

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СТРУЖКОДРОБЛЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА АУСТЕНИТНОГО КЛАССА ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ КРИОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

CHIP BREAKING CONTROL OF AUSTENITIC MATERIAL WITH PRIOR CRYOGENIC EFFECT

Prof. Dr. Eng. Maksarov V.V.¹, Prof. Dr. Eng. Olt J.²
 Faculty of Technology Automated Mechanical Engineering,
 North-Western State Technical University¹ – Sankt-Peterburg, Russia,
 Institute of Technology, Estonian University of Life Sciences² – Tartu, Estonia;

Abstract: *We investigate the kinematic characteristics of the process of turning of local cryogenic effects (LCP) on the austenitic material being processed. A method and device for applying LCP. We propose a dynamic model of a technological system to assess the stability and reliability of segmentation of the chip-based method LCP.*

Keywords: METAL MACHINING, CUTTING, CHIP FORMATION, LOCAL ACTION

1. Введение

В настоящее время в машиностроении можно выделить широкий класс изделий, автоматизация и управление механической обработкой которых требует особого подхода при решении задач по повышению эффективности процесса резания. К данному классу относятся, прежде всего, изделия из коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов с аустенитной структурой, обрабатываемые на высокопроизводительном автоматизированном оборудовании.

С технологической точки зрения желательно в процессе резания иметь сливную стружку, поскольку она является показателем устойчивости технологической системы, обеспечивает высокое качество обработанной поверхности и гарантированную стойкость инструмента, что особенно важно при автоматизации этого процесса. В реальных условиях обработки заготовок образование сливной стружки соответствует очень узкому диапазону состояния технологической системы в процессе резания, который не всегда совпадает с рекомендуемыми режимами резания и стойкостью инструмента для обеспечения необходимой производительности [1, 2].

Следует также отметить, что сливная стружка существенно затрудняет эксплуатацию технологического оборудования, работающего в автоматизированном цикле, является причиной преждевременного износа и аварий станков и приспособлений, может вызывать травмы обслуживающего персонала, затрудняет процесс комплексной механизации и автоматизации уборки стружки и ее последующей переработки. Таким образом, формирование отрезков стружки заданной длины является одной из важнейших задач в области лезвийной обработки. Особую актуальность задача управления процессом стружкодробления приобретает при обработке изделий на автоматических станках, станках типа CNC и при использовании роботов-манипуляторов.

2. Предпосылки и средства для решения проблемы

Одним из наиболее эффективных методов, позволяющих надежно управлять процессом дробления сливной стружки при чистовой и получистовой обработке, является создание предварительного локального криогенного воздействия (ЛКВ) на внешней поверхности срезаемого слоя, производимое по определенным законам. Особенность процесса точения заготовок, подвергнутых такому воздействию, заключается в периодическом изменении условий резания по сравнению с исходным материалом. Данный метод дает возможность обеспечить автоматизацию и управление процессом стружкодробления, совершенствуя технологию механической лезвийной обработки в широком диапазоне материалов и режимов резания.

Преимуществом данного метода является повышение эффективности лезвийной обработки на станках-автоматах и станках с ЧПУ за счет автоматизации и управления процессом стружкодробления на основе предварительного ЛКВ на обрабатываемый материал.

Для достижения этой цели требовалось решить следующие задачи:

- исследовать кинематические характеристики процесса точения при ЛКВ на обрабатываемый материал;
- разработать способ и устройство для осуществления процесса точения при ЛКВ на обрабатываемый материал;
- разработать динамическую модель технологической системы с учетом реологических особенностей стружкообразования и с использованием явления фазового перехода в металлах при ЛКВ для оценки стабильности и надежности сегментирования и дробления стружки в области неустойчивого процесса резания;
- создать программный комплекс для управления процессом стружкодробления на основе метода ЛКВ на обрабатываемый материал и алгоритмы для автоматизации выбора способа и параметров этого воздействия.

Теоретические и экспериментальные исследования в области механической обработки металлов резанием позволили глубже понять многие явления в их взаимосвязи и тем самым способствовали совершенствованию технологии обработки металлов.

При выполнении анализа работ, посвященных изучению процессов стружкообразования и сегментированию стружки в технологической системе механической обработки резанием, было установлено влияние методов и способов дробления стружки в процессе токарной обработки на основные физические закономерности процесса резания.

3. Решение рассматриваемой проблемы

Анализируя особенности механизма сегментации стружки, можно утверждать, что универсального метода, позволяющего надежно дробить стружку, в настоящее время не существует. Однако на основе предложенной классификации методов и способов стружкодробления выявлены наиболее перспективные из них. К этим методам относится метод предварительного локального криогенного воздействия на обрабатываемую поверхность срезаемого слоя заготовки.

Данный метод позволяет без существенного изменения в технологической системе и дополнительных источников

энергии осуществить на этапе обработки металлов резанием управление процессом стружкообразования (рис. 1) [3].

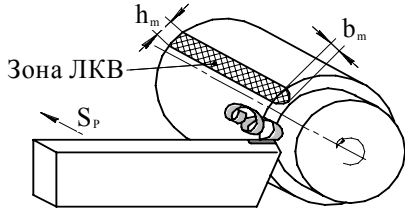


Рис. 1. Схема расположения локальной метастабильности в обрабатываемом материале относительно движения режущего инструмента (h_m - ширина ЛКВ; b_m - глубина ЛКВ).

Рассмотрена сущность метода предварительного локального криогенного воздействия на обрабатываемую поверхность заготовки, который заключается в том, что в поверхностном слое материала заготовки ограниченной глубины остаточный аустенит переходит в мартенсит. Это приводит к перегруппировке атомов из одной аллотропической формы в другую, т.е. к искажению кристаллической решетки, образованию внутренних напряжений, изменению твердости и объема материала в локальной зоне воздействия.

Локальная метастабильность, оказывающая влияние на реологические параметры процесса стружкообразования, создается в области предполагаемого припуска срезаемого слоя материала на внешней поверхности заготовки.

Поскольку фазовым превращениям при криогенной обработке подвержены не все материалы, была использована методика определения фазового состава сталей, который позволяет оценить степень воздействия холодом на обрабатываемую поверхность на основе наиболее распространенной структурной диаграммы А. Шеффлера (рис. 2).

Для того чтобы определить местоположение стали на диаграмме, подсчитываются её аустенитообразующие и ферритообразующие эквиваленты (E_{Ni} и E_{Cr})

$$E_{Ni} = \%Ni + 30 \times \%C + 0,5 \times \%Mn$$

$$E_{Cr} = \%Cr + 1,5 \times \%Si + 0,5 \times \%Nb + \%Mo + 0,8 \times \%V$$

В последующем при лезвийной механической обработке режущая кромка инструмента в плоскости резания пересекается с зоной локального криогенного воздействия. Зона локального криогенного воздействия, находясь в метастабильном состоянии по сравнению с основным металлом, создает мгновенное изменение напряженно-деформированного состояния с последующим отделением отрезков стружки от обрабатываемого материала. При этом необходимо совместить обеспечение устойчивости процесса резания и одновременно получение отрезков стружки рациональной длины. Длина отрезков стружки L_{np} , которая образуется при пересечении зоны локального физического воздействия плоскостью резания, регламентируется длиной витков в диапазоне 100...200 мм и определяется по формуле

$$(1) \quad L_{np} = \frac{\pi D_3 n_p}{60 f_m \xi}, \text{ мм,}$$

где f_m - частота пересечения плоскостью резания зон локального криогенного воздействия, Гц;
 ξ - коэффициент продольной усадки стружки;
 n_p - частота вращения заготовки, об/мин;
 D_3 - диаметр заготовки, мм.

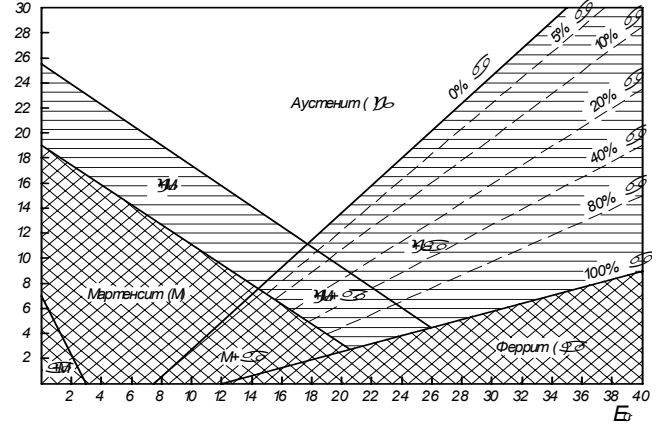


Рис. 2. Структурная диаграмма А. Шеффлера, где

- Зона устойчивого отделения отрезков стружки ;
- Зона неустойчивого отделения стружки;
- Зона невозможности отделения стружки.

4. Результаты и дискуссия

Расчетные виброперемещения для подсистемы инструмента при обработке заготовки с локальным криогенным воздействием, проводившиеся в области автоколебательного процесса, показали стабильность стружкодробления. Проводившиеся в этой области экспериментальные исследования виброперемещений при обработке заготовок из стали 08X18H10T показали, что автоколебания не оказывают влияния на устойчивость процесса стружкодробления (рис. 3)

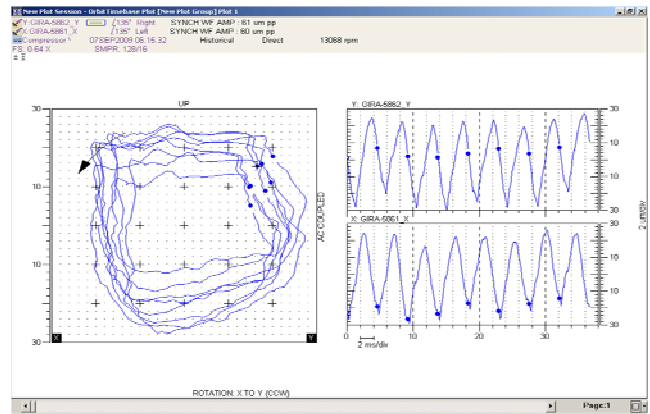


Рис. 3. Экспериментальные виброперемещения X по нормали к обрабатываемой поверхности для подсистемы инструмент при лезвийной обработке заготовки из стали 08X18H10T на станке мод. МК6046М РЭ, $V = 60$ м/мин, $s = 0,1$ мм/об, $t = 0,8$ мм, предварительно подготовленной методом криогенного воздействия.

Автоматизация выбора параметров локального воздействия в зависимости от режимов обработки осуществляется программно-методическим комплексом в два этапа: на первом этапе определяется целесообразность криогенного воздействия; на втором производится расчет параметров криогенного воздействия и затем процесс точения заготовки. При этом обеспечивается устойчивое отделение отрезков стружки в

коррозионных и жаростойких сталях с аустенитной структурой в условиях автоматизированной механической лезвийной обработки.

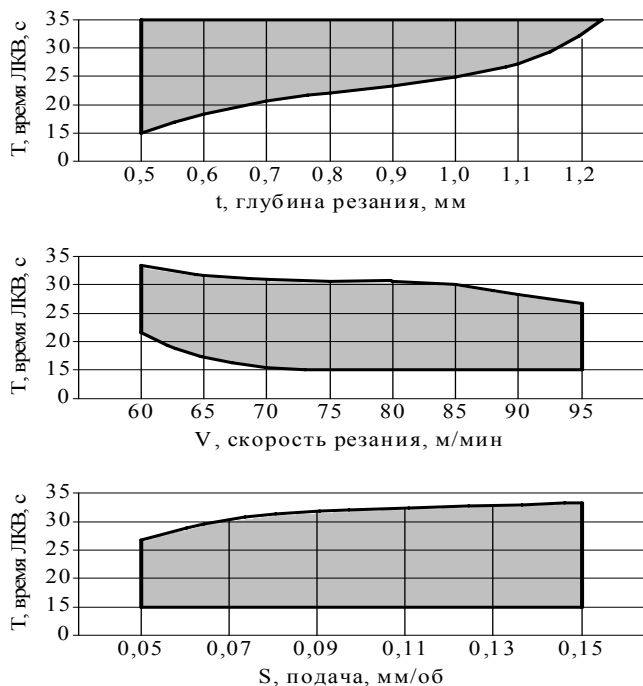


Рис. 4. Границы области устойчивости дробления стружки в зависимости от параметров резания и времени ЛКВ.

5. Заключение

1. Разработан метод стружкодробления, основанный на использовании явления изменения упруго-диссипативных свойств в жаростойких и коррозионностойких сталях аустенитного класса при локальном криогенном воздействии на обрабатываемую поверхность заготовки, позволяющий обеспечить при последующей обработке периодическое изменение условий резания по сравнению с исходным материалом. На основании полученных кинематических характеристик созданы устройства для предварительного нанесения линии локального криогенного воздействия.
2. Выполнен комплекс экспериментальных исследований в области параметров криогенного воздействия в зависимости от режимов последующей обработки для широкого диапазона материалов, позволивший получить методом нелинейной аппроксимации модель для определения оптимальных параметров локального пластического воздействия при заданных режимах резания.

6. Литература

1. Вейц В. Л., Максаров В. В., Лончих П. А. Динамика и моделирование процессов резания при механической обработке. - Иркутск: РИО ИГИУВа, 2000. - 189 с.
2. Вейц В. Л., Максаров В. В. Динамика и управление процессом стружкообразования при лезвийной механической обработке. - СПб.: СЗПИ, 2000. - 160 с.
3. Горбунов О. И., Максаров В. В., Ольт Ю. Автоматизация и управление процессом стружкодробления обрабатываемого материала аустенитного класса при предварительном криогенном воздействии // Металлообработка. - 2009. - № 3 (51). - С. 48-54.