

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕНЫ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОПЛАМЕННОГО НАНЕСЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ КРАСОК, ПРИВЕДЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, НА БАЗЕ КОТОРЫХ ДАНЫ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ПОКРАСОЧНОГО СЛОЯ.

В начале определимся с применяемой терминологией: «газопламенная полимерная порошковая покраска» и «газопламенное напыление покрытий из полимерных материалов». Обе формулировки подразумевают формирование полимерного покрытия и, соответственно, не имеют противоречий.

Принцип газопламенного нанесения (ГПН) полимеров изначально был позаимствован у технологии газопламенного напыления металлов. Окраска больше затрагивает декоративные свойства покрытия и имеет ограничения на тип используемых полимеров. Напыление – более обобщенное определение, которое подчеркивает функциональное назначение покрытия. В заголовке статьи мы попытались объединить эти два определения.

На сегодняшний день наибольшее распространение в промышленности получили следу-

ющие способы нанесения полимерных порошковых материалов:

- нанесение из псевдооживленного слоя;
- электростатическое нанесение;
- термоструйное нанесение.

Каждый вышеперечисленный метод обладает своими преимуществами и недостатками, определяющими его 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 подложкой.

ГАЗОПЛАМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПОРОШКОВЫХ КРАСОК



ВЯЧЕСЛАВ МАРЬЯНКО
Кандидат технических наук, СИС
Директор ООО «БЕЛМАР»



Первые два способа 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.

К методам термоструйного напыления относятся:

- тепловое напыление;
- распыление расплава (пневмоэкструзионное);
- газотермическое (газопламенное, плазменное).

Из перечисленных наиболее технологичным и экономически целесообразным, при работе в нестандартных условиях непосредственно на месте эксплуатации изделий представляется метод газопламенного напыления. К его основным достоинствам следует отнести:

- возможность проводить напыление на месте без демонтажа конструкций;
- гибкость технологии и мобильность оборудования;
- легкость и простота обслуживания;
- возможность формировать слои из большинства полимерных материалов, обладающих

хорошей адгезионной прочностью и практически без изменений структуры;

- отсутствие источников электропитания.
- Сущность метода газопламенного напыления состоит в следующем:
- образование направленного потока дисперсных частиц краски, обеспечивающего их перенос на поверхность окрашиваемого изделия;
 - создание условий для протекания устойчивой реакции горения смеси «горючий газ – воздух», сопровождаемой повышением температуры продуктов сгорания в факеле пламени и увеличением скорости их перемещения в направлении движения фронта пламени;
 - взаимодействие продуктов горения с частицами порошка, в результате которого они нагреваются до температуры плавления с образованием жидкой фазы;
 - превращение внутренней (тепловой) и кинетической энергии частиц краски в работу деформации при формировании адгезионного контакта с поверхностью подложки;
 - оптимизация значений температуры и скоростей потоков газов и порошка для формирования удовлетворительного покрасочного слоя.

В настоящее время многие важные вопросы ГПН еще до конца не ясны. И дело не только в сложности процессов горения и теплообмена,

но и в зависимости параметров, а иногда и направления основных химических реакций от множества факторов: химических, структурных, теплофизических, условий нанесения, типа материала подложки и т.д.

Перед тем как вплотную подойти к разработке оборудования для термоструйного нанесения полимерных покрытий, мы провели системный анализ состояния вопроса. Детально изучили конструкции и опыт применения современных и первых установок, созданных в СССР в конце 1980-х гг.

Первые газокислородные термораспылители неплохо себя зарекомендовали при напылении порошка поливинилбутирала, полиамида и отдельной группы порошковых красок отечественного производства. При напылении легкоплавких и вторичных полимеров наблюдалась деструкция напыляемого материала и, соответственно, очень низкое качество финишного покрытия. Поэтому в последнее время больший интерес представляют газозвушительные термораспылители, обеспечивающие нанесение покрытий порошками полимеров с температурой плавления от 365 до 670 К.

Мы провели технические консультации с сотрудниками ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины и с известным производителем оборудования газопламенного напыления Hiom Corporation (США). Проанализировали области применения, а также современный и перспективный уровень



Основные технические характеристики установки

1. Максимальная производительность по порошку, кг/ч, не более	3–3,5
2. Размеры частиц напыляемого порошка, мкм	10–300
3. Производительность напыления (при толщине слоя 250 мкм), м ²	8–10
4. Толщина покрытия, мм	0,15–2
5. Емкость расходного бункера, л	30
6. Коэффициент использования материала	0,95
7. Расход:	
пропан-бутана, м ³ /ч	1,2
сжатого воздуха, м ³ /ч	25
8. Диапазон рабочих давлений:	
пропан-бутана, МПа	0,1–0,2
сжатого воздуха, МПа	0,3–0,6
9. Габаритные размеры установки, (Д×Ш×В), м	0,9×0,7×1,2
10. Масса установки (без загрузки), кг	не более 40.

3. Отсутствуют общие рекомендации по выбору оптимальных величин теплового потока факела термораспылителя, а также режимов оплавления.

Не проводились исследования по определению рационального состава горючей смеси, грануляции порошка, повышение его термостойкости. Каждый разработчик оборудования оптимизирует свои системы, опираясь в основном на собственные экспериментальные результаты с определенной группой полимеров, либо – в лучшем случае – самостоятельно занимается подгонкой (как правило, на достаточно примитивном уровне) отдельных характеристик полимерного порошка.

Все вышеизложенное дает основание считать, что разработка специализированной порошковой краски с учетом особенностей последующей термообработки в установках ГПН с целью повышения эксплуатационной надежности финишного покрытия является необходимым условием продвижения как самого способа, так и технологии.

Бесспорно, качество формируемого покрытия при ГПН по критерию адгезионной прочности во многом зависит от химической природы полимерного материала, размера и формы его дисперсных частиц, их плотности, влажности, теплофизических и электрофизических свойств. Кроме того, немаловажно с точки зрения формирования адгезионного контакта строгое выдерживание технологического регламента предварительной подготовки поверхности.

Однако, как показывают теория и практика, основная причина изначально заложена в цикле термообработки, задача которой – придать частицам порошка достаточный запас тепловой и кинетической энергии, в результате взаимодействия со струей газового пламени, образованной при сгорании горючей смеси «окислитель – горючий газ».

Отсюда становится понятна значимость процесса горения, так как эффективность взаимодействия пламени и частичек порошка определяет условия и степень термической активации напыляемого материала. Перенос тепла частичкам полимера осуществляется за счет теплопроводности, конвекции и излучения, а для термопластичных полимеров еще и за счет



МЫ ПРОВЕЛИ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОНСУЛЬТАЦИИ С СОТРУДНИКАМИ ИЭС ИМ. Е.О. ПАТОНА НАН УКРАИНЫ И С ИЗВЕСТНЫМ ПРОИЗВОДИТЕЛЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ XIOM CORPORATION (США). ПРОАНАЛИЗИРОВАЛИ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, А ТАКЖЕ СОВРЕМЕННЫЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫЙ УРОВЕНЬ ПРОМЫШЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ ДАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИЧЕСКИ РАЗВИТЫХ СТРАНАХ.

промышленного внедрения данной технологии в экономически развитых странах (США, Англия, Италия). К слову, в США внедрено и работает более 400 установок. Установили достаточно плодотворное сотрудничество с крупнейшим производителем термопластических порошковых красок – фирмой Plascoat Systems Limited (Англия).

Цель – технические консультации по технологическим процессам разработки и создания новых композиций термопластических порошковых красок специального назначения. В настоящее время продукцию Plascoat Systems

Limited мы предлагаем на Украине и пока считаем ее основным материалом для промышленного применения ГПН (см. www.belmar-ltd.com).

Выводы

1. Востребованность и актуальность решения вопросов, посвященных обоснованию и разработке технологии формирования покрытий ГПН порошковых красок не вызывает сомнения.

2. Отсутствует научно обоснованная общая концепция построения оборудования ГПН порошковых красок, которая могла бы служить основой для выработки технического задания производителям порошка.

движения горячего расплава в виде капель, потеков или брызг. Вклад каждого вида переноса в общий тепловой баланс зависит от характеристик системы и условий нанесения. Крайне важно, чтобы поверхностный слой полимера под действием тепла не нагрелся до температуры, при которой начинаются физические и химические превращения, приводящие к термическому и термоокислительному разложению.

Кроме того, необходимым условием эффективного теплообмена в системе «пламя факела – частица полимера», является то, что скорость нагрева до предельно допустимой температуры не должна превышать значений, получаемых в результате деления предельно допустимой температуры для данного полимера на постоянную времени его нагрева.

Эффективное использование энергии подразумевает оптимизацию процесса горения факела, достигаемую за счет согласования пространственно-временных и теплофизических параметров факела пламени с теплофизическими характеристиками используемого полимера:

- это соотношение в смеси окислителя и горючего газа;
- характер распределения температуры вдоль оси пламени;
- время нахождения частиц в активной зоне факела пропано-воздушного пламени;
- геометрические и теплофизические параметры напыляемых частичек полимера.

Показано, что для устойчивого горения, при максимальной скорости продуктов сгорания, оптимальное соотношение расходов воздуха и пропана $V_{\text{в}}/V_{\text{п}} = 21,10...21,74$.

Поскольку пропано-воздушная смесь обладает относительно небольшой скоростью воспламенения, кривая распределения температуры вдоль оси пламени имеет ярко выраженный пиковый характер в средней зоне. При этом длина ядра пламени – 0,04...0,08 м, длина средней зоны пламени – 0,01...0,02 м, длина внешней зоны пламени – 0,16...0,32 м.

Время нахождения частиц в активной зоне факела определяется средней скоростью полета, которая функционально связана с эффективностью процесса теплоотдачи, достаточного для расплавления полимера до пластического состояния. При этом предполагается, что температура на поверхности частицы и внутри должна соответствовать неравенству

$$T_{\text{пл}} \leq T_{\text{п}} \leq 1,5T_{\text{пл}},$$

где $T_{\text{пл}}$ – температура плавления используемого полимера.

Необходимо помнить, что для корректного количественного расчета скорости придется учитывать гранулометрический состав порошка, плотность напыляемых частиц, удельные теплоты плавления и теплоемкость полимера, расстояние от сопла до напыляемой поверхности и др. Анализ такой системы весьма затруднителен, тем более в пространственных координатах. Наши упрощенные аналитические расчеты, подкрепленные экспериментами, показывают, что при работе с термопластическими порошками Plascoat PPA-571 рациональная скорость полета частичек порошка краски должна находиться в пределах 20...40 м/с.

На основании анализа литературных данных, результатов математического моделирования и комплексного инженерного расчета была разработана и создана промышленная установка МГПУ(п)-1-50, предназначенная для ручного нанесения порошковых полимерных покрытий на подготовленные поверхности методом ГПН. Общий вид установки в базовой комплектации показан на фото.

ООО Белмар, Украина
г. Николаев, ул. Янтарная, 318/10
тел.: +38 (0512) 58-18-23
факс: +38 (0512) 25-49-13
E-mail: belmar-ltd@mail.ru
<http://www.belmar-ltd.com>



ООО БЕЛМАР, УКРАИНА

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОРОШКОВОЙ ОКРАСКИ, ДЕКОРИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ, СТЕКЛА, МДФ, ПВХ, ГАЗОПЛАМЕННОЙ ПОРОШКОВОЙ ОКРАСКИ

г. Николаев, ул. Янтарная, 318/10
тел.: +38 (0512) 25-49-13
факс: +38 (0512) 58-18-23
E-mail: belmar-ltd@mail.ru
www.belmar-ltd.com