УДК 621.791.947.2.03:621.375.826

СОВРЕМЕННЫЙ РЫНОК ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ СВАРКИ И ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

В. Н. БЕРНАДСКИЙ, **В. Д. ШЕЛЯГИН**, кандидаты техн. наук, **О. К. МАКОВЕЦКАЯ**, канд. экон. наук
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Рассмотрены современное состояние и уровень производства промышленных лазеров и лазерных систем для обработки материалов, объем мирового и региональных рынков лазерного оборудования, а также рынка лазерного сварочного оборудования.

Ключевые слова: промышленные лазеры, лазерные системы, производство, рынок, сварочное оборудование

Лазерная техника и лазерные технологии — это современное и динамично развивающееся научно-технологическое направление, во многом определяющее уровень различных областей применения, включая медицину, информатику, телекоммуникации и обработку материалов. Лазерные технологии стали основой инновационного развития многих наукоемких отраслей производства, например, автомобилестроения, а современная микроэлектроника вообще невозможна без лазерных технологий. Иными словами, применение лазера и лазерных систем при обработке и соединении материалов привело к возникновению в ряде случаев безальтернативных областей их технологического применения и создала условия для реализации принципиально новых конструктивно-технических решений.

Универсальность лазерного излучения как технологического инструмента проявляется в том, что его можно применять для выполнения целого перечня технологических процессов — резки, сварки, термообработки, поверхностного легирования, прошивки отверстий, очистки поверхностей, наплавки, маркировки и др. Применение волоконной оптики для транспортировки луча значительно расширяет технико-технологические возможности лазерных систем [1].

Лазерная техника и технологии обработки материалов обеспечивают высокую производительность труда и качество, экономию энергии и материалов, расширяют возможности применения в конструкциях труднообрабатываемых материалов при одновременной гарантии экологической чистоты производства. Эти и другие факторы способствовали тому, что технологические лазеры и лазерные системы нашли широкую и эффективную сферу применения и в сварочном производстве.

Современная лазерная техника на мировом и региональном рынках представлена двумя большими группами — лазерами и лазерными системами [2]. Они предназначены непосредственно для обработки материалов и классифицируются как промышленные или технологические лазеры и лазерные системы. В свою очередь, промышленные лазерные системы разделяются на два класса: лазерные системы для макрообработки материалов, к которым отнесены системы для сварки, резки, маркировки, гравировки, обработки, упрочнения и обработки поверхности материала; лазерные системы для микрообработки, которые включают системы, используемые в полупроводниковой промышленности, производстве микроэлектроники и печатных плат, а также системы на эксимерных лазерах для микролитографии.

В 2006 г. общемировой объем продаж лазеров и лазерных систем составил около 50 млрд евро. Сектор промышленных лазеров и лазерных систем для обработки материалов на мировом рынке лазеров сравнительно невелик и составляет около 15 % (табл. 1), но темпы его ежегодного роста достаточно велики. Так, за прошедшие 10 лет

Таблица 1. Структура мирового рынка лазеров и лазерных систем по областям их применения, 2006 г. [2]

Области применения	Лазеры, млрд евро	Лазерные системы, млрд евро
Телекоммуникации	1,21	9,5
Обработка материалов	2,0*	5,8**
Микролитография	—	5,1
Информационные технологии (офисная и бытовая техника)	1,29	21,0
Медицина	0,54	1,3
Научные исследования и разработки	0,41	2,0
Всего	**5,45**	**44,7**

* Включая микролитографию.
** Не включены лазеры, лазерные системы для микролитографии.

© В. Н. Бернадский, В. Д. Шелягин, О. К. Маковецкая, 2007

Таблица 2. Мировой рынок промышленных лазеров и лазерных систем [3]

Наименование	2005	2005/2004, %	2006	2006/2005, %	2007*	2007/2006, %
Количество, шт.	35 165	12	37 525	6	39 955	6
Лазеры, млн дол.	1 241	6	1 322	6	1 405	6
Лазерные системы, млн дол.	4 318	16	4 710	9	5 150	9
* Прогнозная оценка.						

Таблица 3. Мировой объем производства промышленных лазеров, шт. [3]

Тип лазера	2005	2006	2006/2005, %	2007*	2007/2006, %
CO_2-лазер	19 940	21 800	9	23 320	7
Твердотельный	11 275	9 725	–14	9 285	–4
Волоконный	3 475	5 450	57	6 750	31
Другие	475	550	16	600	9
Всего	**35 165**	**37 525**	**7**	**39 955**	**6**
* Прогнозная оценка.					

объем продаж возрос на 180 %. Общая структура мирового рынка лазеров и лазерных систем по областям их технологического применения представлена в табл. 1.

Достаточно полное и достоверное представление о нынешнем состоянии мирового рынка промышленных лазеров и лазерных систем дали результаты маркетинговых исследований, выполненных по инициативе журналов «Industrial Laser Solution» [3] и «Laser Focus World»*. Согласно данным этих исследований, в 2006 г. на мировом рынке было продано 37 525 ед. промышленных лазеров и лазерных систем на сумму более 6 млрд дол. В табл. 2 представлены данные, полученные благодаря этим исследованиям, об объемах продаж и динамике их роста за период 2005–2006 гг., а также прогнозная оценка на 2007 г.

По оценкам экспертов, 2006 г. был успешным для производителей промышленных лазеров и лазерных систем. В среднем доход от продаж промышленных лазеров возрос на 7 %, а лазерных систем — на 9 %. Такой же темп развития рынка промышленных лазеров (6…9 %) дает и прогнозная оценка на 2007 г. Ожидается, что объем продаж в этом году составит около 40 тыс. ед. оборудования. Оценивая рынок промышленных лазеров в 2006 г., эксперты также отмечают, что почти все произведенные лазеры продавались в составе лазерных систем, т. е. на мировом рынке уже наметился определенный дефицит единичных лазеров, необходимых, в частности, для их замены при ремонте технологических систем.

Последнее десятилетие характеризуется не только ростом объема производства технологических лазеров, но и увеличением количества их типов, расширением диапазона их мощности и технологических возможностей. В табл. 3 представлены количественные показатели мирового производства основных типов промышленных лазеров, в том числе предназначенных и для лазерных технологических систем [3].

Для современного и динамичного рынка лазеров характерно непрерывное перераспределение объемов производства различных типов лазеров. Так, производство CO_2-лазеров пока сохраняет свое ведущее положение на лазерном рынке и достаточно высокий (9 %) рост (табл. 3), что обусловлено увеличением спроса на маломощные CO_2-лазеры, объем продаж которых в 2006 г. составил почти 60 % общего количества реализованных CO_2-лазеров.

В секторе твердотельных промышленных лазеров (на основе алюмоиттриевого граната с оптической ламповой или диодной накачкой) идет заметное снижение производства (–14 % в 2006 г.) и объема продаж (9 % в 2006 г.). В первую очередь это связано с ростом производства прогрессивных волоконных лазеров, который в 2006 г. составил 5 450 ед., или 57 % объема их производства в 2005 г. (табл. 3).

В секторе технологических лазеров малой мощности волоконные лазеры в настоящее время составляют серьезную конкуренцию твердотельным лазерам с оптической накачкой, отбирая существенную долю рынка, особенно в группе технологических лазеров для маркировки. Мощные волоконные лазеры — это реальная альтернатива мощным CO_2-лазерам, в частности, за счет более высокого КПД, стабильной выходной мощности, малой производственной площади, возможности транспортировки лазерного луча по оптическому световоду на расстояние до 300 м. Такому положению соответствует и динамика сегмента волоконных лазеров: на 2007 г. специалисты прогнозируют количественный рост их выпуска на 31 %.

Производство диодных и эксимерных лазеров мощностью 1…4 кВт (в табл. 3 «Другие») в 2006 г. возросло на 16 %, и в будущем этот сегмент лазерного рынка, по-видимому, сохранит ежегодный прирост в среднем на 8…12 % [3].

Если в табл. 3 дана количественная оценка мирового рынка промышленных лазеров и лазерных

* Результаты маркетинговых исследований фирмы «Opetch Consulting» и «Industrial Laser Solution», приведенные в настоящей статье, имеют некоторые расхождения.

Таблица 4. Объемы продаж (млн дол.) на мировом рынке лазерной техники в 2006 и 2007 гг. [3]

Тип лазера	Лазеры				Лазерные системы			
	2006	2006/2005, %	2007*	2007/2006, %	2006	2006/2005, %	2007*	2007/2006, %
CO_2-лазер	696	10	751	8	2 545	9	2 850	12
Твердотельный	431	–9	411	–5	1 680	0,3	1 670	–0,06
Волоконный	147	61	190	29	380	65	495	30
Другие	48	20	53	10	105	21	127	20
Всего	**1 322**	**7**	**1 405**	**6**	**4 710**	**9**	**5 142**	**9**

* Прогнозная оценка.

систем и его структуры, то в табл. 4 представлены стоимостные показатели продаж основных типов единичных лазеров и лазерных систем.

По данным табл. 3 и 4 можно судить и о средней стоимости промышленных лазеров различного типа и мощности, а также о том, что средняя стоимость комплектной лазерной системы примерно в 4...5 раз превышает стоимость единичного лазера того же типа. Приведенные выше данные (табл. 3, 4) также отражают происходящую перестройку рынка промышленных лазеров как между его отдельными секторами, так и внутри каждого из них, что связано не только с конъюнктурой спроса, но и в значительной мере с ростом производства и потребления прогрессивных волоконных лазеров. Это нашло свое отражение и в статистической информации: производители и маркетологи сочли необходимым выделить волоконные лазеры из общего объема выпуска и продаж твердотельных лазеров в самостоятельный сектор.

■ Создание волоконных лазеров является одним из наиболее значительных достижений современной лазерной физики и волоконной оптики конца XX в., позволившим разработать новый высокотехнологический инструмент для обработки материалов. Далее этот тип промышленных лазеров рассматривается более подробно.

Непрерывные волоконные лазеры на основе активных волокон световода, легированных ионами редкоземельных металлов (иттербия и эрбия) отличаются рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционными лазерами, которые, в частности, оказываются в настоящее время вне конкуренции в области лазерной сварки, резки и сверления. Длина волны λ волоконного лазера с иттербиевым легированием оптоволокна составляет 1,07…1,12 мкм, что обеспечивает более эффективное взаимодействие излучения с металлами, чем излучение CO_2-лазеров (λ = 10,6 мкм). В волоконных лазерах достигнуто уникальное качество выходных пучков, определяемое показателем BPP (beam parameter product) или постоянной пре-

Таблица 5. Сравнение промышленных лазеров различных типов [7]

Параметр	Требуется для использования в промышленности	CO_2-лазеры	YAG:Nd с ламповой накачкой	YAG:Nd с диодной накачкой	Диодные лазеры	Волоконные лазеры
Выходная мощность, кВт	1...30	1...30	1...5	1...4	1...4	1...30
Длина волны, мкм	Как можно меньше	10,6	1,064	1,064 или 0,03	0,80...0,98	1,07
BPP, мм·мрад	<10	3...6	22	22	>200	1,3...14
КПД, %	>20	8...10	2...3	4...6	25...30	20...25
Дальность доставки излучения волокном, м	10...300	Отсутствует	20...40	20...40	10...50	10...300
Стабильность выходной мощности	Как можно выше	Низкая	Низкая	Низкая	Высокая	Очень высокая
Чувствительность к обратному отражению	Как можно ниже	Высокая	Высокая	Высокая	Низкая	Низкая
Занимаемая площадь, $м^2$	Как можно меньше	10...20	11	9	4	0,5
Стоимость обслуживания, отн. ед.	То же	1,0...1,5	1	4...12	4...10	0,1
Периодичность замены ламп или лазерных диодов, ч	Как можно больше	—	300...500	2000...5000	2000...5000	>50 000

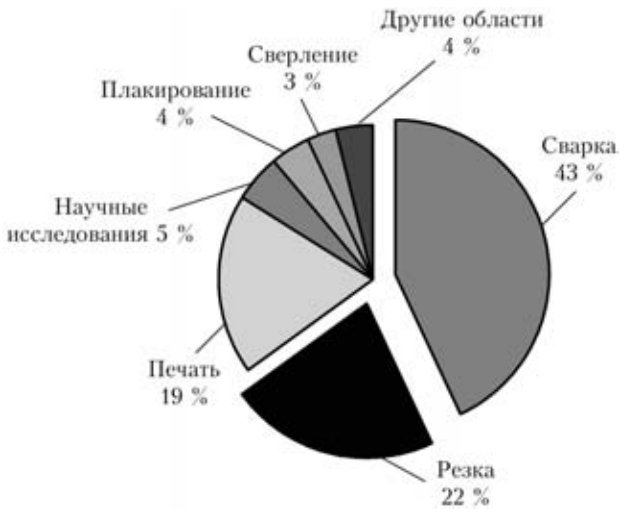

Рис. 1. Структура мирового рынка технологических волоконных лазеров по областям применения (2006 г.) [6]

образования пучка Q; для волоконного лазера мощностью P = 10 кВт ВРР (Q) < 4,5 мм·мрад [4–7].

В табл. 5 дано сравнение основных технических параметров непрерывных лазеров различных типов, что позволяет четко проследить преимущества волоконных лазеров [4].

Наиболее существенным и, пожалуй, единственным фактором, ограничивающим широкое применение, а следовательно, и реализацию мощных технологических волоконных лазеров является их высокая стоимость. Еще несколько лет назад их стоимость составляла 150…450 дол. за 1 Вт мощности, но уже в 2006 г. наметилась тенденция снижения стоимости единичных лазеров. Волоконные лазеры отличаются высокой компактностью; габаритные размеры базового (1 кВт) модуля (типа YLR-1000) составляют 60×79×110 см. Малые размеры и масса лазеров этого типа, воздушное или водяное охлаждение с очень незначительным расходом воды обеспечивают их высокую мобильность и эксплуатационную привлекательность. Кроме того, мощный волоконный лазер при оснащении его оптическим переключателем может обслуживать одновременно от 2 до 6 технологических установок для сварки или резки. При этом общая стоимость такого комплекса существенно ниже, если сравнить его с набором технологических установок, каждая из которых оснащена своим лазером [1, 7].

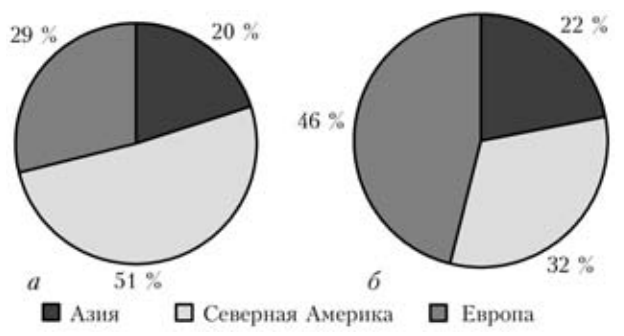

Рис. 2. Доля объема производства (*а*) и продаж (*б*) промышленных лазеров по регионам мира (2006 г.) [3]

Мощные волоконные лазеры обеспечивают однопроходную сварку стали толщиной 4 мм со скоростью 7 (P = 6,9 кВт) и 4 м/мин (P = 4,0 кВт). Волоконные лазеры позволяют также выполнять высококачественную резку металла со скоростью в 3…5 раз выше, чем CO_2-лазеры той же мощности. Так, даже относительно маломощные (P = = 100 Вт) волоконные лазеры позволяют резать сталь толщиной 1,5 мм со скоростью 4 м/мин [4]. В настоящее время в ряде стран ведется проработка инновационных проектов по созданию эффективных технологий сварки на основе мощных волоконных лазеров и в комбинации их с электрической дугой или плазмой (гибридные процессы) применительно к производству сварных труб большого диаметра (1220…1420 мм), а также в области судостроения, энергетического и транспортного машиностроения, аэрокосмического производства и др.

Технологические и во многих случаях экономические преимущества волоконных лазеров ныне обеспечивают значительный общий потенциал роста всего рынка промышленных лазеров и лазерных систем. По мнению экспертов, средний ежегодный темп прироста сектора волоконных лазеров в пределах 30…40 % сохранится на ближайшую перспективу и уже в недалеком будущем объем продаж волоконных лазеров, имеющих весьма высокую единичную стоимость, достигнет рубежа в 1 млрд дол. [4]. Такой рост сопровождается расширением областей технологического применения волоконных лазеров (рис. 1).

■ Наряду с рассмотрением общей характеристики мирового рынка промышленных лазеров и лазерных систем, представляет несомненный интерес и региональное распределение их производства и потребления. Общая картина распределения объемов производства промышленных лазеров и доходов от их реализации по таким трем основным регионам мира, как Западная Европа, Северная Америка и Восточная Азия (Китай, Япония и Республика Корея), представлена на рис. 2.

Рис. 2 наглядно иллюстрирует, что основным регионом-производителем промышленных лазеров являются Северо-Американский регион (США и Канада), где сосредоточено производство более половины (51 %) общемирового количества поставляемых на рынок промышленных лазеров. Второе место занимает Западная Европа, а третье — страны Восточной Азии. По стоимостному объему или доходу первое место занимает Европа (46 %), что связано с различной специализацией предприятий этих трех регионов по производству

разных типов промышленных лазеров, существенно отличающихся стоимостью единицы продукции.

Структура мирового производства различных типов промышленных лазеров и лазерных систем по упомянутым выше трем регионам представлена на рис. 3. Северная Америка является бесспорным лидером по количеству производимых и поставляемых на рынок промышленных лазеров, в их числе 82 % волоконных и 57 % CO_2-лазеров. Из числа последних маломощные лазеры составляют до 80 %. Именно значительный рост количества выпускаемых в Северо-Американском регионе маломощных лазеров позволил увеличить в 2006 г. долю продаж до 32 % (см. рис. 2, *б*), что на 2 % больше чем в 2005 г. В этом же регионе весьма значительно развивается производство твердотельных алюмоиттриевых (35 %), эксимерных и диодных (полупроводниковых) лазеров (34 %) малой мощности (рис. 3).

Второе место в мире по производству промышленных лазеров и лазерных систем уверенно занимают страны ЕС (15 %), за исключением волоконных лазеров. Европа доминирует в производстве мощных твердотельных лазеров (42 и 61 %) (рис. 3) и мощных CO_2-лазеров, при их сравнительно небольшой доле (23 %) (рис. 3) от объема общемировых поставок. Высокая доля в продажах в первую очередь мощных твердотельных лазеров, имеющих значительную стоимость, вывели Западно-Европейский регион в лидеры по общему стоимостному объему продаж (46 %) (см. рис. 2, *б*) промышленных лазеров.

Доля стран Азиатского региона по объемам производства технологических лазеров и систем, а также по стоимостным объемам их продаж в 2006 г., как и в предыдущие годы, составляла 22…23 % (см. рис. 2, *а*) общемирового объема продаж. При этом (рис. 3) практически сохраняется приблизительный паритет выпуска CO_2-лазеров (20 %) и твердотельных лазеров (28 %).

Промышленные лазеры и лазерные системы составляют существенную долю во внешней торговле. Крупнейшие мировые производители технологических лазеров, отличающиеся определенной специализацией, расположены в Германии, США и Японии. Это находит свое отражение в объемах продаж лазеров и лазерных систем как для внутреннего потребления, так и на экспорт. На рис. 4 представлены данные, отражающие долю установленных в 2006 г. промышленных лазеров и лазерных систем в различных регионах и странах мира.

В первую очередь обращает внимание тот факт, что более трети (37 %) общемирового потребления промышленных лазеров и лазерных систем приходится на страны Восточной Азии, основная доля (23 %) — на Японию и 14 % — на такие страны, как Китай, Республика Корея и Индия. В 2006 г. практически одинаковые объемы (по стоимости) промышленных лазерных систем были установлены в Северной Америке (25 %) и Западной Европе (24 %). В Северной Америке основным потребителем являются ведущие отрасли промышленности США, а в Западной Европе — промышленность Германии. На долю Германии приходится более 35 % общеевропейского объема потребления и установки промышленных лазеров и лазерных систем. Далее по количеству установленных в 2006 г. технологических лазерных систем следует Испания, Франция, Бельгия. В Италии, Великобритании и Швейцарии в 2006 г. отмечено снижение объема закупок лазерных систем.

Учитывая рост инвестиций со стороны ЕС в страны Восточной Европы, там в последние годы возрос объем приобретения промышленными фирмами лазерных систем до 9 % [7]. В число «других» стран (рис. 4), на которые приходится 5 % общего количества установленных лазерных систем, входит и Россия, одна из немногих стран СНГ сохранивших научно-технический потенциал в области лазерных технологий, отвечающий

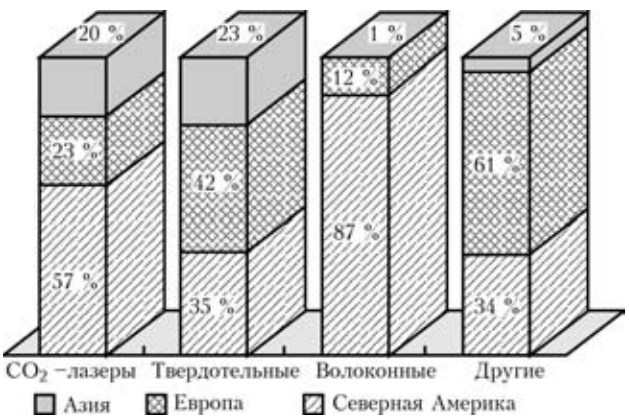

Рис. 3. Структура производства промышленных лазеров и лазерных систем в отдельных регионах мира (2006 г.) [3]

Рис. 4. Доля установленных в 2006 г. промышленных лазеров и лазерных систем в отдельных регионах мира [3]

уровню мировых лидеров. В России постепенно наращиваются мощности по производству лазерной техники: лазерное и оптоэлектронное оборудование сегодня выпускают более 200 российских предприятий, которые поставляют в основном на внутренний рынок более 190 моделей лазерного технологического оборудования [8, 9].

■ В 2006 г., как отмечалось выше, на общемировом рынке промышленных лазерных систем 87 % составляли лазерные макросистемы и только 13 % микросистемы. Среди промышленных лазерных макросистем доминируют технологические макросистемы для маркировки и гравировки — 44 % всего количества произведенных лазерных систем. Значительная доля приходится на промышленные лазерные системы для резки (25 %), сварки (12 %), а также поверхностной обработки и прошивки отверстий (3 %).

На рис. 5 представлена стоимостная структура рынка промышленных лазерных систем для основных технологий обработки материалов и тенденции ее изменения за период 1998–2010 гг. Основную долю продаж на мировом рынке (около 50 %) составляют лазерные системы для резки, сварки и других родственных технологий, из которых почти 2/3 доходов приходится на лазерные системы для резки и прошивки металлических материалов.

По оценкам экспертов, в 2007 г. ожидается, что количество продаж промышленных лазеров и лазерных систем в целом возрастет на 6 % и составит около 40 тыс. ед. Доходы от продаж промышленных лазеров увеличатся на 6 %, а промышленных лазерных систем — на 9 %. Отмечено, что рост рынка продолжится именно в ключевых секторах — резка/сварка металла, маркировка/гравировка и микропроцессорные технологические системы.

Как было указано выше, в Европейском регионе основным производителем и потребителем промышленных лазеров и лазерных систем является Германия; она же имеет наиболее мощный научно-технический потенциал в области исследований и разработки новых лазерных систем и технологий. Германия — одна из первых промышленно развитых стран, которая на внутреннем национальном рынке сварочной техники, выделила в самостоятельный сектор лазер и лазерные системы для сварки и родственных технологий [10]. В связи с этим рассмотрение немецкого рынка лазеров и лазерных систем также представляет определенный интерес. По оценкам немецких экономистов, в 2003 г. общеевропейский рынок сварочной техники достиг 11 млрд евро, а немецкий внутренний рынок — 3,6 млрд евро, при этом объем продаж в секторе сварочных лазеров и лазерных систем составил более 340 млн евро (442 млн дол.).

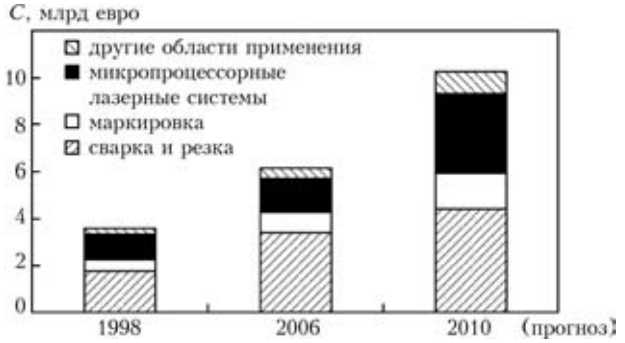

Рис. 5. Объем продаж *C* на мировом рынке промышленных лазерных систем для обработки материалов [2]

Результаты анализа европейского сварочного рынка и, в частности, сектора лазеров и лазерных систем, выполненного фирмой «Frost&Sullivan» несколько отличаются от оценок немецких экспертов, но также представляют определенный интерес [11, 12]. Так, по данным фирмы «Frost&Sullivan», европейский рынок лазерной техники для сварки и родственных технологий в 2004 г. составил 542,8 млн дол., а к 2011 г. прогнозируется рост продаж до 802,2 млн дол. Как отмечалось выше, основная доля европейского рынка лазерного сварочного оборудования, включая резку, приходится на рынок Германии, на котором в 2004 г. объем продаж лазерной техники для сварочного производства составил 357,7 млн дол., или 65 % европейского рынка. Прогнозируется, что к 2011 г. немецкий внутренний рынок лазерной техники для сварки и родственных технологий достигнет 481,1 млн дол. [13].

Итальянский рынок лазерного сварочного оборудования занимает в Европе второе место по объемам продаж. В 2004 г. его доходы достигли 41,8 млн дол.; к 2011 г. прогнозируется их увеличение до 77,7 млн дол. [14].

Доходы рынка сварочного оборудования Великобритании в 2004 г. составили 32,0 млн дол.; к 2011 г. фирмой «Frost&Sullivan» прогнозируется их рост до 50,5 млн дол. [15].

Исследование возможности использования технологии лазерной сварки в новых наукоемких областях промышленного применения является дополнительным импульсом для расширения рынка. Многие из этих технологий в настоящее время находятся в стадии активной разработки, и они, безусловно, сыграют важную роль при формировании рынка в 2007–2011 гг. Разработка новых лазерных источников и усовершенствование существующей лазерной техники усиливают потенциальные возможности и преимущества применения лазерной сварки во многих отраслях промышленности. Затраты на внедрение технологий лазерной сварки сокращаются, а преимущества от применения данной технологии возрастают, что обусловливает увеличение количества потенциальных потребителей оборудования для лазерной

сварки. Перспективными областями применения лазерной сварки, помимо автомобильной промышленности, являются такие отрасли, как тяжелое и транспортное машиностроение, судостроение, авиакосмическая промышленность, производство сварных труб средних и больших диаметров.

■ Убедительной и наглядной демонстрацией роста мирового лазерного рынка стала состоявшаяся в июне с. г. в Мюнхене (ФРГ) международная выставка «Laser 2007». В работе выставки приняли участие 2000 фирм и организаций из 90 стран мира, экспозиции которых представляли новейшие разработки в области лазерной техники; образцы серийно производимых лазеров и лазерных систем с выходной мощностью от 1 до 20 000 Вт, а также отдельных узлов и элементов этих систем; оригинальные примеры технологического применения лазеров для обработки материалов и др. Характерно, что еще несколько лет назад такие ведущие мировые производители лазеров и лазерных систем, как «Rofin», «Trumpf», JPG, «Dilas» и другие фирмы ориентировались на собственную разработку и комплектное производство лазерных систем, а в настоящее время положение резко изменилось. Во многих странах созданы и интенсивно наращиваются свои производственные мощности специализированные малые и средние фирмы по разработке и производству комплектующих элементов и отдельных узлов для лазерных макро- и микросистем по 20 конкретным технологическим направлениям. На выставке «Laser 2007» в трех залах были представлены экспозиции 113 фирм. Такое положение на лазерном рынке позволило крупным фирмам-производителям перейти к широкой кооперации, что не могло не привести к сокращению сроков изготовления лазерных систем и некоторому снижению их стоимости. Наличие малых узкоспециализированных фирм расширило и удешевило эксплуатационное обслуживание и ремонт действующих технологических лазерных систем.

Еще одной не менее значимой тенденцией развития нынешнего мирового лазерного рынка является существенное снижение стоимости лазеров всех типов при сохранении присущего для динамичного рынка колебания диапазона цен. Это связано как с конъюнктурой рынка, так и с уровнем платежеспособности производственных объединений и фирм-потребителей в различных регионах мира. В среднем «удельная» стоимость современных лазеров составляет 50…175 евро/Вт. В качестве примеров ориентировочной стоимости отдельных типов лазеров можно привести следующие данные: CO_2-лазер серии SM мощностью 1,0…2,0 кВт стоит 50 евро/Вт; CW-Nd:YAG-лазер мощностью 1…2 кВт 75…90 евро/Вт, а мощностью 3…6 кВт 120…175 евро/Вт; YLR — волоконные лазеры имеют уже среднюю цену 100…120 евро/Вт.

В заключение следует отметить, что мировой рынок лазерной техники для обработки материалов имеет отличные перспективы и отражает все возрастающую потребность промышленного производства в этой прогрессивной и эффективной технике и технологии. В свою очередь, и сектор технологических лазеров для резки, сварки и обработки материалов имеет самый высокий темп развития на мировом и региональных рынках сварочной техники. Непрерывное расширение объемов производства и потребления технологических лазеров и лазерных систем, безусловно, способствует расширению отраслей и объемов промышленного применения этой прогрессивной технологии обработки материалов — технологии XXI в.

1. *Гаращук В. П., Шелягин В. Д.* Современные тенденции развития технологических лазеров // Автомат. сварка. — 2006. — № 2. — С. 33–36.
2. *Optech* Consulting. Market data — laser technology http://www.optech-consulting.com/lasertechnologymarkets.html.
3. *Belforte* David/ Markets keep getting better // Industrial Laser Solution. — 2007. — January. — http://www.ils.pennwell.com.
4. *НТО ИРЭ-Полюс:* Сравнение лазеров различных типов. — http://www.ntoirepolus.ru/apps_cutting.htm.
5. *Гаращук В. П.* Технологические характеристики лазерного пучка для резки и сварки // Автомат. сварка. — 2006. — № 11. — С. 38–40.
6. *Shiner B*. Industrial laser solution — high-power fiber lasers gain market share. — http://www.ils.pennnet.com/Articles_Display.cfm?Section=ARTCL&ARTICLE_ID…
7. *Дианов Е. М., Буфетов И. А.* Волоконные лазеры — новый прорыв в лазерной технике // Lichtwave russian edition. — 2004. — № 4. — С. 44–49.
8. *Kincade K., Anderson S. G.* Laser marketplace 2007: laser industry navigates its way back to profitability. — http://laserfocusworld.printthis.clickability.com.
9. *LIS Russia.* — http://www.expocentr.ru.
10. *Anne L. Fisher.* Report issued on European laser welding market // Business World. — 2006. — July. — P. 76.
11. *Laser* welding to grow // Frost&Sullivan. — www.frost.com.
12. *European* laser welding equipment markets rethink strategy // Ibid. — www.frost.com.
13. *Frost:* Application, innovations to alter german laser welding market. — http://www.engineers.ihs.com/news-06Q2/frost-laser-welding.jsp.
14. *Italian* welding equipment market expected to double // Frost&Sullivan. — http://www.frost.com.
15. *Proactive* approach critical for UK laser welding equipment market to realise full growth potential. — http://www.ils.pennnet.com.

Considered is the status and level of manufacture of industrial lasers and laser systems for material processing, scope of the world and regional markets of laser equipment, as well as the laser welding equipment market.

Поступила в редакцию 15.07.2007