

УДК 621.375.8

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Антон Дмитриевич Трушинский

студент

truxaea@gmail.com

Андрей Юрьевич Астапов

кандидат технических наук, доцент

Astapow_a@mail.ru

Сергей Юрьевич Астапов

кандидат технических наук, доцент

Astapovv@mail.ru

Астапова Ирина Александровна

ассистент

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В научной статье рассмотрены физические основы процесса обработки материалов непрерывном лазерным излучением. Приведены наиболее существенные факторы, влияющие на размерные характеристики резцов, а также энергетические параметры процесса, к которым относятся мощность и плотность мощности.

Ключевые слова: лазерное излучение, энергетические параметры, мощность, скорость.

Лазерное излучение обеспечивает громадную концентрацию энергии на относительно малых участках обработки, благодаря чему является универсальным инструментом для осуществления технологических операций резки металлов. Процесс лазерной резки металлов выполняется с высокими скоростями. Наряду с большой производительностью достигается высокое качество поверхностей реза практически на всех металлах независимо от их температуры плавления и твердости [4].

Достижения в области лазерной резки в значительной степени определяются уровнем мощности промышленных лазерных установок и качеством лазерного излучения, в частности возможностью улучшения модового состава, снижения угловой расходимости и достижения тем самым повышенной плотности мощности сфокусированного излучения [4].

В последние годы выполнено большое количество теоретических и экспериментальных исследований процесса лазерной резки, обобщение которых позволяет установить главные закономерности, разработать на этой основе конкретные технологии и практические рекомендации для применения в производстве [4].

Наиболее существенными факторами, влияющими на размерные характеристики резов, являются энергетические параметры процесса, к которым относятся мощность и плотность мощности. В силу того что тепловложение в материал зависит и от скорости резки, этот параметр также целесообразно рассматривать в совокупности с энергетическими. В ряде случаев удобной величиной. Характеризующей эффективность и качество процесса, оказывается комплексный параметр, представляющий собой отношение мощности излучения к скорости резки P/v_p , или же P/h (где h — глубина прорезания металла).

Основные закономерности лазерной резки качественно описываются теорией Свифта-Хука-Джика. Так, при высокой эффективности лазерной резки (когда потери на теплопроводность значительно меньше потерь на нагрев и плавление материала) эта теория дает простое соотношение для баланса энергии:

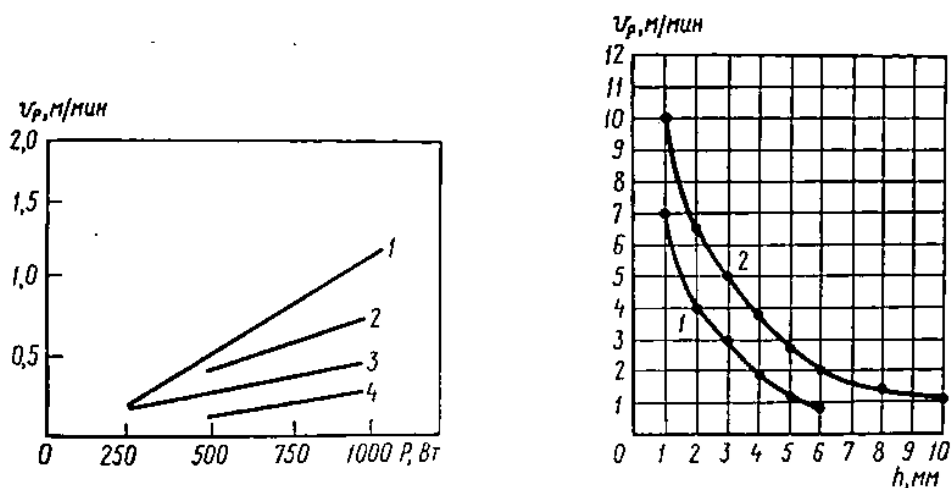
$$H \cdot v_p \cdot b \cdot (c \cdot \rho \cdot T_{пл} + L_{пл}) = \eta \cdot P, \quad (1)$$

где P - суммарная мощность лазерного излучения и экзотермической реакции окисления; η - эффективность процесса; L - удельная энергия плавления металла.

Если принять, что при лазерной резке ширина реза равна диаметру лазерного луча, то из (1) следует, что $v_p \sim P$ при $h = const$ (рисунок 1).

Учитывая, что максимально достижимая глубина реза h , естественно, больше глубины качественно выполненного реза h_k , целесообразно ввести разграничение этих параметров при рассмотрении влияния на них других технологических факторов [1,2].

Важным фактором, определяющим как характер протекания процесса резки металлов, так и размерные характеристики резов, является плотность мощности E_1 в зоне воздействия лазерного излучения на материал. Этот параметр является комплексной величиной и зависит не только от мощности лазерного излучения, но, и от условий его фокусирования, модового состава луча, его расходимости, диаметра пучка на выходе из резонатора и других факторов.



1 - нержавеющая сталь ($h = 3,2$ мм); 2 - алюминий ($h = 0,8$ мм); 3 - низкоуглеродистая сталь ($h = 2,3$ мм); 4 - титан ($h = 1,5$ мм)

Рисунок 1 - Влияние мощности лазерного излучения на скорость резки различных металлов

На рисунке 1 показаны графики изменения максимально достижимой глубины качественно выполненного реза в углеродистых сталях от скорости обработки при различных условиях фокусирования. Как видно из графика, уменьшение фокального пятна вызывает возрастание глубины качественно выполненного реза. Основной причиной такого роста глубины реза является повышение плотности мощности в зоне обработки.

Поэтому при резке углеродистых сталей необходимо стремиться к фокусировке излучения в пятно меньшего диаметра (использовать установки с малой расходимостью лазерного пучка, работающие в одномодовом режиме, применять короткофокусные линзы и т. д.) с целью повышения плотности мощности в зоне резки [3].

С другой стороны, увеличение плотности мощности лазерного излучения за счет увеличения мощности от до 1000 Вт позволяет повысить скорость резки в среднем лишь на 20% (см. рисунок 1). Учитывая, что с повышением мощности лазерных установок их стоимость резко возрастает, не всегда экономически целесообразно применение более мощного оборудования для ГЛР углеродистых сталей.

Список литературы:

1. Лазерная техника и технология. Учебное пособие для вузов / А.Г. Григорьянц, А.А. Соколов; Под ред. А.Г. Григорьянца. М.: Высш. Шк., 1988. 127с.: ил.
2. Веденов А.А., Гладуш Г.Г. Физические процессы при лазерной обработке материалов. М.: Энергопромиздат, 1985, 208 с.
3. Невзоров Д.С., Бородкина С.В., Астапов А.Ю. Возможности практического применения предпробойного излучения диодов // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции, Мичуринск-наукоград РФ, 26–28 октября 2021 года. Мичуринск-наукоград РФ: Мичуринский государственный аграрный университет, 2021. С. 175-178.

4. Савин И.А., Калачев М.В., Савина А.И. Анализ лазерной резки углеродистой стали в среде кислорода // Научный вестник. 2017. № 1(11). С. 143-155. DOI 10.17117/nv.2017.01.143. EDN YNCHIZ.

UDC 621.375.8

**INFLUENCE OF ENERGY PARAMETERS OF LASER RADIATION
IN THE PROCESSING OF VARIOUS MATERIALS**

Anton D. Trushinsky

student

truxaea@gmail.com

Andrey Y. Astapov

candidate of technical sciences, associate professor

Astapow_a@mail.ru

Sergey Y. Astapov

candidate of technical sciences, associate professor

Astapovv@mail.ru

Irina Al. Astapova

assistant

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The scientific article considers the physical foundations of the process of processing materials by continuous laser radiation. The most significant factors affecting the dimensional characteristics of the cuts, as well as the energy parameters of the process, which include power and power density, are given.

Keywords: laser radiation, energy parameters, power, speed.

Статья поступила в редакцию 11.11.2024; одобрена после рецензирования 20.12.2024; принята к публикации 25.12.2024.

The article was submitted 11.11.2024; approved after reviewing 20.12.2024; accepted for publication 25.12.2024.