

# ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

621.91.011

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СТРУЖКОДРОБЛЕНИЯ МЕТОДОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ЛОКАЛЬНОГО ПЛАСТИЧЕКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОБРАБАТЫВАЕМУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ЗАГОТОВКИ

*Д-р техн. наук, проф. В.В. МАКСАРОВ, Д-р наук, проф. Ю. ОЛЬТ (Эстония)*

*Предлагается один из наиболее эффективных методов, позволяющих надежно управлять процессом дробления сливной стружки, является создание предварительного локального пластического воздействия (ЛПВ) на внешней поверхности срезаемого слоя, производимое по определенным законам.*

В настоящее время в машиностроении при обработке изделий из коррозионно-стойких жаропрочных сталей и сплавов сталкиваются с существенными затруднениями в связи с образованием сливной стружки, что приводит к неэффективной эксплуатации высокопроизводительного автоматизированного технологического оборудования. Одним из наиболее эффективных методов, позволяющих надежно управлять процессом дробления сливной стружки, является метод предварительного локального воздействия пластическим деформированием. Реализация этого метода заключается в том, что поверхностные слои металла, контактируя с инструментом высокой твердости в результате давления, оказываются в состоянии всестороннего сжатия и подвергаются пластической деформации. Вследствие этого, под инструментом образуется давление только в зоне контакта, что создает в зоне предварительного локального воздействия на поверхности заготовки внутренние структурные изменения.

### 2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Производимое по определенным законам предварительное локальное физическое воздействие на внешнюю поверхность срезаемого слоя, позволяет изменять условия деформации металла при резании [1, 2]. Периодические изменения условий резания, по сравнению с исходным материалом, являются особенностью процесса

точения заготовок, подвергнутых такому воздействию. Физическое воздействие на поверхность материала в локальной зоне приводит к изменению в ней структуры и механических свойств обрабатываемого металла.

В процессе обработки зона локального воздействия, находясь в метастабильном состоянии по сравнению с основным металлом, приводит к мгновенному изменению напряженно-деформированного состояния в зоне стружкообразования [2].

На реологические параметры процесса стружкообразования оказывает влияние локальная метастабильность, которая создается в области предполагаемого припуска срезанного слоя материала на внешней поверхности заготовки по специально заданной траектории точкой  $C$  (см. рис. 1, а) которая на этапе подготовки формируется частотой вращения заготовки  $n_m$  и подачей  $S_m$  устройства для создания ЛПВ [1, 2].

Физическое воздействие на поверхность материала в локальной зоне приводит к изменению плотности дефектов кристаллической решетки, образующих высокоэнергетические конфигурации, что приводит к возникновению повышенной метастабильности структуры с этой локальной области.

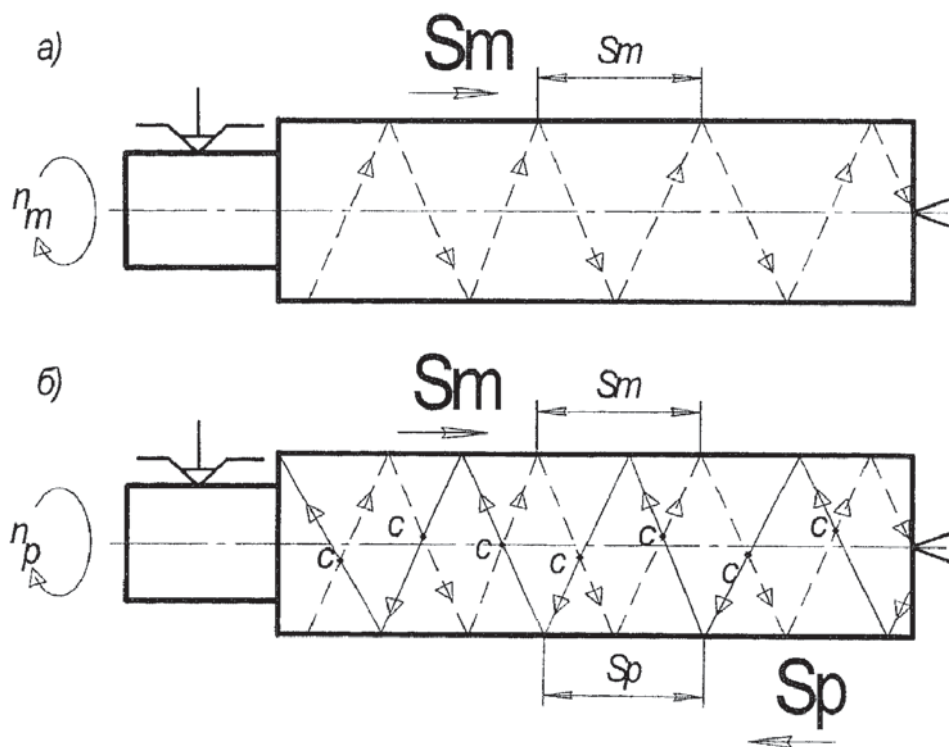


Рис. 1. Схема создания локальной метастабильности в обрабатываемом материале (а) и процесс точения заготовки после предварительного пластического воздействия на материал (б)

В последующем при лезвийной механической обработке с частотой вращения заготовки  $n_p$  и подачей  $S_p$  режущая кромка инструмента в плоскости резания пере-

секается в точке  $C$  с зоной локального физического воздействия (см. рис. 1, б). Зона локального воздействия ( $h_m \times b_m$ ) с искаженной кристаллической решеткой, имеющая иные механические свойства по сравнению с основным материалом, приводит к мгновенному изменению напряженно-деформированного состояния в зоне стружкообразования (см. рис. 2).

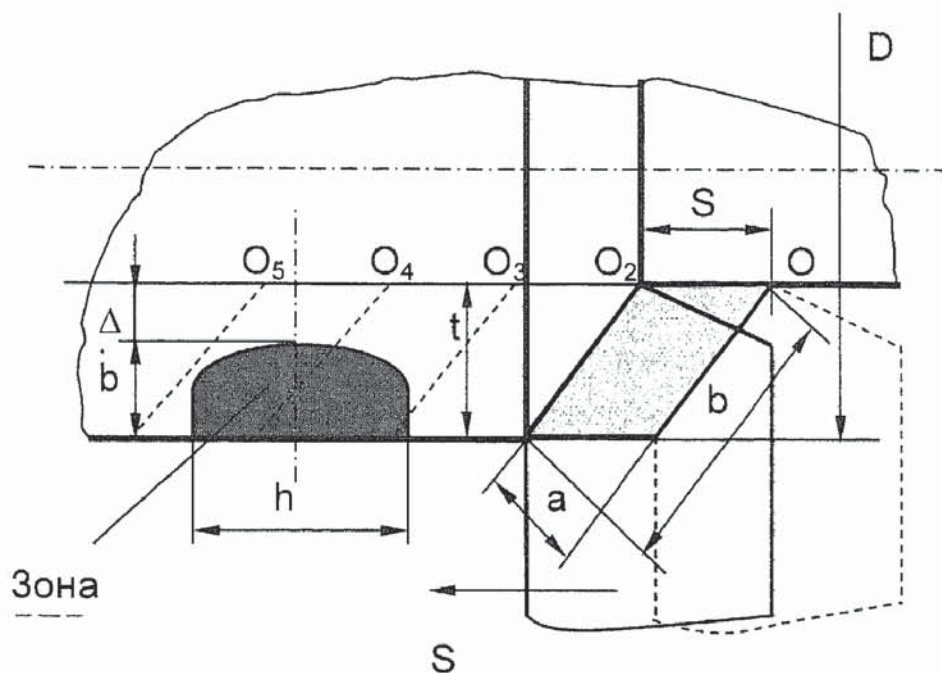


Рис. 2. Схема взаимного расположения зоны локального пластического воздействия и области поперечного срезаемого слоя стружки

### 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В зоне предварительного локального воздействия на поверхности заготовки происходят внутренние структурные изменения. Известно [3], что пластическая поверхностная деформация в локальной зоне не термообработанного металла уже при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  приводит к изменению структуры и свойств материала. Деформирование сопровождается зарождением, скольжением и накоплением дислокаций в деформируемом металле.

С ростом плотности дислокаций и несовершенств кристаллического строения затрудняется свободное перемещение дислокаций. Дополнительные барьеры для дислокаций создаются за счет деформации зерен и дробления блоков. Увеличение количества точечных и линейных дефектов строения и объемов с некогерентной связью кристаллов повышает прочность и твердость материала и снижает его пластичность (т.е. способность к дальнейшему деформированию). Вследствие этого, в локальной зоне обработки

пластическим деформированием на внешней поверхности заготовки образуется наклеп по заданной траектории.

При сжатии в зоне локальной обработки в области пятна контакта в пределах каждого зерна образуется множество пересекающихся полос сдвига в нескольких параллельных плоскостях скольжения. При этом происходит разворот беспорядочно ориентированных зерен осями наибольшей прочности вдоль направления деформации – зерна деформируются и сплющиваются, вытягиваясь в направлении деформации. Металл под воздействием инструмента в локальной зоне образует деформационную текстуру волокнистого характера с преимущественной ориентировкой кристаллов.

Удельный объем наклепанного металла из-за повышенного количества дефектов атомно-кристаллического строения больше, чем отожженного не наклепанного, поэтому помимо повышения твердости и предела текучести металла в поверхностном слое металла в зоне локального пластического воздействия создаются остаточные напряжения.

Рост числа дефектов кристаллического строения и возникновение внутренних напряжений в результате наклепа приводит к тому, что свободная энергия металла возрастает, а это в свою очередь образует неравновесное и неустойчивое состояние. Рациональное изменение физико-механических свойств материала срезаемого слоя в зоне локального пластического воздействия (зона *ЛПВ*) обеспечивает улучшение условий стружкообразования при последующей механической обработке, которая осуществляется с частотой вращения  $n_p$  и подачей  $S_p$ . При механической обработке пластичных материалов основная доля работы резания расходуется на пластическое деформирование снимаемого металла. В зоне *ЛПВ* часть работы, затрачиваемой на пластическое деформирование, уже выполнено при предварительном воздействии контактным инструментом.

Следовательно, в процессе резания в зоне *ЛПВ* режущим инструментом будет совершаться только часть работы резания, затрачиваемой на пластическое деформирование основного срезаемого слоя металла. Это приведет в процессе резания в зоне *ЛПВ* к локальному изменению объема пластического деформирования материала, угла сдвига, усадки стружки, силы и температуры резания. Указанный метод можно использовать для всех сталей, способных пластически деформироваться, однако наилучшие результаты получаются на сталях с твердостью до *НВ* 280.

Описанная выше картина наклепа при холодной пластической деформации наблюдается в отожженных углеродистых и легированных конструкционных сталях со

структурой феррита, феррито-перлита и тонкодисперсного сорбита. В высоколегированных коррозионностойких (нержавеющих), жаропрочных, немагнитных и других сталях и сплавах наблюдается более сложная картина.

В специальных легированных сталях благодаря влиянию легирующих элементов на расширение  $\gamma$ -области (которая в железоуглеродистых сталях как стабильная структурная составляющая существует лишь при температуре выше  $A_{c3}$ ) [3], увеличению устойчивости переохлажденного аустенита и понижению мартенситной точки, аустенит может быть одной из главных структурных составляющих сталей в состоянии их эксплуатации.

Легированный аустенит подразделяют на стабильный и нестабильный. Нестабильный аустенит способен к фазовому превращению – образованию мартенсита в результате приложения внешней нагрузки (деформации) [4].

Таким образом, локальная поверхностная деформация стали со структурой нестабильного аустенита кроме наклепа вызывает мартенситное превращение, что в еще большей степени усиливает различие в структуре и свойствах основного металла обрабатываемой заготовки и зоны ЛПВ. Стабильный аустенит не претерпевает фазового превращения под влиянием деформации, что приводит к изменению лишь его структуры.

В сталях со структурой стабильного аустенита, так же, как и в сталях ферритного и ферритно-перлитного классов, пластическое воздействие приводит к увеличению плотности дефектов кристаллической решетки, образующих высокоэнергетические конфигурации.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан метод стружкодробления, основанный на локальном пластическом воздействии на поверхность материала, которое приводит к изменению плотности дефектов кристаллической решетки в локальной зоне, образующих высокоэнергетические конфигурации, что приводит к возникновению повышенной метастабильности структуры в этой локальной области. Все это позволяет обеспечить при последующей обработке периодическое изменение условий резания по сравнению с исходным материалом.

2. Установлено, что в зоне локального пластического воздействия происходит изменение структуры и механических свойств обрабатываемого металла и в процессе обработки зона ЛПВ, находясь в метастабильном состоянии по сравнению с основным

металлом, приводит к мгновенному изменению напряженно-деформированного состояния в зоне стружкообразования, обеспечивающий процесс сегментации стружки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вейц В. А. , Максаров В. В. Динамика и управление процессом стружкообразования при лезвийной механической обработке. - СПб.: СЗПИ, 2000. - 160 с.
2. Вейц В.А., Максаров В.В., Лончих П.А. Динамика и моделирование процессов резания при механической обработке. – Иркутск: РИО ИГИУВа, 2000. – 180 с.
3. Панин В.Е. Структурные уровни пластической деформации и разрушения. - Новосибирск: Наука, 1990. – 251 с.
4. Гуляев А.П. Термическая обработка стали. – М.: Машгиз, 1960. – 648 с.