

АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ ДРОБЛЕНИЯ СТРУЖКИ

*Злотников Е.Г., Гильвитинов М.О., Сергеева В.М., Дзюба А.А.
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: стружкообразование, металлообработка, теория резания, пластическая деформация, геометрия инструмента, вибрационная резка.

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные методы и особенности дробления стружки, возникающей в процессе механической обработки материалов. Проведен анализ теоретических и экспериментальных исследований, направленных на оптимизацию процесса дробления стружки для различных типов материалов. Рассмотрены перспективные технологии и системы, способствующие повышению эффективности и безопасности производственных процессов.

CURRENT METHODS AND FEATURES OF CHIP CRUSHING

*Zlotnikov E.G., Gilvitinov M.O., Sergeeva V.M., Dzyuba A.A.
Saint-Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Saint-Petersburg*

Keywords: chip formation, metalworking, cutting theory, plastic deformation, tool geometry, vibration cutting.

Abstract. This article discusses modern methods and features of chip crushing that occurs during the mechanical processing of materials. The analysis of theoretical and experimental studies aimed at optimizing the chip crushing process for various types of materials is carried out. Promising technologies and systems that contribute to improving the efficiency and safety of production processes are considered.

Резание – это процесс обработки материала, при котором образуются новые поверхности путем механического воздействия и последующего отделения части материала. В процессе резания возникают явления пластической деформации, которые играют ключевую роль в образовании стружки [1].

При внедрении режущего элемента инструмента в материал под воздействием внешней силы, перед ним формируется зона предварительной деформации, известная как зона стружкообразования. Эта область включает в себя как срезаемый слой, так и часть материала под обработанной поверхностью. Зона стружкообразования имеет клиновидную форму с вершиной на режущем лезвии инструмента. Ее нижняя граница представляет собой вогнутую кривую, вдоль которой происходят начальные сдвиговые деформации, а верхняя граница – выпуклую кривую, являющуюся конечной границей зоны стружкообразования.

Эффективное дробление стружки на мелкие фрагменты играет ключевую роль в обеспечении непрерывности и качества процесса механической обработки. Фрагменты стружки не препятствуют дальнейшему процессу резания и не вызывает дефектов на обрабатываемой поверхности, что способствует достижению высокого качества готовых деталей.

При неэффективном удалении стружки она может накапливаться в зоне резания, действуя как абразивный материал, что ускоряет износ режущего

инструмента. Дробление стружки позволяет избежать этого, продлевая срок службы инструмента и снижая затраты на его замену.

Эффективное удаление стружки также способствует стабильной работе оборудования, уменьшая вероятность остановок для очистки или ремонта, что, в свою очередь, повышает общую производительность производственного процесса.

Кроме того, мелкие фрагменты стружки проще собирать и утилизировать или перерабатывать, что способствует снижению затрат на утилизацию и поддержанию экологически чистых методов производства.

Современные исследования в области дробления стружки также рассматривают влияние микроструктуры материалов и использование передовых технологий, которые позволяют улучшить качество обработки и снизить износ режущего инструмента [2].

Влияние системы охлаждения на стружкообразование достаточно условно. Очень сложно увидеть фиксированные взаимосвязи между типом системы охлаждения и ее влиянием на стружкообразование. Единственным исключением является так называемая система HPDC (High Pressureurized Directed Cooling). С помощью держателя и зажима для подачи СОЖ, которые подают концентрированную струю СОЖ под высоким давлением (100-1000 бар) с высокой скоростью точно в оптимальное положение рядом с режущей кромкой, происходит дробление стружки на более мелкие фрагменты (рис. 1), кроме того, данная система предотвращает накопление стружки в зоне резания [3, 4].



Рис. 1. Охлаждение под высоким давлением [4]

Одним из актуальных методов стружкодробления является применение ультразвуковых вибраций в процессе резки, таких как CDVA (вибрации в направлении резания) и NDVA (вибрации в перпендикулярном к резанию направлении), которые существенно изменяют процесс образования стружки. Введение высокочастотных микровибраций позволяет инструменту взаимодействовать с материалом периодически, что снижает объем материала, удаляемого за один проход. Это уменьшает размер стружки, делая ее более мелкой и равномерной. Стоит отметить, что такие мелкие фрагменты стружки не накапливаются перед инструментом, что предотвращает их негативное влияние на процесс резания [5].

Эллиптическое вибрационное резание (EVA) является еще более эффективной по сравнению с CDVA и NDVA. В этом процессе инструмент совершает колебательные движения одновременно в направлении резания и

перпендикулярно к нему. Такая траектория позволяет не только значительно уменьшить размер частиц стружки, но и способствует их мгновенному удалению из зоны резания. В отличие от традиционного резания, когда стружка образует нарост на передней поверхности инструмента и увеличивает силы трения, в случае EVA стружка практически не задерживается на режущем инструменте, что способствует более чистой обработке, снижению тепловыделения и уменьшению износа инструмента.

В заключение следует отметить, что, несмотря на некоторые преимущества современных методов стружкообразования, таких как ультразвуковая вибрационная резка (CDVA, NDVA, EVA), на данном этапе развития данные методы не смогут повсеместно войти в массовое производство. Эти инновационные технологии, хотя и демонстрируют высокую эффективность в уменьшении элементов стружки, снижении износа инструмента и улучшении качества обработки, остаются частными решениями, применяемыми преимущественно для специфических задач или работы с труднообрабатываемыми материалами. Высокая стоимость оборудования, сложность внедрения и необходимость точного контроля параметров ограничивают их широкое применение в производственных процессах.

Список литературы

1. Можин Н.А., Аврелькин В.А., Федулов Е.А. Основы теории резания материалов: Учебное пособие. – Иваново: ИВГПУ, 2018. – 84 с.
2. Tian C., Jiang H., Yuan S., Deng J., Yue X. Research on cutting performance and processing surface quality of micro-structured composite-coated tool: a comprehensive review // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2024, vol. 133, pp. 2709-2743. doi.org/10.1007/s00170-024-13908-x.
3. Xiangyu Z., Dongyue W., Zhenlong P. Effects of high-pressure coolant on cooling mechanism in high-speed ultrasonic vibration cutting interfaces // Applied Thermal Engineering. 2023, vol. 233. doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121125.
4. Siller A., Steininger A., Bleicher F. Heat Dissipation in Turning Operations by Means of Internal Cooling // Procedia Engineering. 2015, vol. 100, pp. 1116-1123. doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.474.
5. Xu W.X., Zhang L.C. Ultrasonic vibration-assisted machining: principle, design and application // Advanced Manufacturing. 2015, vol. 3, pp. 173-192. doi.org/10.1007/s40436-015-0115-4.

Сведения об авторах:

Злотников Евгений Глебович – к.т.н., доцент кафедры машиностроения;

Гильвитинов Михаил Олегович – студент;

Сергеева Валерия Михайловна – студент;

Дзюба Александр Александрович – студент.