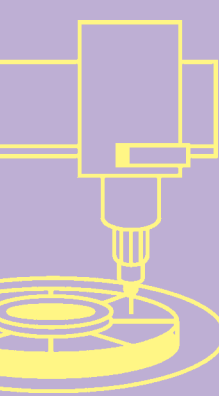


# ЛАЗЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ



**К**ачество сварного шва зависит от мощности излучения, его модового состава, поляризации, условий фокусирования. С помощью оптических систем, управляя плотностью мощности лазерного излучения, легко перестраивать оборудование с выполнения резки на сварочные операции. Кораблестроительные, авиастроительные предприятия, поставщики углеводородов и сжиженных газов повысят свою конкурентоспособность, если более широко будут переходить на лазерные технологии.

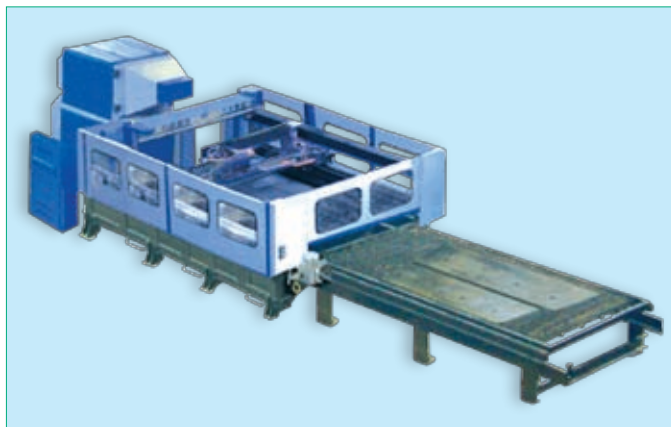
Лазерная резка металлов и неметаллов позволяет эффективно и быстро изготавливать сложные детали при создании прецизионных конструкций. Ненужной становится механическая обработка, деталь сразу поступает на операции гибки, сварки или покраски. Кроме того, лазерная резка позволяет унифицировать оборудование, использовать его независимо от вида выпускаемой продукции. Это облегчает использование одного и того же оборудования для выпуска разных видов продукции.

ЗАО "Лазерные комплексы" выпускает станки с полем обработки 1,5×2,5 и 1,5×3 м, в которых для резки используются CO<sub>2</sub>-лазеры мощностью от 1,5 до 3 кВт [1] с возможностью резки листовой стали толщиной от 1 до 20 мм (рис.1). Для эффективности многоступенчатых операций при резке по сложному контуру (штампованных изделий, обрезки облоя после литья) производятся пятикоординатные лазерные станки с CO<sub>2</sub>-лазером мощностью 2,2 кВт (рис.2) и лазер-роботы с оптоволоконными лазерами мощностью от 1 до 3,5 кВт (рис.3). Один лазерный станок может выполнять две технологические операции: резки и последующей сварки конструкций. Такое специализированное оборудование, по требованию заказчика, комплектуется дополнительными системами: оптическим электронным зрением с исполнительным механизмом наведения лазерного излучения на свариваемый

стык, механизмами подачи присадочной проволоки и защитного газа (рис.4).

Лазерная сварка очень перспективна в создании конкурентоспособной продукции благодаря получению качественного сварного шва, высокой скорости операции, независимости от магнитных полей, наведенных металлическими деталями оборудования. Но ее широкое применение в машиностроении сдерживали жесткие требования к проведению длительных и дорогих испытаний сварных соединений, получение разрешительных отраслевых документов о соответствии сварных соединений техническим условиям и стандартам. Тем не менее, за последнее время в ЗАО "Лазерные комплексы" отработаны и внедрены технологии лазерной сварки нержавеющей труб с испытанием сварных соединений (рис.5, 6). На ВАЗ и ЗИЛ передана технология лазерной сварки шестерен для коробки передач вместе с оборудованием. Начиная с 1990 года, предприятие совместно с научными институтами ВНИИГАЗ и ВНИИСТ и трубными заводами России и Украины отрабатывает технологию лазерной сварки газонефтепроводных труб [2–4], разрабатывается лазерный трубосварочный стан (рис.7).

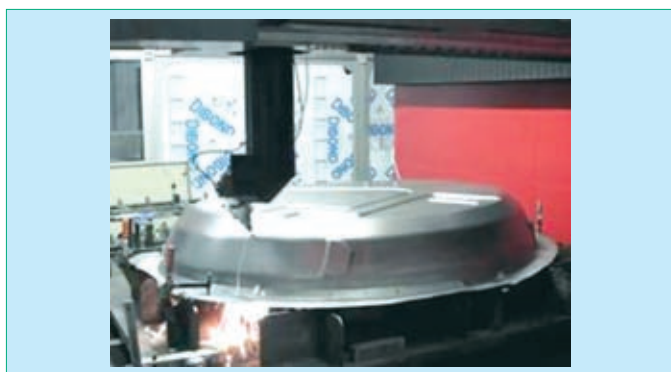
Проведенные в ЗАО "Лазерные комплексы" исследования сварных соединений углеродистых и легированных марок сталей показали [5–9] высокую технологическую прочность



**Рис.1** Лазерный станок по резке сталей лазером Тл-2 с рабочим полем обработки 1,5×3 м

в широком диапазоне скоростей сварки (до 30 м/мин). Это объясняется образованием дисперсной первичной структуры с более мелкими элементами в зоне сварного шва, чем при дуговой сварке. Такая структура препятствует зарождению в нем горячих трещин. При последующем охлаждении в зоне шва образуется вторичная дисперсная структура, которая препятствует росту холодных трещин. В итоге прочность лазерного сварного соединения (рис.8а) оказывается равнопрочной основному металлу.

Замеры термического цикла охлаждения в температурных интервалах хрупкости показали высокие скорости охлаждения: для металла в твердожидком состоянии – до 2000°С/с, а в интервале температур аустенитного превращения – 500–800°С/с [10]. Столь быстрое охлаждение металла снижает пластические свойства сварных соединений. Прежде всего, уменьшается ударная вязкость и увеличивается твердость металла в зоне шва и зоне термического влияния. Проблему решает лазерная сварка двумя и более лучами. Согласно техническим требованиям, максимально допустимая твердость трубных сталей 17Г1СУ, 10Г2БТ, 08Г1НФБ толщиной от 8 до 14 мм составляет 260 НВ. При однолучевой лазерной сварке твердость металла в сварной зоне достигала 360–410 НВ. Двухлучевая лазерная сварка позволила снизить твердость до 243–257 НВ.

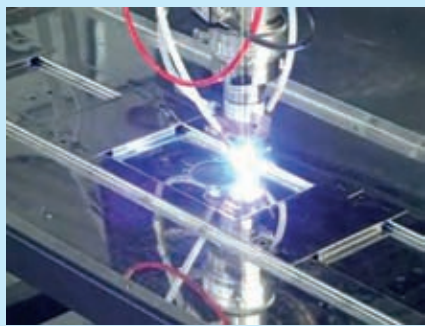


**Рис.2** Пятикоординатный лазерный станок для прецизионной резки объемных конструкций



**Рис.3** Лазер-робот с оптоволоконным лазером для резки, сварки и наплавки объемных конструкций

Основной сдерживающий фактор применения лазеров в таких отраслях, как металлургия, авиастроение и судостроение, подготовка зазора в свариваемых соединениях. Лазерное излучение после фокусировки сосредоточено в пятне диаметром от 0,2 до 1 мм. Если зазор в стыке свариваемых образцов превышает 0,1–0,25 мм, то одним лазерным лучом нельзя сформировать качественный сварной шов. Двухлучевая лазерная сварка обеспечивает надежные сварные соединения при зазоре в стыке 0,5–0,65 мм (рис.8б), а трехлучевая – до 0,95–1,2 мм (рис.8в). При этом сохраняются высокие скорости лазерной сварки. Так, японская фирма Nittetsu Technoresearch на одном из трубных заводов применяет



**Рис. 4** Пятикоординатный станок для сварки сложных объемных конструкций

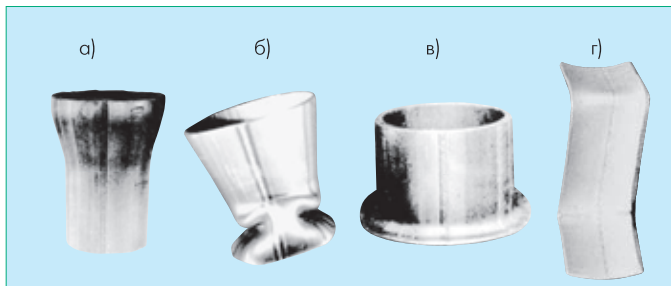


**Рис. 7** Трубосварочный стан для лазерной сварки газонефтепроводных труб

уже готовое лазерное оборудование для обработки металлов, а также разработать для них технологии и лазерное оборудование.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. ЗАО "Лазерные комплексы". – www.lasercomp.ru.
2. Грезев А.Н., Лукьяненко В.Л., Забелин А.М. Свойства соединений стали 08Х18Н10Т, выполненных лазерной сваркой. – Автоматическая сварка, 1989, №12, с.63–64.
3. Григорьянц А.Г., Грезев А.Н., Грезев Н.В. Разработка технологии лазерной сварки сталей, используемых в трубной металлургии. – Технология машиностроения, 2005, № 10, с.32–37.
4. Грезев А.Н., Романцов И.А., Горицкий В.В. Натурные испытания нефтегазопроводных труб диаметром 530 мм, сваренных лазерным лучом. – Черная металлургия, 2004, № 9, с.40–44.
5. Рыбаков А.А., Якубовский В.В., Грезев А.Н. и др. Исследование работоспособности сварных соединений трубных

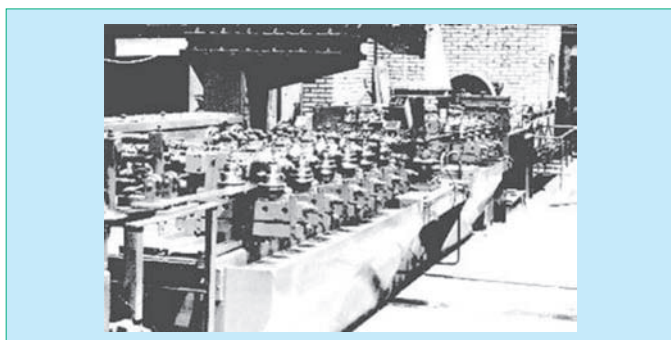


**Рис. 5** Результаты испытания образцов труб, сваренных лазерным лучом: а – раздача конусом; б – сплющивание; в – бортование; г – коррозионные испытания

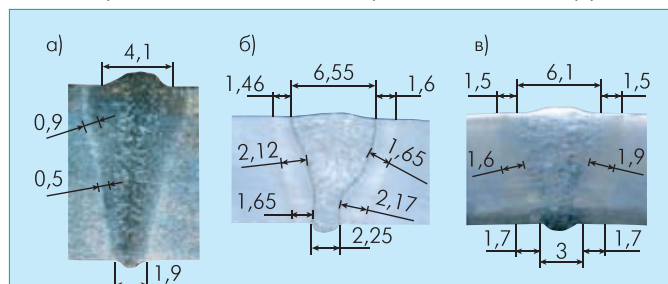
лазерную сварку труб диаметром 609 мм с толщиной стенки 16 мм. Сварка выполняется CO<sub>2</sub>-лазером мощностью 25 кВт со скоростью 5 м/мин. Предварительный подогрев свариваемых кромок до 800°C позволил увеличить скорость сварки в 2 раза [11].

Лазерная наплавка металлов спецсплавами позволяет регулировать структуру поверхностного слоя, придавая изделию высокие эксплуатационные свойства. Отличительная особенность лазерной наплавки – локальность тепловложения. Это исключает глубокое расплавление основного металла (≤0,05–0,15 мм) и остаточные деформации конструкции, что обеспечивает высокую износостойкость наплавленного металла. Лазерная наплавка в 2–4 раза увеличивает срок эксплуатации изделия. В частности, она применима для восстановления коленчатых валов двигателя внутреннего сгорания (рис.9).

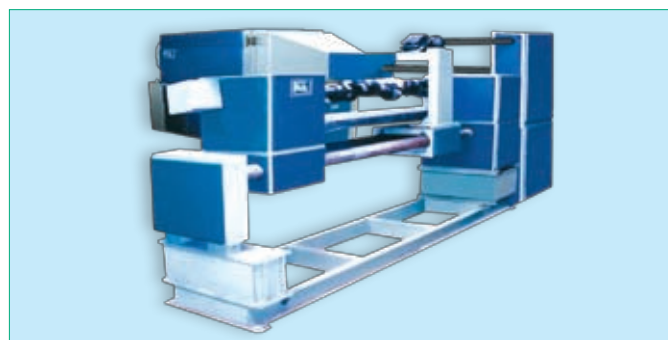
Оборудование ЗАО "Лазерные комплексы" успешно работает в авиа- и автомобилестроении. ЗАО "Лазерные комплексы" может предложить машиностроительным предприятиям



**Рис. 6** Трубосварочный стан для лазерной сварки нержавеющих труб



**Рис. 8** Геометрические параметры сварных соединений при лазерной сварке с присадочной проволокой трубной стали толщиной 8 мм: а – однолучевая сварка на мощности излучения 10 кВт, V<sub>св</sub>=1 м/мин; б – двухлучевая сварка на суммарной мощности 8 кВт, V<sub>св</sub>= 0,8 м/мин; в – трехлучевая сварка на суммарной мощности 10 кВт, V<sub>св</sub>= 0,8 м/мин



**Рис. 9** Оборудование по лазерной наплавке коленчатых валов ДВС

сталей 10Г2БТ, выполненных двухпроходной лазерной сваркой. – Автоматическая сварка, 1995, № 7, с.12–17.

6. Григорьянц А.Г., Грезев А.Н., Федоров В.Г. и др. Сравнение технологической прочности соединений, выполненных лучевыми и дугowymi способами сварки. – Автоматическая сварка, 1980, № 10, с.11–14.

7. Грезев А.Н., Григорьянц А.Г., Федоров В.Г. Структура и механические свойства разнородных соединений, выполненных лазерной сваркой. – Автоматическая сварка, 1984, № 9, с.46–49.

8. Грезев А.Н., Басков А.Ф., Лукьяненко В.Л. Сопrotивляемость образованию горячих трещин в швах аустенитных сталей при лазерной сварке на больших скоростях. – Сварочное производство, 1996, № 8, с.15–17.

9. Высоконадежный трубопроводный транспорт. – Шатура: ЗАО "Лазерные комплексы", 2000.

10. Грезев А.Н., Григорьянц А.Г., Федоров В.Г. Технологическая прочность и выносливость при лазерной сварке конструкционных сталей. – В кн.: Повышение качества и эффективности сварочного производства на предприятиях г.Москвы. – М.: Знание, 1980, с.11–15.

11. Katsuhiko Minamida. Development of high power laser applications in steel industry. – Ferrum, Japan, 2000, v.6, №2, p.105–110.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Ю. Айхлер, Г.-И. Айхлер Лазеры. Исполнение, управление, применение

Лазеры играют важнейшую роль в сфере технических измерений, информационных технологий, обработки материалов, медицине и в других областях знаний. В книге дается обзор наиболее распространенных типов лазеров с описанием их многочисленных применений. Рассматриваются основы лазерной оптики, оборудование для анализа лазерного излучения, приводятся характеристики лазерных материалов. Заключительные главы посвящены рассмотрению наиболее важных областей применения лазерных установок и перспектив их дальнейшего развития.

Простота и доступность изложения делает книгу прекрасным пособием для студентов вузов, преподавателей, учителей и школьников.

2008. – 440 с., ISBN 978-5-94836-167-3, формат 70x100/16, переплет



О приобретении книги можно узнать:

по телефону (495) 234-01-10,

по e-mail: [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru), [pochta@technosphera.ru](mailto:pochta@technosphera.ru)

или на сайте [www.technosphera.ru](http://www.technosphera.ru).

## Российско-германский семинар-совещание по вопросам внедрения лазерных технологий

Уже много лет немецкие и российские компании ведут совместные проекты в области лазерных технологий. Широкие возможности от использования их результатов привлекают к новым работам большое внимание потребителей. Этому был посвящен российско-германский семинар-совещание по вопросам внедрения лазерных технологий в промышленность.

В конце ноября в Санкт-Петербурге прошел российско-германский семинар-совещание по вопросам внедрения лазерных технологий в промышленность. Он был организован по решению Федерального Агентства по Науке и Инновациям, принятому совместно с правительством Санкт-Петербурга, ЦНИИ Технологии Судостроения, Российско-германским лазерным технологическим центром, Центром коллективного пользования "Лазерные оптические технологии" и Центром лазерных технологий.

Открыл семинар первый заместитель председателя Комитета экономического развития, промышленной политики и торговли Правительства Санкт-Петербурга, доктор экономических наук Фивейский Сергей Андреевич. От немецких партнеров участников семинара приветствовал Михаэль Шмидт, директор Баварского лазерного центра. В работе семинара-совещания приняли участие более 60 российских и немецких ведущих специалистов по лазерной тематике.

М.Шмидт и профессор СПбГУ Г.А.Туричин подробно рассказали собравшимся о немецко-российском сотрудничестве в области лазерных технологий. Новые разработки и достижения германской фирмы Reylase, признанного лидера в области создания лазерных дефлекторов, были представлены в докладе Питера фон Яна. А о современных тенденциях в области промышленного применения лазеров доложил Александр Витальевич Лопота, генеральный директор Центра лазерных технологий. В сообщении В.М.Левшакова, заместителя директора



Знакомство участников семинара-совещания с образцами лазерного технологического оборудования

НТФ "Судотехнология" ФГУП ЦНИИ "Технологии судостроения", были ясно обозначены перспективы внедрения в судостроение лазерных технологий. Во время семинара с докладами выступили многие представители малого бизнеса и промышленных предприятий, Лазерных центров Москвы, Урала, Сибири и других регионов России.

Участников семинара-совещания ознакомили с новейшими образцами лазерного технологического оборудования для сварки и резки, маркировки и гравировки, в том числе с волоконными лазерами мощностью 5 и 15 кВт. Специалисты Российско-германского лазерного технологического центра и Центра коллективного пользования "Лазерные оптические технологии" представили вниманию собравшихся свои услуги в области лазерных технологий и пояснили условия их оказания.

А.Игнатов