

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН РЕЗАНИЕМ

ЛЕКЦИЯ 4 и 5

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ

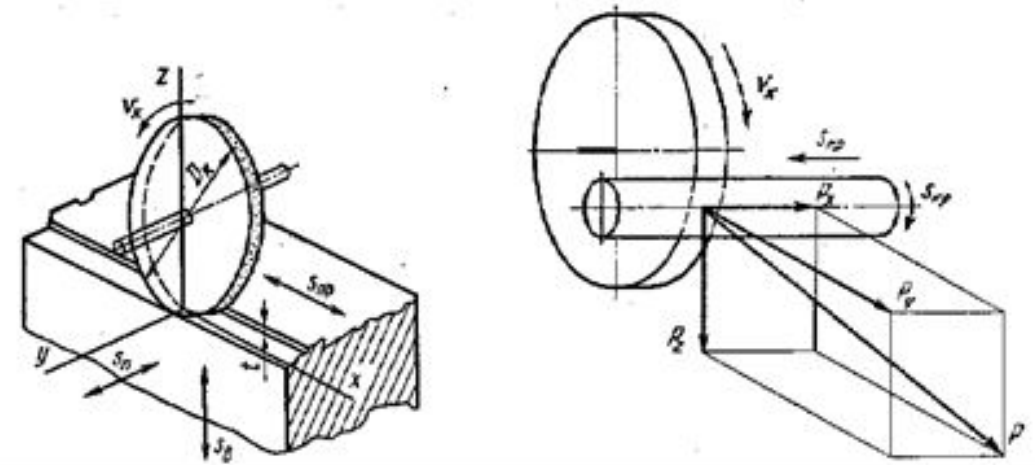
ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ.

Шлифованием называют процесс обработки заготовок резанием с помощью абразивных кругов. Абразивные зерна расположены в круге беспорядочно и удерживаются связующим материалом. При вращательном движении круга в зоне его контакта с заготовкой часть зерен срезает материал в виде очень большого числа тонких стружек на очень больших скоростях – более 30 м/с. Процесс резания каждым зерном осуществляется почти мгновенно. Обработанная поверхность представляет собой совокупность **микроследов абразивных зерен** и имеет малую шероховатость. Часть зерен ориентирована так, что резать не может и производит работу трения по поверхности резания.

Абразивные зерна оказывают на заготовку существенное силовое воздействие. Происходит поверхностное пластическое деформирование материала, искажение его кристаллической решетки. **Деформирующая сила вызывает сдвиги** одного слоя атомов относительно другого. Вследствие упругопластического деформирования материала обработанная поверхность **упрочняется**. Но этот эффект оказывается менее ощутимым, чем при обработке металлическим инструментом.

Тепловое и силовое воздействие на обработанную поверхность приводит к структурным превращениям, изменениям физико-механических свойств поверхностных слоев обрабатываемого материала. Так, **образуется дефектный поверхностный слой** детали. Для **уменьшения теплового воздействия** процесс шлифования производят при обильном подаче **смазочно-охлаждающих жидкостей**. Шлифование применяют для **чистовой и отделочной** обработки деталей

Режим резания. Силы резания. Для **формообразования** любой поверхности методом шлифования необходимо вращательное движение круга и относительное перемещение по одной из координатных осей, которые могут заменяться вращательным движением. Основные элементы режима резания - скорость резания, подача и глубина резания - выбирают оптимальными.

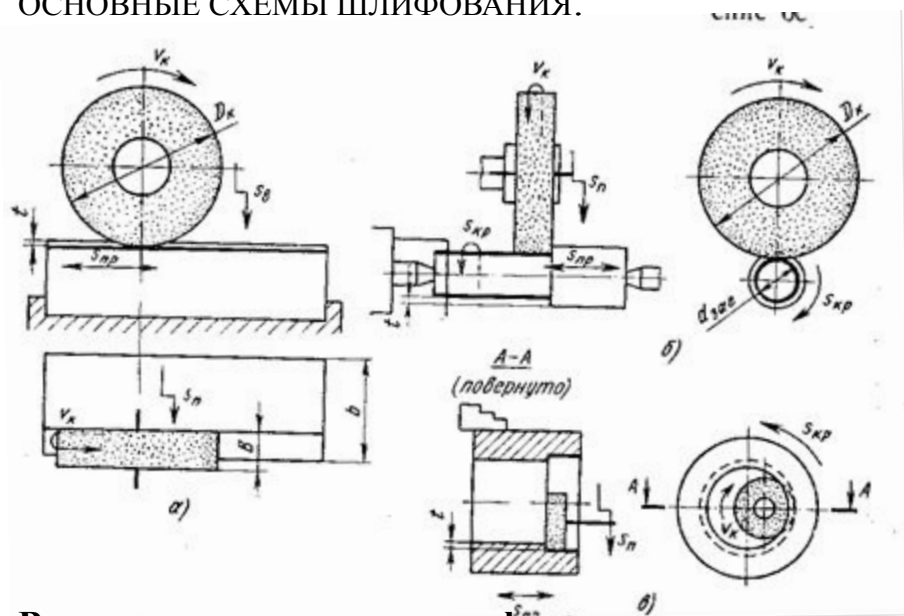


Элементы и Сила резания при шлифовании

Скорость резания (м/с) равна окружной скорости точки на периферии шлифовального круга. **Подачами** являются перемещения заготовки или инструмента вдоль или вокруг координатных осей. Выражения и размерности подач определены схемами шлифования. **Глубина резания** (мм) определяется толщиной слоя материала, срезаемого за один проход.

Для расчета элементов шлифовальных станков, конструирования приспособлений для работы на них и оценки точности обработки необходимо знать силы резания. **Силу резания P** , возникающую при шлифовании в зоне контакта круга и заготовки, для удобства расчетов разлагают по координатным осям на три составляющие (рис. 6.92): тангенциальную P_z , радиальную P_y и осевую P_x . Составляющую P_y используют в расчетах точности обработки, P_x - необходима для проектирования механизмов подач шлифовальных станков, P_z используют для определения мощности ЭД шлиф. круга. **Силы находят по справочным данным** в зависимости от конкретных условий шлифования или по эмпирическим формулам.

ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ШЛИФОВАНИЯ:



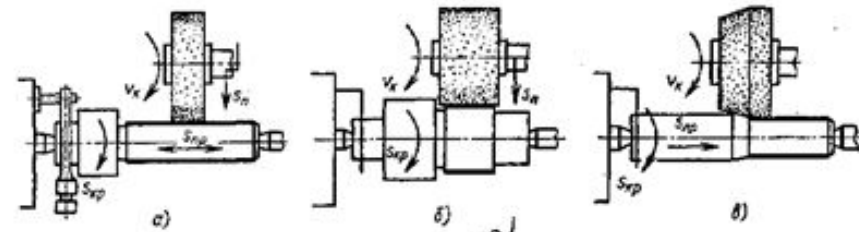
В автоматизированных шлифовальных станках цикл работы станка включает периодический вывод круга из зоны шлифования, его автоматическую правку и перемещение круга к изделию на величину снятого при правке слоя абразива.

Абразивные инструменты различают по геометрической форме и размерам, роду и сорту абразивного материала, зернистости или размерам абразивных зерен, связке или виду связующего вещества, твердости, структуре или строению круга.

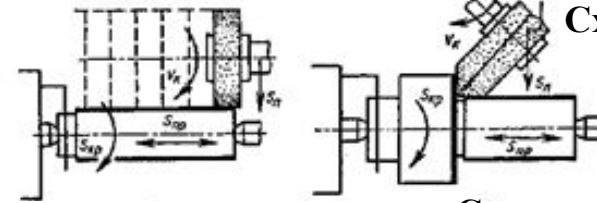
Зерна абразивных инструментов представляют собой искусств. или природные минералы и кристаллы. Абразивные материалы отлич. высокой твердостью, которая определяется по минералогической шкале. Зерна абразивов разделяют по **крупности на группы и номера**. Основная характеристика номера зернистости - количество и крупность его основной фракции. При изготовлении инструмента зерна скрепляются друг с другом с помощью цементирующего вещества - связки. Наиб. широко применяют инструменты, изгот. **на керамической, бакелитовой или вулканитовой связке. Керам. связку** готовят из глины, полевого шпата, кварца и других веществ путем их тонкого измельчения и смешения в опр. пропорц. **Бакелитовая связка** состоит в основном из искусственной смолы - бакелита. **Вулканитовая связка** - искусственный каучук, подвергнутый вулканизации для превращения его в прочный, твердый эбонит. **Под твердостью абразивного инструмента** понимается способность связки **сопротивляться вырыванию** абразивных зерен с рабочей поверхности инструмента под действием внешних сил. Для шлифования заготовок из твердых сплавов и высокотвердых материалов применяют алмазные круги - состоящ. из корпуса (алюминия, пластмасс или стали) и алмазоносного слоя - толщиной 1,5-3 мм. Круги маркируют для правильного выбора инструмента в последовательности: абразивный материал и его марка, номер зернистости, степень твердости, номер структуры, вид связки.

ИЗНОС И ПРАВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ. В процессе шлифования режущие свойства кругов изменяются: абразивные зерна изнашиваются, затупляются, частично раскалываются, поры между зернами заполняются шлифовальными отходами. Возрастает сила резания. Поверхность круга вследствие износа теряет первоначальную форму и точность обработки снижается. Правильному выбору связки придается большое значение. Если связка слабо удерживает зерна, то они будут удаляться с круга раньше, чем затупятся. Произойдет «осыпание» круга. При прочном удержании зерна сильно затупляются, а на рабочей поверхности круга появляется характерный блеск-«засаливание» круга. В обоих случаях качество поверхности снижается. Для восстановления режущих свойств абразивные инструменты подвергают правке. Чаще всего правку производят алмазом при обильном охлаждении. Алмаз, укрепленный в специальной державке, перемещается вручную или автоматически с подачей относительно вращающегося круга. Толщина удаляемого слоя шлифовального круга обычно не превышает 0,01-0,03 мм. Время непрерывной работы инструмента между двумя правками характеризует период его стойкости. В зависимости от требований к качеству обработки и режимов резания стойкость инструмента ориентировочно составляет 5-40 мин.

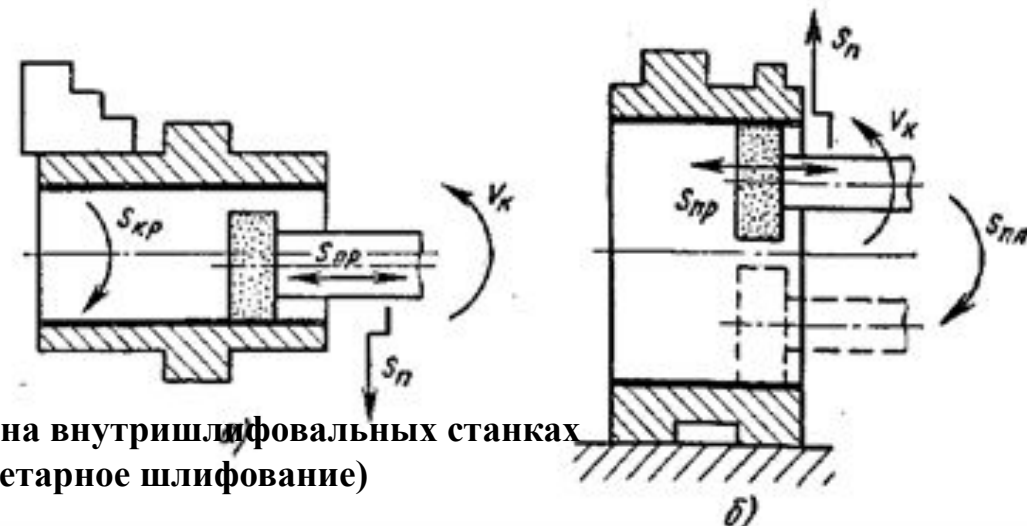
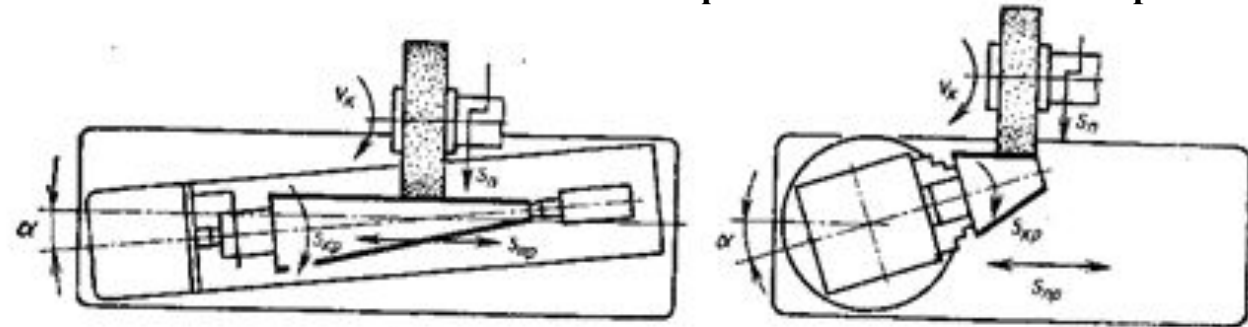
ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ.



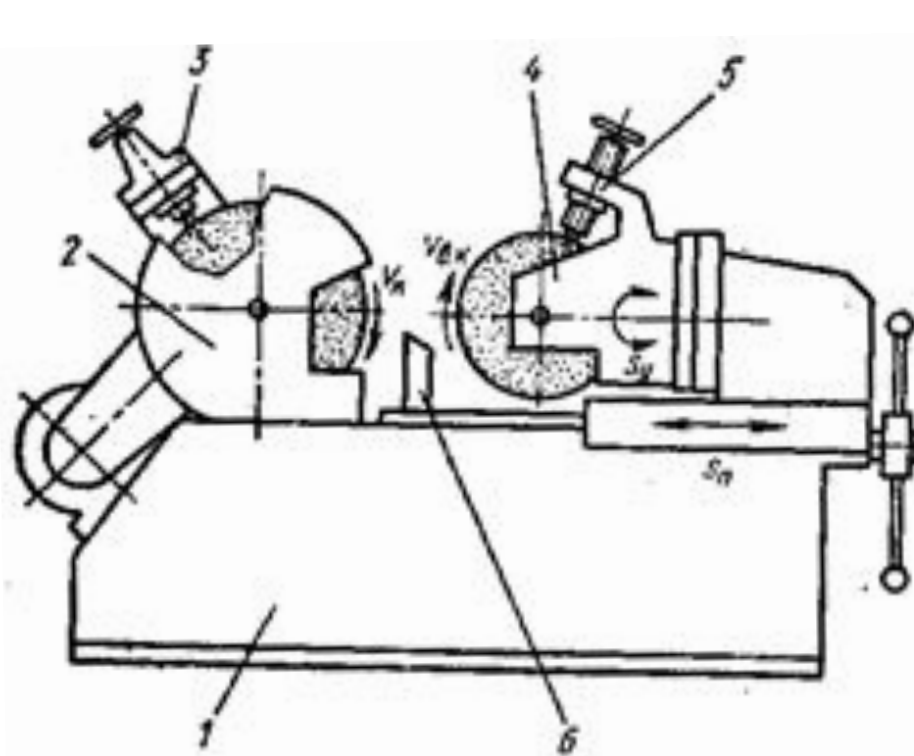
Схемы шлифования цилиндрических поверхностей



Схемы шлифования конических поверхностей



Схемы обработки на внутришлифовальных станках (планетарное шлифование)



Бесцентрово-шлифовальный станок

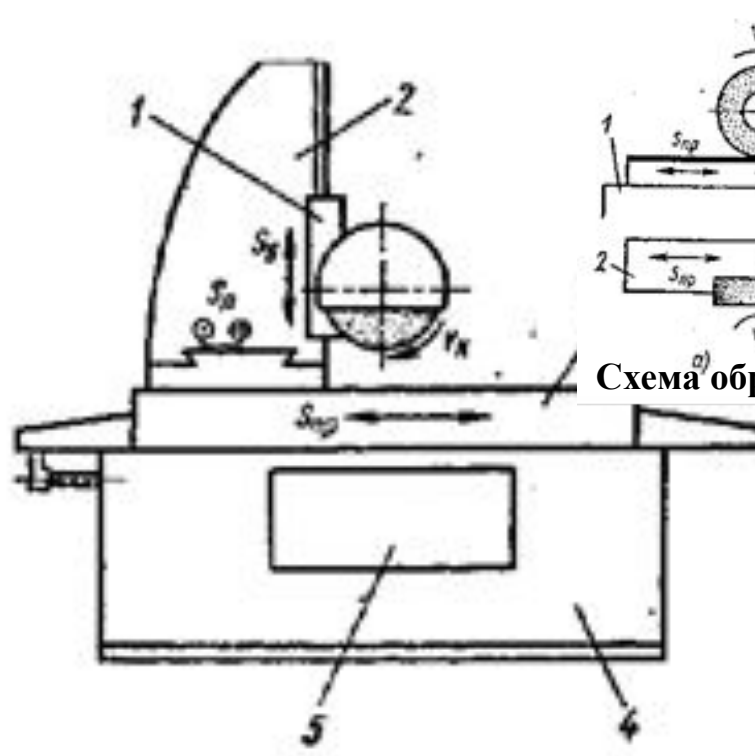


Схема обработки заготовок на плоскошлифовальных станках

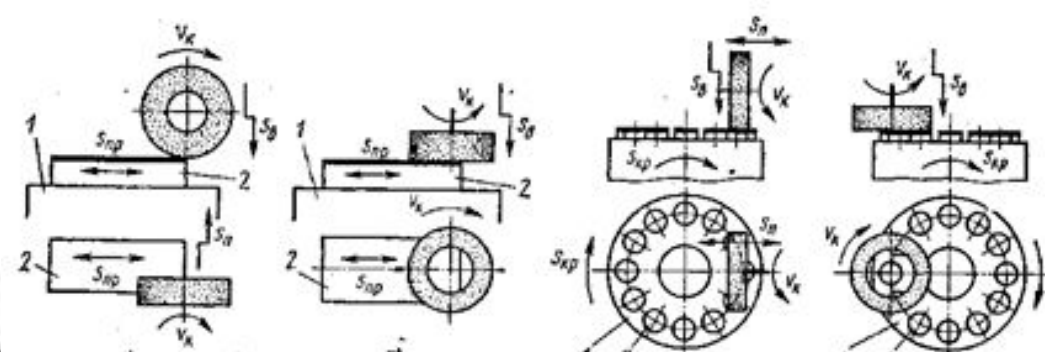
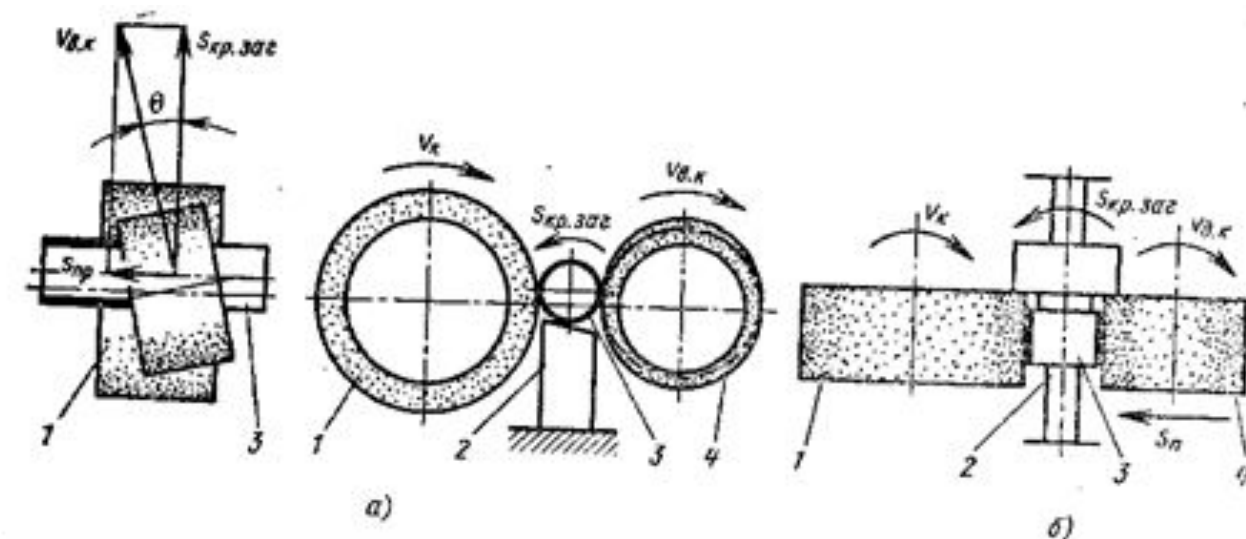


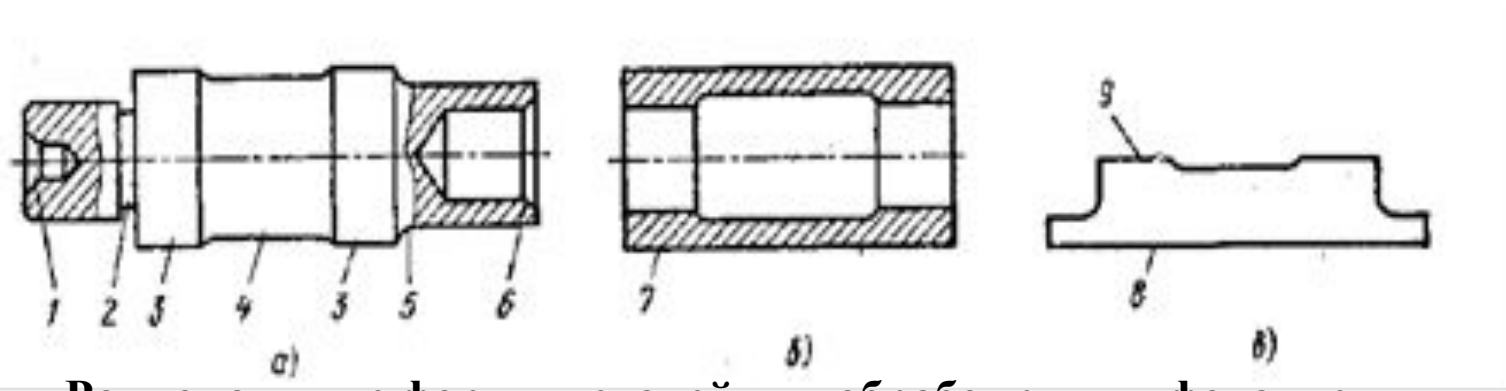
Схема шлифования кулачков



Схемы обработки заготовок на бесцентрово-шлифовальных станках

Кроме того широко используются заточные, резьбошлифовальные, специализированные, лентошлифовальные станки

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ



Рациональные формы деталей для обработки шлифованием

Для шлифования ступенчатых предусматривают центровые отверстия 7, а для шлифования пустотелых валов - установочные фаски 6. Между шейками вала и торцами из-за непрерывного осыпания зерен круга получается переходная поверхность 5. В тех случаях, когда этого нельзя допустить по условиям работы детали, предусматривают технологические канавки 2 для выхода шлифовального круга. Если необходимо оставить переходную поверхность, то указывают на чертеже детали ее максимально возможный радиус. Следует избегать конструирования валов с большой разностью диаметров отдельных участков. Точно обработанные, цилиндрические поверхности 3 необходимо разделять введением проточек 4, поверхности которых не требуется шлифовать. На деталях, обрабатываемых в патроне следует предусматривать такие поверхности 7, которые обеспечивают правильную установку и надежное закрепление при обработке. Наиболее надежно закрепление по поверхностям в виде круговых цилиндров.

Поверхности точно обрабатываемых отверстий также следует разделять введением выточек. Предпочтительнее жесткие детали. Закрепление в патронах тонкостенных (нежестких) деталей может вызвать большие деформации и снизить точность. Шлифование отверстий малых диаметров связано с трудностями и должно назначаться в исключительных случаях. Плоские поверхности деталей должны быть расположены перпендикулярно или параллельно (рис. 6.103, в поверхность 9) основанию 5, на котором закрепляют заготовку. Шлифуемые поверхности желательно располагать в одной плоскости.

МЕТОДЫ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ СО СНЯТИЕМ СТРУЖКИ

Дальнейшее развитие машиностроения связано с *увеличением нагрузок на детали машин, увеличением скоростей движения, уменьшением массы конструкций*. Выполнить эти требования можно при достижении особых качеств поверхностных слоев деталей. Однако это не всегда может быть обеспечено описанными методами. Поэтому требуется дополнительная *отделочная обработка для повышения точности, уменьшения шероховатости поверхностей* или для придания им особого вида, что важно для эстетических или санитарно-гигиенических целей. Велика роль отделочной обработки в *повышении надежности работы* деталей машин. Для отдельных методов обработки характерны *малые силы резания, небольшие толщины срезаемых слоев материала, незначительное тепловыделение*. Поэтому заготовки *деформируются незначительно*. Все эти технологические особенности способствуют дальнейшему развитию и широкому применению *методов отделочной обработки*. В дальнейшем *будет снижаться доля обработки резанием со снятием большого кол-ва стружки и повышаться доля отделочных методов обработки*.

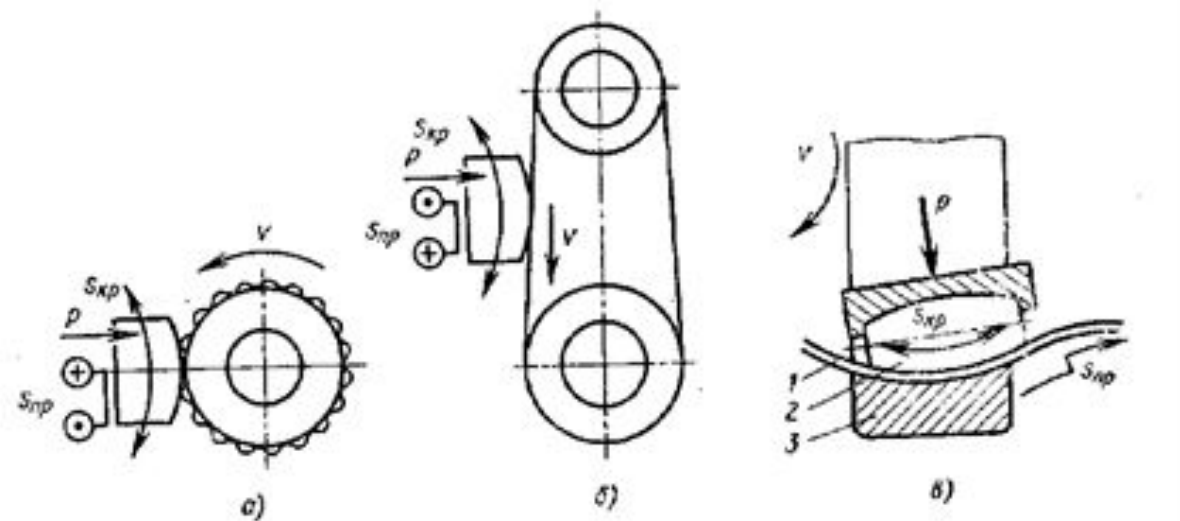
Отделка поверхностей чистовыми резцами и шлифовальными кругами. Тонким обтачиванием (при высоких скоростях резания, малых глубинах и подачах) иногда заменяют шлифование. Для уменьшения шероховатости применяют токарные резцы с широкими режущими лезвиями, которые располагают параллельно оси обрабатываемой заготовки. Подача на оборот заготовки составляет не более 0,8 ширины лезвия, а глубина резания - не более 0,5 мм. **Обтачивание алмазными резцами** применяют для заготовок из цветных металлов и сплавов, пластмасс и других неметаллических материалов. Обладая очень высокой стойкостью, алмазные резцы способны долгое время работать без под- наладки, обеспечивать высокую точность. Тонкое обтачивание требует применения быстроходных станков высокой жесткости и точности, а также качественной предварительной обработки заготовок. По аналогии с тонким

Тонким растачиванием заменяют шлифование особенно в тех случаях, *когда заготовки из вязких цветных сплавов либо стали, выполнены тонкостенными*. Тонкое растачивание примен. *при точной обработке глухих отверстий* или если не допускается внедрение абразивных верен в поры обработанной поверхности. *Тонкое шлифование* производят *мягким, мелкозернистым* кругом при больших *скоростях резания >40 м/с* и весьма *малой глубине резания*. *Шлифование* сопровождается обильной подачей охладж. жидкости. СПИД должна обеспечить *безвибрационную* работу. Для тонкого шлифования характерен процесс «выхаживания» - по окончании обработки вала подача на глубину резания выключается, а продольная нет. — процесс обработки продолжается за счет упругих сил, возникающих в станке и заготовке.

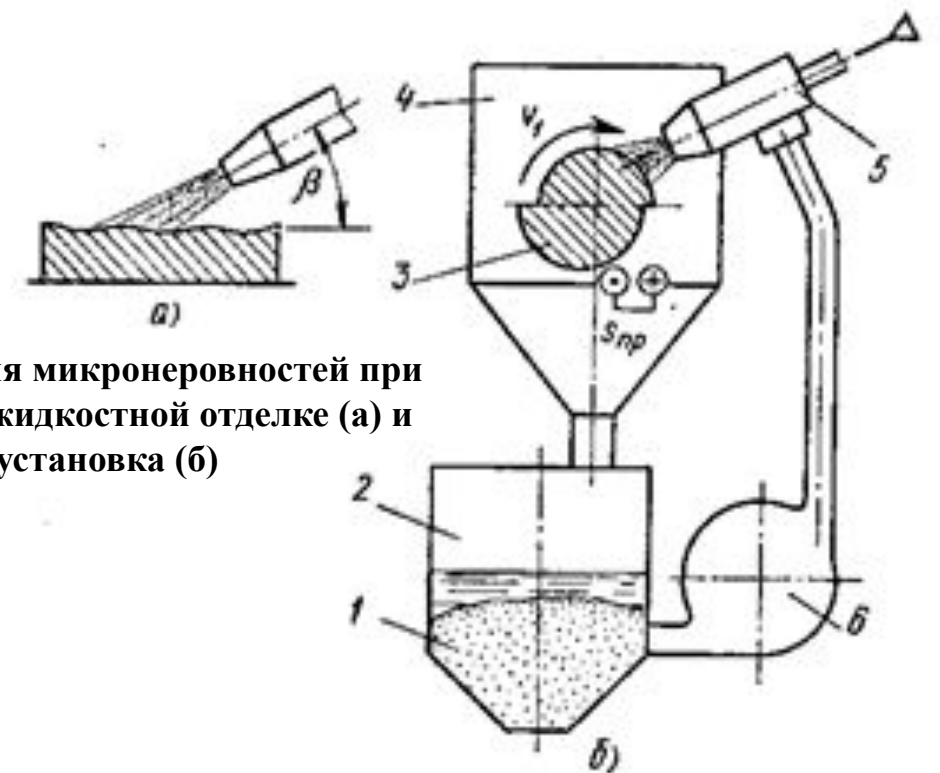
Полирование заготовок уменьшает шероховатость поверхности до зеркальн. блеска на ответств. частях деталей (дорожки качения подшипников), либо на деталях, применяемых для декоративных целей (облицовки автомобилей) — с помощью полировальн. паст или абразивных зерен, смешанных со смазочным материалом, нанесен. на быстровращающиеся эластичные (фетровые) круги или колеблющиеся щетки или полирование быстродвижущимися бесконечными абразивными лентами (шкурками). В зоне полирования одновременно протекают следующие основные **процессы**: тонкое резание, пластическое деформирование поверхн. слоя, хим. реакции с металлом активных веществ полировального материала. При полировании абразивной шкуркой положительную роль играет подвижность ее режущих зерен, что исключ. образование микроследов, существенно различных по глубине.

В качестве абразивного материала применяют порошки из электрокорунда и оксиды железа при полировании стали, карбида кремния и оксиды железа при полировании чугуна, оксиды хрома и наждака при полировании алюминия и сплавов меди. Порошок смешивают со смазочным материалом, который состоит из смеси воска, сала, парафина и керосина. Полировальные круги изготавливают из войлока, фетра, кожи, капрона, спрессованной ткани и других материалов. Процесс полирования проводят на больших скоростях (до 50 м/с). Заготовка поджимается к кругу усилием P и совершает движения подачи $S_{пр}$ и $S_{кр}$ в соответствии с профилем обрабатываемой поверхности. Полирование лентами имеет ряд преимуществ. Они огибают всю шлифуемую поверхность, поэтому движения подачи могут отсутствовать. Главн. движение при полировании иногда совершает и заготовка, имеющая форму кольца с фасонной внутренней поверхностью. Абразивная лента поджим. полировальником к обраб. поверхности и периодич. перемещается. Полирование возможно в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Заготовки, закрепленные на конвейере, непрерывно перемещаются относительно круга (ленты). Съем деталей происходит на ходу конвейера. Полированием нельзя исправить погрешности формы и дефекты предыдущей обработки.

Абразивно-жидкостная отделка - отделка объемно-криволинейных, фасон. поверхностей обычными методами вызывает большие технологические трудности. На обрабатываемую поверхность, имеющую следы предшеств. обработки, подают под давлением с большой скоростью **струи антикоррозионной жидкости со взвешенными частицами абразивного порошка** (водно-абразивная суспензия). Частицы абразива ударяются о поверхность заготовки и сглаживают микронеровности. В качестве абразива применяют электрокорунд. В суспензии содержится 30-35 % абразива (по массе)

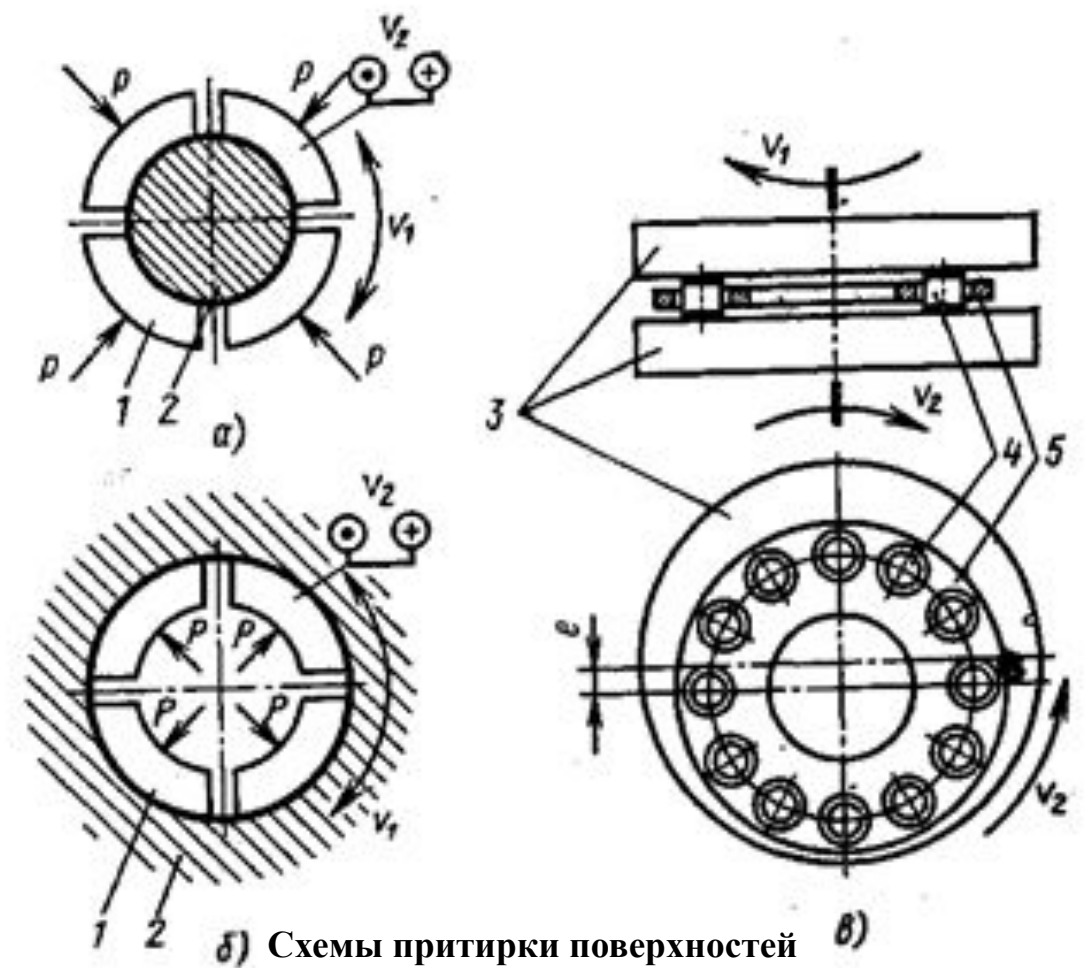


Схемы полирования



Сглаживания микронеровностей при абразивно-жидкостной отделке (а) и установка (б)

ПРИТИРКА ПОВЕРХНОСТЕЙ: Детали машин, обработанные на металлорежущих станках, всегда имеют отклонения от правильных геометрических форм и заданных размеров - устраняются **притиркой (доводкой)**. Этим методом достигаются наивысшая точность и наименьшая шероховатость поверхности. Процесс осуществляется с помощью притиров соответствующей геометрической формы. На притир наносят притирочную пасту или мелкий абразивный порошок со связующей жидкостью. Материал притиров должен быть, как правило, мягче обрабатываемого материала. Паста или порошок внедряются в поверхность притира и при относительном движении каждое абразивное зерно может снимать весьма малую стружку. Поэтому притир - очень точный абразивный инструмент. Притир или заготовка должна совершать разнонаправленные движения. Наилучшие результаты дает процесс, в ходе которого траектории движения каждого зерна не повторяются. Микронеровности сглаживаются за счет совокупного **химико-механического воздействия** на поверхность заготовки. Толщина жидкостного слоя между притиром и заготовкой должна быть меньше высоты выступающих из притира режущих зерен и определяется вязкостью связующей жидкости. Если эта толщина оказывается больше высоты выступающих зерен, то процесс притирки прекратится, так как зерна не будут соприкасаться с обрабатываемой поверхностью. В качестве абразива используют порошок электрокорунда, карбидов кремния и бора, оксиды хрома и железа и др. Притирочные пасты состоят из абразивных порошков и химически активных веществ: олеиновой и стеариновой кислот, играющих одновременно роль связующего материала.



Схемы притирки поверхностей

Приведенные схемы осуществляются вручную и на металлорежущих станках

Хонингование применяют для получения поверхностей высокой точности и малой шероховатости или для создания специфического микропрофиля обработанной поверхности в виде сетки, что необходимо для удержания смазочного материала при работе ДВС машины на поверхности его деталей. Поверхность неподвижной заготовки обрабатывают мелкозернистыми абразивными брусками, которые закрепляют в хонинговальной головке (хоне). Бруски вращаются и одновременно перемещаются **возвратно-поступательно** вдоль оси обрабатываемого цилиндрического отверстия высотой h . Соотношение скоростей : указанных движений составляет 1,5—10 и определяет условия резания. Преимущества: отсутствует упругий отжим инструмента, реже наблюдается вибрация, резание происходит более плавно; на поверхности появляется сетка микроскопических винтовых царапин - следов перемещения абразивных зерен. Абразивные бруски всегда контактируют с обрабатываемой поверхностью, так как могут раздвигаться в радиальных направлениях механическими, гидравлическими или пневматическими устройствами. Давление брусков контролируется.

Хонингованием исправляют погрешности формы от предыдущей обработки в виде отклонений от круглости, цилиндричности и т. п., если общая толщина снимаемого слоя не превышает 0,01-0,2 мм. Погрешности расположения оси отверстия этим методом не исправляются, так как режущий инструмент самоустанавливается по отверстию. Различают **предварительное и чистовое** хонингование. Предварительное хонингование используют для исправления погрешностей предыдущей обработки, а чистовое - для получения малой шероховатости поверхности. Хонинговальные **бруски** изготовляют из электрокорунда или карбида кремния, как правило, на керамической связке. Для чистового хонингования применяют бруски на бакелитовой связке. Все шире применяют алмазное хонингование – его преимущество в эффективном исправлении погрешностей геометрической формы обрабатываемых отверстий и увеличении стойкости брусков. Бруски закрепляются в державках хона приклеиванием ацетоно-целлулоидным клеем или жидким стеклом. Конструкции головок предусматривают расположение в них механизма радиального перемещения державок с брусками.

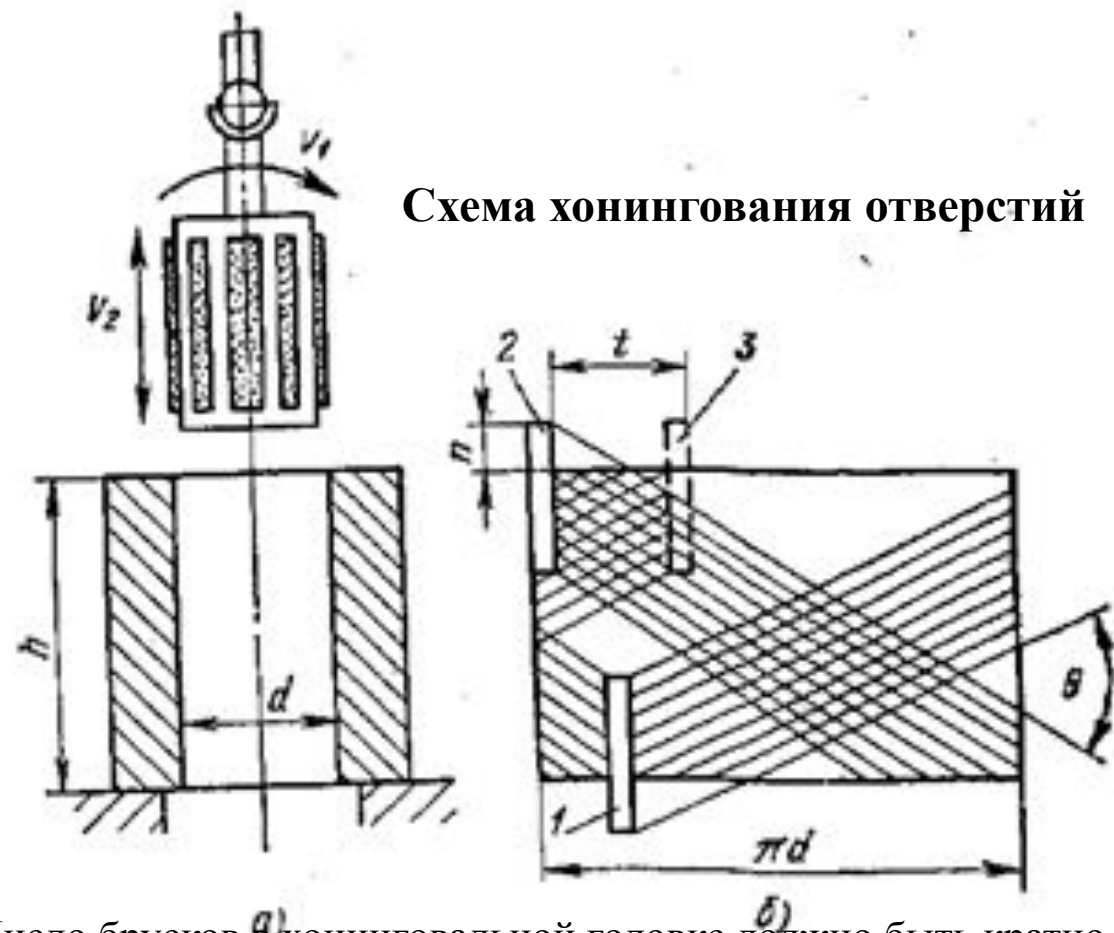
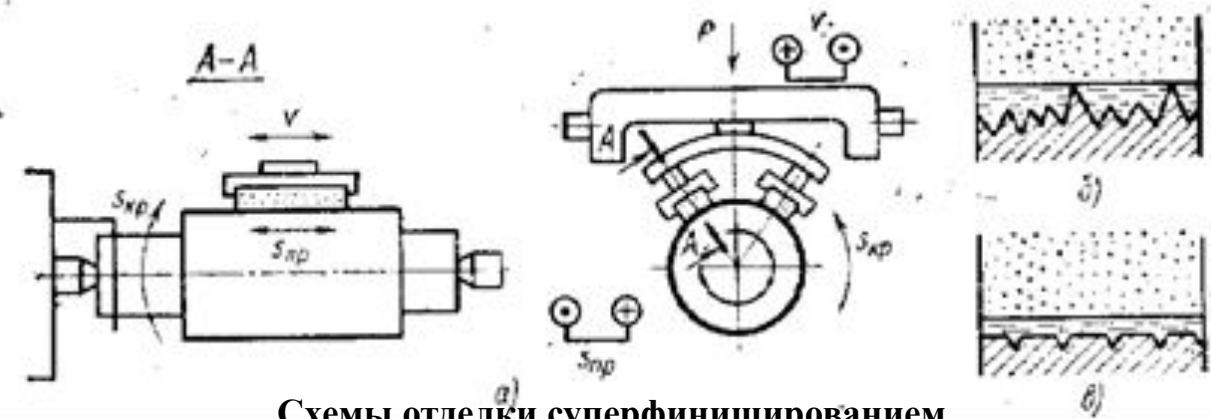


Схема хонингования отверстий

Число брусков в хонинговальной головке должно быть кратно трем, - всегда найдутся три бруска, которые будут обрабатывать реальную поверхность отверстия, имеющего погрешности формы от предыдущей обработки и превращать ее в поверхность, близкую к круговому цилиндру. Хонингование проводят при обильном охлаждении зоны резания смазочно-охлаждающими жидкостями - керосином, смесью керосина (80-90 %) и веретенного масла (10-20 %), а также водно- мыльными эмульсиями.

Распространено в автотракторо- и авиастроении.

Суперфиниш - уменьшает шероховатость поверхности, от предыдущей обработки. При этом изменяются глубина и вид микронеровностей обрабатываемые поверхности получают сетчатый рельеф. Поверхность становится чрезвычайно гладкой, что обеспечивает благоприятные условия взаимодействия трущихся поверхностей. Поверхности обрабатывают абразивными **брусками**, устанавливаемыми в специальной головке. Для суперфиниша характерно комбинированное движение брусков наряду с движением заготовки. Процесс резания происходит при давлении брусков $(0,5-3) \cdot 10^5 \text{ Па}$ и в присутствии смазочного материала малой вязкости. Плотная сетка микронеровностей создается сочетанием трех движений: вращательного заготовки, возвратно- поступательного и колебательного брусков. Амплитуда колебаний брусков составляет 1,5-6 мм, а частота 400-1200 колебаний в минуту. Движение v ускоряет процесс съема металла и улучшает однородность поверхности. Бруски, будучи подпружиненными, самоустанавливаются по обрабатываемой поверхности. Соотношение скоростей $s_{кр} : v$ в начале обработки должно составлять 2-4, а в конце 8-16. Процесс характеризуется сравнительно малыми скоростями резания (5-7 м/мин). Важную роль играет **смазочно-охлаждающая** жидкость. Масляная пленка покрывает обрабатываемую поверхность, но наиболее крупные микровыступы прорывают ее и в первую очередь срезаются абразивом. Давление брусков на выступы оказывается большим. По мере дальнейшей обработки давление снижается, так как все большее число выступов прорывает масляную пленку. Наконец, наступает такой момент, когда давление бруска не может разорвать пленку, она становится сплошной. Создаются условия для жидкостного трения. Процесс отделки автоматически прекращается.



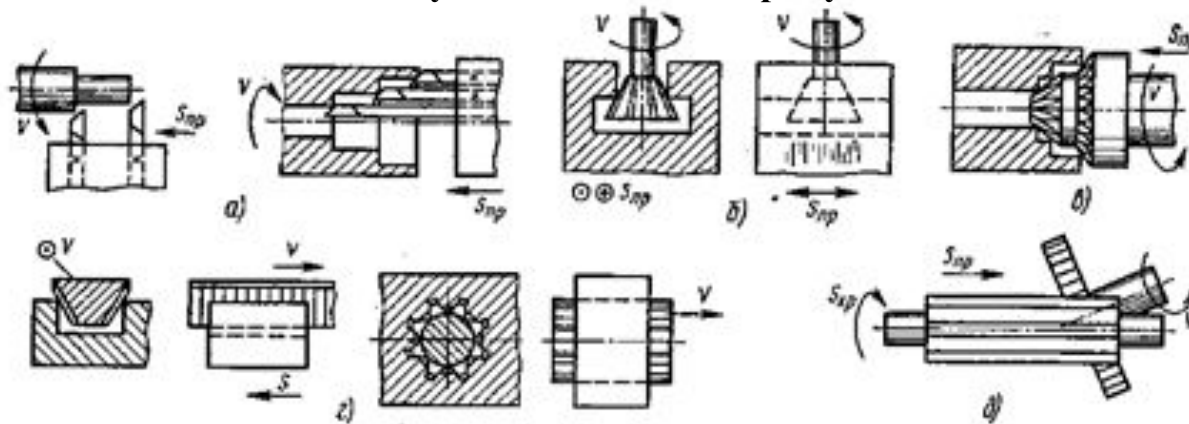
Схемы отделки суперфинишированием

В качестве жидкости используют смесь керосина (80-90 %) с веретенным или турбинным маслом (20-10 %). Размеры и форма абразивных брусков определяются размерами и конфигурацией обрабатываемой заготовки. Чаще всего для суперфиниша используют два бруска, а при обработке крупных деталей - три или четыре. Суперфиниширование не устраняет погрешности формы, полученные на предшествующей обработке (волнистость, конусность, овальность и др.), но усовершенствование процесса позволяет снимать увеличенные слои металла, использовать особые режимы обработки. В этом случае погрешности предыдущей обработки значительно уменьшаются.

ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ

Обработку применяют для снятия заусенцев, очистки, размерной и декоративной отделки поверхностей. Заусенцы всегда сопутствуют процессу резания и представляют собой излишки материала на кромках и углах деталей. Они имеют вид гребенок малой толщины. Как правило, заусенцы образуются в результате сдвига металла при выходе режущего инструмента из контакта с заготовкой.

Методы снятия заусенцев на металлорежущих станках



Также удаляют внедрения в поверхность детали абразивных или алмазных осколков зерен в результате шлифования. На многих деталях подлежат удалению жировые и масляные пленки. Полное удаление их возможно только при обработке электроискровым, лучевым, ультразвуковым и некоторыми другими методами. Распространение получили механические методы с использованием ручного механизированного инструмента: фрезерных или абразивных головок, металлических щеток, шлифовальных кругов, ленточных шлифовальных установок. Для удаления заусенцев, получения фасок и переходных поверхностей используют также металлорежущие станки.

Специальные эластичные инструменты делают из текстиля, гладкой или гофрированной бумаги, дерева, обитого кожей, или наборными кожаными пластинками. Для очистки, зачистки, а также упрочнения крупногабаритных деталей перспективны ударные методы. Деталь помещают в камеру и подают на нее из сопла с помощью сжатого воздуха металлический песок, дробь, металлические или пластмассовые шарики. С помощью ударных методов выполняют полирование, декоративное шлифование, упрочнение, очистку и зачистку. При галтовке детали загружают в барабан навалом. Круглые или граненые барабаны вращаются вокруг горизонтальной, вертикальной или наклонной оси. Режущий инструмент - абразивный бой, гранулир. абразив. Для операций полирования применяют абразивные зерна, абразивные порошки, деревянные шары, обрезки кожи, войлока, мелкие стальные полировальные шарики.

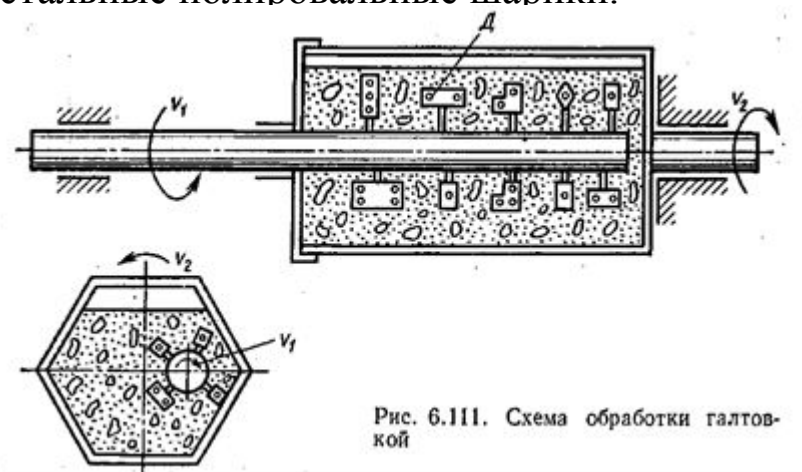
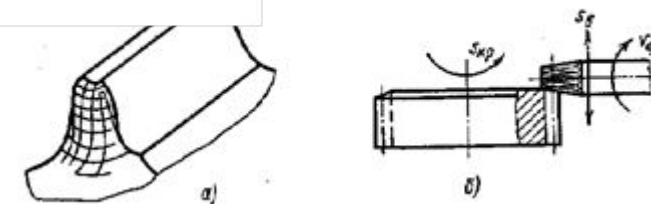


Рис. 6.111. Схема обработки галтовкой

Схема зубоскругления



ОТДЕЛОЧНАЯ ОБРАБОТКА ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС. В процессе нарезания зубчатых колес на поверхностях зубьев возникают погрешности профиля, появляется неточность шага зубьев и др. Для уменьшения или ликвидации погрешностей зубья дополнительно обрабатывают. Отделочную обработку для зубьев незакаленных колес называют **шевингованием**. Обработка состоит в срезании (соскабливании) с поверхности зубьев очень тонких волосообразных стружек, благодаря чему погрешности исправляются, зубчатые колеса становятся более точными, значительно сокращается шум. Отделку проводят специальным инструментом - **шевером**. При шевинговании инструмент и заготовка воспроизводят зацепление винтовой пары. Зубчатое колесо перемещается возвратно-поступательно и после каждого двойного хода подается в радиальном направлении. Направления вращения шевера и заготовки периодически изменяются. Шевер режет боковыми сторонами зубьев, имеющими специальные канавки и представляет собой режущее зубчатое колесо.

На закаленных зубчатых колесах погрешности боковых поверхностей зубьев удаляют **хонингованием** (если припуск на обработку не превышает 0,01-0,03 мм на толщину зуба). Процесс хонингования заключается в совместной обкатке заготовки и абразивного инструмента, имеющего форму зубчатого колеса. Оси заготовки и инструмента скрещиваются под углом 15-18°. При вращении зубчатой пары возникает составляющая скорости скольжения. Абразивные зерна хона обрабатывают боковые стороны зубьев заготовки. Значительные погрешности зубчатых колес, возникшие после термической обработки, исправляют методом зубошлифования. Этот метод отделки обеспечивает получение высокой точности а малой шероховатостью поверхности зубьев и может быть использован при обработке цилиндрических и конических зубчатых колес. Шлифование зубьев цилиндрических колес возможно копированием и обкаткой, Метод копирования по своей сущности соответствует зубонарезанию дисковой модульной фрезой. Эвольвентный профиль зуба воспроизводится абразивными кругами, имеющими профиль впадин обрабатываемого колеса.

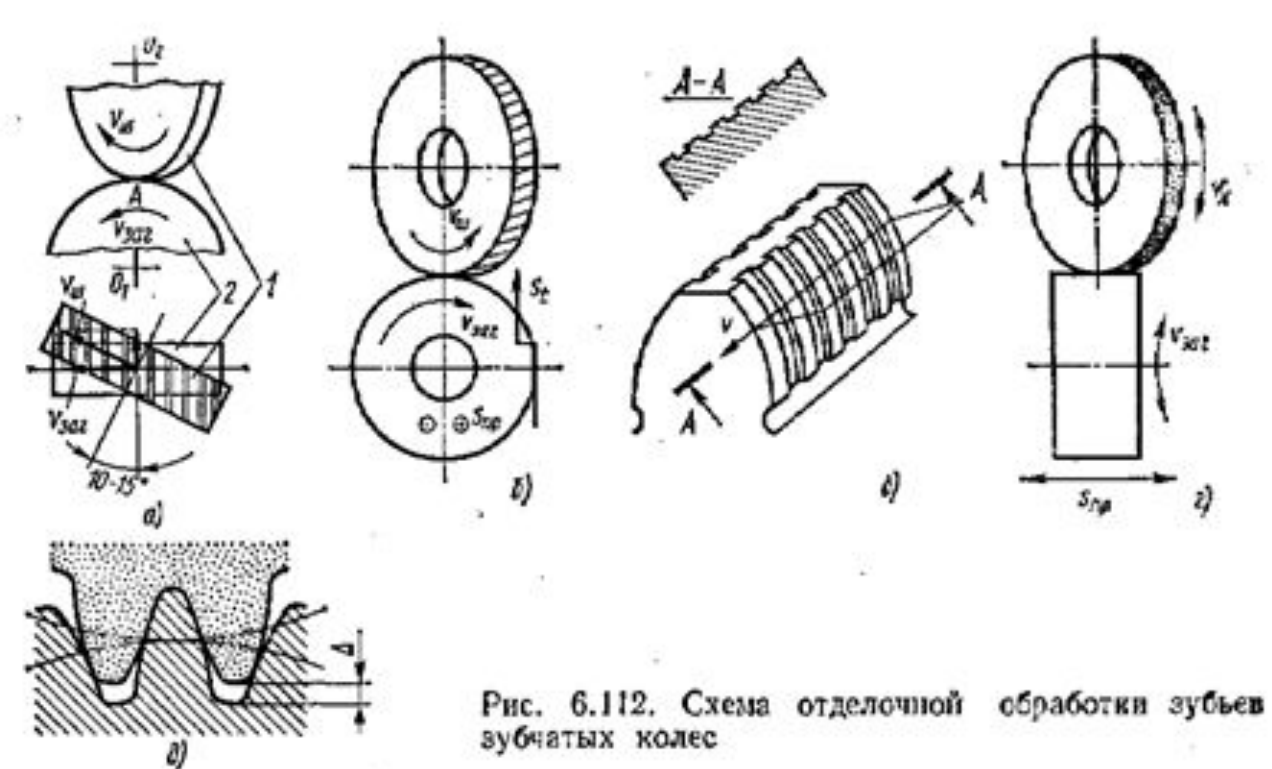


Рис. 6.112. Схема отделочной обработки зубьев зубчатых колес