

УДК 535.211

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОГО МЕТОДА

Гуторов А.В.

Научный руководитель – Кандидат технических наук, Афанасьев М.Я.

Университет ИТМО

gut-111@mail.ru

Введение

В настоящее время в промышленности наблюдается потребность в создании высокопроизводительных и экономически эффективных технологий для прецизионного изготовления деталей сложной формы из твердых материалов таких как карбид вольфрама и поликристаллический алмаз. Существующие технологии сталкиваются с принципиальными трудностями обработки таких материалов: геометрические ограничения инструментов для создания сложных микрорельефов, значительные механические нагрузки, способствующие повышению процента брака, а также невозможность обработки диэлектриков. В совокупности эти факторы формирует спрос на исследование бесконтактных и гибких методов обработки.

Импульсная лазерная абляция является бесконтактным процессом удаления материала для изготовления деталей приборов. Метод применения импульсной абляции обладает существенными преимуществами при обработке твердых и сверхтвердых материалов, таких как карбид вольфрама, нитрид бора и поликристаллический алмаз, поскольку. Этот метод обеспечивает удаление материала без износа инструмента и механической нагрузки на заготовку, что делает его перспективным для промышленного применения [1]. Тем не менее, большинство существующих исследований посвящены изучению процесса обработки твердых сплавов при помощи источников пикосекундного и фемтосекундного лазерного воздействия, обладающих большей стоимостью в сравнении с наносекундными лазерными установками. Результаты, полученные К. Ляйцом и др. [2] свидетельствуют об эффективности лазерной обработки наносекундной длительности импульсов, что в совокупности с распространённостью источников лазеров данной длительности импульсов, позволяет сделать вывод о возможности использования наносекундного лазерного воздействия, в качестве основного инструмента обработки заготовок из твердых сплавов. [3]

Основная часть

В работе представлены результаты исследования влияния импульсной лазерной абляции в наносекундном диапазоне длительности импульсов на поверхность карбида вольфрама, являющегося одним из самых распространённых твердых материалов для изготовления деталей измерительных приборов и микроинструмента. Было изучено влияния параметров излучения (длительности и частоты следования импульсов, плотности энергии, стратегии сканирования) на процесс удаления материала и характеристики обработанной поверхности.

С помощью метода контактной профилометрии была исследована шероховатость поверхности образцов из твердого сплава после лазерной обработки. Установлена зависимость между плотностью энергии импульсов на единицу площади и величиной параметра шероховатости обработанной поверхности.

Установлено, что стратегия тангенциальной лазерной обработки обеспечивает наилучшее качество поверхности обработанной поверхности при наиболее производительных параметрах импульсного воздействия, по позволяет сократить время

последующей поверхностной обработки, необходимой для повышения качества поверхности. Объединение двух стратегий обработки в единый гибридный метод позволит повысить эффективность импульсной лазерной обработки, однако требует разработки специализированной технологической оснастки для изменения положения и ориентации заготовки в пространстве.

Выводы

Исследование влияния параметров импульсной лазерной обработки на процесс абляции карбида вольфрама с использованием волоконного лазера с наносекундной длительностью импульсов позволило установить ключевые закономерности, влияющие на производительность процесса обработки и механические свойства обработанных поверхностей. Установлено, что при многоимпульсном воздействии с постоянной плотностью энергии наибольшее увеличение глубины абляции наблюдается при проценте перекрытия лазерных пятен, равном 80% и выше.

Установлено, что при повышении производительности процесса поверхностной обработки снижается качество поверхности, однако значения параметров шероховатости боковой стенки, полученные при наиболее производительном режиме обработки, являются наименьшими, что подтверждает актуальность использования тангенциальной стратегии обработки как инструмента для удаления припуска заготовок из карбида вольфрама.

Таким образом использование гибридного метода, совмещающего стратегию тангенциальной обработки заготовки для удаления основной массы материала и последующую поверхностную (радиальную) стратегию обработки позволяет достичь максимальной глубины абляции при сохранении минимального значения параметра шероховатости, что делает данный метод перспективным для формирования сложных контуров деталей измерительных приборов.

Литература

1. Maximilian Warhanek, Walter, C. W., Hirschi, M., Boos, J. B., J.F. Bucourt, & Wegener, K. (2016). *Comparative analysis of tangentially laser-processed fluted polycrystalline diamond drilling tools*. 23, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2016.06.023>
2. Leitz, K.-H., Redlingshöfer, B., Reg, Y., Otto, A., & Schmidt, M. (2011). Metal Ablation with Short and Ultrashort Laser Pulses. *Physics Procedia*, 12, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2011.03.128>
3. Гуторов А.В., Чайка И.К., Алсаиф Я., Романова Г.В., Петров А.А., Афанасьев М.Я. Зависимость шероховатости поверхности сплавов на основе карбида вольфрама от параметров лазерной абляции // Известия высших учебных заведений. Приборостроение - 2025. - Т. 68. - № 6. - С. 545-556. doi: 10.17586/0021-3454-2025-68-6-545-556