

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО ПОЛИМЕРА

В статье представлены результаты исследования физико-механических, электрохимических и электрических свойств лакокрасочного покрытия «Стикор» на основе термопластичного полимера полистирола. Показано, что данное покрытие обладает высокими антикоррозионными свойствами и может быть рекомендовано для защиты внутренних поверхностей деталей специализированного подвижного состава, перевозящего минеральное удобрение.

Ключевые слова: защитное покрытие, коррозия, образцы, испытание, адгезия, прочность

Железнодорожный транспорт является одним из наиболее металлоемких отраслей промышленности. Из металла изготовлены практически все узлы и детали подвижного состава, верхнего строения пути, мостов, контактной сети, коммуникации и оборудование.

В процессе эксплуатации на поверхность металлических изделий воздействуют атмосферно-климатические факторы, перевозимые продукты химической промышленности, минеральное сырье, топливо, которые в сочетании с высокими ударными и циклическими нагрузками способны вызывать не только равномерную и местную коррозию металла, но и коррозионно усталостные повреждения, коррозионное растрескивание. Коррозия металла приводит к снижению несущей способности конструкций, загрязнению перевозимых грузов, вызывает неисправности устройств, оборудования, систем [1].

Целью статьи является разработка и исследование защитного покрытия на основе композиции «Стикор».

Для предотвращения коррозионных и коррозионно-усталостных разрушений, обеспечения надежности, сохранности груза, экономически обоснованной долговечности, минимальных затрат на текущие и капитальные ремонты на стадии изготовления и при эксплуатации проводятся мероприятия для защиты технических средств от коррозии [2].

Современная технология перевозки грузов железнодорожным транспортом характеризуется значительной интенсификацией процессов транспортирования с повышением удельных нагрузок на оборудование.

Одним из характерных примеров такой эксплуатации является процесс транспортировки минеральных удобрений.

Повышение долговечности специальных транспортных средств – вагонов-минераловозов, предназначенных для перевозки минеральных удобрений, работающих в условиях воздействия агрессивной среды, подверженных сложному коррозионно-абразивному воздействию в промышленной атмосфере, загрязненной агрессивными газами и пылью, является одним из важнейших факторов роста производительности труда и снижения экономических затрат в области железнодорожного транспорта [2].

Кузов вагона-минераловоза с рамой, являющейся основной частью, и некоторые элементы рамы изготавливаются из низколегированных специальных сталей 10ХНДП и 09Г2Д, которые отличаются сравнительно низкой коррозионной устойчивостью.

Использование нержавеющей сталей и сплавов с более высоким содержанием хрома и никеля, а также цветных металлов ограничено из-за высокой стоимости.

Одним из эффективных способов борьбы с коррозией является применение лакокрасочных покрытий, которые отличаются простой технологией нанесения, при этом поврежденные коррозией покрытия легко восстанавливаются. Для этой цели обычно используют эпоксидные полиуретановые, хлорвиниловые, глифталевые и виниловые покрытия [3].

По данным комиссии по защитным покрытиям Ассоциации инженерно-технических работников вагонного хозяйства США эпоксидные покрытия обеспечивают хорошую защиту от коррозии, а также хорошо противостоят абразивным воздействиям.

В тяжелых условиях эксплуатации железнодорожного транспорта они плохо переносят непосредственное атмосферное влияние, и при старении становятся хрупкими и покрываются трещинами. Это способствует проникновению к защищаемому металлу коррозионноактивных веществ, вызывает подпленочную коррозию, в дальнейшем это приводит к полному разрушению покрытия и самой защищаемой металлоконструкции.

Полиуретановые покрытия имеют улучшенную комбинацию защитных свойств, однако они отличаются более низкой твердостью.

Целью данной работы является разработка состава нового лакокрасочного антикоррозионного покрытия, основу которого составила композиция «Стикор» - полистирольный лак, содержащий следующие компоненты: полистирол, смола каменноугольная и сольвент каменноугольный, оксид алюминия.

Полистирол это термопластичный полимер преимущественно линейного строения. Он является аморфным, прозрачным, хрупким

продуктом с низким влагопоглощением, стойким к действию агрессивных сред (щелочей, кислот, солей), но разрушается концентрированной азотной и ледяной уксусной кислотами. Термическая деструкция полистирола протекает с заметной скоростью при температурах несколько выше 260° С. Величина адгезии пленкообразующего вещества зависит от его полярности, поэтому адгезия пленки к металлической поверхности была улучшена путем введения пластификатора – каменноугольной смолы, обеспечивающей наиболее стабильные физико-механические показатели.

В качестве растворителя был выбран каменноугольный сольвент. Оксид алюминия вводился в композицию «Стикор» в качестве наполнителя. Благодаря чешуйчатому строению частиц, он обладает способностью экранировать полимерную основу от воздействия термогазового потока. Кроме того, он имеет высокие адсорбционные свойства и способен концентрировать молекулы полимера на своей поверхности и образовывать плотные ориентированные адсорбционные слои повышенной механической прочности [4].

Признаком разрушения полимера является уменьшение его массы, снижение эластичности, прочности и других свойств. В условиях, когда пленка покрытия подвергается действию агрессивных сред, высоких температур и кислорода воздуха, ее прочность интенсивно снижается, и она быстро «устает» из-за термоокислительной деструкции полимера с нарушением адсорбционных и химических связей и охрупчивания.

Для исследования физико-механических свойств и коррозионной стойкости покрытия исходные образцы готовили по следующей методике.

Перед нанесением покрытия подложки из Ст.3 очищали, обезжиривали и наносили композицию в один слой на цилиндрические образцы площадью 1 см² для потенциостатических измерений и в 2 слоя на пластины для всех прочих испытаний. Толщина покрытия составляла 30-80 мкм.

Все испытания проводились в стандартном растворе 3%-го натрия хлорида и в условиях, имитирующих воздействия среды на покрытие во время эксплуатации.

Для сравнительной характеристики свойств покрытия и выпускаемых в настоящее время промышленностью для защиты металлоконструкций внутренних поверхностей металлоконструкций были выбраны - эпоксидное (ЭП-793) и полиуретановое (УР-41) покрытия.

Контроль качества основного металла и лакокрасочного покрытия на основе полистирола первоначально проводили визуально, определяя вид коррозионного разрушения и изменение микрогеометрии поверхности основного металла и покрытия, характер отслаивания, растрескивания или

других дефектов, а затем используя традиционные стандартные методики [5].

До начала испытаний коррозионной стойкости покрытия, были определены его исходные физико-механические свойства: адгезия, прочность на удар и прочность на изгиб. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Данные, полученные по адгезии защитного покрытия, коррелируются с результатами исследований по изменению прочности при изгибе и ударе, что свидетельствует о его стабильных и высоких физико-механических характеристиках.

Таблица 1

Физико-механические свойства покрытия «Стикор»

№ п/п	Условия испытания	Адгезия, балл	Прочность при изгибе по шкале ШГ-1, мм	Прочность при ударе, Н,см
1	3%-ный раствор NaCl, 30 суток	1-2	1	500
2	Паровоздушная смесь (влажность 100%, t - 40-6 С)	1-2	1	450-500
3	Промышленная атмосфера	1-2	1	480-500
4	Термостарение, t = +60 С, 120 часов	1-2	1	500

Результаты испытаний на стойкость покрытия к истиранию приведены на рис. 1. Они представлены в виде графической зависимости изменения удельной массы образца (ρ_m) покрытия от времени воздействия абразива (кварцевый песок).

Учитывая стойкость материала к истиранию, выражаемую величиной угла α и временем до полного истирания, зависящего от массы и толщины покрытия, наилучшие результаты показало эпоксидное покрытие ЭП-793 ($\alpha = 21$, t=117 мин), затем «Стикор» ($\alpha = 20$ С, t= 95 мин) и худшее полиуретановое УР-41 ($\alpha = 18$ С и t = 75 мин).

Исследование коррозионной устойчивости покрытия проводилось в «жестких» условиях, которые проводили циклически в течение 30 суток. Каждый суточный цикл включал воздействие:

- суспензии удобрений при 45 ± 2 С в течение 9 часов;
- суспензии удобрений при 20 ± 2 С в течение 15 часов.

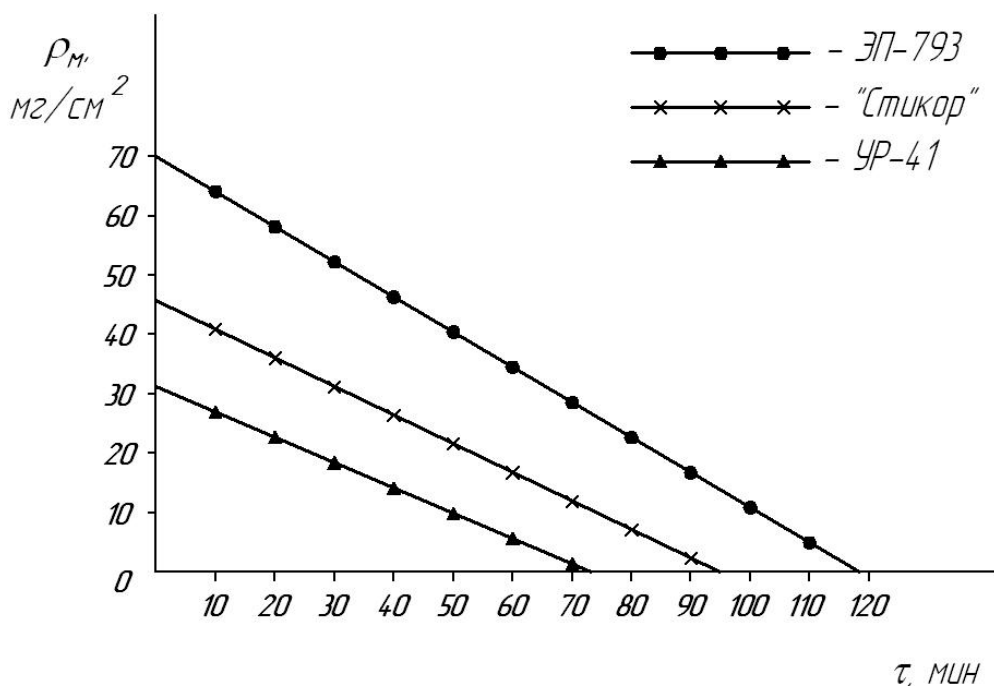


Рис. 1. Изменение удельной массы образца от времени воздействия абразива

Результаты испытаний показали, что после 30 циклов испытания у покрытий ЭП-793 и «Стикор» наблюдалась потеря глянца поверхности, адгезия составляла 1-2, а у УР-41 – появление точечной коррозии и, в отдельных случаях, отслаивание защитной пленки от металлической поверхности, адгезия 3-5. Изменение массы образцов испытываемых покрытий в течение всего цикла испытаний приведено на рис 2.

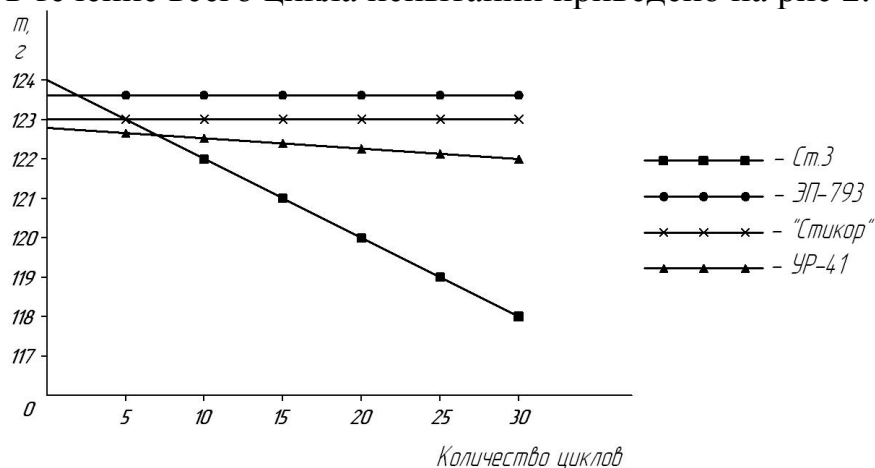


Рис. 2. Изменение массы образцов при воздействии минеральных удобрений

Всестороннюю характеристику защитных свойств покрытий дают ускоренные электрохимические и электрические испытания. В настоящей работе использовали потенциостатический и емкостно-омический методы [5].

Потенциостатические исследования позволяют определить величину сдвига стационарного потенциала (Ψ) и степень снижения плотности пассивирующего тока (I) и являются критерием для сравнительной ускоренной оценки защитной способности антикоррозионной композиции. Потенциостатические кривые снимали на потенциостате со скоростью развертки 3 В/ч в трехэлектродной ячейке. Результаты испытаний приведены на рис.3.

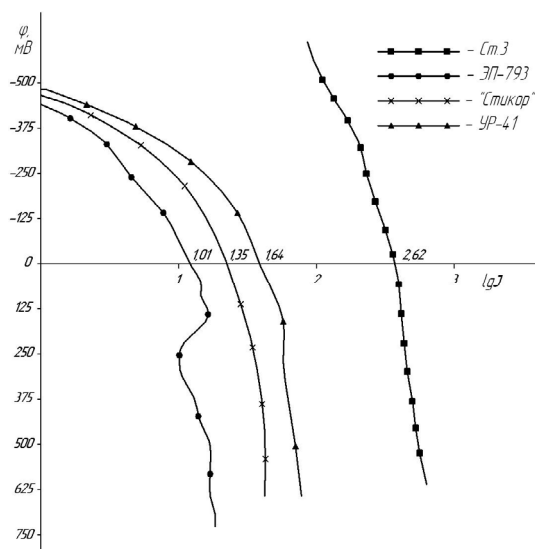


Рис. 3. Анодные потенциостатические кривые

Анализ потенциостатических кривых показывает, что для покрытий ЭП-793 и «Стикор» наблюдается эффект сдвига стационарного потенциала в положительную сторону и уменьшение плотности пассивирующего тока.

Повышение анодной поляризации металла с лакокрасочным покрытием свидетельствует об интенсивном протекании реакции образования оксидов. Образующая при этом защитная пленка препятствует прохождению электрохимической коррозии, а большая часть тока тратится на выделение кислорода [5].

Емкостно-омический метод дает возможность изучить кинетику разрушения лакокрасочных пленок на металле в электролитах и с его помощью позволяет получить ценные сведения о механизме процесса. По изменению емкости и сопротивления можно судить об изменении защитных свойств лакокрасочных покрытий, их адгезии и стойкости в условиях эксплуатации.

Результаты емкостно-омических исследований приведены на рис. 4.

Как показали исследования, композиция «Стикор» имеет достаточно высокие значения сопротивления $13-14 \cdot 10^3$ Ом после 1 суток испытаний

и $5-7 \cdot 10^3$ после 5 суток испытаний и низкие значения дифференциальной емкости и незначительно уступает по своим характеристикам эпоксидному покрытию ЭП-793.

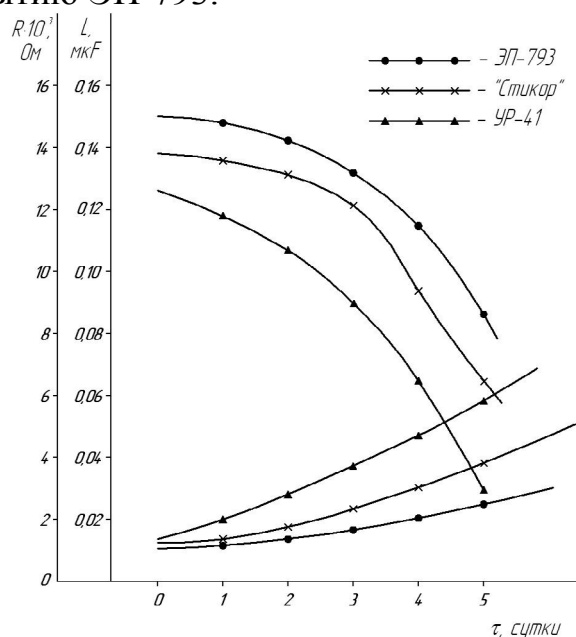


Рис. 4. Изменение электрических характеристик защитных свойств покрытий

При более длительном испытании отмечено снижение величины сопротивления и увеличение емкости, что свидетельствует о протекании коррозионных процессов под пленкой.

Выводы. Проведен комплекс физико-механических и электрохимических исследований разработанного покрытия «Стикор», основой которого является термопластичный полимер – полистирол. Установлено, что покрытие обладает высокой атмосферостойкостью, влагостойкостью, температуростойкостью, имеет высокие показатели по адгезии, износостойкости, стойкости при ударе и изгибе. Электрохимические исследования и испытания в агрессивных средах показали, что предлагаемое покрытие обладает хорошими защитными свойствами и препятствует возникновению подпленочной коррозии.

По совокупности свойств данное покрытие на основе композиции «Стикор» можно сравнивать с широко используемыми эпоксидными покрытиями, причем, его физико-механические свойства, особенно стойкость к удару, выше.

Покрытие «Стикор» может быть рекомендовано для защиты металлических узлов специализированного подвижного состава, перевозящего минеральные удобрения, а также шахтных конструкций, работающих в условиях воздействия агрессивных факторов и высокой влажности атмосферной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии / Под ред. И.В. Семеновой – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.
2. Королев Ю.В. Защита оборудования от коррозии. – Л.: Машиностроение, 1973. – 136 с.
3. Розенфельд И.Л. Антикоррозионные грунтовки и ингибированные лакокрасочные покрытия. – М.: Химия, 1987, с. 163-164
4. Фирсов В.А. Выбор наполнителя для термоударостойкости покрытия. Лакокрасочные материалы и их применение / В.А. Фирсов, В.Н. Алтеров, А.В. Лукьяненко. – 1983. – № 2. – С.17-18.
5. Фрейман Л.И. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите / Л.И. Фрейман, В.А. Макаров. – Л.: Химия, 1972. - 221 с.

Жданова М.М., Жданов С.О. Дослідження фізико-механічних і електрохімічних властивостей лакофарбного покриття на основі термопластичного полімеру.

У статті представлені результати дослідження фізико-механических, електрохімічних і електричних властивостей лакофарбного покриття «Стікор» на основі термопластичного полімеру полістиролу. Показано, що дане покриття має високі антикорозійні властивості і може бути рекомендовано для захисту внутрішніх поверхонь спеціалізованого рухомого складу, що перевозить мінеральне добриво.

Ключові слова: захисне покриття, корозія, зразки, випробування, адгезія, міцність.

Zhdanova M.N., Zhdanov S.A. Research of physical, mechanical and electrochemical properties of paint coat coverage on the basis of thermoplastic polymer.

The results of physic, mechanical, electrochemical and electric tests of paint coat “Stikor” on the base of thermoplastic polymer – polystyrol are presented. This coat possesses high corrosion resistances and can be recommended for defense of internal surfaces of the specialized railway vehicles transporting a mineral fertilizer.

Key words: protective coat, corrosion, sample, test, adhesion, strength.

Жданова М.Н. – канд. хим. наук, доцент Восточноевропейского национального университета имени Владимир Даля, г. Луганск.

e-mail: olha_zhdanova@yahoo.com

Жданов С.А. – канд. техн. наук, доцент Восточноевропейского национального университета имени Владимир Даля, г. Луганск.

Поступила в редакцию:

Рецензент: д.т.н. Гутько Ю.И.