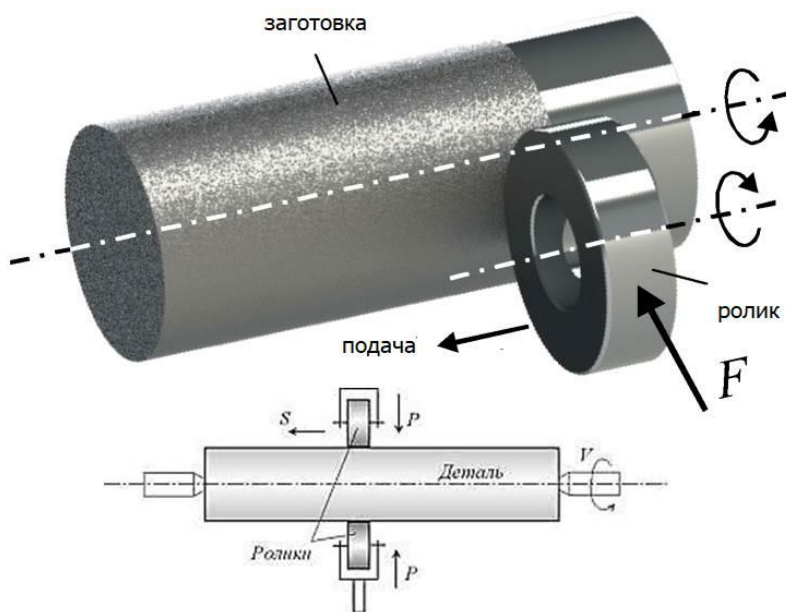


4.2 Обкатывание поверхностей, технология

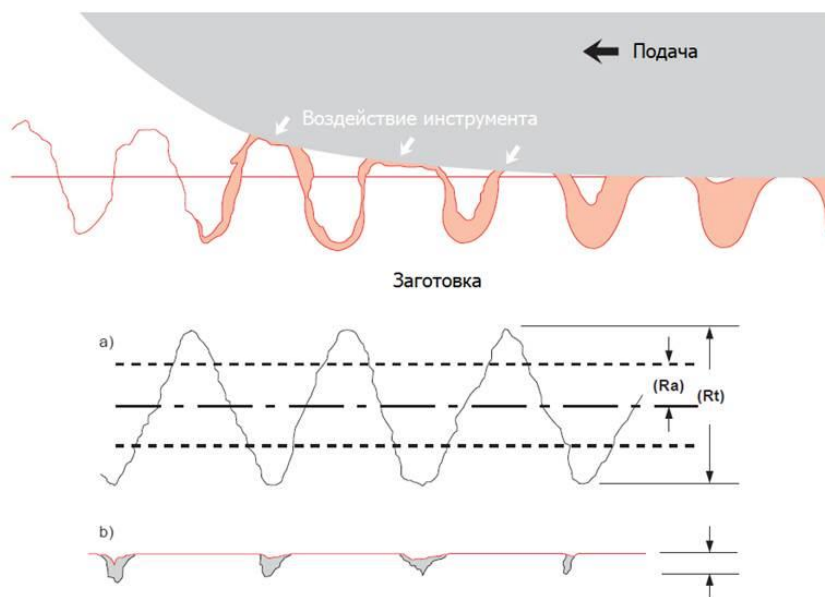
Обкатывание поверхностей. Технологические факторы

Кинематическая схема обкатывания



Разработке процесса обкатывания должно предшествовать построение кинематической схемы. Кинематическая схема процесса для обработки тела вращения следующая: заготовка вращается, а инструмент, шарик или ролик, имея движения подачи, катится по поверхности, воздействуя на нее с заданной силой. Если инструментов несколько, то они воздействуют на деталь с одинаковой силой обкатывания.

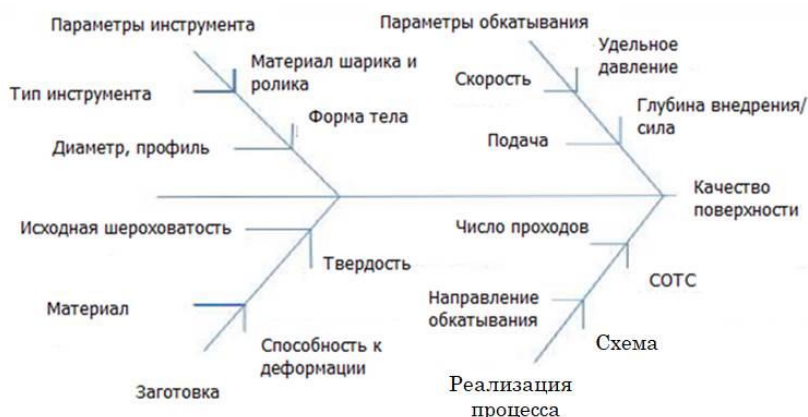
Обкатывание поверхностей. Технологические факторы



В результате действия силы непосредственно перед инструментом, а также под ним происходит сжатие, т.е. упругопластическая деформация металла. Находящиеся между гребнями или выступами микронеровностей впадины в процессе обкатывания заполняются металлом гребней, который пластически течет в результате воздействия инструмента. Высота микронеровностей по сравнению с исходной (рисунок а) значительно уменьшается, а профиль микронеровностей, в отличие от профиля у заготовки, становится сглаженным (рисунок б).

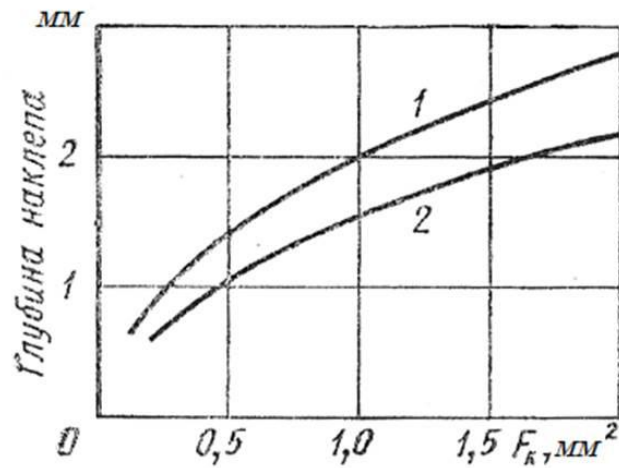
Обкатывание поверхностей. Технологические факторы

Причинно-следственная диаграмма



Т.к. процесс обкатывания имеет цель – обеспечить качество поверхности детали, можно выделить причины и основные технологические факторы, влияющие на качество. Поступившая на обработку заготовка имеет определенные размеры и шероховатость, сделана из металла с заданными физико-механическими характеристиками, обладает исходной твердостью и ограничена способностью к пластической деформации. Выбранный обкатчик может иметь разную конструкцию, деформирующее тело может обладать различными формой и размерами, а материал шарика или ролика определяет силу трения качения в контакте инструмент – деталь. При выборе параметров обкатывания задаемся подачей инструмента и скоростью вращения детали, которые могут меняться в определенном станком диапазоне, установленная сила обкатывания в зависимости от размеров и формы инструмента создает удельное давление в зоне контакта. Реализуя процесс обкатывания на станке, можно менять схему, число рабочих ходов, направление обкатывания, а так же марку и количество подаваемой технологической среды. Все эти факторы в различной степени влияют на качество обрабатываемой поверхности.

Обкатывание. Влияние технологических факторов на характеристики качества



Зависимость глубины наклепа от площади контакта
при обкатывании валков с давлением:
1 – 2500 Н/мм²; 2 – 1400 Н/мм²

Решающим фактором в получении упрочненного слоя является значение удельного давления. При его повышении глубина и степень упрочнения возрастают с естественным пределом. Это связано с задаваемой силой деформирования.

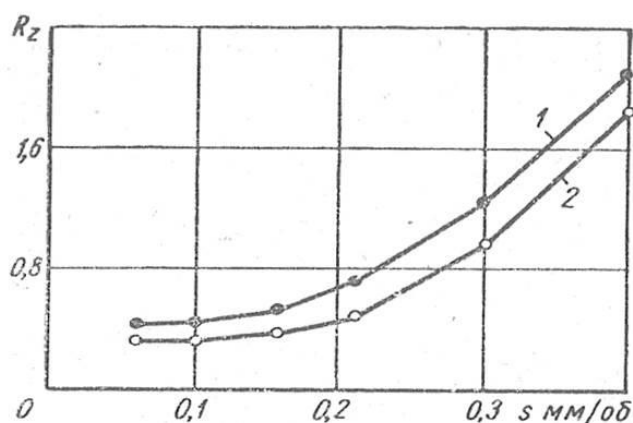
Обкатывание. Влияние технологических факторов на характеристики качества



Зависимость шероховатости обработанной поверхности от усилия обкатывания при обработке роликом $R20$ мм стали 45

Однако влияние силы обкатывания на твердость поверхности и шероховатость имеет явно выраженный экстремум. Связано это с эффектом перенаклепа. Так при обкатывании закаленной стали 45 роликом эффект перенаклепа вероятен при превышении усилия в 1500Н. Характерно, что скорость в достаточно широких пределах практически не оказывает влияния на качество поверхностного слоя. Это следует рассматривать как возможность повышения производительности обработки. Она выбирается в зависимости от конструктивных особенностей детали и оборудования. Обычно скорость составляет от 30 до 150 м/мин. Дальнейшее увеличение может привести к нагреву из-за трения качения и частично к уменьшению степени наклепа.

Обкатывание. Влияние технологических факторов на характеристики качества



Влияние подачи на шероховатость обработанной поверхности:
1 – сталь 45; 2 – сталь 20

Наибольшее влияние на высотные параметры шероховатости оказывает осевая подача инструмента. К примеру, при обкатывании шариком с диаметром 10 – 20 мм, обычно применяемых при обработке сталей, увеличение подачи до 0,2 мм/об практически не изменяет шероховатость. Дальнейшее увеличение подачи до 0,5 мм/об приводит к значительному росту высоты микронеровностей R_z от 0,25 мкм до 2...2,5 мкм, т.е. в 10 раз. Т.к. шероховатость обработанной поверхности прямо пропорциональна квадрату подачи и обратно пропорциональна диаметру шарика или профилю ролика, то для снижения высоты микронеровностей, нужно выбирать меньшую подачу и больший радиус инструмента. Их правильное соотношение позволит добиться высокой производительности процесса. Точность обработки зависит в основном от точности предшествующей обработки резанием и исходной шероховатости. Изменение размера детали равно примерно удвоенной разности высоты исходной шероховатости и шероховатости, достигнутой в процессе пластического деформирования. Следовательно, ее можно учесть заранее при разработке технологического процесса.

Обкатывание. Применение

| Шлифование | Обкатывание |
|--|--|
| Применяется дорогостоящие станки, подходящие только для шлифования | Можно выполнять на токарном или фрезерном станке, универсальном и с ЧПУ |
| Необходимо дополнительное приспособление для правки. Не может быть совмещено с другими операциями. Увеличение основного и межоперационного времени | Можно выполнять совместно с другими процессами, выполняемыми на то же станке |
| Непригодность при обработке цветных материалов из-за шаржирования поверхности абразивом | Отсутствие схватывания инструмента обрабатываемым металлом |
| Быстро расходующийся инструмент, возможность засаливания круга | Более долговечный инструмент |

Значения параметров шероховатости сопоставимы с достигаемыми величинами этих параметров процессом шлифования. Так почему же обкатывание находит применение и для отделочной или для окончательной стадии обработки? Причины следующие. Обкатывание в отличие от шлифования может выполняться на токарном или фрезерном станке, на котором производится формообразование, в том числе возможно совмещение процессов. Это касается высокопроизводительного оборудования, в котором совмещение переходов залог эффективного использования. При обкатывании маловероятен процесс схватывания металлических поверхностей инструмента и детали, тогда как при шлифовании цветных металлов вероятно такое явление как непреднамеренное шаржирование абразивными частицами разрушающегося круга. Ролик или шарик обкатника дольше сохраняют свои функциональные свойства, нежели чем абразивный круг, им не требуется никаких вспомогательных операций перед установкой на станок.

Обкатывание. Применение

| Шлифование | Обкатывание |
|---|--|
| Вспомогательные операции по балансировке, правке круга, дополнительные затраты | Никаких вспомогательных операций, минимум затрат |
| Ограниченный объем партии обрабатываемый одним и тем же инструментом, различные характеристики инструмента для обрабатываемых материалов. Смена всего инструмента целиком | Большой объем партии обрабатываемый одним и тем же инструментом. Одинаковые характеристики инструмента для обрабатываемых материалов. Смена только шарика или ролика |
| Процесс с образованием шлама, отходов | Безстружечный процесс |
| Отсутствие изменений твердости или разупрочнение поверхности, прижоги, микротрещины, дефекты | Упрочнение и повышение твердости поверхности, сжимающие напряжения в поверхностных слоях |

При достижении критического износа деформирующие тела легко заменяются в обкатнике, это касается в основном шариков. Один и тот же ролик может использоваться как для сталей так и для цветных металлов, что дает снижение подготовительного времени во многономенклатурном производстве. Обкатывание это безотходный процесс, в отличие от шлифования после которого возникает вопрос с утилизацией шлама. И главное, помимо обеспечения требуемой шероховатости поверхности обкатывание еще и формирует упрочненный, износостойкий поверхностный слой, повышенной твердости с благоприятными сжимающими напряжениями.

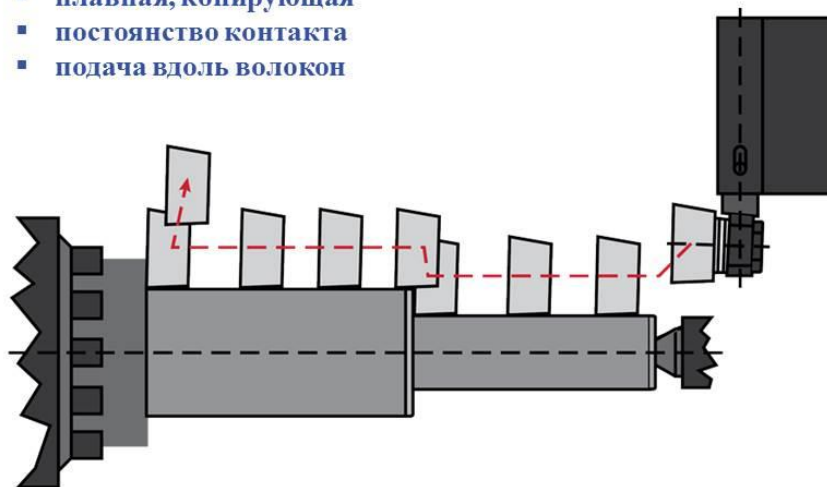
Обкатывание. Построение технологических операций

Последовательность операции:

- предварительная обработка
- обкатывание

Траектория движения инструмента:

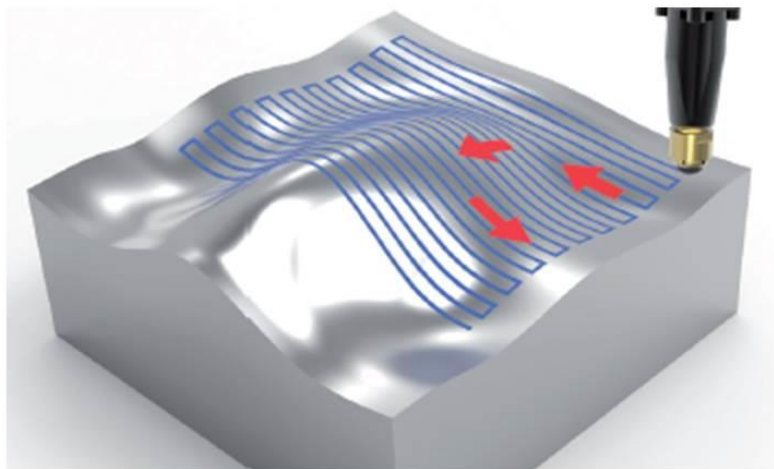
- плавная, копирующая
- постоянство контакта
- подача вдоль волокон



При построении технологической операции с обкатыванием необходимо придерживаться следующих рекомендаций. Для исключения влияния погрешности при установке заготовок на процесс обкатывания, а так же для получения допустимой исходной шероховатости и удаления поверхностных дефектов, препятствующих поверхностно-пластической деформации, необходимо перед обкатыванием проводить предварительную обработку или процессами резания, если обработка ведется на токарных и фрезерных станках, или абразивной обработкой. Траектория движения инструмента должна быть плавной, копирующей профиль заготовки, деформирующее тело должно двигаться с постоянным контактным давлением по всей обрабатываемой поверхности, при этом подачу инструмента выбирают, ориентируясь на волокнистую текстуру металла. Так как для обкатывания требуются сравнительно большие контактные давления, то у пластичных материалов в конце обработанной шейки могут образовываться наплывы, появляется отклонение от цилиндричности. Для их устранения возможно проводить зачистку или тонкое шлифование мягким мелкозернистым абразивным инструментом. При этом предел выносливости валков, например из закаленной стали 12X18H10T, незначительно меньше чем у только обкатанных деталей, а точность выше.

Обкатывание. Построение технологических операций

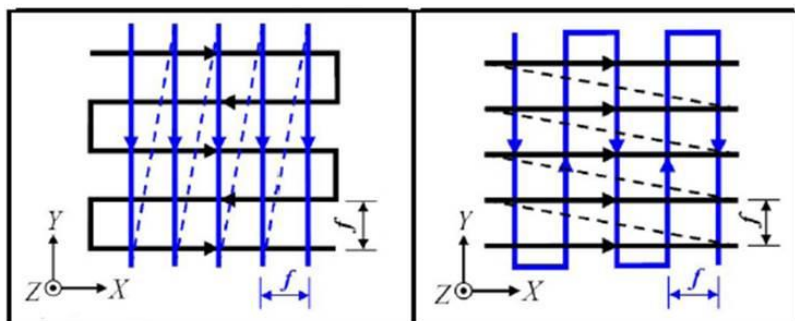
Стратегия обработки криволинейных поверхностей после фрезерования



При обкатывании плоских и криволинейных поверхностей после фрезерования возможны различные стратегии на станке с ЧПУ. С целью достижения минимальных параметров шероховатости и максимальной величины упрочнения одного прохода для обкатывания шариковым инструментом недостаточно, т.к. не полностью закатываются следы фрезерования.

Обкатывание. Построение технологических операций

Стратегия обработки криволинейных поверхностей после фрезерования



Линии: черная – первый рабочий ход, совпадает с направлением фрезерования;
синяя – второй рабочий ход, перпендикулярно направлению фрезерования;
прерывистая – холостой ход

Поэтому его делают в два прохода по следующим вариантам: первый – два перекрещивающихся прохода, вначале ЗИГЗАГ по направлению фрезерования, а затем СТРОЧКА со смещением входа инструмента на величину поперечной подачи, второй вариант – сначала ЗИГЗАГ поперек движению фрезы, а затем перпендикулярно первому СТРОКА со смещением входа инструмента на величину поперечной подачи. Два прохода перпендикулярно друг другу ЗИГЗАГом - мало производительная стратегия, а два прохода в одном направлении со смещением на половину поперечной подачи не обеспечивают минимальной шероховатости.

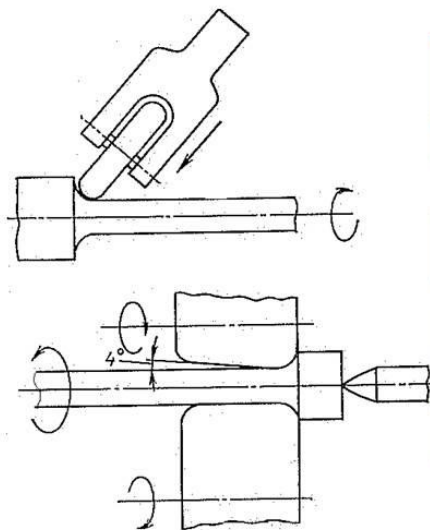
Обкатывание. Применение

| Материал/стадия | Радиус инструмента R , мм | Сила P , Н | Подача S , мм/об | Количество рабочих ходов |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------|--------------------------|
| Титановые сплавы / упрочнение | ≤ 5 | 800 - 1600 | $\leq 0,1$ | 1 |
| Сталь (закалка) / отделочная | $\leq 10...20$ | 1000 - 1500 | $\leq 0,3$ | 1...2 |
| Сталь (закалка) / упрочняющая | $\leq 2...3$ | 1500-3500 | $\leq 0,2$ | 1...2 |

Режимы обработки назначают в такой последовательности. Для выбранного радиуса инструмента вначале задаются силой обкатывания, назначают подачу инструменту, скорость обработки для тел вращения, количество рабочих ходов. При обработке титановых сплавов при подаче $S = 0.07$ мм/об характеристики качества практически достигают оптимальных значений уже после первого прохода. При этом сила прижима инструмента к заготовке лежит в оптимальном диапазоне 800-1600Н. Закаленные стали необходимо обрабатывать для обеспечения необходимого удельного давления малыми радиусами инструмента до 2...3 мм, при этом сила варьируется в зависимости от технологической задачи: от 1000Н для отделочной стадии и небольших размеров детали до 3500Н для упрочняющей стадии и крупных массивных тел вращения. Подача при этом 0,1 ... 0,2 мм/об. Конкретные значения устанавливают по обкатыванию образцов-свидетелей. Т.к. это специальный технологический процесс обязателен контроль по соблюдению режимов упрочнения.

Обкатывание. Применение

Схемы обкатывания галтелей болтов



Долговечность болтов после обкатывания, число циклов $N \cdot 10^5$

| Материал | неупрочненный | упрочненный |
|---|---------------|-------------|
| обкатывание одним роликом | | |
| BT6 | 39 | 81 |
| BT16 | 17 | 22 |
| бесцентровое обкатывание двумя роликами | | |
| BT6 | 39 | 83 |
| BT16 | 17 | 89 |

Максимальное напряжение растяжения 750МПа

Как отмечалось ранее для болтов из титановых сплавов строго регламентировано обкатывание галтелей под головкой, т.е. места где возможно усталостное разрушение детали. Обкатывание можно проводить на токарном станке одно- и многороликовым инструментом или двумя широкими роликами на накатном станке бесцентровым обкатыванием. Обкатывание болтов увеличивают их выносливость при циклическом растяжении, для сплава BT6 оба способа позволяют повысить их долговечность в два раза. Для сплава BT16 наиболее эффективным способом повышения долговечности является обкатывание по второй схеме, т.к. интенсивность поверхностно-пластической деформации возрастает. В этом случае можно добиться увеличения долговечности в 4 раза.

Таким образом в двух лекциях мы рассмотрели вопросы связанные с обкатыванием цилиндрических и плоских поверхностей деталей, технологическое оснащение процесса и его возможности.