

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ»

Кафедра материаловедения и технологии машиностроения

АБРАЗИВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

И ШЛИФОВАНИЕ

Методические указания к лабораторной работе
по технологии конструкционных материалов

Санкт-Петербург

2015

УДК 621.922.02(07)

Абразивные инструменты и шлифование: методические указания к лабораторной работе по технологии конструкционных материалов/ сост.: А.В. Гропянов, Н.Н. Ситов, М.Н. Жукова, Д.С. Федорова; СПбГТУРП. - СПб., 2015. - 14 с.

В методических указаниях описаны абразивные инструменты на твердой и мягкой основах. Приведены параметры, характеризующие абразивные инструменты, и их маркировка. Описаны основные схемы шлифования различных поверхностей.

Предназначены для студентов направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» всех форм обучения.

Рецензент: зам.директора института безотрывных форм обучения,
канд. техн. наук, доцент В.О. Варганов.

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой материаловедения и технологии машиностроения СПбГТУРП (протокол № 6 от 2 февраля 2015 г.).

Утверждены к изданию методической комиссией института технологии СПбГТУРП (протокол № 1 от 26 февраля 2015 г.).

© Санкт-Петербургский
государственный технологический
университет растительных полимеров,
2015

Антон Васильевич Гропянов
Николай Николаевич Ситов
Мария Николаевна Жукова
Дарья Сергеевна Федорова

АБРАЗИВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ШЛИФОВАНИЕ

Методические указания к лабораторной работе
по технологии конструкционных материалов

Редактор и корректор В.А.Басова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Компьютерный набор и верстка Д.С. Федоровой.

Темплан 2015 г., поз. 11

Подп. к печати 23.04.15. Формат 60х84/16. Бумага тип. № 1.

Печать офсетная. Объем 1,0 печ. л., 1,0 уч. - изд. л.

Тираж 100 экз. Изд. № 11. Цена "С". Заказ №

Ризограф Санкт-Петербургского государственного
технологического университета растительных полимеров.
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Практическое ознакомление с назначением и характеристиками абразивных инструментов, целями и задачами, решаемыми шлифованием, а также с различными методами шлифования, станками, областью их применения, способами и приемами работы.

АБРАЗИВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Основными видами абразивных инструментов являются шлифовальные круги, головки, сегменты, шкурки, притиры. Наиболее часто используются абразивные круги, применяемые при *шлифовании*. Шлифование распространено очень широко. С его помощью проводят чистовую отделочную обработку деталей с высокой точностью, а для закаленных сталей шлифование является самым распространенным методом обработки.

Различают абразивные инструменты, изготовленные на твердой и мягкой основах. К инструментам на твердой основе относят *шлифовальные круги, сегменты, головки, бруски*. Абразивные зерна этих инструментов скрепляются между собой вспомогательным связующим материалом – *связкой*. Эти инструменты имеют определенную форму и размеры.

К инструментам на мягкой основе относят *абразивные шкурки и фетровые диски*, насыщенные абразивом. На специально подготовленную тканевую, бумажную или металлическую ленты наносится и закрепляется посредством клеящих веществ абразивное зерно. Фетровые диски, используемые для полирования, также покрываются абразивным материалом посредством клеящих веществ.

Отдельное место среди абразивных инструментов занимают различные абразивные *пасты*, а также *притиры* – металлические поверхности из чугуна, меди и других мягких металлов, шаржированные (насыщенные) абразивным зерном. Абразивные зерна используются также в свободном состоянии, например, для гидро- и пневмополирования.

Инструмент на твердой основе характеризуется *материалом абразивных зерен, зернистостью* (размером зерна), *связкой, твердостью, структурой, формой и размерами*.

В промышленности используется более 200 тысяч разновидностей различных абразивных инструментов. Инструментов на твердой основе выпускают 2,5 тысяч типоразмеров (72 типа). Размеры, типы, технические требования к абразивным инструментам регламентируются соответствующими стандартами.

ХАРАКТЕРИСТИКИ АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА ТВЕРДОЙ ОСНОВЕ

Абразивные материалы

Абразивные материалы, из которых изготавливаются инструменты, представляют собой зерна кристаллов различных химических соединений. К абразивным материалам предъявляется ряд требований:

а) абразивные зерна должны быть тверже обрабатываемого материала, иначе они не смогут царапать или истирать обрабатываемый материал (снимать с него стружку).

б) важны также форма и поверхность зерна: с острыми углами или закругленными краями, гладкая поверхность или шероховатая. Зерно с острыми углами и гладкой поверхностью легче проникает в обрабатываемый материал, чем зерно с закругленными и шероховатыми гранями.

в) важным свойством зерна является вязкость, т.е. способность зерна сопротивляться действующим на него при работе силам. Зерно не должно при работе распадаться по плоскостям спайности на мельчайшие кристаллики.

Указанными свойствами в разной степени обладают зерна из естественных и искусственных минералов и кристаллов.

Из *естественных* минералов большое практическое применение имеет только алмаз. Другие естественные абразивные материалы (кварц, корунд, наждак, кремнь и т.д.) утратили свое промышленное значение.

Из *искусственных* абразивных материалов, получаемых промышленным способом, используются: *электрокорунд* (кристаллический оксид алюминия Al_2O_3), *карборунд* (карбид кремния SiC), *карбид бора* B_4C , *эльбор* (кубический нитрид бора), *синтетические алмазы* (СА).

Зернистость

Для абразивного инструмента используются зерна от самых мелких до 2000 микрометров (мкм). В зависимости от размера зерна подразделяются на группы и номера. Величины зернистости приведены в табл. 1.

Номера *шлифзерна* и *шлифпорошка* указывают в сотых долях миллиметра наименьший размер зерна, входящего в этот номер, а номер *микropорошков* – наименьший размер в микрометрах. Например, номер зернистости 40 охватывает размеры зерна от 500 до 400 мкм. Зернистость микropорошка М63 охватывает размеры от 63 до 500 мкм. Размеры зерен от № 4 и больших номеров определяются размерами ячеек сит, в которых задерживается зерно, а размеры зерен шлифпорошка № 3 и микropорошков определяются микроскопическим методом путем измерения размеров зерен или фотоэлектрическим – по скорости осаждения.

Шлифзерно широко используется как для грубого, так и для чистового шлифования, из него изготавливают инструменты на твердой и мягкой основах.

Шлифпорошок используется для тонкого и точного шлифования и доводки. Из него изготавливают инструменты на твердой и мягкой основах (бруски для хонингования и суперфиниша, шкурки), а также притиры.

*Микropоpошк*и используются главным образом для доводочных и полировочных паст.

Таблица 1

Зернистость материала

Группа зернистости	Размер зерна, мкм	Номера зернистости
шлифзерно	160 – 2000	200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16
шлифпорошки	28 – 125	12, 10, 8, 6, 5, 4, 3
микropоpошки	До 40	M63, M50, M40, M28, M20, M14, M10, M7, M5, M3, M2, M1

Связки

Связки – материалы, связывающие зерна – разделяются на *неорганические* (минеральные) и *органические*. Наиболее распространенной неорганической связкой является *керамическая* (К), а органической – *вулканитовая* (В) и *бакелитовая* (Б).

Керамическая связка, на которой выпускается около 90 % кругов и других инструментов на твердой основе, состоит из огнеупорной глины, полевого шпата, талька, мела, кварца, жидкого стекла. Абразивные инструменты на этой связке обладают хорошей прочностью и термической стойкостью. Недостатком их является хрупкость.

Бакелитовая связка состоит из искусственной смолы, представляющей собой смесь карболовой кислоты и формалина. Изготовленный на ней инструмент отличается большой прочностью и достаточной эластичностью. Круги на бакелитовой и вулканитовой связках выдерживают более высокие окружные скорости (в 1,5 раза и более), чем на керамической связке, следовательно, позволяют работать на больших скоростях резания.

Для алмазных кругов, кроме перечисленных, используют *металлические* связки. Металлические связки (М) включают порошки меди, олова, алюминия и другие и обеспечивают более эффективное использование алмазов по сравнению с другими связками. Алмазные круги состоят из алмазного кольца (алмазный порошок и связка) толщиной от 0,5 до 3 мм, закрепленного на корпусе из стали, алюминия или пластмассы.

Твердость

Твердость шлифовального круга или бруска характеризуется величиной силы, с которой связка удерживает абразивное зерно. Шкала степеней твердости абразивных инструментов и их условное обозначение приведены в табл. 2. Правильный выбор круга по твердости является фактором, определяющим его производительность и стойкость.

Таблица 2

Твердость абразивных инструментов

Категория твердости круга	Обозначение твердости	Подразделение твердости
мягкий	М	М1, М2, М3
среднемягкий	СМ	СМ1, СМ2
средний	С	С1, С2
среднетвердый	СТ	СТ1, СТ2, СТ3
твердый	Т	Т1, Т2
весьма твердый	ВТ	ВТ1, ВТ2
чрезвычайно твердый	ЧТ	ЧТ1, ЧТ2

За время работы зерна круга тупятся, вследствие чего силы резания, действующие на каждое зерно, возрастают. Когда сила резания превысит силу, с которой зерно удерживается связкой, притупившиеся зерна вырываются с поверхности круга, а на поверхность выступают новые острые зерна. Описанное явление называется *самозатачиванием* круга. При правильном выборе круга по твердости и правильном режиме шлифования круг работает с самозатачиванием. Если твердость круга излишне высока, то притупившиеся зерна задерживаются связкой и заволакиваются подплавившимся обрабатываемым материалом (металлом) в черный блестящего цвета круг, и он теряет способность резать. Указанное явление называют «засаливанием» круга. Для восстановления работоспособности круга необходимо удалить с его поверхности затупившиеся зерна. Эта операция называется «*правкой круга*». Если круг излишне мягок, зерна будут вырываться еще до того, как они затупятся, при этом круг теряет свою форму и требует правки. Производительность таких кругов низкая.

Выбор твердости круга или бруска для обработки конкретного материала – задача сложная и часто связана с экспериментом. Общим правилом является следующая зависимость: чем тверже материал, тем быстрее притупляются зерна круга, следовательно, тем мягче должен быть круг (слабее связка).

Структура

Структурой абразивного инструмента называется соотношение объемов, занятых в нем зернами, связкой и пораами, выраженное в процентах. Различают три группы структур, включающих 13 номеров от 0 до 12: плотная структура (0, 1, 2, 3); среднеплотная (4, 5, 6); открытая (7, 8, 9, 10, 11, 12). Чем выше номер структуры, тем меньше содержание зерна в единице объема. В зависимости от номера структуры объем пор колеблется в пределах 30 – 40 % объема круга. Содержание алмазных зерен в единице объема алмазного кольца (слоя) определяется концентрацией. За 100 % - ную концентрацию принято содержание 0,878 мг алмазного порошка в 1 мм алмазного кольца (круга).

Алмазные круги и бруски изготавливают с 25, 50 и 100 % - ной концентрацией, а на металлической связке также со 150 и 200 % - ной концентрацией.

Чем мягче шлифуемый материал, выше его вязкость, тем более пористый шлифовальный круг выбирается для его обработки.

Маркировка абразивных инструментов

Маркировка инструментов производится заводом-изготовителем путем условного обозначения на нерабочей поверхности инструмента: материала связки, структуры, формы и размера. Для шлифовальных кругов, кроме того, указывается наибольшая допустимая окружная скорость. Например: Э40 СМ1 К7; ПП400 69 100; 35 м/с. Указанная маркировка означает: Э – электрокорунд нормальный; 40 – номер зернистости, указывающий величину зерна; СМ1 – твердость круга (среднемягкий первый); К – материал связки (керамическая); 7 – номер структуры (открытая); ПП – плоский прямой; 400 – наружный диаметр, мм; 69 – ширина круга, мм; 100 – диаметр отверстия, мм; 35 – наибольшая допустимая окружная скорость при шлифовании, м/с.

РЕЖИМ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

При обработке любой поверхности шлифованием необходимо вращательное движение круга и относительное перемещение заготовки или инструмента по координатным осям, которые могут быть заменены вращательным движением вокруг осей. К режиму резания при шлифовании относятся:

V_k – *скорость резания* – равна окружной скорости периферии шлифовального круга;

$$V_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60},$$

D_k – наружный диаметр шлифовального круга (мм);
 n_k – частота вращения шлифовального круга об/мин;
 S – *подача* – перемещение заготовки или инструмента вдоль или вокруг координатных осей. Выражение и размерность подач определяются схемами шлифования;

ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ШЛИФОВАНИЯ

В машиностроении шлифованию подвергаются в основном плоские, цилиндрические, конические, наружные и внутренние поверхности.

1. Наружное шлифование цилиндрических поверхностей

1.1. Центровое шлифование

а) Шлифование проходами

При этом виде круглого шлифования (рис. 1) заготовка закрепляется в центрах (обычно неподвижных) и приводится во вращение поводковым устройством (поводок и хомут), приводимым в действие вращающейся планшайбой. Возможно закрепление заготовки в кулачковом патроне.

Продольная подача $S_{пр}$ происходит за счет ее возвратно-поступательного движения и представляет собой осевое перемещение заготовки за один ее оборот, мм/об. заг. Часто продольную подачу выражают в долях ширины круга (B). При черновом шлифовании обычно она составляет $0,7B$, при чистовом – $0,3B$.

Вращение заготовки является круговой подачей.

$$S_{кр} = \frac{\pi D_{заг} n_{заг}}{1000},$$

$D_{заг}$ – диаметр заготовки, мм.

$n_{заг}$ – частота вращения, об/мин.

Поперечная подача S_n осуществляется на глубину резания при крайних положениях заготовки, мм/ход. При обработке незакаленной стали при черновом шлифовании $S_n = 0,02$ мм, при чистовом – $0,01$ мм.

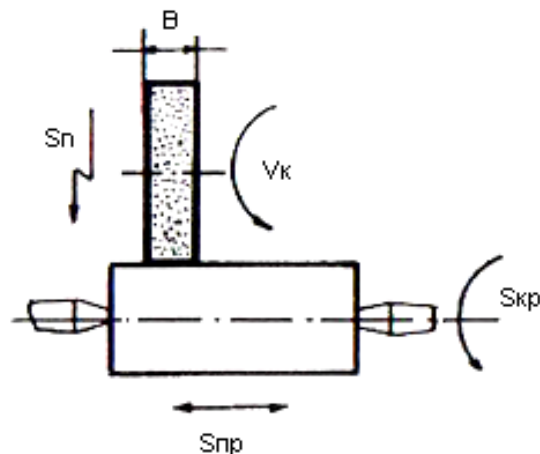


Рис. 1. Шлифование проходами

б) *Врезное центровое шлифование*

Это вид шлифования применяют при обработке жестких заготовок в тех случаях, когда ширина шлифуемого участка меньше ширины шлифовального круга B (рис. 2). Круг перемещается с постоянной подачей S_n (мм/об. заг) до достижения необходимого размера поверхности. Этот метод также используется для шлифования фасонных поверхностей и кольцевых канавок. Врезное шлифование осуществляется, как правило, начисто.

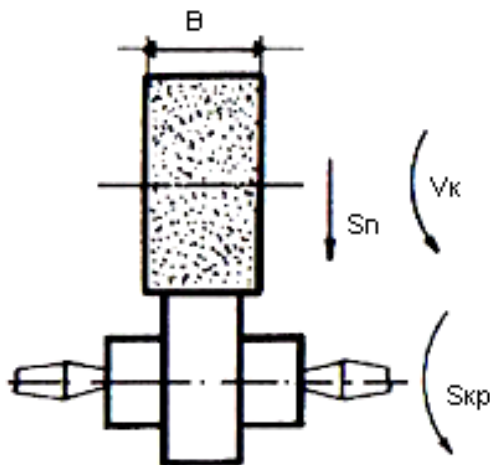


Рис. 2. Врезное шлифование

в) *Глубинное шлифование*

При этом виде шлифования за один проход снимают слой материала на всю необходимую глубину. На шлифовальном круге формируется конический участок длиной 8 – 12 мм (рис. 3).

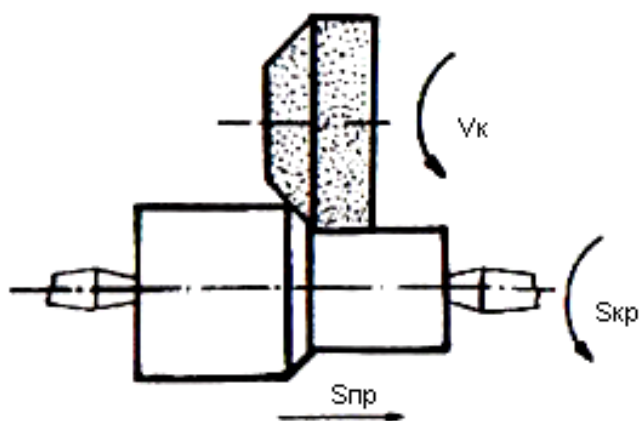


Рис. 3. Глубинное шлифование

г) Шлифование уступами

Это сочетание методов, описанных в разделах а и б. Процесс шлифования состоит из двух этапов. На первом этапе осуществляется врезное шлифование с подачей S_n (мм/об. заг), одновременно периодически передвигая заготовку на $0,8 - 0,9B$. На втором этапе делают несколько ходов с продольной подачей $S_{пр}$ для зачистки поверхности (S_n выключена) (рис. 4).

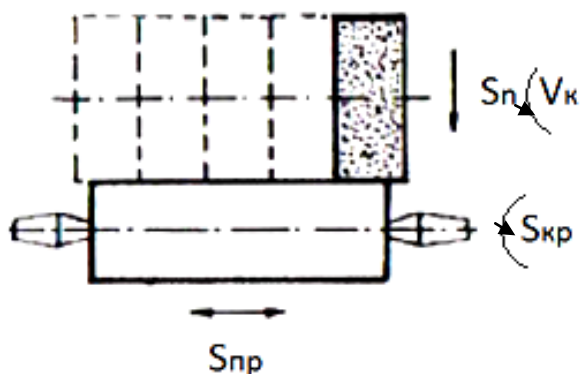


Рис. 4. Шлифование уступами

1.2. Бесцентровое шлифование

Высокопроизводительный способ шлифования, при котором заготовку обрабатывают в незакрепленном состоянии (не требуется центровых отверстий). Рабочий и ведущий круги вращаются в одном направлении, но с разными скоростями. Трение между ведущим кругом и заготовкой больше, чем между ней и рабочим кругом. Вследствие этого заготовка вращается со скоростью, близкой к скорости вращения ведущего круга. Ведущий круг устанавливают под углом $\Theta = 1 - 7^\circ$ к оси заготовки для осуществления продольной подачи. Чем больше угол Θ , тем больше подача.

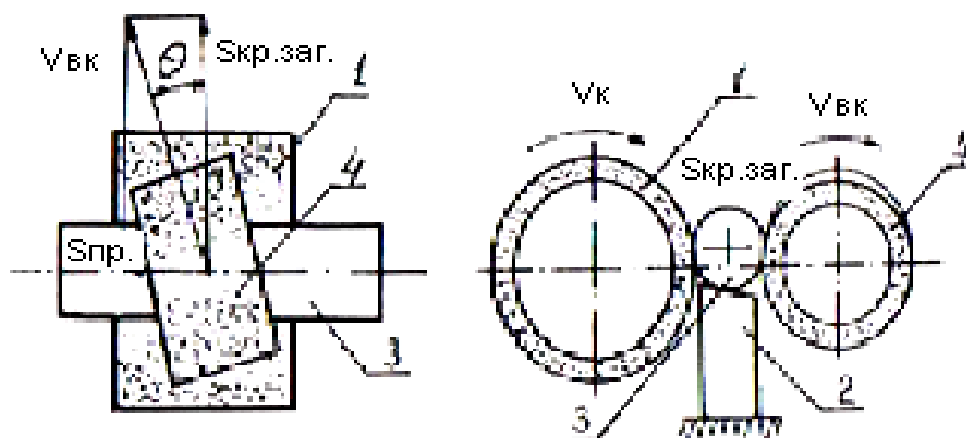


Рис. 5. Бесцентровое шлифование: 1 – рабочий круг;
2 – нож; 3 – заготовка; 4 – ведущий круг

2. Шлифование плоских поверхностей

Плоские поверхности шлифуются или периферией круга (рис. 6, а) или торцом круга (рис. 6, б). В первом случае заготовка, закрепленная на прямоугольном столе станка, совершает возвратно-поступательные движения, во втором – вращается вместе с круглым столом.

Шлифование торцом круга более производительно, однако шлифование периферией круга при использовании прямоугольного стола расширяет технологические возможности станка – так можно шлифовать дно паза или поверхность сложного профиля.

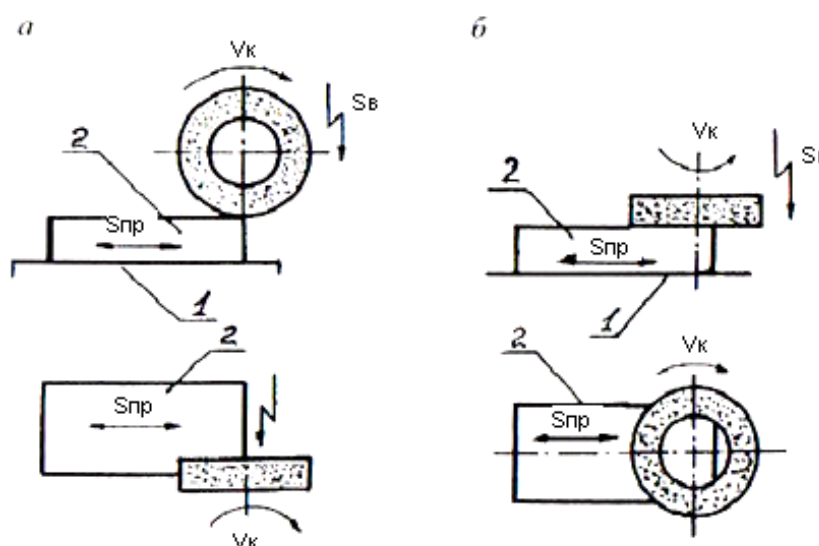


Рис. 6. Шлифование плоских поверхностей: 1 – стол;
2 – заготовка

3. Шлифование внутренних поверхностей

Внутреннее шлифование применяют для получения отверстий высокой точности – сквозных, глухих, конических и фасонных (рис. 7). Диаметр шлифовального круга составляет 0,7 – 0,9 диаметра шлифуемого отверстия.

Диаметр инструмента невелик и для создания высокой скорости резания кругу сообщают очень высокую частоту вращения. Производительность внутреннего шлифования сравнительно низка, так как приходится работать с малыми подачами и глубинами резания из-за консольного расположения инструмента.

Аналогичным образом шлифуются внутренние торцевые поверхности. При шлифовании внутренних поверхностей, в особенности фасонных, также используется метод врезания.

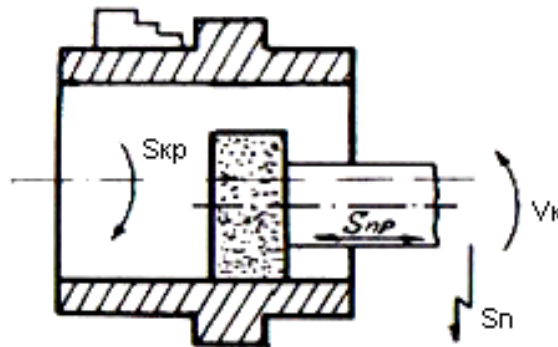


Рис. 7. Шлифование внутренних поверхностей

4. Планетарное шлифование

Этот метод шлифования применяется при обработке заготовок большого размера и массы (рис. 8).

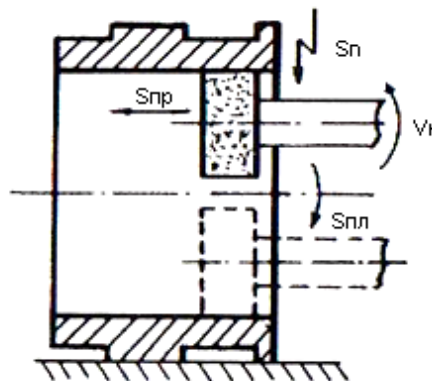


Рис. 8. Планетарное шлифование

При этом заготовка закрепляется на столе неподвижно. Шлифовальный круг вращается вокруг своей оси, а также вокруг оси отверстия ($S_{пл}$), что аналогично круговой подаче. Планетарным шлифованием также обрабатывают внутренние фасонные и торцевые поверхности.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с видами абразивных инструментов, их основными характеристиками, режимом резания при шлифовании и основными схемами шлифования.
2. Получить у преподавателя шлифовальный круг, по маркировке которого определить вид абразивного материала, номер зернистости материала, твердость круга, материал связки, номер и название структуры круга, его форму, характерные размеры и допустимую окружную скорость при шлифовании.
3. Получить у преподавателя деталь, обработанную шлифованием. Определить использованный при ее обработке метод шлифования.
4. Выполнить эскиз процесса шлифования для получения детали с указанием всех подач.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен содержать:

- цель работы;
- краткие сведения об абразивных инструментах, их характеристиках, режиме резания и схемах шлифования;
- эскиз выданного шлифовального круга с маркировкой;
- подробные результаты расшифровки маркировки круга;
- эскиз выданной детали и результаты определения использованного метода шлифования;
- эскиз процесса шлифования для данной детали.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Дальский А.М., Арутюнова И.А., Барсукова Т.М. и др. Технология конструкционных материалов: учебник для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.

Гуляев А.П. Металловедение: учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Металловедение: учебник для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

Общетеchnический справочник / под ред. Е.А. Скороходова. – М.: Машиностроение, 1982. – 415 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Цель работы.....	3
Абразивные инструменты.....	-
Характеристики абразивных инструментов на твердой основе.....	4
Абразивные материалы.....	-
Зернистость.....	-
Связки.....	5
Твердость.....	6
Структура.....	7
Маркировка абразивных инструментов.....	-
Режим резания при шлифовании.....	-
Основные схемы шлифования.....	8
1. Наружное шлифование цилиндрических поверхностей.....	-
1.1. Центровое шлифование.....	-
1.2. Бесцентровое шлифование.....	10
2. Шлифование плоских поверхностей.....	11
3. Шлифование внутренних поверхностей.....	12
4. Планетарное шлифование.....	-
Порядок выполнения работы.....	13
Требования к отчету.....	-
Библиографический список.....	-