

62Л.9

К.887.

ИНЖ. Г. Ф. КУДАСОВ

ШЛИФОВАНИЕ ТОРЦЕМ КРУГА

ИЗДАТЕЛЬСТВО • КАТАЛОГИЗДАТ • 1940

НКТМ. ГЛАВАБРАЗИВ

*Центральная научно-исследовательская лаборатория
абразивов и шлифования*

Ц Н И Л А Ш

Инж. Г. Ф. Кудасов

ШЛИФОВАНИЕ ТОРЦЕМ КРУГА НА СТАНКАХ С ПРОДОЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ СТОЛА

Государственное издательство технических справочников и каталогов

„КАТАЛОГИЗДАТ“ НКОН СССР

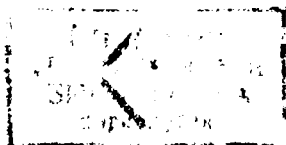
Ленинград ● 1940 ● Москва

Ответственный редактор инж. Туник Е. Я.

ГОС.
НАУЧН.
Б.

АЯ
Р

~~92/19-10~~



9/10/2

41

~~62/19~~
~~1/887~~

Настоящий труд разработан на базе экспериментов ЦНИЛАШа в области обработки металлов шлифовальными кругами, опыта отечественных металлообрабатывающих заводов и литературных данных. Книга предназначена для практического пользования инженерно-техническими работниками машиностроительной промышленности.

Δ
1543

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ШЛИФОВАНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

Плоское шлифование в настоящее время нашло себе очень широкое применение в обработке деталей машин. Ассортимент деталей, обрабатываемых на плоско-шлифовальных станках, стал настолько разнообразным, что невозможно перечислить даже наиболее характерные детали. Здесь могут быть станины металло-режущих станков и текстильных машин, блоки цилиндров и линейки штангенциркулей.

В развитии плоского шлифования можно отметить два этапа: первый, когда главной целью являлось получение гладких и точных плоскостей; и второй, когда увеличение мощности моторов танков позволило вести не только отделку поверхностей, но и обдирку. Так как соответствующий прогресс литейного и ковочного производства позволил давать очень точные, т. е. с весьма малыми припусками, отливки и поковки, то в настоящее время плоское шлифование начало конкурировать и даже вытеснять другие виды обработки плоскостей, т. е. строжку и фрезеровку.

Шлифование от строжки и фрезерования отличается большей точностью обработки и во многих случаях экономически более выгодно. Например, при фрезеровании и строжке, стремясь увеличить стойкость инструмента, работают на относительно больших глубинах резания, исключаящих необходимость работы по корке. Это требует значительных припусков, причем последние часто существенно увеличиваются до размеров больших, чем этого требуют возможные искривления при литье, ковке и т. д. При шлифовании же экономичность процесса находится в обратной зависимости от количества снимаемого с обрабатываемой поверхности металла, причем сокращение этого количества достигается как за счет снижения величины припуска, так и за счет уменьшения поверхности шлифовки, приданием ей соответствующей формы.

При шлифовании прерывистых поверхностей и работе по корке, в противоположность точению, фрезерованию и т. д., производительность не только не снижается, но в некоторых

случаях даже увеличивается. Неровности отливки обладают способностью несколько заправлять шлифовальный круг, т. е. поддерживать его режущую поверхность в состоянии высокой остроты. Шлаки, имеющиеся на поверхности отливок, посторонние включения как земля, песок, губительно действующие на резец, здесь не имеют никакого значения.

Сопоставление времени и стоимости обработки для различных методов приведено на рис. 1,¹ из которого видно, что имеются определенные границы целесообразности того или

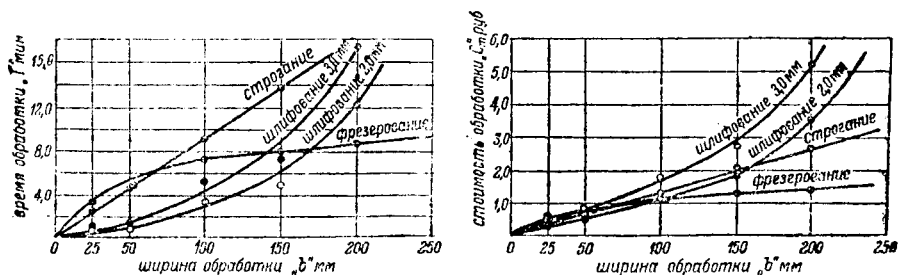


Рис. 1. Сопоставление времени и стоимости обработки шлифованием, строганием и фрезерованием

Условия обработки: материал детали — чугун средней твердости, обработка по корке, длина детали — 1000 мм, припуск под строжку и фрезеровку 5–6 мм, под шлифовку 2,0–3,0 мм.

иного метода обработки. Так, по времени шлифование более выгодно до ширины изделия $b = 150$ мм, после чего оно уступает место фрезерованию. Из того же рисунка следует, что на стоимость обработки шлифованием значительно влияет величина припуска. Если шлифование при припуске 2 мм до $b = 150$ мм равноценно строганию, то при припуске 3 мм оно менее выгодно, начиная с $b = 50$ мм. Увеличение времени и стоимости обработки с увеличением шлифуемой поверхности связано с более интенсивным износом шлифовального круга.

Кроме того, на экономичность процесса шлифования влияет и форма изделия. Наиболее желательными являются узкие поверхности, при обработке которых условия отделения стружки от изделия и ее удаления значительно более благоприятны. В зарубежной практике придают большое значение правильной форме обрабатываемого изделия. Например, инж. К. Круг² приводит следующие сравнительные данные по фрезеровке и шлифовке различных поверхностей.

¹ Режимы обработки при фрезеровании и строгании взяты из расчета полного использования режущих свойств инструмента и станков, а по шлифованию — на основании экспериментальных данных ЦНИЛАН (Союзной центральной научно-исследовательской лаборатории абразивов и шлифования), применительно к плоско-шлифовальному станку «Дискус» и сегментам на бакелитовой связке, зернистости 16.

² См. журнал «Schleifmittelindustrie» № 21, 1925.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ШЛИФОВАНИЮ И ФРЕЗЕРОВАНИЮ

Форма обрабатыв. поверхности		
Обработка	Фрезеровка	Шлифование
Станок	Вертикально-фрезерный станок	Плоско-шлифовальный станок
Инструмент	Фрезерная головка диаметром 200 мм из быстрорежущей стали	Шлифовальный круг „Дискус“
Материал	Литейный чугун средней твердости	Литейный чугун средней твердости
Припуск	4 мм	1 мм
Точность	0,03 мм	0,02 мм
Рабочая поверхность	200 см ²	56 см ²
Вес снятой стружки.	576 г	40 г
Рабочее время для черновой обработки.	8 мин.	1 мин.

Отношение расходов по фрезеровке к расходам по шлифовке равно 6:1.

Поэтому при переходе на плоское шлифование в конструкциях деталей необходимо предусмотреть: увеличение числа выемок на отдельных обрабатываемых плоскостях, устранение выступающих частей, перенесение отдельных обрабатываемых поверхностей в одну шлифуемую плоскость.

Примеры таких изменений конструкции приведены на рис. 2.

Что касается точности шлифовки, то она намного превосходит другие виды обработки. Практика показала, что точность 1-го и 2-го классов при обработке направляющих станин металлорежущих станков может быть достигнута как шлифованием, так и шабровкой.

Учитывая, что ручная шабровка является физически трудной и малопроизводительной операцией, а также считаясь с недостатком квалифицированных слесарей, большинство станкостроительных заводов перешло с шабровки направляющих станин на их шлифование.

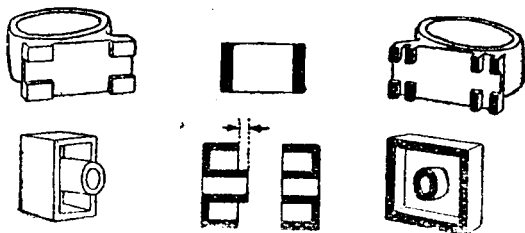


Рис. 2. Примеры изменения конструкции деталей с переходом на плоское шлифование

Некоторые технологи в качестве преимущества шабровки выставляют наличие на отшабренной поверхности маленьких углублений, в которых задерживается смазка. Необходимо однако, иметь в виду и отрицательную сторону этих углублений, а именно возможность попадания в них металлической пыли, которая царапает трущиеся поверхности. Однако и шлифованную поверхность, при обычно применяемых кругах и режимах, нельзя представлять себе совершенно гладкой. На такой поверхности имеется густая сеть царапин, нередко довольно крупных, в которых масло задерживается долгое время. Шлифованные направляющие прилегают более плотно, чем шаброванные, вследствие наличия плоского и равномерного соприкосновения, а не точечного. Установлено, что при шабровке прилегание направляющих происходит на 20—30% всей поверхности, а при шлифовании на 80—90%.¹ Естественно поэтому, что шлифованные поверхности отличаются большей сопротивляемостью износу, чем шаброванные.

Современные шлифовальные станки обеспечивают высокую точность обработки. Станок „Маттисон“ при шлифовании каленых направляющих длиной 3900 мм дает точность $\pm 0,013$ мм, при снимаемом слое металла равном 0,62 мм, шлифование стола фрезерного станка длиной 1780 мм и шириной 430 мм, выполняется с точностью 0,013 мм по всей поверхности.²

При шлифовании станины длиной 1500 мм на станках „Шенхер“ как в продольном, так и в поперечном направлении, а также в отношении параллельности, без труда достигается точность в 0,01 мм.

При сложной форме станины едва ли возможно достигнуть такой точности при шабровке: она может быть получена только приблизительно и то лишь при очень тщательной работе и при большой затрате времени.

Плоское шлифование осуществляется в большинстве случаев двумя способами:

- а) при возвратно-поступательном движении изделия или круга (по типу продольно-строгальных станков);
- б) при вращательном движении изделия (по типу карусельных станков).

В обоих случаях обработка ведется либо периферией круга, либо его торцом.

При шлифовании периферией круга стол с закрепленным на нем изделием имеет возвратно-поступательное движение, ось круга параллельна плоскости стола (рис. 3).

Имеются две подачи: первая на глубину резания (на стружку) и вторая в поперечном направлении, т. е. перпендикулярно движению стола. При небольшой ширине изделия шлифование можно производить сразу всей шириной круга (рис. 4). Этот способ является вариантом первого и имеет тот недостаток, что мягкий

¹ Проф. Егоров М. Е., инж. Дементьев В. И. „Технологические процессы обработки деталей на металлорежущих станках“. Машгиз. 1939 г.

² „Шлифовка плоскостей в станкостроении“. Журнал „Мировая техника“, № 3, 1937 г.

шлифовальный круг в процессе работы изменяет свою форму, как приведено на рис. 5, а твердый — дает интенсивный нагрев и вызывает деформации изделия. В практике этот метод обработки не имеет сколько-нибудь значительного применения.

Способ обработки периферией круга применяют преимущественно на чистовых операциях шлифования: инструмента, приспособлений, мелких деталей машин в серийном производстве

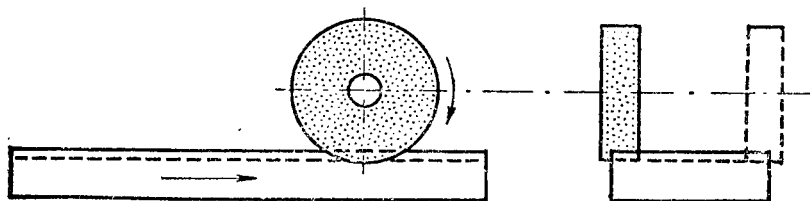


Рис. 3. Схема расположения круга и изделия при плоском шлифовании периферией круга

и т. п. Припуски под шлифовку здесь ограничивают возможным минимумом, так как обычно маломощные моторы этих станков не позволяют вести обдирочный процесс.¹

Станки по типу продольно-строгальных, шлифующие торцом круга, по способу расположения шпинделя разделяются на станки с горизонтально расположенным шпинделем (рис. 6) и на станки с вертикально расположенным шпинделем (рис. 7).

По конструкции шлифовальные круги этих станков разделяются на сплошные кольцевые круги и на сегментные, состав-

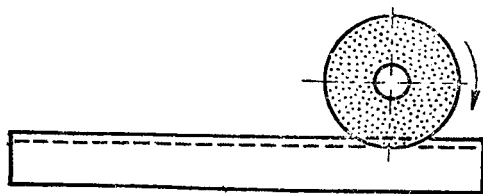


Рис. 4.

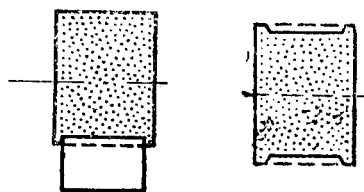


Рис. 5.

Рис. 4. Схема расположения круга и изделия при шлифовании относительно узких изделий всей шириной круга

Рис. 5. Изменение формы круга при шлифовании более узких изделий, чем шлифовальный круг

ленные из отдельных частей. Наибольшим распространением пользуются станки с сегментными кругами. Обычно моторы у таких станков мощные и позволяют снимать значительные количества металла, а потому особенно пригодны для обработки поковок, отливок и т. п. Например, на станке „Дискус“ с мотором мощностью 20/22 квт при обдирочном шлифовании чугуна и ши-

¹ На некоторых последних моделях станков этого типа имеются уже более мощные моторы.

рине изделия $\sigma = 100$ мм количество снимаемого металла в час достигает 62 кг, что составляет 3 кг на 1 кВт мощности.

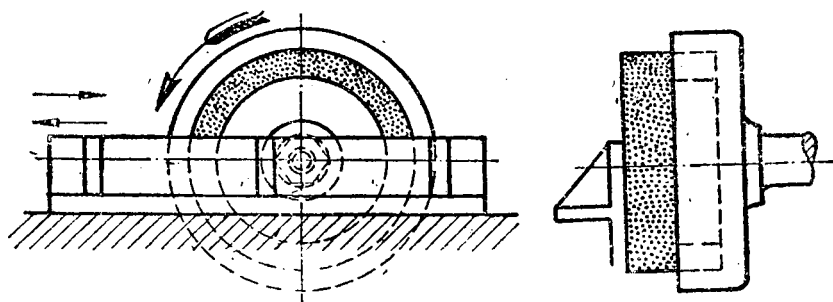


Рис. 6. Схема шлифования торцом круга на станках с продольным движением стола с горизонтальным шпинделем

Применение кольцевого¹ или сегментного круга для процесса шлифования может быть охарактеризовано следующим образом: благодаря прерывистости сегментного круга снимаемый при шлифовании материал может легко удаляться в промежутки между сегментами, в то же время охлаждающая жидкость получает свободный доступ к месту резания, а, следовательно, лучше охлаждает обрабатываемое изделие.

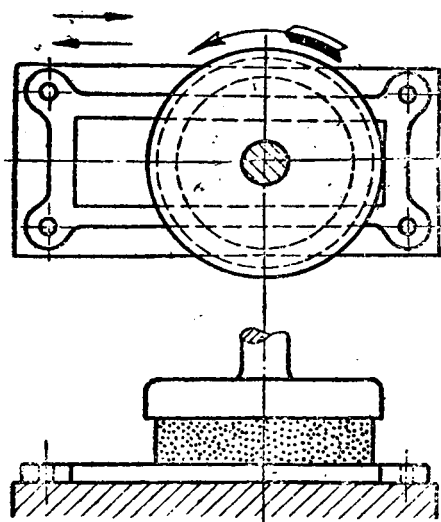


Рис. 7. Схема шлифования торцом круга на станках с продольным движением стола с вертикальным шпинделем

Сплошные круги скорее подвержены затуплению, раньше прижигают обрабатываемую поверхность, чем круги сегментные, а потому работают с меньшей производительностью.

Качество шлифованной поверхности при обработке сплошным кругом выше. Неровности поверхности (выступы и впадины) здесь хотя и располагаются чаще, но имеют меньшие размеры.

При сегментном круге не обеспечивается достаточно спокойная работа — без толчков и ударов. Удары происходят при контакте каждого сегмента с кромкой изделия. Чем меньше

¹ Изготовление кольцевых кругов больших диаметров (600—900 мм) представляет значительные технологические трудности. Они подвергаются во время сбжига короблению, дают трещины, при транспортировке ломаются и т. д. Стоят кольцевые круги, в сравнении с сегментными, значительно дороже.

количество сегментов в одном круге, т. е. чем с большими промежутками они расположены друг от друга, тем грубее получается шлифуемая поверхность. Иными словами, качество шлифуемой поверхности улучшается с увеличением одновременно участвующих в работе абразивных зерен — кристаллов, так как на долю каждого зерна приходится меньшее количество работы — меньшее сечение стружки. В этом смысле имеет существенное значение также форма сегмента: с меньшим числом острых углов, т. е. сегменты круглой формы или близкой к ней дают поверхность более высокого качества.

По типу карусельных станков плоское шлифование осуществляется следующим образом: шлифовальный круг и стол

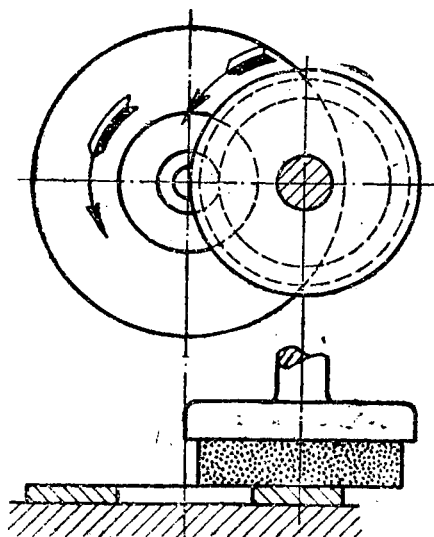


Рис. 8. Схема шлифования торцом круга на плоскошлифовальных станках с вращающимся столом и вертикальным шпинделем

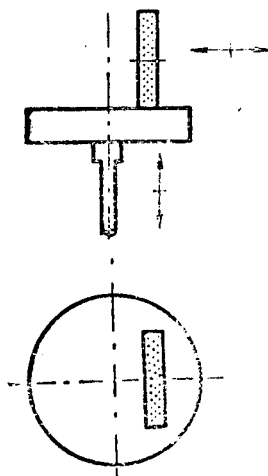


Рис. 9. Схема плоского шлифования периферией круга на станках с вращающимся столом

с закрепленным на нем изделием вращаются (рис. 8). Ось круга перпендикулярна плоскости стола. Подача на глубину резания происходит путем опускания шлифовальной бабки. Шлифовальный круг сплошной или сегментный работает торцом. Станки предназначены для шлифования недлинных изделий различных форм, дают высокую точность и хорошее качество обработанных поверхностей, распространены в массовом производстве.

Кроме описанных, существует метод обработки поверхностей периферией круга на вращающемся столе (рис. 9). Изделие, закрепленное на столе, вращается, круг кроме вращательного движения имеет продольную подачу, параллельно своей оси. Поперечная подача осуществляется путем подъема стола. Станки применяются в авто-тракторном производстве.

В дальнейшем мы подробно разберем только один вид шлифовки плоскостей. именно на современных мощных станках с продольным движением стола (типа продольно-строгальных). Шлифование на этих станках, как правило, производится торцом сегментного круга. Благодаря такой конструкции круга, а также наличию мощного мотора, можно вести и обдирочный процесс, который, как об этом говорилось выше, конкурирует во многих случаях с другими видами обработки плоскостей.

Этот метод шлифовки плоскостей является последним достижением в шлифовальном деле и находит все большее распространение на заводах.

Поэтому, вопросы этого современного метода обработки будут рассмотрены со всеми подробностями. Сюда входит: описание станков, описание шлифовальных кругов и данные по режимам обработки. Из числа станков для шлифования торцом круга будут рассмотрены станки производства Московского завода шлифовальных станков и заграничные. Наиболее значительное место отводится вопросу выбора шлифовального круга и его характеристике, так как эффективность шлифования, в первую очередь, зависит от правильного выбора круга. В частности, освещен вопрос применения кругов на бакелитовой связке. Последние на плоской шлифовке почти вытеснили круги на других связках.

В главах IV и V излагаются процесс шлифования и работа на станках. Материал этих глав охватывает комплекс вопросов, связанных с правильным ведением процесса резания, и носит преимущественно практический характер. Теоретические вопросы шлифования, как геометрия снимаемой стружки, самозатачивание и затупление шлифовального круга, принципы выбора режима работы и др. также будут рассмотрены под углом зрения практического использования.

Рис. 10. Общий вид
плоскошлифовального
станка „Шмальц“, мод.
AVL-3

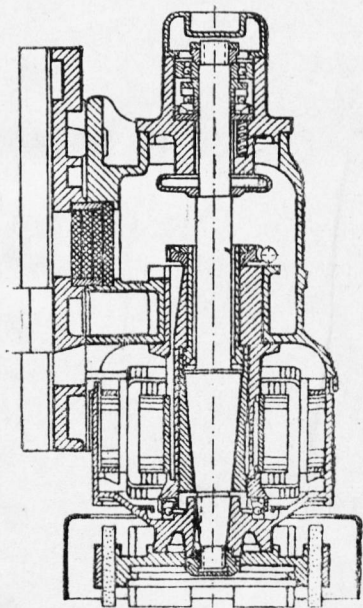
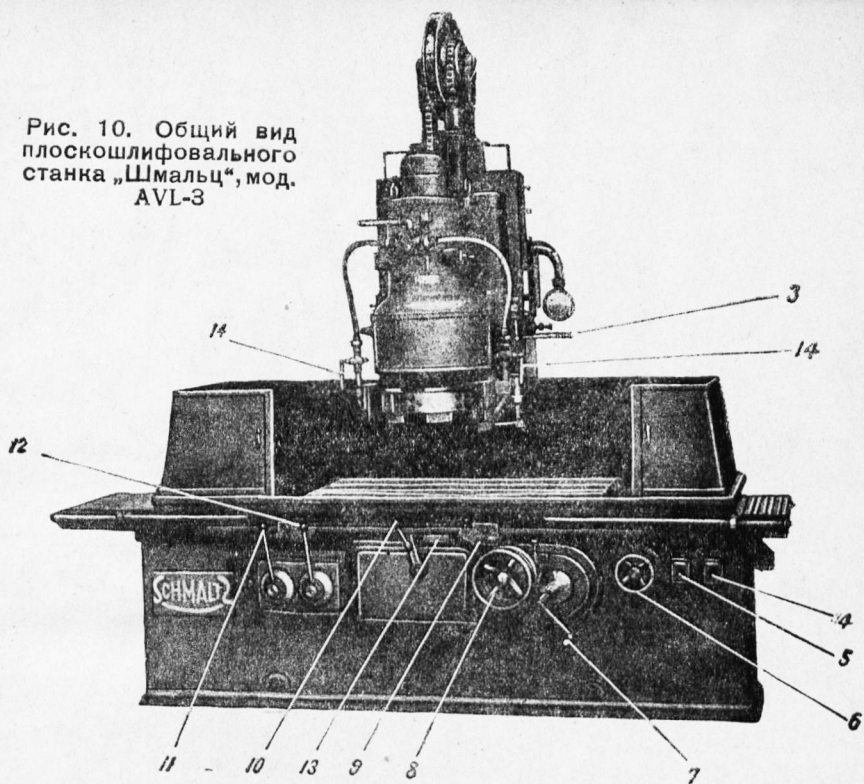


Рис. 11. Разрез шлифоваль-
ной бабки станка „Шмальц“

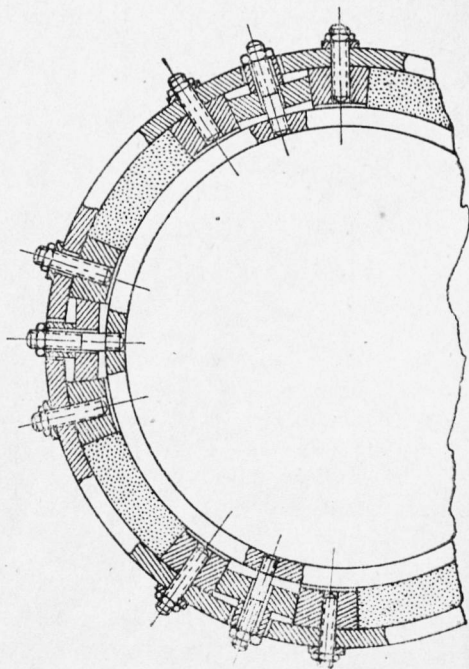


Рис. 12. Конструкция сегментной г
ловки станка „Шмальц“

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ, РАБОТАЮЩИЕ ТОРЦЕМ КРУГА ПРИ ПРЯМОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ СТОЛА

1. ТИПЫ СТАНКОВ

В предыдущей главе были выяснены преимущества шлифования плоскостей торцевыми сегментными кругами. Теперь мы рассмотрим устройство станков, работающих этим видом инструмента при возвратно-поступательном движении стола.

Все шлифовальные станки этого рода, в зависимости от положения шлифовального шпинделя, можно разделить на два типа:

- а) на станки с вертикальным шпинделем и
- б) на станки с горизонтальным шпинделем.

Представителями первого типа станков являются станок „Шмальц“ и станок тип 3732 Московского завода шлифовальных станков. Представителями второго — станок „Дискус“ и станок тип 373-С того же Московского завода.

На станках с вертикальным шпинделем неудобно обрабатывать высокие и громоздкие изделия, но зато очень удобно — низкие и длинные. Типичными примерами изделий для обработки на этих станках являются столы фрезерных станков, поверочные плиты, ножи и др. Станки же с горизонтальным шпинделем более приспособлены для обработки высоких изделий, как например, блоки цилиндров, корпуса и пр.

2. СТАНОК „ШМАЛЬЦ“

На рис. 10 показан станок „Шмальц“, модель AVL-3, с наибольшей длиной шлифования 1000 мм. Шпиндель шлифовальной бабки соединен непосредственно с мотором (рис. 11), который имеет внешний ротор. Преимущество его состоит во-первых, в большем моменте инерции, а во-вторых, в хорошем

хлаждении, получаемом от вращающегося снаружи короткозамкнутого якоря. Мощность мотора 13,5 квт, число оборотов 60 в минуту. Внешний диаметр шлифовального круга, составленного из 6 сегментов, — 400 мм, на среднем диаметре окружая скорость круга равна 19 м/сек.

Конструкция сегментной головки состоит из 2 стальных колец, скрепленных между собой болтами, между которыми ставятся сегменты, зажимаемые клиньями (рис. 12).

Недостаток конструкции головки этого станка заключается в слишком больших промежутках между сегментами. Кроме того, не рациональна и сама форма сегментов, обладающих

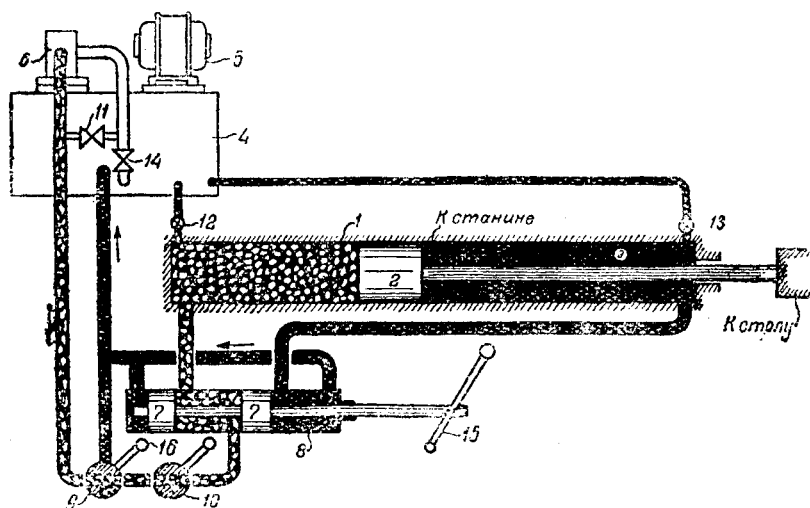


Рис. 13. Схема гидравлической подачи стола станка „Шмальц“

прямолинейными торцевыми кромками. Последние сразу всей шириной, вступая в контакт с изделием, дают как бы удар, ведущий к интенсивному износу кромок. Зажимное устройство не обеспечивает жесткого крепления сегментов по высоте, которые при большой нагрузке часто подаются вверх.

Для предохранения от возможного разрушения сегмента при зажиме клином между сегментом и клиньями необходимо ставить прокладки из плотного картона или резины.

Гидравлическая подача станка. Возвратно-поступательное движение стола осуществляется гидравлической подачей, схема которой показана на рис. 13. Гидравлическая подача осуществляется мотором в 1,5 квт. В станине станка закреплен цилиндр (1) с поршнем (2). Стол станка соединен с выступающим из цилиндра концом штока (3), от которого он получает возвратно-поступательное движение. (4)—резервуар для масла, из которого шестеренчатый насос (6), приводимый в движение мотором (5), доставляет масло в рабочий цилиндр.

Для передачи давления на правую или левую сторону поршня (правый или левый ход стола) установлен реверсивный механизм состоящий из цилиндра (8), поршней (7) и реверсивного рычага (15). В крайнем левом положении реверсивного рычага (15) масло передает давление на левую (переднюю) поверхность главного поршня (2). Путь масла обозначен черным. Масло, находящееся с правой стороны поршня (2),двигающегося вправо, течет по трубопроводам к резервуару (4). Путь масла обозначен пунктиром. Переключение рычага (16) может производиться от руки и автоматически от упоров (9) (рис. 10), установленных на столе станка. В нагнетательном трубопроводе имеются два крана (рис. 13), из которых (9), при повороте рукоятки (16), дает возможность непосредственного отвода масла в резервуар и внешнего прекращения движения стола. Второй кран (10) служит для регулирования количества масла, что дает возможность устанавливать желаемую скорость стола в пределах от 0 до 6 м/мин., в зависимости от угла наклона рукоятки. Регулирование достигается предохранительным клапаном (11), снабженным пружиной и открывающимся при повышении давления в трубопроводе. В этом случае излишек масла через клапан поступает в резервуар. При полном открытии крана (10) давление масла оказывается недостаточным, чтобы открыть предохранительный клапан, и все масло поступает в рабочий цилиндр, стол при этом получает полную скорость. Для закрытия масла во всасывающем трубопроводе имеется запорный клапан (14). Краны (12) и (13), установленные на станине станка, служат для удаления воздуха из трубопровода, вызывающего толчки в движении стола. Для включения и выключения мотора насоса служит кнопочное устройство (4) (рис. 10).

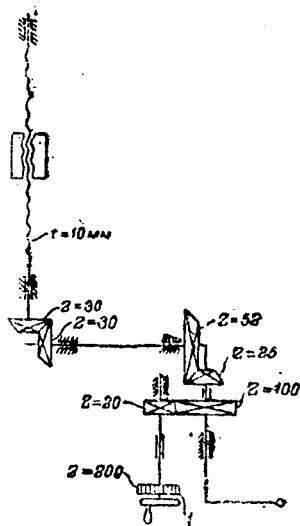


Рис. 14. Схема подачи на глубину резания станка „Шмальц“

Поперечная подача, или подача на глубину резания, осуществляется опусканием шлифовальной бабки (рис. 14). Подача происходит на каждый ход стола. Величина автоматической подачи равна 0,005 мм на один зуб храпового колеса (1). Так как собачка подачи может захватить самое большее 14 зубцов, то это даст наибольшую подачу в 0,07 мм.

Охлаждение подается насосом, приводящимся в действие отдельным электр. мотором в 0,33 квт. Количество подаваемой жидкости — 20 л/мин.

Управление станком. Для пуска и остановки мотора служит кнопочное устройство (5) и пусковой механизм (6) (рис. 10).

В начале работы станка, т. е. по включении мотора гидрав-

ической подачи, следует удалить воздух из трубопровода, для его краны (12) и (13) открываются и остаются открытыми до установления спокойного хода стола (рис. 13).

Автоматическая поперечная подача осуществляется через рычаг (13) (рис. 10), связанный с рычагом (10), служащим для реверсирования хода стола. Рычаг (13) при повороте рукоятки рычага (10) действует на храповой механизм маховика (8).

Рукоятка (12) станка служит для мгновенной остановки стола, рукоятка (11) — для установления и регулирования скорости стола; для переключения охлаждающей жидкости служат краны (14). Правка круга осуществляется приспособлением при помощи рукоятки (3).

Предварительная грубая установка, т. е. подвод к изделию шлифовальной бабки, производится вручную с помощью рукоятки (7). Один оборот рукоятки соответствует перемещению бабки на 5 мм. Последующая установка на глубину резания производится вручную маховиком (8), один оборот которого соответствует подаче на 1 мм, а поворот на один зуб—0,005 мм.

Обрабатываемое изделие устанавливается на магнитный стол станка, питаемый динамомашиной, связанной с мотором 0,3 квт. Величина хода стола устанавливается в зависимости от размера изделия и фиксируется ограничителями (9).

3. СТАНОК МОСКОВСКОГО СТАНКОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА ТИП 3732 ¹

К тому же типу, что и рассмотренный станок „Шмальц“, относится станок Московского завода, показанный на рис. 15.

Шлифовальная бабка (рис. 16) состоит из чугунного цилиндрического корпуса (1) с приливом и отверстием для гайки винта подачи и шпинделя (2), смонтированного на шариковом подшипнике сверху и коническом роликовом снизу.

В бабку встроен электродвигатель, тип АД 51/4, мощностью 7,8 квт, при числе оборотов 1500 в минуту.

Шпиндель со всеми смонтированными на нем деталями поддерживается 12 спиральными пружинами (3), устраняющими слабины в нижнем роликовом подшипнике. Для охлаждения электромотора служит вентилятор (5). Подшипники имеют циркуляционную смазку, осуществляемую специальными центробежными чашками (6), которые, вращаясь вместе с шпинделем, подают через соответствующие каналы масло подшипникам. На нижней конусной части шпинделя расположен патрон, в который укрепляются шлифовальные бруски. Последние вставляются в соответствующие вырезы патрона (рис. 17) и закрепляются через прокладные плитки болтами 1 и 2.

Шлифовальный круг состоит из 8 шт. сегментов и имеет диаметр в 320 мм. Высота сегментов 120 мм, толщина 20 мм, окружная скорость круга 25 м/сек.

¹ При описании станка использованы материалы завода.

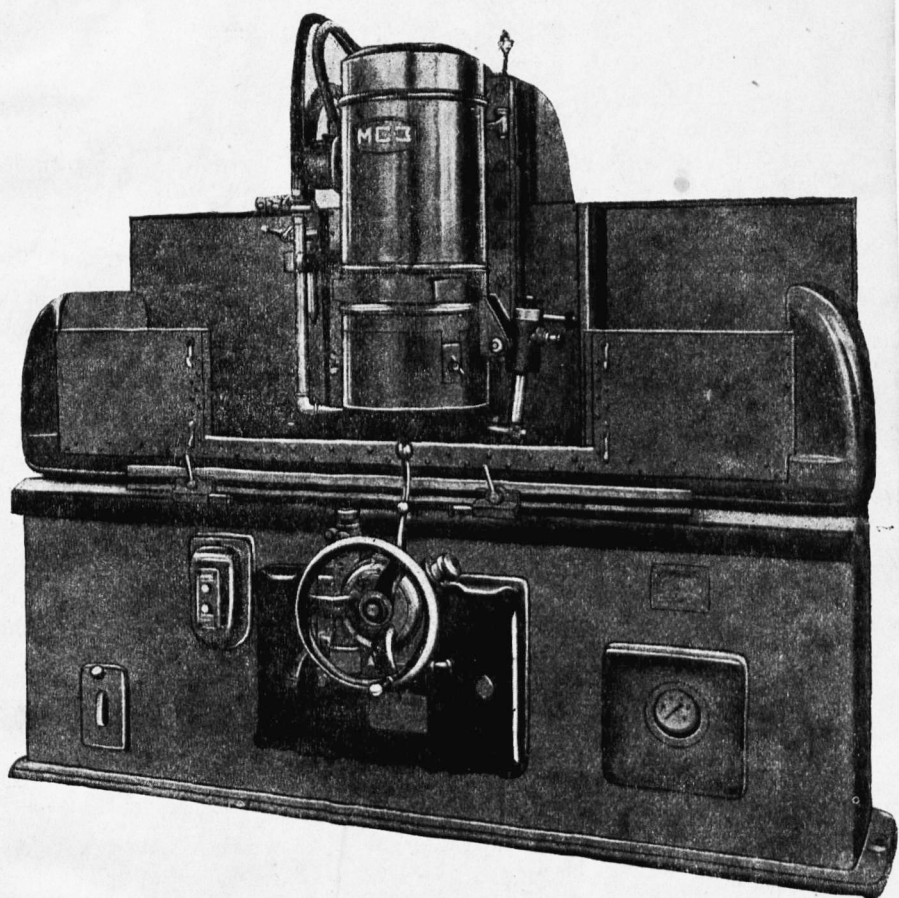


Рис. 15. Общий вид плоскошлифовального станка с вертикальным шпинделем Московского станкостроительного завода (МСЗ), тип 3732

Поперечная гидравлическая подача шлифовальной бабки осуществляется в пределах от 0,005 до 0,1 мм на каждый ход стола. Этот механизм (рис. 18) помещается в чугунном корпусе (1) и укреплен на станине спереди у рабочего места. Величина подачи устанавливается рукояткой (8) по нониусу (6). Масло, поступаая в цилиндр (9), подает поршень (2) со штоком и пружиной вверх на величину зазора между штоком и поршнем. Вели-

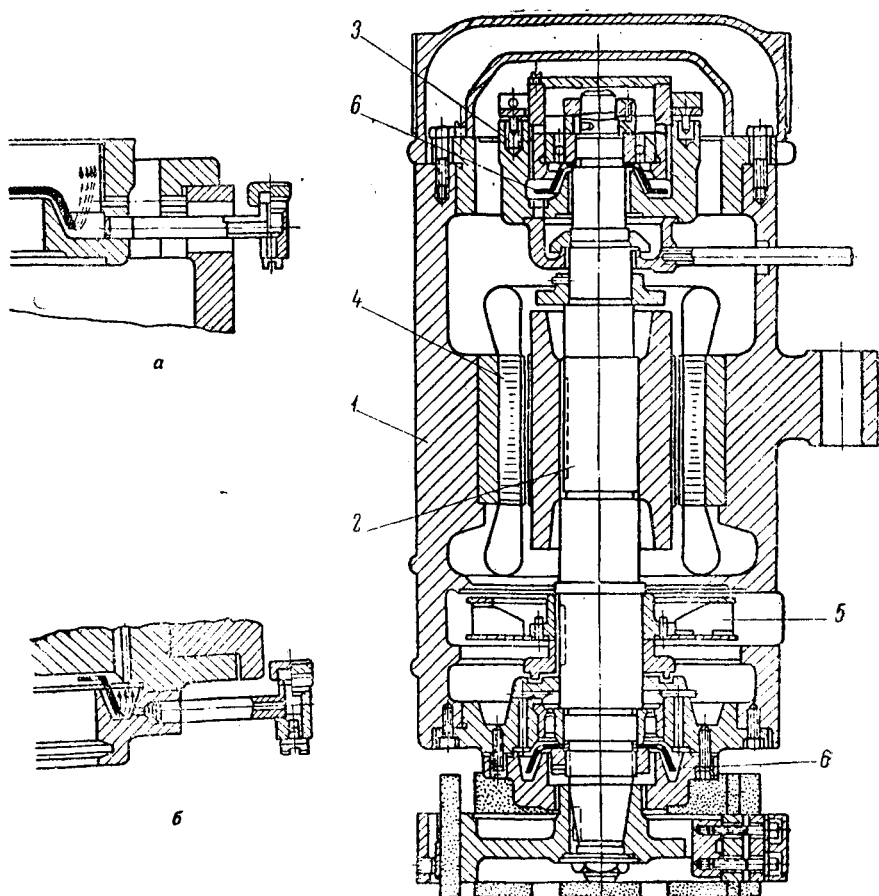


Рис. 16. Шлифовальная бабка станка МСЗ, тип 3732

а) Смазка верхнего подшипника

б) Смазка нижнего подшипника

чина зазора равна величине подачи. Поршень, идя' вверх, захватывает зубчатый сектор (4) и последний поворачивается на угол, равный величине подачи. Храповое колесо (5) через вал, червячную пару (11), шарнирную (12) и зубчатую передачу (13) сообщает движение винту подачи (14). Под действием пружины (3)

поршень опять опускается, масло из цилиндра вытесняется, уходит в кран (4) (см. рис. 19), а оттуда — в резервуар. Подача, таким образом, получается прерывистой.

Ручная подача. Храповое колесо приводится в движение от руки рукояткой (15), а дальше механизм работает так же, как и с гидравликой. Винт подачи с гайкой укреплен в отверстии прилива корпуса шлифовальной бабки. Наверху он упирается в подшипник, а внизу — смонтирован на плавающем подшипнике.

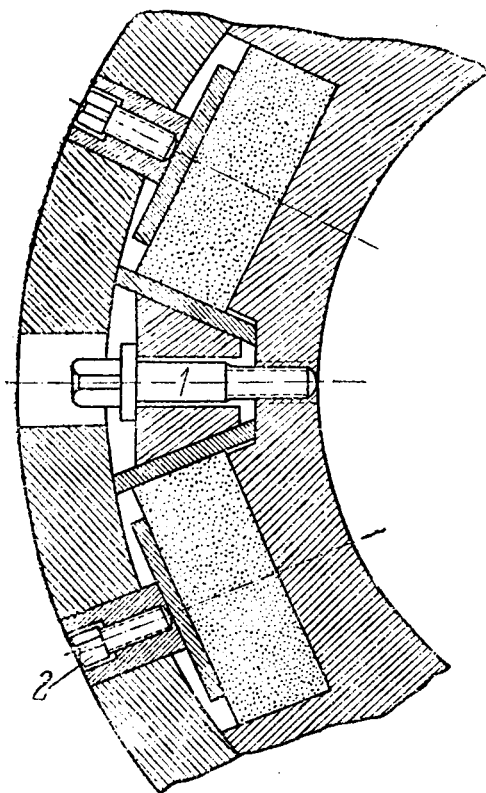


Рис. 17. Патрон для зажима сегментов станка МСЗ, тип 3732

Стол станка длиной в 750 мм и шириной в 300 мм, а наибольший продольный ход его — 1100 мм. Наибольшие размеры шлифуемых поверхностей изделий: длина 750 мм, ширина 300 мм, высота 240 мм. Переключение стола осуществляется автоматически от упоров, причем стол может быть остановлен в любом месте. На столе устанавливается электромагнитная плита следующих размеров: длина 600 мм, ширина 250 мм, высота 100 мм.

Гидропривод стола приводится в движение шестеренчатым насосом производительностью 105 л/мин при рабочем давлении 10 кг/см². Продольная скорость стола от 1 до 15 м/мин.

Масло. Для гидропривода применяется веретенное масло № 3 или турбинное „Т“. Вязкость по Энгелеру при 50°C 2,8—3,2. Допускаемая температура нагрева в работе 60°C.

Охлаждение. Для охлаждения применяется центробежный насос производительностью 40 л/мин, приводимый во вращение электромотором мощностью в 0,37 квт.

Схема гидравлического устройства станка показана на рис. 19. Возвратно-поступательное движение стола осуществляется следующим образом: из шестеренчатого насоса (1) через кран переключения хода стола (6) масло под давлением поступает в правую полость цилиндра и подает поршень вместе со связанным с ним штоком и стол влево. Масло, находящееся

S279-60

Рис. 18. Механизм гидравлической поперечной подачи станка МСЗ, тип 3732

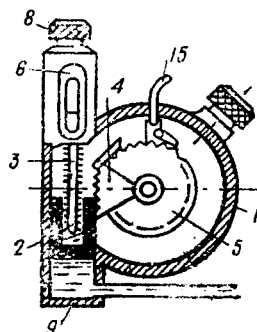
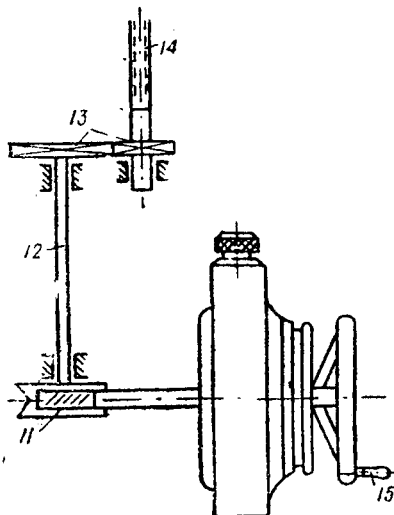
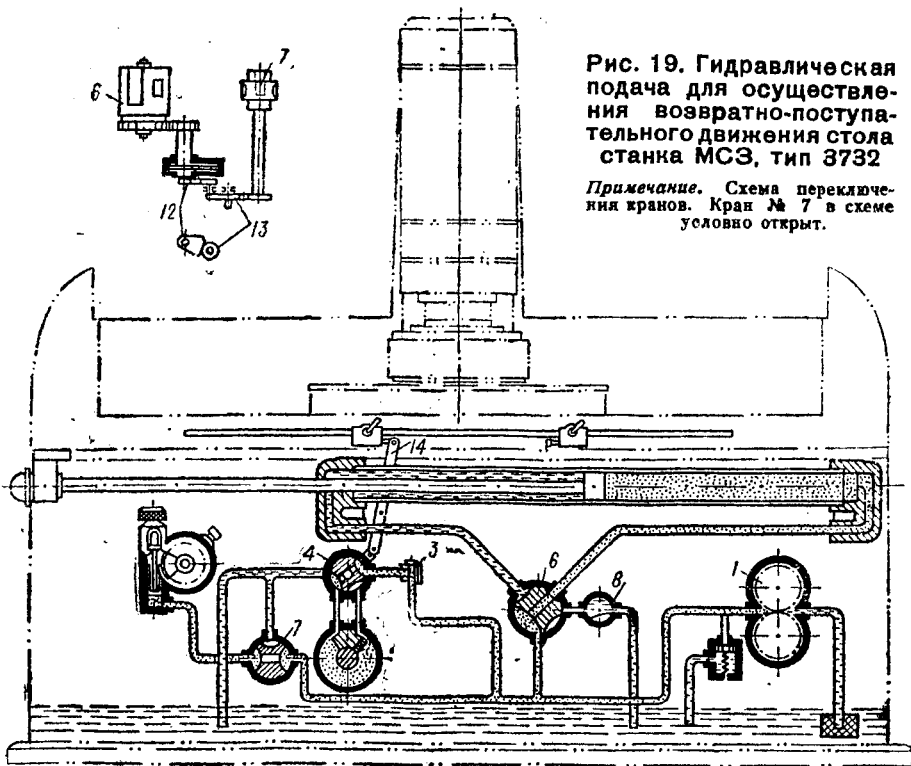
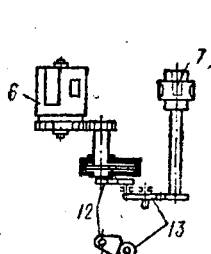


Рис. 19. Гидравлическая подача для осуществления возвратно-поступательного движения стола станка МСЗ, тип 3732

Примечание. Схема переключения кранов. Кран № 7 в схеме условно открыт.



Условные обозначения:



Масло под давлением



Масло без давления

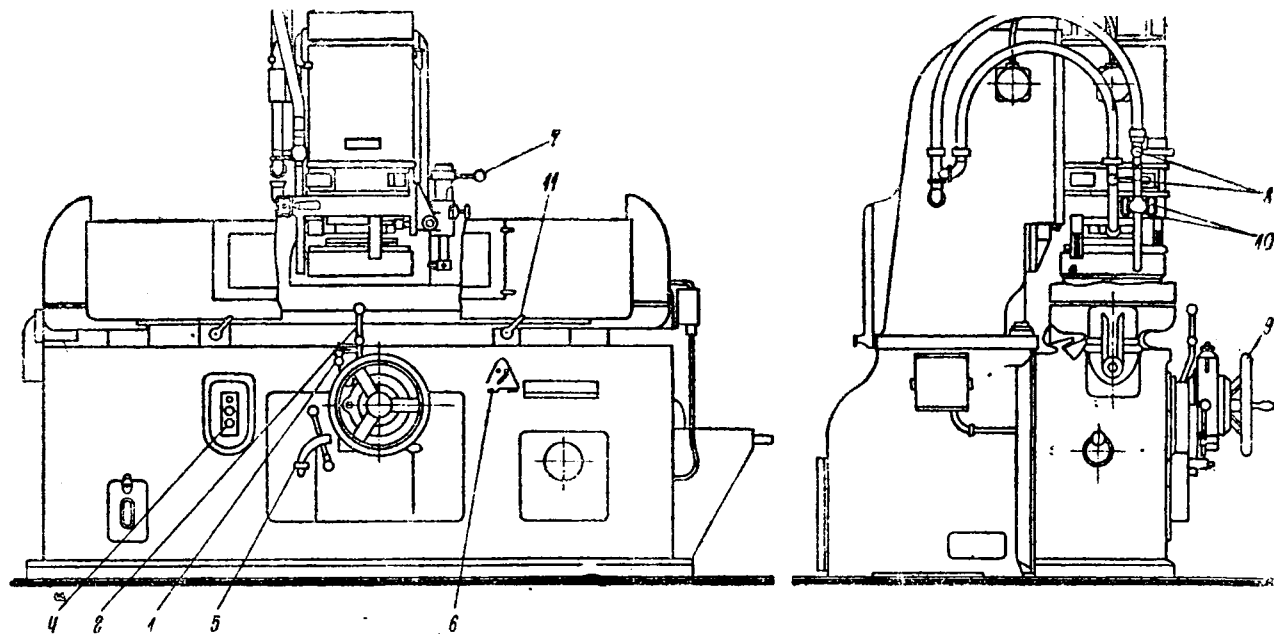
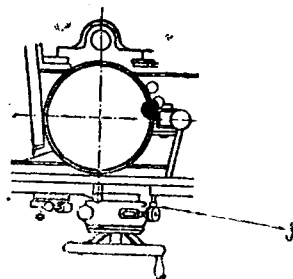


Рис. 20. Расположение кнопок и рычагов управления плоскошлифовального станка МСЗ тип 3732

1 — рукоятка для установка величины вертикальной подачи, 2 — рычаг для переключения хода стола, 3 — рукоятка для включения и выключения вертикальной подачи, 4 — кнопочная станция для пуска и останова станка, 5 — рукоятка для скоростного края, 6 — включение и выключение магнитной плиты, 7 — рукоятка механизма правки шлифовального круга, 8 — рукоятки крана насоса охлаждения, 9 — маховик для ручного перемещения шлифовальной бочки, 10 — рукоятки зажима шлангов охлаждения, 11 — рукоятка упора стола.



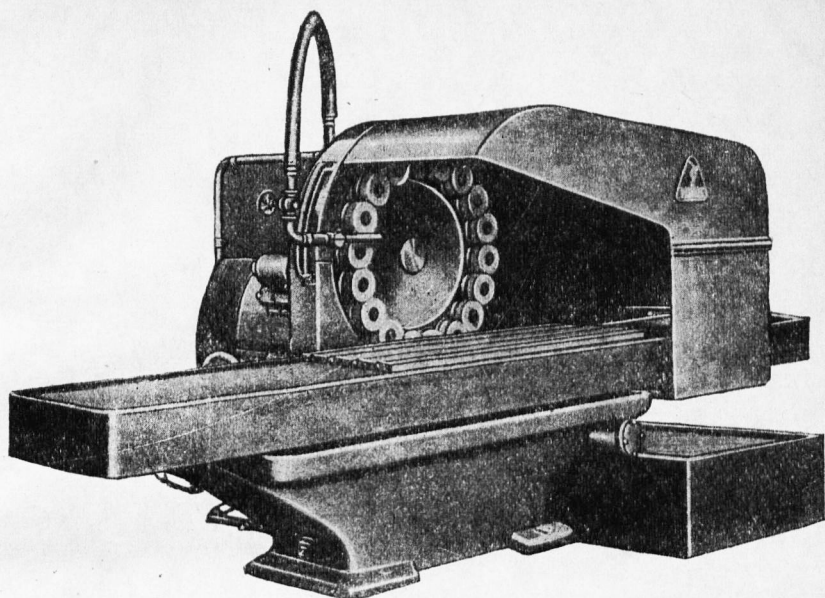


Рис. 21. Общий вид плоскошлифовального станка „Дискус“, тип DWN 900/1200

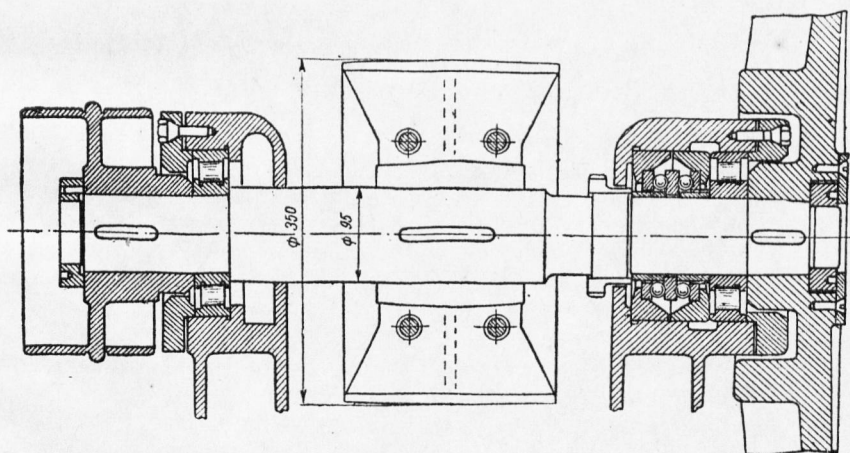


Рис. 22. Конструкция шпинделя шлифовального станка „Дискус“

в левой стороне цилиндра, выдавливается поршнем и через краны (6, 8) поступает в резервуар. Регулированием скоростного крана (8), т. е. изменением количества пропускаемого через него масла, устанавливаются разные скорости стола, в пределах от 1 до 15 м/мин. Этим же краном останавливается стол в любом положении. Скорость переключения хода стола зависит от скорости поворота лопасти сервомотора. Масло из насоса через регулирующий винт (3) поступает в кран сервомотора (4), а из него — в самый сервомотор. Следовательно, чем больше масла поступает в сервомотор, тем быстрее он будет вращаться и тем быстрее будет происходить переключение хода стола через кран (6). Переключение кранов показано на рис. 19. Винт (3) должен быть так отрегулирован, чтобы переключение стола с одного хода на другой происходило достаточно быстро, но без толчков и ударов. Из крана (4) часть отработанного масла поступает в резервуар. Из насоса масло под давлением поступает в кран (7), а оттуда — в цилиндр шлифовальной бабки, сообщая ей вертикальную подачу. Из цилиндра масло опять поступает в кран (7) и через выводную трубку — в резервуар. При обратном ходе стол тянет за собой рычаг (14) и открывает связанный с рычагом кран (4). Масло из насоса через винт (3) поступает в кран (4), а оттуда — в сервомотор. Последний через зубчатую передачу переключает кран (6). Кроме того, сервомотор через кулачок (12), ролик (13) и зубчатую передачу переключает кран (7).

Органы управления станком показаны на рис. 20.

Смазка станка. Смазка направляющих стола и станины производится от общей гидравлической системы.

ТАБЛИЦА 2

РЕЖИМ СМАЗКИ ШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА МСЗ ТИП 3732

Наименование точек смазки	Система смазки	Сорт смазочного материала	Режим смазки	Примечание
Подшипники шпинделя . . .	Ручная	Машинное масло № 2	Держать наполненными	Необходимо менять масло 1 раз в шестидневку
Цилиндрические шестерни и нижняя опора винта . . .	"	То же	То же	То же
Направляющие колонки, винт и верхняя опора винта . .	"	"	Заливать 1 раз в смену	
Механизм автоматической подачи	"	"	То же	
Направляющие стола	Смазка под давлением	Машинное масло № 3 или веретенное	"	Давление смазки регулируется винтом

Другие механизмы смазываются вручную через соответствующие отверстия и масленки.

Режим смазки приведен в табл. 2.

4. СТАНОК „ДИСКУС“

На рис. 21 показан станок с горизонтально расположенным шпинделем „Дискус“, тип DWH 900/1200. Мощность мотора 20/22 квт (20 квт при числе оборотов шпинделя шлифовального круга $n=525$ об/мин. и 22 квт при $n=710$ об/мин.).

Шпиндель станка и насос для гидравлической подачи стола, охлаждающей жидкости и смазки к трущимся поверхностям, приводятся в движение от общего мотора через ременные передачи.

Шпиндель станка (рис. 22) покоится на роликовых подшипниках, благодаря чему имеет легкий ход.

Круг состоит из 18 сегментов, насаженных на несущую планшайбу (рис. 23).

На среднем диаметре шлифовальный круг имеет окружную скорость 21 м/сек. при $n=525$ об/мин. и 28 м/сек. при $n=710$ об/мин. Для разгрузки планшайбы от давления резания и устранения перекосов имеется приспособление с опорным роликом. Конструкция сегментного круга — кольцевая форма сегмента и расположение сегментов с небольшими промежутками между собой — делает круг устойчивым и высокопроизводительным.

Гидравлическая подача.

Перемещение стола производится при помощи гидравлического привода, показанного на схеме

(рис. 24). Скорость перемещения стола лежит в пределах от 0 до 6 м/мин. при числе оборотов шпинделя 525 в минуту и от 0 до 7 м/мин. при 710 об/мин.

Вал шестеренчатого насоса получает вращение через ременную передачу от шпинделя станка. Масло из резервуара поступает в насос через трубу (1) и из насоса по трубе (2) в распределительную коробку. Когда рукоятка (3) находится в крайнем левом положении, окно (4) перекрыто, и масло в цилиндр попасть не может, а через окно (5) идет в трубу и в бак. Для перемещения стола необходимо рукоятку (3) повернуть из край-

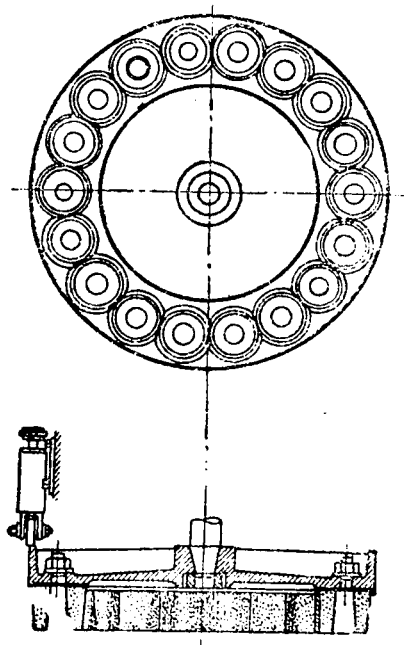


Рис. 23. Планшайба станка „Дискус“ с установленными сегментами

него левого положения вправо, чтобы открыть доступ масла в распределительную коробку и через нее — в рабочий цилиндр. В зависимости от угла поворота рукоятки (3) вправо — поступление масла в распределительную коробку и рабочий цилиндр будет различным, что вызывает соответствующее изменение скорости движения стола. Когда окно (4) открыто настолько, что не может пропустить все масло, подаваемое насосом, то давление в трубе (2) повышается, открывается предохранительный клапан и через него масло уходит обратно в бак. Масло по трубе (2) через окна (6) и (4) поступает в распределительную коробку подач.

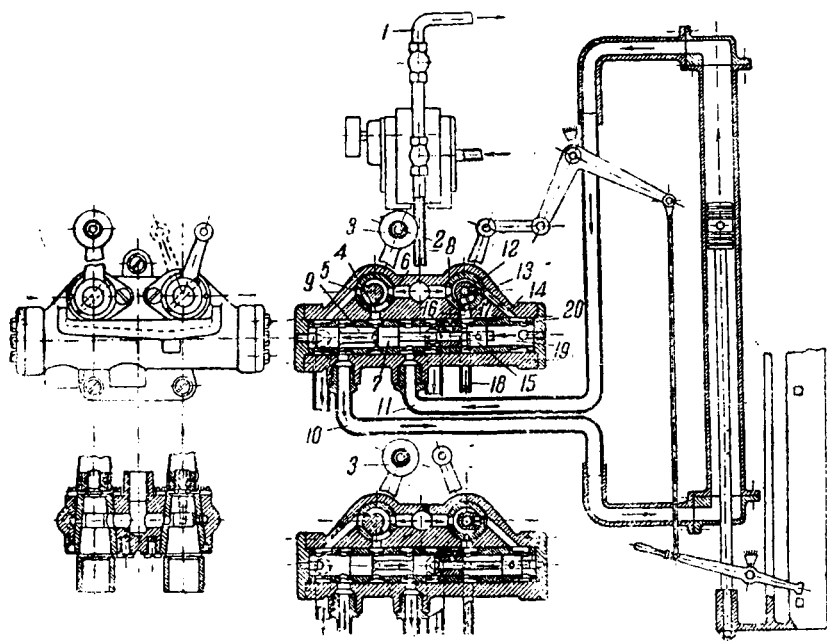


Рис. 24. Схема гидравлического привода для возвратно-поступательного движения стола станка „Дискус“

При прямом ходе стола поршень (7) должен находиться в крайнем левом положении, тогда масло через окно (8) поступает в межпоршневое пространство (9) и по трубе (10) в рабочий цилиндр. При обратном ходе стола масло тем же путем поступает в то же межпоршневое пространство, но только поршень находится в крайнем правом положении. Масло по трубе (11) идет в рабочий цилиндр с противоположной стороны поршня что вызывает обратный (слева направо) ход стола.

Реверсирование хода стола производится поворотом крана (12) с помощью рычажной системы от упоров, расположенных на столе. При прямом ходе (справа налево) кран (12) поворачивается по часовой стрелке и через окна (8) и (13) по каналу

(14) открывает доступ масла в цилиндр распределительной коробки с правой стороны поршня. Поршень передвигается в крайнее левое положение, соответствующее прямому ходу. Масло, находящееся в пространстве (15), через окна (16) и (17) по трубе (18) вытекает в бак.

При обратном ходе (слева направо) кран (12) поворачивается против часовой стрелки и открывает доступ масла в пространство (15), масло давит на поршень с левой стороны и передви-

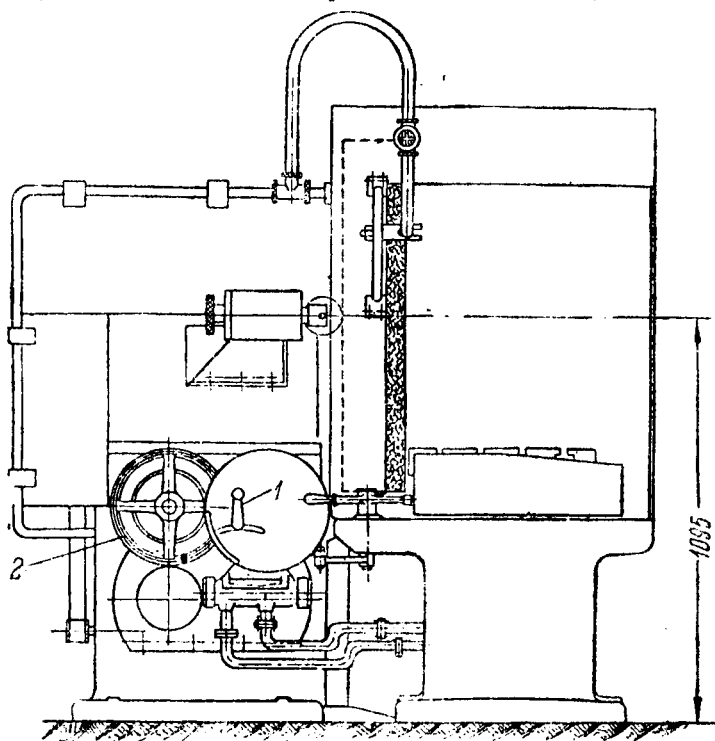


Рис. 25. Рычаг управления движением стола

гает его в крайнее правое положение, соответствующее обратному ходу. Масло из пространства (19) вытекает в бак через окно (20), канал (14) и трубу (18).

Перемещение, остановка и изменение скорости движения стола осуществляются одной рукояткой (1) (рис. 25). Крайнее левое положение рукоятки соответствует остановке стола. Для перемещения стола рукоятку (1) необходимо повернуть по часовой стрелке, причем скорость стола будет тем больше, чем больше угол поворота.

Механизм подачи на глубину. Подача на глубину резания производится путем перемещения шлифовальной бабки. Подача от руки производится поворотом маховика (2) (рис. 25), на оси

которого жестко сидит червяк (1) (рис. 26), приводящий во вращение червячную шестерню (2) и шестерню (3). Вращение шестерни (3) вызывает перемещение рейки (4), принадлежащей шлифовальной бабке. Отсчет ведется по лимбу, цена деления которого 0,01 мм. Автоматическая подача на один ход стола может быть установлена от 0,01 до 0,1 мм через 0,01 мм. Подача происходит следующим образом: рукоятка (5) от упоров (6) расположенных на столе станка, поворачивается вправо или влево, перемещая тягу (7). Далее рычаг (8) сообщает поступательное движение рейке (9), которая, перемещаясь в одном из направлений, вращает шестерню (10), жестко сидящую на оси, а

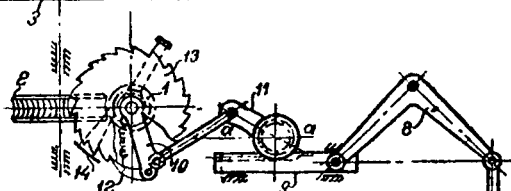
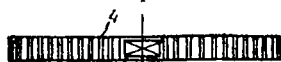
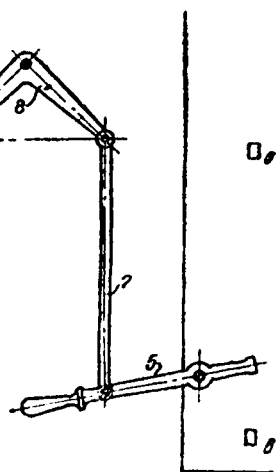


Рис. 26. Механизм подачи на глубину резания на станке „Дискус“



также рычаг (11), являющийся кривошипом. Кривошип (11), поворачиваясь, перемещает собачку (12), которая увлекает за собой храповое колесо (13). Последнее сидит на том же валу, что и червяк (1) и маховик (2) (рис. 25). Дальше движение передается, как описано выше.

Кривошип, проходя через нулевое положение (ось $a-a$), возвращает собачку в первоначальное положение, с тем чтобы при следующем переключении рукоятки (5) произвести подачу. Так как собачка каждый раз поворачивается на вполне определенный угол, то для регулирования подачи устроено следующее приспособление: на валу храпового колеса свободно насажена колодка с пластинкой (14), прикрывающей часть зубцов храпового колеса. Если пластинку подвести под собачку, то последняя будет скользить по пластинке и храповое колесо поворачиваться не будет. Таким образом, различной установкой пластинки можно регулировать величину подачи.

Крепление изделия производится на магнитной плите стола, питаемой от динамомашины мощностью 0,3 квт, или непосредственно на столе станка — в пазах стола, на угольниках и т. д.

СТАНОК МОСКОВСКОГО СТАНКОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА ТИП 373-С¹

Этот шлифовальный станок (рис. 27), так же как и рассмотренный выше станок „Дискус“, принадлежит к группе шлифовальных станков с горизонтальным шпинделем, работающих торцом сегментного круга. Станок предназначен, главным образом, для обдирочных работ.

Шлифовальная бабка. Электродвигатель встроенного типа мощностью 22,5 кВт имеет число оборотов 965 в минуту. Расстояние от оси шпинделя до стола — 250 мм, что дает возможность шлифовать изделия высотой до 500 мм. Наибольшая величина перемещения шлифовальной бабки 70 мм.

Шлифовальный круг состоит из набора в 14 шт. сегментов с наружным диаметром 600 мм и внутренним — 530 мм. Высота круга (сегментов) 150 мм. Окружная скорость круга 30 м/сек.

Поперечная подача. Имеется автоматическая и ручная подачи. Автоматическая подача: максимальная — 0,1 мм, минимальная — 0,005 мм.

На станке имеется механизм для правки шлифовального круга.

Стол станка длиной в 1800 мм и шириной в 600 мм предназначен для наибольшей длины шлифуемого изделия в 1200 мм.

Гидропривод стола. Насос шестеренчатого типа производительностью при $n = 960$ об/мин. 105 л/мин.

Мощность мотора 2,3 кВт.

Продольная скорость стола: минимальная — 0,5 м/мин., максимальная — 15 м/мин.

Рабочее давление в цилиндре — максимум 10 кг/см².

Рабочей жидкостью является веретенное масло № 3. Допускаемая температура нагрева в работе 60°C. Вязкость по Энглеру при температуре $t = 50^\circ\text{C}$ — 2,8 — 3,2. Количество масла, потребное для заполнения системы, — 90 л.

Охлаждение. Насос для подачи охлаждающей жидкости — центробежный, производительностью при $n = 2800$ об/мин. — 50 л/мин. Мощность мотора 0,37 кВт.

Гидравлическое устройство станка показано на схеме (рис. 28).

Механизм реверсирования стола допускает плавное изменение направления движения стола, причем плавность реверсирования можно регулировать. Это достигается благодаря тому, что переключение крана, меняющего направление потока масла, производится не непосредственно кулачками, закрепленными в пазу стола, как это обычно делается, а с помощью промежуточного механизма. Кулачки (13) рычагом (12) поворачивают кран (4), изменяющий направление подачи масла к качающейся лопасти (5), а поворот лопасти — через шестерни производит переключение золотника, изменяющего направление движения

¹ При описании станка автор пользоваться материалами завода.

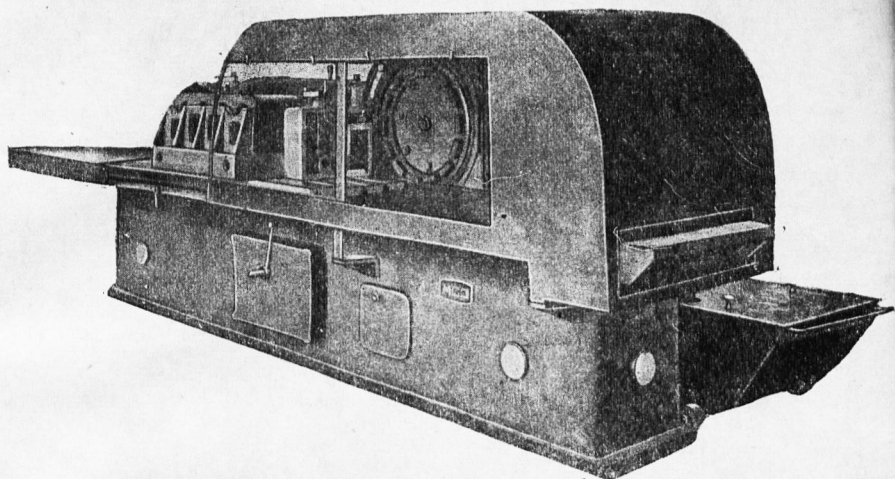


Рис. 27. Общий вид плоскошлифовального станка 373-С Московского завода шлифовальных станков

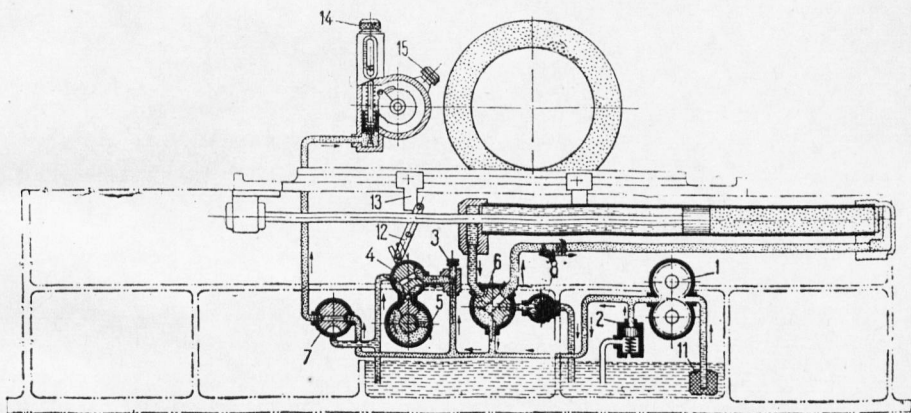


Рис. 28. Схема гидравлической подачи шлифовального круга и стола на станке 373-С МСЗ

1 — шестеренчатый масляный насос, 2 — перепускной клапан, 3 — винт, регулирующий скорость гидравлического мотора, 4 — кран для управления гидравлическим мотором, поворачиваемый от руки и от упоров стола, 5 — гидравлический мотор для переключения кранов, 6 — кран для переключения хода стола, поворачиваемый от гидравлического мотора, 7 — кран для подвода и отвода масла к механизму поперечной подачи шлифовальной бабки, поворачиваемый от гидравлического мотора, 8 — кран для изменения скорости стола, поворачиваемый от руки, 11 — фильтр, 12 — рычаг для переключения крана гидравлического мотора, 13 — передвижной кулачок, переключающий рычаг 12 и устанавливающий величину расхода стола, 14 — маховичок для установки величины поперечной подачи круга, 15 — маховичок выключения подачи.

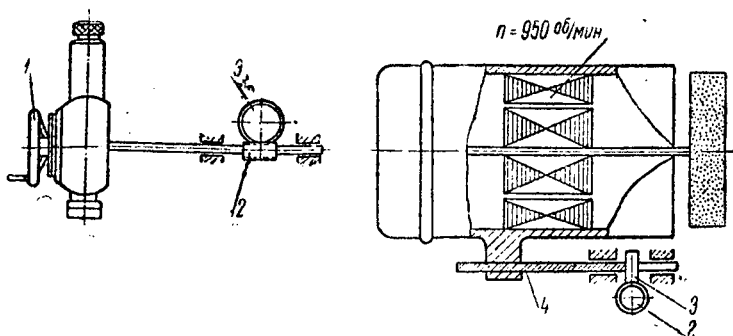


Рис. 29. Механизм ручной подачи шлифовального круга на станке 373-С МСЗ

Электродвигатель встроенного типа МА — 196/14—1/6 22,5 квт

1 — маховичок для ручного перемещения шлифовальной бабки, 2 — червяк правый 5-заходный $m = 2,75$, 3 — червячная шестерня $z = 40$, $m = 2,75$, 4 — ходовой винт поперечной подачи шлифовальной бабки

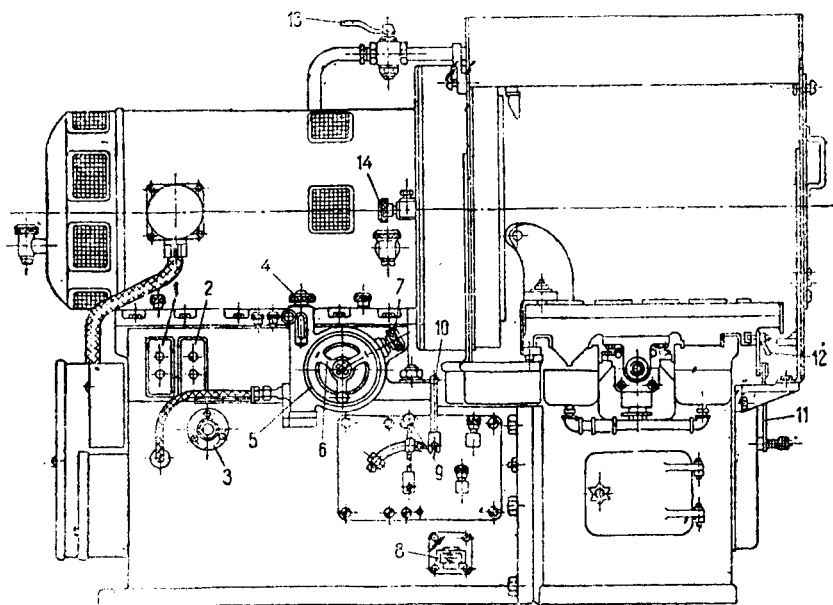


Рис. 30. Расположение кнопок и рычагов управления плоскошлифовальным станком 373-С МСЗ

1 — кнопочная станция на две кнопки для пуска и останова масляного насоса, 2 — кнопочная станция на две кнопки для пуска и останова шлифовальной бабки и насоса охлаждения, 3 — винт поворота шлифовальной бабки от 0,005 до 0,1 мм, 5 — нониус, 6 — маховичок ручного перемещения шлифовальной бабки, 7 — маховичок включения и выключения автоматической подачи, 8 — педаль отвода стола в крайнее положение, 9 — рукоятка регулирования скорости стола, 10 — рукоятка переключения хода стола, 11 — рычаг переключения хода стола, 12 — рукоятка крепления упоров, регулирующих ход стола, 13 — рукоятка крана насоса охлаждения, 14 — рукоятка перемещения кожуха

стола. Уменьшая или увеличивая винтом (3) сечение канала, подводящего масло к качающейся лопасти, изменяем скорость качания лопасти и время реверсирования стола.

Механизм гидравлической подачи круга допускает только периодическую подачу: масло при открытии крана (7) поступает под поршень механизма подачи, а поршень, перемещаясь вверх под давлением масла, зубчатой рейкой сообщает движение сектору с собачкой, поворачивающей храповик. При повороте крана (7) масло под давлением пружины выдавливается из цилиндра. Ход поршня и подача ограничиваются винтом, устанавливаемым маховичком (14).

Механизм для ручной подачи шлифовального круга. Для осуществления подачи шлифовального круга вручную имеется устройство, изображенное схематично на рис. 29, действие которого понятно без объяснений.

Органы управления станком. На рис. 30 показаны основные органы управления станком.

Смазка направляющих станины осуществляется гидравлически под давлением. Для смазки рекомендуется веретенное масло № 3. Остальные механизмы смазываются вручную через соответствующие масленки и отверстия машинным маслом № 2. Смазку заднего и переднего подшипников рекомендуется производить один раз в 5 дней, других же частей — один раз в смену.

6. НАКЛОН ШЛИФОВАЛЬНОЙ БАБКИ

Шпиндели шлифовальных бабок плоско-шлифовальных станков обычно не перпендикулярны плоскости обрабатываемого изделия, т. е. плоскость, в которой лежат шлифующие торцы сегментов, не совпадает с плоскостью шлифования. Угол наклона у станка „Шмальц“ равен приблизительно $3,5^\circ$, а у станка „Дискус“ — около 4° .

Наклоном бабки достигается:

а) сокращение длины хода стола, так как возможно производить подачу на глубину, не выводя полностью изделия из-под круга, за счет чего значительно сокращается величина перебега изделия у (рис. 31);

б) меньший расход мощности, так как работа производится одним краем шлифовального круга;

в) уменьшение нагрева изделия, за счет сокращения площади соприкосновения круга с изделием, и опасности срыва изделия со стола.

Однако наклон бабки вызывает появление впадины a (рис. 32) на изделии, величина которой зависит от ширины шлифуемой плоскости.

В табл. 3 приведены величины a для различных ширин обрабатываемых изделий, установленные подсчетом.

В случае обдирочного шлифования или, когда не требуется высокой точности обработки, величина впадин a практически не имеет значения. При операциях шлифования, преследующих

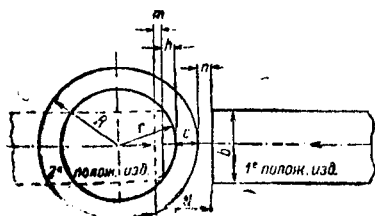


Рис. 31. Схема расположения шлифовального круга относительно изделия в начале и конце хода

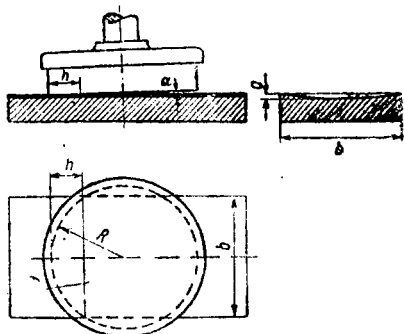


Рис. 32. Изменение профиля шлифуемой плоскости в зависимости от наклона шлифовальной бабки

ТАБЛИЦА 3

СТАНОК „ДИСКУС“		СТАНОК „ШМАЛЬЦ“	
b	a	b	a
50	0,0008	30	0,0005
100	0,0032	60	0,0024
150	0,0079	90	0,0049
200	0,0128	100	0,0058
250	0,0205	150	0,0141
300	0,0295	200	0,0257
350	0,0410	250	0,0427
400	0,0547	300	0,0655
500	0,0880	350	0,1000
600	0,1300		

$$\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha \text{ при малых } \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{h}$$

$$a = h \sin \alpha$$

$$h = R - \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 - b^2}$$

Для станка „Дискус“

$$\sin \alpha = 0,00116$$

Для станка „Шмальц“

$$\sin \alpha = 0,00097$$

Величина перебега „у“ в зависимости от ширины изделия (к рис. 31)

Ширина изделия b	Величина h	Величина n	Величина m	Толщина круга c	$y = n + c + h + m$
мм	мм	мм	мм	мм	мм
Для станка „Шмальц“					
50	1	30	30	25	86
100	7	30	30	25	92
150	17	30	30	25	102
200	31	30	30	25	116
250	52	30	30	25	137
300	85	30	30	25	170
350	175	30	30	25	260
Для станка „Дискус“					
100	5	30	30	140	205
200	15	30	30	140	215
300	40	30	30	140	240
350	55	30	30	140	255
400	70	30	30	140	270
450	95	30	30	140	295
500	125	30	30	140	325
600	218	30	30	140	418

получение изделия геометрически правильной формы, наклон бабки должен быть уменьшен.

Для поворота и фиксирования величины наклона на станках имеются соответствующие устройства. Например, на станке типа 3732 Московского завода наклон колонки можно производить как в плоскости I—I, так и в плоскости II—II (рис. 33).

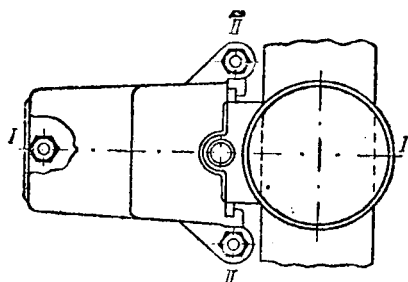


Рис. 33. Схема расположения шлифовальной бабки на станке 3732 МСЗ относительно осей поворота

7. ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Развитие и усовершенствование плоскошлифовальных станков в настоящее время направлены на:

- увеличение скорости возвратно-поступательного движения стола;
- повышение мощности главного мотора;
- увеличение точности работы.

Стремление к увеличению скорости обрабатываемого изделия объясняется тем, что производительность шлифования на высоких скоростях больше.

Например, при обработке незакаленной стали бакелитовыми сегментами 16—СТ₁ на станке „Шмальц“ и чугуна сегментами 16—СМ₁—СМ₂ на станке „Дискус“, ЦНИЛАШ получены следующие формулы производительности:

$$\text{для стали} — Q = 1,22 \, v_{\text{изд.}}^{0,95} t_{\text{ном.}}^{0,85} b^{0,6} \dots (1)$$

$$\text{для чугуна} — Q = 0,6 \, v_{\text{изд.}}^{0,97} t_{\text{ном.}}^{0,95} b^{0,9} \dots (2)$$

Для тех же случаев формулы расхода абразива:

$$\text{для стали} — q = 0,15 \, v_{\text{изд.}}^{1,5} t_{\text{ном.}}^{1,65} b^{0,66} \dots (3)$$

$$\text{для чугуна} — q = 10^{-3} 3,64 \, v_{\text{изд.}}^{1,5} t_{\text{ном.}}^{1,8} b^{1,5} \dots (4)$$

где: Q — количество металла, снятого в кг/час;

$v_{\text{изд.}}$ — скорость стола (изделия) в м/мин;

$t_{\text{ном.}}$ — подача на глубину резания, отсчитываемая по лимбу станка;

b — ширина обрабатываемого изделия в мм;
 q — расход круга в кг/час на работу резания (без правки).¹

В приведенных формулах для Q показатели степени у $v_{\text{изд}}$ больше чем у $t_{\text{ном}}$ и, наоборот, — меньше в формулах для q , т. е. производительность станка сильнее зависит от скорости изделия $v_{\text{изд}}$, а износ абразива — от подачи на глубину $t_{\text{ном}}$.

Следовательно, для быстрого снятия припуска необходимо вести режим обработки на наибольшей скорости изделия $v_{\text{изд}}$, которую допускает станок. Подачу на глубину $t_{\text{ном}}$ при этом следует подбирать в соответствии с условиями работы, т. е. характеристикой круга, чистотой поверхности обрабатываемого изделия, точностью и мощностью мотора станка.

При обработке чугуна зависимость производительности станка от скорости выражена слабее, чем для стали, так как показатели степеней у $v_{\text{изд}}$ и $t_{\text{ном}}$ почти равны.

Ряд передовых американских и английских станкостроительных фирм („Диамонд“, „Черчилль“, „Бриджпорт“, „Нортон“, „Маттисон“ и др.) в настоящее время изготавливает плоскошлифовальные станки, работающие периферией круга со скоростью стола до 45 м/мм и торцем до 30 м/мм.

Наблюдающееся увеличение мощности основных моторов; шлифовальных станков объясняется следующим: как уже было показано выше, количество снимаемого металла увеличивается вместе с увеличением скорости стола. При некоторых условиях количество снимаемого металла пропорционально расходуемой на резание мощности. Отсюда для работы на больших скоростях изделия мощность моторов необходимо увеличивать; это увеличение также вызвано переходом к обдирочному шлифованию и работой на интенсивных режимах.

Мощность современных станков для плоского шлифования, работающих торцем круга, достигает 40—50 л. с.

Точность выполняемой станком работы зависит во многом от его конструкции. Высшая точность достижима лишь в том случае, когда станок выполнен настолько прочным и жестким, что ни усилия шлифования, ни вибрации от быстровращающихся, не вполне уравновешенных масс не могут вызвать деформаций основных частей станка или следов ряби на поверхности изделия.

На точность работы станка, кроме усилий резания и центробежных сил, невыгодно влияет также нагрев подшипников. Вследствие трения при высоких скоростях нагрев является неизбежным, но этот нагрев не проявляется равномерно всюду, а только на быстровращающихся опорных поверхностях, и поэтому также способен вызывать деформации.

Отсутствие вибраций влияет благоприятно на стойкость

¹ Таблица чисел в дробных показателях степени приведена в конце книги

шлифовального круга, зерна которого могут противостоять только малым усилиям.

Решающим для качества и точности работы шлифовальных станков является массивность станины, рассчитанной не по усилиям резания при шлифовании, так как последние очень малы, а на поглощение вибраций и колебаний.

Но наряду с высокими скоростями стола, последний должен иметь и низкие. Необходимость их вызывается тем, что чистовое шлифование ведут при скоростях на 50% ниже, а иногда и более низких, чем при обдирочном шлифовании. Кроме того, само движение стола должно быть плавным, так как малейшие неравномерности в движении сейчас же отражаются на шлифуемой поверхности в виде ряби и даже грубых рисок. В конечном счете, все это приводит к повышенным требованиям к гидравлике станка.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ШЛИФОВАЛЬНЫЕ КРУГИ И СЕГМЕНТЫ

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА И СЕГМЕНТА

Процесс шлифования кругом или сегментом представляет один из видов резания. Режущим орудием здесь являются небольшие зерна твердых веществ, срезающие или соскабливающие с обрабатываемой поверхности большое количество мелких стружек. Вещества и материалы, активно осуществляющие процесс шлифования, получили в технике название „абразивные материалы“.

В качестве цементирующего вещества, соединяющего зерна в одно целое, применяется связка. Каждый круг характеризуется следующими элементами:

1. Абразивный материал.
2. Связка.
3. Зернистость.
4. Твердость.
5. Структура.
6. Форма и размер.

2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА

Пригодность абразивного материала для шлифования в значительной степени зависит от его твердости, вязкости и формы зерен. Наиболее характерным признаком абразивного материала является твердость.

Твердость характеризует собой сопротивление поверхностному измелчению, а также способность тела сопротивляться внедрению и разрушению другими твердыми телами.

Шлифующее зерно, естественно, должно иметь более высокую твердость, чем обрабатываемый материал. Обработка материала, имеющего твердость, близкую или равную твердости обрабатываемого инструмента, вообще возможна, особенно при условии значительных скоростей обрабатываемого инструмента,

но недостаточно производительна. В шлифовании материалы, обладающие низкой твердостью, применяются редко и идут только при чистовой отделке и полировании. Для определения твердости минералов имеется несколько методов. Наиболее известен метод Мооса, заключающийся в том, что гладкую поверхность одного кристалла царапают углом другого кристалла, причем тело низшего класса твердости получает при этом царапину.

Наряду с высокой твердостью шлифующие зерна должны обладать, в известной степени, вязкостью. С точки зрения абразивной техники под вязкостью зерна понимается его способность оказывать сопротивление скалывающим и режущим силам, действующим на зерно.

Хрупкое зерно измельчается уже при изготовлении кругов прессованным способом, а при шлифовании — крошится, распадаясь на мелкие кристаллы, особенно при ударах об кромки шлифуемого изделия. Это ведет к излишнему износу круга. Хрупкость зерна определяется степенью его сопротивления раздавливанию на прессе под определенным давлением.

Качество абразивного зерна зависит от формы зерна, которая получается в результате дробления крупных кусков материала на дробильных машинах. Для производства абразивных изделий наиболее желательно равномерное зерно, имеющее форму, близкую к изометрической, с отношением сторон 1:1:1 до 1:1:2 (рис. 34) и считающееся нормальным.

Кроме нормальных, имеются следующие абразивные зерна:

а) зерна мечевидные, вытянутой формы с отношением сторон 3:1:1 (рис. 35);

б) зерна пластинчатые, имеющие пластинчатую форму с отношением сторон 1:3:3 (рис. 36);

в) зерна-сростки, состоящие из нескольких непрочно соединенных между собою кристаллов, большей частью пластинчатой или столбчатой формы (рис. 37).

При шлифовании зерно испытывает значительное скалывающее напряжение, в результате которого зерно либо целиком отрывается от связки, либо дает трещину, раскалывается по частям и, обнаруживая все новые ребра, продолжает работу вплоть до износа. Сопротивление скалыванию зерна изометрической формы больше, чем мечевидного и пластинчатого, и само зерно работает равномерно.

Зерна мечевидные, пластинчатые, сростки считаются дефектными, потому что из-за своей продолговатой формы и неравномерного расположения в круге работают с точки зрения производительности и качества обработки изделия неудовлетворительно, так как они либо, выступая над поверхностью круга, царапают изделие, либо при положении подобном касательной к кругу почти не участвуют в процессе резания. Кроме этого, само зерно, вследствие своей формы, находится в неустойчивом положении; имея большую нагрузку, оно срабатывается или крошится быстрее, чем зерно изометрической формы.

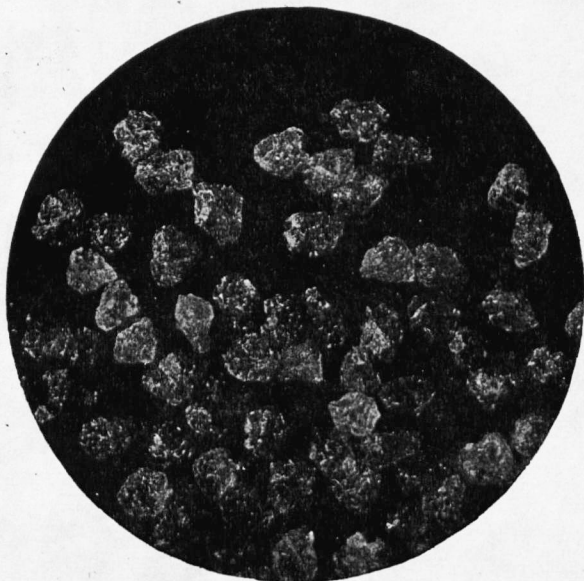


Рис. 34. Абразивное зерно нормальной изометрической формы



Рис. 35. Абразивное зерно игольчатой (мечевидной) формы

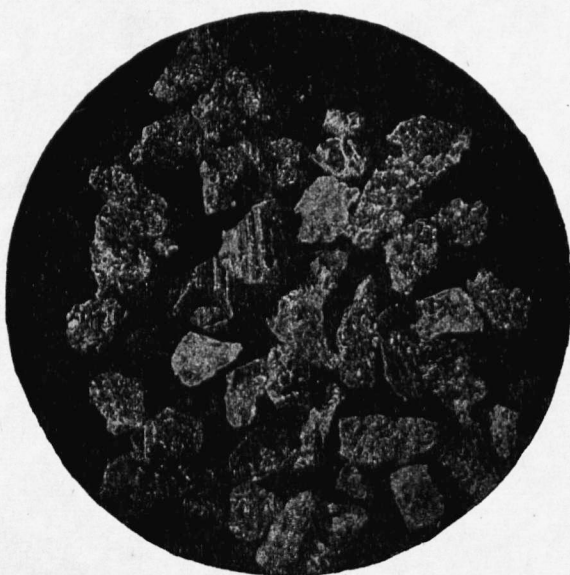


Рис. 36. Абразивное зерно пластинчатой формы

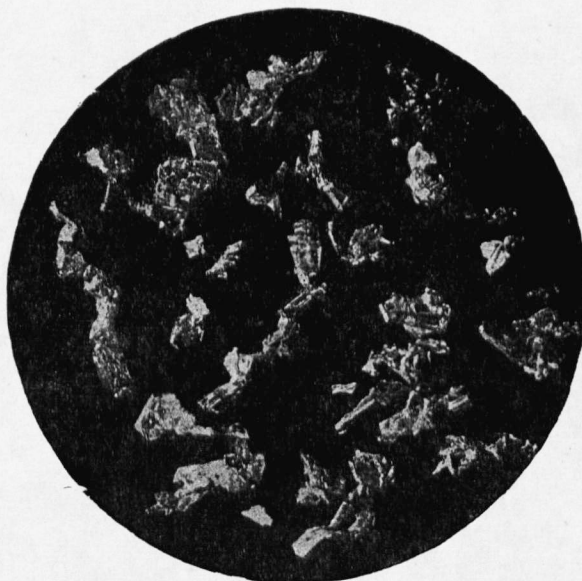


Рис. 37. Абразивные зерна-сростки

Существенное значение для обработки металлов имеет еще характер поверхности зерна, т. е. гладкая или шероховатая строение зерна, форма кристалла и размер зерна. Зерно с гладкой поверхностью и острыми углами значительно легче проникает в обрабатываемый материал; зерно мелкокристаллической структуры обладает большей способностью сопротивления расщеплению по плоскостям спайки под действием напряжений, возникающих при обработке материала.

3. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основные абразивные материалы, применяющиеся при плоском шлифовании, следующие:

- 1) корунд (естественный и искусственный),
- 2) карборунд (карбид кремния).

Корунд известен как естественный, так и искусственный (электрокорунд). В технике шлифования применяются и тот и другой.

Естественный корунд получается из соответствующих корундовых пород, добывается в Казахстане — месторождение Семиз-Бугу. После обогащения, дробления и отсева он идет для изготовления шлифовальных кругов.

Электрокорундом называется технический продукт, получаемый путем плавки материалов, содержащих глинозем в смеси с коксом. Обычный состав искусственного корунда или электрокорунда: глинозема (Al_2O_3) — 95%, кремневой кислоты (SiO_2) — 1,5%, окиси железа (Fe_2O_3) — 0,5%, окиси титана (TiO_2) — 2% и окиси кальция (CaO) — до 1%. Высшие сорта корунда отличаются высоким содержанием Al_2O_3 — до 99%.

Электрокорунд с содержанием 92 — 97% глинозема от темного до светлорыжевого цвета, плотного кристаллического строения, находит наибольшее применение в производстве шлифовальных кругов. Продукт с содержанием 98 — 99% глинозема — розовый и белый электрокорунд (известный у нас больше под названием „корракс“) применяется в производстве высококачественных кругов для обработки закаленных и других твердых материалов. Корундовые шлифовальные круги применяются при обработке материалов с большим сопротивлением разрыву: сырые и закаленные стали, ковкий чугун, стальное литье, нержавеющие и марганцевые стали и пр.

Карборунд представляет химическое соединение углерода с кремнием (SiC).

Технический карборунд обычно содержит: карбида кремния (SiC) — 97 — 98%, кремния (Si) — до 0,3%, свободного углерода (C) — до 0,2%, кремнезема (SiO_2) — не свыше 1% и окиси железа (Fe_2O_3) — не более 0,5%. В зависимости от содержания примесей (окислов металлов) окрашен в черный до зеленого цвет. Обычно различают карборунд двух сортов: черный или темносиний, с блеском цветов побежалости, и зеленый (экстра), блестящего зеленого и светлогозеленого цвета с отдельными,

почти прозрачными кристаллами. Последний представляет химически более чистый карборунд, содержит меньше примесей (карбидов кальция, железа и др.) и более тверд.

Карборунд обладает весьма высокой твердостью, острыми ребрами и гладкими поверхностями. Карборунд успешнее применяется при обработке хрупких и твердых материалов (чугуна, бронзы и т. п.), а также мрамора, гранита, фарфора, фибры, кожи и др.

При шлифовании материалов с большим сопротивлением разрыву карборундовый круг преждевременно изнашивается. Зеленый карборунд (экстра) применяется при обработке твердых сплавов. Для шлифовки твердых сплавов, например заточка резцов с пластинками из твердых сплавов, применяется и черный (обычный) карборунд (с производительностью меньшей, чем у зеленого на 25% и ниже).

4. СВЯЗКА

Связка является цементирующим веществом, соединяющим отдельные абразивные зерна в единое целое — шлифовальный круг. Благодаря связке инструменту придается необходимая форма, механическая прочность и способность удерживать абразивные зерна в процессе шлифования.

В качестве связывающих материалов при изготовлении шлифовальных кругов применяют различные глины, каучук, смолистые вещества (бакелит) и другие. В зависимости от рода связки круги носят различные названия. При плоском шлифовании чаще всего применяются бакелитовые, керамические, силикатные и магнезиальные круги.

В кругах с керамической связкой в качестве связывающего вещества идет: огнеупорная глина, каолин, полевой шпат, тальк и др. После смешения зерна со связкой и увлажнителем масса подвергается прессованию в формах (в случае изготовления прессованным способом), просушке, обжигу, а затем обточке и испытанию. Величина давления при прессовании, как и процентное содержание связки в круге определяют его дальнейшую твердость.

При изготовлении кругов литым способом связку с абразивным материалом смешивают с добавлением некоторого количества воды. Получаемая жидкая масса разливается в кольца цилиндрической формы и просушивается; затем производится предварительная обточка полученных болванок, обжиг и т. д. Круги керамической связки обладают высокой пористостью, хорошо отводят тепло и легко режут металл. Поэтому они применяются при всякой машинной шлифовке, т. е. обдирке и чистовых операциях, как сырых, так и закаленных материалов и литья. Работа ими производится и всухую и с охлаждением.

Круги на бакелитовой связке. Бакелит является искусственной смолой. В качестве связки бакелит стал применяться недавно, однако шлифовальные круги на бакелитовой связке

уже получили широкое применение. Объясняется это рядом причин. Процесс изготовления кругов на бакелитовой связке весьма прост. Жидкий бакелит смешивается с абразивным зерном, масса прессуется в формы, а затем заформованные изделия подвергаются нагреву. Этот процесс протекает при температуре 165° и заканчивается, в зависимости от размера изделия, в течение 18—45 часов. Бакелит при нагревании, переходя в твердое состояние, прочно соединяет абразивные зерна между собою. В этом состоянии он не размягчается при нагревании и не растворяется в известных растворителях (спирт, ацетон). Порошкообразный бакелит, применяемый для изготовления шлифовальных кругов, при нагревании сначала переходит в жидкое, а затем в твердое состояние. Изделия после обточки и контроля готовы к работе. Такие инструменты, как сегменты, разрезные круги и др., не подвергаются механической обработке, кроме очистки заусенцев и неровностей, а поэтому пригодны для работы тотчас же после охлаждения. Короткий и простой технологический цикл изготовления позволяет быстро получать эти изделия. Стоимость их при хорошей организации производства значительно меньше, чем изделий керамических.

Шлифовальные круги на бакелитовой связке имеют достаточную механическую прочность и работают более надежно на высоких скоростях. Обычно для бакелитовых кругов, при одних и тех же операциях, рекомендуется скорость несколько большая, чем для керамических.

Благодаря пластическим свойствам бакелита изготовленные на нем шлифовальные круги успешно применяются при обдирке отливок, поковок, для разрезки всех сортов стали и других материалов. Бакелитовые круги могут быть изготовлены очень тонкими. Сегменты для плоскошлифовальных станков в настоящее время изготавливаются преимущественно на бакелитовой связке.

Бакелитовые круги с успехом могут применяться для окончательного шлифования кулачков, роликов, требующих высокой полировки и частично на заточке инструментов. Отечественные деревообрабатывающие заводы производят заточку пил почти исключительно кругами на бакелитовой связке.

Из недостатков бакелитовых кругов следует отметить понижение их твердости при работе с охлаждением, что уменьшает их работоспособность. Изменение твердости особенно заметно при работе с охлаждающими жидкостями, содержащими соду, и тем активнее, чем больше в них соды. Под влиянием длительного действия щелочи бакелит теряет некоторые из своих свойств, в результате чего инструмент теряет первоначальную твердость. Этот недостаток частично компенсируется предварительной пропиткой бакелитовых инструментов парафином (см. ниже). Кроме того, заменяют эмульсии для охлаждения, содержащие соду, другими.

Круги на силикатной связке. Силикатными кругами называют такие, у которых связующим материалом служит кремнекислый натрий (жидкое стекло).

Круги, изготовленные на этой связке, режут с значительно меньшим нагревом, чем изготовленные на керамической связке, и поэтому находят специальное применение при заточке инструмента с тонкими режущими лезвиями, ножей разных типов и прочих подобных инструментов.

На силикатной связке обычно изготавливаются круги незначительной твердости. Они имеют высокую пористость и могут быть применены на целом ряде операций плоского шлифования (обработка картеров, обойм шариковых подшипников сырой стали — предварительная обработка), закаленной стали и др. При работе с охлаждением круги эти слегка теряют свою твердость.

Круги магнезиальные, в которых связкой является цемент Сореля (магнезит и хлористый магний), имеют невысокую прочность. Круги этой связки отличаются значительной неоднородностью. Применяются при заточке, плоской шлифовке на станках Гарднер и др.

5. ЗЕРНИСТОСТЬ

Под зернистостью шлифовального круга понимают величину абразивных зерен, из которых он изготовлен. Размеры зерна, по известной классификации, обозначаются номерами, соответствующими числу отверстий сита на линейный дюйм, через которые они проходят. Следовательно, чем меньше номер зернистости, тем крупнее зерна круга.

Для плоского шлифования идут обычно круги зернистости до 80, чаще же в пределах 16—46.

Зерна имеют размер, указанный в таблице 3а.

ТАБЛИЦА 3а

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗМЕРА ЗЕРЕН

Номера зернистости		10	12	16	20	24	36	46	60	80
Величина зерна в поперечнике (мм)	от до	1,68 2	1,19 1,68	0,84 1,19	0,71 0,84	0,5 0,71	0,35 0,5	0,25 0,35	0,177 0,25	0,149 0,177

При изготовлении шлифовальных кругов абразивные заводы, главным образом, по соображениям технологическим применяют часто комбинированное зерно, т. е. смесь зерен разных номеров, соседних с основным. Например, при зернистости № 36 круг содержит некоторое количество зерен № 24 и № 46, а иногда и мельче, причем основного № 36 содержится обычно более 50%. При этом очень распространено мнение, что круги с комбинированной зернистостью лучше режут и более устойчивы и что позволяют выполнять в известных пределах одновременно и чистовые и обдирочные операции. Однако мнение это ошибочно. Оно справедливо в той части, что круги, изготовленные

на комбинированном зерне, т. е. с добавкой более мелкого зерна к основному, более устойчивы — менее изнашиваются.

Добавки к зерну не могут улучшить качества обрабатываемой поверхности по следующим причинам:

а) более крупные зерна, добавленные к основному даже в чрезвычайно небольшом количестве, будут давать более грубые риски, и получение здесь чистой поверхности исключается; известно, что достаточно иметь в некоторых случаях одну — две риски на обработанной поверхности, как деталь бракуется;

б) более мелкие зерна, добавленные к основному, не могут улучшить чистоты обработки, так как характер поверхности (величина штриха, количество штрихов на единице поверхности и пр.) получится в результате действия основного крупного зерна. Кроме того добавление мелкого зерна создает условия получения мало пористых кругов, последние же работают с меньшей производительностью, требуют более частой правки и скорее прижигают поверхность обрабатываемой детали. Поэтому более высокая устойчивость кругов должна обеспечиваться правильным подбором связок, сочетанием количества зерна и связки, давлением при прессовании и пр.

6. ТВЕРДОСТЬ КРУГА

Под твердостью шлифовального круга понимают не твердость абразивных зерен, из которых он изготовлен, а сопротивление силам, стремящимся вырвать зерна с поверхности круга. Твердость характеризуется совместным сопротивлением зерен и связки усилиям шлифования.

Твердость шлифовального круга зависит от: а) свойства и количества связки, б) зернистости, в) пористости, г) давления при прессовании, д) температуры и длительности обжига и остывания.

Значительная крепость связки, большое количество связки, более высокий номер зернистости, малая пористость и большое давление прессования — факторы, действующие в направлении повышения твердости шлифовальных кругов.

Твердость кругов обозначается условно буквами и цифрами (табл. 4 и 5).

Испытания твердости шлифовальных кругов на заводах-изготовителях производятся вручную отверткой. Этот способ заключается в том, что металлической отверткой надавливают рукой на испытуемый круг, поворачивают и по сопротивлению, которое оказывают абразивные зерна круга вырыванию из связки, судят о твердости, ведя сравнение с образцами или эталонами. Существует несколько другой способ определения твердости, о степени которой судят по глубине риски или царапины, наносимой на шлифовальный круг отверткой или подобным инструментом.

Если учесть большое количество параметров, от которых зависит твердость, то совершенно естественно, что возможны

ШКАЛА ТВЕРДОСТИ КРУГОВ НА КЕРАМИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ

ТАБЛИЦА 4

Название фирмы	С т е п е н ь т в е р д о с т и																													
	Чрез- вычай- но мяг- кие		Весьма мягкие		Мягкие				Средне мягкие		Средние		Средней твердости				Твердые			Весь- ма твер- дые		Чрез- вычай- но твер- дые								
	ЧМ			ВМ ₁	ВМ ₂	М ₁		М ₂		М ₃		СМ ₁	СМ ₂	С ₁	С ₂	СТ ₁			СТ ₂			СТ ₃		Т ₁	Т ₂	ВТ ₁	ВТ ₂	ЧТ ₁	ЧТ ₂	
ОСТ 2620																														
Norton Co	E			F	G	H		I		J		K	L	M	N	O			P			Q		R	S	T	U	W	Z	
Carborundum Co	Z	Y	X	W	V	U	T	S	R	P	O	N	M	L	K	J	I		I+	H	H+	G	G+	F	E	D				
Abrasive Co			G		H	I	J	K		L		L+	M	M+	N	O	O		P		P	Q	Q+	R	S	T	U	W		
Meiher Schmidt				F		G	H		I		J		K	L	M	N	O		P			Q		R	S	T	U		W	
Naxos Union	E			F		G	H		I		J		K	L	M	N	O		P			Q		R	S	T	U	W	Z	
Karborundum Werke							¹ / ₄			¹ / ₂		³ / ₂ H	³ / ₈ H	³ / ₄ H	⁵ / ₇ H	⁷ / ₈ NNN					H ₂		H ₃				H ₄			
Universal Co	E			F		G	H		I		J		K	L	M	N	O		P			Q		R	S	T	U	W	Z	

ШКАЛА ТВЕРДОСТИ КРУГОВ НА ЭЛАСТИЧНОЙ СВЯЗКЕ

ТАБЛИЦА 5

Фирма	Весьма мягкие		Мягкие				Средне мягкие			Средние		Средней твердости					Твер- дые	Весь- ма твер- дые
Carborundum Co	11	10	9	8	7			6	5		4	3			2	1		
Norton Co		1						2		2 ¹ / ₂	3	4	5		6	7		
Abrasive Co	¹ / ₄ E	¹ / ₂ E		³ / ₈ E	1E		¹ / ₄ E	¹ / ₂ E	³ / ₄ E	2E	2 ¹ / ₂ E	3E	4E	5E	6E	7E		
Universal Co		¹ / ₂	³ / ₄			1		¹ / ₂	2	2 ¹ / ₂	3		4			5	6	7

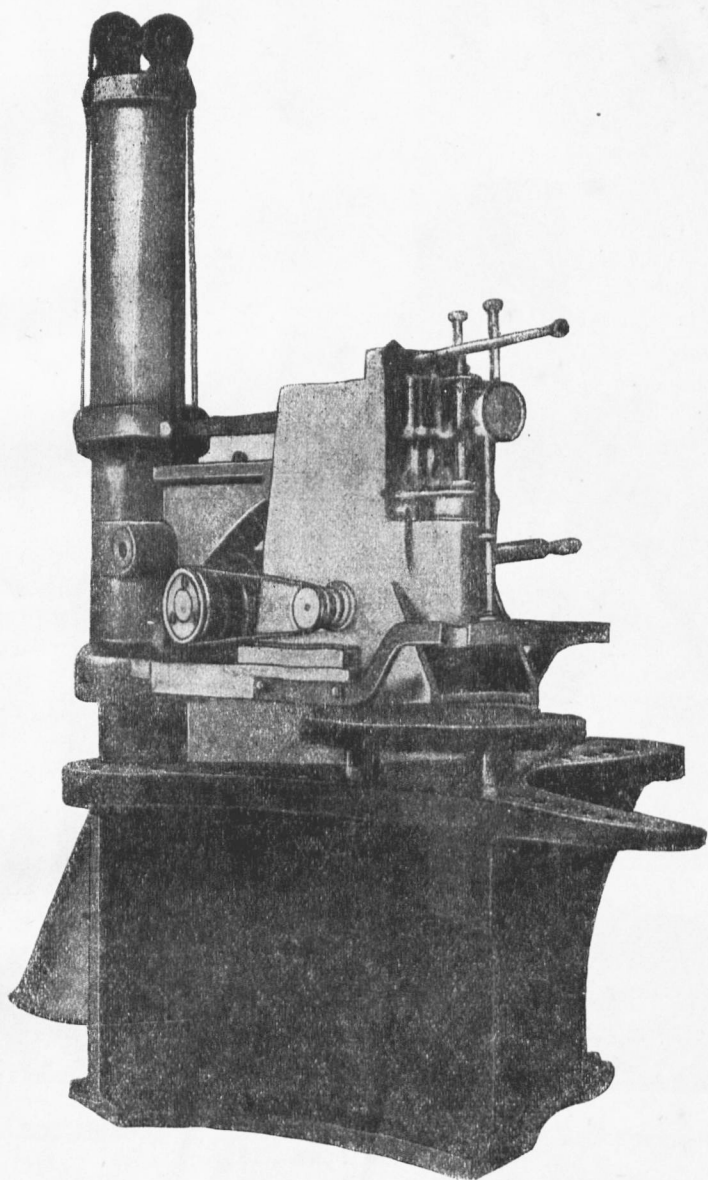


Рис. 38. Прибор для определения твердости шлифовальных кругов — Градометр

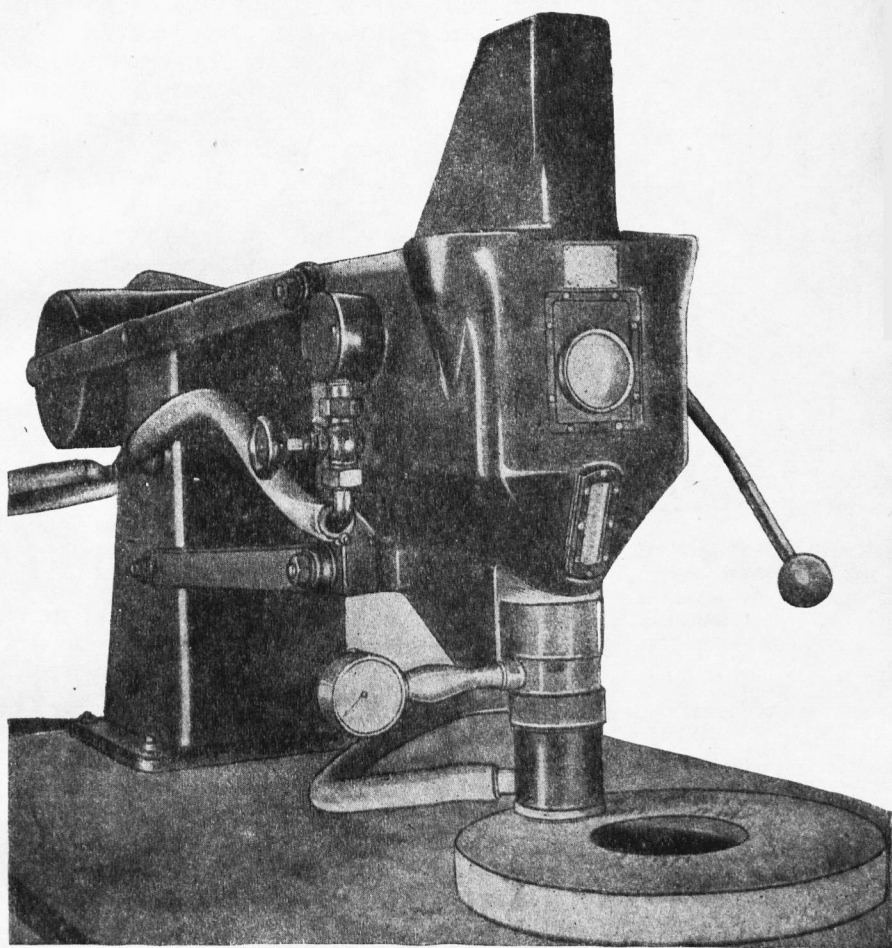


Рис. 39. Прибор для определения твердости шлифовальных кругов
сист. Макензена

большие погрешности при установлении твердости шлифовального круга при таких субъективных методах, как ручные определения (погрешности 2—3 степени).

За последнее время появилось несколько механических приборов для определения твердости (Градометр американской фирмы Engineering Corporation, прибор сист. проф. Макензена и др.). Прибор Градометр (рис. 38) основан на принципе динамического испытания ударом. В результате удара на поверхности испытуемого круга получается лунка. В качестве ударного инструмента служит вертикально расположенный шток, несущий на конце пластинку. Для испытания применяется одна из двух пластинок — либо сечением $3,2 \times 0,8$ мм, либо $1,7 \times 0,5$ мм. Для изделий крупно- и среднезернистых применяется большая пластинка, для мелкозернистых — меньшая. После каждого удара шток поднимается, делая поворот на 30° вокруг своей оси, и снова падает. За одно испытание шток делает 24 удара, совершая два полных оборота.

Глубина образовавшейся лунки является показателем твердости круга. Очевидно, что на мягком круге глубина лунки получается больше, а на твердом — меньше.

Прибор сист. проф. Макензена (рис. 39) основан на принципе динамического испытания ударом струей песка. Свободно падающая струя песка увлекается по пути током сжатого воздуха и с силой ударяется об испытуемую поверхность. В результате удара на поверхности образуется лунка. По глубине лунки, измеряемой индикатором, судят о твердости образца. Прибор снабжен 5 сменными рабочими конусами, каждый из которых вмещает определенную порцию песка (5, 28, 48, 69, 113 см³), служащую для каждого отдельного испытания. Прибор допускает регулирование давления сжатого воздуха от 0 до 3 атмосфер. Для испытания мягких шлифовальных кругов применяется меньший объем конуса и меньшее давление, а для твердых — наоборот.

При работе на приборах Градометр и Макензена, проведенной в ЦНИЛАШ, установлена связь между буквенными обозначениями твердости кругов по ОСТ и глубиной лунки. Например,

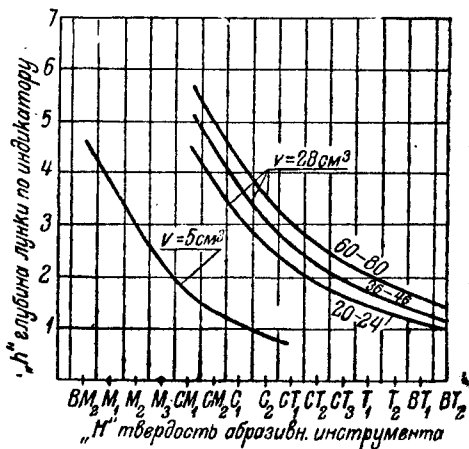


Рис. 40. Шкала твердости шлифовальных кругов на керамической связке, испытанных на приборе Макензена

Режим испытания

$P - 1,5$ ат

$V - 5; 28 \text{ см}^3$. Зернистость песка № 16-20

Примечание. Цифрами, стоящими на кривых, обозначены зернистости абразивного инструмента

твердости C_1 , зернистости 20—24, при испытании на приборе Макензена с объемом песка $v=28 \text{ см}^3$ под давлением $P=1,5 \text{ атм}$ соответствует глубина лунки в 3 мм (рис. 40).

Прибор Макензена работает с большей точностью, чем Градометр, и может быть применен для кругов всех связок.

Для определения твердости шлифовальных кругов ЦНИЛАСом разработан прибор — полуавтомат типа АОТ-3, общий вид которого показан на рис. 40а. Прибор основан на принципе сверления испытываемого образца, критерием твердости служит число оборотов шпинделя, необходимое для высверливания лунки постоянной глубины. Сверление производится при постоянных осевых давлениях.

Корпус прибора, несущий на себе все органы управления, электродвигатель, шпиндель и счетчик оборотов, может передвигаться и закрепляться в любом положении по высоте на колонке прибора.

Вертикальный ход прибора является установочным движением, при помощи которого сверло подводится к испытываемому изделию до соприкосновения с последним. Подъем и опускание прибора производятся маховичком, вес прибора уравновешен грузом, подвешенным на тросе внутри колонки.

Число оборотов шпинделя фиксируется счетчиком. Последний построен таким образом, что после нескольких оборотов шпинделя, соответствующих предварительному надсверливанию, автоматически включает отсчет оборотов.

После углубления сверла на постоянную величину (2 мм) отсчет оборотов, зафиксированный на циферблате, выключается, а шпиндель, пройдя еще 0,25—0,5 мм, разгружается.

Сверление шлифовального круга производится плоским сверлом из углеродистой стали, состоящим из двух пластинок прямоугольного сечения (рис. 40б). Пластины укрепляются в двухкулачковом патроне на расстоянии 1,5 мм одна от другой и с вылетом из патрона не свыше 5 мм. Точить сверло не требуется, так как в процессе работы оно изнашивается и принимает профиль, показанный на рис. 40б.

Опробование показало, что прибор вполне пригоден для определения твердости шлифовальных кругов; наилучшие результаты он дает при испытании кругов мелкозернистых и на эластичных связках. Производительность прибора АОТ-3 в 2—3 раза выше, чем приборов Градометр и Макензена.

7. СТРУКТУРА КРУГА

Круги с заранее установленной пористостью стали выпускаться под названием структурных кругов, или кругов с регулируемой структурой. Сущность различия между структурами заключается в различном уплотнении шлифовальных зерен в теле круга, т. е. в различном раздвижении отдельных зерен друг от друга. Результатом этого является различное количество режущих зерен на единице поверхности или объема круга и различ-

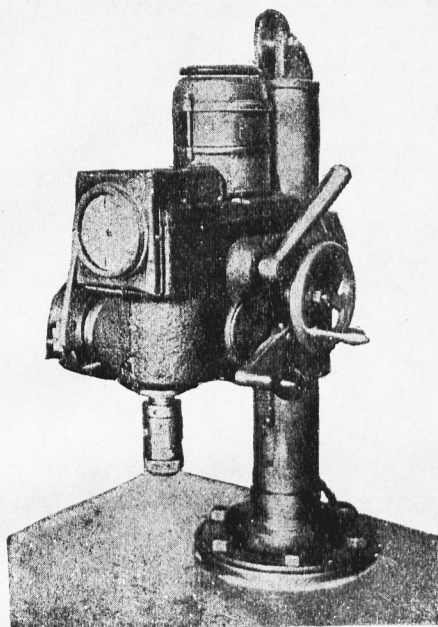


Рис. 40а. Прибор ЦНИЛАШ для определения твердости шлифовальных кругов, тип АОТ-3.

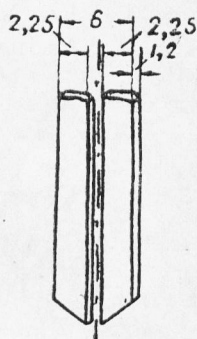
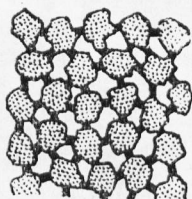


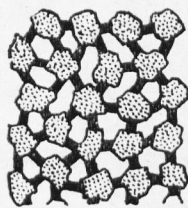
Рис. 40б. Сверло прибора АОТ-3.



плотная структура

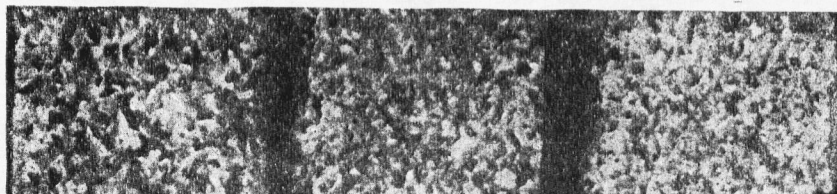


средняя структура



открытая структура

Рис. 41. Схематическое изображение структур круга



структура 3

структура 5

структура 8

Рис. 42. Внешний вид рабочей поверхности шлифовальных кругов различных структур — 46-М

ный размер отдельных пор. По системе фирмы „Нортон“ имеется 13 структур — от 0 до 12. Структура 0 самая плотная, структура 5 — средняя и структура 12 — самая открытая. Открытые структуры имеют в единице объема меньшее количество, но сравнительно больших пор, а плотные структуры — большее количество малых пор.¹ На рис. 41 схематично показаны структуры — плотная, средняя и открытая, на рис. 42 снимок с поверхности шлифовальных кругов следующих структур — 3, 5 и 8. В отличие от обычных структурные круги маркируются соответствующими знаками структуры. Например, фирма Нортон обозначает: 46-М-6, или 38-36-М-6. В первом случае 46 — зернистость абразивного материала, М — твердость, 6 — структура; во втором 36 — зернистость, М — твердость, 6 — структура, 38 — сорт абразивного материала (называемый фирмой алунд 38, при отсутствии указания на материал — обычный электрокорунд).

8. ФОРМА И РАЗМЕР КРУГА

Вследствие большого количества работ, выполняемых шлифовальными кругами, ассортимент их по форме и размерам чрезвычайно разнообразен. Часто, однако, специальные, иногда сложные формы, могут быть заменены более простыми при незначительных переделках зажимных устройств. Сокращение ассортимента шлифовальных кругов облегчает работу одновременно и машиностроительных и абразивных заводов.

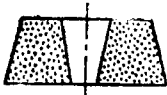
Формы и размеры брусков и сегментов для плоского шлифования, предусмотренные стандартом 1939 г., приведены в таблицах на стр. 42—47.

Как уже указывалось в первой главе, сегменты круглой формы типа 6С по сравнению с плоскими, например с 1С, 2С и другими, более устойчивы. Они менее изнашиваются, работают с большей производительностью и дают лучшее качество обрабатываемой поверхности. Сравнение по тем же показателям сегментов 1С, 2С, 3С, 4С, 5С, без соответствующих опытов, привести затруднительно. Однако для процесса шлифования дальнейшее сокращение типо-размеров сегментов, помещенных в стандарте, повидимому, возможно.

9. КРЕПЛЕНИЕ СЕГМЕНТОВ

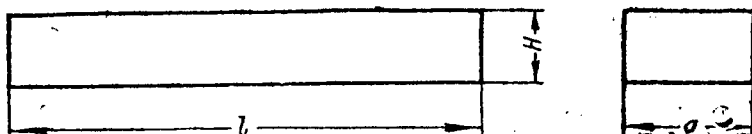
Главнейшей задачей при проектировании зажимного устройства является такой способ закрепления сегментов, при котором они не подвергались бы сильному нажатию, вызывающему излом. Зажимные винты и клинья должны быть так устроены, чтобы попадающие на них абразивные частицы не препятствовали легкости и точности установки сегментов. Быстрота закрепления сегментов и легкая очистка от абразивной пыли также весьма существенны.

¹ По существующей системе структур № структуры определяется объемным содержанием зерна.

С. С. С. Р. Народный комиссариат тяжелого машиностроения	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ		ОСТ НКТМ 20136-39 г.	
	Сегменты шлифовальные		Абразивные изделия	
	Формы поперечного сечения брусков и сегментов			
Форма сечения	Наименование формы	Условное обозначение формы	№ ОСТ	
	Бруски и сегменты плоские	БС	20144-39	
	Сегменты вогнуто-выпуклые	1С	20145-39	
		2С	20145-39	
	Сегменты плоско-выпуклые	3С	20146-39	
		4С	20146-39	
	Сегменты трапецевидные	5С	20147-39	
	Сегменты специальные	6С	20148-39	
Внесен Главабразивом Утвержден 29/V 1939 г. Срок введения 1/I 1940 г.				

С. С. С. Р. Народный комиссариат тяжелого машиностроения	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ		ОСТ НКТМ 20144-39 г.
	Бруски и сегменты шлифовальные плоские		
	Размеры		Абразивные изделия

Форма БС



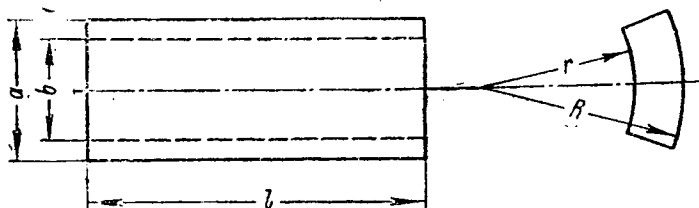
Пример обозначения: при $a = 50$ мм, $H = 20$ мм, $l = 150$ мм
БС50 × 20 × 150 ОСТ/НКТМ 20144-39 г.

мм

a	H								l
	6	10	13	16	20	25	30	35	
20	○	○	—	—	—	—	—	—	100
	○	—	—	○	—	—	—	—	125
	—	○	○	○	—	—	—	—	150
25	—	—	○	—	—	—	—	—	100
	—	○	○	—	—	—	—	—	125
	○	○	○	○	—	—	—	—	150
30	—	○	—	—	○	—	—	—	150
	—	—	○	—	—	—	—	—	200
40	—	—	○	—	—	—	—	—	200
50	—	—	—	—	○	○	○	—	150
	—	—	—	—	—	○	—	—	200
60	—	—	—	—	○	○	—	—	125
75	—	—	—	—	○	○	—	—	150
80	—	—	—	—	○	○	—	—	100
	—	—	—	—	—	○	—	—	150
90	—	—	—	—	—	—	—	○	150
120	—	—	—	—	—	—	○	○	150

С. С. С. Р. — Народный комиссариат тяжелого машиностроения	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ОСТ НКТП 20145-39 г.
	Сегменты шлифовальные вогнуто-выпуклые	
	Размеры	Абразивные изделия

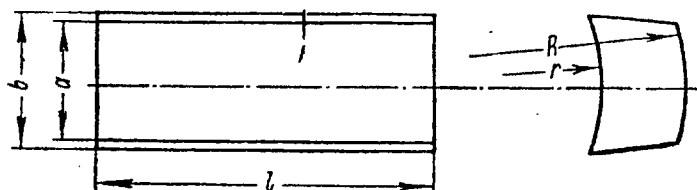
Форма 1С



мм

Обозначение	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>R</i>	<i>r</i>
1С 55 × 40	55	40	125	100	80
1С 60 × 40	60	40	75	85	60
1С 60 × 45	60	45	125	100	85
1С 70 × 45	70	45	125	125	107
1С 75 × 50	75	50	125	125	107
1С 90 × 55	90	55	125	175	140
1С 100 × 85	100	85	125	125	107
1С 110 × 75	110	75	150	175	140
1С 110 × 90	110	90	150	200	175
1С 125 × 95	125	95	125	225	190
1С 140 × 100	140	100	175	225	190
1С 150 × 110	150	110	200	300	250

Форма 2С

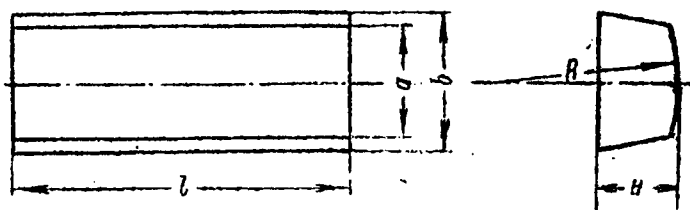


мм

Обозначение	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>R</i>	<i>r</i>
2С 75	75	80	125	170	150
2С 80	80	95	175	250	220

С. С. С. Р. Народный комиссариат тяжелого машиностроения	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ОСТ НКТП 20146-39 г.
	Сегменты шлифовальные плоско-выпуклые	
	Размеры	Абразивные изделия

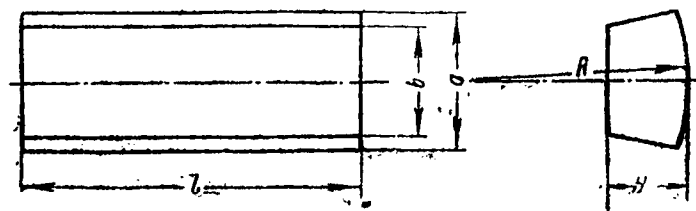
Форма 3С



мм

Обозначение	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>R</i>	<i>H</i>
3С 90	90	60	150	150	35
3С 100	100	85	150	175	40
3С 105	105	70	200	400	40
3С 110	110	75	175	300	40
3С 115	115	80	150	350	45
3С 210	210	140	400	400	100

Форма 4С



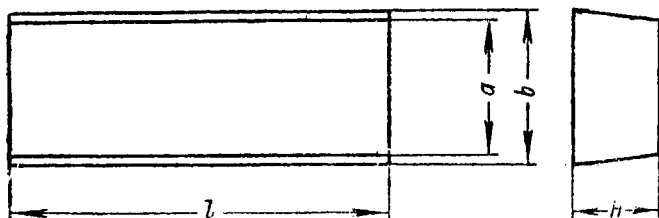
мм

Обозначение	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>R</i>	<i>H</i>
4С 85	85	100	150	230	38
4С 175	175	185	150	400	50

Внесен Главабразивом | Утвержден 29/V 1939 г. | Срок введения 1/I 1940 г.

С. С. С. Р. Народный комиссариат тяжелого машиностроения	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ОСТ НКТП 20147
	Сегменты шлифовальные трапецевидные	
	Размеры	Абразивные изделия

Форма 5С

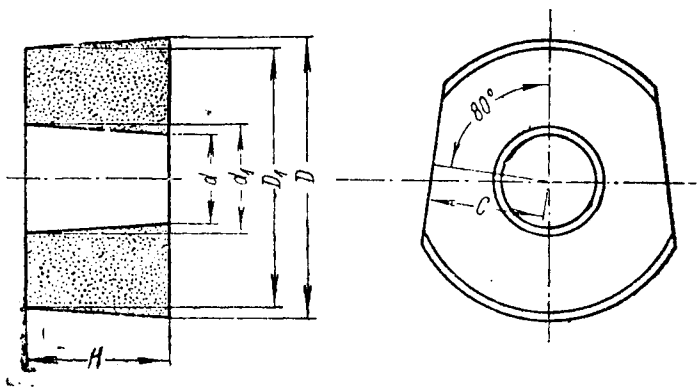


мм

Обозначение	a	b	l	H
5С50	50	60	125	15
5С85	85	100	150	35

С. С. С. Р. Народный комиссариат тяжелого машиностроения	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ОСТ НКТМ
	Сегменты шлифовальные, специальные	20148-39 г.
	Размеры	Абразивные изделия

Форма 6С



мм

Обозначение	D	H	d	D_1	d_1	C
6C140	140	75	55	135	60	65

Различные методы крепления сегментов по мере их износа приведены на рис. 43.

Установка сегментов в зажимной патрон станка типа 3732 Московского станкостроительного завода производится следующим образом:

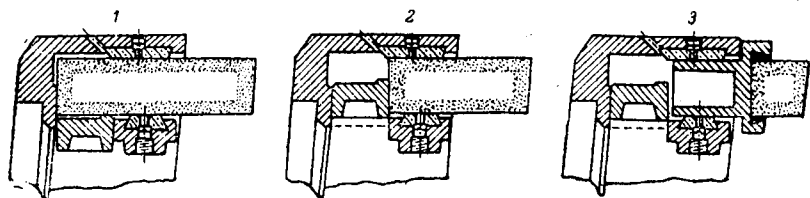


Рис. 43. Способ крепления сегментов по мере их износа

1 — сегмент полной длины, 2 — сегмент укороченный (вставлено прокладное кольцо), 3 — сегмент укреплен в специальной державке.

шим образом: через имеющиеся в защитном кожухе вырезы заводятся шлифовальные бруски (рис. 17) в соответствующие сегменты патрона. Затем, при помощи болта (1) следует слегка прижать брусок к патрону плиткой и уже после этого производить боковое закрепление бруска прокладной плиткой при помощи болта (2) и клина.

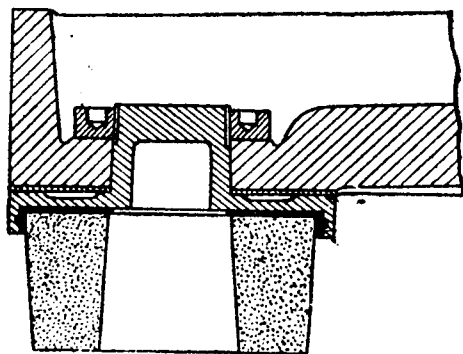


Рис. 44. Конструкция оправки для крепления сегмента на планшайбе шлифовального станка „Дискус“

Главным упором для брусков, предохраняющим их от бокового смещения, служит болт (2). Болт (1) предохраняет бруски от перемещений под действием центробежных сил.

Фирма „Дискус“ применяет особый метод крепления сегментов. Отличительной особенностью этих сегментов является то, что они круглые, с отверстием по середине. Каждый сегмент укреплен на специальной стальной оправке (рис. 44) с хвостовиком, путем за-

ливки клеящей массой. Стальная планшайба имеет по окружности отверстия, сквозь которые проходят хвостовики оправок и зажимаются с противоположной стороны планшайбы крепежной гайкой.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ПРОЦЕСС ШЛИФОВАНИЯ И ВЫБОР ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

1. ГЕОМЕТРИЯ СНИМАЕМОЙ СТРУЖКИ

Шлифование есть процесс снятия стружки, аналогичный процессу обработки резцом. В отличие от резца, шлифовальный круг не имеет сплошного лезвия правильной геометрической формы, а режущая поверхность его состоит из множества отдельных резцов — абразивных зерен различной формы, хаотично разбросанных в связке. В каждый момент поэтому в работе участвует значительное количество абразивных зерен, и процесс протекает с интенсивным дроблением обрабатываемого материала. По мере работы шлифовального круга происходит постепенное затупление режущих кромок абразивных зерен, сопровождающееся возрастанием усилия резания. При определенной величине усилия резания, действующего на зерно, происходит постепенное отламывание режущих кромок зерна, или его выкрошивание из связки целиком.

В отличие от процесса резания резцом, при котором глубина резания практически остается почти постоянной, в процессе шлифования эта глубина, вследствие непрерывного износа круга, всегда меньше, чем глубина, отсчитанная на лимбе маховичка подачи.

На процесс шлифования оказывает влияние целый ряд факторов, а именно абразивный материал круга, зернистость, связка, твердость, структура и др., значение которых в настоящее время еще мало изучено. Для уяснения процесса шлифования рассмотрим геометрию образования стружки при шлифовании. На рис. 45 схематически показана работа круга. Как видно из рисунка, в процессе работы одновременно участвуют несколько зерен круга, расположенных на разных расстояниях друг от друга. Это обстоятельство обуславливает различную нагрузку зерен, а следовательно и их разный износ. Толщина снимаемой стружки непостоянна, а изменяется от нуля до максимума; поверхность резания имеет ступенчатую форму.

Формула, выражающая максимальную толщину стружки, снимаемой одним зерном при наружном круглом шлифовании, имеет вид:

$$a = 2 \cdot K \frac{v_{изд.}}{v_{кр.}} \sqrt{t} \cdot \sqrt{\frac{D_{изд.} + D_{кр.}}{D_{изд.} \cdot D_{кр.}}} \text{ мм},$$

где: a — максимальная толщина стружки в мм;
 K — расстояние между двумя соседними зернами;
 $v_{изд.}$ — окружная скорость вращения детали в м/сек.;
 t — глубина резания в мм;
 $D_{изд.}$ — диаметр детали в мм;
 $D_{кр.}$ — диаметр круга в мм;
 $v_{кр.}$ — окружная скорость вращения круга в м/сек., вычисляемая по формуле

$$v_{кр.} = \frac{\pi D_{кр.} n}{1000 \cdot 60} \text{ м/сек.},$$

где n — число оборотов круга в минуту.

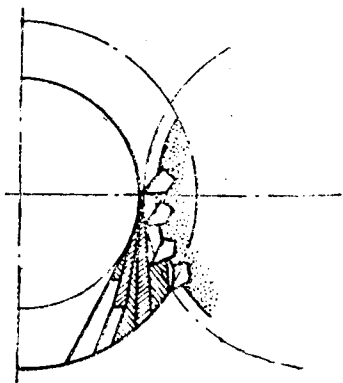


Рис. 45. Схема процесса снятия стружки при шлифовании

с, т. е. при шлифовании крупнозернистым кругом зерна более нагружены, чем при мелкозернистом. Следовательно, крупнозернистый круг; при всех прочих равных условиях, работает как более мягкий. Точно так же круги открытых структур (более пористые) работают, как более мягкие.

Приведенная формула показывает, что увеличение скорости круга вызывает уменьшение толщины стружки. Следовательно, шлифование на станках с высокими скоростями круга более экономично, чем при низких скоростях. Скорости шлифовальных кругов следует доводить до максимально возможной величины в соответствии с требованиями техники безопасности.¹

Изменение глубины резания, естественно, изменяет и толщину стружки, а, следовательно, увеличивает или уменьшает

¹ На сегодняшний день допустимая окружная скорость шлифовального круга на станках с автоматической подачей 40 м/сек., а на станках с ручной подачей — 30 м/сек.

нагрузку на зерно. Отсюда можно сделать вывод, что при работе с большими глубинами резания необходимо применять более твердые круги. Учитывая меньший износ круга в процессе работы при более твердых кругах, фактическая глубина резания больше, приближается к номинальной, чем при мягких кругах.

Скорость изделия также увеличивает толщину стружки. Следовательно при работе с большими окружными скоростями изделия требуются более твердые круги. Применение твердых кругов ограничивается мощностью станка, характером шлифуемого материала и качеством обработки. Твердые круги вызывают опасность прижога шлифуемой поверхности.

Увеличение диаметра изделия вызывает увеличение дуги контакта и уменьшение толщины стружки. При этом в процессе резания участвует большее количество зерен. С увеличением диаметра круга происходит то же явление. Следовательно шлифование кругами больших диаметров более целесообразно.

После приведенных общих положений о процессах шлифования, можно перейти уже к детальному практическому выбору элементов режима шлифования, т. е. к скорости круга, скорости изделия, подачи и т. д.

2. СКОРОСТЬ КРУГА

Чем меньше скорость круга, тем меньшее число зерен вступает в работу в единицу времени. Зерна, находясь в работе сравни-

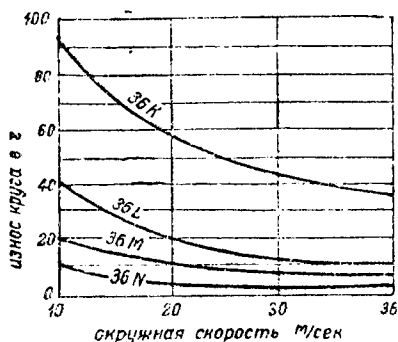


Рис. 46. График зависимости износа круга от окружной скорости (опыты лаборатории Майер и Шмидт)

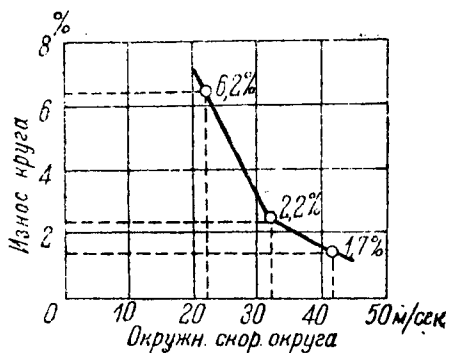


Рис. 47. График зависимости износа круга от его окружной скорости (данные инж. К. Круг)

тельно дольше, несут большую нагрузку и преждевременно срабатываются. В результате круг быстро изнашивается, а его производительность снижается. При высокой скорости зерна круга работают с меньшей нагрузкой, а потому дольше сохраняют свою работоспособность. Это вполне подтверждается диаграммой износа шлифовального круга (рис. 46), полученной лабораторией Майер и Шмидт, показывающей, что с увеличением окружной

скорости круга износ его уменьшается. Ту же зависимость приводит инж. К. Круг (рис. 47).

Имеющиеся сведения в литературе по вопросу зависимости производительности круга от его окружной скорости крайне недостаточны. Некоторый интерес представляют испытания при различных скоростях двух одинаковых шлифовальных кругов 400 мм в диаметре и 50 мм шириною.¹ Один из них работал

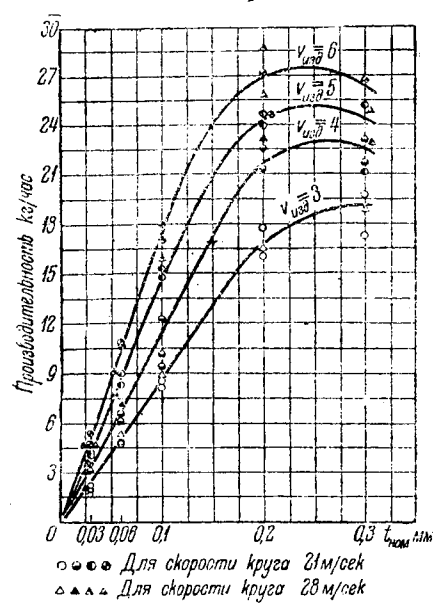


Рис. 48. Зависимость производительности от поперечной подачи $t_{ном}$ при различных скоростях изделия $V_{изд}$
 $v_{кр} = 21$ м/сек. и 28 м/сек.
Твердость $M_2 - M_3$
Зернистость 24

В целях лучшего использования круга и поддержания высокой работоспособности целесообразно иметь скорость круга более или менее постоянной, увеличивая по мере его износа число оборотов.

Качество обработанной поверхности с повышением окружной скорости шлифовального круга улучшается вследствие работы круга с меньшими сечениями стружки, что видно из микрофотографии (рис. 49) шлифованной поверхности при скорости шлифовального круга $v_{кр.} = 40$ м/сек. (участок а) и $v_{кр.} = 20$ м/сек. (участок б).

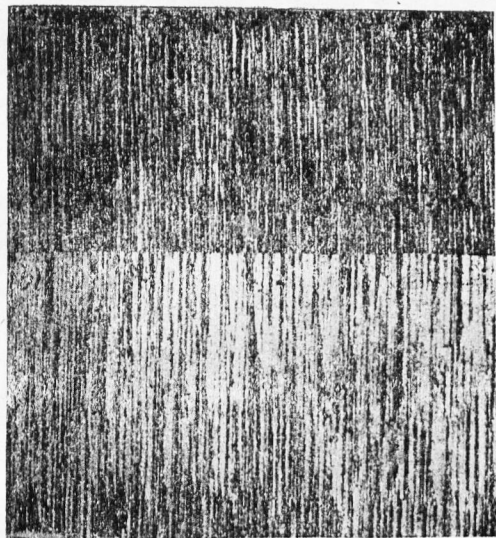
при постоянной окружной скорости, поддерживаемой увеличением числа оборотов круга по мере изменения его диаметра, а другой с постоянным числом оборотов шпинделя $n = 2150$ в мин. Первый круг проработал 36 часов и снял 122,5 кг материала, а второй 9 часов и снял 54,5 кг материала. Стоимость снятия 1 кг в первом случае меньше на 33%.

При обработке чугуна на станке „Дискус“, по опытам ЦНИЛАШа, закономерность между производительностью и окружной скоростью круга не установлена (рис. 48). Обработка велась при окружных скоростях круга 21 м/сек. и 28 м/сек.

Свойством круга — изнашиваться различно в зависимости от скорости широко пользуются на производстве. Твердый круг работает как более мягкий, если ему сообщить меньшее число оборотов, и, наоборот, мягкий круг с увеличением числа оборотов изнашивается меньше, т. е. работает как более твердый.

¹ Журнал Machinery (London) № 1317 за 1938 г.

a



b

Рис. 49. Микрофотография шлифованной поверхности при скоростях круга: а) 40 м в секунду; б) 20 м в секунду

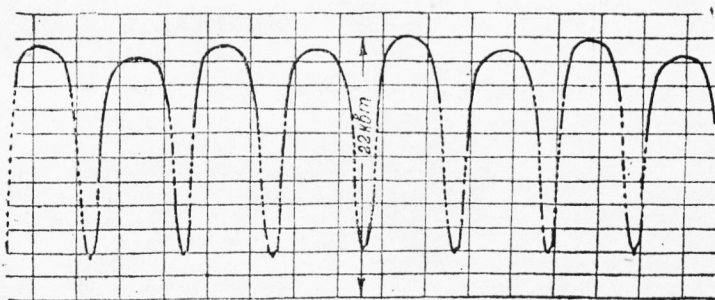
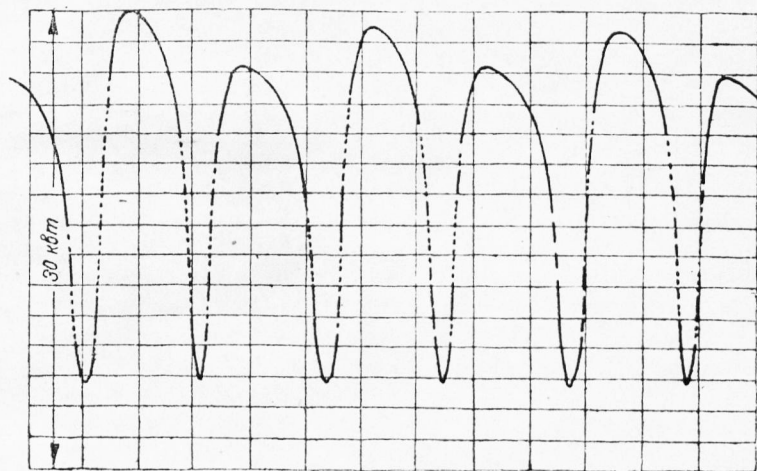


Рис. 50—51. Фотограмма расхода мощности в процессе плоского шлифования при скоростях круга 28 (рис. 50) и 21 (рис. 51) м в секунду

Режим работы $t_{\text{ном}} = 0,1$ мм, $v_{\text{зад}} = 6$ м/мин.

Расход мощности растет с увеличением скорости шлифовального круга. Это наглядно показано на рис. 50 и 51 для случая работы на станке „Дискус“ с окружной скоростью круга $v_{кр.} = 28$ м/сек. и $v_{кр.} = 21$ м/сек. Чередующиеся пики представляют запись правого и левого хода стола, произведенную на самопишущем ваттметре, а вертикальные линии, их разделяющие, — моменты переключения. Таким образом, мощность при $v_{кр.} = 21$ м/сек. равна 22 квт, а при $v_{кр.} = 28$ м/сек. — 30 квт при номинальной мощности мотора 20 и 22 квт, соответствующей числу оборотов 525 и 710 в мин.

На плоскошлифовальных станках, работающих торцом круга, в практике установились окружные скорости, не превышающие 30 м/сек., а обычно — 19—25 м/сек.

3. СКОРОСТЬ ИЗДЕЛИЯ

При плоском шлифовании на станках с продольным ходом скорость изделия равна скорости передвижения стола.

Из практики шлифования известно, что количество снимае-

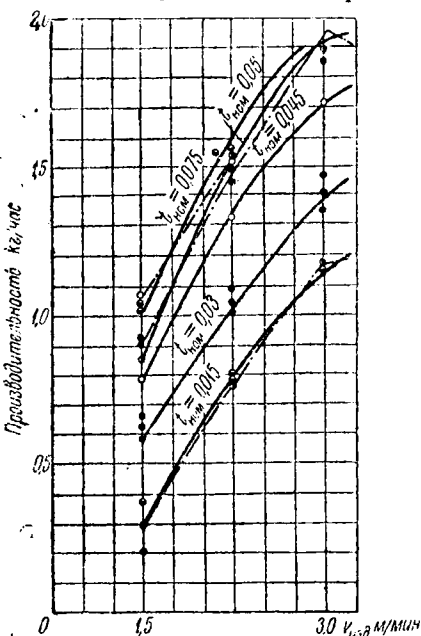


Рис. 52. Зависимость производительности при шлифовании незакаленной стали на станке „Шмальц“ от скорости изделия $v_{изд}$ при различных поперечных подачах $t_{ном}$

Связка бакелитовая
Зернистость — 36, твердость $СМ_1$

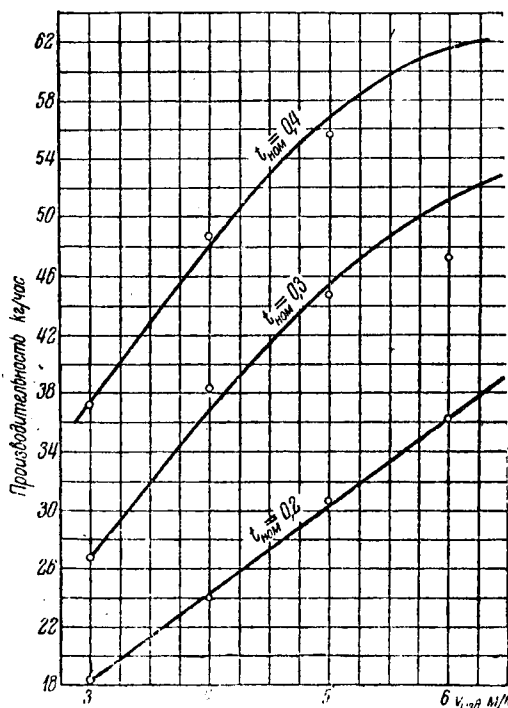


Рис. 53. Зависимость производительности при шлифовании чугуна на станке „Дискус“ от скорости изделия $v_{изд}$ при различных поперечных подачах $t_{ном}$

Связка бакелитовая
Зернистость — 16, твердость $С_2 — СТ_1$

ного в единицу времени металла нарастает с увеличением скорости изделия. Это справедливо для любой формы брусков и сегментов. Так, для сегментов типа „Шмальц“ зависимость производительности, т. е. количество снимаемого металла в час при обработке незакаленной стали, приведена на рис. 52, а для сегментов кольцевой формы типа „Дискус“ при обработке чугуна — на рис. 53. Из рисунков видно, что с увеличением скорости изделия растет производительность. Последняя увеличивается так же с ростом подачи $t_{\text{ном.}}$. В то же время абразив расходуется менее интенсивно, если увеличение режима шлифования осуществлять за счет скорости изделия, а не за счет $t_{\text{ном.}}$. Следовательно, снимая быстрее заданный припуск с изделия и расходуя на это меньше абразива, имеем меньшую стоимость обработки.

Сказанное о целесообразности обработки на повышенных скоростях изделия относится к предварительному обдирочному шлифованию. Для чистовых операций скорость изделия необходимо снижать.

4. ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ

Глубина резания или, как ее часто называют, поперечная подача, зависит от крупности зерен шлифовального круга, т. е. зернистости, чистоты обработки, мощности станка и др. Чем крупнее зерно круга, тем больше может быть глубина резания за один проход. Если производить шлифование мелкозернистыми кругами с большой глубиной, то зерна мягкого круга высыпаются без достаточного использования, а при твердом круге промежутки между ними забиваются металлом, и резание прекращается. Стремясь к получению высокой производительности, на практике все время идут по пути увеличения глубины резания.

ТАБЛИЦА 6

РЕЖИМ ШЛИФОВКИ СВЕРЛ

Диаметр сверла мм	Припуск на шли- фовку мм	Черновая шлифовка			Чистовая шлифовка		
		Глубина резания мм	Продольная подача мм	Скорость сверла мм	Глубина резания мм	Продольная подача мм	Скорость сверла мм
До 50 }	0,52 0,38	~ 0,2	5	110	~ 0,02	10—15	110
От 50 до 60 }	0,6 0,45	~ 0,25	5	110	~ 0,03	10—15	110
Свыше 60 }	0,6 0,45	~ 0,25	5	69	~ 0,03	10—15	69

При шлифовании устойчивых изделий с значительными припусками это ускоряет обработку. Зависимость роста производительности с увеличением $t_{\text{ном}}$ при обдирочном шлифовании стали показана на рис. 54 и чугуна на рис. 55. Кривые производительности построены для различных скоростей изделия (в м/мин.)

Наибольшие сдвиги в вопросе коренного изменения режимов резания шлифовальными кругами принесло стахановское движение

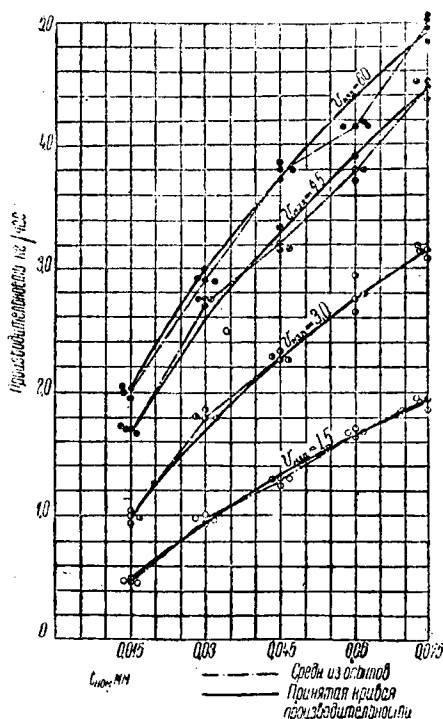


Рис. 54. Зависимость производительности от глубины резания $t_{\text{ном}}$ при различных скоростях изделия $v_{\text{изд}}$. Обдирочное шлифование стали

Связка бакелитовая

Зернистость — 16, твердость — C_1

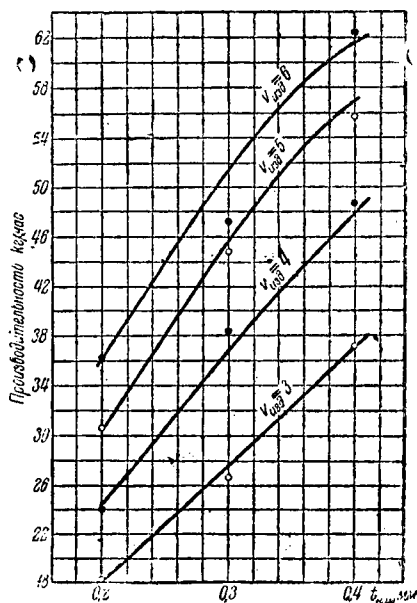


Рис. 55. Зависимость производительности от глубины резания $t_{\text{ном}}$ при различных скоростях изделия $v_{\text{изд}}$ — обдирочное шлифование чугуна

Связка бакелитовая

Зернистость — 16, твердость C_2 — CT_1

ние среди шлифовщиков. Недавно считавшиеся предельными подачи на глубину до 0,1 мм перекрыты в несколько раз стахановцами.

На Харьковском станкоинструментальном заводе стахановцы-шлифовщики путем ступенчатой заправки круга при шлифовании сверл на круглошлифовальных станках применяют глубину резания при черновой обработке 0,25 мм.

Режим шлифовки приводится в табл. 6.

Производительность шлифовки повышена в 1,5—2,5 раза.

Известный стахановец шлифовщик т. Андронов С. значительно повысил режим обработки, увеличив скорость изделия и подачи на глубину. Чтобы не нарушить требований, предъявляемых к чистоте поверхности, он ведет двойную обработку деталей: сначала обдирает на очень больших скоростях при большой глубине резания, затем, пропустив всю партию через обдирку, отделяет их начисто. Во время черновой обработки он не тратит ни минуты на заправку круга. Кроме того, он снимает главную массу металла на очень больших подачах, нередко всего в один проход. Также с повышенным режимом ведет обработку стахановец-шлифовщик т. Строилов И., применяя на плоскошлифовальном станке „Самсон-Верке“ глубину резания 0,25 мм и выше.¹

Б. ШЛИФОВАНИЕ ПРИ ЗАТУПЛЕНИИ И САМОЗАТАЧИВАНИИ КРУГА

В результате производимой работы абразивные зерна круга затупляются и поверхность круга становится гладкой. Дальнейший процесс протекает с значительным выделением тепла, а снятие металла часто прекращается вовсе. Такое состояние называют затуплением круга. Внешне процесс обработки затупленным кругом проявляется в дроблении обрабатываемой поверхности, прижогах, нарастании мощности и иногда дополнительных шумах.

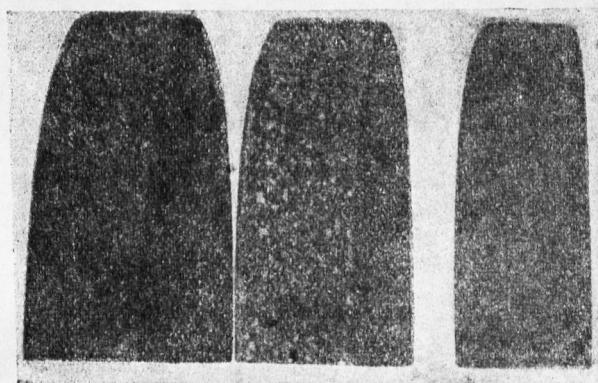
Следует различать несколько состояний затупления шлифовального круга, т. е. его неработоспособности:

1-е состояние. Поры шлифовального круга заполнены обрабатываемым металлом, причем частицы металла достигают иногда значительных величин и имеют вид расплюснутой стружки, шариков и т. п. Поверхность такого круга блестяща, с выделяющимися более крупными вкраплениями. Такое состояние получается при обработке мягких материалов, а также и сталей большой вязкости. Непокойная, с толчками работа, неравномерные и большие подачи на глубину также приводят к получению подобного состояния поверхности круга. Хотя зерна шлифовального круга при налипшем на него металле могут находиться еще в состоянии высокой остроты, круг все же должен быть правлен.

2-е состояние. Поры шлифовального круга частично заполнены металлом, причем металл находится в очень тонко раздробленном состоянии. Точно так же наблюдается налипание частиц металла и на зернах круга. Круг принимает стеклянный блеск (залоснившийся круг). При этом состоянии на абразивных зернах круга появляются отдельные площадки. Круг требует правки.

На рис. 56б представлена фотография круга с налипшим на поверхности металлом (1-е состояние), на рис. 56с поверхность

¹ И. Строилов. „Стахановские методы работы шлифовщика“. Л. 1938 г.



a

b

c

Рис. 56.

56-а — поверхность правленного круга
56-б — поверхность круга с налипшим металлом
56-с — поверхность затупившегося круга



Рис. 57. Схема износа абразивного зерна

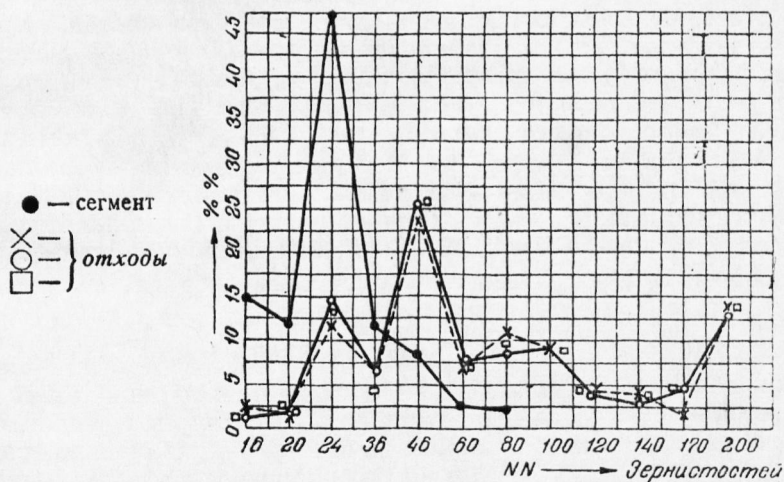


Рис. 58. Ситовой анализ абразивного зерна, полученного из сегмента и отходов шлифования

затупившегося круга (2-е состояние) и, наконец, на рис. 56а поверхность правленого круга.

В практике шлифования могут быть и промежуточные состояния поверхности неработоспособного круга, находящиеся между первым и вторым. Все они известны под термином — „засаливание“ круга.

Некоторые специалисты считают, что выкрошивание затупившихся зерен целиком или большими частями не происходит, а имеет место лишь постепенное изнашивание острых кромок и выступов зерна, таким образом, что все время образовывается поверхность с новыми, более мелкими, острыми выступами. По мере такого изнашивания зерна величина этой поверхности становится все больше, а количество острых выступов увеличивается, вследствие чего давление на одно острие уменьшается. Если давление падает до того, что получающиеся при этом усилия шлифования становятся недостаточными для дальнейшего изнашивания зерна с образованием на нем новых острых выступов, то уже имеющиеся выступы начинают сглаживаться и, наконец, полностью затупляются. Если же нагрузка и иные условия работы таковы, что даже наибольшее сечение отдельного зерна будет изнашиваться с образованием острых выступов, то получится работа круга с самозатачиванием. Характер износа в обоих случаях показан на рис. 57.

Правильнее считать, однако, что имеет место как выкрошивание целых зерен, так и крупных и мелких кусков, причем то или иное количество этих составных частей может меняться от режима, на котором круг работал.¹ Это подтверждается результатами непосредственного анализа отходов круга, из которых удалена металлическая стружка и связка. Последняя обычно истирается в мелкий порошок.

На рис. 58 показаны линией с черными точками результаты ситового анализа сегментов твердостью $СТ_2$ на бакелитовой связке, изготовленных из электрокорунда и маркированных зернистостью 24. Три других линии, почти совпадающие одна с другой, дают результаты ситового анализа отходов абразива, получившихся при обработке этими сегментами сырой стали твердостью 100 по Бринеллю. Шлифование производилось на плоскошлифовальном станке с продольным ходом стола и вертикальным шпинделем при скорости стола $v_{изд.} = 6$ м/мин. и различных подачах на глубину. На рисунке подача $t_{ном.} = 0,015$ мм обозначена линией с крестиками, $t_{ном.} = 0,045$ мм — линией с кружками и $t_{ном.} = 0,075$ мм — линией с квадратиками.

Как видно из приведенного, основной 24-й зернистости в отходах содержится сравнительно мало, зато увеличилось содержание мелких зерен и появились такие мелкие номера, которых в сегменте вообще не было.

¹ При чистовых режимах количества выпадающих целых зерен или крупных их кусков весьма незначительно.

На рис. 59 показаны результаты испытания шлифующей способности зерна тех же сегментов (крестики) и зерна одного из тех же отходов (кружки), полученные при подаче $t_{\text{ном.}} = 0,015$ мм. Совпадение обеих кривых доказывает, что зерна в отходе не имеют затупленных кромок, а также остры, как и зерна в сегменте. Это с несомненностью свидетельствует о том, что зерна в процессе работы сегмента раскалываются, т. е. происходит дробление.

Расходуемая на шлифование мощность при работе с самозатачиванием круга изменяется следующим образом: мощность N в первое время работы нарастает, а затем, по мере „приработки“ круга и выбирания слабины в подшипниках шпинделя,

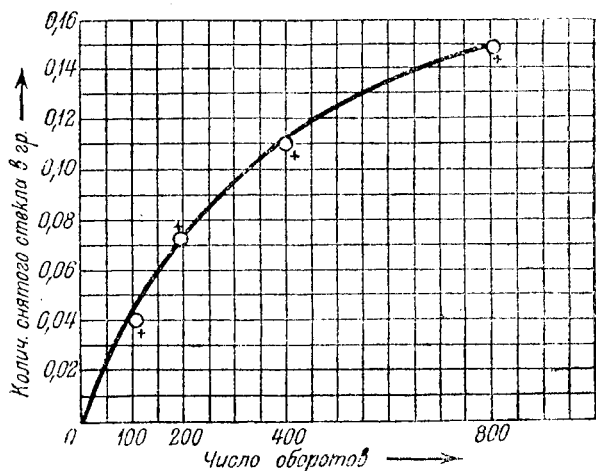


Рис. 59. Абразивная способность по Миндту зерна из сегмента и отходов шлифования

+ сегмент; ○ отходы

устанавливается более или менее постоянной. Мощность при установившемся режиме хотя и колеблется вокруг некоторого своего среднего значения (рис. 60), но не достигает такого максимума, когда работу необходимо прекратить из-за перегрузки мотора. Кривая колебаний мощности для данной характеристики сегментов и обрабатываемого материала останется неизменной, сколь бы долго ни продолжалась работа.¹ Из того же рисунка следует, что удельный расход энергии, идущей на снятие 1 кг металла, различен: он больше при малых значениях $t_{\text{ном.}}$, т. е. мощность нарастает не пропорционально $t_{\text{ном.}}$. Отсюда следует, что затупление шлифовального круга скорее может быть получено при работе на низких режимах, или

¹ Обрабатываемый материал — незакаленная сталь, сегменты на бакелитовой связке. На рисунке отмечены первые два часа работы, опыт же продолжался 5 часов.

обратное положение: из области затупления возможен переход к самозатачиванию при усилении режима. Например, шлифова-

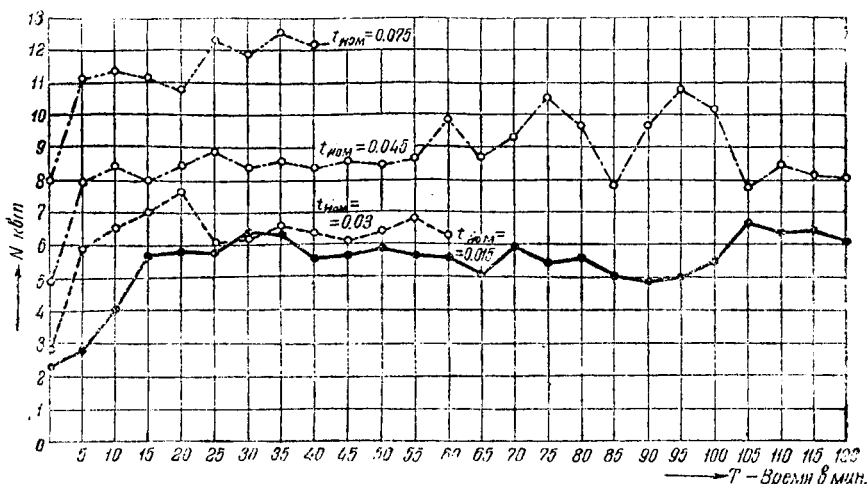


Рис. 60. Характерная кривая расхода мощности при работе круга в области самозатачивания $v_{изд} = 6$ м/мин.

ние незакаленной стали при скорости изделия $v_{изд.} = 5$ м/мин и подаче на глубину $t_{ном.} = 0,015$ мм сопровождалось прижогами изделия (рис. 61), характерными для работы затупившимся кругом. При переходе на режим $t_{ном.} = 0,03$ мм прижоги исчезли (рис. 62), т. е. шлифовальный круг стал самозатачиваться.

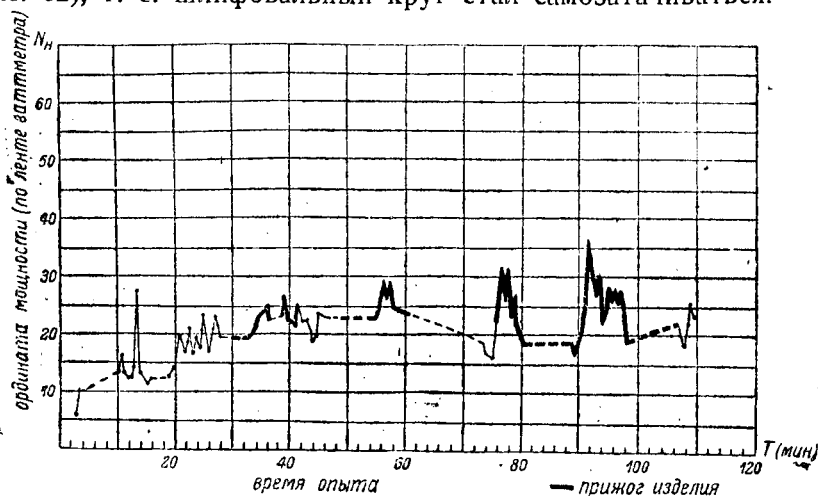


Рис. 61. Мощность в зависимости от времени $N_R = f(T)$
Сегменты 24 СМ, керамические; сталь $H_B = 220$; $b = 100$, $v_{изд} = 5$ м/мин.,
 $t_{ном} = 0,015$ мм, высота болванки $h = 41$ мм

Заметим, что увеличение режима обработки, т. е. скорости изделия или поперечной подачи, а также и их обоих вместе, практически может привести к самозатачиванию только при достаточной мощности станка, жесткости детали и не слишком твердом круге, например, для керамического круга с превышением твердости, против требующейся, на одну степень.

На плоскошлифовальных станках, работающих сегментами, процесс обработки большинства машинных деталей, например, отливок и пр., целесообразнее вести с самозатачиванием. Правильный подбор круга и режима обработки здесь обеспечивает



Рис. 62. Мощность в зависимости от времени $N_n = f(T)$

Сегменты 24 СМ₁, керамические

Сталь $H_B = 220$; $b = 100$; $v_{изд} = 5$ м/мин;

$t_{ном} = 0,03$ мм; высота болванки $h = 41$ мм

относительно малый износ круга и небольшую стоимость обработки. Изменение формы круга при его износе здесь не играет такой важной роли, как, например, при круглом внешнем шлифовании.

Процесс обработки при самозатачивании круга в сравнении с затуплением более выгоден. Например, наименьшая стоимость снятия 1 кг чугуна сегментами кольцевой формы при работе с затуплением при $v_{изд.} = 6$ м/мин. равна 3 р. 86 к., а при $v_{изд} = 12$ м/мин. — 2 р. 82 к., тогда как при самозатачивании

стоимость снятия 1 кг металла равна 35—40 коп. для сегментов C_2 , зернистости 16 и 80—90 коп. для сегментов CM_1 зернистости 16—24. На этих станках работают с самозатачиванием при обработке чугуна сегментами на бакелитовой связке до C_2 и на керамической — до M_1 — M_2 . На станках „Шмальц“ при обработке незакаленных сталей сегментами на бакелитовой связке с самозатачиванием работают до CT_1 , на керамической связке — до M_3 — CM_1 .

6. МОЩНОСТЬ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Процесс шлифования на станках с продольным движением стола носит циклический характер. Цикл состоит из периода резания на прямом ходу, паузы, в течение которой происходит реверсирование стола, периода резания на обратном ходу и второй паузы (рис. 63). Количество циклов в единицу времени зависит от длины хода стола и от его скорости.

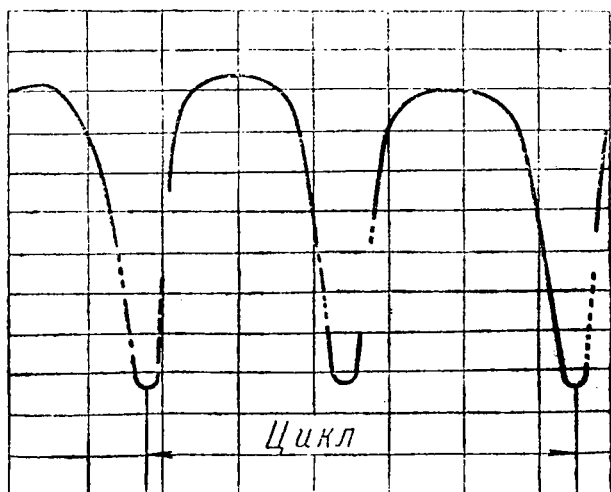


Рис. 63. Изменение мощности за один цикл резания

Величина расходуемой на шлифование мощности зависит от ряда факторов, как то: твердости обрабатываемого материала, площади шлифуемого изделия, характеристики шлифовального круга, режима обработки, т. е. скорости круга и изделия, поперечной подачи, охлаждения и других. Для примера на рис. 64, 65 показана зависимость расходуемой на станке мощности $N_{рез.}$ от подачи на глубину резания $t_{ном.}$ и скорости изделия $v_{изд.}$ ¹

¹ $N_{рез.}$ мощность в квт, идущая на резание, представляет подведенную мощность $N_{подв.}$ за вычетом потерь в моторе и потерь холостого хода. Нагрузочные или переменные потери в станке от реакции резания включены в $N_{рез.}$ Опытные точки нанесены на логарифмическую сетку.

Обрабатываемый материал — сталь 1020, HB-150—170 в брусках шириной в 85 мм, а сегменты шлифовального круга — на бакелитовой связке зернистости 16, твердости СТ₁.¹

Из рис. 64—65 видно, что $N_{рез.}$ непрерывно возрастает как с увеличением $t_{ном.}$, так и с увеличением $v_{изд.}$. На основании графиков получена следующая зависимость для $N_{рез.}$:

$$N_{рез.} = 8,35 v_{изд.}^{0,73} t_{ном.}^{0,53} \dots \dots \dots (5)$$

При обработке изделий различной ширины ($b=14; 42; 85; 130; 170$ мм) было установлено, что в формуле для $N_{рез.}$ показатель при b принимает значение, приблизительно равное 0,6. Например, зависимость $N_{рез.}$ от b и от $t_{ном.}$ показана на рис. 66—67.

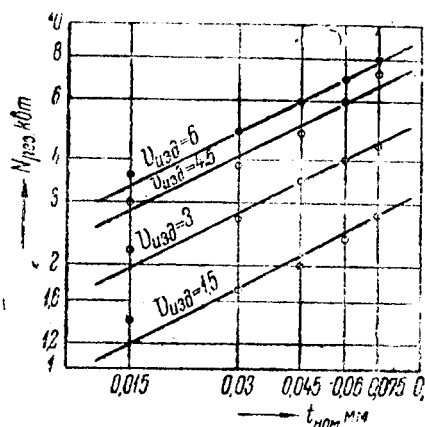


Рис. 64. Расход мощности $N_{рез.}$ в зависимости от глубины резания $t_{ном.}$ (для различных скоростей изделия $v_{изд.}$)

Зернистость — 16, твердость — СТ₁

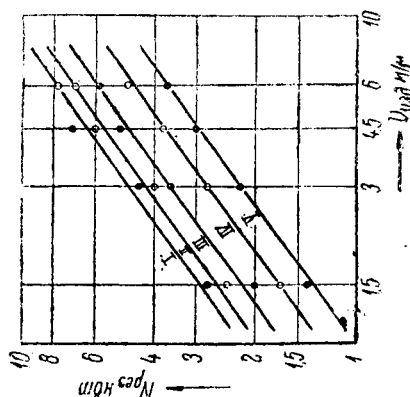


Рис. 65. Расход мощности $N_{рез.}$ в зависимости от скорости изделия $v_{изд.}$ (для различных глубин резания $t_{ном.}$)

- I — $t_{ном.} = 0,075$
- II — $t_{ном.} = 0,06$
- III — $t_{ном.} = 0,045$
- IV — $t_{ном.} = 0,03$
- V — $t_{ном.} = 0,015$

Зернистость — 16, твердость — СТ₁

С введением показателя при b формула 5 примет следующий вид:²

$$N_{рез.} = 0,58 v_{изд.}^{0,73} t_{ном.}^{0,53} b^{0,6} \dots \dots \dots (6)$$

¹ Работа протекала с самозатачиванием шлифовального круга.

² При b произвольном постоянная в формуле 5, полученная для $b = 85$ мм, изменится на коэффициент

$$C_1 = \frac{C}{85^{0,6}}.$$

Для сегментов других твердостей получены следующие выражения для $N_{рез.}$:

$$\text{твердости } C_1 \quad N_{рез.} = 0,37 \, v_{изд.}^{0,71} t_{ном.}^{0,53} b^{0,6} \dots (7)$$

$$\text{твердости } M_2 \quad N_{рез.} = 0,17 \, v_{изд.}^{0,53} t_{ном.}^{0,45} b^{0,6} \dots (8)$$

Для чугуна $H_B = 140-160$ при работе с круглым сегментом (типа „Дискус“) на бакелитовой связке получились следующие выражения для $N_{рез.}$:

$$\text{круг } 24 \, CM_2 \quad N_{рез.} = 0,42 \, v_{изд.}^{0,31} t_{ном.}^{0,56} b^{0,9} \dots (9)$$

$$\text{круг } 24 \, M_2 \quad N_{рез.} = 0,16 \, v_{изд.}^{0,54} t_{ном.}^{0,4} b^{0,9} \dots (10)$$

$$\text{круг } 16 \, C_2 \quad N_{рез.} = 0,48 \, v_{изд.}^{0,4} t_{ном.}^{0,42} b^{0,9} \dots (11)$$

$$\text{круг } 16 \, CM_1 \quad N_{рез.} = 0,28 \, v_{изд.}^{0,4} t_{ном.}^{0,42} b^{0,9} \dots (12)$$

Из графиков и формул для $N_{рез.}$ видно, что мощность растет с увеличением твердости шлифовального круга. Известно также, что при работе шлифовального круга с самозатачиванием мощность расходуется преимущественно на работу резания.

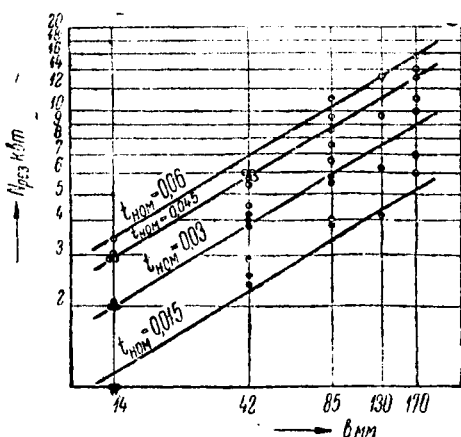


Рис. 66. Расход мощности $N_{рез}$ в зависимости от ширины изделия (для глубины резания $t_{ном} = 0,015 \div 0,06$ мм)

Зернистость — 24, твердость — СТ₁. Скорость изделия $v_{изд.} = 6$ м/мин.

- — $t_{ном} = 0,015$ мм
- — $t_{ном} = 0,03$ мм
- — $t_{ном} = 0,045$ мм
- — $t_{ном} = 0,06$ мм

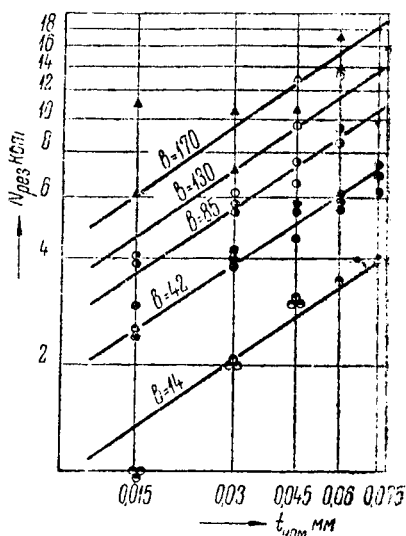


Рис. 67. Расход мощности $N_{рез}$ в зависимости от глубины резания $t_{ном}$ (для ширины изделия $b = 14-170$ мм)

Скорость изделия $v_{изд.} = 6$ м/мин. Зернистость — 24, твердость — СТ₁

- — $b = 14$ мм
- — $b = 42$ мм
- — $b = 85$ мм
- — $b = 130$ мм
- ▲ — $b = 170$ мм

Поэтому для достижения достаточной загрузки мотора станка и получения высокой производительности следует работать относительно твердыми кругами. Пределом увеличения твердости шлифовального круга, при определенной чистоте и точности обработки изделия, должна служить мощность мотора станка. Однако надо иметь в виду, что это относится к предварительному обдирочному шлифованию. При чистовых же операциях расходуемая мощность незначительна.

Для получения подведенной к мотору станка мощности величины $N_{рез.}$, вычисленные по формулам (6—12), следует умножить примерно на коэффициент 1,3.

Пример: Требуется отшлифовать изделие из незакаленной стали шириной $b = 100$ мм. Обработка ведется сегментами типа „Шмальц“, зернистости 16, твердости C_1 на бакелитовой связке, при $v_{изд.} = 6$ м/мин и $t_{ном.} = 0,1$ мм.

Подставив значения $v_{изд.}$ и $t_{ном.}$ в формулу 7 и произведя вычисления, получим $N_{рез.} = 6$ квт. Следовательно, подведенная к мотору станка мощность будет равна

$$6 \times 1,3 = 7,8 \text{ квт.}$$

7. ОХЛАЖДЕНИЕ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Механическая работа резания заключается не только в непосредственном отрыве стружки от изделия, разрушении ее на отдельные элементы и перемещении частиц внутри этих элементов, но также и в преодолении трения, возникающего между режущим инструментом и обрабатываемым материалом. Роль трения стружки и изделия о режущий инструмент в общем расходе работы на резание еще точно не определена.

Роль охлаждающей жидкости при процессе резания шлифовальным кругом еще менее изучена, чем при резании резцом. Поэтому пока приходится руководствоваться данными, полученными из практики. Известны следующие преимущества охлаждения при шлифовании:

1. Уменьшение трения между зернами шлифовального круга и изделием, что ведет к уменьшению давления резания. При хаотическом расположении зерен на поверхности круга и различных углах резания для зерен, в том числе и отрицательных, это давление достигает значительной величины. Например, при работе на плоскошлифовальном станке неоднократно наблюдалось резкое повышение расхода мощности с 5—6 квт до 13 квт и выше вследствие засорения насоса и уменьшения подаваемой им для охлаждения жидкости. Чрезмерный нагрев изделия ведет к размягчению частиц металла, стружка которого принимает форму спекшихся шариков (рис. 68). Засаливание круга при этом наступает раньше. Стружка при нормально ведущемся процессе показана на рис. 69.

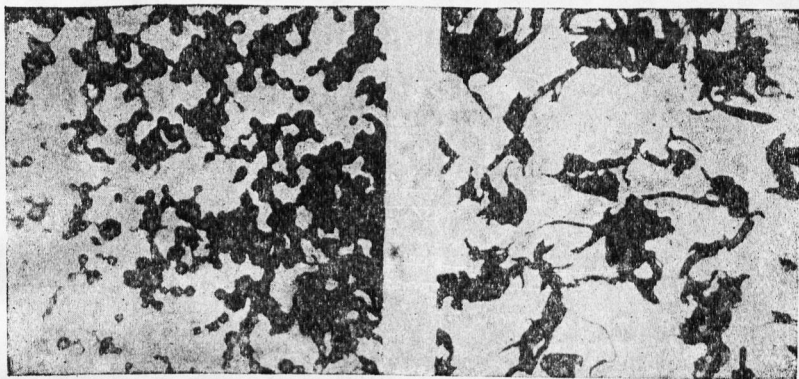


Рис. 68. Спекшаяся стружка

Рис. 69. Нормальная стружка

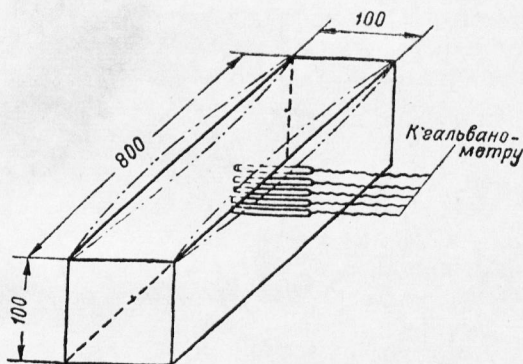


Рис. 70. Деформация бруска при нагреве и охлаждении

2. Обильное применение охлаждающей жидкости способствует лучшему удалению стружки, освободившихся зерен и связки с поверхности круга. Эти частицы, не будучи удалены, попадая между кругом и изделием, наносят на изделие грубые риски.

3. Охлаждение предохраняет некоторые связки от преждевременного разрушения. Так, например, бакелитовая и вулкани- товая связки, при работе без охлаждения, частично размягчаются и выгорают, причем и в том и другом случае абразивные зерна выпадают без достаточного использования.

4. Охлаждение улучшает качество обрабатываемой поверх- ности и уменьшает возможности отпуска закаленных деталей. При работе без охлаждения детали не только сложного про- филя (фигурные), но и самые простые получают коробление, часто далеко выходящее за пределы допуска. Например, брусок получает выпуклость при нагреве и вогнутость при охлаждении, как показано на рис. 70. Температура поверхности такого бруска, замеренная с помощью термопар, достигает 170°C и выше. При сухом шлифовании часто наблюдается пятнистость поверхности, рябь, трещины, отдельные глубокие неровности.

5. Уменьшение температуры и расходуемой мощности позво- ляют вести обработку на значительно более интенсивных режимах.

Стахановец-шлифовщик Строилов И. приводит следующие сравнительные данные о шлифовании всухую и с охлаждением: „При шлифовке каленой планки размером $5 \times 20 \times 120$ мм при подаче $s = 0,2 \frac{\text{мм}}{\text{ход стола}}$ и глубине резания $t = 0,05$ мм, дефор- мации, т. е. непараллельность противоположных плоскостей рав- няется при работе без охлаждения, примерно, 0,015 мм, при работе же с охлаждением непараллельности не наблюдается. При шлифовке же планки с $s = 2 \frac{\text{мм}}{\text{ход стола}}$, но глубиной резания $t = 0,15$ мм, отклонение от параллельности выразилось: при работе с охлаждением = 0,03 мм и при работе без охлаждения = 0,12 мм.¹

6. При работе с охлаждением направляющие станка и меха- низмы станка не подвергаются загрязнению мельчайшими части- цами абразива и обрабатываемого материала, а потому сохра- няются дольше.

Требуемое количество охлаждающей жидкости диктуется следующими условиями: размером круга и детали, режимом обработки, т. е. скоростью детали, подачами, окружной ско- ростью круга, качеством обрабатываемого материала и термо- обработкой. С увеличением размера круга и поверхности сопри- косновения с изделием, увеличением режима и твердости обраба-

¹ Шлифование производилось на плоскошлифовальном станке, работающем периферией круга. Здесь под S имеется в виду подача, направленная парал- лельно оси шпинделя („на ширину“ круга).

тываемого материала требуется большее количество охлаждающей жидкости. Современные плоскошлифовальные и круглошлифовальные станки потребляют до 70 л охлаждающей жидкости в минуту. Вести охлаждение рекомендуется при максимально возможном количестве жидкости, подавая ее непрерывной струей к месту резания и больше на изделие, чем на шлифовальный круг.

В качестве охлаждающих жидкостей при шлифовании рекомендуется применять: либо водные эмульсии с растворимым маслом и содой, либо минеральные масла низкой вязкости. Выбор охлаждающей жидкости зависит от того, какой фактор, т. е. охлаждение или смазка, преобладает. Например, при шлифовании легированных, быстрорежущих и закаленных сталей необходимы эмульсии с большим количеством воды. Кроме того, при выборе охлаждающей жидкости имеет значение корродирующее действие ее на металл, насколько она удовлетворяет санитарно-гигиеническим условиям и пр.

При грубой шлифовке чугуна охлаждение производится водой с 5% соды. При круглой шлифовке добавляют масло в количестве 0,25 кг на 10 л воды и 1 кг соды. При шлифовке алюминия и его сплавов охлаждение производят веретенным маслом с керосином в пропорции 1:1, или эмульсией масла с водой от 1:60 до 1:70. В последнем случае вязкость охлаждающего масла имеет существенное значение. Применять для охлаждения один керосин не следует, так как он действует раздражающе на кожу и огнеопасен.¹

Дюралюминий охлаждают эмульсией сурепного масла. Электрон — 4%-ным водным раствором фтористого натрия.

По опытам Горьковского автозавода,² лучшей жидкостью для чистовой обработки сырой стали является 2%-ная мыльная вода, т. е. 2%-ный раствор стирального порошка в воде. Этот раствор одновременно повышает стойкость шлифовального круга. При черновом и предварительном шлифовании следует применять 7% эмульсола Нефтесиндиката и 93% воды, или жидкость из 5% нефтяной сульфокислоты, 2% зеленого мыла, 1,8% кальцинированной соды и 91,2% воды. Обе жидкости обеспечивают достаточно высокую стойкость шлифовального круга при наименьшем расходе мощности. Последняя жидкость действует разъедающе на кожу и поэтому не может применяться там, где руки рабочего находятся непрерывно под струей жидкости, например, при бесцентровом шлифовании до упора.

8. ВЫБОР КРУГА

Для получения высокой производительности при шлифовании решающее значение имеет правильный выбор круга. При

¹ Рецепт специальной эмульсии, применяемой при обработке алюминия резанием и не содержащей керосина, приведен в карте Техсо 1936 г., серия 19 А, № 2696 (с последующими исправлениями);

² Инж. Т. П. Рекши́нская. „Охлаждающие жидкости при шлифовании“. Журнал „Станки и инструмент“, 1939 г., № 4.

выборе шлифовального круга следует учитывать требования, предъявляемые к кругу, обусловленные, главным образом, свойством обрабатываемого материала, качеством обработки и режимом резания. Шлифовальный круг работает удовлетворительно тогда, когда его напряжения, вызываемые давлением шлифуемого изделия, приближаются или достигают предела сопротивления удару связки и зерна. Всякое, иногда даже незначительное, увеличение давления или напряжения на шлифующей поверхности круга разрушает или выкрошивает его зерна, а уменьшение этого давления приводит к притуплению зерен и к общему засаливанию круга. Другими словами, при уменьшении давления круг работает как более твердый, а при увеличении давления — как более мягкий.

Жалобы на плохую работу круга часто объясняются неправильным выбором характеристики круга.

Успешная работа круга, главным образом, зависит:

а) от характеристики круга, т. е. абразивного материала, связки, зернистости, твердости, структуры, формы и размеров;

б) от условия использования, т. е. черновое или чистовое шлифование, скорость круга и изделия, ручная или автоматическая подача, величина подачи, площадь соприкосновения шлифовального круга с изделием, охлаждающая жидкость, мощность мотора, состояние станка и т. д.;

в) от характеристики подлежащего шлифованию материала и детали: механических свойств материала, формы, веса и размера детали, величины снимаемого припуска.

Практика шлифования и исследования установила ряд приводимых ниже правил, коими следует руководствоваться при выборе круга.

1. Абразивный материал круга, как приводилось выше, определяется, главным образом, природой шлифуемого материала. Корунд рекомендуется применять при шлифовании материалов с большим сопротивлением на разрыв — обыкновенных сталей, специальных сортов сталей и ковкого чугуна. Зерна карборунда значительно тверже корунда, имеют острые углы, но вместе с тем скорее расщепляются под действием усилий шлифования. Поэтому карборунд применяют при обработке материалов с малым сопротивлением на разрыв: чугуна, твердой бронзы, алюминия, резины, мрамора, камня и др. Для шлифования твердых сплавов применяют карборунд, так как высокая его твердость здесь играет решающую роль. При обработке стали карборундовым шлифовальным кругом зерна его преждевременно расщепляются от ударов, а круг непроизводительно расходуются.

Применение же корунда при шлифовании чугуна в практике имеет место. Например, шлифование направляющих станин, гильз, блоков цилиндров и др. часто ведут корундовыми кругами. Корунд в общем успешно применяют на шлифовке легированного чугуна, кроме того, его нередко применяют также и для обработки алюминия, например, поршней.

2. Факторы, влияющие на выбор связки круга. Наиболь-

шим распространением пользуются круги на керамической связке. Однако во многих случаях выполняемая работа требует подбора других связок.

Тонкие круги, например, отрезные и другие, подвергаемые усилиям на изгиб, требуют бакелитовую или каучуковую связку.

Бакелитовые круги и круги на каучуковой связке обычно дают обрабатываемую поверхность лучшего качества. При обработке кругами на бакелитовой связке, по сравнению с керамическими и вулканизованными, опасность прижога обрабатываемой поверхности меньше. При точной обработке, фасонном шлифовании пазов, канавок и т. д. рекомендуются круги на керамической или каучуковой связке.

3. Влияние зернистости. Основными факторами, влияющими на выбор зернистости, являются: количество снимаемого при обработке материала, желаемая степень обработки и физические свойства обрабатываемого материала.

Для быстрого снятия припуска необходимо брать крупнозернистые круги, так как они позволяют работать с большими глубинами резания. Это правило не распространяется на обработку твердых материалов и сплавов, где глубина резания незначительна. Хотя основное предназначение крупнозернистых кругов — обдирочные работы, однако это еще не значит, что этими кругами нельзя также производить, правда с затратой несколько большего времени, и работ с более чистой отделкой поверхности. Изменение режима работы, например, уменьшение скорости обрабатываемого изделия, глубины резания и др., часто обеспечивает получение более чистой поверхности, чем изменение зернистости круга на одну, а иногда и на несколько степеней. Применение круга одной зернистости на предварительной и окончательной операции практикуется преимущественно в мелкосерийном производстве, ремонтных работах и т. п.

Мелкозернистые круги предназначаются для чистовой отделки. В массовом производстве операции обдирочные и чистовые производятся на различных станках, иногда с применением между крупнозернистыми и мелкозернистыми кругами еще промежуточных.

Мелкозернистые круги следует применять при обработке твердых материалов, как то: отбеленного чугуна, закаленной стали, твердых сплавов и др. Здесь крупнозернистые круги изнашиваются очень быстро. Твердый сплав оказывает большое сопротивление внедрению, а потому мелкие зерна с острыми углами, число которых на единицу поверхности больше, чем в крупнозернистом круге, легче проникают в металл. Например, при шлифовании стеллита сегментами зернистости 24 происходит не процесс резания металла, а процесс правки сегментов.

При фасонном шлифовании применяют круги с более мелким зерном. При выборе зернистости круга должно быть дополнительно учтено следующее: чем больше опасность засаливания круга, чем больше плоскость соприкосновения круга с изделием и чем мощнее станок, тем крупнее надо брать зерно.

4. Твердость. Значение правильного выбора твердости шлифовального круга иллюстрируется следующими примерами.

На рис. 71—73 приведены кривые производительности кругов на бакелитовой связке твердости M_2 , C_1 , CT_1 , полученные при обработке незакаленной стали на плоскошлифовальном станке „Шмалц“ с окружной скоростью сегментного круга 19 м/сек. и различных режимах.

Из рисунков следует, что производительность нарастает по мере увеличения твердости сегментов. Так, наибольшая производительность для сегментов M_2 составляет 1,5 кг снимаемой стружки в час, для C_1 — 4,8 кг и CT_1 — 7,0 кг. Низкая произ-

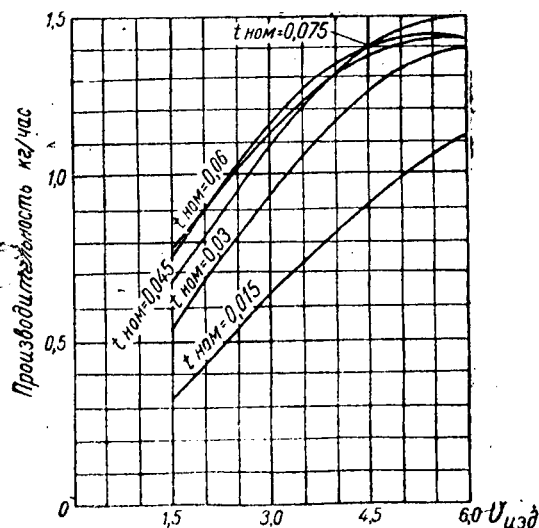


Рис. 71. Зависимость производительности от скорости изделия $v_{изд}$ при различных глубинах резания $t_{ном}$

Бакелитовые сегменты 16 — M_2 . Материал — незакаленная сталь

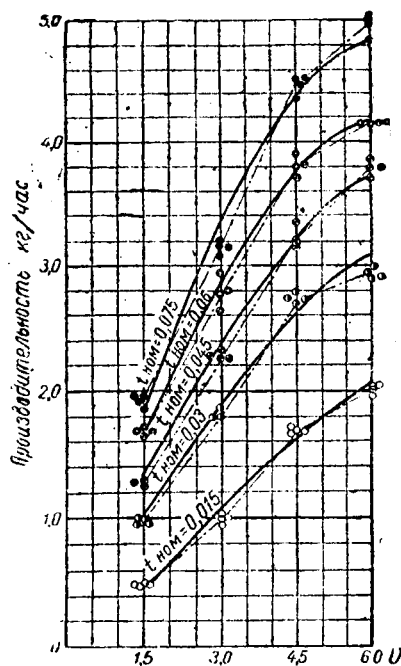


Рис. 72. Зависимость производительности от скорости изделия $v_{изд}$ при различных глубинах резания $t_{ном}$

Бакелитовые сегменты 16 — C_1 . Материал — незакаленная сталь

— Среднее из опытов
— Принятая кривая производительности

водительность при работе сегментами M_2 объясняется значительным износом их по причине малой твердости. Так, при режиме большем, чем $v_{изд} = 4,5$ м/мин., кривые производительности переходят в горизонталь, т. е. рост производительности прекращается. Во всех случаях работы мягким кругом фактическая глубина резания $t_{факт}$, т. е. величина снимаемого слоя металла за один проход меньше установленной по лимбу станка на величину износа круга.¹ При круглом внешнем шлифовании

¹ При этом мы не учитываем величины отжима круга.

в центрах — на величину износа круга по радиусу, при плоском шлифовании торцем — на величину износа круга по высоте и т. д. Разница между установленной по станку и фактической глубиной резания тем больше, чем мягче круг.

Таким образом, при работе сегментами M_2 для снятия одного и того же припуска затрачиваем машинное время в несколько раз большее, чем для сегментов $СТ_1$, и имеем боль-

ший расход сегментов и, следовательно, высокую стоимость обработки. С повышением твердости стоимость обработки уменьшается за счет сокращения машинного времени, т. е. работа протекает с большей нагрузкой мотора станка и лучшего использования абразива.

При работе круга с затуплением зерна круга по причине его высокой твердости постепенно затупляются, расходующая мощность возрастает и начинают появляться прижоги. Пример такой работы круга при шлифовании чугуна на станке „Дискус“ приведен на рис. 74.

Мощность при скорости стола $v_{изд} = 6$ м/мин. и подаче на глубину $t_{ном} = 0,1$ мм в течение 6 минут поднялась выше 26 квт, при предельной мощности мотора 25 квт. В этом случае затупившийся круг очевидно требует правки. Притупление круга в зависимости от его твердости и режима обработки может наступить и еще быстрее. Вести процесс обработки чугуна на станке „Дискус“ с правкой через каждые 6 минут явно нецелесообразно, так как круг будет почти полностью израсходован на правку, а время, идущее на правку, простой станка и пр. увеличат стоимость обработки.

Между интенсивным износом круга, как в примере обработки стали сегментами M_2 , и быстрым его затуплением в примере обработки чугуна, имеется ряд промежуточных, наиболее

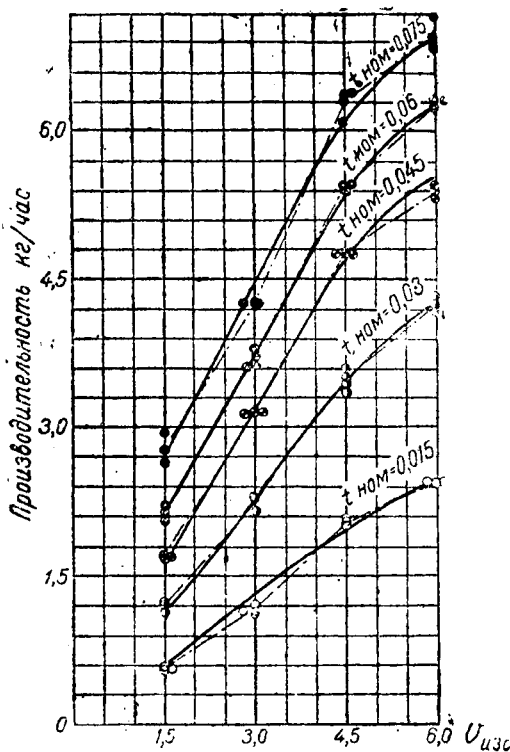


Рис. 73. Зависимость производительности от скорости изделия $v_{изд}$ при различных глубинах резания $t_{ном}$

Бакелитовые сегменты 16 — $СТ_1$. Материал — незакаленная сталь

— — — Среднее из опытов

— Принятая кривая производительности

приемлемых условий, зависящих в значительной степени от твердости круга.

Неправильно выбранная твердость круга также отрицательно отражается на качестве обрабатываемой поверхности. При недостаточной твердости, из-за быстрого износа круга, абразивные зерна, находясь все время в состоянии остроты, наносят риски на поверхности изделия.

При твердом круге абразивные зерна, притупляясь, своевременно не освобождаются из связки, и вместо процесса резания происходит интенсивный процесс образования тепла, а изделия подвергаются короблению, на поверхности их появляются пятна, прижоги, риски и пр.

Основные факторы, влияющие на выбор твердости круга, следующие:

а) Физические свойства шлифуемого материала, как то: твердость, временное сопротивление разрыву и др. Выработанное практикой правило гласит: твердые круги для мягких материалов, а мягкие круги для твердых материалов. Однако это правило имеет исключения — медь, алюминий и свинец требуют мягких кругов.

Очевидно, что между твердостью обрабатываемого материала и износом шлифовального круга существует зависимость. Если твердости обрабатываемой стали отложить по оси абсцисс, а расход круга по оси ординат, то зависимость между H_B и q , по опытам ЦНИЛАША представится в виде кривой, изображенной на рис. 75. Наибольший расход круга имеет место при обработке мягкой стали, затем он с увеличением H_B уменьшается и, достигнув наименьшего значения, примерно при $H_B = 220-230$, начинает снова увеличиваться.

Этот пример показывает, что между износом круга, а следовательно и его твердостью и характеристикой обрабатываемого материала, имеется более сложная зависимость, чем это отмечено выше.

Интенсивный износ круга при обработке мягких и вязких сталей на обдирочных режимах повидимому может быть объяснен механическим разрушением связки от трения стружки. Зерна круга здесь не подвергаются сколько-нибудь заметным изменениям. Вьющаяся в виде сливной стружка, как бы „омывая“ зерна, производит разрушение связки, т. е. постепенно ослабляет опору

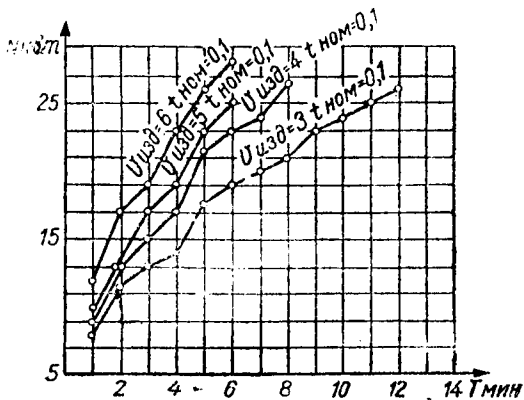


Рис. 74. Расход мощности по времени при различных глубинах резания — работе круга с затуплением

Круги зернистости — 16, твердость — СТ₁

верна. Для удаления такого зерна требуются очень незначительные усилия шлифования. При обработке твердых материалов имеет значение затупление зерна, сопровождающееся повышением давления.

В примере с обработкой твердого сплава мы уже видели, как затруднено проникновение зерен круга в этот материал, особенно, когда последние имеют крупный размер.¹

б) На величину давления при шлифовании влияет площадь контакта между кругом и изделием. С увеличением площади контакта давление на единицу площади уменьшается, а потому круг должен быть мягче, и чем меньше площадь контакта, тем тверже следует брать круг. Например, при плоском шлифовании и круглом внутреннем применяют более мягкие круги, чем при круглом внешнем. Круглое изделие небольшого диаметра, шлифуемое кругом малого диаметра, будет давать бесконечно малую площадь контакта с кругом. С увеличением диаметра круга

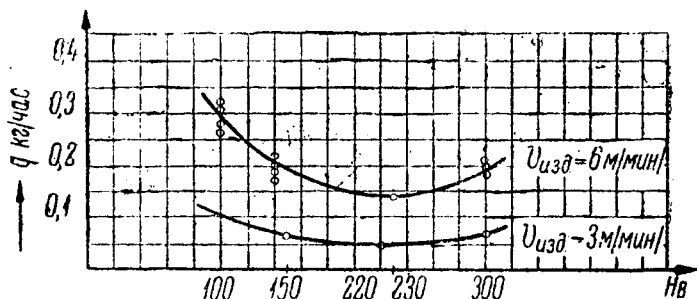


Рис. 75. Износ круга в зависимости от твердости обрабатываемого материала H_B $q = f(H_B)$

Сегменты бакелитовые 24 С₂. При $t_{ном} = 0,03$ мм, при ширине изделия $b = 42$ мм,
 $v_{изд} = 3 \div 6$ м/мин

увеличивается площадь контакта и уменьшается давление на единицу площади, поэтому круг может быть выбран более мягкий.

в) На выбор твердости круга влияет и режим работы. Чем больше скорость вращения круга при прочих неизменных условиях, тем мягче следует брать круг. Чем интенсивнее режим работы — больше скорость изделия, поперечная подача и др., тем тверже должен быть круг при работе с самозатачиванием. В случае работы с явно выраженным затуплением увеличение режима часто сокращает и без того малый период времени до затупления и преждевременно приводит круг к правке.

г) При шлифовании неровных прерывистых поверхностей необходимо брать несколько более твердые круги. К числу прерывистых поверхностей относятся также отливки и поковки.

¹ Зависимость $q = f(H_B)$ требует дополнительной разработки.

д) При работе на автоматических станках, устойчивых и жестких конструкций, применяют более мягкие круги. На станках с ручными подачами следует применять более твердые круги.

е) Мелкозернистые круги берутся относительно меньшей твердости.

ж) Сухая шлифовка требует мягких кругов.

з) Мягкие круги экономичнее твердых, так как реже правятся и позволяют вести обработку с более интенсивными режимами. Однако твердость их не должна быть столь низкой, чтобы они быстро изнашивались и теряли свою форму. Получение высокой производительности такими кругами затруднено.

и) Состояние и условия работы станка также влияют на выбор твердости круга. Наличие вибрации и износ основных частей станка требуют применения более твердого круга.

К изложенным правилам о выборе круга приведем некоторые данные о работоспособности шлифовальных кругов различных связок и изготовителей. Например, круги, находящиеся согласно табл. 4 в одной графе твердости, но различных фирм, фактически не имеют равной твердости и работают неодинаково. Даже, если взять несколько кругов одного изготовителя, номинально одной характеристики, то они также иногда ведут себя в работе различно. Одна из главных причин этого явления — несовершенство метода испытания твердости круга.

Как уже приводилось, для абразивных изделий, изготовленных на разных связках, имеются свои шкалы твердости. Каждая шкала должна быть рассмотрена отдельно, так как невозможно сравнивать в точности круг твердости L керамической связки и круг твердости 5 шеллаковой связки, хотя они по обозначениям фирмы Carborundum Co табл. 4, 5 и стоят в одной графе среднемягких.

Например, шлифование стального бруска шириной 100 мм на плоскошлифовальном станке сегментами на керамической и бакелитовой связках твердости C₁ показывает, что керамические сегменты по причине высокой твердости почти не работают (быстро нарастает мощность, появляются прижоги), а бакелитовые на всех режимах имеют износ и дают высокую производительность. Отсюда следует, что твердость кругов различных связок, устанавливаемая в статических условиях, еще полностью не определяет поведения инструмента в работе, так как поведение связок в динамических условиях работы круга различно. Однако какого-либо более совершенного измерения, чем обычные испытания твердости на приборах, определяющего работоспособность каждого шлифовального круга, пока не существует.

В практике для одной и той же работы бакелитовые круги берут примерно на 3—4 степени тверже керамических.

5. Выбор круга по структуре. Как уже приводилось, структурные круги характеризуются определенным соотношением зерен, связки и пор. На первый взгляд может показаться, что наиболее эффективными в работе должны быть круги, имеющие

наибольшее количество шлифующих зерен на единице поверхности, т. е. плотных структур, в предположении что каждое зерно будет снимать одинаковую по величине стружку, а круг — давать большую производительность. Однако здесь играют существенную роль поры. Снимаемая при обработке стружка легко отделяется от обрабатываемого предмета только при достаточно больших порах. Абразивные зерна пористых кругов открыты, а потому условия проникновения охлаждающей жидкости к каждой отдельной точке резания более благоприятны — в результате изделие нагревается меньше. Преимущество пористых кругов, выражающееся в большей производительности, видно из рис. 76, где пунктирной линией отмечена производительность

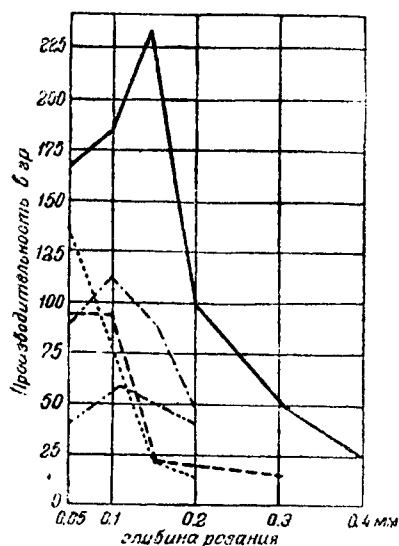


Рис. 76. Производительность в зависимости от глубины резания для шлифовальных кругов различной степени пористости

обычных менее пористых кругов различных форм, а сплошной — более пористых. Следовательно, заменив одну структуру круга другой, можно увеличить работоспособность круга на данной операции, уменьшить или увеличить его износ, не жертвуя другими характеристиками.

Основные факторы, влияющие на подбор структуры, следующие:

а) *Физические свойства обрабатываемого материала.* Мягкие с небольшим сопротивлением разрыву материалы требуют применения круга с крупными пора́ми, т. е. открытых структур; твердые и хрупкие материалы — круга с мелкой пористостью, т. е. закрытых структур.

б) *Качество отделки.* Чистовая обработка требует применения кругов с более мелкой пористостью, чем средняя или грубая обработка.

в) *Род шлифовальной работы.*

Обдирка и другие операции при переменных нагрузках (ручных подачах) требуют круга с крупными пора́ми. Для плоского шлифования требуются круги с крупными пора́ми. При круглом, бесцентровом шлифовании, заточке резцов и фрез лучше всего применять круги средней пористости.

г) При больших давлениях, стремящихся изменить форму круга, следует применять круги с мелкой пористостью.

Круги открытых структур рекомендуются для шлифовки цилиндров, литой, быстрорежущей и нержавеющей сталей, отбеленного чугуна, заточки больших фрез, заточки и шлифовки штампов, шлифовки и заточки инструментов из стеллита, вольфрама, карбида вольфрама.

ВЫБОР КРУГА ПРИ ПЛОСКОМ ШЛИФОВАНИИ

Обрабатываемая деталь	Материал	Операция шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Связка	Твердость
Бабки станков	Чугун	Обдирка	Карбо- рунд	24	Бакелитовая	СТ ₁
Балка задняя двигателя (трактора)	Чугун H _B = 160 — 200	"		16		СТ ₂
Бойки молотов	Сталь закаленная	" **		24—36		C ₁
Валики шлицевые	"	Предварительная***	Электро-корунд	36—46	Керамическая	СМ ₂
	Сталь	Окончательная***		46	Керамическая	C ₁
Винт микрометра	Сталь закаленная	Предварительная (шлифовка торцев и пятки)		46 60	Силикатовая	СТ ₁ СМ ₁ — СМ ₂
	Сталь сырая	Предварительная		60	Керамическая	C ₁
Вилка скорости (трактора)	Сталь сырая	Обдирка		24	Бакелитовая	СТ ₁
Втулка упорная валика насоса (трактора)	Чугун	Шлифовка торцев **		24	Керамическая	СМ ₂
Вставки измерительного инструмента	Сталь закаленная	Шлифовка торца и снятие фаски	Карбо- рунд	46		СМ ₂
	R _c = 60 — 64	Шлифовка торцев предварительная и окончательная		60		СМ ₁
Диск сцепной муфты трактора	"	Предварительная *		24—36	Бакелитовая	C ₁ — C ₂
"	Чугун	Окончательная **	Электро-корунд	36	Керамическая	СМ ₁
Диск наружной сцепной муфты (трактора)	H _B = 160 — 200	"		24		СМ ₁
Дышла поршневые	Сталь	Предварительная шлифовка плоскости *		36 24	Бакелитовая	C ₁ СМ ₁
		" *		24	Керамическая	СМ ₁
Дышла сцепные		Окончательная		46		СМ ₁

Обрабатываемая деталь	Материал	Операция шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Связка	Твердость
Калибры резцовые	Сталь ХГ закаленная	Шлифовка торцев предварительная **	Электрокорунд	46—60	Керамическая	M ₂ —CM ₁
Клейма	Сталь закаленная	Шлифовка торцев окончательная *		36		CM ₁
"	Сталь углеродистая и быстрорежущая закаленная	Предварительная шлифовка плоскостей *		36		CM ₁
"		Окончательная ***		46		M ₂ —M ₃
Кольца поршневые	Чугун Н _В = 220	Предварительная ***		46	Бакелитовая	CM ₂ —C ₁
"	— 265	Окончательная ***		60		CM ₂ —C ₁
Кольца золотниковые	Чугун	Обдирка Шлифовка плоскостей ***		16—24 36		CT ₁ CM ₁ —CM ₂
Конуса Морзе	Сталь закаленная	Плоская шлифовка (предварительная и окончательная)		46—60		M ₃ —CM ₁
Кольца калибровые	Сталь ЭХГ закаленная	Предварительная *	Карбунд	36	Бакелитовая	CM ₂
		Окончательная **		46—60	Керамическая	M ₃
Контршайбы	Сталь закаленная	Предварительная и окончательная		46—60		CM ₁
Корпус коробки скоростей станка		Предварительная и окончательная *		36		C ₂
Крышка корпуса коробки скоростей	Чугун	Обдирка		16	Бакелитовая	CT ₁
Крышка мотора передняя (трактора)		"		16		CT ₁ —CT ₂
Крышка картера нижняя (трактора)		"		16		CT ₂
Крышка дифференциала (трактора)		"		16		CT ₂

Обрабатываемая деталь	Материал	Операция шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Связка	Твердость
Крышка подпятника	Чугун $H_B = 140$	Обдирка	Карбунд	16—24	Бакелитовая	CT_1
Опорной тяги (трактора)	Чугун $H_B = 180$	"		16—24		CT_1
Крышка корпуса масляного насоса	Чугун —220	Шлифование плоскости		24		CM_1
"	Чугун	Обдирка		16		CT_1
Кронштейн передней оси (трактора)	Чугун $H_B = 140$ 180	Окончательная ***	Электро-корунд	60	Керамическая	M_2
Линейки лезкальные	Сталь закаленная	Шлифовка скоса. Предварительная и окончательная **		60		$M_3 - CM_1$
"		Шлифовка предварительная *		24—36		$C_2 - CT_1$
Линейки штангелей	Сталь сырая	Шлифовка предварительная и окончательная ***		46	Керамическая	$M_2 - CM_1$
Линейки мерительные	Сталь закаленная	Предварительная **	Карбунд	16—24		$M_2 - CM_1$
Магниты	Сталь	Предварительная *		16—24		$M_3 - CM_1$
"		Предварительная **		36		C_1
Маховики трактора	Чугун $H_B = 120$ — 160	Предварительная *		24	Бакелитовая	CM_1
"	Чугун	" **	Электро-корунд	24		CM_1
"		" **	Карбунд	16		CM_2
Направляющие станков		Предварительная **		16		CM_1
"		" **	Электро-корунд	36—46	Керамическая	$M_3 - CM_1$
"	Сталь закаленная	Окончательная		36—46		$M_3 - CM_1$
"		"		36—46		$M_3 - CM_1$
"		"		46		$CM_1 - CM_2$
Плиты поворотные	Сталь закаленная	Предварительная и окончательная	Электро-корунд	46	Керамическая	$M_2 - M_3$
Плитки угловые и концевые (измерительные)		Предварительная **		36		CM_2
"		" *		46		$M_3 - CM_1$
"		Окончательная ***		46		$M_3 - CM_1$

Обрабатываемая деталь	Материал	Операция шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Связка	Твердость
Планки приспособлений	Сталь сырая	Предварительная *	Электро-корунд	24	Бакелитовая	C ₁
Полозья коньков	Сталь закаленная	Предварительная и окончательная *		24—36		CM ₂ —C ₃
Призмы	Чугун	Предварительная и окончательная		46	Керамическая	M ₂ —M ₃
Рамки штангелей	Сталь	" **		46		CM ₁ —CM ₃
Скобы микрометра	Сталь сырая	Предварительная *		36	Бакелитовая	C ₂
"		" *		36	Керамическая	CM ₁
Скобы измерительные		Обдирка **		24		C ₁
Супорта станков		Предварительная **		36		M ₃ —CM ₁
"	Чугун	Окончательная **		46		M ₂
Угольники нормальные	Сталь закаленная	Предварительная *	Карборунд	24	Бакелитовая	CM ₂ —C ₁
"		Окончательная (короткая сторона)		46	Керамическая	M ₃ —CM ₁
Утюги (основания)		Предварительная *		16—24		M ₃ —CM ₂
"		Окончательная *		36	Бакелитовая	M ₂ —CM ₁
"	Чугун	Предварительная **		16—24		CM ₂ —C ₁
"	Чугун	" **		16—24		M ₂ —M ₃
"		Окончательная **		36		M ₂
Фланец боковой коробки дифференциала (трактора)	Сталь H _B = 170—210	Предварительная и окончательная ***	Электро-корунд	36	Керамическая	CM ₁
Шаблоны	Сталь закаленная	" ***		46—60		M ₂ —M ₃
Шайба упорная среднего валика трактора		" **		36	Бакелитовая	CM ₁
"		" **		24—36		C ₁
Шатуны двигателя внутреннего сгорания	Сталь	" *		36	Керамическая	CM ₁
Шестерня полуосевой дифференциала (трактора)	Сталь H _B = 140—145	" **		36		C ₁
"		" **		36—46	Керамическая	CM ₁

Обрабатываемая деталь	Материал	Операция шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Связка	Твердость
Шестерни	Сталь закаленная	Предварительная и окончательная ***	Электрокорунд	46—60	Керамическая	$M_2—CM_1$
Шестерни	Сталь закаленная	Предварительная и окончательная **		24—36		$M_2—M_2$
Шестерни масляного насоса (трактора)	$(R_c = 53—55)$	Предварительная и окончательная **		24—36	Бакелитовая	C_1
Шестерни масляного насоса (трактора)		Предварительная и окончательная **		46	Керамическая	CM_2
Шпонки	Сталь закаленная	Предварительная и окончательная ***		36		$M_2—CM_1$
Штанга штангенциркуля		Предварительная *		24—36	Бакелитовая	C_1
"		Окончательная ***		60	Керамическая	$CM_1—CM_2$
"		Предварительная шлифовка ребер **		36		C_1
Штангенциркули — мерительные губки		Окончательная ***		60—80	Бакелитовая	CM_1

Примечания: а) Для материалов твердых, закаленных, желателей электрокорунд высшего качества.

- б) * — означает обработку поверхности торцем сегментного круга,
 ** — означает обработку поверхности торцем сплошного кольцевого или чашечного круга и
 *** — периферией дискового круга.

В заключение приводим табл. 7 выбора кругов для различных работ, составленную на основании практики отечественных заводов (см. стр. 75—79). При этом следует оговориться, что настоящая таблица требует, с одной стороны, дальнейшего расширения, а с другой — более обстоятельной и научно поставленной проверки приводимых в ней данных.

ГЛАВА ПЯТАЯ

РАБОТА НА СТАНКАХ

1. ВЫБОР РЕЖИМА ОБРАБОТКИ

Для оценки выгодности режима шлифования обыкновенно пользуются несколькими критериями. Наиболее известны следующие показатели: „производительность“ и „экономичность“ процесса, а режимы, им соответствующие, называются наиболее производительными и наиболее экономичными.

Под производительным режимом понимается такой режим, который обеспечивает наибольший съем металла в единицу времени, измеряемого в килограммах или в миллиметрах припуска металла. Этот условный показатель называют часто „производительностью“. Очевидно, чем выше производительность, тем меньше машинное время, требуемое на снятие определенного объема стружки. С целью сокращения машинного времени идут по пути увеличения элементов режима резания, т. е. глубины резания, скорости изделия и т. д. Однако возможность большого увеличения этих элементов ограничивается следующими техническими факторами: прочностью механизмов станка и приспособлений, мощностью мотора, вибрацией станка и изделия, точностью и чистотой обработки, износом шлифовального круга и др. В случае обдирочного шлифования устойчивых изделий ограничивающим режим фактором очевидно будет прочность механизмов станка и мощность его мотора, а также шлифовальный круг, т. е. его зернистость, твердость и т. д. Соответственно будем иметь: наиболее производительный режим для данного станка или наиболее производительный режим для данной характеристики шлифовального круга. Ограничением режима в последнем случае чаще служит интенсивный износ круга.

Например, с усилением режима при шлифовании незакаленной стали сегментами бакелитовой связки 36—М₁ на станке „Шмальц“ износ круга в кг/час растет (рис. 77). Увеличение режима за счет подачи на глубину резания $t_{\text{ном}}$ в известных пределах сопровождается нарастанием производительности

(рис. 78) — в нашем случае до $t_{\text{ном.}} = 0,045$ мм. Дальнейшее увеличение подачи $t_{\text{ном.}}$ ведет к бесполезному расходу круга, а кроме того и к уменьшению производительности. Следовательно, твердость круга в приведенном примере является ограничивающим режим фактором. Поэтому, когда расход инструмента является узким местом, то, не считаясь с некоторым удорожанием операции, снижают режим обработки.

„Экономичность“ процесса шлифования или экономичный режим характеризуется себестоимостью обработки. Последняя определяет объем труда, затраченного на выполнение данной

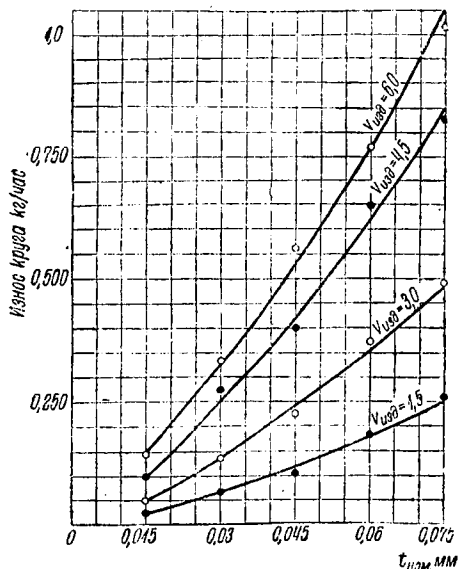


Рис. 77. Зависимость износа круга от поперечной подачи $t_{\text{ном}}$ при различных скоростях изделия $v_{\text{изд}}$

Зернистость — 36, твердость — M_1

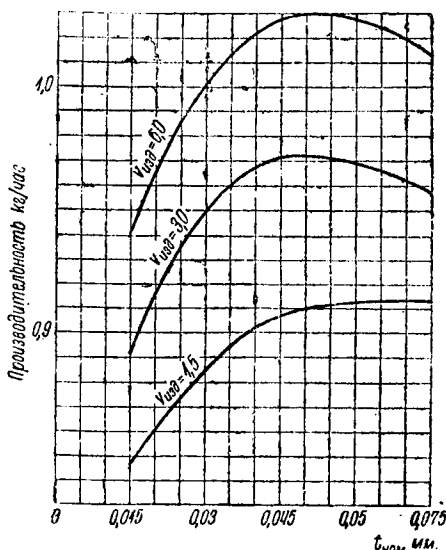


Рис. 78. Зависимость производительности от поперечной подачи $t_{\text{ном}}$ при различных скоростях изделия $v_{\text{изд}}$

Зернистость — 36, твердость — M_1

операции предприятием в целом. Сюда входят: расходы по инструменту, т. е. по износу, заправке при его притуплении и потере формы, смене и наконец накладные расходы.

Как уже приводилось, по мере повышения режима резания, мы можем прийти до такой его величины, когда из-за значительного износа шлифовального круга продолжительность операции начнет увеличиваться, т. е. производительность станет падать. Очевидно, что увеличение стоимости обработки в этом случае произойдет за счет возросшего машинного времени и затрат на расход инструмента. Наглядно это представлено на рис. 79, из которого следует:

- 1) Увеличение скорости изделия $v_{\text{изд.}}$ уменьшает стоимость

процесса шлифования; однако при поперечной подаче более 0,03 мм кривая стоимости для $v_{изд.} = 6$ м/мин. сначала пересекает кривую для $v_{изд.} = 3$ м/мин., а затем и кривую $v_{изд.} = 1,5$ м/мин.

2) Стоимость процесса шлифования с увеличением подачи $t_{ном.}$ сначала также снижается, а затем растет. Как и в предыдущем случае, перегиб кривых стоимости объясняется преимущественно интенсивным износом шлифовального круга.¹

3) Режимы наиболее производительные и экономичные не совпадают между собой. Так, наиболее производительные режимы

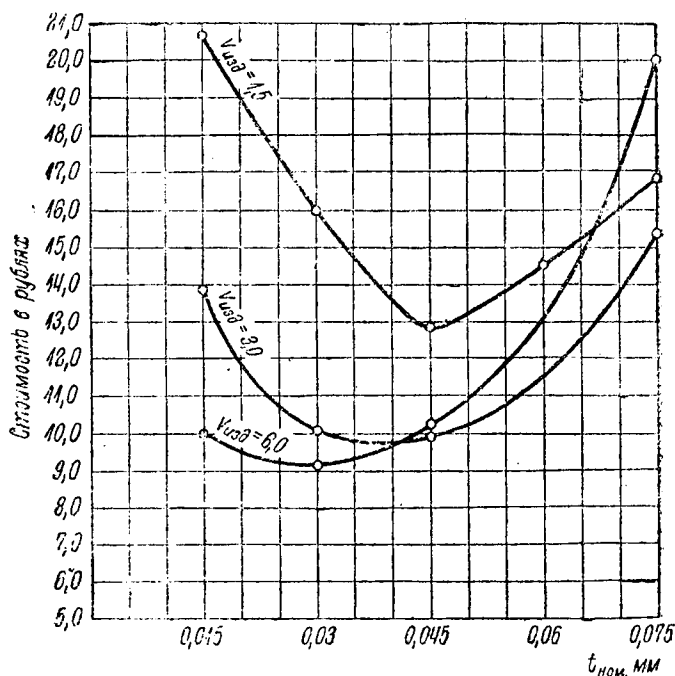


Рис. 79. Стоимость обработки при различных режимах шлифования (отнесенная к 1 кг снятого материала)
Зернистость — 36, твердость — М₁

получаются при подаче $t_{ном.}$ равной примерно 0,045 мм (рис. 78), а экономичные при $t_{ном.} = 0,03, 0,04, 0,045$ мм (рис. 79). Обычно, количество металла, снимаемого в единицу времени, больше при производительном режиме, чем при экономичном.

Иногда в качестве критерия при оценке правильности выбранного режима принимается „удельная производительность“, рав-

¹ Приведенный на рис. 79 пример показывает характер изменения стоимости от режима обработки, причем относится к случаю неправильного использования круга; при правильном подборе его твердости, например, СТ₁, в тех же условиях, стоимость снятия 1 кг металла может быть равной 1 руб. против 9 руб. при первом случае.

ная отношению веса снятого при обработке металла Q к весу израсходованного шлифовального круга q ($u = \frac{Q}{q}$). Чем больше Q и чем меньше q , тем выше, следовательно, удельная производительность и тем лучше используются абразивные свойства зерна и свойства связки.

На производстве величина удельной производительности служит частичным контролем правильности использования шлифовальных кругов и применяемых режимов, а также материалом для определения потребности предприятия в шлифовальных кругах.

С народно-хозяйственной точки зрения наиболее правильным критерием оценки режима резания является стоимость операции, т. е. работать необходимо на режиме экономическом. Лишь на узких местах, срывающих производственный план цеха или завода, может оказаться целесообразным применить производительные режимы резания вместо экономических с тем, чтобы компенсировать этим возможные более крупные потери от невыполнения плана на данном участке.

2. МАШИННОЕ ВРЕМЯ

При плоском шлифовании торцом круга на станках с продольным ходом стола машинное время определяется по следующей формуле:

$$T_{\text{маш.}} = \frac{h}{t_{\text{ном.}} n_1 z} \cdot K \text{ в мин.}, \dots \dots \dots (13)$$

где:

- $T_{\text{маш.}}$ — машинное время в мин.;
- h — припуск на сторону в мм;
- $t_{\text{ном.}}$ — поперечная подача, установленная по станку;
- n_1 — число ходов в мин.;
- z — число одновременно шлифуемых деталей;
- K — коэффициент, учитывающий износ круга, отжим шпинделя и дополнительные проходы без поджима для получения чистой поверхности.
- $T_{\text{маш.}}$ также может быть вычислено по формуле:

$$T_{\text{маш.}} = \frac{L \cdot h}{v_{\text{изд.}} t_{\text{ном.}} z \cdot 1000} \cdot K \text{ мин.}, \dots \dots \dots (14)$$

где приняты те же обозначения, что и в формуле 13, а L — длина хода стола в мм, равная длине шлифуемого изделия плюс перебеги, $v_{\text{изд.}}$ — скорость продольного хода стола в м/мин.

Таким образом, при подсчете числа проходов, необходимых для снятия заданного припуска, следует принять во внимание, что теоретически вычисленное число проходов будет всегда меньше фактического, что и необходимо учитывать при подсчете машинного времени. На длительность машинного времени

шлифования имеет влияние также требуемая чистота и точность обработки.

Величина износа круга в процессе работы при шлифовании чугуна $H_B = 140-160$ сегментами на бакелитовой связке, зернистости 16 кольцевой формы типа „Дискус“, приведена в табл. 8.

ТАБЛИЦА 8

ИЗНОС КРУГА ПРИ ШЛИФОВАНИИ ЧУГУНА

Твердость сегментов	Ширина изделия в мм	Режим обработки		Износ круга в кг/час	Износ круга в мм за один проход
		Скорость изделия $v_{изд.}$ в м/мин.	Подача на глубину $t_{ном.}$ в мм		
M_1-M_2	100	4	0,045	0,31	0,003
	100	2	0,2	1,09	0,021
	100	6	0,1	1,96	0,013
	100	4	0,5	10,3	0,102
CM_1-CM_2	100	2	0,2	0,42	0,008
	100	5,7	0,1	0,58	0,004
	100	4	0,5	7	0,07
	100	6	0,5	10,9	0,072
CM_1-CM_2	150	2	0,3	1,75	0,035
	150	4	0,2	3	0,029
	150	4	0,3	5,5	0,054
	150	5,7	0,3	8	0,056
C_1-C_2	150	4	0,5	11,5	0,114
	100	2	0,2	0,18	0,003
	100	5,7	0,1	0,28	0,002
	100	5,7	0,5	2,5	0,018
	200	6	0,2	4,65	0,03

Примечание. Износ круга в мм за один проход исчислен при среднем весе 1 мм высоты сегментов, равном 0,42 кг, и длине хода стола, равной 1 м.

Из таблицы видно, что износ круга для одной и той же характеристики увеличивается с усилением режима и ширины шлифования. Наибольший износ имеет место у сегментов M_1-M_2 . При подаче $t_{ном.} = 0,045$ мм износ этих сегментов составляет 6,5% от $t_{ном.}$, достигает при $t_{ном.} = 0,5$ мм 20%.

На основании таблицы и дополнительных данных, полученных из опытов, для сегментов CM_1-CM_2 и C_1-C_2 приводится табл. 9 примерных значений коэффициентов для фактической глубины резания $t_{факт.}$ ¹

¹ По своей численной величине он равен отношению $t_{факт.}$ к $t_{ном.}$ и представляет часть коэффициента K в формулах (13) и (14).

ТАБЛИЦА КОЭФИЦИЕНТОВ ДЛЯ $t_{\text{факт.}}$

Твердость сегментов	Ширина изделия в мм	Режим обработки		Коэффициент для $t_{\text{факт}}$
		Скорость изделия $v_{\text{изд.}}$ в м/мин.	Подача на глубину $t_{\text{ном}}$ в мм	
СМ ₁ —СМ ₂	100 и меньше	6	до 0,07	0,98
	100 и меньше	6	0,07—0,15	0,95
	100 и меньше	6	0,03—0,5	0,85
	150—200	6	до 0,07	0,95
	150—200	6	0,15—0,3	0,85
	150—200	6	0,3—0,5	0,78
С ₁ —С ₂	100 и меньше	6	до 0,07	1
	100 и меньше	6	0,07—0,15	0,98
	100 и меньше	6	0,15—0,3	0,97
	100 и меньше	6	0,3—0,5	0,96
	200	6	0,2	0,85

Пример. Требуется на станке „Дискус“ отшлифовать изделие из чугуна шириной 200 мм, длиной 800 мм и с припуском 2,2 мм. Обработка ведется сегментами на бакелитовой связке твердости СМ₁ при подаче на глубину $t_{\text{ном.}} = 0,3$ мм, скорости изделия $v_{\text{изд.}} = 6$ м/мин., длине хода стола 950 мм.

Машинное время по формуле (14) будет равно:

$$T_{\text{маш.}} = \frac{950 \cdot 2,2}{6 \cdot 0,3 \cdot 1000} \cdot 0,85 = 0,98 \text{ мин.}$$

Для промежуточных значений режима работы и ширины изделия коэффициенты для фактической глубины следует определять путем интерполяции.¹

При обработке брусками и сегментами прямоугольной и выпукло-вогнутой формы, типа БС, ІС и др. износ брусков значительно более интенсивен, чем кольцевых сегментов. Однако достаточного количества опытных данных для определения фактической глубины резания для этого вида инструмента в настоящее время не имеется.

Согласно литературным данным значения коэффициента K приведены в таблице.²

¹ При шлифовании изделий с пересеченными поверхностями — ребристых, шашечных и т. п. необходимо брать круги на одну, а иногда на две степени твердости больше.

² См. справочник по режимам резания на шлифовальных станках. Составили: доцент С. Д. Тишин, инж. Б. А. Баранов, инж. В. А. Андреев и инж. Г. В. Скудин, 1939 г.

Диаметр или ширина детали до 100 мм	Диаметр или ширина детали до 1000 мм	К
Т о ч н о с т ь ш л и ф о в а н и я		
Черновая шлифовка	Черновая шлифовка	
0,1 0,07 0,04 0,02	— 0,1 0,07 0,04	1,15 1,25 1,4 1,7
И з д е л и я		
Калибры, поверочные плиты	Поверочные плиты	2,0

3. РЕЖИМЫ НАИМЕНЬШЕЙ СТОИМОСТИ ОБРАБОТКИ

Для предварительного черного шлифования режимы наименьшей стоимости обработки для различных характеристик кругов приведены в таблицах 10—16.¹ Таблицы 10—12 относятся к шлифовке незакаленной стали, а таблицы 13—16 к шлифовке чугуна. В первом приближении таблицы 10—12 могут быть применены и для обработки чугуна, только в этом случае необходимо брать карборундовые сегменты твердостью на одну степень меньше.

¹ Стоимость 1 кг снимаемого металла равна:

$$C_T = \frac{E}{Q} \left(1 + \frac{P}{E} q \right),$$

где: P — стоимость 1 кг абразива; E — стоимость 1 часа машинного времени с накладными расходами, включая и электроэнергию; Q — производительность в кг снимаемого металла в час; q — расход абразива в кг-час. Выражая Q и q через составляющие режима, в общем виде получим:

$$C_T = \frac{E}{C_{\text{ном.}}^{\alpha} v_{\text{изд.}}^{\beta} b^{\gamma}} \left(1 + C_1 \frac{P}{E} t_{\text{ном.}}^{\alpha_1} v_{\text{изд.}}^{\beta_1} b^{\gamma_1} \right)$$

После постановки значений Q , q , E и P , соответствующих различным сегментам, будем иметь формулы для выбора наиболее выгодного режима.

Стоимость 1 кг абразива для сегментов вогнуто-выпуклой формы 1С равна 4 руб., а сегментов кольцевой формы 6С — 10,4 руб. Стоимость 1 часа станочного рабочего принята равной 2 руб., а накладные расходы 300%. Q и q получены опытом.

ТАБЛИЦА 10

НАИВЫГОДНЕЙШИЕ ПОДАЧИ НА ГЛУБИНУ $t_{\text{ном.}}$

для различных ширин b и скоростей $v_{\text{изд.}}$ изделий. Шлифовальный круг: материал — корунд, зернистость — 16, твердость — М₂, связка — бакелитовая.

Сегменты вогнуто-выпуклой формы — 1С.

Обрабатываемый материал — сталь незакаленная.

Скорость изделия $v_{\text{изд.}}$ м/мин.	Ширина шлифования в мм					
	50	100	150	200	250	300
1,5	0,37	0,25	0,21	0,17	0,15	0,14
3,0	0,19	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07
4,5	0,13	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05
6,0	0,10	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04
8,0	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
10	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
12	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02

ТАБЛИЦА 11

НАИВЫГОДНЕЙШИЕ ПОДАЧИ НА ГЛУБИНУ $t_{\text{ном.}}$

для различных ширин b и скоростей $v_{\text{изд.}}$ изделия. Шлифовальный круг: материал — корунд, зернистость — 16, твердость — С₁, связка — бакелитовая.

Сегменты вогнуто-выпуклой формы — 1С.

Обрабатываемый материал — сталь незакаленная.

Скорость изделия $v_{\text{изд.}}$ м/мин.	Ширина шлифования в мм					
	50	100	150	200	250	300
1,5	0,68	0,50	0,41	0,36	0,33	0,30
3,0	0,36	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
4,5	0,25	0,18	0,15	0,13	0,12	0,11
6,0	0,19	0,14	0,11	0,10	0,09	0,08
8,0	0,14	0,10	0,09	0,07	0,07	0,06
10,0	0,11	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05
12,0	0,10	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04

ТАБЛИЦА 12

НАИВЫГОДНЕЙШИЕ ПОДАЧИ НА ГЛУБИНУ $t_{\text{ном.}}$

для различных ширин b и скоростей $v_{\text{изд.}}$ изделия. Шлифовальный круг: материал — корунд, зернистость — 16, твердость — СТ₁, связка — бакелитовая.

Сегменты вогнуто-выпуклой формы — 1С.

Обрабатываемый материал — сталь незакаленная.

Скорость изделия $v_{\text{изд.}}$ м/мин.	Ширина шлифования в мм					
	50	100	150	200	250	300
1,5	0,53	0,41	0,34	0,31	0,28	0,26
3,0	0,29	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14
4,5	0,20	0,16	0,13	0,12	0,11	0,10
6,0	0,16	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08
8,0	0,12	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
10,0	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05
12,0	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04

НАИВЫГОДНЕЙШИЕ ПОДАЧИ НА ГЛУБИНУ $t_{\text{ном}}$

для различных ширин b и скоростей $v_{\text{изд.}}$ изделия.

Шлифовальный круг: материал — карборунд, зернистость — 24, твердость M_2 , связка — бакелитовая.

Сегменты кольцевой формы типа 6С.

Обрабатываемый материал — чугун.

Ширина шлифова- ния в мм	Скорость стола (изделия) $v_{\text{изд.}}$ в м/мин.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	0,41	0,22	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04
50	0,32	0,17	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
75	0,27	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
100	0,24	0,13	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
125	0,22	0,12	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
150	0,21	0,11	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
175	0,19	0,10	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
200	0,18	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
250	0,17	0,09	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
300	0,16	0,09	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
350	0,16	0,08	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
400	0,14	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
450	0,13	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
500	0,13	0,07	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

НАИВЫГОДНЕЙШИЕ ПОДАЧИ НА ГЛУБИНУ $t_{\text{ном}}$.для различных ширин b' и скоростей $v_{\text{изд.}}$ изделия.Шлифовальный круг: материал — карборунд, зернистость — 24, твердость — С_м, связка — бакелитовая.

Сегменты кольцевой формы типа 6С.

Обрабатываемый материал — чугун.

Ширина шлифова- ния в мм	Скорость стола (изделия) $v_{\text{изд.}}$ в м/мин.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	0,9	0,54	0,36	0,27	0,22	0,18	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
50	0,82	0,41	0,27	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
75	0,68	0,34	0,23	0,17	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
100	0,60	0,30	0,20	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
125	0,55	0,27	0,18	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04
150	0,52	0,26	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
175	0,47	0,23	0,15	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
200	0,44	0,22	0,15	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
250	0,41	0,20	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
300	0,38	0,19	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
350	0,35	0,17	0,12	0,09	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
400	0,33	0,16	0,11	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
450	0,32	0,16	0,11	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
500	0,30	0,15	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02

НАИВЫГОДНЕЙШИЕ ПОДАЧИ НА ГЛУБИНУ $t_{\text{ном.}}$

для различных ширин b и скоростей $v_{\text{изд.}}$ изделия.

Шлифовальный круг: материал — карборунд, зернистость — 16, твердость — CM_1 , связка — бакелитовая.

Сегменты кольцевой формы типа 6С.

Обрабатываемый материал — чугун.

Ширина шлифова- ния в мм	Скорость стола (изделия) $v_{\text{изд.}}$ в м/мин.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	0,93	0,48	0,32	0,25	0,20	0,17	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
50	0,70	0,36	0,24	0,18	0,15	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06
75	0,60	0,30	0,21	0,16	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
100	0,53	0,27	0,18	0,14	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
125	0,49	0,25	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04
150	0,46	0,23	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
175	0,42	0,21	0,14	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
200	0,40	0,20	0,14	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
250	0,36	0,19	0,12	0,09	0,08	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
300	0,34	0,17	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
350	0,32	0,30	0,11	0,08	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
400	0,30	0,28	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
450	0,29	0,27	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
500	0,27	0,26	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02

НАИВЫГОДНЕЙШИЕ ПОДАЧИ НА ГЛУБИНУ $t_{\text{ном}}$ для различных b и скоростей $v_{\text{изд.}}$ изделия.Шлифовальный круг: материал — карборунд, зернистость — 16, твердость — С₂, связка — бакелитовая.

Сегменты кольцевой формы типа 6С.

Обрабатываемый материал — чугун.

Ширина шлифова- ния в мм	Скорость стола (изделия) $v_{\text{изд.}}$ в м/мин.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	1,64	0,94	0,68	0,54	0,45	0,39	0,34	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22
50	1,32	0,75	0,54	0,43	0,36	0,31	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18
75	1,16	0,66	0,48	0,38	0,32	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15
100	1,06	0,60	0,44	0,35	0,29	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14
125	0,98	0,56	0,40	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13
150	0,93	0,53	0,38	0,31	0,25	0,22	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12
175	0,88	0,50	0,36	0,29	0,24	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,12
200	0,84	0,48	0,35	0,27	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11
250	0,78	0,45	0,32	0,26	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
300	0,74	0,42	0,30	0,24	0,20	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10
350	0,70	0,40	0,29	0,23	0,19	0,17	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
400	0,68	0,39	0,28	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09
450	0,65	0,37	0,27	0,21	0,18	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
500	0,63	0,36	0,26	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08

Приведенные в таблицах данные по режимам ориентировочно могут быть использованы и при шлифовании сегментами керамической связки только сегментам 16 C_1 —СТ₁, на бакелитовой связке будут примерно соответствовать керамические твердости M_2 — M_3 , а сегментам 24—СМ₁ и 16— C_2 —ВМ₂— M_2 .

Заметим, что вести обработку незакаленной стали сегментами 16— M_2 на бакелитовой связке вообще не рекомендуется, так как расход их достигает значительной величины при низкой производительности. Наилучшими для этого случая являются сегменты C_2 —СТ₁.

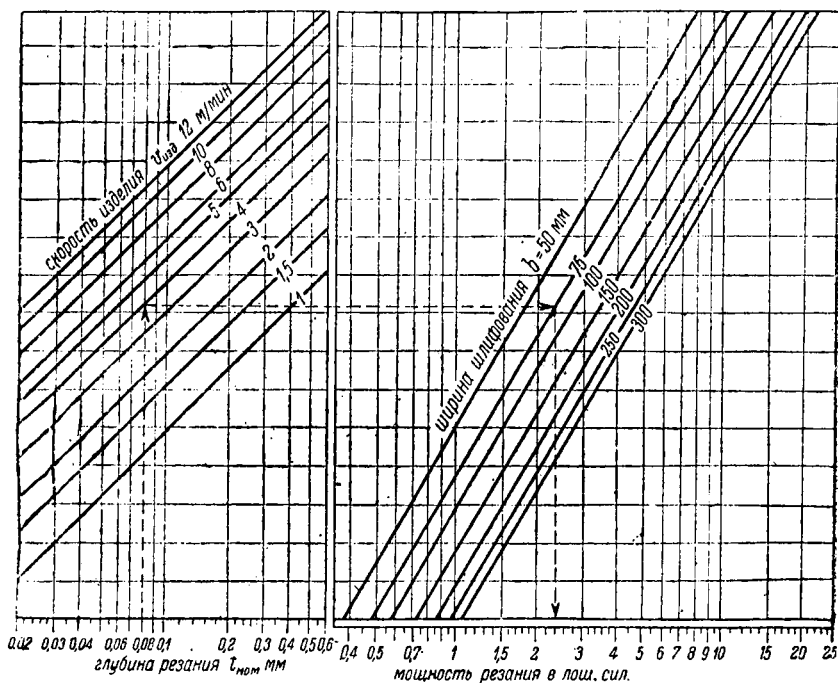


Рис. 80. Определение мощности резания при работе сегментами вогнуто-выпуклой формы

Зернистость 16, твердость M_2 , связка бакелитовая.

Обрабатываемый материал — сталь некаленная

При невозможности осуществить указанный в таблицах режим из-за недостаточной мощности станка или отсутствия необходимой подачи следует брать меньшую поперечную подачу $t_{ном}$.

Формулы для вычисления расходуемой на шлифование мощности для двух типов сегментов приведены в разделе „Мощность при шлифовании“. Для удобства пользования на основании этих формул построены номограммы (рис. 80—84), позволяющие определить величину мощности при заданном изделии, шлифовальном круге и режиме обработки. Например, при шлифовании

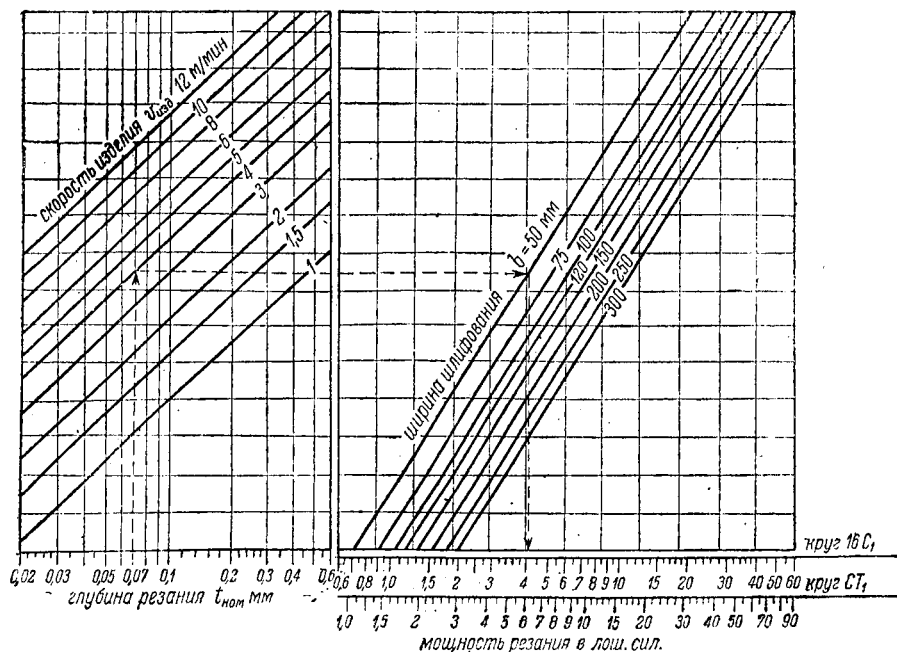


Рис. 81. Определение мощности резания при работе сегментами вогнуто-выпуклой формы

Зернистость 16, твердость C_1 и CT_1 , связка бакелитовая.
Обрабатываемый материал — сталь некаленная

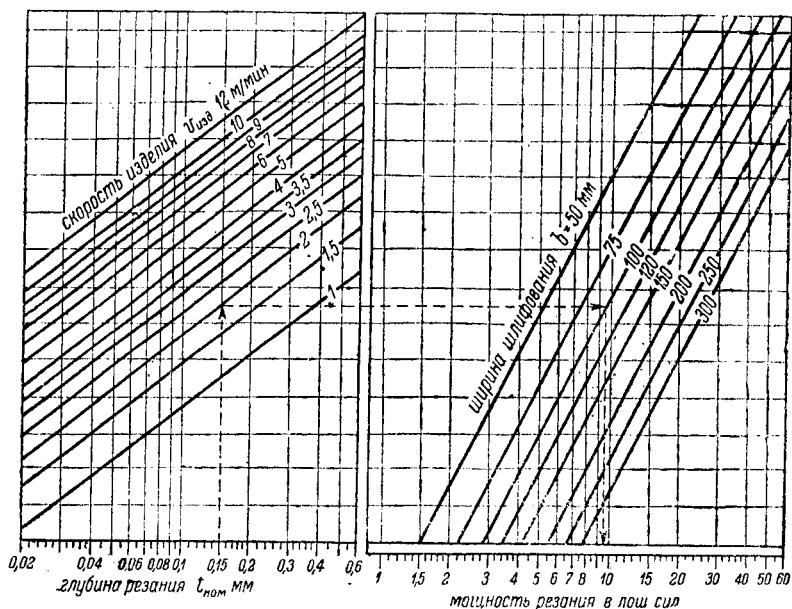


Рис. 82. Определение мощности резания при работе сегментами кольцевой формы

Зернистость 24, твердость M_2 , связка бакелитовая.
Обрабатываемый материал — чугун

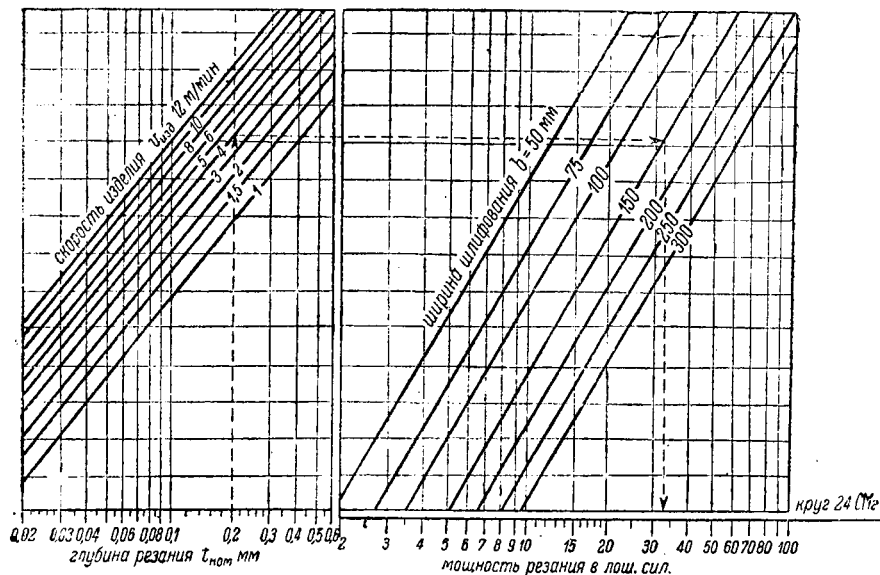


Рис. 83. Определение мощности резания при работе сегментами кольцевой формы

Зернистость 24, твердость SM₂, связка бакелитовая, обрабатываемый материал — чугун.

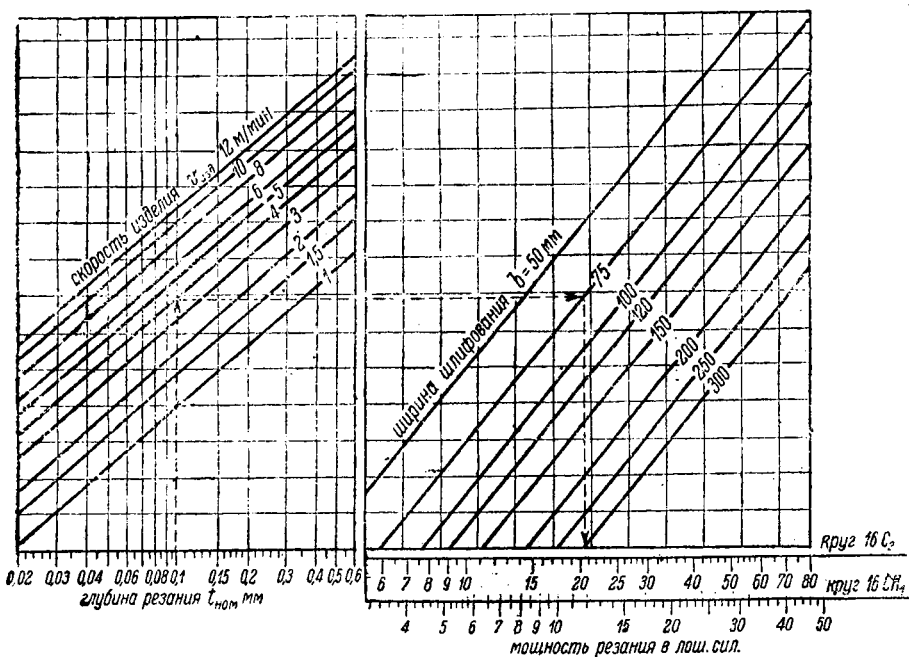


Рис. 84. Определение мощности резания при работе сегментами кольцевой формы

Зернистость 16, твердость SM₁ и SM₂, связка бакелитовая, обрабатываемый материал — чугун

чугунного изделия с сплошной поверхностью, шириной в 75 мм при $t_{\text{ном}} = 0,1$ мм и $v_{\text{изд}} = 4$ м/мин., сегментах кольцевой формы типа „Дискус“, зернистости 16, твердости $СМ_1$, расходующая на резание мощность будет равна 12 л. с. и 21 л. с. — сегментами 16 — $С_2$.¹

На практике часто необходимо знать о подведенной $N_{\text{подв}}$ к мотору станка мощности, наблюдаемой по ваттметру, имеющемуся на станке, или через посредство амперметра. Величина $N_{\text{подв}}$ с достаточной для практических целей точностью может быть определена по тем же номограммам (рис. 80—84), только мощность будет выражаться не в лошадиных силах, а в киловаттах.²

4. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ И ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ШЛИФОВКИ

Способ снятия припуска в две операции — предварительной или обдирочной и окончательной или чистовой — вполне оправдал себя на практике. При обдирочном процессе имеем невысокие требования к качеству отделки поверхности и точности детали. Это дает возможность:

- а) применять более высокие режимы — скорости изделия и поперечные подачи;
- б) применять круги с более крупным зерном;
- в) применять при процессе с самозатачиванием круги более высокой твердости.

Перечисленные мероприятия позволяют повысить производительность обработки и одновременно улучшить качество отделки. Стахановцы-шлифовщики, рационализируя процесс обработки, широко применяют принцип предварительного и окончательного шлифования. Задача здесь сводится к тому, чтобы быстро снять главную массу металла с изделия на больших режимах и затем произвести зачистку.

В производстве серийном, мелкосерийном и т. д., а равно и при обработке тяжелых, громоздких и трудно устанавливаемых деталей, принцип предварительного и окончательного шлифования остается в силе с той лишь разницей, что обработка здесь ведется без снятия изделия со станка и одним и тем же шлифовальным кругом.

Вопрос о том, какую часть общего припуска снять обдирочным режимом и какую чистовым, зависит от рода операции, характеристики детали, т. е. размера и профиля, шлифовального круга, требуемой точности обработки и др. Приводим примерное, принятое в практике, соотношение:

$(0,8—0,9) h$ — для предварительного шлифования,

¹ Последовательность операций нахождения мощности по номограмме показана стрелкой.

² Следует из того, что $N_{\text{подв}}$, согласно приведенному выше, равна примерно $1,3 N_{\text{рез}}$, а 1 квт, как известно, равен 1,36 л. с.

$(0,2-0,1) h$ — для окончательного, где: h — общий припуск на обработку.

5. КАЧЕСТВО ШЛИФОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ. УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность после обработки имеет ряд неровностей — возвышений и впадин различной формы. Даже на гладко обработанной поверхности при соответственном увеличении мы наблюдаем эти неровности. При взаимной работе двух поверхностей, например, вала и подшипника нагрузка ранее всего воспринимается вершинами возвышений, почему последние сминаются или срезаются, в результате чего увеличивается зазор между работающими поверхностями, а последнее связано со сроком и надежностью службы детали. Детали с чистыми гладкими поверхностями меньше подвергаются коррозии, выдерживают большие напряжения и пр.

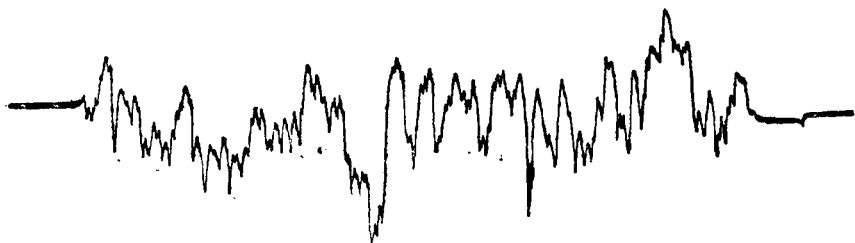


Рис. 85. Профиль поверхности стального образца, обработанного на плоскошлифовальном станке при обдирочном режиме

Неровности на деталях одного размера, т. е. одинаково точных, могут быть различными, а, следовательно, правильно выполненный размер является еще недостаточным для оценки качества обработанной детали.

Профиль поверхности стального образца, обработанной на плоскошлифовальном станке при обдирочном режиме, показан при большом увеличении на рис. 85. Как видно из рисунка, поверхность испещрена неровностями различной величины и формы. Такой профиль поверхности получается в результате действия множества отдельных абразивных частиц, имеющих разный размер, форму и расположение по отношению к плоскости резания. Всегда существующая на станках некоторая неравномерность вращения шпинделя шлифовальной бабки, движения стола и динамические условия, т. е. вибрация шпинделя и всей системы, создают ряд дополнительных неровностей.

На рис. 86 и 87 показаны зависимости неровностей от режима

обработки, из которых видно, что величина неровностей нарастает с увеличением $t_{\text{ном.}}$ и $v_{\text{изд.}}$.¹

Несколько проходов без подачи на глубину эффективно улучшают качество поверхности, так как при этом срезаются вершины неровностей. Так, неровности h_{max} поверхности при режиме $t_{\text{ном.}} = 0,03$ мм и $v_{\text{изд.}} = 6$ м/мин. выражаются величиной 28 микрон, а при том же режиме и дополнительных 30 проходах без подачи — величиной 9,3 микрон.

Последним достижением в области отделки поверхностей является метод обработки твердыми кругами.² Шлифование

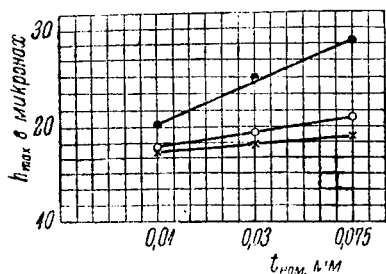


Рис. 86. Микронеровности h_{max} шлифованной поверхности в зависимости от глубины резания (Скорость обрабатываемого изделия $v_{\text{изд.}}$ — 1,5; 3; 6 м/мин.) Зернистость — 24, твердость C_1 — C_2

× — $v_{\text{изд.}} = 1,5$ м/мин.

○ — $v_{\text{изд.}} = 3$ м/мин.

● — $v_{\text{изд.}} = 6$ м/мин.

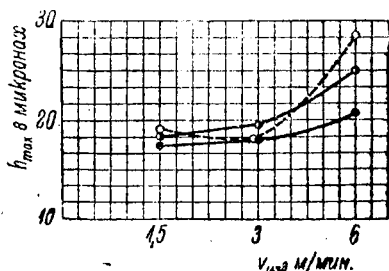


Рис. 87. Микронеровности h_{max} шлифованной поверхности в зависимости от скорости обрабатываемого изделия $v_{\text{изд.}}$

(Подача на глубину $t_{\text{ном.}} = 0,01, 0,03, 0,075$ мм)

Зернистость — 24, твердость — C_1 — C_2

● — $t_{\text{ном.}} = 0,01$ мм

○ — $t_{\text{ном.}} = 0,03$ мм

○ — $t_{\text{ном.}} = 0,075$ мм

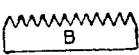
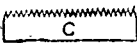
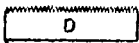
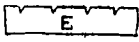
производится при малых давлениях, а круг имеет периодические колебания, с тем чтобы зерно не следовало по пути, пройденному им однажды по поверхности. Этот метод, названный „суперфиниш“, значительно превосходит по качеству отделки и производительности все другие, т. е. обычную шлифовку, хонингование, лапингование. Характеристика качества поверхностей, обработанных по методу „суперфиниш“, приводится в виде данных, помещенных в таблице на странице 98.

На рис. 88а приведена фотография поверхности, обработанной шлифованием, а на рис. 88б — вид этой же поверхности, обработанной методом „суперфиниш“ с точностью до 3,5 микродюйма.³ На рис. 89 показаны поверхности, одна из которых обра-

¹ На участке между $v_{\text{изд.}} = 1,5$ — 3 м/мин. закономерность выражена менее четко, что объясняется неравномерностью хода стола станка в интервале небольших скоростей.

² Журнал „The Iron Age“, № 9, 10, 12. 1938 г.

³ Микро-дюйм равен одной миллионной дюйма.

Метод обработки	Глубина рисок в миллионных долях дюйма
Обточка  А	от 50 до 500
Шлифование  В	от 35 до 200
Хонингование  С	от 5 до 50
Лэпингование  D	от 3 до 10
Суперфиниш  E	от 0,5 до 10

ботана методом „суперфиниш“ с точностью до 0,000001 дм (а), а другая — совершенно гладкая (б).

Из приведенного следует:

Неровности шлифованной поверхности, в зависимости от режима обработки, характеристики круга и его правки, достигают порядка от единиц до нескольких десятков микрон.

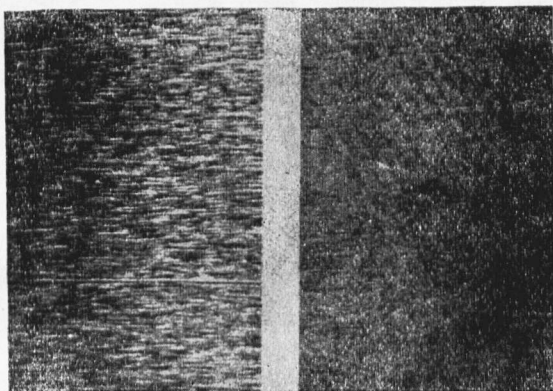
Неровности увеличиваются с увеличением подачи на глубину $t_{\text{ном.}}$ и скорости изделия $v_{\text{изд.}}$. Отсюда следует, что чистовые операции должны производиться при малых $v_{\text{изд.}}$ и $t_{\text{ном.}}$. При этом следует заботиться о том, чтобы стол перемещался плавно, без рывков.

При чистовых операциях по достижении размера близкого к заданному необходимо сделать несколько проходов без подачи на глубину с малым $v_{\text{изд.}}$.

При чистовых операциях на плоскошлифовальных станках нельзя работать с интенсивным самозатачиванием.

Тотчас же после правки сегментов не рекомендуется производить чистовые операции — желательно сегменты слегка приработать несколькими проходами на других деталях.

Для получения качественной поверхности, т. е. без ряби, волнистости, царапин, прижога при работе на плоскошлифовальных станках, необходимо соблюдать еще следующие условия:

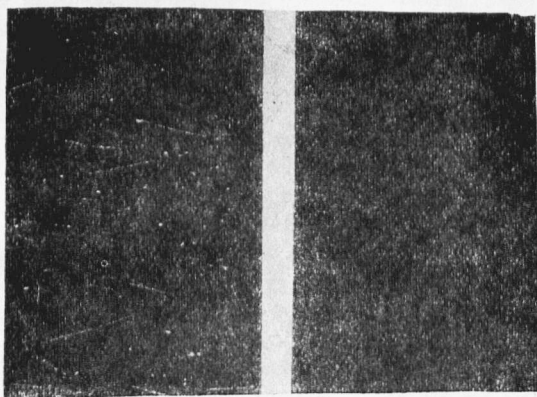


(а)

(б)

Рис. 88.

- а) Шлифованная поверхность
 б) Шлифованная поверхность, а затем обрабо-
 танная методом „суперфиниш“



(а)

(б)

Рис. 89.

- а) Поверхность, обработанная методом
 „суперфиниш“ с точностью $0,000001$ д.м.
 б) Поверхность гладкая

а) устранить вибрации шпинделя, появившиеся в результате разработки подшипников, плохой смазки, неуравновешенности отдельных деталей, как то: фланцев, болтов и шлифовального круга. Независимо от качества круга, шпиндель в плохом состоянии всегда дает плохую работу. Неуравновешенность шлифовального круга является результатом постановки сегментов, разных по размеру и весу;

б) устранить неравномерность вращения шпинделя в результате ослабления ремня, слишком тугой натяжки или грубой сшивки. Неравномерность вращения может происходить и из-за колебания мощности в электросети.

Конструкция станка (достаточная жесткость) должна отвечать данной работе.

Шлифуемое изделие необходимо прочно укрепить на столе. При небольших опорных поверхностях изделие укрепляется по бокам дополнительными планками (по размеру ниже шлифуемого изделия) — без этого возможны срывы с магнитного стола и порча стола и изделия. При загрузке стола мелкими изделиями, укрепление планками тоже необходимо, так как при шлифовании, особенно в моменты первого контакта, эти детали несут различную нагрузку из-за неодинаковой высоты, и часть их может оказаться сорванной со стола.

Плотное прилегание к магнитному столу достигается предварительной рихтовкой изделия, а в литье и поковке — очисткой окалины и песка. Неплотно лежащее изделие вибрирует на столе, поверхность получается грубой с рябью и волнистостью, и опасность срыва увеличивается. В случае малых зазоров между изделием и поверхностью магнитного стола для обеспечения плотного прилегания прибегают также к подкладыванию маленьких полосок тонкой фольги.

Целесообразно производить предварительную обработку базовой поверхности изделия.

В случае установки на магнитном столе тонких изделий сила притяжения магнита оказывается недостаточной для удержания изделий. Поэтому приходится применять специальные способы закрепления в виде дополнительных плит, с соответствующими выступами для размещения изделий. Перед установкой изделия поверхность магнитной плиты должна быть обтерта насухо.

Загруженный изделиями стол необходимо приводить в движение после включения магнитной плиты и проверки, насколько она прочно держит изделия.

Сильно раздробленная негладкая поверхность круга в результате грубой правки ведет к получению грубой поверхности изделия. Правку на станках с горизонтально расположенным шпинделем необходимо проводить при скорости стола не выше 1 м/мин. при $t_{\text{ном.}} = 0,06$ мм и на станках с вертикальным шпинделем медленно вращать шарошку с подачей, примерно, на 0,05 мм.

РЕЖИМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ЧИСТОВЫХ ОПЕРАЦИЙ ШЛИФОВАНИЯ

Обрабатываемый материал	Х а р а к т е р и с т и к а с е г м е н т о в				Режим обработки	
	Абразивный материал	Связка	Зернистость	Твердость	Скорость стола в м/мин.	Подача на глубину в мм
<i>Для станка с вертикальным шпинделем типа „Шмальц“</i>						
Чугун	Карборунд	Бакелитовая	46	CM ₂ —C ₂	2—3	0,005—0,01
"	"	Керамическая	46	M ₁ —M ₂	2—3	0,005—0,01
Сталь незакаленная	Электро-корунд	Бакелитовая	46	C ₂ —CT ₁	2—3	0,01
То же	"	Керамическая	46	M ₃	2—3	0,01
Сталь закаленная	"	Бакелитовая	46—60	CM ₁ —C ₁	2	0,005
То же	"	Керамическая	46—60	M ₁	2	0,005
<i>Для станка с горизонтальным шпинделем типа „Дискус“</i>						
Чугун	Карборунд	Бакелитовая	36	M ₃ —CM ₂	3	0,01
"	"	Керамическая	36	M ₁ —M ₂	3	0,01
Сталь незакаленная	Электро-корунд	Бакелитовая	24—36	CM ₁ —C ₁	3	0,01
То же	"	Керамическая	24—36	M ₂	3	0,01
Сталь закаленная	"	Бакелитовая	36	M ₂ —CM ₁	2—3	0,01
То же	"	Керамическая	36	BM ₂ —M ₁	2—3	0,01

П р и м е ч а н и е. Последние несколько проходов производятся без подачи на глубину со скоростью стола 1,5—2 м/мин. при плавном движении стола.

Обработка детали должна производиться на режимах, дающих минимальный нагрев. Работа с быстро затупляющимся кругом ведет к местным нагревам детали, получению пятнистых с прижогами поверхностей, общему нагреву, короблению и ошибкам в размерах изделия. Коробление детали тем больше, чем сложнее ее профиль и чем больше разница масс металла в различных сечениях детали. С деталей, шлифуемых с двух сторон, припуск необходимо снимать по возможности равномерно, прибегая к неоднократному переворачиванию.

Охлаждение применять обязательно с наибольшим количеством охлаждающей жидкости. При шлифовке тонкостенных изделий прибегать к устройству дополнительного специального охлаждения — ванн с циркулирующей жидкостью, нагнетания с помощью насоса и пр. Охлаждающая жидкость должна быть профильтрована, иначе содержащиеся в ней твердые частицы дадут царапины на шлифуемой поверхности. Кроме того, непрофильтрованная охлаждающая жидкость загрязняет поверхность круга и требует более частой его правки.

Перед началом работы подшипники шпинделя должны быть разогреты вращением для уменьшения люфтов и обеспечения спокойной работы.

Приближение круга к изделию должно быть осторожным, так как избыточное давление круга вызывает, особенно на деталях из закаленной стали в месте соприкосновения отжиг часто незаметный на глаз, но который скажется впоследствии. Внезапное соприкосновение круга с изделием вызывает пружинение шпинделя круга и удары последнего об изделие с получением на нем прерывающейся спиральной линии отожженных точек. Соприкосновение круга с изделием должно происходить, когда оба достигли нормальной рабочей скорости и при подаче охлаждения.

При чистовых операциях шлифования рекомендуется применять инструменты и режимы, приведенные в табл. 17.

6. ПОДГОТОВКА КРУГА К РАБОТЕ

При хранении брусков и сегментов в специальных стеллажах по характеристикам, т. е. размерам, связке, зернистости, твердости и т. д., подготовка их для работы сводится к следующим операциям:

- а) пригонке в гнезда патрона шлифовальной головки или к оправкам;
- б) закреплению;
- в) балансировке;
- г) правке.

Обычно бруски и сегменты не подвергаются механической обработке, кроме зачистки, и не всегда имеют одинаковый размер. Поэтому при установке в патрон или другие закрепляющие

устройства требуется прилегающие плоскости сегментов и брусков пригнать к местам.¹

У всех рассмотренных выше станков, за исключением станка „Дискус“, сегменты и бруски входят в гнезда патронов (см. рис. 12, 17) и зажимаются клиньями и болтами. Сегменты, закрепляемые таким образом, должны входить в гнезда с небольшим зазором, но достаточным для заполнения прокладками (1—1,5 мм).

На станке „Дискус“ закрепление сегментов производится цементирующим веществом в специальных оправках (см. рис. 44). По плоскостям прилегания к оправке необходим зазор в 1,5—2 мм.

Операция крепления состоит в следующем: сегмент кладется на металлическую оправку, промежуток между прилегающими сторонами сегмента и оправки заполняется цементирующей массой. Затем масса вместе с сегментом и оправкой просушивается или прогревается, и сегмент готов к постановке на планшайбу станка. В последней по окружности имеются отверстия, куда вставляются хвостовики сегментных оправок и зажимаются специальной крепительной гайкой с противоположной стороны планшайбы.

Для наклейки шлифовальных кругов и брусков имеется целый ряд клеящих составов. Ниже приводятся несколько рецептов подобных составов, применяемых на наших заводах (табл. 18).

Известны также в качестве клеящего вещества — бакелит, каменноугольный пек с портландцементом и др. Высокое качество клеящего состава определяется его быстрым схватыванием как с металлом, так и с шлифовальным кругом, и прочностью.

Заливка сегментов „Дискус“ с помощью цемента Сореля обеспечивает достаточно надежное крепление. Перед установкой сегментов на станок всегда необходимо проверить прочность наклейки — произвести несколько ударов молотком по боковой поверхности сегмента, взятого из каждой залитой партии. Откалывание кусочков сегмента при ударах без нарушения соединяющего слоя — признак прочного соединения.

Для бесперебойной работы станка с наклеивающимися сегментами и кругами необходимо обеспечить его несколькими комплектами оправок.

В целях уменьшения понижения твердости бакелитовых сегментов от действия охлаждающей эмульсии рекомендуется производить пропитку их парафином. Предварительно нагретые до температуры 60—70°C сегменты на 2—3 минуты погружаются в расплавленный парафин, затем вынимаются и охлаждаются на воздухе.

Балансировка сегментного круга. Сбалансированным называется, обычно, такой круг, в котором центр тяжести его совпадает с геометрическим центром, т. е. осью вращения.

¹ Эта операция выполняется по соответствующим шаблонам и состоит в обработке сегмента или бруска на точиле, а при небольших излишках карбундовыми брусками вручную.

РЕЦЕПТЫ КЛЕЮЩИХ СОСТАВОВ ДЛЯ НАКЛЕЙКИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Назначение	Состав и способ приготовления	Способ наклейки
<i>Идитоловый клей</i>		
Наклейка брусков на металлические оправки к станку „Хилле-Верке“ и „Барнес-Дрилл“ для полировки цилиндров	1. Идитол порошком—60% 2. Окись железа (сухая мумия)—25% 3. Клей декстрин порошком—15% Взвешенная масса каждая в отдельности мелко измельчается в ступе и во избежание попадания крупинок пропускается через сито № 60. Затем, все вместе тщательно перемешивается в отдельном сосуде. Приготовленная таким образом масса вполне готова к употреблению. Хранить идитоловый клей следует в сухом месте	Перед наклейкой металлические оправки подвергаются нагреву до температуры 180°C. Для нагрева может служить электропечь или свинцовая ванна. Наклейка производится при температуре плиты 160—165°. Бывшие в употреблении оправки в нагретом состоянии очищаются от грязи и гари и затем на место наклейки оправки равномерно насыпают идитоловый клей. После того как смесь расплавится, производят растирание деревянной лопаточкой по всей площади оправки до получения равномерного слоя массы. Как только масса начнет закипать, на оправку быстро накладывают брусок, предварительно подогретый до 70—80°C. Для плотного прилегания бруска к оправке сверху кладут груз до 2—3 кг, а затем охлаждают при обычной температуре
<i>Целлулоид</i>		
Наклейка брусков, работающих на станках „Барнес-Дрилл“		Целлулоид растворяется в ацетоне до вязкости натурального сотового меда. Металлическая оправка должна быть тщательно очищена от жира. Для придания шероховатости оправки подвергаются действию песка с помощью пескоструйного аппарата. Затем оправку смазывают раствором целлулоида. Накладываемый брусок закрепляют проволокой и сушат при температуре 70° в течение 2—4 часов.
<i>Сера</i>		
Заливка шлифовальных кругов на металлические оправки	Комовая сера, измельченная на мелкие кусочки	Подогрев металлических дисков до температуры 150—180°C и очистка от грязи.

Назначение	Состав и способ приготовления	Способ наклейки
равки к станкам „Бланшард“ и др.		Сера расплавляется в закрытом сосуде. Подогретый диск устанавливают на ровную площадку и кладут на него шлифовальный круг. Во избежание воспламенения серы при заливке на диск посыпают кусочки серы, и если сера не воспламеняется, а медленно плавится — тогда производят заливку, заполняя зазор между кругом и металлическим диском. Для более плотного прилегания круга к диску сверху кладут груз до 3—4 кг. Охлаждение на воздухе
<i>Силикат (жидкое стекло)</i>		
Наклейка шлифовальных кругов на металлические оправки для внутренней шлифовки	Жидкое стекло перед наклейкой смешивается с просеянной наждачной пылью до полужидкого состояния	Приготовленная таким образом масса набивается в отверстие или гнездо круга и затем при легком постукивании насаживают круг на металлическую оправку. Для затвердевания массы дают выдержку на воздухе в течение 8—4 часов и после круги с оправками помещают в печь с температурой 180—250°C на 10—12 часов, и затем охлаждают на воздухе
<i>Цемент Сореля</i>		
Заливка сегментов на оправки станков „Дискус“	Концентрированный раствор хлористого магния $MgCl_2$ и MgO (железная магнезия). Концентрация водного раствора $MgCl_2 \sim 35\%$ MgO разводится до консистенции сметаны	Металлические оправки тщательно очищаются от грязи и жира. Бывшие в употреблении оправки подвергаются предварительному нагреву до 180°C. На оправку необходимо наложить в трех точках короткие подкладки толщиной 1,5—2 мм, после чего вставить сегмент, зажать струбчинкой и залить приготовленным цементом Для полного затвердевания сегмент необходимо выдержать при нормальной температуре в течение 48 часов
<i>Бакелитовый лак с диабазом</i>		
Закрепление кружков на оправках для шлифования отверстий в круглых плашках на станках типа „Юнг“	25% по весу бакелитового лака смешивается в чистой банке с 75% по весу порошкообразного диабаза	Смесь тщательно перемешивается до однородности и вдавливается в отверстие кружка, после чего в него вставляется оправка. Оправка с посаженным кружком подвергается в течение 12—13 минут искусственной сушке на электрической плитке при температуре 100°C

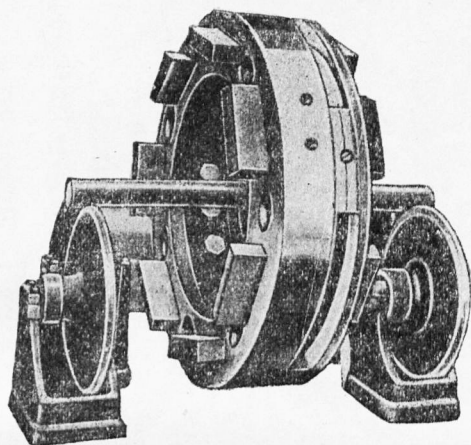


Рис. 90. Балансировка сегментного круга

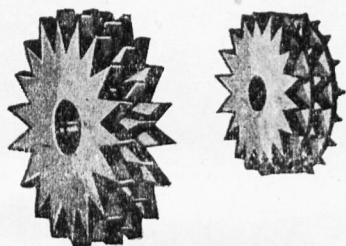


Рис. 91. Шарошки-звездочки остроугольные

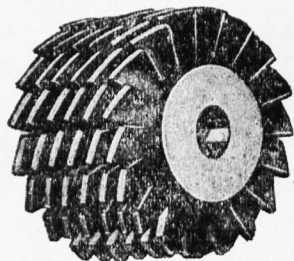


Рис. 92. „Фрезеобразная“ шарошка

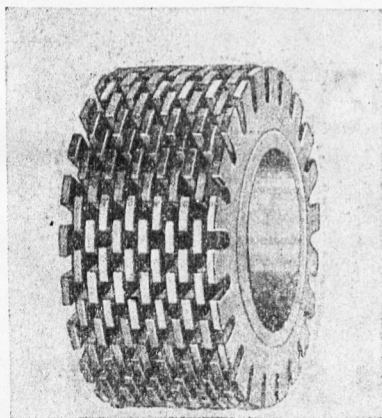


Рис. 93. Шарошка с прямоугольными зубьями

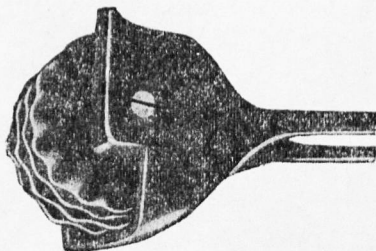


Рис. 94. Волнообразные шарошки

Работа несбалансированным кругом вызывает: более быстрый износ круга, преждевременную разработку подшипников станка и снижение качества обработки.

Например, постановка в шлифовальную головку станка „Шмалец“ сегментов различной высоты сразу же вызывает сильную вибрацию шпинделя. По сравнению с обычным кругом для круглой или плоской периферической шлифовки сегментный круг имеет следующие недостатки, влияющие на неуравновешенность круга:

а) сегменты в комплекте имеют разный размер и вес, достигающие иногда значительных отклонений; расположение более тяжелых сегментов с какой-нибудь одной стороны создает значительную неуравновешенность круга;

б) неравномерность по твердости отдельных сегментов, в пределах одной степени твердости, вызывает неравномерную разработку сегментного круга и нарушение равновесия;

в) при прерывистости шлифуемой поверхности круг работает с ударами на кромках сегментов. Удары при неуравновешенном сегментном круге усиливаются, что ведет к ухудшению качества обрабатываемой поверхности.

Балансировку сегментного круга производят с помощью приспособления, показанного на рис. 90. Равновесие круга достигается не заливкой в легкую часть свинца или другого тяжелого металла, или, наоборот, легкого материала в тяжелую часть круга, как это делается в дисковых кругах, а снятием части абразива с того-или иного сегмента. Когда такое кольцо-патрон с набором сегментов после вращения от руки останавливается в различных положениях, то сегментный круг уравновешен. Балансирование закрепленного в соответствующем приспособлении комплекта сегментов можно производить на призмах, линейках и т. д.

Сегменты типа „Дискус“ целесообразно взвешивать перед установкой на планшайбу, с тем чтобы иметь возможность отобрать комплект сегментов одинаковых или близких по весу, или наиболее тяжелые расположить симметрично на планшайбе.

Равновесие сегментного круга на станках с горизонтальным шпинделем, имеющих нежесткое соединение с мотором, необходимо проверять вращением планшайбы вручную.

С целью выравнивания и придания рабочей поверхности сегментов правильной формы производится их предварительная правка. Устанавливаемые сегменты по высоте не должны разниться более чем на 1—2 мм, иначе выравнивание сопряжено с большой и непроизводительной тратой абразива.

В заключение следует указать, что большинство из перечисленных в этом разделе подготовительных операций необходимо производить силами подсобных рабочих, при инструментальных цехах, складах и т. п.

Правка сегментных шлифовальных кругов производится в следующих случаях:

1. Для придания горизонтальности рабочим поверхностям сегментов и равенства их по высоте.

2. Придание кругу правильной геометрической формы, изменившейся под влиянием неравномерного износа. Последний получается скорее на мягких кругах, при работе с переменными нагрузками, т. е. неравномерных и беспокойных подачах, или когда круг не является достаточно однородным. Неоднородность по твердости отдельных сегментов в сегментном круге влечет излишне частую правку.

3. Заострение круга или приведение его в работоспособное состояние. Нарушение работоспособности круга происходит вследствие заполнения его пор металлом или притупления отдельных зерен.

Время между правками круга при данном изделии и режиме обработки зависит от твердости круга. Чем тверже круг, тем чаще требуется его правка. Так как правка сопровождается значительным расходом круга и затратами рабочего времени, то редкая правка, по причине ли незначительного износа и потери формы круга или медленного затупления при работе с затуплением (частичное самозатачивание), при прочих равных условиях, является фактором положительным.

На плоскошлифовальных станках, работающих торцом круга, в качестве правящего инструмента применяют различные шарошки из отбеленного чугуна и цементованной стали. На рис. 91—94 представлены шарошки наиболее употребительных конструкций при правке сегментных кругов. Волнообразные шарошки (рис. 94), в сравнении с звездочками (рис. 91), дают более гладкую поверхность выправленного круга, а потому предпочтительны при правке для чистовых работ.

Шарошки при механической правке на плоскошлифовальных станках насаживаются на оси и укрепляются или на отдельных

стойках, устанавливаемых на время правки на столе станка, например, на станке „Дискус“, или в приспособлении на шлифовальной головке. Схема такого приспособления на станке тип 3732 Московского станкостроительного завода показана на рис. 95. Правка производится от руки поворотом рукоятки (1). Одновременно с помощью винта рычаг поднимается вверх, т. е. шарошка подается на шлифовальный круг.

Действие шарошек состоит в том, что они легкими, но весьма частыми ударами по поверхности шлифовального круга выкрошивают целиком абразивные зерна из связки и частично дробят их. Это придает кругу правильную форму, а затупившемуся — состояние работоспособности.

Правка круга производится на его рабочей скорости. На станке с горизонтальным шпинделем типа „Дискус“ правку реко-

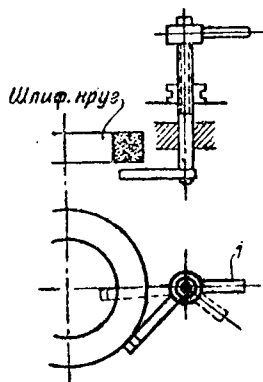


Рис. 95. Схема приспособления для правки круга на станке 3732 МСЗ

мендуется производить при скорости стола в 1—1,5 м/мин. и подаче на глубину, осуществляемой поперечной подачей станка, равной 0,1—0,2 мм — при грубой правке и 0,05—0,08 мм — при чистовой правке. В последнем случае скорость стола следует брать по меньшему значению. Для выравнивания и придания кругу работоспособного состояния требуется снять слой по высоте, примерно, в 0,8 мм, что составит потерю абразива в среднем 350 г.

Подачу шарошки на круг вверх на станках, имеющих приспособление для правки по типу, представленному на рис. 95, рекомендуется давать на величину 0,08—0,1 мм, производя несколько колебательных движений (3—5) на каждую подачу. Для чистовых операций брать меньшие значения подачи, а колебательные движения производить медленно. На выравнивание и острение круга после работы достаточно удалить слой в 0,3—0,4 мм.

7. ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ

В табл. 19 приведены детали из областей станочного и текстильного машиностроения, предметы быта и др., рекомендуемые к обработке фирмой „Дискус“ на ее станках.

Таблица дает представление о форме детали, ее габаритных размерах в миллиметрах, припусках на обработку, точности обработки и машинном времени, необходимом на обработку.

Машинное время может служить только в качестве ориентировочного материала при обработке подобных деталей на подобных станках и требует проверки. Обработка некоторых деталей показала, что машинное время, приведенное в таблице, может быть перекрыто. Например, основания утюгов — рис. 6 таблицы шлифуются в 30 сек. 1 шт. При обработке оснований из серого чугуна $H_B = 160—185$ на станке „Дискус“ мод. ДВН — 900/1200 установлено, что машинное время обработки может быть сокращено до 15 сек. на 1 шт. Режим и результаты обработки сегментами твердости M_3 приводятся в табл. 20.

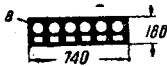
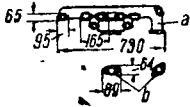
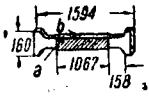
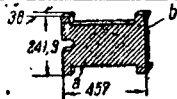
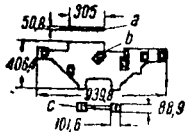
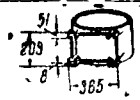
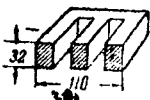
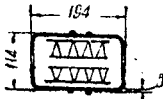
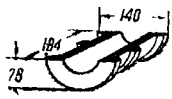
Из таблицы следует, что среднее машинное время для обработки 16 оснований равно 4,2 мин., а для обработки одного основания — 15 сек.

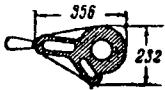
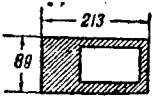
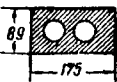
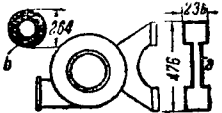
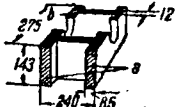
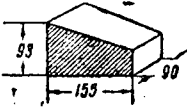
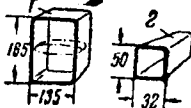
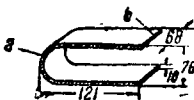
Обработка 16 шт. оснований из отбеленного чугуна $H_B = 260$ при $t_{ном} = 0,06$ мм и нескольких проходах без подачи на глубину требует до 7—9 мин. времени.

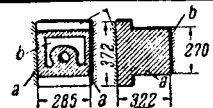
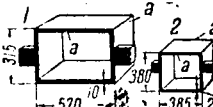
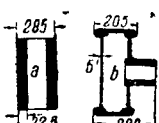
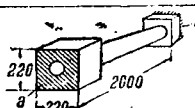
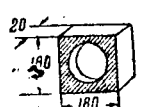
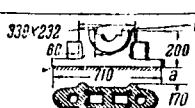
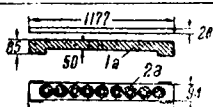
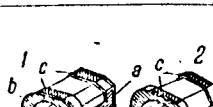
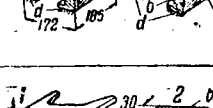
Из табл. 20 также следует, что получение одного и того же машинного времени обработки возможно при различных режимах, но с большим или меньшим расходом абразива. В 4-м опыте получен относительно большой расход абразива и низкая удельная производительность.

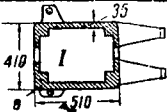
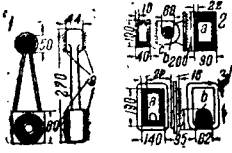
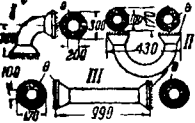
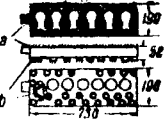
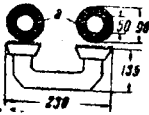
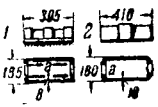
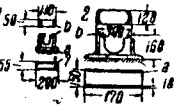
На шлифовку 1000 шт. оснований при средних режимах расход абразива равен 4,1 кг.

Данные по обработке оснований утюгов на станке „Шмальц“ сегментами из карборунда, зернистости 24, на керамической связке, твердости $M_1—M_2$ приводятся в табл. 21.

Наименование изделия	Обрабатываемое изделие	Время обраб.	Снимаемый припуск в мм	Точность обраб. в мм
Головка цилиндра		a 7 мин.	1,9	0,02
Обработка отливки (1)		b 7 мин.	1,9	0,02
Выхлопной трубопровод (2)		a 105 сек. b 25 сек.	2,54	0,025
Направляющий брусок ковкий чугун (3)		a 12 мин. b 4 мин.	0,76 до 1,02	0,02—0,03 параллельно
Рама бронза (4)		a 70 сек. b 15 сек.	1,52	0,03
Боковина текстильной машины чугун (5)		a 50 сек. b 3 мин. c 30 сек.	1,52	0,025
Плита утюга чугун (6)		a 30 сек. b 15 сек.	1,52	0,038
Корпус мотора чугун (7)		20 сек.	1,52	0,02
Магнит ковкий чугун (8)		7 сек.	0,5	0,02
Подшипник чугун (9)		55 сек.	1,01	0,03
Подшипник чугун (10)		55 сек.	1,01	0,03

Наименование изделия	Обрабатываемое изделие	Время обраб.	Снимаемый припуск в мм	Точность обраб. в мм
Гитара станка чугун (11)		2,25 мин.	2,03	0,03
Коробка передач станка чугун (12)		1,25 мин.	2,03	0,03
То же (13)		1 мин.	2,03	0,03
Корпус насоса чугун (14)		a 1 мин. b 50 сек.	1,6	0,03
Деталь насоса чугун (15)		a и b 2 мин.	1,6	0,03
Подшипник „букса“ серый чугун (16)		a 35 сек. b 35 сек.	1	0,02—0,03
Установочный клин ковкое железо (17)		25 сек.	0,3—0,5	0,02—0,03
Коробка телефона железо (18)		1 15 сек. 2 10 сек.	Чистовая обработка	
Рама мотора стальное литье (19)		2 мин.	Чистовая обраб.	0,02
Магнит сталь (20)		a Для 24 детал. 1,5 мин. b Для 8 детал. 1 мин.	0,5	0,02—0,03

Наименование изделия	Обрабатываемое изделие	Время обраб.	Снимаемый припуск в мм	Точность обраб. в мм
Стол „шепинга“ серый чугун (31)		a 8 мин. b 7 мин. c 6,5 мин.	1,5	0,02—0,03
Опока серый чугун (32)		1a 2,5 мин. 2a 2,5 мин.	1,5	0,02—0,03
Коробка червяка серый чугун (33)		a 3 мин. b 3 мин.	1,5—2	0,02
Труба серый чугун (34)		3,5 мин.	2	0,02—0,03
Матрица сталь (35)		1 мин.	0,7	—
Корпус подшипника серый чугун (36)		a 3,5 мин. b 2 мин.	1	0,03
Детали текстильной машины 1. Траверза 2. Веретенные втулки серый чугун (37)		1a 6 мин. 2a 4 мин.	1,5	0,05
Подшипник 1. Медное литье 2. Стальное литье (38)		1a 15 сек. b 15 сек. c 15 сек. d 20 сек. 2a 35 сек. b 35 сек. c 35 сек. d 35 сек.	3 3 0,3—0,5	0,02—0,03
Детали текстильной машины серый чугун (39)		1 a 15 сек. b 10 сек. a 30 сек. 2 b 30 сек. c 20 сек. 3 a 10 сек. b 8 сек.	1,5	0,02—0,03

Наименование изделия	Обрабатываемое изделие	Время обраб.	Снимаемый припуск в мм	Точность обраб. в мм
Коробка скоростей алюминий (40)		1a 1,5 мин. чернов. 1a 2 мин. чист.	2—3 0,4—0,5	
Шатун, наружный подшипник, крышка 1. Ковкое железо, 2 и 3 серый чугун (41)		1 a 35 сек. 2 a 25 сек. b 15 сек. c 15 сек. 3 a 25 сек. b 15 сек.	0,4—0,5 1,5	0,01—0,02
Колено трубопровода кремнистый чугун (42)		1a 5 мин. 2a 5 мин. 3a 8,5 мин.	2,5 2,5 8	0,02
Крышка серый чугун (43)		a 5 мин. b 1 мин.	0,3—0,4	0,01
Колено кремнистый чугун (44)		3,5 мин.	2,5	0,02
Вкладыш подшипника серый чугун (45)		1a 2 мин. 2a 2,5 мин.	1—1,5 1—1,5	0,02 0,02
Салазки электродвигателя серый чугун (46)		a 5 мин.	2	0,02—0,03
Лемех сталь (47)		a 35 сек. b 20 сек.	Чистов. обр.	
Стойка серый чугун (48)		1a 20 сек. 1b 8 сек. 2a 75 сек. 2b 20 сек.	1—1,5	0,02

Продолжение табл. 1.

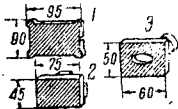
Наименование изделий	Обрабатываемое изделие	Время обработ.	Снимае- мый припуск в мм	Точность обработ. в мм
Различные детали серый чугун (49)		1 10 сек. 2a 20 сек. 2, 20 сек. 3 20 сек.	1,5	0,03
Детали автомобиля медное литье (50)		1 25 сек. 2 20 сек. 3 20 сек.	1,5—2	0,01—0,02
Блок цилиндра серый чугун (51)		a 1,25 мин. b 2,25 мин.	0,5	0,01

ТАБЛИЦА 20

РЕЖИМ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ СЕГМЕНТАМИ ТВЕРД. М₃

Поряд- ковый номер опыта	Режим обработки				Машинное время обработки в мин.		Удельная произво- дитель- ность
	Скорость стола в м/мин.	Подача на глубину в мм	Колич. проходов с подачей	Количе- ство про- ходов без подачи	При раз- личных режимах	Общее	
1 ¹	6 4 3	0,1 0,06 —	13 5 —	— — 7	2 1 1,75	4,75	16 ¹
2	6 4 3	0,1 0,06 —	10 5 —	— — 7	1,5 1 1,75	4,25	12
3	6 4 3	0,1 0,06 —	8 5 —	— — 5	1,3 1 1,3	3,6	13
4	6 2	0,15 0,02	16 10	— —	2,5 2	4,5	5

¹ Количество деталей, шлифуемых одновременно — 16.

ОБРАБОТКА ОСНОВАНИЙ УТЮГОВ КАРБОРУНДОВЫМИ СЕГМЕНТАМИ ТВЕРД. М₁ — М₂

Порядко- вый номер опыта	Режим обработки				Машинное время обработки в мин.	
	Скорость стола в м/мин.	Подача на глу- бину в мм	Количество проходов с подачей	Количество проходов без подачи	При раз- личных режимах	Общее
1 ¹	6	0,04	30	—	5	11,5
	4	0,01	48	—	4	
	4	—	—	18	2,5	
2	6	0,04	30	—	5	10
	4	0,01	24	—	2	
	4	—	—	16	3	
3	6	0,07	12	—	2	7
	4	0,01	30	—	2,5	
	4	—	—	12	2,5	
4	6	0,07	18	—	3	7,8
	3	0,01	24	—	2	
	3	—	—	15	2,8	
5	6	0,07	12	—	2	7
	4	0,01	24	—	2	
	4	—	—	14	3	

¹ Количество деталей, шлифуемых одновременно, — 16.
Обработка предварительная и окончательная.

Как видно из таблицы, наиболее целесообразные режимы применены в опытах 3—5. Машинное время по среднему значению для них равно 7,0 мин., одного основания — 27 сек.

8. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НА ПЛОСКО-ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Наиболее удобным и простым приспособлением, применяемым для закрепления изделий на плоскошлифовальных станках, служит магнитный стол, на котором обрабатывается масса деталей. Однако в некоторых случаях, как шлифование тонких фигурных изделий, радиусных поверхностей, поверхностей под прямым углом и т. д., требуются специальные приспособления. Приведем некоторые из них, предназначенные для крепления деталей на станках с горизонтальным шпинделем. На рис. 96 показано приспособление для крепления основания подшипника. Последнее укладывается между брусками (1, 2) и зажимается болтами (3) и болтами (4). Для шлифования оснований утюга применяется несколько приспособлений. Например, для обработки боковых

сторон и радиусной части основания применяют приспособление, показанное на рис. 97. Основание устанавливается на плите (1) и закрепляется зажимом (2); положение его фиксируется штифтами (3). Приспособление устанавливается основанием на столе станка и закрепляется болтами в пазах стола. При шлифовании радиусной поверхности (4) вынимается установочный штифт (5) и через рукоятку поворота (6) производятся вращательные движения в одну и в другую стороны. Для крепления шлифуемого утюга, имеющего рукоятку, применяют приспособления, изображенные на рис. 98—99. В первом — зажим изделия производится с помощью планки через зажимной винт и во втором — через рычаг.

Для зажима тонкостенных изделий, например, предохрани

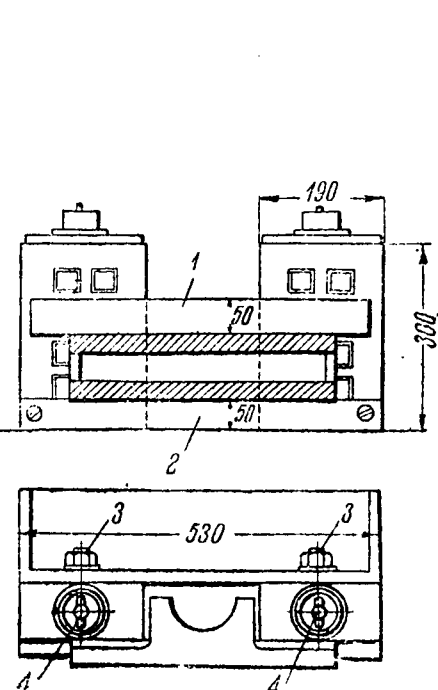


Рис. 96. Зажимное приспособление для шлифования основания подшпника

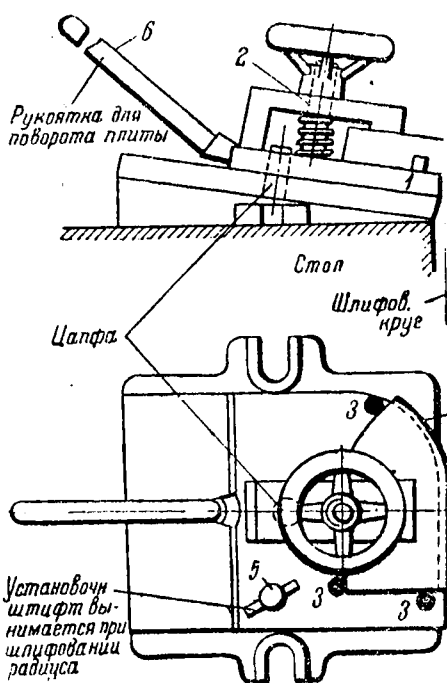


Рис. 97. Зажимное приспособление для шлифования боковых сторон утюга

тельной коробки применяют следующее устройство: шлифуемая коробка сверху прижимается рычагом (рис. 100), вращающимся на оси (1) и удерживаемым на конце пружиной (2). Для предотвращения смещения изделия в горизонтальной плоскости служат болты (3).

Для установки изделий, шлифуемых под прямым углом, вполне пригодно приспособление, показанное на рис. 101. Изделие ста-

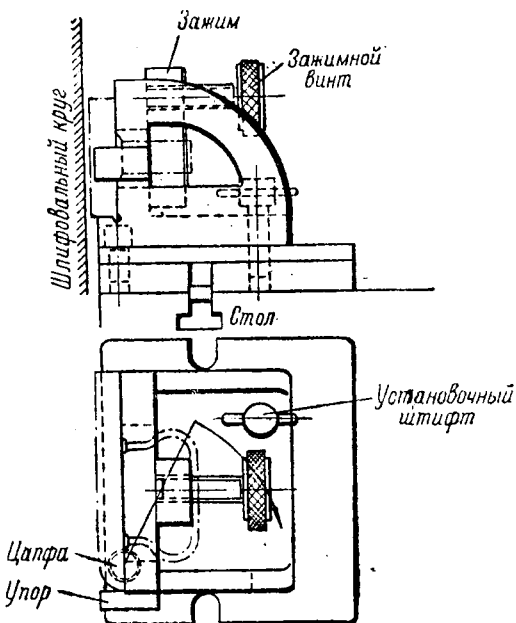


Рис. 98. Зажимное приспособление для шлифования плоскости утюга; зажим планкой и винтом

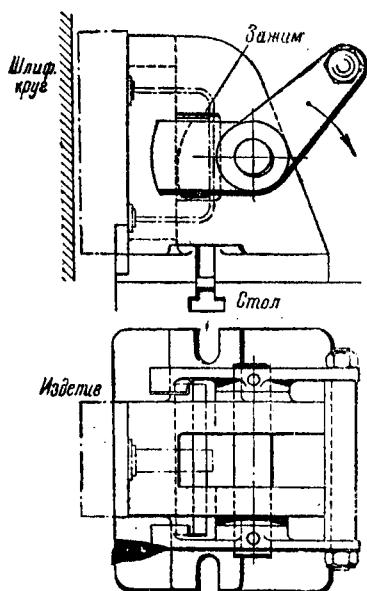


Рис. 99. Зажимное приспособление для шлифования плоскости утюга; зажим рычагом

вится к плоскости угольника (1), перпендикулярность которой к оси шпинделя шлифовального круга предварительно прове-

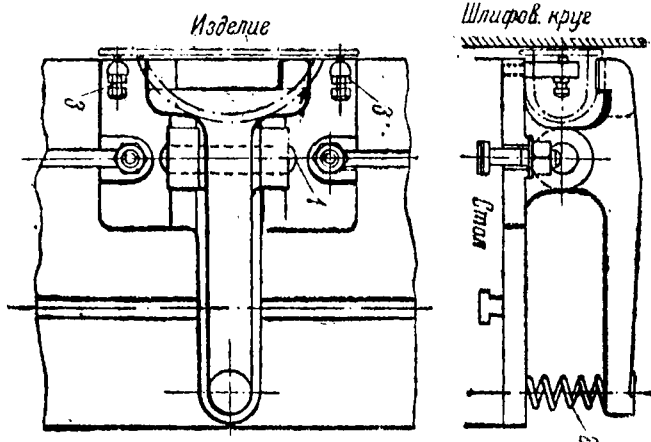


Рис. 100. Приспособление для зажима предохранительной коробки

ряется. Угольник вращается на оси (2), положение его фиксируется винтом (3). Это приспособление рассчитано на установку на столе станка; закрепление изделия и приспособления производится обычным образом.

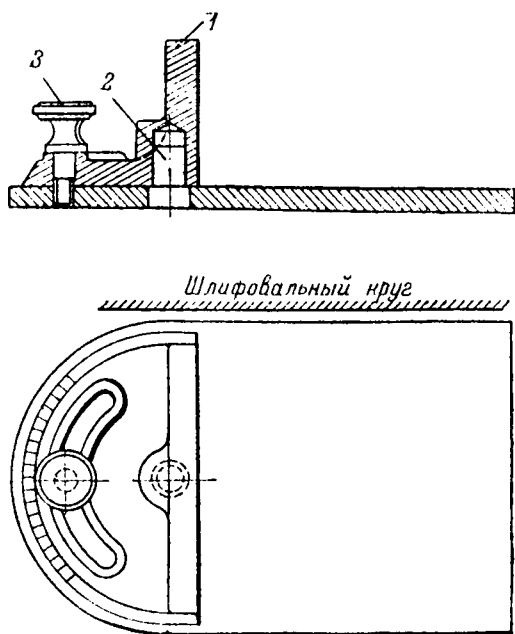


Рис. 101. Приспособление для установки изделий, шлифуемых под прямым углом

9. БРАК, ПОЛУЧАЮЩИЙСЯ ПРИ ПЛОСКОМ ШЛИФОВАНИИ, И СПОСОБЫ ЕГО УСТРАНЕНИЯ

Наиболее часто встречающийся брак при плоском шлифовании: несоответствие размера, конусность, грубая шлифовка, дробленность, отжиг, трещины.

Основной причиной неправильного размера является невнимание рабочего или его недостаточная квалификация, неисправность мерительного инструмента и замеры нагретого изделия. Нельзя также величину снимаемого слоя рассчитывать по подаче, а следует периодически производить замеры изделия.

При обработке на магнитной плите конусность может образоваться по причине: забоин и грязи на поверхности магнитной плиты и изделия; изношенности направляющих стола или головки шпинделя; неперпендикулярности плоскости магнитного стола относительно направляющих головки и неровности поверхности, т. е. вогнутость, выпуклость, забоины (эти недостатки легко

устраняются шлифовкой магнитного стола на месте); неправильного укрепления изделия на магнитном столе и зажима изделия в приспособлении, например, односторонние зажимы, перетягивания болтами и пр.; применения слишком мягких сегментов.

Причины грубой шлифовки: работа неправильно выбранными сегментами — крупнозернистые, твердые, а равно и слишком мягкие сегменты дают при работе грубую поверхность; неправильно выбранный режим — большая скорость изделия, подача на глубину резания; беспокойная работа и неравномерные подачи; работа невыправленным кругом или грубая правка — при больших подачах и скоростях; работа несбалансированным кругом; люфты в подшипниках шпинделя станка; грубые сшивки ремня или его скольжение; неплотное прилегание к магнитному столу; загрязненность охлаждающей жидкости и неравномерность ее подачи.

Причины этого брака при правильном подборе сегментов, режима обработки и внимательном отношении к состоянию станка могут быть совершенно устранены.

Дробленность, отжиг, трещины возникают вследствие: неправильного подбора сегментов по твердости, зернистости (высокая твердость, проявляющаяся в быстром затуплении круга, дает наибольший дефект); работы невыправленным и несбалансированным кругом; неравномерности автоматической подачи стола и шлифовальной головки, ручных подач и люфтов шпинделя; неправильных режимов обработки и больших площадей соприкосновения круга с изделием; нагрева изделия, недостаточного количества охлаждающей жидкости и неравномерной ее подачи.

Дробленность, а особенно отжиг и трещины проявляются с наибольшей силой при шлифовании деталей из цементированных и закаленных сталей.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ТАБЛИЦА 1¹

ЧИСЛА В ДРОБНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ СТЕПЕНЕЙ

Скорость детали в м/мин.	Показатели степеней					Скорость детали в м/мин.	Показатели степеней				
	0,31	0,40	0,53	0,54	0,71		0,31	0,40	0,53	0,54	0,71
0,5	0,806	0,758	0,693	0,688	0,611	6,0	1,74	2,05	2,58	2,63	3,57
0,75	0,915	0,892	0,86	0,857	0,816	6,5	1,79	2,11	2,70	2,75	3,78
1,25	1,07	1,09	1,13	1,13	1,17	7,0	1,83	2,18	2,81	2,86	3,98
1,5	1,13	1,18	1,24	1,25	1,33	7,5	1,87	2,24	2,91	2,97	4,18
1,75	1,19	1,25	1,35	1,35	1,49	8,0	1,91	2,30	3,01	3,07	4,38
2,0	1,24	1,32	1,44	1,45	1,64	9,0	1,98	2,41	3,21	3,28	4,76
2,5	1,33	1,44	1,63	1,64	1,92	10	2,04	2,51	3,39	3,47	5,12
3,0	1,41	1,55	1,79	1,81	2,18	11	2,10	2,61	3,56	3,65	5,49
3,5	1,48	1,65	1,94	1,97	2,43	12	2,16	2,70	3,73	3,83	5,84
4,0	1,54	1,74	2,08	2,11	2,68	13	2,21	2,79	3,89	4,00	6,18
4,5	1,59	1,83	2,22	2,25	2,91	14	2,27	2,87	4,05	4,16	6,51
5,0	1,65	1,90	2,35	2,39	3,14	15	2,32	2,95	4,20	4,32	6,84
5,5	1,70	1,98	2,47	2,51	3,36	—	—	—	—	—	—

ТАБЛИЦА 2¹

ЧИСЛА В ДРОБНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ СТЕПЕНЕЙ

Скорость детали в м/мин.	Показатели степеней			Скорость детали в м/мин.	Показатели степеней		
	0,95	0,97	1,5		0,95	0,97	1,5
0,5	0,518	0,511	0,445	6,0	5,49	5,68	14,70
0,75	0,761	0,756	0,650	6,5	5,92	6,14	16,57
1,25	1,23	1,24	1,40	7,0	6,35	6,60	18,52
1,5	1,47	1,48	1,84	7,5	6,78	7,06	20,54

¹ Все цифры в таблицах были вычислены при помощи логарифмической линейки.

Скорость детали в м/мин.	Показатели степеней			Скорость детали в м/мин.	Показатели степеней		
	0,95	0,97	1,5		0,95	0,97	1,5
1,75	1,70	1,72	2,32	8	7,21	7,52	22,63
2,0	1,93	1,96	2,83	9	8,06	8,42	27,00
2,5	2,39	2,43	3,95	10	8,91	9,33	31,60
3,0	2,84	2,90	5,20	11	9,76	10,23	36,48
3,5	3,29	3,37	6,55	12	10,60	11,14	41,57
4,0	3,73	3,84	8,00	13	11,44	12,04	46,87
4,5	4,17	4,30	9,55	14	12,27	12,93	52,38
5,0	4,61	4,76	11,18	15	13,10	13,83	58,09
5,5	5,05	5,23	12,90	—	—	—	—

ТАБЛИЦА 3¹

ЧИСЛА В ДРОБНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ СТЕПЕНЕЙ

Ширина шлифова- ния в мм	Показатели степеней					Ширина шлифова- ния в мм	Показатели степеней	
	0,3	0,45	0,6	0,7	0,9		0,66	1,5
25	2,63	4,26	6,90	9,52	12,12	25	8,37	125,0
50	3,23	5,82	10,46	15,16	33,81	50	13,22	353,6
75	3,65	6,98	13,34	20,54	48,70	75	17,28	649,5
100	3,98	7,94	15,85	25,12	63,10	100	20,90	1000,0
125	4,26	8,78	18,12	29,37	77,13	125	24,21	1397,5
150	4,50	9,53	20,24	33,36	90,88	150	27,30	1836,5
175	4,71	10,22	22,17	37,16	104,41	175	30,23	2315,0
200	4,90	10,85	24,02	40,81	117,74	200	33,01	2828,0
225	5,08	11,44	25,78	44,31	130,90	225	35,68	3375,0
250	5,24	12,00	27,46	47,70	143,93	250	38,25	3953,0
275	5,39	12,52	29,08	51,00	156,82	275	40,74	4560,0
300	5,54	13,02	30,64	54,20	169,59	300	43,14	5196,0
350	5,80	13,96	33,61	60,37	194,83	350	47,76	6548,0
400	6,03	14,82	36,41	66,29	219,71			
450	6,25	15,63	39,08	71,99	244,28			
500	6,45	16,39	41,62	77,50	268,57			
550	6,64	17,11	44,08	82,84	292,63			
600	6,82	17,79	46,44	88,05	316,48			
650	6,98	18,44	48,72	93,12	340,11			
700	7,14	19,07	50,94	98,08	363,58			
750	7,29	19,67	53,09	102,94	386,85			
800	7,43	20,25	55,19	107,72	410,00			
850	7,57	20,81	57,23	112,35	433,00			
900	7,70	21,35	59,23	116,94	455,85			
1000	7,94	22,39	63,10	125,89	501,20			

¹ Все цифры в таблицах были вычислены при помощи логарифмической линейки.

ЧИСЛА В ДРОБНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ СТЕПЕНЕЙ

Глубина резания в мм	Показатели степеней							
	0,25	0,4	0,42	0,45	0,5	0,53	0,56	0,6
0,01	0,316	0,159	0,145	0,126	0,100	0,087	0,076	0,063
0,015	0,350	0,186	0,171	0,151	0,123	0,108	0,095	0,080
0,02	0,376	0,209	0,195	0,172	0,141	0,126	0,112	0,096
0,025	0,398	0,229	0,212	0,190	0,158	0,142	0,127	0,109
0,03	0,416	0,246	0,229	0,206	0,173	0,156	0,140	0,122
0,035	0,433	0,262	0,245	0,221	0,187	0,169	0,153	0,134
0,04	0,447	0,276	0,259	0,235	0,200	0,182	0,165	0,145
0,045	0,461	0,289	0,266	0,248	0,212	0,193	0,176	0,156
0,05	0,473	0,302	0,284	0,260	0,224	0,204	0,187	0,166
0,06	0,495	0,325	0,307	0,282	0,245	0,225	0,207	0,185
0,07	0,514	0,345	0,327	0,302	0,265	0,244	0,226	0,203
0,08	0,532	0,365	0,346	0,321	0,283	0,262	0,243	0,220
0,09	0,548	0,382	0,364	0,338	0,300	0,279	0,260	0,236
0,1	0,562	0,398	0,380	0,355	0,315	0,295	0,275	0,250
0,12	0,586	0,428	0,410	0,385	0,346	0,325	0,305	0,280
0,15	0,622	0,468	0,451	0,426	0,387	0,366	0,346	0,320
0,18	0,651	0,504	0,487	0,462	0,424	0,403	0,383	0,357
0,20	0,669	0,525	0,509	0,485	0,447	0,426	0,406	0,381
0,22	0,685	0,546	0,529	0,506	0,469	0,448	0,428	0,403
0,25	0,707	0,574	0,559	0,536	0,500	0,480	0,460	0,435
0,28	0,727	0,601	0,586	0,564	0,529	0,509	0,490	0,466
0,30	0,740	0,618	0,603	0,582	0,548	0,528	0,510	0,486
0,32	0,752	0,634	0,620	0,599	0,566	0,547	0,528	0,505
0,35	0,769	0,657	0,643	0,623	0,592	0,573	0,556	0,533
0,38	0,785	0,679	0,666	0,647	0,616	0,599	0,582	0,560
0,40	0,795	0,693	0,681	0,662	0,633	0,615	0,599	0,577
0,42	0,805	0,707	0,695	0,677	0,648	0,631	0,615	0,594
0,45	0,819	0,727	0,715	0,698	0,671	0,655	0,639	0,619
0,48	0,832	0,746	0,735	0,719	0,693	0,678	0,663	0,644
0,50	0,841	0,758	0,747	0,732	0,707	0,693	0,678	0,660
0,55	0,861	0,787	0,778	0,764	0,742	0,728	0,715	0,699
0,60	0,880	0,815	0,807	0,795	0,775	0,763	0,751	0,736
0,65	0,898	0,842	0,834	0,824	0,806	0,796	0,786	0,772
0,70	0,915	0,867	0,861	0,852	0,837	0,828	0,819	0,807
0,75	0,931	0,892	0,887	0,879	0,866	0,860	0,852	0,842
0,80	0,946	0,915	0,911	0,904	0,894	0,888	0,883	0,875
0,85	0,960	0,937	0,934	0,929	0,922	0,917	0,913	0,907
0,90	0,974	0,959	0,957	0,954	0,949	0,946	0,943	0,939
0,95	0,987	0,980	0,979	0,977	0,975	0,973	0,972	0,970
1,1	1,024	1,04	1,04	1,04	1,049	1,05	1,05	1,059
1,2	1,047	1,08	1,08	1,09	1,095	1,10	1,11	1,116
1,3	1,068	1,11	1,12	1,13	1,140	1,15	1,16	1,170
1,4	1,088	1,14	1,15	1,16	1,183	1,20	1,21	1,224
1,5	1,107	1,18	1,19	1,20	1,225	1,24	1,26	1,275
1,6	1,125	1,21	1,22	1,24	1,265	1,28	1,30	1,326
1,7	1,142	1,24	1,25	1,27	1,304	1,32	1,35	1,375
1,8	1,158	1,27	1,28	1,30	1,342	1,37	1,39	1,423
1,9	1,174	1,29	1,31	1,33	1,378	1,41	1,43	1,470
2,0	1,189	1,32	1,34	1,37	1,414	1,44	1,47	1,516

¹ Все цифры в таблицах были вычислены при помощи логарифмической линейки.

ЧИСЛА В ДРОБНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ СТЕПЕНЕЙ

Глубина резания в мм	Показатели степеней				Глубина резания в мм	Показатели степеней			
	0,85	0,95	1,65	1,8		0,85	0,95	1,65	1,8
0,01	0,020	0,016	0,0005	0,0003	0,18	0,233	0,196	0,0590	0,0467
0,015	0,028	0,018	0,0010	0,0005	0,20	0,255	0,217	0,0702	0,0551
0,02	0,036	0,024	0,0016	0,0009	0,22	0,276	0,237	0,0822	0,0655
0,025	0,043	0,030	0,0023	0,0013	0,25	0,308	0,268	0,1020	0,0824
0,03	0,051	0,036	0,0031	0,0018	0,28	0,339	0,298	0,1220	0,1010
0,035	0,058	0,041	0,0040	0,0024	0,30	0,359	0,319	0,137	0,115
0,04	0,065	0,047	0,0049	0,0030	0,32	0,380	0,339	0,155	0,128
0,045	0,072	0,053	0,0060	0,0038	0,35	0,410	0,369	0,177	0,151
0,05	0,079	0,058	0,0071	0,0046	0,38	0,439	0,399	0,203	0,175
0,06	0,091	0,069	0,0096	0,0063	0,40	0,459	0,419	0,220	0,192
0,07	0,104	0,080	0,0111	0,0083	0,42	0,478	0,439	0,239	0,210
0,08	0,117	0,091	0,0155	0,0106	0,45	0,507	0,468	0,268	0,238
0,09	0,129	0,102	0,0188	0,0131	0,48	0,535	0,498	0,298	0,267
0,10	0,141	0,112	0,0224	0,0159	0,50	0,555	0,518	0,319	0,284
0,12	0,165	0,133	0,0301	0,0220	0,55	0,602	0,567	0,373	0,341
0,15	0,199	0,165	0,0437	0,0329	0,60	0,648	0,615	0,430	0,399

¹ Все цифры в таблицах были вычислены при помощи логарифмической линейки.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава первая

Шлифование плоскостей

Глава вторая

Плоскошлифовальные станки, работающие торцом круга при прямолинейном движении стола

1. Типы станков	11
2. Станок „Шмалц“	11
3. Станок Московского станкостроительного завода тип 3732	14
4. Станок „Дискус“	20
5. Станок Московского станкостроительного завода тип 373-С	24
6. Наклон шлифовальной бабки	26
7. Тенденции в развитии плоскошлифовальных станков	28

Глава третья

Шлифовальные круги и сегменты

1. Характеристика шлифовального круга и сегмента	31
2. Основные свойства абразивного зерна	31
3. Абразивные материалы	33
4. Связка	34
5. Зернистость	36
6. Твердость круга	37
7. Структура круга	40
8. Форма и размер круга	41
9. Крепление сегментов	41

Глава четвертая

Процесс шлифования и выбор шлифовального круга

1. Геометрия снимаемой стружки	49
2. Скорость круга	51
3. Скорость изделия	53
4. Глубина резания	54
5. Шлифование при затуплении и самозатачивании круга	56

1. Мощность при шлифовании	61
2. Охлаждение при шлифовании	64
3. Выбор круга	66

Глава пятая

Работа на станках

1. Выбор режима обработки	80
2. Машинное время	83
3. Режимы наименьшей стоимости обработки	86
4. Основные принципы предварительной и окончательной шлифовки	95
5. Качество шлифованной поверхности. Условия получения качественной поверхности	96
6. Подготовка круга к работе	101
7. Примеры обработки	107
8. Приспособления для обработки на плоскошлифовальных станках	114
9. Брак, получающийся при плоском шлифовании, и способы его устранения	117
Приложение	119

Отв. редактор инж. *Е. Я. Туник*
Вед. редактор *А. А. Розенблюм*
Технич. редактор *Н. Крушкол*
Корректор *А. Г. Больдеман*

Сдано в набор 17/XII 1939 г. Подписано в печать 5/X 1940 г. Издат. № 3035
Индекс К-01. Формат бум. 62×94/16. М 28382. Объем 7³/₄+12 вкл. печ. л.
Уч.-изд. л. 10,66. Тираж 2500. Зак. № 4463

Ленпартиздат — Типография № 1 им. Володарского. Ленинград, Фонтанка, 57

A

1548