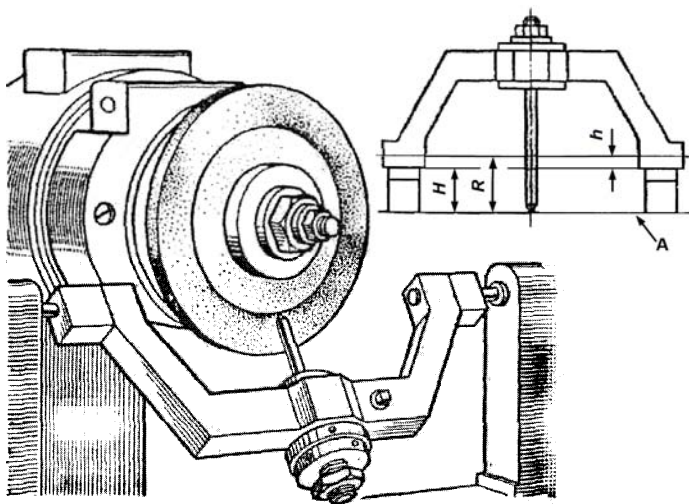


Рисунок 1.13 – Настройка приспособления для профилирования вогнутого радиуса

Приспособление состоит из двух основных частей: корпуса с центрами и скобы с державкой для алмаза. Центровые отверстия в скобе выполняют точно соосными и на строго определенном расстоянии h от плоскости A . Для наладки приспособления на профилирование требуемого радиуса скобу вынимают из центров и устанавливают на контрольной плите, затем державку опускают до соприкосновения острия алмаза с блоком концевых мер длины и закрепляют в этом положении.

Размер концевых мер рассчитывают по формулам:

для выпуклых радиусов $H = R + h$;

для вогнутых радиусов $H = R - h$.

Применение копировальных приспособлений

Применение копиров для профилирования шлифовальных кругов в серийном производстве обеспечивает высокую производительность, а также позволяет шлифовать поверхности, очерченные прямыми линиями, дугами окружностей или кривыми. На рисунке 1.14 показано приспособление для профилирования шлифовального круга по копиру.

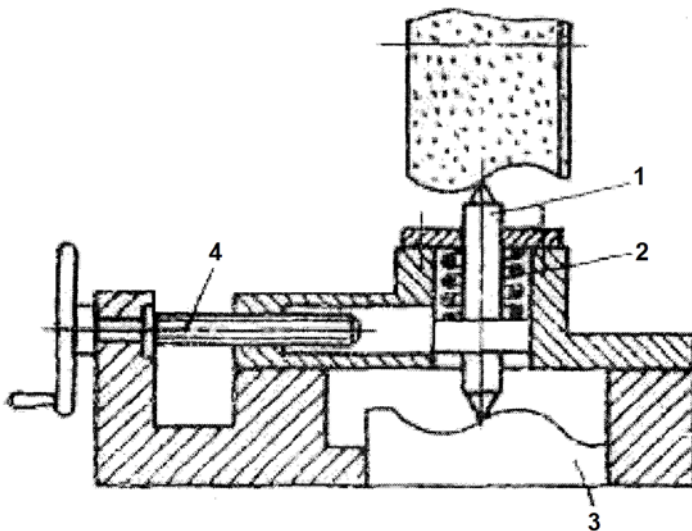


Рисунок 1.14 – Схема копировального приспособления для профилирования круга

Оправка 1, в которой закреплен алмазный карандаш, под действием пружины 2 постоянно прижимается к профилю копира 3. С помощью винта 4 салазки вместе с оправкой перемещаются вдоль оси шлифовального круга, при этом профиль копира переносится на шлифовальный круг.

Профилирование по копиру имеет наиболее высокую производительность из всех существующих способов, но не обеспечивает высокую точность и поэтому применяется только для неотчетливых деталей. Сравнительно невысокая точность объясняется наличием зазоров в направляющих салазок и в отверстии для оправки с алмазом, погрешностью изготовления копира, а также различием формы острия алмаза и сферической поверхности ошупывающего острия оправки.

Режимы правки шлифовальных кругов

Правка кругов методом обтачивания позволяет за счет изменения величины продольной подачи алмазного карандаша получить высокую точность рабочей поверхности шлифовального круга, который обеспечит требуемую точность и шероховатость обрабатываемой детали. В таблице 1.1 приведены рекомендации по выбору режимов правки шлифовальных кругов алмазно-металлическими карандашами.

Таблица 1.1 – Режимы правки шлифовальных кругов методом обтачивания алмазно-металлическими карандашами

Вид шлифования	Шероховатость поверхности шлифуемой детали Ra , мкм	Продольная подача $S_{пр}$, м/мин	Поперечная подача $S_{поп}$, мм/дв. ход	Число проходов	
				рабочих	выхаживания
Круглое наружное, бесцентровое, плоское	1,25–0,32	0,4	0,03	4	4
	0,32–0,16	0,3	0,02	3	4
Круглое внутреннее	1,25–0,32	1,5	0,03	4	4
Профильное	1,25–0,32	0,3	0,03	4	4
	0,32–0,16	0,2	0,02	4	4
Шлицешлифование	1,25–0,32	0,4	0,03	4	4
	0,32–0,16	0,3	0,02	3	

Глубина выравнивания a (рисунок 1.15) зависит от размера зерен в шлифовальном круге и одинакова для всех типов выравнивателей.

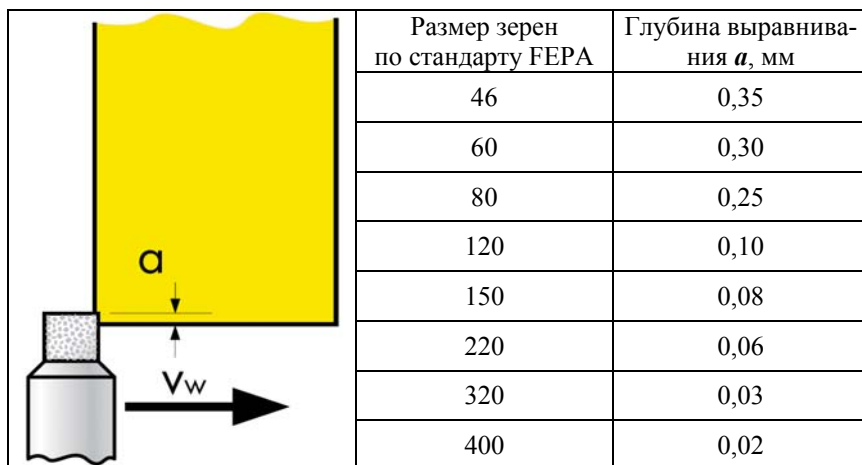


Рисунок 1.15 – Глубина выравнивания при правке круга

Профилирование абразивных кругов алмазным карандашом на универсально-заточном станке

Примером использования метода обтачивания алмазным карандашом на универсально-заточных станках может служить профилирование круга для заточки шнековых сверл по передней поверхности. Передняя поверхность режущей части шнековых сверл для обработки глубоких отверстий стали имеет трапециевидную форму с углом $\gamma = 14\text{--}15^\circ$ (рисунок 1.16), получаемая при заточке на универсально-заточном станке в поворотной головке абразивными кругами дисковой формы 24A(40-25)HC1-СМ1 5 К1, 30 м/с.

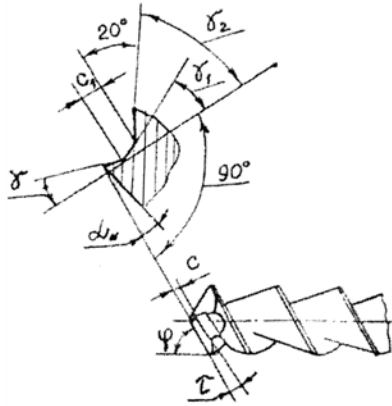


Рисунок 1.16 – Форма передней поверхности шнекового сверла

Шлифовальный круг для заточки шнекового сверла по передней поверхности профилируется алмазным карандашом. Для профилирования шлифовального круга алмазный карандаш закрепляется в специальной оправке и устанавливается на столе универсально-заточного станка. Проекция оси алмазного карандаша на горизонтальную плоскость стола должна совпадать с продольным перемещением стола (рисунок 1.17, а).

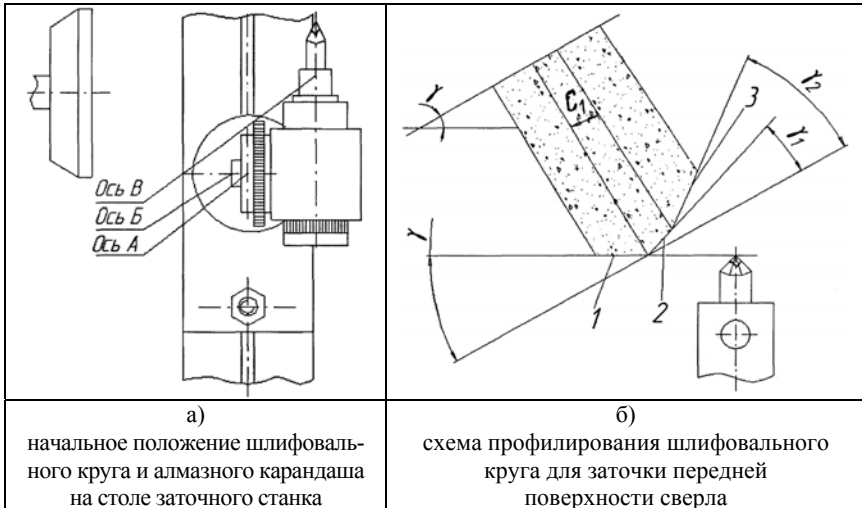


Рисунок 1.17 – Схема установки и профилирования шлифовального круга

Потом шлифовальный круг поворачивается против часовой стрелки на угол γ (рисунок 1.17, б) и с помощью поперечной подачи стола производится правка плоскости l для образования переднего угла. Далее шлифовальный круг последовательно поворачивается по часовой стрелке на угол γ_1 и γ_2 и производится профилирование плоскостей круга 2 и 3 для образования стужколомающего порошка.

В том случае, когда конструктивные возможности станка не позволяют заправить шлифовальный круг для получения углов γ_1 и γ_2 по причине прямого положения алмазного карандаша, оправка с алмазным карандашом поворачивается на угол 90° и устанавливается таким образом, чтобы проекции осей шлифовального круга и алмазного карандаша на горизонтальную плоскость совпадали (рисунок 1.18). После этого шлифовальный круг поворачивается сначала на угол γ_1 и производится профилирование круга, а потом на угол γ_2 и выполняется такая же операция профилирования.

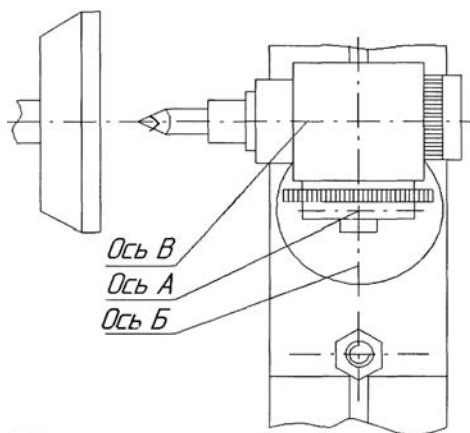


Рисунок 1.18 – Схема расположения шлифовального круга и алмазного карандаша, когда их оси параллельны

Индивидуальное задание

Преподаватель выдает группе из двух студентов конкретное задание на профилирование шлифовального круга для обработки детали определенного профиля. Каждая группа выполняет подготовку к выполнению поставленной задачи. После этого руководитель раз-

решает более подготовленным студентам выполнить настройку оборудования для профилирования шлифовального круга под непосредственным присмотром и с участием учебного мастера.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Оборудование и инструменты для выполнения работы.
3. Задание к работе.
4. Порядок выполнения профилирования шлифовального круга по заданию.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Какова цель лабораторной работы?
2. Какие Вы знаете способы профильного шлифования?
3. Какие Вы знаете методы профилирования шлифовальных кругов?
4. Какой метод профилирования абразивных кругов наиболее точен?
5. Какие типы алмазных карандашей Вы знаете?
6. Как устроен алмазный карандаш типа Ц?
7. Как устроен алмазный карандаш типа С?
8. Какие существуют две разновидности алмазных карандашей типа С?
9. Как устроен алмазный карандаш типа Н?
10. Чем отличаются алмазные иглы от алмазных карандашей?
11. Поясните эскизом, как настраивается синусное приспособление для правки круга.
12. Каковы достоинства и недостатки нониусного приспособления для правки круга?
13. Какая последовательность действий при профилировании абразивных кругов для заточки шнекового сверла по передней поверхности?
14. В чем отличие установки алмазного карандаша для профилирования абразивных кругов с выпуклым и вогнутым радиусом?

15. В каких случаях используются копиры для профилирования шлифовальных кругов?

16. Каковы достоинства и недостатки профилирования шлифовальных кругов с помощью копиров?

17. Как задается величина поперечной подачи при правке шлифовального круга?

18. Как задается величина продольной подачи при правке шлифовального круга?

19. Чем отличаются рабочий ход от выхаживания при правке шлифовального круга?

20. Какие режимы профильной правки шлифовального круга обеспечивают минимальную шероховатость поверхности шлифуемой детали?

21. Пояснить методику профилирования шлифовального круга по заданию.

22. Пояснить методику профилирования шлифовального круга с помощью конкретного приспособления.

23. Оценить преимущества и недостатки различных методов профилирования.

Литература

1. Дашевский, И. И. Профильное шлифование деталей машин и приборов / И. И. Дашевский, И. М. Бурцев, А. М. Закревский. – Москва: Машиностроение, 1977. – 176 с.

2. Мендельсон, В. С. Технология изготовления штампов и прессформ / В. С. Мендельсон, Л. И. Рудман. – Москва: Машиностроение, 1982. – 207 с.

3. Махаринский, Е. И. Основы технологии машиностроения / Е. И. Махаринский, А. В. Горохов. – Минск: Вышэйшая школа, 1997. – 423 с.

4. Кремень, З. И. Специализированные абразивные инструменты / З. И. Кремень, М. А. Зайцева, С. М. Федотова. – Москва: Машиностроение, 1986. – 40 с.

5. Захаренко, И. П. Алмазные инструменты и процессы обработки / И. П. Захаренко. – Киев: Техника, 1980. – 213 с.

Лабораторная работа № 2

СТАТИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Цель работы: изучение средств и методов балансировки шлифовальных кругов.

Задачи: приобретение практических навыков статической балансировки шлифовальных кругов при выполнении наладки плоскошлифовального станка.

Оборудование и оснастка для выполнения работы

1. Плоскошлифовальный станок ОШ224.
2. Приспособление для статической балансировки.
3. Абразивный круг.
4. Планшайба для крепления шлифовального круга.
5. Конусная оправка для балансировки.
6. Державка с алмазным карандашом.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методику статической балансировки шлифовального круга.
2. Закрепить круг на планшайбе и произвести его статическую балансировку.
3. Установить и закрепить круг с планшайбой на шпинделе плоскошлифовального станка.
4. Выполнить повторно балансировку шлифовального круга.
5. Окончательно установить круг на шпинделе станка.
6. Приступить к шлифованию детали.

Общие сведения

Балансировка шлифовальных кругов

Шлифовальный круг, установленный и закрепленный на шпинделе станка, в процессе работы вращается с большой угловой ско-

ростью. При вращении шпинделя из-за неуравновешенности круга появляются дополнительные периодические нагрузки, которые действуют на подшипники, приводя к быстрому износу опор шпиндельного узла.

Неуравновешенность круга возникает при несовпадении его центра тяжести с центром вращения. Различают статическую и динамическую неуравновешенность. При статической неуравновешенности ось круга 1–1 и его центральная ось инерции 2–2 параллельны и отстоят на величину e (рисунок 2.1, *а*). При динамической неуравновешенности оси 1–1 и 2–2 непараллельны. Центр масс круга может находиться как на оси круга, так называемая моментная неуравновешенность (рисунок 2.1, *б*), так и вне ее – динамическая неуравновешенность общего вида (рисунок 2.1, *в*). При небольшой высоте (менее 200 мм) шлифовальных кругов плечо пары сил, обуславливающих динамическую неуравновешенность для большинства кругов, невелико, потому круги подвергают только статической балансировке. Динамическая балансировка становится необходима только при использовании кругов высотой более 200–900 мм.

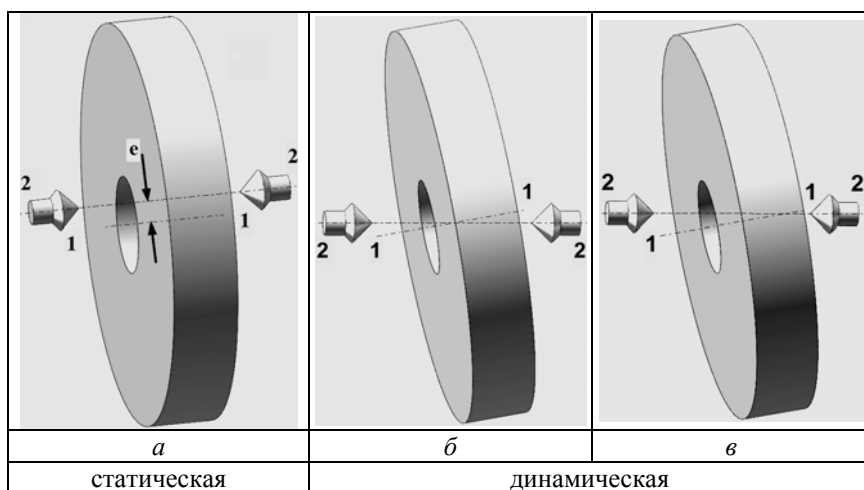


Рисунок 2.1 – Виды неуравновешенности шлифовальных кругов

В процессе шлифования неуравновешенность круга вызывает вибрации, которые приводят к интенсивному износу узлов станка,

ухудшают точность и качество шлифуемой поверхности (например, волнистость), увеличивают расход абразива из-за повышенного и неравномерного износа рабочей поверхности круга, а также приводят к возрастанию напряжений в круге, в результате чего может наступить его разрыв.

Основными причинами неуравновешенности круга являются:

- 1) неравномерность распределения массы в теле круга и неравномерность ее плотности в различных секторах круга;
- 2) отклонение геометрической формы круга; непараллельность торцов, их вогнутость или выпуклость;
- 3) смещение оси отверстия относительно наружной поверхности;
- 4) смещение оси отверстия круга относительно оси вращения шпинделя из-за зазора между посадочными поверхностями фланцев и круга.

Во избежание этого шлифовальные круги необходимо балансировать, добиваясь симметричного распределения вращающихся масс относительно оси. На практике мерой статического дисбаланса ($г \times см$) служит масса груза в граммах, который, будучи сосредоточен в точке периферии круга, противоположной его центру тяжести, перемещает центр тяжести на ось вращения круга. Допустимый дисбаланс при поставке шлифовальных кругов в зависимости от диаметра при высоте (ширине) круга $B_k > 20$ мм не должен превышать 2–4 % массы круга в граммах. Точность статической балансировки на балансировочных станках колеблется от 0,15 до 1,5 $г \times см$.

Статическая балансировка кругов производится на абразивных заводах. В соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 12.2.001–74 круги диаметром от 125 мм и высотой от 8 мм и более перед установкой на станок необходимо дополнительно балансировать, так как неуравновешенность круга может изменяться при установке его во фланцах, а также в процессе его правки.

Установка и закрепление круга на станке

От правильного и надежного крепления шлифовального круга на шпинделе станка зависят точность и качество обработанной поверхности, производительность обработки, стойкость круга и безопасность работы.

Крепление абразивных инструментов на станках в зависимости от формы, размеров и условий их работы производят механическими способами или наклеиванием. Некоторые из способов крепления приведены на рисунках 2.2–2.4.

Размеры посадочных мест абразивного круга (диаметр отверстия) должны превышать размеры посадочных мест на шпинделе или фланцах (втулке). Разница между ними должна быть в пределах допусков, установленных ГОСТ 2424–83. Для получения требуемых посадок используют переходные втулки или наращивают посадочные поверхности круга смесью расплавленной серы и глины.

Предельные отклонения размеров шлифовальных кругов, характеризующие их геометрическую точность, указаны в стандартах. Согласно ГОСТ 2424–83 изготавливают круги трех классов точности: АА, А и Б (таблица 2.1). На точность круга на фланцах существенное влияние оказывают отклонения диаметра посадочного отверстия, отклонения от параллельности торцовых поверхностей, их выпуклость или вогнутость, смещение оси отверстия от наружной поверхности, овальность и конусность наружной поверхности. Поэтому при посадке на фланцы, на оправку или непосредственно на шпиндель станка необходимо добиваться одинакового зазора между отверстием и посадочным местом.

Таблица 2.1 – Отклонения высоты шлифовальных кругов по ГОСТ 2424–83, мм

Номинальная высота круга, мм	Классы точности		
	АА	А	Б
До 3	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$
Свыше 3 до 6	$\pm 0,15$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
Свыше 6 до 10		$\pm 0,5$	$\pm 0,7$
Свыше 10 до 16	$\pm 0,2$	$\pm 0,7$	$\pm 1,0$
Свыше 16 до 40		$\pm 1,0$	$\pm 1,5$
Свыше 40 до 100	$\pm 0,25$	$\pm 1,2$	$\pm 2,0$
Свыше 100	$\pm 0,3$	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$

Приспособления, применяемые для закрепления кругов, должны обеспечивать центрированную посадку круга относительно оси вращения шпинделя станка. Это необходимо делать в целях уменьшения смещения центра тяжести круга относительно оси вращения, которое выявляется при балансировке круга.

При закреплении круга по всей ширине опорной поверхности фланцев ставятся прокладки толщиной 0,5–2 мм из эластичного материала (картон, резина или плотная бумага). Применение прокладок с обеих торцовых поверхностей необходимо для компенсации отклонений размеров и неровностей торцовых поверхностей.

Крепление шлифовального круга формы 1 (ПП) диаметром 250–500 мм на планшайбе показано на рисунке 2.2. Шлифовальный круг 1 предварительно насаживают на фланцы 2 и 3 и стягивают болтами 4. Прокладка 6, установленная с обеих сторон круга, позволяет равномерно стянуть фланцы болтами. Головки болтов могут иметь сквозные отверстия, через которые пропускают мягкую проволоку диаметром 2 мм, предохраняющую от самоотвинчивания их во время работы станка.

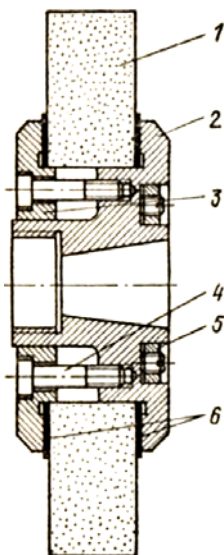


Рисунок 2.2 – Крепление шлифовального круга на планшайбе:
1 – абразивный круг; 2, 3 – фланцы; 4 – болт;
5 – балансировочный сухарь; 6 – прокладка

Сборку планшайбы производят заранее, балансируют сухариками 5 (рисунок 2.2) и устанавливают на конусную поверхность шпинделя станка, снабженного мелкой резьбой с направлением, обратным вращению шпинделя. Планшайбу на шпинделе станка закрепляют гайкой.

Наиболее распространенные варианты крепления шлифовальных кругов различной формы на оправке показаны на рисунке 2.3. Другие типовые схемы закрепления кругов разной формы приведены на рисунке 2.4. Например, возможно крепление круга на винте или на сменной оправке, ввинчиваемых в шпиндель (*а*); на фланцах непосредственно на торец шпинделя (*б*); на переходных фланцах винтами (*в*); винтом или гайкой (*г*); на переходных фланцах наклеиванием (*д*); *е* – сегментов, наклеиваемых на переходные фланцы.

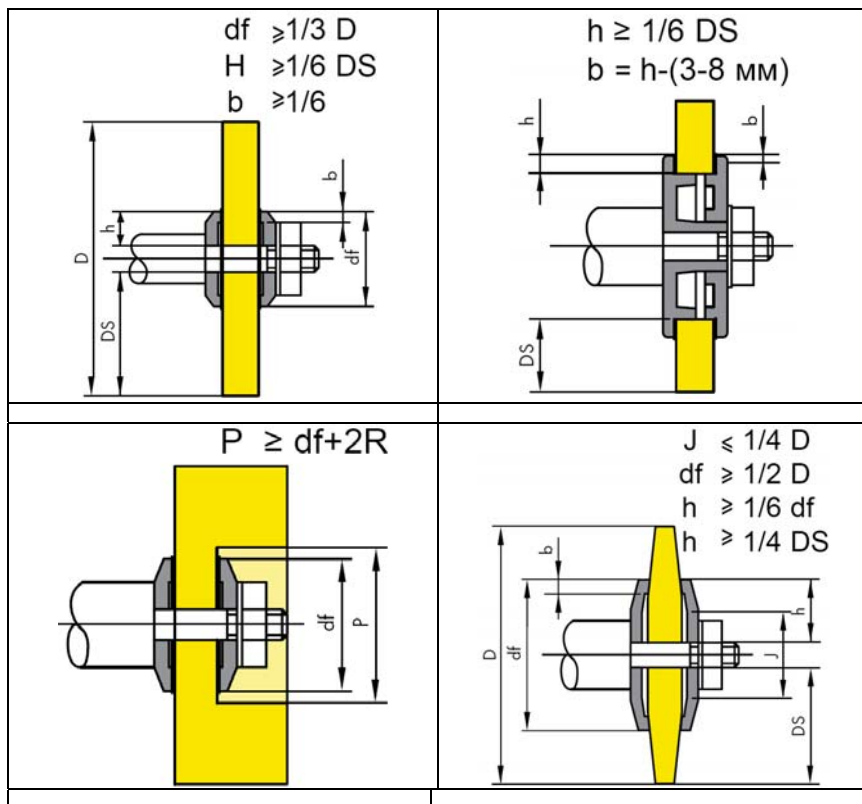


Рисунок 2.3 – Типовые схемы закрепления шлифовальных кругов

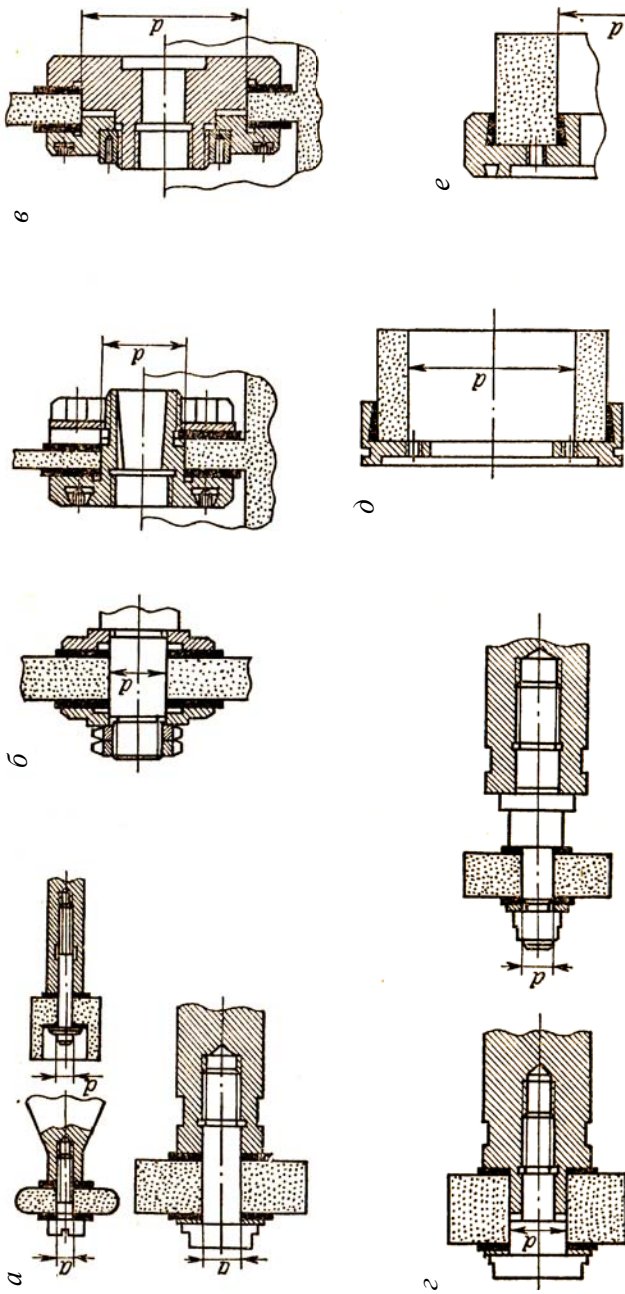


Рисунок 2.4 – Способы крепления абразивных кругов:

a – на винте или сменной оправке; *б* – на фланцах непосредственно на шпиндель;

в – на переходных фланцах винтами; *г* – винтом или гайкой; *д* – на переходных фланцах наклеиванием;

е – наклеиванием сегментов на переходные фланцы

Подготовка круга и выверка приспособления для балансировки

Перед балансировкой, правкой и установкой шлифовального круга для работы на станок необходимо его тщательно осмотреть и проверить:

- характеристики (маркировку) шлифовального круга;
- наличие в паспорте круга отметки о том, что на заводе-изготовителе он прошел испытание на прочность.

Кроме того, круги на керамической связке необходимо проверить на отсутствие трещин. Для этого их подвешивают и простукивают деревянным молоточком в четырех местах (рисунок 2.5). При этом круг без трещин должен издавать звонкий и чистый звук. Если после удара слышится глухой, нечистый звук, то шлифовальный круг поврежден и непригоден для использования.

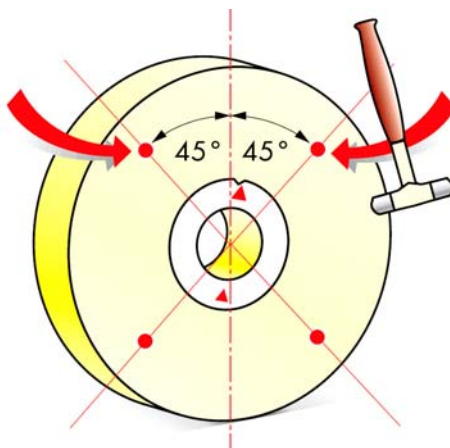


Рисунок 2.5 – Порядок проверки шлифовального круга

В целях уменьшения радиального биения шлифовального круга и расхода алмазов при первоначальной правке, смонтированный на оправке круг без балансировочных сухарей может быть обточен на токарном станке.

На рисунке 2.7 приведены схемы конструкций балансировочных приспособлений. Сущность балансировки заключается в следующем:

круг, закрепленный на планшайбе, устанавливают на специальную оправку (рисунок 2.6) и вместе с ней на две опоры балансировочного приспособления (рисунок 2.7). В качестве опор служат ножи (рисунок 2.7, а), цилиндрические валики (рисунок 2.7, б), диски (рисунок 2.7, в).

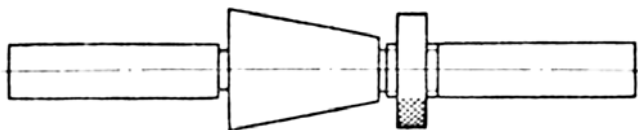


Рисунок 2.6 – Оправка для балансировки шлифовального круга

Корпус балансировочного приспособления представляет собой полукоробчатую форму с двумя продольными направляющими, на которых установлены закаленные стальные ножи (рисунок 2.7, а) или стальные цилиндрические валики (рисунок 2.7, б) одинакового диаметра. На приспособлении имеются уровни, расположенные перпендикулярно друг другу, что позволяет с помощью регулируемых опор выставить приспособление строго в горизонтальной плоскости. При настройке для балансирования шлифовальных кругов приспособление устанавливается на жестком столе фрезерного или сверлильного станка. Точность уравнивания, определяемая эксцентриситетом, для кругов среднего диаметра составляет 0,02–0,03 мм.

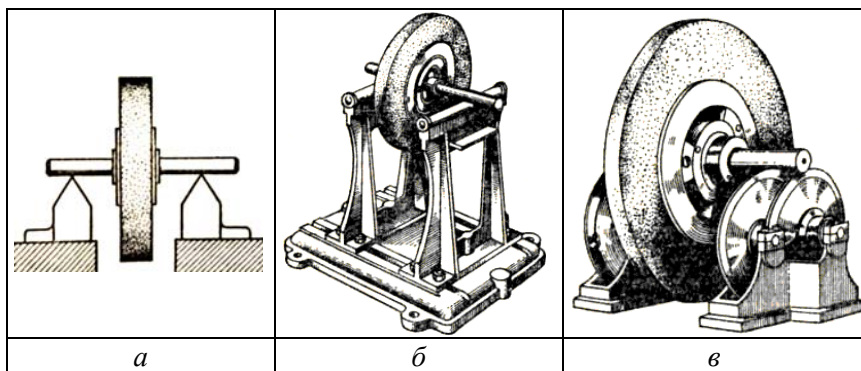


Рисунок 2.7 – Балансировочные приспособления

Другим распространенным устройством для балансировки является дисковый стенд (рисунок 2.7, в). Оправка размещается между дисками, установленными в подшипниках. Достигаемая величина эксцентриситета находится в диапазоне 0,015–0,02 мм.

Наивысшую точность (порядка 0,005 мм) обеспечивают балансировочные стенды на аэростатических подшипниках.

Методика балансировки шлифовальных кругов

Неуравновешенность круга возникает при несовпадении его центра тяжести с центром вращения шпинделя. Неуравновешенность шлифовального круга вместе с фланцами, на которых установлен и закреплен круг, устраняется статической балансировкой (совмещением центра тяжести круга с осью его вращения).

Балансировка ведется в следующей последовательности:

1) планшайбу с кругом на оправке устанавливают на балансировочное приспособление так, чтобы ось оправки была перпендикулярна к опорным поверхностям, а сам круг располагался симметрично между ними. Балансировочные сухарики 5 (см. рисунок 2.2), предназначенные для уравнивания круга, при этом должны быть в положении взаимного уравнивания (например, 120° между сухариками) или вынуты из паза планшайбы;

2) легким касанием руки заставляют круг вместе с оправкой поворачиваться вокруг оси. После остановки тяжелая часть круга займет нижнее положение;

3) отмечают мелом верхнюю, самую легкую часть круга и поворачивают его примерно на угол 90° то в одну, то в другую сторону. Если после каждого поворота круг будет останавливаться так, что меловая черта оказывается в одном и том же верхнем положении, то тяжелая часть круга, свидетельствующая о смещении центра тяжести, определена правильно;

4) смещают балансировочные сухарики к меловой черте части круга так, чтобы они симметрично располагались относительно меловой черты;

5) поворачивая круг на 90° в правую и левую стороны и сближая сухарики относительно меловой черты или, наоборот, раздвигая их, добиваются уравновешенности круга относительно опор приспособления. Уравновешенный круг при повороте его на угол 90° остается

неподвижным в этом положении. Статически уравновешенный круг при повороте его на опорах балансировочного приспособления должен оставаться в любом положении.

После статической балансировки круг вместе с рабочими фланцами устанавливают на станок и на 3–5 мин, при соблюдении правил техники безопасности, включают вращение шлифовального круга вхолостую и подвергают первой правке. В процессе правки удаляют слой абразивного материала с рабочей поверхности круга, благодаря чему она становится концентричной оси вращения шпинделя (круг приобретает правильную цилиндрическую форму).

Из-за неконцентричной установки круга на фланцы с рабочей поверхности круга снимается различный по толщине слой. В результате этого происходит разбалансировка системы «круг + планшайба», требующая повторной ее балансировки. В процессе шлифования также наблюдается разбалансировка системы из-за неравномерного износа круга, потери правильной геометрической формы, непараллельности торцов и по другим причинам.

Практика эксплуатации шлифовальных кругов показывает, что одним из решающих факторов, влияющих на их стойкость и определяющих качество обработки и производительность шлифования, является минимальная неуравновешенность круга. Поэтому многократную балансировку особенно важно проводить для кругов, выполняющих ответственные отделочные операции (6–7 квалитет точности, высокие показатели шероховатости обрабатываемой заготовки, жесткие допуски к погрешностям формы), а также для кругов большого диаметра.

Статическая балансировка кругов (особенно повторная) отнимает очень много времени, поэтому в современных шлифовальных станках применяют устройства для балансировки кругов непосредственно на станке. На рисунке 2.8 приведено устройство для автоматической балансировки с помощью трех шаров. Положение шаров 1 фиксируется плунжером 2 под действием пружины 3. При балансировке круга в полость 4 подается масло, и плунжер освобождает шары. Под действием центробежных сил шары перемещаются по желобу кольца и занимают положение, противоположное силе, вызывающей неуравновешенность системы. При достижении уравновешенности системы давление масла на плунжер в полости 4

снимается и шары 1 закрепляются пружиной 3. Время, необходимое для балансирования, не превышает 20 с.

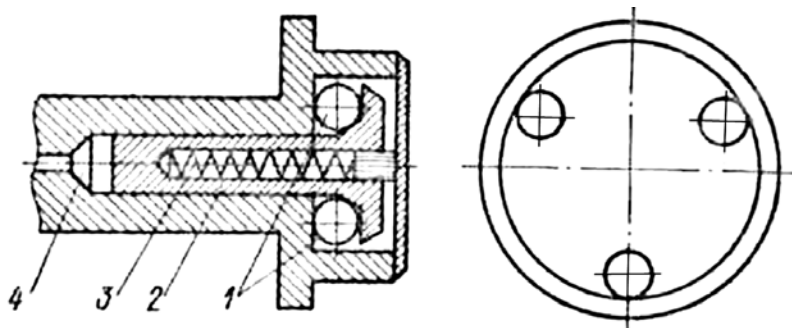


Рисунок 2.8 – Устройство для автоматической балансировки круга на станке

Контрольные вопросы

1. Какие основные причины неуравновешенности шлифовального круга?
2. К каким дефектам обрабатываемой поверхности приводит неуравновешенность шлифовального круга?
3. Каких классов точности изготавливаются шлифовальные круги?
4. Какие параметры влияют на точность круга?
5. Что является мерой статического дисбаланса шлифовального круга?
6. В чем цель балансировки шлифовального круга?
7. При какой высоте шлифовальных кругов обязательна динамическая балансировка?
8. Для каких диаметров шлифовальных кругов должна проводиться статическая балансировка?
9. Как соотносятся размеры посадочных мест абразивного круга с размерами посадочных мест на шпинделе или фланцах?
10. Какие Вы знаете способы крепления абразивных кругов на станке?
11. Опишите крепление шлифовального круга на планшайбе.
12. Какие проверки необходимо провести перед балансировкой круга на керамической основе?

13. Как выверяется приспособление для балансировки круга?
14. Какой порядок статической балансировки круга?
15. Зачем нужны сухарики при сборке шлифовального круга с планшайбой?
16. В каких случаях необходима повторная балансировка круга перед шлифованием?
17. Как устроено приспособление для автоматической балансировки круга на станке?

Литература

1. Круги шлифовальные. Технические условия. ГОСТ 2424–83.
2. Муцянко, В. И. Основы выбора шлифовальных кругов и подготовка их к эксплуатации / В. И. Муцянко. – Л.: Машиностроение, 1987. – 134 с.
3. Справочник шлифовщика / Л. М. Кожуро, А. А. Панов, Э. И. Ремизовский, П. С. Чистосердов. – Минск: Вышэйшая школа, 1981. – 287 с.

Лабораторная работа № 3

ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ НЕПРОФИЛИРОВАННЫМ КРУГОМ

Цель работы: ознакомление с методом профильного шлифования непрофилированным кругом на плоскошлифовальных станках повышенной точности.

Задачи: приобретение навыков самостоятельной работы при изучении процесса профильного шлифования; расчет и настройка приспособлений при профильном шлифовании деталей и проверка полученного профиля.

Оборудование, приспособления, инструменты и материалы, необходимые для выполнения работы

1. Плоскошлифовальный станок высокой точности 3Г71.
2. Шлифовальный круг, тип 1.
3. Угольник.
4. Заготовка для шлифования.
5. Синусное приспособление.
6. Лекальные тиски.
7. Дополнительная электромагнитная плита.
8. Концевые меры длины.
9. Штангенциркуль (величина отсчета 0,02 мм).
10. Угломер с нониусом.
11. Микrometer.
12. Индикатор многооборотный (цена деления 0,001 мм).
13. Инструментальный микроскоп.
14. Сравнительные образцы шероховатости поверхности.
15. Двойной микроскоп МИС-11.
16. Защитные очки.

Общие сведения

Абразивные материалы, краткая характеристика

При шлифовании применяют круги, изготовленные из зерен электрокорунда, карбида кремния, эльбора и алмаза.

Электрокорунд – это искусственный корунд (оксид алюминия Al_2O_3), который получается плавкой боксита или глинозема в электрической дуговой печи при температуре около 2000 °С. В нормальном электрокорунде содержится 93–95 % Al_2O_3 , в белом электрокорунде – 98–99 %. Хромотитанистый электрокорунд получают добавлением легирующих компонентов в виде оксидов хрома Cr_2O_3 (0,5–0,7 %) и титана TiO_2 (0,7–2 %); циркониевый электрокорунд – добавлением оксида циркония ZrO_2 (20–23 %); монокорунд получают без дробления в виде монокристаллов чистого Al_2O_3 .

Карбид кремния (SiC) получают в электрических печах сопротивления силицированием частиц углерода парами кремнистой кислоты при температуре 1500–2300 °С. Абразивная промышленность выпускает черный и зеленый карбид кремния; зеленый карбид кремния содержит меньше примесей.

Алмаз синтетический получают синтезом из графита при высоком давлении и температуре. Шлифовальные круги из алмазных зерен для плоского шлифования изготавливают сборными: наружную рабочую часть – из алмазоносного слоя, состоящего из зерен алмаза и наполнителя, скрепленных связкой, и внутреннюю (несущую) – из легкого металла или другого материала.

Основной характеристикой алмазных кругов является содержание алмаза в алмазоносном слое или концентрация алмаза. Так, 100 %-я концентрация означает, что в 1 см^3 алмазоносного слоя находится 4,4 карата (1 карат равен 0,2 г). Чаще всего применяют круги 50-, 75- и 100 %-й концентрации алмаза.

Алмазные круги значительно дороже кругов из электрокорунда и карбида кремния, но позволяют получить высокую точность обработки и качество шлифованных поверхностей. Это достигается значительно меньшим размерным износом алмазных кругов, меньшими силами резания и контактными температурами по сравнению с кругами из обычных абразивных материалов.

Эльбор – технический кубический нитрид бора – получают также синтезом при высоком давлении и температуре. Масса его измеряется в каратах. Круги из эльбора по конструкции аналогичны алмазным, то есть состоят из наружного эльбороносного слоя и несущей части. Эльбор обладает твердостью почти такой же, как у алмаза, но значительно превосходит его по теплостойкости. Небольшие силы

резания и контактная температура, большая стойкость кругов позволяют получить требуемую точность и качество обработки.

Зернистость абразивных материалов. Абразивные зерна разного размера (различной зернистости) для изготовления шлифовальных кругов получают дроблением и последующим рассевом с помощью сит или другими способами. Размеры абразивных зерен характеризует зернистость. По ГОСТ 3647–80 все абразивные материалы разделены на четыре группы: шлифзерно с размерами 160–2000 мкм; шлифпорошки с размерами 40–125 мкм; микропорошки с размерами 14–63 мкм и тонкие микропорошки с размерами 5–10 мкм. Шлифовальные круги изготавливают, как правило, из шлифзерна и шлифпорошков, для которых номер зернистости соответствует 0,1 размера зерен основной фракции. Например, зернистость 40 соответствует размеру зерен 400 мкм. Эксплуатационные показатели шлифовального круга зависят не только от номера зернистости, но и от процентного содержания основной фракции в данном номере зернистости, от ее однородности. В зависимости от процентного содержания основной фракции к номеру зернистости добавляют буквенный индекс В, П, Н, Д (высокое, повышенное, нормальное, допустимое содержание основной фракции соответственно).

Твердость кругов. Способность связки удерживать абразивные зерна, не разрушаться под действием внешней нагрузки есть твердость. Понятие твердости кругов отличается от понятия твердости металла и других твердых тел. Из самых твердых зерен абразивного материала можно изготовить мягкий круг и наоборот. Получение круга заданной твердости достигается определенным соотношением объема зерна и связки, давлением при прессовании, режимом термической обработки и другими технологическими особенностями. Обозначение твердости кругов: мягкие (М1, М2, М3), среднемягкие (СМ1, СМ2), средние (С1, С2), среднетвердые (СТ1, СТ2, СТ3), твердые (Т1, Т2), весьма твердые (ВТ1, ВТ2), чрезвычайно твердые (ЧТ1, ЧТ2).

Структура шлифовальных кругов. Соотношение объемов зерна, связки и пор характеризует структуру круга. Круги изготавливают с заранее заданной структурой. Каждая структура имеет свой номер от 1 до 12, и чем выше номер структуры, тем больше связки и меньше зерен в круге. Изменение объемной концентрации абразивного материала на 2 % примерно соответствует переходу от одного но-

мера структуры к другому. Структуры 1–4 называют закрытыми, 5–8 – средними, 9–12 – открытыми.

Существуют круги на керамической связке, пористость которых больше пористости кругов с открытой структурой (высокопористые). Эта пористость создается путем добавления в абразивную массу выгорающих наполнителей (пластмассовые шарики, древесный уголь и т. п.), которые при обжиге круга сгорают, в результате чего образуются крупные поры (до 2–3 мм). Такие круги легче обычных, имеют более высокую режущую способность, обеспечивают более низкую контактную температуру шлифования, на их рабочей поверхности больше места для размещения стружек, но кромкоустойчивость этих кругов ниже, чем обычных.

Связка шлифовальных кругов. Абразивные инструменты изготавливают на неорганических (керамических), органических (бакелитовых, вулканитовых, глифталевых) и металлических (алмазные круги) связках. Наиболее распространенными являются керамические связки – больше половины инструментов изготавливают на этой связке, около 40 % инструментов – на бакелитовой и около 5 % – на вулканитовой связках.

Керамические связки (обозначение – К) обладают высокой прочностью (особенно в соединениях с электрокорундами), химической стойкостью, огнеупорностью (температура обжига 1220–1280 °С), водостойкостью и хрупкостью. Круги на керамических связках наиболее пористые, легко шлифуют металл, устойчивы против действия смазочно-охлаждающих жидкостей. Из-за хрупкости эти связки не применяют на операциях обдирочного шлифования и при ударных нагрузках (прерывистое шлифование).

Круги на бакелитовой связке (Б) более прочные (особенно на сжатие), плотные и упругие, чем круги на керамической связке, но обладают малой теплостойкостью (не более 180–200 °С). Бакелитовая связка недостаточно устойчива против действия охлаждающих жидкостей, особенно если они содержат щелочные растворы. Круги на бакелитовой связке применяют на операциях обдирочного шлифования, в условиях ударной нагрузки, а также на ряде операций отделочного шлифования.

Вулканитовые связки (В) состоят в основном из синтетического каучука и применяются при изготовлении кругов из электрокорунда и карбида кремния. Круги на этой связке еще более упругие, элас-

тичные и плотные, теплостойкость кругов не превышает 150–180 °С. Вулканитовая связка слабее удерживает зерна, поэтому при шлифовании абразивные зерна утапливаются в связку, чем обеспечивается меньшая и более однородная шероховатость шлифованной поверхности; полирующее действие самой связки также способствует уменьшению высоты шероховатости. Круги на вулканитовой связке применяют главным образом на операциях отделочного шлифования и полирования, на операциях отрезки и прорезки.

Круги на глифталевой связке (ГФ) менее прочны, чем на бакелитовой, но более водостойки и упруги. Применяются при доводочной и полировальной обработке закаленных сталей.

Маркировка шлифовальных кругов

На одной из сторон шлифовального круга водостойкой краской наносят условное обозначение, называемое маркировкой круга. Для инструментов диаметром менее 40 мм характеристика наносится на этикетке, наклеиваемой на коробку. Примеры маркировки кругов:

КАЗ 1 250 × 20 × 127 24А 40Н С2 5 К1 35м/с 2 кл. А,

где КАЗ – Косулинский абразивный завод;

1 – форма круга (плоский прямого профиля);

250 × 20 × 127 – размеры круга (диаметр круга D × высоту H × диаметр отверстия d);

24А – абразивный материал (электрокорунд, белый);

40Н – номер и индекс зернистости (40 – размер зерен в сотых долях, мм, Н – определяет содержание основной (40) фракции абразивных зерен 40–45 %);

С2 – степень твердости (средняя вторая);

5 – номер структуры (плотная);

К1 – вид связки (керамическая первая);

35 м/с – рабочая окружная скорость, м/с;

2 – класс дисбаланса (неуравновешенности);

А – класс точности.

ТЗАИ 1А1 300 × 40 × 76 × 5 АСР100/80 100 Б156 2003,

где ТЗАИ – Томилинский завод алмазного инструмента;

1А1 – форма круга (плоский прямого профиля);

300 × 40 × 76 × 5 – размеры круга ($D \times H \times d \times b$); b – толщина алмазоносного кольца);

АСР – характеристика алмазных зерен (алмаз синтетический повышенной прочности);

100/80 – зернистость (наибольший/наименьший размеры зерен основной фракции в мкм);

100 – концентрация алмазов (0,878 мг алмазного порошка в 1 мм^3 алмазоносного слоя);

Б156 – связка (бакелитовая);

2003 – год изготовления.

И 1А1 200 × 10 × 32 × 3 ЛО 12 С2 7К 150 50м/с 2004,

где И – Ленинградский абразивный завод «Ильич»;

1А1 – форма круга (плоский прямого профиля);

200 × 10 × 32 × 3 – размеры круга ($D \times H \times d \times b$);

ЛО – порошок эльбора марки ЛО;

12 – зернистость (размер зерен основной фракции в сотых долях, мм);

С2 – твердость (средняя вторая);

7 – номер структуры (средняя);

К – связка (керамическая);

150 – концентрация эльбора в эльбороносном слое (1,317 мг эльборового порошка в 1 мм^3 эльбороносного слоя);

50 м/с – рабочая окружная скорость, м/с;

2004 – год изготовления.

Выбор абразивного инструмента

Форма и размер инструмента. Форму и размер абразивного инструмента определяют в зависимости от конструкции и назначения станка, его размеров, конструкции крепежного приспособления, формы и размеров обрабатываемых заготовок, а также площади контакта инструмента с обрабатываемыми поверхностями деталей.

Наиболее просты по форме и универсальны по применению круги типа 1, которые используют для круглого шлифования и заточки инструментов. Тонкие круги-диски типа Д применяют для прорезных работ, шлифования пазов и отрезки материалов.

Круги с выточками (типов ПВ, ПВК, ПВДК, ПВД) представляют собой разновидность кругов типа 1. Выточки предназначены для более прочного крепления во фланцах и лучшего доступа круга к шлифуемому месту. Конические выточки у кругов типов ПВК и ПВДК помогают также уменьшить площадь соприкосновения боковой поверхности круга с буртиками и фланцами заготовок, обрабатываемых на круглошлифовальном станке. Если в уменьшении площади соприкосновения нет необходимости, то для тех же работ применяют круги типов ПВ и ПВД.

Круги типов 2П и 4П используют главным образом для заточки многолезцовых инструментов: пил, для шлифования фрез, зубьев шестерен.

Круги типа ЧЦ используют при заточке инструментов, при плоском шлифовании, иногда – при обработке отверстий, особенно несквозных. В последнем случае применяют круги с более толстыми стенками.

Круги типа ЧК рекомендуется использовать для заточки инструментов и плоского шлифования, например направляющих станин станков, когда из-за резкого ограничения свободного пространства над обрабатываемой поверхностью нельзя использовать инструменты других форм.

Круги-тарелки типов 1Т–4Т применяют в случае еще более резкого ограничения свободного пространства вокруг шлифуемой поверхности. Для заточки и доводки передних поверхностей инструментов, например зубьев фрез, лучше использовать круги типа 1Т, для заточки червячных фрез – круги типа 2Т, для обработки зубьев долбяков и зубьев шестерен – круги типа 3Т.

Шлифовальные головки сначала крепят на металлической оправке с помощью клеящего вещества, а затем – в патроне, получающем вращение от гибкого вала. С их помощью выполняются операции обработки штампов матриц, пресс-форм, зачистки отливок, сварных конструкций. Головки типа ГЦ применяют для внутреннего шлифования.

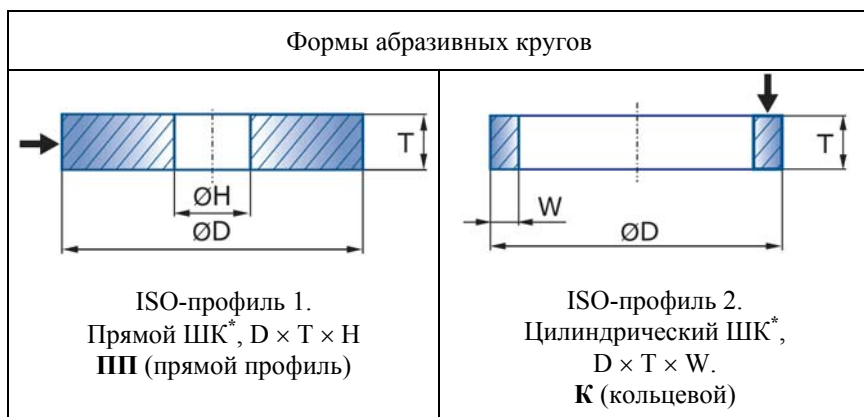
При обработке отверстий диаметр круга d выбирают в зависимости от диаметра отверстия D : $d = (0,5..0,9) \times D$. Такое соотношение позволяет применять круги оптимальных размеров и создать наиболее рациональный режим шлифования. Ориентировочный размер кругов при обработке отверстий разных диаметров (мм) приведен ниже:

D	10	20	30	40	50	100	150	300	600
d	9	19	28	35	40	80	110	250–200	300–250

Рекомендуется использовать возможно большие по диаметру и высоте круги. Применение их позволяет работать на жестких режимах, при этом стойкость кругов между правками возрастает пропорционально их диаметру и высоте. Однако отсутствие достаточного места для размещения более крупных кругов, недостаточная мощность и жесткость станка, форма обрабатываемой детали могут ограничивать размеры круга.

Форму и размеры инструментов из алмазов и эльбора регламентируют ГОСТ 24747–81 и соответствующие ТУ на их изготовление.

Таблица 3.1 – Обозначение абразивных кругов по ISO 525 и по ГОСТ 2424 (символ \rightarrow показывает основную рабочую поверхность)



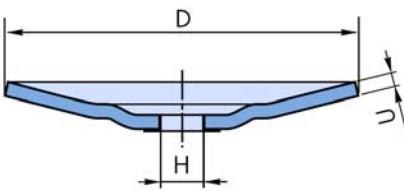
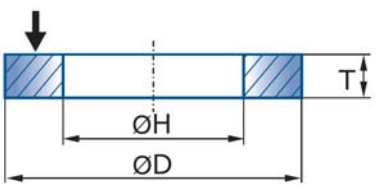
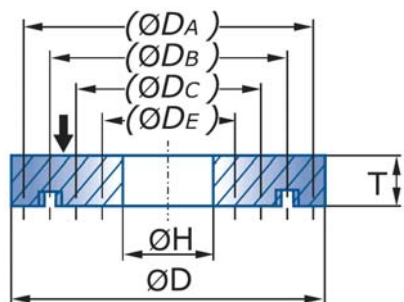
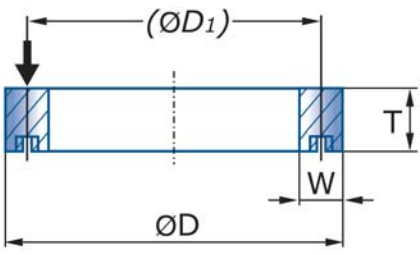
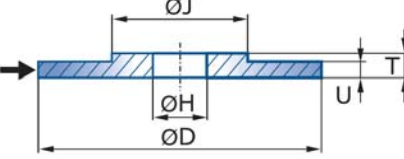
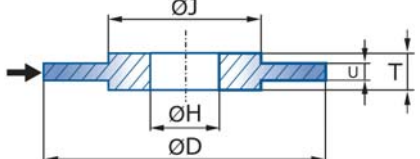
Продолжение таблицы 3.1

Формы абразивных кругов	
<p>ISO-профиль 3. ШК* с односторонним конусом, $D/J \times T \times H$. 3П (с коническим профилем)</p>	<p>ISO-профиль 4. Двухсторонний конический ШК*, $D \times T \times H$. 2П (двухсторонний конический профиль)</p>
<p>ISO-профиль 5. ШК* с односторонней канавкой, $D \times T \times H - P \times F$. ПВ (с выточкой)</p>	<p>ISO-профиль 6 Цилиндрический чашечный ШК*, $D \times T \times H - W \times E$. ЧЦ (чашечный цилиндрический)</p>
<p>ISO-профиль 7. ШК* с двухсторонней канавкой, $D \times T \times H - P \times F/G$. ПВД (с двухсторонней выточкой)</p>	<p>ISO-профиль 9. Цилиндрический двухсторонний чашечный ШК*, $D \times T \times H - W \times E$</p>

Формы абразивных кругов	
<p>ISO-профиль 11. Конический чашечный ШК*, $D/J \times T \times H - W \times E$. ЧК (чашечный конический)</p>	<p>ISO-профиль 12. Тарельчатый ШК*, $D/J \times T \times H$. T (тарельчатый)</p>
<p>ISO-профиль 13. Тарельчатый ШК*, $D/J \times T/U \times H - K$</p>	<p>ISO-профиль 20. ШК* с односторонней конической вогнутостью, $D/K \times T/N \times H$. ПВК (с конической выточкой)</p>
<p>ISO-профиль 21. ШК* с двухсторонней конической вогнутостью, $D/K \times T/N \times H$</p>	<p>ISO-профиль 22. ШК* с односторонней конической вогнутостью и противоположной канавкой, $D/K \times T/N \times H - P \times F$</p>

Формы абразивных кругов	
<p>ISO-профиль 23. ШК* с односторонней конической вогнутостью и канавкой, $D \times T/N \times H - P \times F$</p>	<p>ISO-профиль 24. ШК* с двухсторонней канавкой и односторонней конической вогнутостью, $D \times T/N \times H - P/P_1 \times F/G$</p>
<p>ISO-профиль 25. ШК* с двухсторонней конической вогнутостью и односторонней канавкой, $D/K \times T/N \times H - P \times F$</p>	<p>ISO-профиль 25. ШК* с двухсторонней конической вогнутостью и двухсторонней канавкой, $D \times T/N \times H - P/P_1 \times F/G$. ПВДК (с двухсторонней конической выточкой)</p>
<p>ISO-профиль 27</p>	<p>ISO-профиль 28</p>

Окончание таблицы 3.1

Формы абразивных кругов	
 <p>ISO-профиль 29</p>	 <p>ISO-профиль 35. ШК* с приклеенным или зажатым несущим диском, $D \times T \times H$</p>
 <p>ISO-профиль 36. ШК* с несущим диском, зжатым болтами, $D \times T \times H$ – резьбовые вкладыши</p>	 <p>ISO-профиль 37. Цилиндрический чашечный ШК* с несущим диском на болтах, $D \times T \times W$ – резьбовые вкладыши</p>
 <p>ISO-профиль 38. Обжатый ШК*, $D/G \times T/U \times H$</p>	 <p>ISO-профиль 39. Дважды обжатый ШК*, $D/G \times T/U \times H$</p>
* ШК – шлифовальный круг.	

Абразивный материал и его марка. Абразивные инструменты из алмаза, имеющие высокую абразивную способность при обработке, применяют при следующих операциях:

- шлифовании и доводке хрупких и высокотвердых материалов и сплавов (твердых сплавов, чугунов, керамики, стекла, германия, кремния);

- чистовом шлифовании, заточке и доводке твердосплавных режущих инструментов;

- чистовом и окончательном шлифовании и хонинговании заготовок автотракторного производства;

- размерном профильном шлифовании в автоматическом цикле заготовок из твердых сплавов и высокопрочного чугуна, когда требуется высокая стойкость инструмента по профилю и режущей способности.

Абразивные инструменты из эльбора применяют при следующих операциях:

- шлифовании и доводке труднообрабатываемых сталей и сплавов;

- чистовом шлифовании, заточке и доводке инструментов из быстрорежущих сталей;

- чистовом и окончательном шлифовании прецизионных заготовок из жаропрочных, коррозионно-стойких 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 профильном шлифовании стальных заготовок в автоматическом цикле, когда требуется высокая стойкость инструмента по профилю и режущей способности.

Инструменты из электрокорунда используют при обработке материалов с высоким сопротивлением разрыву (стали, ковкого чугуна, железа, латуни, бронзы). Абразивные инструменты из электрокорунда белого применяют при обработке:

- закаленных деталей из углеродистых, быстрорежущих и коррозионно-стойких сталей, хромированных и нитрированных поверхностей;

- тонкостенных деталей и инструментов, когда отвод теплоты, образующейся при шлифовании, затруднен (штампы, зубья шесте-

рен, резьбовой инструмент, тонкие ножи и лезвия, стальные резцы, сверла, деревообрабатывающие ножи и т. п.);

– деталей (плоское, внутреннее и профильное шлифование) с большой площадью контакта между кругом и обрабатываемой поверхностью, сопровождающейся обильным теплообразованием;

– при отделочном шлифовании, хонинговании и суперфинишировании.

Электрокорунд не применяется при шлифовании серого чугуна.

Для шлифования заготовок из цементированных, закаленных, азотированных и высоколегированных сталей с низкой теплопроводностью и теплоемкостью рекомендуется применять абразивные инструменты из монокорунда. Эти инструменты благодаря скалыванию мельчайших частиц зерен в процессе резания интенсивно самозатачиваются и обладают высокой режущей способностью. За счет сохранения остроты режущих кромок снижается потребляемая на резание мощность и, соответственно, нагрев обрабатываемой детали. Преимущества абразивных инструментов из монокорунда проявляются в большей степени на операциях получистового и чистового шлифования, заточки режущих инструментов, шлифования точных и длинных резьб, зубо- и шлицешлифования, шлифования колец подшипников.

Карбид бора используют исключительно в виде паст и свободно-го зерна для доводки, притирки и отделки режущих поверхностей инструментов. Широко применяют при доводке фильер, калибровочных колец из твердых сплавов, шлифовании камней (подшипников) из искусственного рубина, доводке подпятников к специальным измерительным приборам.

Инструменты из карбида кремния применяют для обработки материалов с низким сопротивлением разрыву, высокой твердостью и хрупкостью (твердых сплавов, чугуна, гранита, фарфора, кремния, стекла, керамики), а также очень вязких материалов (жаропрочных сталей и сплавов, меди, алюминия, резины).

Зернистость абразивного материала выбирают в зависимости от следующих факторов (таблица 3.2):

– количества снимаемого при обработке материала;

– требуемой шероховатости и точности обработки поверхности;

– физических свойств обрабатываемого материала;

– требуемой в автоматическом цикле шлифования стойкости кругов между правками.

С уменьшением размера абразивных зерен повышается их режущая способность за счет возрастания числа зерен на единицу рабочей поверхности, уменьшения радиусов округления зерен, меньшего износа отдельных зерен. Однако уменьшение размера зерен приводит к значительному уменьшению пор круга, что вызывает необходимость снижения глубины шлифования и припуска, снимаемого на операции. Чем мельче абразивные зерна в инструменте, тем меньше в единицу времени снимают материала с обрабатываемой заготовки. Мелкозернистые инструменты обладают меньшей способностью к самозатачиванию по сравнению с инструментом более крупной зернистости, в результате чего быстрее притупляются и засаливаются.

Таблица 3.2 – Области применения абразивных инструментов различной зернистости

Зернистость инструментов		Область применения
абразивных	алмазных	
1	2	3
M40-M5	40/28–5/3	Для доводки особо точных деталей. Окончательная доводка деталей с точностью 3–5 мкм и менее и параметром шероховатости $Ra = 0,16–0,02$ мкм. Суперфиниширование, окончательное хонингование. Резьбошлифование с мелким шагом
8; 6	63/50–50/40	Чистое и тонкое шлифование деталей из твердых сплавов, металлов, стекла и других неметаллических материалов. Доводка режущего инструмента. Резьбошлифование с мелким шагом резьбы. Чистовое хонингование
12; 10	125/100–80/63	Отделочное шлифование деталей с параметром шероховатости $Ra = 0,63–0,16$ мкм. Чистовое алмазное шлифование, заточка режущих инструментов. Предварительное хонингование
25; 20; 16	200/160–125/100	Чистовое шлифование деталей, заточка режущих инструментов, предварительное алмазное шлифование, профильное шлифование с параметром шероховатости $Ra = 1,25–0,16$ мкм. Шлифование хрупких материалов

Окончание таблицы 3.2

1	2	3
40; 32	315/250– 250/200	Предварительное и чистовое шлифование деталей с параметром шероховатости поверхности $Ra = 2,5-0,32$ мкм. Шлифование хрупких материалов
50; 63	–	Предварительное круглое наружное, внутреннее, бесцентровое и плоское шлифование с параметром шероховатости поверхности $Ra = 2,5-0,63$ мкм. Отделка металлов и неметаллических материалов. Шлифование вязких материалов. Заточка крупных и средних резцов. Отрезка. Правка инструмента
125; 100; 80	–	Правка шлифовальных кругов. Ручное обдирочное шлифование заготовок после литья,ковки, штамповки, прокатки и сварки

Степень твердости 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 формы. В процессе обработки появляется вибрация, необходима более частая правка круга. Таким образом, в обоих случаях снижается интенсивность съема материала, повышается шероховатость поверхности обрабатываемого изделия. Твердость абразивного инструмента имеет оптимальное значение, когда она соответствует режиму и другим условиям шлифования. В остальных случаях как повышение, так и понижение степени твердости вызывает снижение периода стойкости круга между правками.

При выборе твердости круга необходимо руководствоваться следующими положениями:

1. Твердые материалы скорее истирают абразивные зерна, затупляют их. Удаление затупившихся зерен быстрее происходит в сравнительно мягких кругах. Поэтому для обработки твердых материалов следует применять абразивные инструменты низкой степени твердости, а для обработки материалов невысокой твердости – более твердые. Исключения составляют медь, алюминий, свинец, коррозионно-стойкие и жаропрочные стали, которые шлифуют мягким по твердости инструментом. При обработке вязких материалов отходы шлифования заполняют поры круга и он становится из-за этого не пригодным для работы. Необходима правка круга, хотя абразивные зерна в этом случае могут быть еще очень острыми.

2. Для предварительных операций используют более твердые инструменты, чем для чистовых.

3. При шлифовании всухую следует использовать более мягкие круги, чем при работе с охлаждением.

4. При шлифовании неровных, прерывистых поверхностей применяют более твердые инструменты, чем при шлифовании ровных поверхностей без разрывов.

5. На автоматических станках виброустойчивых и жестких конструкций со спокойным ходом шпинделя применяют более мягкие круги, чем на станках с ручными подачами.

6. Мелкозернистые инструменты должны быть относительно меньшей твердости, а крупнозернистые – большей.

7. При заточке лезвий закаленных инструментов, шлифовании и заточке пластинок из твердых сплавов, при обработке поверхностей изделий, плохо отводящих теплоту, тонких с отверстиями (типа труб) и т. п. применяют мягкие шлифовальные круги.

8. При одинаковых условиях шлифования абразивные инструменты на бакелитовой связке должны быть на две степени тверже инструментов на керамической связке.

9. Мягкие круги экономичнее твердых, так как реже их правят, и они позволяют вести обработку с более интенсивными режимами. Однако твердость их не должна быть столь низкой, чтобы они быстро изнашивались и теряли форму.

Чаще всего круги разной твердости используются для следующих задач. Мягкие и среднемягкие круги М2-СМ2 – для плоского шлифования торцом круга (на бакелитовой связке), периферией круга (на керамической связке), для шлифования заготовок и заточ-

ки инструментов из твердых сплавов, минералокерамики и закаленных углеродистых и легированных сталей, для шлифования цветных металлов и сплавов.

Среднемягкие и средние круги СМ2-С2 – для чистового (круглого, бесцентрового, внутреннего плоского периферией круга) шлифования заготовок из закаленных сталей; для шлифования резьбы с крупным шагом.

Средние и среднетвердые круги С2-СТ2 – для шлифования (круглого бесцентрового, профильного, резьбошлифования) заготовок из незакаленных углеродистых и легированных сталей и сплавов, чугуна и других вязких металлов и материалов; для плоского шлифования сегментами, хонингования брусками.

Среднетвердые и твердые круги СТ2-Т2 – для обдирочного и предварительного шлифования, для шлифования профильных и прерывистых поверхностей, заготовок малого диаметра; для снятия заусенцев бесцентрового шлифования, хонингования закаленных сталей.

Весьма твердые и чрезвычайно твердые круги ВТ-ЧТ – для правки шлифовальных кругов методом обкатки и шлифования, шлифования деталей приборов с малым съемом материала (часовые механизмы), шлифования шариков для подшипников.

Чем тверже обрабатываемый металл, тем мягче должен быть круг. Открытые плоскости шлифуют более мягкими кругами, а если требуется выдержать острую кромку, то выбирают круг большей твердости. Мягкие круги обладают более высокой режущей способностью, шлифуют без прижогов, но быстро изнашиваются и теряют первоначальную форму. Изменение твердости круга даже на одну степень может привести к резкому изменению его работы и ухудшению показателей процесса шлифования, поэтому при освоении новой операции следует тщательно подбирать необходимую твердость круга.

Структура абразивного инструмента. Критерии выбора (таблица 3.3):

– мягкие материалы с небольшим сопротивлением разрыву обрабатываются кругами открытых структур, твердые с мелкозернистым строением и хрупкие материалы – кругами закрытых структур;

– 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.

Таблица 3.3 – Области применения инструментов с разными номерами структур

№ структуры	Область применения
1–3	Шлифование деталей с малым съемом материала кругами на бакелитовой и керамической связках
3–4	Шлифование с большими подачами и переменной нагрузкой. Профильное шлифование. Шлифование твердых и хрупких материалов. Отрезка
5–6	Круглое наружное шлифование, бесцентровое шлифование, плоское шлифование периферией круга и заточка инструмента
7–8	Шлифование вязких металлов с низким сопротивлением разрыву. Внутреннее шлифование, заточка инструментов, плоское шлифование торцом круга
9–12	Скоростное шлифование. Профильное шлифование мелкозернистыми кругами. Шлифование резьбы. Шлифование с уменьшенным тепловыделением в зоне резания
12–16	Шлифование неметаллических материалов, металлов с низкой теплопроводностью (устранение прижогов и трещин)

Разновидность связки. Связка абразивного инструмента в значительной степени обуславливает интенсивность съема материала, качество обработки, износ инструмента и, соответственно, экономичность операции.

При выборе связки абразивного инструмента исходят из следующих данных: характера операции, кинематики резания, условий работы инструмента.

Необходимо помнить, что связка абразивного инструмента не участвует в резании и удалении припуска, но существенно влияет на состояние рабочей поверхности инструмента и работу абразивных зерен. В настоящее время наибольшее применение получили инструменты на керамической и бакелитовой связках (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Выбор связки абразивных инструментов в зависимости от метода и вида обработки

Связка	Применение
Керамическая	Все методы и виды шлифования, кроме обдирки на подвесных станках, разрезки и прорезки узких пазов, плоского шлифования сегментными кругами и шлифования желобов 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 инструментами, хонингование и резбошлифование кругами на специальной связке 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 профильного шлифования, бесцентровое шлифование (ведущие круги), отделочное шлифование и полирование гибкими кругами

Для грубых обдирочных работ рекомендуются круги на бакелитовой связке, для чистовых операций – на различных связках. Обычно круги на бакелитовой и вулканитовой связках обеспечивают меньшую шероховатость поверхности. На плоскошлифовальных станках, работающих торцом круга, и при обработке прерывистых поверхностей, то есть в условиях ударной нагрузки, необходимо применять сегменты или кольца на бакелитовой связке.

Для увеличения производительности обдирочные операции следует вести на режимах скоростного силового шлифования кругами на бакелитовой связке. При обработке тонких изделий, лезвий режущих инструментов и других деталей, где опасен прижог, также применяют круги на бакелитовой связке. Инструменты из эльбора серийно выпускают на керамической и органической связках, отдельные партии кругов изготавливают на металлических связках. Круги на керамической связке отличаются прочным закреплением

эльбора в абразивном слое, высокой стойкостью профиля; круги на органической связке более эластичны, обладают высокими режущими свойствами, интенсивно самозатачиваются, позволяют осуществлять бесприжоговое шлифование на повышенных режимах, имеют по сравнению с кругами на керамической связке более высокий удельный расход эльбора.

Инструменты из алмазов серийно изготавливают на органической и металлической связках. Ведутся работы по производству алмазных кругов на керамической связке. При шлифовании и доводке алмазными кругами на бакелитовой связке в зоне резания выделяется меньше теплоты; 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.

Класс точности инструмента. В соответствии с техническими требованиями, шлифовальные круги (ГОСТ 2424–83) и головки шлифовальные (ГОСТ 2447–82) изготавливают трех классов точности: АА, А и Б. Каждый класс точности характеризуется предельными отклонениями наружных, внутренних и торцовых поверхностей, их взаимного расположения, зерновым составом, наличием сколов, трещин и раковин. Наибольшее влияние на процесс шлифования, качество обрабатываемой поверхности, износ и стойкость инструмента между правками имеет зерновой состав абразивных материалов, непараллельность, вогнутость и выпуклость торцовых поверхностей, степень отклонения твердости и неуравновешенность массы в шлифовальном круге. Остальные отклонения, предусмотренные в указанных стандартах, при правильной балансировке и правке кругов существенного влияния на процесс шлифования не оказывают.

Класс неуравновешенности. Неуравновешенность шлифовальных кругов является одной из основных причин, вызывающих вибрации при шлифовании, снижение стойкости шлифовальных кругов между правками, производительности операций обработки и качества обработанной поверхности, ограничение скорости шлифовального круга. Поэтому уравновешенность кругов – один из важнейших показателей качества шлифовальных кругов. Особенно большое значение приобретает этот показатель в связи с возможностью увеличения производительности труда при повышенных скоростях

шлифовального круга, используемых при скоростном и высокоскоростном шлифовании.

Принято различать: неуравновешенность шлифовальных кругов в состоянии поставки, контролируруемую на заводах-изготовителях абразивного инструмента; установочную неуравновешенность, с которой шлифовальный круг, отбалансированный в сборе с планшайбой, начинает процесс шлифования; эксплуатационную неуравновешенность, наблюдаемую в процессе шлифования.

Согласно ГОСТ 3060–75 заводами-изготовителями выпускаются шлифовальные круги четырех классов неуравновешенности массы: 1, 2, 3 и 4.

Круги класса точности «АА» должны иметь наименьшую неуравновешенность первого класса, круги класса точности «А» могут иметь неуравновешенность 1 и 2 классов, класса точности «Б» – 1, 2 и 3 классов неуравновешенности.

При эксплуатации шлифовальные круги монтируют на планшайбе; с помощью сухариков в кольцевой канавке планшайбы их балансируют до уравновешенного состояния и устанавливают на шпинделе шлифовального станка. Вследствие эксцентричного расположения рабочей поверхности (периферии) круга относительно оси вращения шпинделя, из-за зазора в сопряжении посадочного отверстия круга и поверхности планшайбы, а также допустимого при изготовлении смещения оси отверстия от 0,1 до 0,5 мм по отношению к периферии, круг после правки становится неуравновешенным. Поэтому для устранения возникшей после правки неуравновешенности круг необходимо вторично отбалансировать и только после этого он может нормально работать.

Конкретные рекомендации по применению кругов в зависимости от материала инструмента и вида работ сведены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Выбор характеристик шлифовальных кругов

Материал детали	Вид операции	Материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Твердый сплав	Заточка предварительная	63С, 64С	25–40	СМ1–СМ2 СМ2–С2	5–8	К2, К3 Б, Б2
		63С, 65С 63С, 64С	16–25	М3–СМ1 СМ1–СМ2	5–6	К2, К3 Б, Б2
	Заточка окончательная	АСР, АСВ	125/100–100/80	–	100 %	М1, ТМ2, Б156
		АС0, АСР 64С, 63С	100/80–50/40 5–8	– СМ2–С1	50–100 %	Б1, Б156 Б, Б2, Б1
Быстрорежущая сталь	Заточка предварительная	25А, 24А, 23А 43А, 44А, 45А	25–40	СМ2–С1 М3–СМ1	5–8	К1, К5, К8 К5
		25А, 24А, 23А	16–25	СМ1–СМ2	5–6	К1, К5
	Заточка окончательная	ЛЮ	10–16	–	100 %	Б1, Б156
		ЛЮ 64С, 63С	5–8 5–6	– СМ2–С1	–	КБ, Б1 Б, Б1
Инструментальная углеродистая сталь	Заточка предварительная	25А, 24А, 23А 43А, 44А, 45А	25–40	СМ2–С1 М3–СМ1	5–6	К1, К5, К8 К5
		25А, 24А, 23А	16–25	СМ1–СМ2		
	Заточка окончательная	ЛЮ	10–16	–		
Сталь конструкционная	Заточка по задней поверхности	15А	40–50	С1–С2	5–6	К1, К8

Оборудование и оснастка, применяемые при профильном шлифовании

Профильное шлифование осуществляется на плоскошлифовальных станках повышенной точности непрофилированным кругом при помощи специальных приспособлений, обеспечивающих соответствующее перемещение заготовки относительно круга в процессе шлифования. К плоскошлифовальным станкам, применяемым для профильного шлифования, предъявляются повышенные требования в части точности, плавности перемещений, точности установки, отсутствия вибраций и т. д. Станки должны обеспечить точные перемещения (цена деления лимба вертикального перемещения 0,001 мм и 0,05 мм лимба поперечного перемещения). Частота вращения круга ($n_{кр}$) достигает 2740 об/мин (при $D_{кр} = 250$ мм). Рабочими движениями станка являются вращение шлифовального круга ($V_{кр}$ до 35 м/с) и возвратно-поступательное продольное перемещение стола ($s_{пр} = 5-20$ м/мин). Поперечная автоматическая подача стола 0,3–4,2 мм/дв. ход, а величина автоматической вертикальной подачи – 0,005–0,05 мм.

Одно из самых распространенных приспособлений для точного шлифования под углом является синусное приспособление (рисунок 3.1, а). При настройке простого синусного приспособления требуется наклонить столик на угол α . Для этого под опорный валик устанавливают блок концевых мер длины, высота которого h подсчитывается по формуле: $h = L \times \sin(\alpha)$ (рисунок 3.1, б).

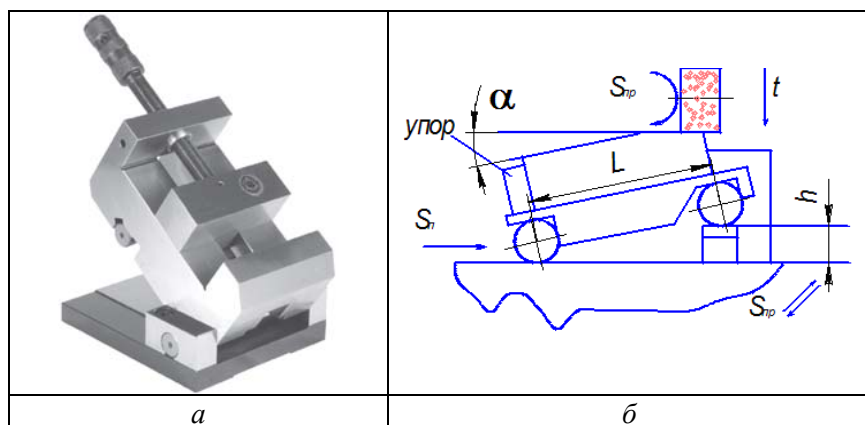


Рисунок 3.1 – Синусное приспособление и схема его настройки для шлифования

С помощью синусного приспособления можно обработать плоскости, имеющие угол наклона к базовой плоскости в пределах $0-45^\circ$. Чтобы обработать плоскость, наклоненную под углом больше 45° , следует сменить установочную базу детали на перпендикулярную. Точность установки приспособления достигает $\pm 0^\circ 00' 30''$.

Для шлифования двух взаимно перпендикулярных плоскостей применяются лекальные тиски (рисунок 3.2, а). Боковые стороны тисков с высокой точностью (рисунок 3.2, б) параллельны между собой и перпендикулярны основанию. Взаимно перпендикулярные боковые стороны и основание дают возможность обрабатывать различные плоскости деталей за одну их установку, используя для этого поворот тисков на угол 90° и прижим их к упорам на столе станка соответствующими опорными плоскостями.

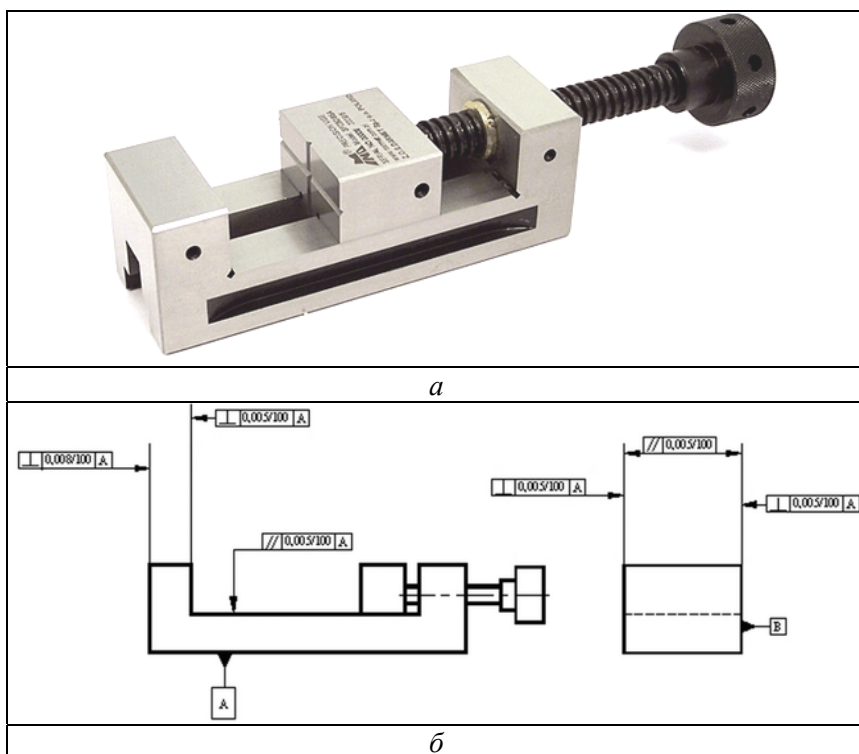


Рисунок 3.2 – Лекальные тиски

Универсальное делительное синусное приспособление (рисунок 3.3) предназначено для деления шлифуемого профиля детали на любые заданные углы. Делительный диск имеет четыре штифта диаметром d , расположенных на окружности диаметром D .

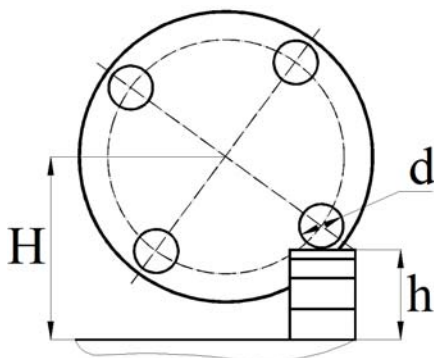


Рисунок 3.3 – Схема настройки делительного синусного приспособления

На основании делительного приспособления под штифтом находится контрольная площадка для установки блока концевых мер длины, расположенная на расстоянии H от центра делительного диска. Блок концевых мер служит упором для одного из штифтов диска при повороте последнего из начального положения на некоторый угол α . Высота блока для этого может быть найдена по формуле

$$h = H - \frac{d + D \times \sin(\alpha)}{2}.$$

Точность отсчета углов поворота на приспособлении в пределах 45° составляет $0^\circ 02'$.

Для обработки дуговых участков профиля в центрах применяют сменные рифленные прижимные центровые планки. Заготовка закрепляется между двумя центровыми планками струбциной так, чтобы ось пары центровых противоположных планок проходила через центр шлифуемого дугового участка. Точность радиусов обеспечивается в пределах $\pm 0,01-0,02$ мм.

На рисунке 3.4 показана синусная линейка с установочными центрами, между которыми располагается обрабатываемая деталь. На боковых сторонах плиты 1 имеются два продольных паза для крепления передней 2 и задней бабок с помощью струбцин 4. Деталь 5 устанавливается между цанговыми центрами 3 и 6. Для освобождения детали центр 6 отводится с помощью гайки 7.

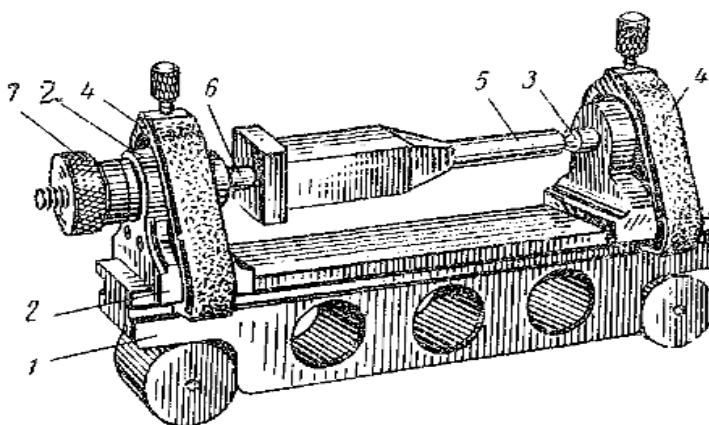


Рисунок 3.4 – Синусная линейка с установочными центрами

Такие конструкции приспособлений можно использовать для шлифования сложных профилей (типа кулачков), заданных в полярных координатах. Для наладки приспособления и шлифования такого профиля необходимо:

- 1) установить и закрепить деталь в центрах;
- 2) установить начальную точку профиля в вертикальной осевой плоскости;
- 3) подвести шлифовальный круг к детали и при продольной подаче отшлифовать первый участок. В этом положении зафиксировать показание нониусного приспособления;
- 4) повернуть шпиндель приспособления на угол α_1 между смежными радиусами-векторами и, опуская или поднимая шлифовальную головку, отшлифовать второй участок;
- 5) повторяя последовательно поворот делительной головки приспособления и опускание или подъем шлифовальной головки, обработать остальные участки профиля.

Профильное шлифование непрофилированным кругом

Перед началом работы следует выверить, наладить и закрепить на станке приспособление и деталь. Далее проверяется работа станка.

Перед шлифованием профиля первоначально шлифуют базовые опорные поверхности, которыми деталь устанавливается на приспособлении и от которых ведутся основные замеры. При пуске станка первоначально столу сообщают возвратно-поступательное движение. Затем включают вращение шлифовального круга, постепенно подводя его к обрабатываемой детали до касания с ней. Далее, не увеличивая глубину шлифования, вручную через всю шлифуемую поверхность осуществляется поперечная подача. После этого стол вручную отводят в исходное положение. Приняв соответствующую глубину резания на проход, постепенно доводят поверхность до требуемого размера.

Шлифование на плоскошлифовальных станках плоскостей, наклоненных под различными углами, производится чаще всего периферией цилиндрического круга на синусном приспособлении.

Выбор шлифовального круга и режимов обработки

Шлифовальный круг и его характеристика выбирается в зависимости от обрабатываемого материала, требуемой точности обработки и качества поверхности. Например, при шлифовании деталей из закаленных инструментальных сталей применяются шлифовальные круги из электрокорунда нормального (14А), электрокорунда белого (25А), а также монокорунда (44А).

При предварительном шлифовании профилей зернистость круга выбирается в пределах 40–32. При окончательном шлифовании профиля применяется круг с зернистостью 25–16.

Твердость круга среднемягкая (СМ1–СМ2) со среднетростной структурой (6). При профильном шлифовании на плоскошлифовальных станках чаще всего применяют плоские круги прямого профиля (форма 1) на керамической связке (К).

Режимы профильного шлифования определяют точность и класс шероховатости обработанной поверхности, а также производительность обработки (таблица 3.6). Во всех случаях предпочтительнее вести шлифование с охлаждающей жидкостью. В качестве СОЖ

обычно используется вода с добавлением 5 % эмульсола, 0,5 % нитрида натрия и 0,3 % карбоната натрия. При опасности прижогов (например, при шлифовании глубоких канавок) используют также индустриальное масло И–12А. Профильное шлифование обеспечивает 7 квалитет точности, точность угловых размеров в пределах $\pm 0^{\circ}1'$ и обеспечивает 7–9 класс шероховатости поверхности.

Таблица 3.6 – Ориентировочные режимы исследования

Требуемый класс шероховатости поверхности по ГОСТ 2789–73	Окружная скорость круга $V_{кр}$, м/с	Продольная подача стола $S_{пр}$, м/мин	Поперечная подача $S_{поп}$, мм/дв. ход.	Глубина шлифования t , мм
7	25–30	6–10	0,1–0,5	0,03–0,05
8	25–30	5–6	0,1–0,3	0,02–0,03
9	30–35	2–5	0,05–0,1	0,005–0,01

Контроль профиля деталей

Измерение линейных размеров производится штангенциркулем (точность 0,02 мм) и микрометром (точность 0,01 мм). Измерение углов производится универсальным угломером (точность $0^{\circ}02'$) или посредством индикатора, концевых мер длины, роликов и при помощи синусной линейки (точность $10''$).

При измерении на проекторе профиль проверяемой детали отражается увеличенно в несколько десятков раз на экране, где его сравнивают с чертежом профиля, вычерченным в соответственно увеличенном масштабе. Проекционные аппараты удобны для проверки сложных профилей, но удовлетворительны лишь для условий контроля деталей средней точности.

Детали с точностью элементов профиля выше 0,03 мм проверяются на микроскопе. Метод обмера на микроскопе позволяет производить измерения любого профиля средних габаритов в системе прямоугольных и полярных координат. Инструментальный микроскоп дает возможность проверять профили при увеличениях 10, 30

и 50 раз. Цена деления микрометрических винтов – 0,01 мм, нониуса угломерной головки – 0°01'.

Последовательность обмера на микроскопе следующая:

1. Ознакомиться с конструкцией и работой на микроскопе.
2. Положить на столик микроскопа измеряемую деталь базовой поверхностью параллельно перемещению стола.

3. Включить освещение и произвести фокусировку линий штриховой пластины и профиля детали.

4. Застопорить наладку.

5.а) при определении линейных размеров поочередно совместить оба конца детали с вертикальной штриховой линией и записать разность отсчетов;

5.б) При определении угловых размеров, вершину угла совместить с центром креста угломерной головки и поочередно совместить пунктирные линии с обеими сторонами угла, записав разность отсчетов по угломерной шкале.

6. Определить имеющиеся отклонения.

7. Снять деталь со столика микроскопа.

8. Выключить освещение и привести в порядок рабочее место.

Измерение величины радиусов кривизны производится следующим образом. Совмещается наивысшая точка дуги с горизонтальной штриховой линией. Задаются любой высотой хорды (h), но меньше измеряемого радиуса (R), и на эту величину перемещают микрометрический винт поперечной подачи. Затем, не сбивая лимб, стол с деталью перемещают посредством микрометрического винта продольной подачи и измеряют длину хорды (l) (АВ) при высоте стрелки (h) (DC), рисунок 3.5. Величину радиуса дуги определяют по формуле

$$R = \frac{l^2 + 4 \times h^2}{8 \times h}.$$

Например: $l = 36$ мм, $h = 10$ мм. Тогда

$$R = \frac{36^2 + 4 \times 10^2}{8 \times 10} = 21,2 \text{ мм.}$$

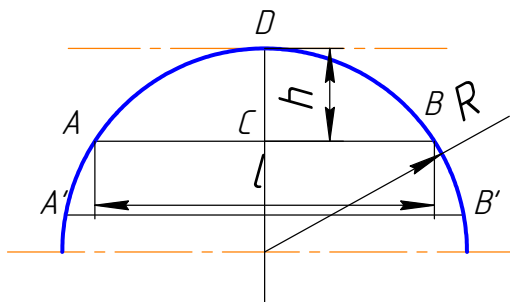


Рисунок 3.5 – Схема обмера дуги на микроскопе

Для надежного определения радиуса дуги проверку величины радиуса следует проводить по двум хордам AB и $A'B'$, расположенным на разных расстояниях h от вершины дуги D (рисунок 3.5).

Для определения шероховатости поверхностей деталей применяется метод сравнения с образцами шероховатостей. Для более точного определения 3–9 класса шероховатостей применяется двойной микроскоп (например, МИС–11) или профилометр цехового типа модели 240. Вследствие некоторой неоднородности контролируемой поверхности следует производить несколько измерений на различных участках поверхности.

Оценка метода профильного шлифования

Профильное шлифование не только в три–пять раз снижает трудоемкость и стоимость изготовления профиля, но и сокращает сроки подготовки производства новых изделий. Этим обеспечивается взаимозаменяемость и групповая обработка деталей. При этом почти исключаются ручные слесарные операции доводки. Возможно также одновременное шлифование нескольких деталей.

К недостаткам профильного шлифования непрофилированным кругом следует отнести необходимость изготовления и применения относительно большого количества различных приспособлений.

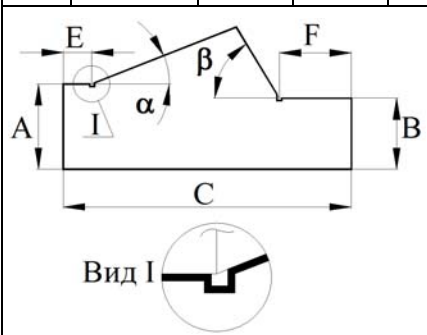
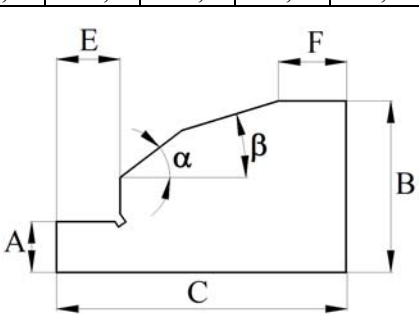
Индивидуальное задание

Преподаватель выдает двум–трем студентам конкретное индивидуальное задание на шлифование профиля непрофилированным шлифовальным кругом. Формы профиля и размеры приведены в таблице 3.7.

Каждая группа строит профиль детали в масштабе и выполняет подготовку к выполнению работы непосредственно на станке. После этого руководитель разрешает более подготовленной группе двух–трех студентов выполнить шлифование профиля под непосредственным присмотром и участием учебного мастера.

Таблица 3.7 – Индивидуальные задания

№ вар.	№ профиля	α	β	A	B	C	E	F
1	1	40	44	31,7	58,33	131,8	27,2	24,6
2	2	49	31	19,1	116,55	109,63	29,63	34,16
3	1	38	54	28,3	60,97	129,9	27,2	22,7
4	2	64	25	21,6	122,9	109,63	29,63	32,4
5	1	36	64	28,3	61,87	116,8	21,2	15,6
6	2	57	22	25,1	112,6	105,4	25,4	19,9
7	1	48	34	21,7	61,45	118,4	22,8	15,6
8	2	53	23	54	117,1	31,3	31,3	37
9	1	51	59	31,4	12,36	119	11,9	27,1
10	2	66	14	33,3	127,1	96,4	16,4	17,3
11	1	62	37	32,8	38,63	115,5	16,7	18,8
12	2	39	27	14,4	114,4	114,4	34,4	17,3
13	1	58	41	33,1	35,93	122,3	19,9	22,4
14	2	53	31	54,6	120,0	109,9	29,9	39,9
15	1	46	48	39,3	34,8	132	26,4	25,6
16	2	71	33	60,2	128,7	119,2	39,2	42,6

	
Профиль 1	Профиль 2

Порядок выполнения работы

1. Разработать чертеж обрабатываемой детали.
2. Ознакомиться с руководством к лабораторной работе и произвести необходимые расчеты для установки детали в приспособлении и для наладки приспособления.
3. Получить заготовку, защитные очки, приспособление и инструмент у учебного мастера.
4. Изучить требования охраны труда.
5. Ознакомиться с плоскошлифовальным станком.
6. Проверить правильность крепления шлифовального круга и при необходимости заменить его.
7. Освоить работу на станке в присутствии учебного мастера.
8. Установить на магнитном столе станка необходимое приспособление и включить магнит стола.
9. Выверить и закрепить деталь в приспособлении и наладить приспособление.
10. Согласовать наладку и режимы обработки с руководителями работы.
11. Надеть защитные очки, включить пылеотсос и станок; произвести предварительное профильное шлифование.
12. Произвести чистовое профильное шлифование.
13. Отвести круг, выключить станок и пылеотсос, снять деталь с приспособления.
14. Ознакомиться с измерительным инструментом и тщательно проверить обработанную деталь.
15. Представить обработанную деталь руководителю работы.
16. Привести в порядок и сдать учебному мастеру станок, приспособление, контрольные инструменты и защитные очки.
17. Окончательно заполнить протокол работы и защитить ее у руководителя.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие сведения о работе.
3. Характеристика оборудования, приспособлений.
4. Индивидуальное задание.

5. Порядок выполнения задания с эскизами настраиваемых приспособлений.

6. Контроль детали.

7. Краткие выводы о работе.

Контрольные вопросы

1. Какие абразивные материалы используются при шлифовании?

2. Как характеризуется зернистость абразивных материалов?

3. Что такое твердость шлифовального круга? Какие группы твердости Вы знаете?

4. Какова рекомендуемая связь между твердостью обрабатываемого металла и твердостью шлифовального круга?

5. Как характеризуется структура шлифовального круга?

6. Достоинства и недостатки высокопористых кругов.

7. Виды связки шлифовальных кругов.

8. Достоинства и недостатки, область предпочтительного применения шлифовальных кругов на керамической связке.

9. Достоинства и недостатки, область предпочтительного применения шлифовальных кругов на бакелитовой связке.

10. Достоинства и недостатки, область предпочтительного применения шлифовальных кругов на вулканитовой связке.

11. Достоинства и недостатки, область предпочтительного применения, конструкция алмазных шлифовальных кругов.

12. Достоинства и недостатки, область предпочтительного применения шлифовальных кругов на глифталевой связке.

13. Расшифруйте обозначение шлифовального круга: «КАЗ 1 250 × 20 × 127 24А 40Н С2 5 К1 35м/с 2 кл. А».

14. Расшифруйте обозначение шлифовального круга: «ТЗАИ 1А1 300 × 40 × 76 × 5 АСР100/80 100 Б156 2003».

15. Расшифруйте обозначение шлифовального круга: «И 1А1 200 × 10 × 32 × 3 Л0 12 С2 7К 150 50м/с 2004».

16. Поясните сущность профильного шлифования непрофилированным шлифовальным кругом.

17. Поясните, как выбирается непрофилированный шлифовальный круг для профильного шлифования.

18. На каких станках можно выполнить профильное шлифование непрофилированным кругом?

19. Какие Вы знаете приспособления для профильного шлифования непрофилированным кругом?
20. Объясните, как происходит настройка синусного приспособления для точного шлифования под углом.
21. Особенности и применение лекальных тисков.
22. Какие приспособления можно использовать для шлифования сложных профилей типа кулачков?
23. Типовая технология профильного шлифования непрофилированным кругом.
24. Рекомендуемые режимы шлифования при достижении 7-го класса шероховатости.
25. Рекомендуемые режимы шлифования при достижении 8-го класса шероховатости.
26. Рекомендуемые режимы шлифования при достижении 9-го класса шероховатости.
27. Какими приборами можно проконтролировать линейные размеры обработанной детали?
28. Какими приборами можно проконтролировать угловые размеры обработанной детали?
29. Назовите достоинства и недостатки измерений профиля проверяемой детали на проекторе.
30. Как измерить радиус кривизны, используя инструментальный микроскоп?
31. Какие Вы знаете методы контроля шероховатости шлифованной детали?
32. Какую типовую размерную точность обработки обеспечивает профильное шлифование непрофилированным кругом?
33. Какую типовую точность угловых размеров обеспечивает профильное шлифование непрофилированным кругом?
34. Какой типовой класс шероховатости поверхности обеспечивает профильное шлифование непрофилированным кругом?
35. Назовите достоинства и недостатки профильного шлифования непрофилированным кругом.

Литература

1. Дашевский, И. И. Профильное шлифование деталей машин и приборов / И. И. Дашевский, И. М. Бурцев, А. М. Закревский. – Москва: Машиностроение, 1977.

2. Малкин, Б. М. Профильное шлифование / Б. М. Малкин. – М.–Л.: Машгиз, 1960.
3. Мендельсон, В. С. Технология изготовления штампов и пресс-форм / В. С. Мендельсон, Л. И. Рудман. – Москва: Машиностроение, 1982.
4. Пособие к лабораторным работам по курсу «Технология инструментального производства». – Рига, 1974.
5. Черкашин, В. И. Профильное шлифование / В. И. Черкашин. – Москва: Машиностроение, 1971.
6. Шведов, А. С. Изготовление и ремонт измерительных и режущих инструментов / А. С. Шведов, Э. А. Коченкова. – Москва: Высшая школа, 1972.
7. Хараева, М. И. Абразивный инструмент. Выбор и применение: учебное пособие / М. И. Хараева. – Улан-Удэ: изд-во ВСГТУ, 2003. – 140 с.

Лабораторная работа № 4

ШЛИФОВАНИЕ ПРОФИЛИРОВАННЫМ КРУГОМ

Цель работы: практическое ознакомление с выполнением операций процессов шлифования инструментальной оснастки и инструментов профилированным шлифовальным кругом.

Задачи: изучение методики настройки оборудования для шлифования деталей штампов и пресс-форм профилированным кругом; ознакомление с методикой контроля точности и шероховатости обработанных деталей.

Оборудование, приспособления и инструменты для выполнения работы

1. Плоскошлифовальный станок модели ЗГ71 или универсально-зачный станок модели ЗД642Е.
2. Абразивный круг, тип 1 (1 150 × 13 × 32 25А 25Н С2 7К1).
3. Алмазный карандаш.
4. Штангенциркуль.
5. Микрометр.
6. Угольник для выверки положения приспособления на столе станка.
7. Универсальная головка с делительным механизмом.
8. Большой инструментальный микроскоп.
9. Приспособление для ориентации сверла на столике микроскопа.
10. Защитные очки.
11. Сравнительные образцы шероховатости.

Общие сведения

Шлифование профилированным кругом

Профильное шлифование – это обработка металла резанием абразивным инструментом, выполненным в виде шлифовального круга. Профилированным шлифовальным кругом шлифуют матрицы и пуансоны пресс-форм и штампов, фасонные резцы и фрезы, шлицевые протяжки, резьбонарезные и другие инструменты. Шлифование

круглых фасонных резцов, накатных роликов осуществляют на универсальных круглошлифовальных, резьбошлифовальных, профилированных и специальных станках высокой точности. Для профильного шлифования призматических фасонных резцов применяют высокоточные универсальные плоскошлифовальные станки и станки с ЧПУ.

Профильные поверхности (рисунок 4.1, *a*) состоят из сочетания прямолинейных и криволинейных участков, которые шлифуются профилированным кругом. Однако не всегда представляется возможность отшлифовать весь инструмент или деталь одним профильным кругом. Тогда он шлифуется несколькими кругами (рисунок 4.1, *б-е*).

Рассмотрим процесс шлифования профиля круглого фасонного резца по элементам (рисунок 4.1, *a*). Профиль резца шлифуют за пять операций:

- 1) шлифуют торец А (рисунок 4.1, *б*);
- 2) профилированным под углом 30° кругом шлифуют поверхность диаметром $57,3_{-0,02}$ мм и угол 30° (рисунок 4.1, *в*). При шлифовании угла 30° выдерживают размер $11,5 \pm 0,05$ мм, проверяя эту длину по шаблону;
- 3) не меняя установки детали на центрах, отводят шлифовальную бабку и шлифуют поверхность диаметром $70_{-0,01}$ мм (рисунок 4.1, *г*);
- 4) зажав оправку резца в цанговый патрон и повернув переднюю бабку на угол 75° , шлифуют фаску под углом 15° до размера $4,1 \pm 0,1$ мм (рисунок 4.1, *д*);
- 5) с помощью приспособления (рисунок 1.15) на шлифовальном круге профилируют радиус 13,7 мм и касательную к нему. Профилированным кругом шлифуют поверхность диаметром $64,1_{-0,02}$ мм и радиусом $R = 13,7$ мм, выдерживая размер $8,6 \pm 0,05$ мм (рисунок 4.1, *е*).

Шлифование фасонного профиля производится методом врезания. Шероховатость шлифуемой поверхности соответствует $Ra = 0,63-0,32$ мкм.

Наиболее типичные случаи шлифования профильно-заправленными кругами, когда шлифуется сразу весь фасонный профиль инструмента, например шлифование профиля впадины между шлицами у шлицевой протяжки или шлицевого вала или шлифование резьбы однониточным и многониточным шлифовальными кругами. Такие поверхности шлифуются на шлицешлифовальных, резьбошлифовальных, специальных и других станках.

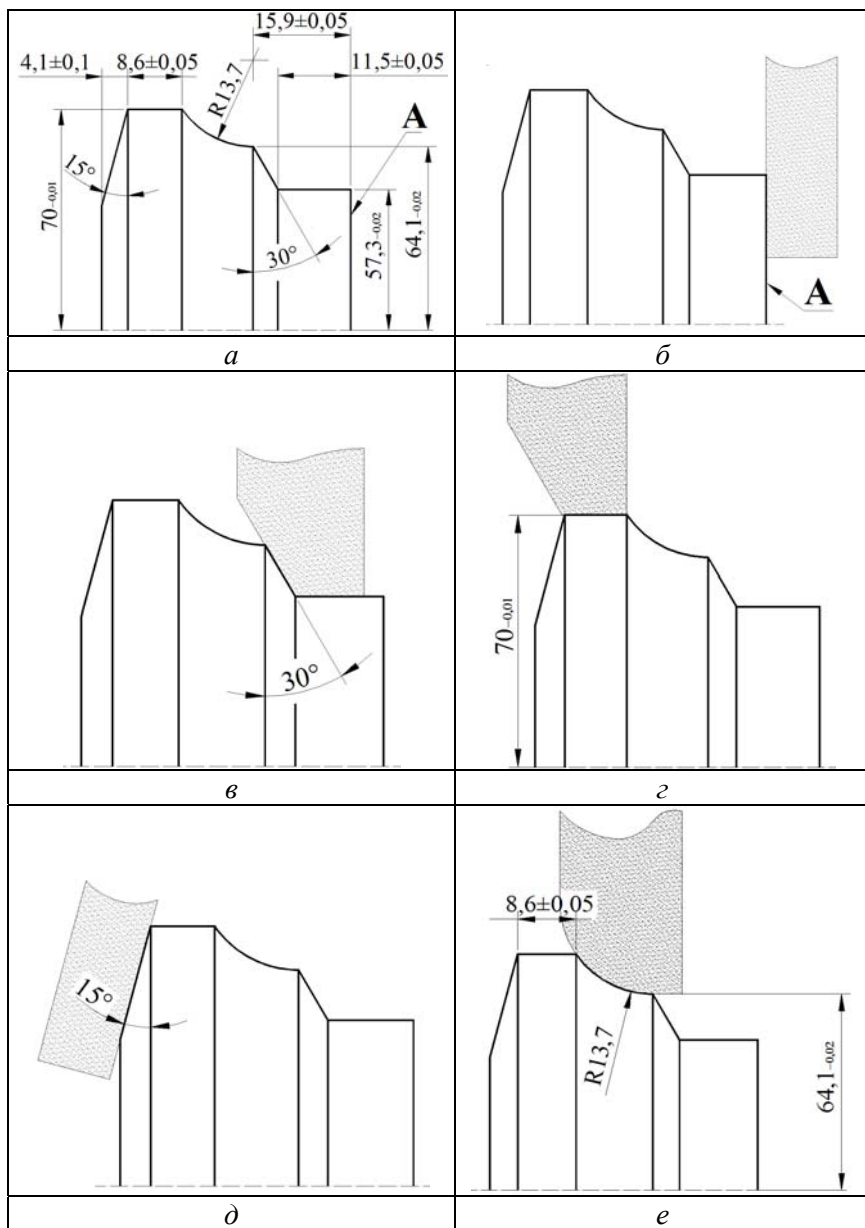


Рисунок 4.1 – Схема шлифования профиля круглого резца

Шлифование передних поверхностей шнекового сверла профилированным кругом

Порядок профилирования круга для заточки шнековых сверл по передней поверхности описан в работе № 1, часть 2. Шлифование производится с охлаждением. Расход охлаждающей жидкости 6–8 л/мин. Скорость круга $V = 15\text{--}20$ м/с, продольная скорость перемещения стола $V_{пр} = 1,0\text{--}1,5$ м/мин, вертикальная подача круга 0,05–0,1 мм/дв. ход.

До начала заточки у сверла зашлифовывается конус под углом 2φ . Сверло с помощью цангового патрона закрепляется в универсальной головке. При заточке необходимо сохранять ленточку f у уголка, ширина которого равна $0,7\text{--}0,9 \times f$. Биение сверла по ленточкам при этом не должно превышать 0,05 мм. Универсальная головка в горизонтальной плоскости поворачивается вокруг вертикальной оси А на угол τ (рисунок 4.2, а) по отношению к главной режущей кромке сверла.

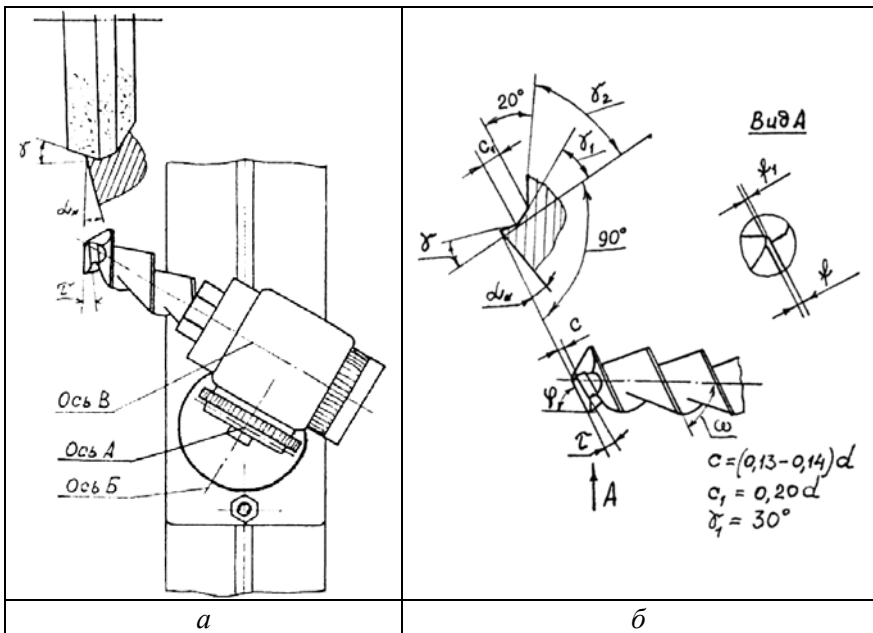


Рисунок 4.2 – Расположение шнекового сверла по отношению к шлифовальному кругу при заточке передней поверхности

В вертикальной плоскости относительно оси Б головка ставится на нуль. Сверло подводится к абразивному кругу, затем вертикальной и при необходимости поперечной подачей стола производится врезание до получения нужного размера С (рисунок 4.2, б).

Размер С и углы γ , γ_2 обеспечиваются профильной заправкой абразивного круга. Далее круг отводится от сверла, шпиндель проворачивается на 180° и вертикальным резанием шлифуется передняя поверхность второй режущей кромки. Круг врезается до получения необходимой толщины перемычки. Отсчет глубины шлифования при шлифовании передних поверхностей ведется по нониусу вертикальной подачи.

Рекомендуемые режимы правки шлифовальных кругов при профильном шлифовании

На основе опыта заводов результатов исследований, проведенных во ВНЕШАлмазе и других организациях, в таблице 4.1 приведены рекомендуемые режимы правки шлифовальных кругов, вращающихся со скоростью 20–35 м/с, алмазным инструментом, работающим методом обтачивания (алмазы в оправках, карандаши, резцы, гребенки и пластины) для получения заданной шероховатости поверхности при продольном шлифовании.

Таблица 4.1 – Рекомендуемые режимы правки шлифовальных кругов карандашами, алмазными резцами и гребенками

Вид шлифования	Шероховатость поверхности Ra , мкм	Режимы правки	
		Продольная подача, м/мин	Поперечная подача, мм/дв. ход.
Продольное	0,8	0,2–0,3	0,02–0,03
	0,4	0,1–0,15	0,01–0,015
	0,2	0,08–0,1	0,01–0,02

Контроль точности и шероховатости обработанной поверхности профилированным кругом

В инструментальных цехах изготавливают технологическую оснастку (приспособления, кондукторы, штампы, пресс-формы,

вспомогательный инструмент, оправки и т. д. Основным техническим документом для контроля служит чертеж. На чертеже должны быть указаны все необходимые данные для изготовления и проверки детали. Кроме того, обязательна маршрутная технологическая карта, в которой перечисляется последовательность операций.

Для измерения углов и конусов в инструментальных цехах применяют различные средства в зависимости от заданной точности детали. Наибольшее распространение получили универсальные угломеры, угловые меры, жесткие угольники, конусные калибры, синусные линейки и др.

Для измерения наружных и внутренних углов различных деталей контактным методом применяют универсальный угломер. Перед измерением угломер следует протереть чистой тканью, проверить, нет ли на его измерительной плоскости забоин, коррозии, а также проверить его установку, то есть совпадение нулевого штриха нониуса с нулевым штрихом шкалы и последнего штриха нониуса с 29-м штрихом шкалы. При этом не должно быть зазора между рабочей плоскостью линейки и ребром съемной линейки.

Универсальным угломером углы измеряются следующим образом: измерительная линейка накладывается и прижимается так, чтобы между линейками угломера и сторонами детали не было просвета. Отсчитывают угловые величины по шкале и нониусу. Нулевой штрих нониуса показывает число градусов, а штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы, – число минут. Предельная погрешность измерения указанным угломером при длине измеряемой стороны от 5 до 20 мм допускается $\pm 4'$, а при длине более 20 мм – $\pm 2'$.

Контроль профиля шаблона или детали с использованием большого инструментального микроскопа можно выполнить следующим образом:

1. Ознакомиться с конструкцией и правилами работы с большим инструментальным микроскопом.
2. Уложить на столик микроскопа обработанный на станке шаблон.
3. Положить увеличенный чертеж на кальке на стекло микроскопа.
4. Включить осветитель и произвести фокусировку изображения профиля в поле зрения микроскопа.

5. Совместить профиль с контуром на чертеже перемещением чертежа на экране (или измерить координаты на микроскопе).

6. Проверить точность исполнения по указанным на чертеже допускам и записать величины отклонений от номинала (с учетом масштаба увеличения).

7. Дать заключение о точности профилирования (рисунок 4.3).

8. Снять чертеж и выключить осветитель.

9. Повернуть шаблон так, чтобы обработанная поверхность была параллельна плоскости предметного стекла, положить рядом с шаблоном образец шероховатости обработки на предметное стекло.

10. Включить осветитель для нижнего освещения.

11. Сфокусировать изображения обработанного участка шаблона и образца шероховатости в поле зрения микроскопа. Сравнить между собой. Дать заключение о качестве обработки.

12. Выключить осветитель. Убрать рабочее место и микроскоп.

13. Возвратить учебному мастеру полученные приспособления, инструменты, материалы и чертежи.

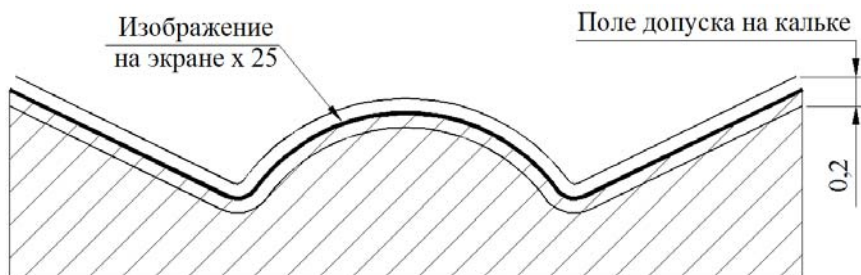


Рисунок 4.3 – Принцип контроля точности профилирования

Индивидуальные задания

1. Изучить методику настройки оборудования для заточки шнекового сверла по передней поверхности.

2. Выполнить настройку оборудования для заточки сверла в соответствии с данными таблицы 4.3.

3. Провести контроль профиля сверла.

Таблица 4.3 – Параметры заточки сверла

№ варианта	γ°	γ_1°	γ_2°	C
1	10	15	30	0,5
2	11	20	35	0,6
3	12	25	40	0,7
4	13	30	45	0,8
5	14	20	35	0,7
6	15	25	45	0,9
7	16	30	45	0,8

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя задание на выполнение лабораторной работы (чертеж, модель шлифуемой детали).
2. Выполнить анализ профиля с точки зрения профиля.
3. Из имеющегося в лаборатории оборудования подобрать предлагаемое (необходимое) приспособление для выполнения работы.
4. Установить на стол станка, выверить и закрепить приспособление.
5. Установить, выверить и закрепить обрабатываемую деталь в приспособлении.
6. При необходимости выполнить правку круга.
7. Настроить приспособление для шлифования.
8. Надеть защитные очки.
9. Установить необходимый режим обработки в зависимости от требуемого класса шероховатости.
10. Аккуратно подвести до соприкосновения деталь к шлифовальному кругу.
11. Выполнить ориентацию обрабатываемой детали для шлифования следующей поверхности и выполнить шлифование.
12. Выключить станок, снять шлифованную деталь, снять защитные очки, произвести уборку станка.
13. Перейти на другое рабочее место для выполнения контроля.
14. Выполнить контроль детали с точки зрения полученной точности и шероховатости поверхности.

15. Возвратить учебному мастеру приспособления, деталь, инструменты, чертеж.

16. Оформить отчет.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие сведения о работе.
3. Техническая характеристика оборудования, приспособления, инструментов.
4. Характеристика объекта лабораторной работы.
5. Задание к работе.
6. Порядок выполнения работы.
7. Режимы шлифования.
8. Контроль полученной детали.
9. Анализ полученных результатов и вывод.

Контрольные вопросы

1. Что такое профильное шлифование профилированным кругом?
2. Опишите этапы профильного шлифования, например круглого фасонного резца.
3. Приведите пример профильного шлифования одним кругом сразу всего фасонного профиля инструмента.
4. Опишите порядок заточки шнековых сверл по передней поверхности профилированным кругом.
5. Как связаны между собой режимы правки профилированного круга и шероховатость обработанной поверхности?
6. Какие средства для измерения углов получили наибольшее распространение в инструментальных цехах?
7. Опишите порядок измерения углов универсальным угломером.
8. Опишите порядок измерения точности профиля шлифованной детали с использованием большого универсального микроскопа.
9. Какие Вы знаете методы определения шероховатости сложных поверхностей?

Литература

1. Дорманчев, С. К. Фасонные резцы. – Москва: Машиностроение, 1968. – 167 с.
2. Дашевский, И. И. Профильное шлифование деталей машин и приборов / И. И. Дашевский, И. М. Бурцев, А. М. Закревский. – Москва: Машиностроение, 1977. – 176 с.
3. Григорьев, С. П. Лекально-инструментальные работы. – Москва: Машиностроение, 1976. – 232 с.
4. Мендельсон, В. С. Технология изготовления штампов и пресс-форм / В. С. Мендельсон, Л. И. Рудман. – Москва: Машиностроение, 1982. – 207 с.
5. Хараева, М. И. Абразивный инструмент. Выбор и применение : учебное пособие. – Улан-Удэ: изд-во ВСГТУ, 2003. – 140 с.
6. Шведов, А. С. Изготовление и ремонт измерительных и режущих инструментов / А. С. Шведов, Э. А. Коненкова. – Москва: Высшая школа, 1972. – 320 с.

Учебное издание

**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ**

Лабораторный практикум
для студентов специальности 1-36 01 03
«Технологическое оборудование
машиностроительного производства»

В 2 частях

Часть 2

**ШЛИФОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ**

Составители:

КОРНИЕВИЧ Михаил Анисимович
КОЛЕСНИКОВ Леонид Александрович

Редактор *Ю. В. Ходочинская*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 24.04.2019. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,82. Уч.-изд. л. 3,77. Тираж 50. Заказ 1038.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.

