



Зарубежный опыт

УДК 621.791.925

ОБЗОР МИРОВОГО РЫНКА ТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В СТРАНАХ ЕС

Overview of the global thermal spray market and research trends in Europe / W. Kroemmer // Welding and Cutting. — 2012. — 11, № 6. — P. 377–379.

Для перехода от технологии разработки к коммерческой реализации важно не только оценить ее уровень, техническую эффективность и сферы применения, но и возможности дальнейшего совершенствования.

В отличие от многих известных технологических процессов, термическое напыление появилось сравнительно недавно. До 1950 г. ему не уделяли особого внимания, пока не появились способы плазменного и детонационного напыления. Использование оксида циркония в качестве теплоизоляционного покрытия, а также покрытий с минимальной пористостью, обусловило перспективность этого способа, например, в аэрокосмической промышленности, где активно используют новые технологии.

В настоящее время к наиболее широко применяемым способам относят такие газопламенные процессы, как металлизация распылением проволоки, составляющие львиную долю рынка термического напыления, в связи с низкими капитальными затратами (стоимостью оборудования) и незначительными технологическими расходами. В этом случае использование молибдена для нанесения покрытий на штоки поршней и уплотнительные кольца доказало перспективность этого способа, обеспечивающего заданный уровень качества в серийном производстве.

Прогресс в этой области достигнут благодаря усилиям большого числа энтузиастов, которые стремились усовершенствовать процесс напыления путем увеличения скорости полета напыляемых частиц с одновременным снижением тепловложения. Наибольшего успеха удалось добиться Джиму Браунингу, который разработал способ высокоскоростного газопламенного напыления HVOF и установку для его реализации «JetKote», обеспечивающую разгон напыляемых частиц до скорости 450 м/с, а в установке «JP 5000» — до 600 м/с.

В 1998 г. появилась разработка способа холодного напыления (Анатолий Папырин) в условиях, полностью исключая окисление напыляемого материала, при скорости частиц около 600 м/с. Преимущества нового способа существенно расширили диапазон его технологического приме-

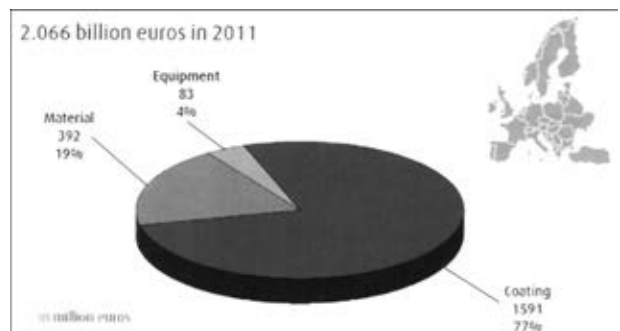


Структура мирового рынка термического напыления по регионам

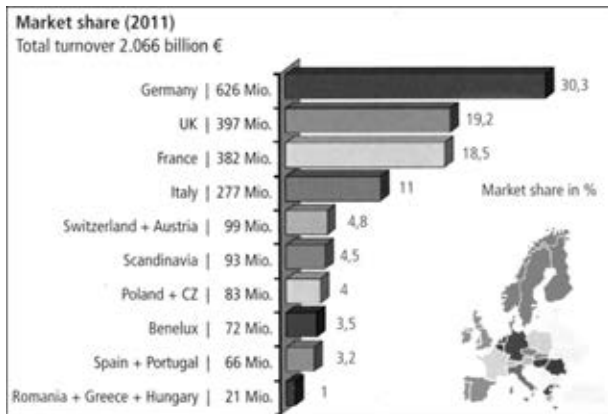
ния, даже в тех отраслях промышленности, где до этого использование способа термического напыления полностью исключалось. В настоящее время увеличение скорости разгона частиц до 1200 м/с позволяет намного расширить ассортимент напыляемых материалов и рынки сбыта новой продукции.

Анализируя экономические исследования сферы использования технологии термического напыления, проведенные независимыми экспертами, можно сделать вывод о том, что суммарный оборот этого рынка составляет около 7,1 млрд евро, причем страны ЕС занимают второе место с оборотом 2,06 млрд евро, а суммарный оборот второго сегмента мирового рынка (США и Канада) составляет 2,66 млрд евро.

Однако если товары рынка термического напыления в Северной Америке пользуются спросом в основном в аэрокосмической промышлен-



Структура рынка термического напыления в ЕС

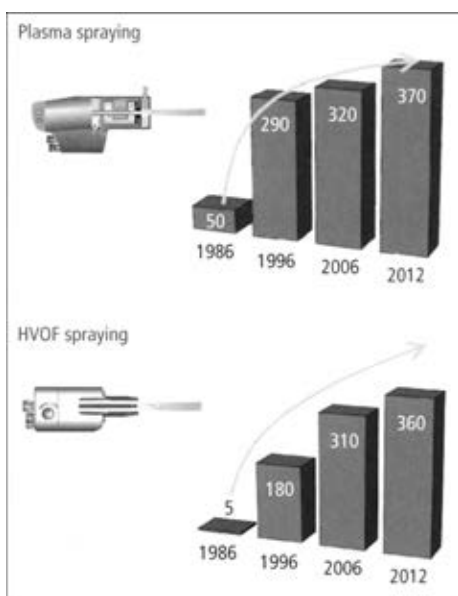


Структура рынка термического напыления за 2011 г. (включая Швейцарию и Норвегию)

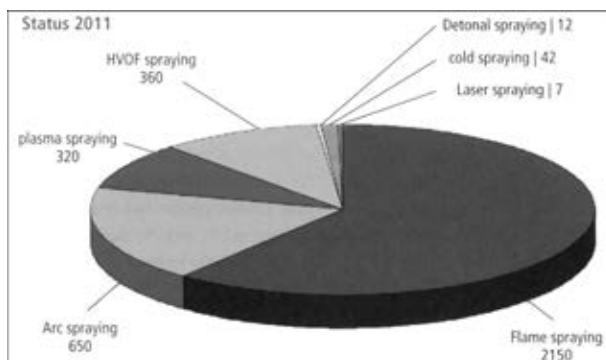
ности, то в странах ЕС в этой продукции заинтересованы многие, без явного доминирования какого-либо отдельного сектора промышленности. Исследования выявляют следующую любопытную особенность: в развитых странах, например, в США, Германии или Японии, максимальный оборот рынка термического напыления в пересчете на душу населения составляет от 5 до 6 евро.

В странах ЕС ежегодный спрос на термические покрытия достигает 77 % общего оборота, причем потребность в материалах составляет 19 %, из которых затраты на баллонные газы — 3...4 %, а годовые инвестиции на разработку новых технологий и оборудования не превышают 4 %.

В настоящее время Германия занимает на европейском рынке первое место с долей оборота 30 %, за ней следуют Великобритания (19 %) и Франция (18,5 %). При этом нужно учитывать отличие рынка конкретного технологического направления от суммарного оборота рынка отдельной страны. На внутреннем рынке пользуются спро-



Развитие рынка продаж поверхностных технологий напыления (плазменная, HVOF) с 1986 г. (в единицах проданного оборудования)



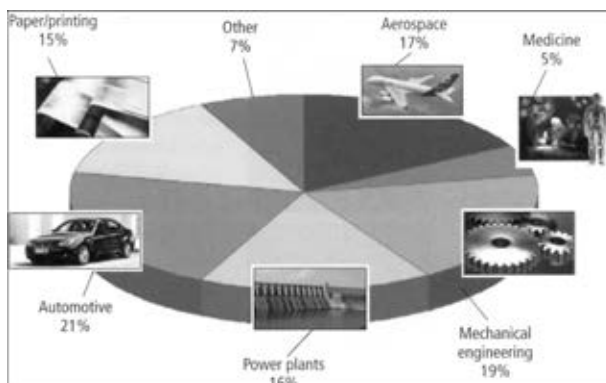
Структура рынка технологий напыления за 2011 г.

сом более универсальные технологии, причем, основными потребителями являются аэрокосмическая и автомобильная отрасли промышленности. В Германии эта доля составляет 30 % европейского рынка, суммарно 626 млрд евро, распределенных между 690 различными компаниями или 10 тыс. пользователей оборудования для термического напыления. Однако основная доля приходится на компании со средним оборотом. 245 предприятий используют этот тип оборудования для изготовления собственной продукции, а 445 — непосредственно заняты выполнением заказов на термическое напыление.

Исходя из общего количества оборудования для термического напыления, на рынке германоязычных стран к настоящему моменту реализовано около 2000 газопламенных установок (с распылением проволоки или напылением порошка), из которых, вероятно, лишь незначительная часть находится в нерабочем состоянии или не задействована в технологических процессах.

Эти числа соответствуют стоимости расходных материалов, использованных в этих процессах, 50 % которой — затраты на приобретение проволоки для напыления. Но определяющими являются: плазменное напыление (370 ед. оборудования), высокоскоростное газокислородное напыление (360 ед.) и холодное напыление (42 ед.).

Представляет интерес еще один аспект проведенного анализа, а именно: количество востребо-



Структура рынка термического напыления по основным отраслям-потребителям



ванных за последние 20 лет систем напыления и направление этого роста. Например, начиная с 1986 г. снижался выпуск оборудования для газопламенного напыления, вероятнее всего, из-за пересыщения рынка этим товаром, но устойчиво увеличивался выпуск систем, использующих технологии распыления проволоки, что объясняется совершенствованием оборудования, разработкой новых сопловых насадок и использованием других газов для распыления металла вместо воздуха. Выпуск оборудования для плазменного напыления и HVOF характеризуется наибольшим ростом (оба способа по 300 ед.). С 2002 г. начались продажи оборудования для холодного напыления как для исследовательских целей, так и для использования в технологических процессах (уже 45 ед.).

В настоящее время можно уверенно говорить о том, что процессы термического напыления применяются почти повсеместно, включая автомобильную, машиностроительную, авиакосмическую

промышленность, а также при изготовлении медицинской аппаратуры.

Анализируя проведенные экономические исследования, можно констатировать, что пока задействовано не более 50 % потенциала технологий термического напыления, но в будущем (особенно из-за постоянного роста цен на металлы) увеличится спрос на технологии нанесения покрытий, что будет способствовать постоянному расширению их использования в различных областях промышленности.

Дальнейшее развитие новых технологий, например, способа плазменного напыления при пониженном давлении или способа холодного напыления, разработка новых модифицированных распыляемых материалов, аппаратуры термического напыления позволяют прогнозировать увеличение роста суммарного оборота мирового рынка термического напыления в 2012 г. до уровня 10 млрд евро.

Материал подготовил В. М. Кислицын

ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ



Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины
Воронов В. В. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины) защитил 26 июня 2013 г. кандидатскую диссертацию на тему «Разработка и исследование припоев для пайки титановых сплавов».

Диссертация посвящена созданию нового припоя для пайки титановых сплавов различных классов с пониженной температурой плавления (ниже 900 °С) на базе новой трехкомпонентной системы Ti-Zr-Co и изучению особенностей формирования структуры и свойств соединений, паяных исследуемым припоем. Выбрана перспективная система для изготовления экспериментальных припоев. Разработана технология выплавки исследуемых сплавов, изучена структура экспериментальных припоев, их температуры солидуса и ликвидуса. Установлено, что в данной системе имеется область сплавов с пониженной температурой ликвидуса, наиболее перспективная с точки зрения разработки припоев. Установлены составы с приемлемым для пайки температурным интервалом плавления (860...880 °С).

Исследована растекаемость припоев систем Ti-Zr-Co и Ti-Zr-Fe по подложкам из титановых сплавов различных классов.

Изучены особенности формирования структуры паяных швов соединений из титановых сплавов разных классов. Показано, что при вакуумной

пайке титановых сплавов, паяный шов, как таковой отсутствует, а наблюдается зона общих зерен паяемых материалов, где имеется повышенное количество циркония и незначительные количества других составляющих припоя. Установлено практическое отсутствие влияния вида припоя (литой или аморфный) на структуру и свойства паяных соединений из титановых сплавов. Определены оптимальные металлургические и технологические параметры вакуумной пайки припоями системы Zr-Ti-Co и Ti-Zr-Fe, обеспечивающие высокие эксплуатационные свойства паяных соединений.

Механические свойства соединений, паянных припоями системы Zr-Ti-Co, не уступают свойствам соединений, паянных известными припоями, несмотря на пониженную температуру пайки. Прочность соединений, паянных припоем системы Ti-Zr-Co, находится на уровне: $\sigma_B = 660$ МПа, $\tau_B = 420$ МПа (OT4); $\sigma_B = 770$ МПа, $\tau_B = 510$ МПа (BT6). Таким образом, высокие показатели прочности соединений, выполненных припоями систем Ti-Zr-Co и Ti-Zr-Fe, как в литом, так и в аморфном состоянии позволяют рекомендовать их для изготовления конструкций из титановых сплавов различного назначения.

Получены данные относительно преимуществ и недостатков алюминиевых припоев различного состава для пайки титана. Показано, что для получения качественных паяных соединений из титановых сплавов можно использовать алюминиевые припои