

А. Н. Потапчик, ассист., канд. техн. наук;
А. Л. Егорова, доц., канд. техн. наук;
П. А. Бегун, студ. (БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ РЕЦЕПТУРОСТРОЕНИЯ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Коррозия металлов является одной из наиболее актуальных проблем в современной промышленности и строительстве, так как приводит к значительным экономическим потерям и угрожает безопасности и надежности конструкций. Одним из наиболее распространенных и эффективных способов защиты металлов от коррозии является применение лакокрасочных материалов (ЛКМ), которые образуют на поверхности металла лакокрасочное покрытие, защищающего его от воздействия агрессивной среды.

Однако, не все ЛКМ обладают достаточной антикоррозионной стойкостью и долговечностью, поэтому важной задачей является разработка и оптимизация рецептур ЛКМ, обеспечивающих высокий уровень защиты металлов. Для этого необходимо проводить комплексное исследование свойств ЛКМ и их взаимодействия с металлом и коррозионной средой.

Существует множество методов исследования свойств ЛКМ, таких как механические, физико-химические, оптические, термические и др. Однако, в последнее время все большее внимание уделяется электрохимическим методам исследований, которые позволяют получать информацию о процессах, происходящих на границе «металл – покрытие – среда», а также оценивать антикоррозионные свойства лакокрасочных покрытий и их влияние на скорость коррозии металла.

Целью данной работы является рассмотрение особенностей создания рецептур антикоррозионных ЛКМ с применением электрохимических методов исследований. Для этого нами выполнен анализ принципов и методов электрохимической оценки свойств ЛКМ, изучены примеры оптимизации рецептур ЛКМ на основе различных компонентов с учетом электрохимических свойств, а также проанализированы преимущества и недостатки электрохимических методов исследований в сравнении с другими методами.

Электрохимические методы исследований основаны на измерении электрических величин, таких как потенциал, ток, сопротивление, импеданс, заряд и др., которые характеризуют электрохимические процессы, происходящие на границе «металл – покрытие – среда».

Эти процессы включают в себя перенос заряда, диффузию ионов, адсорбцию и десорбцию молекул, образование и разрушение пленок, растворение и осаждение продуктов коррозии и др. Электрохимические методы исследований позволяют оценивать электрохимические свойства лакокрасочных покрытий, такие как:

– поляризационное сопротивление (R_p) – это сопротивление, которое возникает при приложении небольшого внешнего потенциала к электроду, покрытому лакокрасочным материалом, и характеризует скорость коррозии металла под покрытием. Чем выше R_p , тем ниже скорость коррозии и тем лучше антикоррозионные свойства ЛКМ. R_p измеряется с помощью поляризационной кривой, которая представляет собой зависимость тока от потенциала при малых отклонениях от потенциала открытого контура (E_{oc}).

– потенциал открытого контура (E_{oc}) – это потенциал, который устанавливается на электроде с покрытием в отсутствие внешнего электрического поля и характеризует термодинамическую стабильность металла в данной среде. Чем отрицательнее величина E_{oc} , тем более благоприятны условия для коррозии металла и тем хуже антикоррозионные свойства ЛКМ.

– импеданс (Z) – это комплексное сопротивление, которое возникает при приложении переменного электрического поля к электроду, покрытому ЛКМ.

Разработка и оптимизация рецептуры лакокрасочных материалов является трудоемкой задачей, что обусловлено многокомпонентностью их состава и специфическим характером взаимодействия компонентов. Например, введение твердой фазы (пигментов и наполнителей) в объем пленкообразующего вещества сопровождается межфазным взаимодействием, результатом которого является образование адсорбционно-сольватных слоев на поверхности твердых частиц и ориентирование пленкообразователя на некотором удалении в объеме материала. Вследствие большой суммарной поверхности пигментов и наполнителей указанные изменения затрагивают значительную часть связующего, что в конечном итоге проявляется в изменении свойств пигментированных лакокрасочных покрытий.

Согласно [1, с. 41–42] постановка и реализация плана исследований «...состоит из следующих этапов: выбор функции отклика (или параметра оптимизации), факторов и уровней их варьирования, кодирование факторов, составление плана-матрицы эксперимента, рандомизация опытов, реализация плана эксперимента, проверка однородности дисперсий параллельных опытов и их воспроизводимости, расчет коэффициентов уравнения регрессии, оценка значимости факторов, проверка адекватности модели, ранжирование факторов, оценка

доверительных интервалов параметров модели и функции отклика».

Дизайн плана, определяющий количество опытов и их координаты в факторном пространстве, зависит от характера изучаемого явления, числа изучаемых факторов, критерия оптимальности [1, с. 83–89]. При оптимизации состава пигментной части лакокрасочного материала планирование эксперимента часто осуществляют с построением диаграмм «состав – свойство», для чего выбирают симплекс-решетчатые, симплекс-центроидные, симплекс-симметричные и некоторые другие планы эксперимента [2, с. 186–188].

Для решения вышеуказанных задач существует специальное программное обеспечение, существенно облегчающее планирование и обработку результатов эксперимента. Полную автоматизацию расчетов от начала разработки плана до оценки доверительных интервалов функции отклика способны обеспечить программы Statgraphics Centurion и Statistica.

Критерием оптимизации предлагается использовать величину емкостно-частотного коэффициента, как информативного показателя изолирующей способности лакокрасочных покрытий в электролитах [3]. В таком случае разработка рецептуры лакокрасочного материала включает следующие этапы:

- выбор пленкообразующей системы с учетом области применения и требуемого уровня показателей качества лакокрасочных материалов и покрытий на их основе;

- подбор пигментов и наполнителей, способствующих достижению требуемых свойств лакокрасочного покрытия с учетом совместимости компонентов, и расчет критической объемной концентрации пигментной части;

- оптимизация состава пигментной части, т. е. поиск соотношения пигментов и наполнителей, обеспечивающего комплекс желаемых свойств лакокрасочному материалу и покрытиям на его основе;

- подбор типа и дозировки функциональных добавок;

ЛИТЕРАТУРА

1. Алибеков А.К., Михалев М.А. Практика применения планирования эксперимента: для инженеров и научных работников. – Махачкала: ДГТУ, 2013. – 126 с.

2. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: Наука, 1976. – 390 с.

3. Потапчик, А.Н. Электрохимический метод прогнозирования долговечности антикоррозионных лакокрасочных покрытий: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.16.09 / Белорусский государственный технологический университет; А. Н. Потапчик. – Минск, 2022. – 22 с.