

УДК 535.2

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Тамара Александровна Назарова

*Студент 4 курса,**кафедра «Лазерные и оптико-электронные системы»**Ковровский государственный технологический университет имени В.А. Дегтярева**Научный руководитель: А.Е. Шепелев,**младший научный сотрудник*

Несмотря на то, что с помощью лазеров можно получить уникальные технические и экономические результаты обработки, задача повышения эффективности, производительности и качества обработки материалов лазерным излучением не теряет своей актуальности [1].

Решение данной задачи традиционно связывают с увеличением мощности излучения и частоты следования лазерных импульсов при использовании импульсов короткой и ультракороткой длительности. При этом не ослабевает интерес к использованию миллисекундных лазерных импульсов высокой энергии, что обусловлено их высокой эффективностью сверления [2]. Перспективным для решения данной задачи оказывается комбинирование различных режимов генерации воздействующего на обрабатываемый материал лазерного излучения, что позволяет объединить доминирующие механизмы разрушения материала, характерные для различных режимов лазерной обработки [3].

В связи с этим для повышения производительности и качества лазерной обработки конструкционных металлических материалов в настоящей работе предлагается подход, основанный на перераспределении энергии по временному профилю лазерного импульса с сохранением его суммарной энергии и общей длительности. В качестве объектов исследования выступали тонкие листовые образцы (толщина 0,5 мм), изготовленные из нержавеющей стали. Обработка производилась методом лазерного сверления и резки. При этом использовались три различных режима (рис. 1): импульс гауссовой формы (рис. 1а), импульс сложной формы (рис. 1б) и комбинированный импульс (рис. 1в).

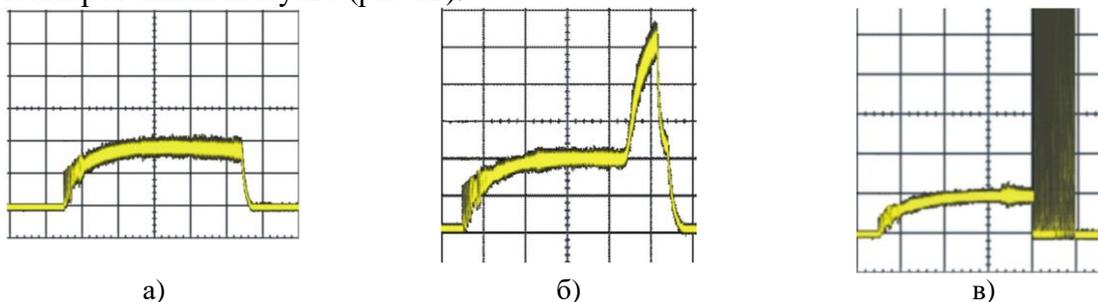


Рис. 1. Режимы импульсной лазерной обработки

Импульс сложной формы представляет собой комбинацию длинного (3 мс) импульса с энергией 1 Дж и короткого (0,5 мс) импульса с энергией 0,2 Дж. В комбинированном импульсе короткий импульс заменяется на цуг наносекундных импульсов. Во всех режимах обработки параметры излучения были следующие:

энергия и длительность импульса 1,2 Дж и 3 мс соответственно, частота следования импульсов 12 Гц.

Результаты экспериментальных исследований показали, что время формирования сквозного отверстия в материале при воздействии импульсами сложной формы сокращается примерно в 1,3 раза (с 16 с до 12 с) по сравнению с воздействием импульсами гауссовой формы. При воздействии комбинированными импульсами (с оптимальной частотой модуляции 100 кГц) время формирования отверстия сокращается в 2,3 раза (с 16 с до 7 с).

Фотографии кромок реза исследованного материала представлены на рис. 2.

Качество обработки оценивалось в режиме реза по следующим параметрам: ширина зоны термического влияния (ЗТВ), величина и характер неровностей, качество входной и выходной кромок, состояние стенок реза. Анализ выполнялся с использованием средств оптической микроскопии.

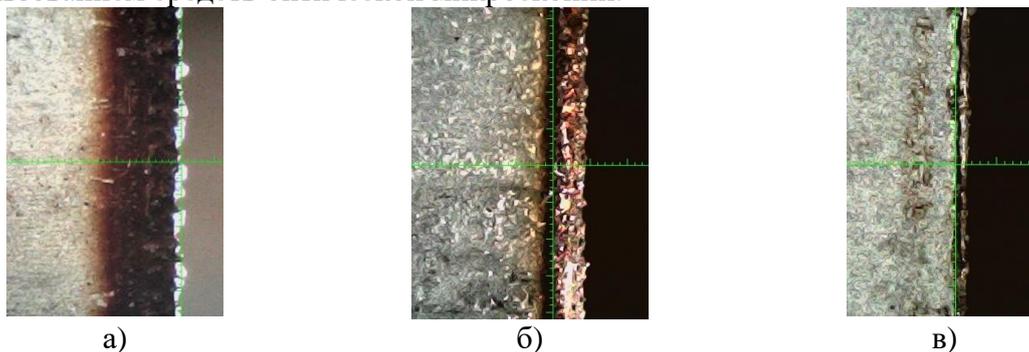


Рис. 2. Фотографии кромок реза при различных режимах обработки: импульс гауссовой формы а); импульс сложной формы б); комбинированный импульс в)

Анализ фотографий реза (рис. 2) позволил установить, что наилучшее качество обработки обеспечивается при воздействии комбинированными импульсами. В частности, использование комбинированных импульсов по сравнению с импульсами гауссовой временной формы позволяет: на порядок сократить ЗТВ (с 1 мм до 0,1 мм), в семь раз уменьшить размер неровностей (с 140 мкм до 40 мкм), улучшить качество кромок реза.

Таким образом, использование комбинированных лазерных импульсов позволяет повысить производительность и улучшить качество обработки тонколистовых металлических материалов по сравнению с импульсами гауссовой временной формы аналогичной энергии и длительности.

Литература

1. Riveiro A., Comesaña R., Pou-Álvarez P., González-Quintas M., Calvo-García E. Laser based manufacturing II // Journal of manufacturing and Materials Processing. – 2025, 9. – 60.
2. Qina Y., Forsterb D.J., Weberb R., Grafb T., Yanga S. Numerical study of the dynamics of the hole formation during drilling with combined ms and ns laser pulses // Optics and Laser Technology. – 2019, pp. 8–19.
3. Глова А.Ф., Дробязко С.В., Вавилин О.И., Швом Е.М. Дистанционная обработка металлов излучением двух лазеров // Квантовая электроника. – 2002, №2. – 32. С. 169 – 171.