

УДК 621.9

Ультразвуковая обработка как способ повышения производительности и качества поверхности

Образцов Александр Евгеньевич^{1(*)}

obrazcow2@mail.ru

Утенков Владимир Михайлович²

utencov@bmstu.ru

Кузнецов Павел Михайлович³

profpol@rambler.ru

¹ АО «ВНИИИНСТРУМЕНТ», Москва, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия³ Московский авиационный институт, Москва, Россия

Аннотация. Исследование демонстрирует эффективность обработки с применением ультразвуковых колебаний для разных технологических процессов. Установлено снижение сил резания при точении на 48–87 %, повышение усталостной прочности при фрезеровании на 14,7 %, снижение износа инструмента до 80 %. При шлифовании уменьшились силы резания на 40,5 %, при сверлении — снижение крутящего момента на 32 %. При обработке титановых сплавов применение вибрационного резания позволяет решить проблему упругого деформирования тонкостенных деталей и повысить качество обработанной поверхности.

Ключевые слова: вибрационная обработка, ультразвуковая обработка, вибро-резание, резание с применением колебаний, осциллирующее движение

Введение. В аэрокосмической промышленности титан нашел широкое применение благодаря сочетанию высокой прочности, коррозионной стойкости и низкой плотности. Однако низкая теплопроводность титана (более чем в 15 раз ниже, чем у алюминия) приводит к ухудшению характеристик резания из-за плохого отвода тепла. Особенно остро эта проблема проявляется при обработке тонкостенных деталей, где упругая деформация под воздействием сил резания ухудшает точность размеров и качество поверхности [1].

Современные методы обработки, включая ультразвуковые колебания, позволяют улучшить условия резания, дополнив традиционные процессы. Вибрационная обработка в ультразвуковом диапазоне (ультразвуковая обработка) создает прерывистый контакт между инструментом и заготовкой, снижая трение и износ инструмента, что повышает не только качество обработанной поверхности, но и производительность [2].

Методы и материалы, результаты. Исследование охватывает вибрационное точение, фрезерование, шлифование и сверление следующих материалов: сплавы Ti6Al4V, Ni-718, Al6063, Инконель 738LC. Использовались методы ультразвуковой обработки с разными траекториями колебаний. Ультразвуковое вибрационное резание основано на воздействии колебаний ультразвукового диапазона на инструмент или заготовку, что обеспечивает прерывистое резание, отделяя стружку от инструмента [1].

Экспериментальные исследования подтвердили эффективность вибрационной обработки. При точении Ti6Al4V с ультразвуковыми колебаниями силы резания (F_x , F_y , F_z) уменьшились на 48, 45 и 87 % соответственно. Усталостная прочность Ni-718 увеличилась на 14,7 %. Износ инструмента уменьшился на 80 %. При шлифовании сила резания снизилась на 40,5 %, температура в зоне резания на 38,7 % [3]. При сверлении стали X20Cr13 достигнуто снижение силы резания на 20 % и крутящего момента на 32 % [4].

Для титановых сплавов вибрационная обработка обеспечивает снижение температуры резания, подавление вибраций и уменьшение поверхностных дефектов. При обработке Инконеля 738LC сила резания уменьшилась на 40 % [5].

Заключение. Вибрационная обработка в ультразвуковом диапазоне демонстрирует улучшение процесса удаления материала, снижение сил резания на 20–87 %, увеличение стойкости инструмента до 80 %. Для титановых сплавов ультразвуковая обработка позволяет решить проблему упругой деформации тонкостенных деталей и тем самым повысить точность обработки. Наилучшие результаты достигаются при рациональном подборе параметров колебательных движений для конкретных материалов и процессов обработки.

Список источников

- [1] Jinglin Tong, Guan Wei, Li Zhao, Xiaoliang Wang, Junjin Ma. Surface microstructure of titanium alloy thin-walled parts at ultrasonic vibration-assisted milling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2018, vol. 15.
<https://doi.org/10.1007/s00170-018-3005-7>
- [2] Tao G., Ma C., Bai L., Shen X., Zhang J. Feed-direction Ultrasonic Vibration-assisted Milling Surface Texture Formation. *Mater. Manuf. Process*, 2017, vol. 32 (2), pp. 193–198.
<https://doi.org/10.1080/10426914.2016.1198029>
- [3] Zhao B., Guo X., Bie W., Chang B., Zhao C. Thermo-mechanical Coupling Effect on Surface Residual Stress during Ultrasonic Vibration-assisted Forming Grinding Gear. *J. Manuf. Process.*, 2020, vol. 59, pp. 19–32.
<https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.09.041>
- [4] Azghandi B.V., Kadivar M.A., Razfar M.R. An Experimental Study on Cutting Forces in Ultrasonic Assisted Drilling. *Procedia CIRP*, 2016, vol. 46, pp. 563–566.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.070>
- [5] Baghlani V., Mehbudi P., Akbari J., Nezhad E.Z., Sarhan A.D., Hamouda A.M. An Optimization Technique on Ultrasonic and Cutting Parameters for Drilling and Deep Drilling of Nickel-based High-strength Inconel 738LC Superalloy with Deeper and Higher Hole Quality. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 2015, vol. 82, pp. 877–888.
<https://doi.org/10.1007/s00170-015-7414-6>