

мов его напыления в сочетании с разработанными композициями позволяет снизить уровень остаточных напряжений в покрытии до 3 раз.

Установлено, что покрытия из разработанных композиций обладают высокой износостойкостью в условиях граничного трения во всем диапазоне удельных нагрузок (10 – 40 МПа) и скоростей скольжения (0,5 – 3,5 м/с).

Для всех испытываемых композиций в широком диапазоне относительных скоростей скольжения и удельных нагрузок коэффициент трения составляет от 0,06 до 0,12, что говорит о хороших антифрикционных параметрах этих покрытий.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Борисов, Ю.С. Газотермические покрытия из порошковых материалов. Справочник./ Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.А. Сидоренко, Е.Н. Ардатовская. - Киев.: Наукова думка, 1987. – 544 с.
2. Тушинский, Л.И. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий / Л.И. Тушинский, А.П. Плохов. – Новосибирск: Наука, 1986.
3. Спиридонов, Н.В. Технологические основы формирования поверхностных слоев с повышенными эксплуатационными свойствами: Дисс. ... доктора техн. наук: 05.02.08., 05.02.01. – Минск, 1989.

УДК 621.795

### **ГАЗОТЕРМИЧЕСКОЕ НАПЫЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ**

*Соколов И.О., Кришталь С.А., Шавырин А.А.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время наибольшее распространение в промышленности получили следующие способы нанесения полимерных порошковых материалов: нанесение из псевдооживленного слоя; электростатическое нанесение; термоструйное нанесение. Эти методы обладают своими преимуществами и недостатками, определяющими их эффективную область применения исходя из геометрических параметров покрываемых деталей и изделий, их конструктивных и технологических особенностей, условий будущей эксплуатации, а также необходимой толщины функционального полимерного слоя. Единственным фактором, объединяющим все способы, является термообработка (или термическое воздействие в процессе формирования полимерного слоя), необходимая для образования устойчивой адгезионной связи полимера с основой.

Существует три основных способа нанесения порошковой краски: электростатическое распыление, напыление в псевдооживленном слое и напыление в электростатическом кипящем слое.

Процесс окраски в псевдооживленном слое и электростатическом кипящем слое: При данном процессе окраски детали предварительно подогреваются и могут сразу погружаться в резервуар с порошком, либо же проходят через электрически заряженный туман порошковой краски. При этом порошок наносится на детали и запекается.

Электростатическое распыление порошка: Настоящий процесс является наиболее популярным методом нанесения порошковых красок. В методе элек-

тростатического распыления, электрически заряженные частицы порошка передаются сжатым воздухом.

Эти методы обладают своими преимуществами и недостатками, определяющими их эффективную область применения исходя из геометрических параметров покрываемых деталей и изделий, их конструктивных и технологических особенностей, условий будущей эксплуатации, а также необходимой толщины функционального полимерного слоя. Единственным фактором, объединяющим все способы, является термообработка (или термическое воздействие в процессе формирования полимерного слоя), необходимая для образования устойчивой адгезионной связи полимера с основой [1].

Указанные выше способы – цеховые, поскольку они предполагают проведение комплекса операций и наличие специальных камер, ванн, печей. Поэтому первое и основное ограничение их применения касается собранных, стационарных и крупногабаритных изделий. В этом случае единственными экономичными и простыми в реализации являются методы термоструйного напыления, позволяющие формировать полимерное покрытие за одну технологическую операцию, которым относятся.

Указанные способы предполагают проведение комплекса операций, наличие специальных камер, печей и ванн, что ограничивает их применение для стационарных и крупногабаритных изделий. Наиболее перспективными (технологичным и экономически целесообразным) в этом случае являются методы термоструйного напыления, позволяющие формировать полимерное покрытие за одну технологическую операцию, к которым относятся газотермическое (газопламенное, плазменное) напыление (ГТН).

Разработка технологии газотермического нанесения защитных полимерных покрытий, которая является одним из кардинальных путей решения проблем повышения надежности металлоконструкций, снижения себестоимости обслуживания, продления ресурса эксплуатации и реновации является актуальной задачей [2].

В результате проведенных исследований определены параметры газопламенного напыления полимерных материалов белорусско-иранского предприятия «Бел Пека Пэнт» (полиэфирные и полиуретановые): дистанция напыления – 180-220 мм, расход пропан-бутана – 1 – 1,2 м<sup>3</sup>/ч, расход кислорода – 4,0 – 4,5 м<sup>3</sup>/ч, расход воздуха – 0,2 м<sup>3</sup>/ч, расход порошка – 2 – 3 кг/ч.



Рисунок 1 – Напыленные полимерные покрытия из различных материалов



Рисунок 2 – Изменение цвета покрытия в зависимости от режимов напыления

Напыление на оптимальных технологических режимах, обеспечило получение покрытий требуемого качества из всех используемых в исследованиях порошковых материалов (рис.1). Покрытия сохранили основные свойства, получаемые при их формировании традиционными способами: цвет, требования к качеству поверхности.

Для некоторых материалов наблюдалось изменение цвета получаемых покрытий (рис.2), что требует дополнительного исследования влияния технологических параметров напыления и взаимодействия полимерных частиц с газопламенной струей (химические реакции, разложение и др.). Данный эффект может быть использован для декоративных целей.

Результаты испытаний на коррозионную стойкость показали, что необходимо проводить предварительную подготовку напыляемой поверхности. Перспективным является нанесение полимерных покрытий на оцинкованную поверхность.

Проведенные исследования подтвердили перспективность применения газопламенного напыления полимерных покрытий из порошковых красок.

На основании результатов исследования влияния технологических параметров газопламенного напыления на прочность сцепления покрытия с основой установлено, что на прочность сцепления покрытия отрицательно влияет увеличение расхода транспортирующего газа вследствие интенсивного охлаждения газового пламени и увеличения его окислительной способности. Расходы газов, образующих горючую смесь, имеют положительную корреляцию с прочностью сцепления и практически одинаково влияют на значение последней.

Результаты испытаний на коррозионную стойкость показали, что необходимо проводить предварительную подготовку напыляемой поверхности. Перспективным является нанесение полимерных покрытий на оцинкованную поверхность.

Покрытия напыленные на подготовленную поверхность (обезжиренную) обладают достаточной коррозионной стойкостью (на воздухе), однако, коррозионные процессы интенсивно развиваются на незащищенных поверхностях - торцах образца. На образцах, находившихся в помещении, следов коррозии не обнаружено.



Рисунок 3 – Покрытия, нанесенные на неподготовленную поверхность

Важной особенностью газопламенного напыления является возможность нанесения полимерных покрытий значительной толщины (0,3-0,5 мм) по сравнению с традиционными способами (45-70 мкм).

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Тушинский, Л.И. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий / Л.И. Тушинский, А.П. Плохов. – Новосибирск: Наука, 1986.
2. Спиридонов, Н.В. Технологические основы формирования поверхностных слоев с повышенными эксплуатационными свойствами: Дисс. ... доктора техн. наук: 05.02.08, 05.02.01. – Минск, 1989.