



УДК 667.63; 666.291.3

В.Ф. Строганов, Р.А. Искандеров, Д.Е. Страхов, Э.М. Ягунд

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЭМАЛЕВОГО ПОКРЫТИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЕМКостей**

Защита от коррозии является одной из важнейших научно-технических и экономических задач. Среди многообразия средств и способов защиты металлов от коррозии значительная роль принадлежит лакокрасочным материалам (ЛКМ) широкого ассортимента и спектра действия: лаки, шпатлевки, грунтовки, краски и эмали [2]. В основе этих материалов используются различные полимерные олигомеры: метакриловые, хлорсульфоновые, хлорвиниловые, алкидные, полиэфирные, пентафталивые, эпоксидные и др. смолы. Анализ показал, что для защиты от коррозии стальных поверхностей наиболее часто используются эпоксидные и эпокси-полиэфирные композиции, полимерные покрытия из которых позволяют эксплуатировать оборудование в условиях воздействия различных сред и температур. К наиболее перспективным материалам следует отнести грунтовки и эмали серии БЭП [1, 2].

Выполнение условий ремонта оборудования, работающего в агрессивных и специальных средах, в частности, емкостей для хранения и переработки 96% -ного спирта и различных спиртосодержащих продуктов при температурах от минус 20°C до минус 60 °С, ограничивает возможность выбора.

С целью идентификации эмалевого покрытия емкости брожения и покрытия на основе выбранной нами эмали «Эповин» (БЭП-5297) выполнен сравнительный анализ эмалевых покрытий методом ИК-спектроскопии: состав и структура полимеров.

Эксперимент проводили по следующей методике. Для регистрации ИК-спектров готовились образцы в виде капиллярных пленок вазелиновых суспензий толщиной 10-15 мкм, зажатых между окнами из бромистого калия. Образцы предварительно измельчались в вибромельнице в течение 5 мин, после чего полученный порошок с размером частиц в несколько микрон перемешивался в агатовой ступке с вазелиновым маслом. Полученная суспензия раздавливалась между двумя плоскопараллельными пластинами из КВг, которые помещались в держатель ИК-спектрометра.

Регистрация и обработка ИК-спектров в области 4000 - 400см<sup>-1</sup> производилась с помощью автоматизированного комплекса «АКРОС», разработанного и смонтированного на базе серийного спектрофотометра SPECORD-80 и ПЭВМ типа РС-486-5X [3].

При анализе результатов исследования следует отметить, что физико-механические свойства, цвет и область изменений эмалей позволяют предположить их природу: пигментированные отвержденные эпоксидные полимеры (ЭП), что позволяет широко варьировать свойства и окраску покрытий, изменяя структуру реакционно-способного олигомера, способ его отверждения и пигмент. Назовем условно исследуемые образцы: “образец 1” и “образец 2” (в хронологическом порядке их изучения). Их ИК-спектры приведены на рис. 1 и 2 соответственно. Коричневый цвет обоих образцов свидетельствует о наличии в их составе пигментов на основе оксидов железа, придающих покрытиям характерный цвет, а оттенки покрытий различны. Темно-коричневый цвет образца 1 свидетельствует о наличии в его структуре гамма-оксида железа ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), а желтовато-коричневый, более светлый оттенок образца 2 – о наличии в составе этого покрытия альфа-оксида железа ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Эти вещества являются различными кристаллическими модификациями гидроксида железа III. Их химическая формула  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , содержание  $\text{H}_2\text{O}$  колеблется от 10 до 14 %. Оба этих пигмента хорошо известны и широко применяются в лакокрасочной промышленности в составе, например, таких красок, как охра и сиена (название сиена происходит от итальянского города Сиенна, в районе которого издавна добывался данный пигмент). В СНГ также имеются многочисленные месторождения желтого железно-оксидного пигмента различных сортов. К ним, прежде всего, следует отнести Изюмское месторождение (Украина), которое дает наиболее светлую и чистую по тону охру, а также Рудаевское, Бутурлинское и Жураевское месторождение Воронежской области. Следует отметить, что в промышленности используется в основном альфа-оксид железа природного происхождения, а гамма-оксид – синтетический, т.к. в природе он встречается редко.

В ИК-спектре образца 2 имеются две полосы средней интенсивности с частотами 608 и 670 см<sup>-1</sup>, характерными для  $\alpha$ -оксида железа [4]. Таким образом, наличие в составе этой эмали желтого железно-оксидного пигмента можно считать доказанным. К сожалению, в нашем распоряжении не имеется образца чистого  $\gamma$ -оксида железа либо его ИК-спектра, поэтому о его наличии в составе образца 1 можно судить лишь косвенно, по цвету этого покрытия.



Свойства отвержденных ЭП

Показатели качества	ИЭП	БЭП-5297	УП5-168с [6]	УП5-198с [6]	УП5-197с [6]
<b>Твердость по Бринелю, МПа</b>	120	122	110	115	120
Прочность при сдвиге, МПа	-	11.5	10	10	8
Прочность при отрыве, МПа	-	18.0	15	15	13

Анализ ИК-спектров позволяет также сделать некоторые выводы о структуре связующего и типе применяемого отвердителя. В спектрах обоих образцов имеется характерный дублет на частоте около 1600 см<sup>-1</sup>. Это однозначно свидетельствует о наличии в структуре полимеров ароматических ядер [5], причем наличие этой полосы на данной частоте очень характерно для эпоксидиановых олигомеров [6]. В высокочастотной области 3100-3700 см<sup>-1</sup> имеется широкий размытый фон, отвечающий валентным колебаниям водородосвязанных гидроксильных групп. Наличие ОН-групп в спектрах образцов обусловлено двумя факторами. Во-первых, при раскрытии эпоксидных групп, происходящем при отверждении эпоксидных олигомеров, почти всегда образуются гидроксильные группы. Во-вторых, в кристаллическую структуру железоксидных пигментов входит вода, которая также дает свой вклад в поглощение в указанной области.

В области 1700 см<sup>-1</sup> в спектрах обоих образцов имеются полосы, отвечающие валентным колебаниям карбонильных групп [5]. В то же время форма этих полос в образцах существенно различается. В образце 2 эта полоса симметрична и имеет максимум на частоте 1724 см<sup>-1</sup>, характерной для поглощения сложноэфирных групп. Вероятно, в структуру эпоксидного олигомера входят сложноэфирные фрагменты. Этот вывод подтверждается также наличием интенсивных полос 1016, 1182, 1248 см<sup>-1</sup>, отвечающих колебаниям ν(C-O-C). В спектре образца 1 полоса ν(C=O) расщеплена на несколько пиков с максимумами 1684, 1700, 1715, 1724 см<sup>-1</sup>, что свидетельствует о гораздо более сложной структуре полимера. Очевидно, помимо сложноэфирных карбонильных групп в полимере могут содержаться какие-либо циклы от использованного отвердителя.

На основании выполненных исследований можно констатировать:

1. В составе образца 1 использован коричневый железоксидный пигмент на основе гамма-оксида железа, а составе образца 2 – желтый железоксидный пигмент на основе природного альфа-оксида железа.

2. Пленкообразователь в обеих эмалях представляет собой отвержденный эпоксидиановый ароматический олигомер.

3. В структуру полимера образца 2 входят

сложноэфирные фрагменты.

4. Образец 1 имеет гораздо более сложную структуру пленкообразователя, о чем свидетельствует наличие карбонильных групп различной природы.

Кроме физико-химической идентификации по строению ЭП покрытия, интересно было осуществить анализ по физико-механическим показателям. Физико-химические исследования позволяют сделать вывод, что исследуемый полимер является наполненной композицией на основе эпоксидиановой смолы отвержденной аминами (предположительно смесь ароматических и алифатических аминов или же отвердитель, содержащий одновременно алифатические и ароматические фрагменты, например, УП-583«Д»). Нами были исследованы некоторые показатели исследуемого покрытия (ИЭП), например, твердость по Бринелю (Нв), проведено сравнение по литературным данным с аналогичными покрытиями [7] и определены показатели выбранного покрытия БЭП-5297 (табл.).

Как видно, компаунды аналоги: УП5-168, УП5-197, УП5-198 испытуемый (ИЭП) и выбранный БЭП-5297 близки по свойствам, что подтверждает обоснованность и правильность выбора компаунда для ремонта аппарата.

Поверхность на поврежденном участке (~1-1.2 м<sup>2</sup>) очищали до степени 2 (по ГОСТ 9.402) или S<sub>a</sub> 2<sup>1/2</sup> (по шведскому стандарту). Очищенную поверхность обезжиривали уайт-спиритом, спиртом и протирали сухой ветошью.

Готовили композицию в соответствии с данными паспорта, соблюдая требования по соотношению компонентов, температуре и степени перемешивания. Подготовленную эмаль наносили на поверхность материала кистью при температуре окружающего воздуха 25-30°C и относительной влажности воздуха 60-65%. При нанесении первого, грунтовочного слоя эмали композицию разбавляли (не более 5% по массе) спиртом, а при нанесении второго и третьего слоев разбавление не применяли.

После высыхания первого слоя (24 часа при 20°C) аналогично наносили 2<sup>ю</sup> и 3<sup>ю</sup> слои эмали. Перед началом эксплуатации покрытие выдерживали при температуре 20-30°C в течение 15 суток.

Использованный продукт – эмаль БЭП-5297 имеет



ТУ 2312-005-27524984-99, технический паспорт и санитарно-эпидемиологическое заключение.

**Литература**

1. Сафрончик В.И. Защита от коррозии строительных конструкций и технологического оборудования. – Л.: Стройиздат, 1988. – 255 с.
2. Справочник-каталог. Лакокрасочные материалы. – СПб.: ООО «Гамма», 2002. – 124 с.
3. Ржевский А.М., Буслов Д.К., Макаревич Н.И. // Журнал прикладной спектроскопии, т.45, №2, 1986. – С. 257.
4. Stepin S.N., Yagund E.M. // Journal of Molecular Structure, v.348, 1995. – P.179-182.
5. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. – М.: Изд.иностр. лит., 1963. – 590 с.
6. Иржак В.И., Розенберг Б.А., Ениколопан Н.С. // Сетчатые полимеры (синтез, структура, свойства). – М.: Наука, 1979. – 248 с.
7. Каталог. Эпоксидные смолы и материалы на их основе. – Черкассы: НИИГЭХИМ. 1984. – 44 с.