

ния подвижного состава. Это связано не только с повышенной долговечностью таких покрытий, но и с комплексом требований к охране окружающей среды, пожаробезопасностью и улучшением санитарно-гигиенических условий труда при окрасочных работах. В отличие от используемых, новые материалы созданы на водной основе, в их составе отсутствуют органические растворители. Они экологически безопасны, практически без запаха, имеют хороший декоративный вид.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романова Т.А., Лавров А.П. Долговечная противокоррозионная защита пассажирских вагонов // Железнодорожный транспорт. — 2003. — № 5. — С. 34–37.
2. Баснева Н.И. Лакокрасочные материалы, применяемые на железнодорожном транспорте // Промышленная окраска. — 2002. — № 0. — С. 12–13.
3. Методы защиты от коррозии подвижного состава и металлоконструкций железнодорожного транспорта. Сб. научн. трудов // Под ред. Н.А. Буше, А.Д. Конюхова. — М.: Транспорт, 1988. — 130 с.
4. Крюге Я. Системы покрытий для подвижного состава // Железные дороги мира. — 1998. — № 10. — С. 45–49.
5. Карякина М. И. Испытания лакокрасочных материалов и покрытий. — М.: Химия, 1988. — 270 с.

УДК 678.072:533.9

Цырлин М.И., Родченко Д.А.

ОТВЕРЖДЕНИЕ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ

*УО «Белорусский государственный университет транспорта»,
Гомель, Республика Беларусь*

The process of solidification of thermosetting materials with usage of low-temperature plasma is reviewed. Influencing a component structure and technological parameters of plasma spraying on process of solidification of epoxy coatings is investigated. The structures are designed epoxy-dicyandiamide of compositions with the components of oxide of zinc, polyurethane ensuring entirety of cure of a polymer at minimum destruction and formation practically of void-free coatings at thickness 70–80 μm .

Порошковые полимерные материалы в качестве покрытий в последние годы находят широкое применение в промышленности из-за хорошей стойкости при хранении, отсутствии летучих компонентов, низких потерь при нанесении, высоких качеств получаемых покрытий. В ассортименте порошковых красок 90 % занимают термореактивные порошковые композиции. Однако покрытия на основе термореактивных материалов были бы еще более востребованы, если бы удалось существенно сократить время их отверждения [1]. Кроме того, при более высоких скоростях отверждения порошковых покрытий появляется возможность окрашивать изделия из нетермостойких материалов (древесина, ДВП и ДСП, многие пластмассы и др.). Перспективным направлением формирования порошковых полимерных покрытий является плазменное напыление [2].

В исследованиях ставилась задача установить влияние компонентного состава и технологических параметров плазменного напыления на процесс отверждения эпоксидных покрытий.

В экспериментах использовали порошковые эпоксидные краски и компаунды, а также порошковую эпоксидную смолу Э-49П с различными органическими и неорганическими добавками. Отвердителем смолы выступал дициандиамид.

Покрытия формировали с помощью СВЧ-плазменной установки «Филалка». Ввод газопорошковой смеси в плазменную струю производили с помощью специального устройства, позволяющего регулировать дистанцию ввода порошка в плазменную струю [3]. Покрытия наносили на стальные пластины и образцы из ДВП.

Установлено, что воздействие плазменной струи на полимер значительно интенсифицирует формирование покрытий, способствует протеканию химических реакций сшивки полимерных цепей [4], но, вследствие кратковременности его, не обеспечивает для ряда композиций достаточную степень отверждения, характерную для покрытий, сформированных электростатическим методом [5, 6] (содержание гель-фракции 90–95 %) (таблица 1).

Таблица 1

Содержание гель-фракции в покрытиях, %

Материал	Плазменные	Электростатические
ЭП-49А	68–74	87–90
П-ЭП-91	82–85	93–95
П-ЭП-219	70–78	90–92
Farroxid 100	72–76	88–94
Вексгрок КИ-513	76–80	92–95
ЭС-ДЦДА	75–82	83–86
ЭС-ДЦДА- ZnO	87–92	89–91
ЭС-ДЦДА- ПУ	90–93	92–94

Определено, что оксид цинка значительно активизирует процесс отверждения эпоксидной композиции. Эффективен в реакции отверждения также оксид титана и алюминия; оксид марганца не оказывает существенного влияния на процесс отверждения олигомера, а оксид меди, наоборот, ингибирует его.

Ввод полиуретана в качестве полимерной добавки активизирует процесс отверждения системы. Выход гель-фракции достигает 93 %. Содержание гель-фракции в зависимости от концентрации модификатора имеет экстремальный характер. Повышение концентрации полиуретана более 15 % отрицательно сказывается на структурированности системы. Установлено также, что полиэтилентерефталат не оказывает существенного влияния на процесс отверждения, а полибутен ингибирует его.

Содержание гель-фракции в плазменных покрытиях изменяется в широких пределах в зависимости от технологических режимов напыления, в первую очередь, от дистанции ввода полимера в плазменную струю (K) и дистанцию напыления (L) (рисунок 2).

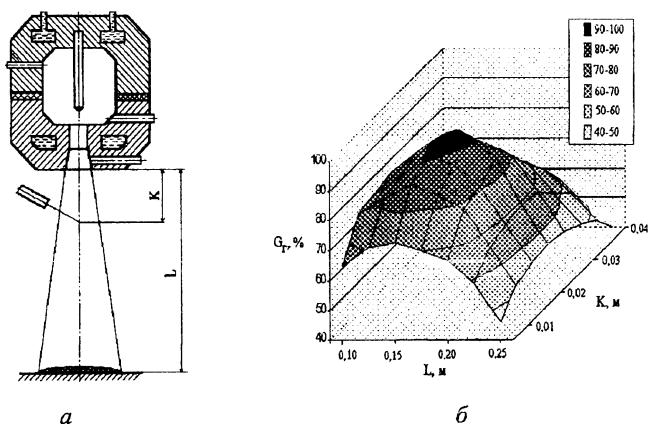


Рис. 2. Схема нанесения покрытий (а) и содержание гель-фракции в зависимости от параметров плазменного процесса (б)

На основании выполненных исследований разработаны для плазменного напыления составы эпоксидно-дициандиамидовых композиций с добавками оксида цинка, полиуретана, обеспечивающие при оптимальных технологических режимах напыления (таблица 2) полноту отверждения полимера при минимальной термоокислительной деструкции и формирование практически беспористых покрытий при толщинах 70+80 мкм [7]. Содержание гель-фракции таких покрытий до 93 % после 25+30 с. осаждения. Аналогичную

степень отверждения имеют электростатические покрытия, сформированные при температуре 423+453 К в течение 30+60 мин.

Таблица 2

Оптимальные технологические режимы нанесения эпоксидных покрытий

Показатели	Мощность, подводимая к плазмотрону, кВт	
	5	10
Дистанция ввода полимера в плазменную струю, м	0,015–0,023	0,025–0,032
Дистанция напыления, м	0,145–0,160	0,180–0,200
Угол ввода полимера в плазменную струю, град.	70–80	70–80
Расход плазмообразующего газа, м ³ /с	$(1,4–1,6) \cdot 10^{-3}$	$(1,9–2,2) \cdot 10^{-3}$
Расход порошка, кг/с	$(0,060–0,075) \cdot 10^{-3}$	$(0,110–0,135) \cdot 10^{-3}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев А.Д. Порошковые краски. — Л.: Химия, 1987. — 216 с.
2. Родченко Д.А. Применение низкотемпературной плазменной струи для создания металлополимерных систем // Известия АН БССР, сер. физ.-техн. наук. — 1986. — № 1. — С. 38–42.
3. Патент № 4367 РБ, МПК 7 — В 05 В 7/20. Приставка к плазмотрону для напыления / Д. А. Родченко, М. И. Цырлин — № а 19990378; Заявлено 21.04.1999; Опубл. 30.03.2002 // Афіцыйны бюл. Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь, 2002. — № 1. — С. 94–95.
4. Цырлин М.И., Родченко Д.А. Формирование сетчатой структуры термоотверждаемого полимера при плазменном осаждении // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хім. навук. — 1998. — № 4. — С. 132–136.
5. Чернин И.З., Смехов Ф.М., Жердев Ю.В. Эпоксидные полимеры и композиции. — М.: Химия, 1982. — 232 с.
6. Никулина Л.Е., Королева В.Р., Черишко В.Г. Ускоренное отверждение эпоксидных композиций и свойства получаемых покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. — 1988. — № 1. — С. 34–36.
7. Tsyrlin M.I., Rodchenko D.A. Composition coats on basis epoxyolegomers, shaped with use of low-temperature plasma // Физика плазмы и плазменные технологии: Материалы конференции—Минск: Институт молекулярной и атомной физики НАН Беларуси, 2000. — С. 514–517.