



ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛА «WELDING JOURNAL», 2010, № 7/8

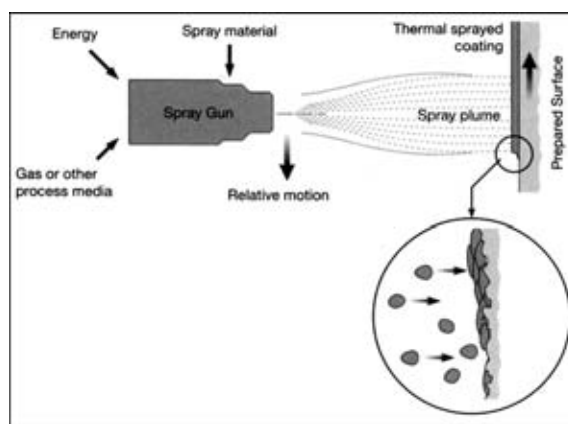


ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДА ТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ. Fred Van Rodijnen, July

Способ термического напыления, запатентованный Шоппом почти сто лет назад, нашел применение во всех областях промышленности, обеспечивая не только сокращение потерь материалов в результате износа, окисления, коррозии и других нежелательных процессов деградации их свойств, связанных с эксплуатацией, но и увеличение их срока службы при изготовлении изделий из более дешевого сырья. В отличие от способов сварки, для которых характерно плавление основного металла, при термическом напылении основной материал не нагревается выше температуры термических превращений. Толщина покрытия варьируется от 25 мкм до 25 мм. Термическое напыление обычно используют для восстановления изношенных поверхностей изделий нанесением более износостойких металлов, сплавов и оксидов, чем основной материал.

Суть процесса термического напыления (рисунок) состоит в плавлении напыляемого материала при его нагреве электрической дугой или теплом окислительных реакций с последующим нанесением его на основной материал, где происходит затвердевание жидких частиц с формированием сплошного слоя.

Примером практического применения процесса плазменного напыления в автомобильной промышленности является нанесение тонкого (порядка 150...200 мкм толщиной) покрытия на поверхности отверстий в блоке цилиндров, что позволяет заменить отливку блоков из чугуна алюминиевым сплавом или исключить запрессовку вкладышей цилиндров, изготавливаемых из композитных материалов. Возможность управления степенью пористости покрытия, нанесенного способом плазменного напыления, способствует существенному сокращению удельного расхода топлива в результате снижения потерь на трение при заполнении микропор смазочными веществами. Напыление внутренних поверхностей цилиндров позволяет продлить пробег двигателей в пределах 400 тыс. км до первого ремонта и пригодно как для бензиновых, так и для дизельных двигателей транспортных средств, спортивных машин, поршневых авиадвигателей и дизелей повышенной мощности. Другим примером эффективного применения термического нанесения покрытий является плазменное напыление сплава манганата лантаностронция на хромовое покрытие промежуточных ячеек твердотельных топливных элементов в атмосфере воздуха с использованием пистолета ТриплексПро-200 фирмы «Зульцер Метко». К преимуществам этой технологии относится высокая скорость нанесения покрытий, возможность получения плотных пок-



рытий толщиной около 50 мкм с высокой степенью воспроизводимости качества, стабильность параметров процесса в течение 200 ч непрерывной работы, сокращение до минимума количества инородных включений в составе покрытия, обычно эмитируемых из материалов электродов и сопла плазменного пис-толета.

Процессы хромирования гальваническим методом, обычно применяемые для повышения износо- и коррозионной стойкости изделий, целесообразно заменять методами газоплазменного напыления, которые более соответствуют постоянно растущим требованиям по защите окружающей среды. Высокоскоростное нанесение карбидов кобальта и хрома позволяет заменить гальваническое покрытие хромом по всем параметрам, кроме зеркального блеска, что вынуждает проводить последующее шлифование и притирку напыленного слоя.

Газоплазменное или электродуговое напыление на стальные конструкции цинка или алюминия толщиной 100...300 мкм в качестве анодного покрытия позволяет продлить срок службы, например, трубопроводов до 25...30 лет и более.

Процессы термического напыления не заменимы при изготовлении и ремонте направляющих валков сталепрокатных станков, нанесении покрытий на уплотнительные кольца поршней в двигателях и компрессорах, головки клапанов, наплавке баббитовых вкладышей подшипниковых узлов, изготовлении и ремонте аппаратуры теплоэлектростанций, обеспечивая повышение эрозионной и коррозионной стойкости металла.



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ В КОТЛОСТРОЕНИИ

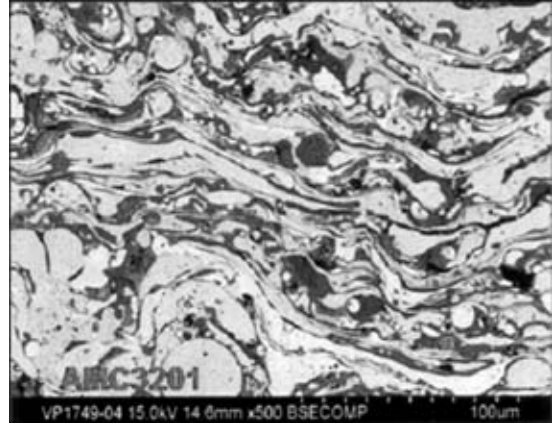
Juan Carlos Nana. — July

При эксплуатации электростанций особенно высока стоимость ремонта в случае непредвиденных выходов из строя поверхностей теплообменников, выполняемых из сплавов на основе железа, наиболее чувствительных к высокотемпературному окислению и сульфитации.

Термическое нанесение покрытий является наиболее экономически оправданным вариантом повышения работоспособности паровых котлов и сведения к минимуму случайных аварий оборудования. Разработка электродов требуемого состава позволила наносить покрытия с характеристиками, не уступающими покрытиям, полученным при использовании более сложных в технологическом отношении способов высокоскоростного газопламенного или плазменного напыления.

Проведенные в EPRI (Electric Power Research Institute) в 1994–1999 гг. всесторонние испытания материалов, применяемых в котлостроении, включая испытания защитных слоев методами наплавки, диффузионным и термическим напылением с целью выявления наиболее экономически эффективных и надежных методов нанесения покрытий, обеспечивающих минимальный износ металла топочных экранов паровых котлов, показывают, что по степени износа вариант термического напыления покрытий не уступает дуговой наплавке.

В одной из рекомендаций EPRI (доклад 1014805) указывается, что для достижения приемлемого срока службы узлов котельного оборудования необходимо использовать металлы или сплавы, которые создают оксидные слои, защищающие основной металл от высокотемпературной и химически агрессивной среды.



Примером реализации этой рекомендации является сплав AMC 3201, нанесенный методом дугового напыления, который при температуре 800°C образует последовательное чередование слоев окалины, обогащенной хромом (рисунок). При воздействии серосодержащих продуктов топочных газов в напыленном слое происходит образование сульфидов хрома, которые запечатывают поры, предохраняя основной металл от дальнейшего воздействия агрессивной среды. Более равномерное расположение оксидных слоев по толщине покрытия облегчает релаксацию механических напряжений, снижает остаточные напряжения, которые предотвращают возможность отслаивания покрытия от основного металла из-за разницы коэффициентов термического расширения.

ТЕРМИЧЕСКИ НАПЫЛЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ

Dave Wixson. — July

Как известно, с целью коррозионной защиты сталей во всех отраслях промышленности в большинстве случаев в качестве барьерного покрытия или катодной защиты используют алюминий, цинк или сплав 85/15 (цинк–алюминий), который разрушается, защищая сталь, до тех пор пока не растворится до последнего атома. Во многих случаях нанесение покрытий проводят методом термического напыления с нагревом электрической дугой, горячей между двух расходимых проволок или пламенем газовой горелки при сжигании пропана или ацетилена в среде кислорода (рисунок).

В связи с тем, что термически нанесенный слой связан с основой механическим типом соединения, подготовка поверхности к процессу напыления (дробеструйная обработка, нарезка канавок) является достаточно ответственным этапом, который необходимо проводить в соответствии со стандартами (SSPC-SP), регламентирующими процесс подготовки в зависимости от условий и срока эксплуатации изделия.

За один проход обычно напыляют площадь около 1 м² с перекрытием соседней площадки на 40 %, при этом толщина покрытия не превышает 75 мкм. При необходимости нанесения покрытия толщиной 400 мкм (например, для случая эксплуатации металла в морской воде в течение 10...20 лет) проводят несколько проходов напыления, пересекающихся



под прямым углом, сохраняя расстояние между распылительным пистолетом и напыляемой поверхностью около 25 см.

Качество напыленного покрытия оценивается по результатам испытаний на растяжение, изгиб и срез в соответствии с рекомендациями Американского общества специалистов по испытаниям и материалам (ASTM).

НАНОПОРОШКИ ПОВЫШАЮТ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ НАПЫЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

C. Melnik et al. — July

Как известно, материалы, получаемые методами горячего спекания (консолидации) порошков нанокристаллического

размера, например, методом изостатического прессования (HIP — hot isostatic pressing) или плазменно-дуговым спека-



нием (SPS — spark plasma sintering), обладают повышенной прочностью и твердостью по сравнению с материалами, полученными спеканием порошков обычного размера (порядка десятка микрон). Например, твердость алюминиевого нанопорошка, полученного в криомельнице, превосходит твердость исходного порошка микронных размеров в три раза, а прочность на срез — в два раза. Твердость образцов, изготовленных методом плазменно-дугового спекания нанопорошков WC–12Co, в полтора раза выше твердости образцов из порошков самого тонкого помола микронного размера.

СВАРКА УЗЛОВ ВЕТРОУСТАНОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДУЛЕЙ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
August

Перспективы развития ветроэнергетики, которой прочат большое будущее, во многом определяются традиционными технологиями изготовления металлоконструкций, в частности, совершенствованием способов сварки и сварочного оборудования.

Например, башни ветроустановок, достигающие в высоту до 90 м, изготавливают сваркой отдельных цилиндрических обечайек диаметром 2,4...4,5 м длиной до 3 м на стационарных сварочных установках при вращении обечайки.

Установка для дуговой сварки под флюсом, разработанная AMET, Inc. (www.ametinc.com), состоит из сварочной головки, расположенной на направляющем рельсе с возможностью ее дополнительного перемещения на небольшое расстояние по трем осям для коррекции своего положения во время сварки внутренних и наружных кольцевых, а также продольных швов (рисунок).

Отличительной особенностью установки является точность позиционирования сварочной головки на уровне 25 мкм, благодаря чему исключается как появление брака в сварных соединениях, так и трудоемкая операция по его ликвидации, экономится время и материальные средства. Установка способна выдерживать динамические нагрузки, превышающие 20000 Н, и обеспечивает плавное перемещение

Степень повышения физических свойств консолидированных материалов при снижении размеров спекаемого порошка оценивается в соответствии с уравнением Холла–Петча (Hall-Petch relationship):

$$\sigma_y = \sigma_0 + kd^{-1/2},$$

$$H = H_0 + k'd^{-1/2},$$

где σ_y , H — предел текучести и твердость материала; d — размер зерна; k , k' — коэффициенты, характеризующие физико-химические свойства материала.

На основании механизма повышения физических свойств материалов, получаемых методом спекания, можно прогнозировать перспективы повышения качества термических покрытий, получаемых с помощью нанопорошков. Например, при термическом напылении нанопорошков состава WC–17Co износостойкость покрытия возрастает на 30 %, а твердость — на 20...25 % по сравнению с аналогичными параметрами покрытия, полученного при напылении порошка WC–10Co–4Cr обычного (микронного) размера.

Очевидно, что соотношения Холла–Петча, устанавливающие зависимость физических свойств консолидированных материалов от размеров порошка, могут быть применимы и в процессах термического напыления при использовании нанопорошков.



сварочной головки со скоростью 1,5 м/мин с возможностью перемещения с ускорением до 3 м/с².

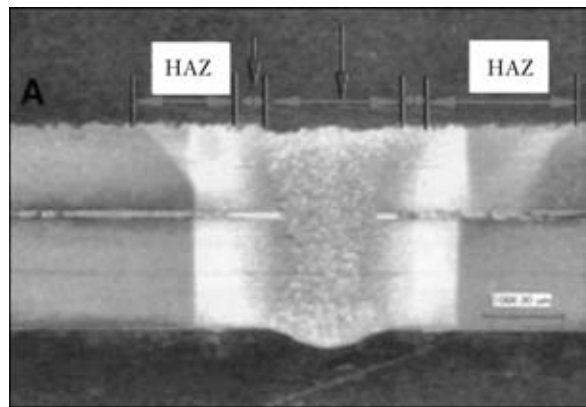
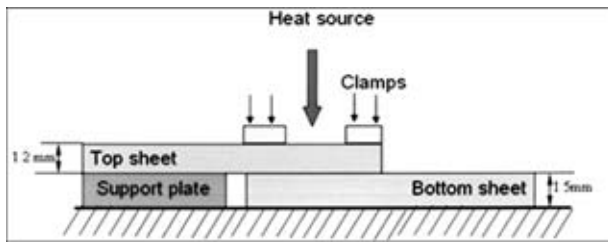
СВАРКА ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ DP980.
S. L. Yang, R. Kovacevic. — August

Исследована возможность получения бездефектных соединений внахлестку оцинкованной двухфазной стали DP980 с использованием гибридного способа сварки при одновременном вводе в сварочную ванну энергии лазерного луча и энергии электрической дуги.

Проблема сварки внахлестку оцинкованной стали, широко применяемой в автомобиле- и судостроении, а также в других отраслях промышленности, заключается в образовании в зоне контакта свариваемых листов высокого давления паров цинка, которые приводят к разбрызгиванию ме-

талла расплавленной ванны, пористости соединения, налипания брызг и другим дефектам.

За последние несколько десятилетий предложено несколько способов, среди которых наиболее простым является механическое удаление цинкового покрытия с поверхностей соединяемых металлов, что и было заложено в основу рекомендации, разработанной Американским обществом специалистов по сварке. Известны предложения формировать в свариваемых листах специальные щели, применять новые типы нахлесточного соединения для выхода паров цинка, использовать в зоне контакта прослойку меди или алюминия, наносить



в зоне контакта никелевое покрытие, использовать пульсацию лазерного луча, сдвигание лазерных лучей, увеличение длины сварочной ванны и многие другие варианты, включающие гибридные способы сварки с предварительной прорезкой лазерным лучом щелей в верхнем листе для выхода паров цинка, однако ни один из рассмотренных вариантов не устранил пористость сварного шва и разбрызгивание металла.

К основным недостаткам лазерной сварки стали или алюминия относятся существенные потери энергии из-за отражения лазерного луча от свариваемых поверхностей.

Однако в комбинированном способе сварки оцинкованной стали при использовании дуговой сварки вольфрамовым электродом в защитном газе (GTAW) в качестве вспомогательного источника тепловой энергии и энергии лазера, вводимой в зону сварки с помощью оптоволоконной системы, частицы оксидов металлов, образующиеся в процессе предварительного дугового нагрева, существенно повышают поглощение энергии лазерного луча в зоне свариваемого металла.

Отличительной особенностью нового гибридного способа сварки является формирование под действием лазерного луча в свариваемом металле сквозных отверстий, через ко-

торые пары цинка удаляются из плоскости контакта двух свариваемых листов.

Для выявления зависимости механических свойств сварных соединений от параметров сварки проведены исследования прочности металла на растяжение и срез, распределения микротвердости металла по сечению сварного шва, исследования микроструктуры металла сварного шва методами электронной и рентгеновской микроскопии, проведен микроструктурный анализ распределения элементов по сечению сварного шва и съемка процесса сварки цифровой видеокамерой.

Внешний вид сварного шва и микрошлифов, свидетельствуют о преимуществах предложенного комбинированного способа по сравнению с известными способами сварки оцинкованных листов.

Материал подготовил
канд. техн. наук В. М. Кислицын

ВЫСТАВКИ
MVK
www.mvk.ru

РОССИЯ, МОСКВА, ЭЦ «СОКОЛЬНИКИ»

12-15 октября 2010

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ,
ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ

www.weldex.ru

10-я Юбилейная Международная выставка

WELDEX

РОССВАРКА

Дирекция выставки: тел./факс: (495) 925-34-82; e-mail: mns@mvk.ru

Организатор: ЗАО «Международная Выставочная Компания»	При поддержке: ММАГС Правительства Московской области Министерства Промышленности и Торговли РФ	Под патронатом: Торгово-промышленной палаты РФ Правительства Москвы Московской Торгово-промышленной палаты	При содействии: 	Генеральный информационный спонсор: 	Информационные спонсоры: 	РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ЗАО «МВК-» МВК УРАЛ: (343) 371-24-76, МВК ВОЛГА: (843) 291-75-89
---	--	---	----------------------------	---	-------------------------------------	--