

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Андреев М.А., Манойло Е.Д., Шевцов А.И., Чигринова Н.М.
Институт сварки и защитных покрытий

Сегодня существует множество широко распространенных методов и технологий формирования защитных покрытий, которые с той или иной степенью успешности применяются в отраслях машиностроения и инструментальной промышленности, обеспечивая конкурентоспособность машин и механизмов, работающих в различных условиях эксплуатации.

Когда мы говорим о «новых технологиях», мы подразумеваем использование нового или модернизированного оборудования, новых перспективных материалов, или же применение комбинации известных физических процессов и технологических приемов, с помощью которых мы получаем на поверхности изделия покрытия с качественно новым комплексом необходимых эксплуатационных характеристик.

В ОХП «Институт сварки и защитных покрытий» развиваются различные направления нанесения покрытий, с помощью которых наши специалисты способны решать практически весь комплекс задач по нанесению защитных покрытий различного функционального назначения.

Каждое направление развивается в рамках соответствующих лабораторий института. Это — лаборатории:

- газопламенного напыления;
- плазменного напыления;
- микроплазмохимических и электрофизических процессов;
- вакуумных покрытий.

Толщина формируемых всеми подразделениями покрытий охватывает достаточно широкий диапазон величин — от долей микрон до нескольких сантиметров.

Сегодня, наряду с технологиями формирования износостойких, упрочняющих, коррозионностойких и других функциональных покрытий на новых изделиях все более востребованными становятся технологии восстановления деталей машин и механизмов.

Газопламенные покрытия

В 2008 году Институт приобрел для лаборатории газопламенных покрытий комплекс оборудования (дробеструйная установка и вращатель), позволяющие обрабатывать длинномерные изде-

лия — до 6-ти метров длиной (*иллюстрации к статье см. на второй странице обложки*).

Кроме того, что спрос на такое оборудование есть в странах СНГ (Российская Федерация, Украина, Казахстан) и мы уже продали несколько комплектов оборудования за рубеж, наличие этого комплекса в Институте сразу привлекло дополнительных заказчиков, нуждающихся в восстановлении длинномерных изделий. Среди наших заказчиков ОАО «Нафтан», предприятия Минпрома, предприятия Минсктранса и др.

При разработке новых технологических процессов лаборатория газопламенных покрытий использует широкий класс порошковых и шнуровых материалов для восстановления деталей из различных марок конструкционных сталей и чугуна.

Плазменные покрытия

Примером применения комбинированных технологий обработки изделий является технология, разработанная лабораторией плазменных покрытий Института совместно с сотрудниками Института физики им. Степанова НАН Беларуси.

Разработана технология нанесения плазменных покрытий, предназначенных для восстановления и упрочнения деталей машин, эксплуатирующихся при неблагоприятных условиях трения (граничная смазка или отсутствие смазочного материала, повышенные контактные нагрузки и температуры трибосопряжений).

Суть технологии заключается в том, что покрытия, сформированные плазменными методами, обрабатывают высококонцентрированными потоками энергии (импульса плазмы, луча лазера) с дополнительным регулированием структурообразования при введении в состав покрытия (на стадии синтеза исходного композиционного материала) элементов переходных металлов, например, Mo, Ti и др.

При обработке покрытий высококонцентрированными потоками энергии имеет место локальный нагрев и сверхбыстрое охлаждение тонких оплавленных слоев покрытия, создаются предпосылки эффективного измельчения зеренной структуры, формируются неравновесные аморфные фазы.

В настоящее время в лаборатории плазменных

покрытий разрабатываются технологии и осваивается оборудование для детонационного нанесения покрытий на изделия, работающие в условиях интенсивного коррозионно-эрозионного износа.

Развитию этого направления способствует эффективная работа в ГНУ «Институт порошковой металлургии» лаборатории новых материалов и технологий, разрабатывающей методом СВС перспективные порошковые материалы для различных методов газотермического напыления.

В лаборатории плазменного напыления успешно работает оборудование для нанесения на изделия из металла антикоррозионных полимерных покрытий с различными наполнителями.

Среди наших заказчиков Минский Метрополитен и ряд предприятий, заинтересованных в защите своих изделий от коррозии в сочетании с декоративными характеристиками изделий, поскольку полимерные покрытия имеют очень широкую цветовую гамму.

Микроплазмоискровые методы формирования покрытий

В Институте существуют и успешно развиваются методы формирования защитных покрытий, пригодные как для обработки новых, так и для восстановления изношенных поверхностей без существенного возрастания трудоемкости подготовки восстановленного изделия к эксплуатации.

Указанные требования успешно реализуются при обработке материала микроплазмоискровыми методами — микроплазмоискровым легированием с ультразвуковым модифицированием (МПИЛ+УЗМ), а также анодным микродуговым оксидированием (АМДО).

Обе технологии основаны на взаимодействии анода и катода в электрическом поле в результате дискретного действия пробойных низковольтных напряжений при возникновении искры. Отличие состоит в составе среды: **газовая** при МПИЛ+УЗМ обработке, **жидкая** — при АМДО.

Одной из определяющих задач при микроплазмоискровой обработке является подбор материала электродов и рецептуры электролитов, ответственных за формирование покрытий прогнозируемых составов и свойств.

Эффективность таких методов по назначению:

а) сохранять геометрию и размеры объекта в пределах допусковых ограничений;

б) не разупрочнять материал подложки и не вносить в него дополнительных напряжений;

Область применения технологий:

- для нанесения теплостойких оксидокерамических покрытий на детали цилиндрическо-

невой группы, на комплектующие антиблокировочных систем для большегрузных автомобилей;

- в металлургической промышленности — ролики для натяжения металлокорда;
- в инструментальной промышленности: создание износостойкого оксидокерамического покрытия на штамповой оснастке для изготовления корпусных деталей телевизионных приемников; алюминиевые абразивно-доводочные диски для чистовой обработки жестко-допусковых изделий, алюминиевые притиры с АМДО-покрытием для суперфинишной обработки;
- в ремонтном производстве — уплотнительные элементы для гидронасосов, уплотнительные кольца и пр.;
- в химической промышленности и пожаротушении — ролики для натяжения стекловолокна, оксидокерамические покрытия для сопел и т.д.;
- в пищевой промышленности замена специальных чистящих агрегатов в производстве корнеплодоочистных машин для общественного питания, изготавливаемых ранее из нержавеющей стали, на дюралевые с АМДО-покрытием, алюминиевая посуда, и т.д.;
- в производстве пластических масс — повышение износо- и коррозионной стойкости алюминиевых цилиндров для экструдеров;
- в полиграфической промышленности — композиционное покрытие «керамика-полимер» для повышения износостойкости валов для множительной техники;
- для текстильной промышленности — треки для протягивания пряжи, всевозможные ролики и т.п.;
- в производстве товаров народного потребления — формирование композиционного керамико-полимерного покрытия на подошвах электроутюгов, в медицине для формирования защитно-декоративных покрытий на корпусах и комплектующих для медтехники, титановые ортопротезы, дентальные протезы с АМДО-покрытиями — биологически активными и биопассивными и т.д.

Вакуумные покрытия

В настоящее время в республике, да и во всем постсоветском пространстве сложилась ситуация, когда парк действующего оборудования оказался устаревшим не только физически, но и морально

Одним из наиболее дешевых путей дальнейшего развития и совершенствования вакуумных технологий при сегодняшнем состоянии вакуумной техники мы видим в модернизации существующего вакуумного оборудования, которая направлена на:

- расширение его технологических возможностей (расширение номенклатуры обрабатываемых изделий);

- повышение эксплуатационных характеристик изделий с покрытиями;

- повышение качества формируемых покрытий (повышение адгезии, уменьшение пористости);

- возможность применения новых композиционных материалов для создания покрытий различного функционального назначения.

Для этих целей нами применяются новые источники генерации плазменных потоков, которые мы дополнительно встраиваем в вакуумные камеры установок и, таким образом, получаем возможность значительно повышать эффективность процессов нанесения вакуумных покрытий.

Использование фланцевого варианта автономного ионного источника типа «Аида» позволило независимо регулировать энергию и плотность тока ионов, поступающих на обрабатываемое изделие. При обработке изделий ионным потоком нейтрального газа (Ar) происходит их очистка, а также активация поверхностного слоя. Эта операция во многих случаях позволяет исключить стадию нагрева изделия металлической плазмой или значительно сократить ее по времени.

Таким образом, появляется возможность снизить температуру процесса формирования износостойкого покрытия, а, следовательно, и температуру обрабатываемого изделия не ухудшая адгезионных характеристик сформированных покрытий.

Хорошие результаты по повышению адгезионных характеристик вакуумных покрытий достигаются и при использовании технологии нанесения покрытий методом электродугового испарения с «ионным ассистированием», когда ионный источник работает во время процесса формирования покрытия.

Следующим шагом в направлении повышения эксплуатационных характеристик режущего инструмента является применение комбинированной технологии упрочнения.

На протяжении ряда лет в Институте проводятся исследования по разработке процессов создания износостойких покрытий с применением технологий электродугового испарения и ионного азотирования, причем комбинации этих процессов используются на различных стадиях формирования износостойких слоев.

Преимуществом такой комбинированной формирования износостойких покрытий является достижение высоких эксплуатационных характеристик сформированных покрытий в комплексе

с высокой адгезией.

Применение комбинированных технологий для формирования износостойких покрытий, с одной стороны, приводят к увеличению толщины нитридного слоя в изделиях, что определяет повышение износостойкости по сравнению с традиционными технологиями поверхностного упрочнения, а с другой стороны, структура комбинированного покрытия представляет собой достаточно плавный переход от прочного износостойкого нитридного покрытия на поверхности к более пластичным фазам в объеме изделия.

В плане создания новых методов формирования функциональных покрытий в настоящее время в Институте проводятся исследования по разработке технологий нанесения вакуумных покрытий методом ионно-лучевого распыления.

Для реализации процесса ионно-вакуумного нанесения композиционного покрытия был использован ионный источник, разработанный на базе торцевого холловского ускорителя осесимметричной конструкции с разрядом в скрещенных электрическом и магнитном полях, который может формировать два независимых ионных пучка кольцевой геометрии. Один из них используется для распыления мишени, другой — для предварительной обработки (ионной очистки и активации) поверхности подложки перед нанесением покрытия. В качестве рабочего газа использовали аргон.

Композиционные мишени для распыления представляли собой диски Ø 80 мм и толщиной 10 мм, состоящие из спрессованных смесей порошков металла или сплава с добавками нанодисперсных алмазов, нанодисперсных оксидов, дисульфида молибдена

Это технология, с помощью которой, распыляя мишени из композиционных материалов, мы получаем на изделиях покрытия, полностью повторяющие материал мишени, как по химическому составу, так и по стехиометрии.

Перспективность этого метода мы видим при создании износостойких покрытий, обладающих высокими антикоррозионными характеристиками. Не менее важными работами с использованием метода ионно-лучевого распыления мы считаем работы по созданию твердосмазочных покрытий, способных работать в различных условиях эксплуатации, особенно, когда применение жидких смазочных материалов недопустимо.

Несмотря на многообразие технологических приемов, используемых при формировании функциональных покрытий, не существует универсальных методов, способных решать все зада-

чи, стоящие перед разработчиками, как в машиностроении, так и в инструментальной промышленности и решение каждой задачи требует своего индивидуального подхода, своего метода, своего материала.

Решению этих проблем и посвящена сегодня научная и производственная деятельность коллектива лабораторий институт в рамках многочисленных заданий государственных программ, как фундаментальных, так и прикладных исследований.

ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ КРАНОВ С ИСТЁКШИМ СРОКОМ СЛУЖБЫ КАК ЧАСТЬ НОРМАТИВНОГО

А.Н. Наталевич, к.т.н., Н.Л. Нестеренко к.т.н.

Нормативные сроки службы (ресурс) кранов отражают реальный срок службы ориентировочно, т.к. назначаются при изготовлении, исходя из усредненных характеристик нагружения и гарантированных механических характеристик металла.

Календарные сроки службы неинтенсивно используемых кранов (при прочих равных условиях), как правило, выше нормативно установленных, указываемых в паспорте крана наряду с режимом работы. По истечении нормативного срока службы такие краны должны пройти техническую экспертизу, в результате проведения которой необходимо установить остаточный ресурс. После проведения восстановительных работ, необходимость которых устанавливает экспертиза, многие краны могут использоваться и в дальнейшем. Эксплуатация грузоподъемных кранов по окончании нормативного срока службы может быть продолжена при условии достаточной остаточной прочности металлоконструкции, т.е. наличии остаточного ресурса. В случае исчерпания нормативного срока службы (отсутствии остаточного ресурса) кран должен быть выведен из эксплуатации и списан.

Первым этапом при определении остаточного ресурса является определение фактических групп классификации (режима) ввиду соответствия по стандарту ИСО 4301 групп классификаций (режимов) кранов определенному значению параметров нагружения.

Определение групп классификации (режимов) кранов предусмотрено методикой [1], где оценка групп классификации кранов производится по значениям параметров нагруженности — числу C циклов нагружения и коэффициенту K_p распределения нагрузки.

В работе [2], предусмотрена базовая методика оценки остаточного ресурса кранов мостового типа по типу и числу дефектов главных балок. Здесь же на примере оценки остаточного ресурса мостового крана (Приложение 57) при определении групп классификации использован обобщенный параметр s , равный произведению числа циклов C и коэффициента K_p распределения нагрузки.

Определение остаточного ресурса кранов расчетным путем является достаточно трудоемкой задачей ввиду сложной степенной зависимости ресурса от ряда факторов: нагрузки, вида распределения нагрузки, частоты повторяемости нагрузок, числа циклов нагружения, коэффициента асимметрии циклов, концентрации напряжений и т.д.

В то же время использование методики определения групп классификации кранов, приведенной в работах [3, 4] позволяет повысить качество оценки остаточного ресурса кранов с истекшим сроком службы за счет использования обобщенного параметра s , учитывающего нагруженность и длительность действия нагрузки. Данная методика предусматривает определение групп классификации кранов по значению параметра (модуля) $s = C \cdot K_p$ (здесь C — число циклов нагружения, K_p — коэффициент распределения нагрузки).

Величину s следует считать приведенным числом циклов нагружения, которое соответствует определенному значению нагрузки, эквивалентному по повреждающему действию всему спектру реальных нагрузок.

Величина (модуль) s , учитывающая длительность, величину и распределение нагрузки, постоянна для каждой группы режима и регламентирована по группам (табл.1). Использование мо-