
ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА

УДК 621.375.826

Е. П. Маркин, А. К. Лозовой, С. Н. Смирнов, Ю. Г. Яхонтов

ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ВОЛОКОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Представлен опыт промышленного применения лазерных технологических комплексов на базе волоконных генераторов при обработке материалов в реальных производственных условиях. Приведены некоторые технологические режимы, показана возможность снижения производственных затрат.

Ключевые слова: волоконный лазер, лазерная резка, лазерная термообработка, лазерная обработка материалов, лазерный технологический комплекс.

Новые источники лазерного излучения — волоконные лазеры — привлекают все больший интерес специалистов. Без преувеличения можно сказать, что появление волоконных лазеров ознаменовало прорыв в лазерной физике [1], за несколько лет их выходная мощность была увеличена с нескольких сотен ватт до нескольких десятков киловатт. Волоконный лазер — это компактный источник излучения, отличающийся высоким ресурсом, надежностью и простотой в эксплуатации; он занимает все большую долю рынка источников лазерного излучения.

Волоконные лазеры имеют ряд преимуществ по сравнению с CO₂-лазерами:

- 1) меньшая длина волны (1,07 мкм), обеспечивающая больший коэффициент поглощения излучения для металлов и соответственно повышение эффективности обработки;
- 2) высокое качество излучения;
- 3) подвод излучения к оптической головке по оптоволокну (отсутствие трассовой оптики);
- 4) высокая энергетическая эффективность (КПД до 30 %);
- 5) отсутствие рабочих газов.
- 6) возможность реализации режима дистанционной обработки;
- 7) минимальные затраты на обслуживание и эксплуатацию.

В России разработкой и созданием технологических комплексов на базе иттербиевых волоконных лазеров занимаются несколько предприятий: ВНИТЭП (Дубна), „НИИ ЭСТО — Лазеры и аппаратура“ ТМ (Зеленоград), НПФ „ТЕТА“ (Москва), Лазерный центр (Санкт-Петербург), НПК „Рapid“ (Воронеж).

Возможности использования мощных волоконных лазеров при обработке материалов достаточно широки. По мере совершенствования элементной базы и снижения стоимости лазерных диодов волоконные генераторы постепенно теснят CO₂-лазеры в традиционных областях применения лазеров* (речь не идет о том, что волоконные генераторы полностью заменят CO₂-лазеры, так как каждый вид технологического оборудования имеет свою нишу).

* Бюллетень ЛАС „Лазер-информ“: 2010. № 3, 4; 2009. № 8; 2008. № 4; 2008. № 1, 2; 2007. № 21, 22; 2007. № 9, 10; 2006. № 5, 6; 2006. № 11; 2006. № 8; 2006. № 11; 2006. № 6; 2003. № 8; 2005. № 13, 14.

Наиболее распространены лазерные системы с волоконными излучателями, позволяющие наносить изображение на поверхность (маркировать) с фотографической точностью [2]. Известны успешные работы по сварке мощными волоконными лазерами [3, 4]. В то же время относительно мало информации о таких важных технологических процессах, как резка листовых и трубных заготовок, термообработка изделий с использованием волоконных лазерных излучателей. Отдельных сведений о возможностях лазеров или максимальной толщине обрабатываемых материалов для конкретного оборудования недостаточно для полного понимания технологического потенциала волоконного лазера. В настоящей статье обобщен опыт эксплуатации волоконных лазеров в составе технологического оборудования в условиях реального производства.

На рис. 1 представлен лазерный технологический комплекс (ЛТК) с волоконным излучателем ЛС-2, основные технические характеристики которого приведены в табл. 1. ЛТК работает в трехсменном режиме и применяется для резки, сварки и термообработки различных материалов.



Рис. 1

Таблица 1

Технические характеристики комплекса

Назначение	Резка, сварка, термообработка
Обрабатываемые материалы	Углеродистая, нержавеющая сталь, алюминиевые сплавы, латунь
Тип лазера	Иттербиевый волоконный, модель ЛС-2
Длина волны излучения, мкм	1,065—1,08
Номинальная выходная мощность, кВт	2
Режим работы	Непрерывный, модулируемый
Частота модуляции выходной мощности, кГц	5
Охлаждение	Водяное
Максимальная потребляемая мощность, кВт	10
Оптическая головка	Precitec HP 1,5"
Фокусное расстояние F , мм	127, 190, 254
Максимальное перемещение X, Y, Z , мм	1200, 2000, 600
Скорость перемещения, м/мин	до 4
Точность позиционирования, мм	$\pm 0,1$
Система управления	ЧПУ

В современном малосерийном производстве раскрой металла лазерным излучением позволяет заменить холодную листовую штамповку. Для определения оптимальных технологических режимов использовались листовые заготовки разной толщины и трубы из сплавов трех групп металлов: углеродистая сталь марки Ст.3, нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т, алюминиевый сплав АМГ-6.

Технологические режимы определяют следующие параметры: фокусное расстояние линзы, мощность лазерного излучения, диаметр сопла, вид и давление технологического газа, скорость резки. Оптимальным считается режим с наилучшим соотношением производительности и качества обработки (оценивается отсутствие грата, перпендикулярность плоскости реза, наименьшая шероховатость плоскости реза).

Режимы обработки листовых материалов приведены в табл. 2—4 (в качестве технологического газа использовался кислород, фокусное расстояние линзы: табл. 2 — 254, табл. 3, 4 — 190 мм).

Таблица 2

Материал: Ст. 3

Толщина, мм	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	16
Сопло, d , мм	1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,7
Мощность, кВт	0,25	0,55	0,6	1,1	1,2	1,4	1,7	1,7	1,8	2	2
Скорость резки, м/мин	3,0	2,6	3,0	2,6	2,6	2,2	2,1	1,85	1,4	1,1	0,7
Давление технологического газа, атм	1	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,85	0,9	0,9

Таблица 3

Материал: сталь 12Х18Н10Т

Толщина, мм	1,5	2	3	4	6
Мощность, кВт	0,65	0,75	0,8	1,0	1,8
Скорость резки, м/мин	3,0	3,0	2,6	1,5	0,8

Таблица 4

Материал: алюминиевый сплав АМГ-6

Толщина, мм	0,5	2	5	6
Мощность, кВт	0,3	1,4	1,8	1,9
Скорость резки, м/мин	2,5	1,8	0,7	0,45

Резка трубных заготовок любого профиля по технологическим параметрам практически не отличается от резки листовых заготовок. На рис. 2 приведен пример резки трубы из стали 12Х18Н10Т волоконным лазером.

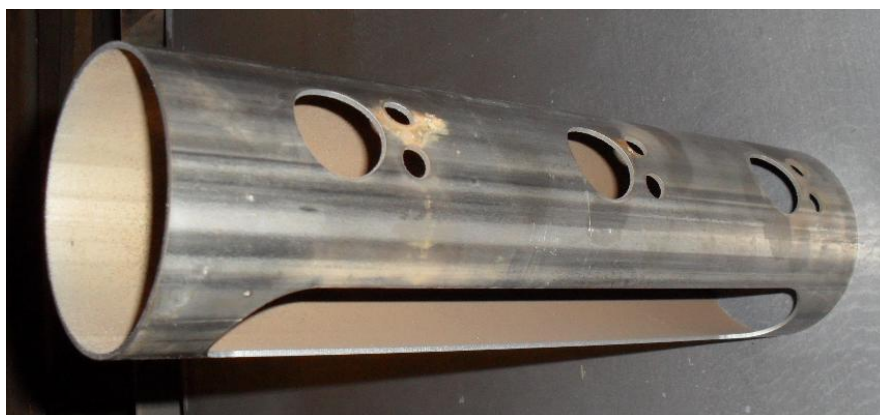


Рис. 2

Резка волоконным лазером (в сравнении с CO_2 -лазером) характеризуется меньшим размером пятна лазерного излучения в фокальной плоскости и меньшей областью оптимальных

режимов. В целом качество резки металлических материалов волоконным лазером не хуже качества, достигаемого на CO₂-лазерах фирмы TRUMPF.

Лазерная термообработка (ЛТО) — способ локальной модификации поверхности металлов. Преимущества ЛТО — возможность обработки в труднодоступных местах, минимальный объемный нагрев детали, отсутствие коробления, возможность обработки отдельных участков после сборки конструкции или узла.

Технология ЛТО давно известна, но ее промышленное применение сдерживалось рядом экономических и технологических факторов, среди них отметим низкую энергетическую эффективность и необходимость нанесения поглощающих излучение покрытий при обработке мощными CO₂-лазерами. Авторами настоящей статьи были исследованы возможности проведения лазерной термообработки с использованием волоконных лазеров без поглощающих покрытий. Первые результаты оказались обнадеживающими. Лазерной закалке подвергалась резьба буровых труб из сложнолегированной стали. Твердость основы HRC — 26—28. Режим обработки: мощность излучения — 900 Вт; линейная скорость обработки — 2 м/мин; технологический газ — воздух; давление газа — 0,3—0,4 атм.

На рис. 3 проиллюстрировано лазерное упрочнение резьбы буровой трубы: HRC закаленного слоя — 52—54; глубина слоя — 0,5 мм; ширина дорожки — 2 мм.



Рис. 3

Получение положительных результатов стало возможным в том числе благодаря надежности и стабильности лазера ЛС-2 и простоте его эксплуатации.

Производственные затраты на эксплуатацию лазерных комплексов — энергопотребление, расход рабочих газов, как правило, значительны. В условиях производства такие затраты необходимо минимизировать для снижения себестоимости продукции. Это позволит выдерживать жесткую конкуренцию на рынке лазерной обработки материалов. Приведем сравнительные характеристики ЛТК с волоконным лазером и с газовыми лазерами (табл. 5).

Таблица 5

Расход электроэнергии и рабочих газов

Характеристики	ЛТК	ХЕБР-1А	TRUMATIC 3030
Максимальная выходная мощность, кВт	2	1,3	2,6
Суммарная установочная мощность, кВт	25	45	72
Расход рабочих газов, л/ч:			
He	—	85	13
N ₂	—	27	6
CO ₂	—	5	1

Видно, что применение волоконных лазеров позволяет существенно снизить затраты на электроэнергию и рабочие газы. Такие показатели привлекательны для производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дианов Е. М. Волоконная оптика: от систем связи к „нервным системам“ // Вестн. РАН. 2007. Т. 77, № 8. С. 714—718.
2. Валиулин А., Горный С., Гречко Ю., Патров М., Юдин К., Юревич В. Лазерная маркировка материалов // Фотоника. 2007. № 3. С. 16—21.
3. Шиганов И., Холопов А. Лазерная сварка алюминиевых сплавов // Фотоника. 2010. № 3. С. 6—10.
4. Игнатов А., Криворотов В., Миргородский В. Лазерные сварные соединения из коррозионно-стойких сталей // Фотоника. 2010. № 2. С. 18—21.

Сведения об авторах**Евгений Павлович Маркин**

— ООО „СП «Лазертех»“, Санкт-Петербург; главный инженер

Александр Константинович Лозовой— ООО „СП «Лазертех»“, Санкт-Петербург; главный технолог;
E-mail: lozovoy.58@mail.ru**Сергей Николаевич Смирнов**— ООО „СП «Лазертех»“, Санкт-Петербург; генеральный директор;
E-mail: lasertex@mail.ru**Юрий Генрихович Яхонтов**— ООО „СП «Лазертех»“, Санкт-Петербург; начальник НТО;
E-mail: yuri84@yandex.ru

Рекомендована
программным комитетом Конференции

Поступила в редакцию
08.09.10 г.