

Перспективы применения лазерных технологий в трубопроводном строительстве

Лазерный луч как технологический инструмент может применяться для ведения целого ряда технологических процессов: маркировки, клеймения, сварки, резки, термообработки, легирования, прошивки отверстий, гравировки. Наиболее перспективными областями применения лазерных технологий в нефтегазовой сфере являются современные лазерные технологии для сварки труб большого диаметра и маркировки для идентификации, контроля качества и автоматизированного учета продукции на всем цикле производства.

А.В. Лопота
Генеральный директор ООО «Центр лазерных технологий», Санкт-Петербург



Г.А. Туричин
Директор по науке ООО «Центр лазерных технологий», Санкт-Петербург



В.В. Харламов
Инженер-оптик ООО «Центр лазерных технологий», Санкт-Петербург



Задачи, которые стоят перед отраслью, можно сформулировать следующим образом:

- необходимость повышения рабочих давлений внутри трубы с целью увеличения ее пропускной способности;
- строительство трубопроводных систем в районах со сложным рельефом местности, прокладка их по дну морей делает их ремонт сложным и дорогим или полностью невозможным;
- необходимость соблюдения норм по экологической безопасности, исключающих загрязнение территорий и водных акваторий;
- повышение качества производимых труб и осуществление его контроля при производстве и эксплуатации;
- автоматизация производственных процессов и др.

Частично эти задачи позволяет решить применение современных лазерных и гибридных технологий.

До недавнего времени внедрение лазерных технологий в производство труб сдерживалось высокой стоимостью лазерного оборудования и низким КПД лазеров. Появление волоконных лазеров в корне изменило ситуацию. Волоконные лазеры, обладая высоким КПД и большим ресурсом работы (более 100 000 часов), позволяют получать лазерное излучение мощностью до 50 кВт, что открывает новые возможности применения лазеров в технологиях сварки. Кроме того, одним из ведущих производителей волоконных лазеров является отечественная компания. Наличие такого поставщика дает российским производителям технологического оборудования преимущество по сравнению с зарубежными, которые в большинстве случаев используют для своих целей газовые или твердотельные лазеры. В **таблице 1** представлены сравнительные характеристики различных типов лазеров, применяемых в технологиях сварки, из которых видно преимущество использования волоконных лазеров в технологических комплексах.

Использование лазерных технологий при сварке швов

Зона сварных соединений наиболее опасна в производстве труб с точки зрения наличия скрытых дефектов и возможности разрушения. В настоящее время при монтаже трубопроводов применяют традиционные способы ручной дуговой сварки плавящимся электродом, являющиеся очень трудоемкой операцией и требующие высококвалифицированных рабочих-сварщиков. Применение ручного труда не гарантирует отсутствие дефектов и приводит к большим затратам на ремонт шва еще на стадии монтажа трубопровода. Вместе с тем, дуговая сварка не обеспечивает требуемых механических

Технология производства труб большого диаметра, использующихся в нефтегазовой отрасли, остается неизменной уже в течение десятилетий. Введение новых жестких требований к качеству сварного шва вынуждает производителей искать новые инновационные пути производства таких труб.

таблица 1. Сравнительные характеристики разных типов лазеров

	Волоконный лазер	Nd:YAG лазер	CO ₂ -лазер	Дисковый лазер
КПД	30%	≈5%	≈10%	15%
Выходная мощность	до 50kW	до 6kW	до 20Kw	до 4kW
Гарантийный срок службы, час	100 000	10 000	N.A.	10 000
Стоимость норма-часа работы, руб.	220	390	250	360
Текущий ремонт	Не требуется	Часто	Требуется	Часто

свойств сварного соединения при сварке новых высокопрочных сталей (X80). Применение лазерного источника нагрева позволяет уменьшить тепловложение и деформации обрабатываемой конструкции, увеличить точность обработки, снизить трудозатраты на последующую обработку конструкции, повысить производительность технологического процесса. Все перечисленное делает лазерные сварочные технологии предпочтительнее по сравнению с традиционными методами, однако на пути их широкого внедрения стоит ряд препятствий. Главными недостатками лазерной сварки применительно к сварке труб являются высокие требования по сборке кромок и невозможность получения требуемых механических свойств сварного шва и зоны термического влияния.

Исследования последних лет, проводимые в нашей стране и за рубежом, показали перспективность гибридных сварочных технологий — сочетание лазерной и дуговой сварки одновременно.

С одной стороны, такие сварочные процессы позволяют получить узкие сварные швы и зоны термического влияния, а также вести сварку на высоких скоростях, характерных для лазерной сварки. С другой стороны — существенно снизить требования по точности сборки свариваемых элементов, что, в свою очередь, резко снижает стоимость сборочных приспособлений и собственно операций сборки, а также повышает ее производительность. Предварительный анализ сварных соединений и теплового воздействия при лазерно-дуговой сварке показывает, что при использовании этой технологии сварные швы и зоны термического влияния могут быть достаточно узкими, поэтому можно добиться положительного влияния на прочность сварного соединения. Кроме того, лазерно-дуговая сварка обеспечивает свариваемость специальных трубных сталей за счет дополнительного легирования от электродной проволоки.

В ряде европейских стран уже существуют пилотные технологии, позволяющие производить гибридную сварку труб (рисунки 1), судовых секций, железнодорожных вагонов и строительных конструкций.

В России разработкой технологии и созданием оборудования для лазерно-дуговой сварки металлов больших толщин (в частности, труб больших толщин) за-



рисунки 1.
Лазерно-дуговая
сварка трубных секций

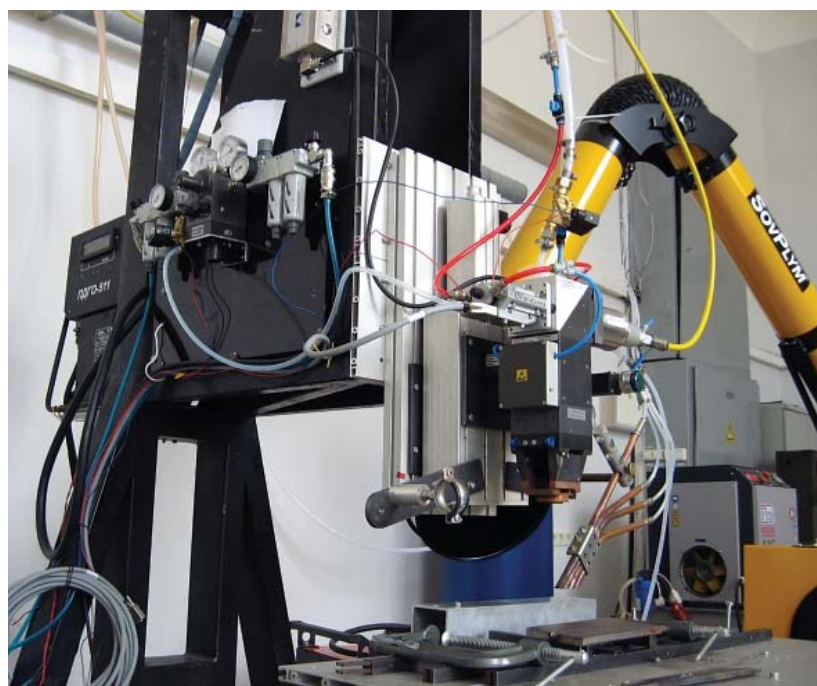
рисунки 2.
а — волоконный
лазер 15 кВт; б —
экспериментальная
установка

нимается ООО «Центр Лазерных Технологий», Санкт-Петербург (ЦЛТ). Создание оборудования подобного рода требует глубокой научно-теоретической проработки, поэтому работы проводятся совместно с Институтом лазерных и сварочных технологий СПбГПУ, Санкт-Петербург (ИЛИСТ). Разрабатываемый технологичес-

кий комплекс для сварки труб больших толщин оснащен современным волоконным лазером мощностью 15 кВт, аппаратом дуговой сварки, системами наведения и мониторинга процессов. Данный комплекс позволяет сваривать стали нового поколения X80 толщиной до 15 мм со скоростями до 3 м/с за один проход.



2а



2б

рисунок 3.
 Поперечное сечение
 лазерно-дугового шва.
 Скорость сварки
 1,8 м/мин

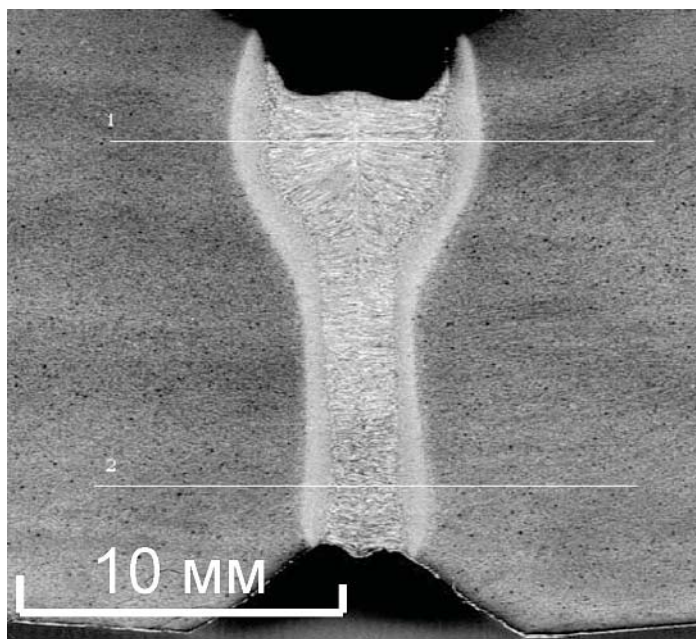


рисунок 4. Лазер-
 ный маркирующий
 комплекс FMark-20RL



Совместное использование результатов компьютерного моделирования и экспериментальных исследований позволило разработать технологию лазерно-дуговой сварки сталей класса X80.

Результат лазерно-дуговой сварки трубной заготовки представлен на **рисунке 3**.

Очевидно, что процесс создания высокотехнологичного лазерного и гибридного оборудования достаточно трудоемок. Требуются немалые затраты для воплощения научных идей на практике. Разработка и производство обо-

рудования подобного рода невозможны без привлечения высококвалифицированных инженерных кадров, а отработка технологий требует проведения большого количества экспериментов и использования дорогостоящего оборудования.

В настоящий момент технологический комплекс для сварки труб больших толщин проходит цикл предварительных испытаний. Экономическая оценка окупаемости оборудования гибридной лазерно-дуговой сварки составляет 2 года.

Лазерная маркировка

Другой перспективной областью применения лазерных технологий в нефтегазовой отрасли является лазерная маркировка. Современная логистика производства требует автоматизированных систем учета и идентификации. Необходимость учета и контроля качества продукции на всем протяжении цикла

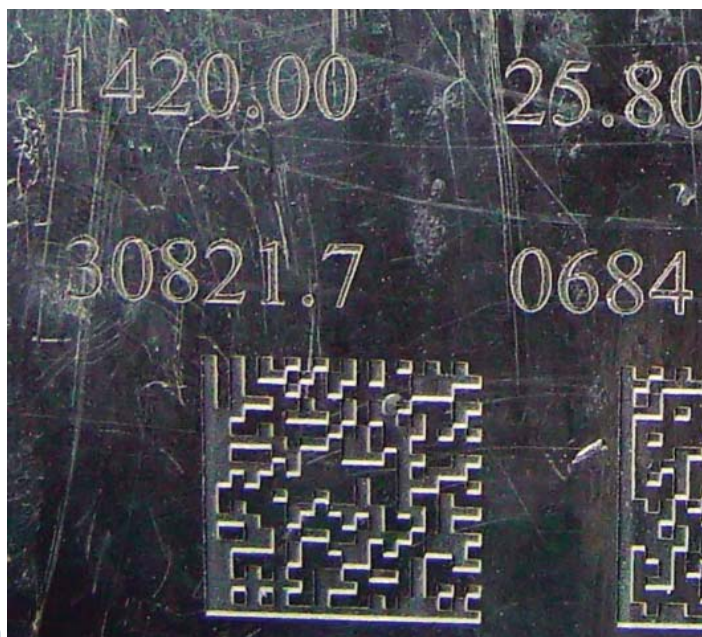
изготовления становится неотъемлемой частью современного производства. Внедрение лазерной маркировки в процесс производства промышленной продукции является актуальной задачей. Нанесение информации лазером — это бесконтактный метод, не нарушающий физических свойств маркируемого объекта. Кроме того, полная автоматизация и компьютерное управление процессом позволяют встраивать лазерное оборудование непосредственно в производственную линию.

Лазерная маркировка обладает рядом существенных преимуществ:

- высокая износостойкость;
- полное компьютерное управление;
- гибкий процесс изменения наносимой информации;
- высокий контраст нанесения;
- графическое качество наносимой маркировки сопоставимо с качеством типографической продукции;
- абсолютная повторяемость нанесения;
- полностью автоматизированный процесс;
- отсутствие расходных материалов;
- возможность считывания информации с помощью ручного сканера.

Таким образом, внедрение лазерной маркировки в производство труб позволит создать автоматизированную систему идентификации и учета продукции, проследить весь технологический путь изготовления — от металлопроката до готовой трубы.

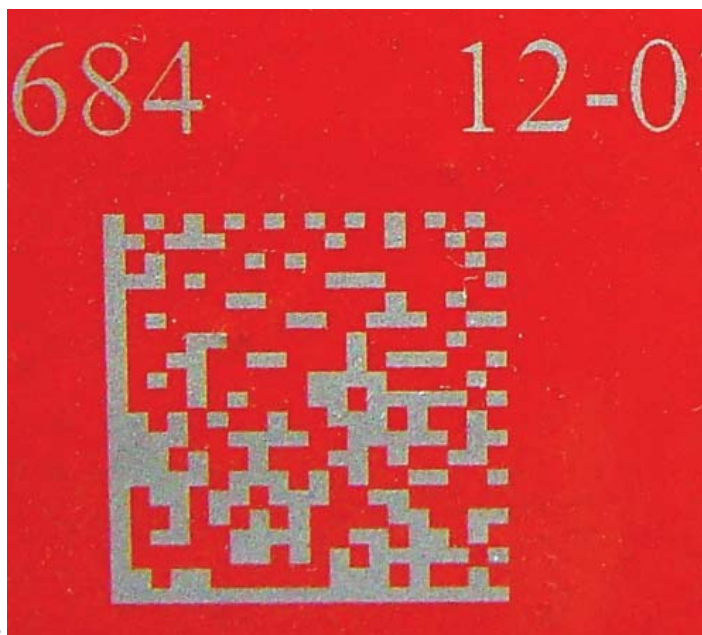
Лазерное оборудование для маркировки в большинстве случаев представляет собой твердотельный или волоконный лазер с системой сканирования, включающей источник питания, персональный компьютер и специализированное программное обеспечение. Современные технологии позволяют сделать такие комплексы компактными и экономичными с возможностью адаптации к любым производственным условиям (**рисунок 4**). Образцы лазерной маркировки трубной продукции, сделанные с помощью лазерного маркирующего комплекса FMark-20RL, представлены на **рисунке 5**. Изображение четкое, достаточно контрастное и легко считывается.



5a



5б



5в



6

рисунок 5. Лазерная маркировка на непокрытой трубе, на защитном покрытии и на окрашенной трубе

рисунок 6. Результат испытания образца с лазерной маркировкой на разрыв

Образцы трубной промышленности с лазерной маркировкой подвергались механическим испытаниям на разрыв и сгиб. Как видно из **рисунка 6**, лазерная маркировка никак не повлияла на изменение механических свойств образцов.

В заключении стоит отметить, что современный уровень развития техники позволяет перейти на качественно новый уровень производства в нефтегазовой отрасли. Длительный опыт использования лазерных технологий отечественными и западными компаниями, а также экономический анализ позволяют говорить о технологической необходимости и экономической целесообразности внедрения лазерных технологий на отечественных предприятиях. Затраты на переоборудование производства окупаются качеством и надежностью производимой продукции, что немаловажно для стратегически важной для России отрасли. Тем более, что российские разработки в данной области не уступают западным, а по экономической эффективности — даже превосходят.

Гибридные лазерные технологии смогут стать мощным средством модернизации российского промышленного производства и инструментом для обеспечения конкурентоспособности российских товаров на внутреннем и внешнем рынках. Внедрение в производство лазерных и лазерно-дуговых технологий позволит повысить производительность и улучшить условия труда, снизить энерго- и материалоемкости производства, повысить гибкость производства и уровень автоматизации производственных процессов, а также обеспечить экологическую безопасность.

[1] Туричин Г.А. Моделирование динамического поведения сварочной ванны при лазерной и гибридной сварке с глубоким проплавлением / Г.А.Туричин, Е.А.Валдайцева, Е.Ю.Поздеева, Е.В.Земляков, А.В.Гуменюк // Автоматическая сварка. — 2008. — №7. — с. 15–19.

[2] Туричин Г.А. Особенности формирования сварных швов при лазерной и гибридной сварке металлов больших толщин с помощью мощных волоконных лазеров / Г.А.Туричин, И.А.Цибульский, Е.В.Земляков, В.В.Харламов // Труды СПбГПУ. — 2009. — № 1.

[3] Штауфер Г. Лазерная гибридная сварка // Труды Международной конференции «Сварка и соединение 2000: Новые материалы и новые перспективы. Израиль, 2000» — М.: СпецЭлектрод, 2000. — с. 52–61.

[4] Dilthey U. Prospects by combining and coupling laser beam and arc welding processes / U.Dilthey, A. Wieschemann // Rivista Italiana della Saldatura. — 2000. — vol. 52, №. 6. — p. 749–759.

[5] Stauer H. Laserhybrid welding — a powerful joining technology / H. Stauer, H. Hackl // Proceedings of the 7th Int. Aachener Schweisstechnik Kolloq., Germany, Aachen, 2001. — Vol. 1. — p. 477–488.