



УДК 620.193

ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ АТТЕСТАЦИИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЯХ И СПЛАВАХ

В. М. КОНСТАНТИНОВ, Л. А. АСТРЕЙКО, П. С. МЫШКЕВИЧ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: NIL_USI@bntu.by.

Рассмотрены наиболее распространенные типы применяемых защитных антикоррозионных покрытий на сталях и сплавах в Республике Беларусь. Отмечено, что на качество покрытия влияют не только его выбор, электрохимический механизм защиты, но и в значительной степени технологические параметры процесса, культура производства и квалификация рабочего персонала. Анализ рынка услуг по проведению ускоренных коррозионных испытаний показал, что только лишь проведение одних таких испытаний является неэффективным. Необходим комплексный подход к изучению причин возникновения коррозии, включающий ускоренные испытания в камере соляного тумана, металлографический и микродюретрический анализы, надлежащие электрохимические измерения, рентгенофазовый анализ и др.

Ключевые слова. Антикоррозионное покрытие, комплексный анализ, причинно-следственная связь, технологические факторы, экспертиза покрытий, ускоренные коррозионные испытания.

PROBLEMS OF COMPREHENSIVE CERTIFICATION OF ANTICORROSIVE COATINGS ON STEELS AND ALLOYS

V. M. KONSTANTINOV, L. A. ASTREYKO, P. S. MYSHKEVICH, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: NIL_USI@bntu.by.

The article lists and discusses the most common types of applied protective anticorrosive coatings on steels and alloys in the Republic of Belarus. It is noted that the quality of the coating is influenced not only by its choice, the electrochemical protection mechanism, but also to a large extent by the technological parameters of the process, the production culture and the qualifications of the working staff. After analyzing the market for the services offered for conducting accelerated corrosion tests, it was noted that only conducting such tests alone is ineffective. The necessity of applying an integrated approach to the study of the causes of corrosion has been established, which includes accelerated tests in a salt mist chamber, metallographic and microduremetric analyses, if necessary electrochemical measurements, X-ray phase analysis, etc.

Keywords. Anticorrosive coatings, comprehensive analysis, causal relationship, technological factors, coating expertise, accelerated corrosion tests.

На протяжении всей своей истории человечество борется с коррозией сталей и сплавов. Экономические потери в цивилизованном мире от нее огромны. Одним из современных методов противостояния коррозии является нанесение защитных покрытий (анодных, изоляционных и др.) на изделия. На сегодняшний день разработаны и широко применяются в производстве металлические (цинковые, кадмиевые, медные и др.) и неметаллические (полимерные, лакокрасочные, оксидные) покрытия (рис. 1). Многолетний анализ различных антикоррозионных покрытий свидетельствует, что их эффективность (качество) зависит не только от типа самого покрытия, механизма его коррозии, но и в значительной степени от технологических параметров процесса, культуры производства и квалификации рабочего персонала. В этой связи важна объективная оценка качества антикоррозионных покрытий, их защитных и эксплуатационных свойств. Анализ антикоррозионных свойств покрытий проводят по стандартным методикам ГОСТ Р 9.905-2007 и ISO 9227:2012.

Такая оценка учитывает следующие факторы:

- агрессивность среды: оценивается уровень кислотности, щелочности, солености и других химических свойств, способных вызвать коррозию;
- температура: определяется скорость протекания коррозионных процессов;
- структура и состав материала: определяется его восприимчивость к коррозии;
- условия эксплуатации: учитываются механические нагрузки, вибрации, трение и другие факторы, которые могут ускорить коррозию.

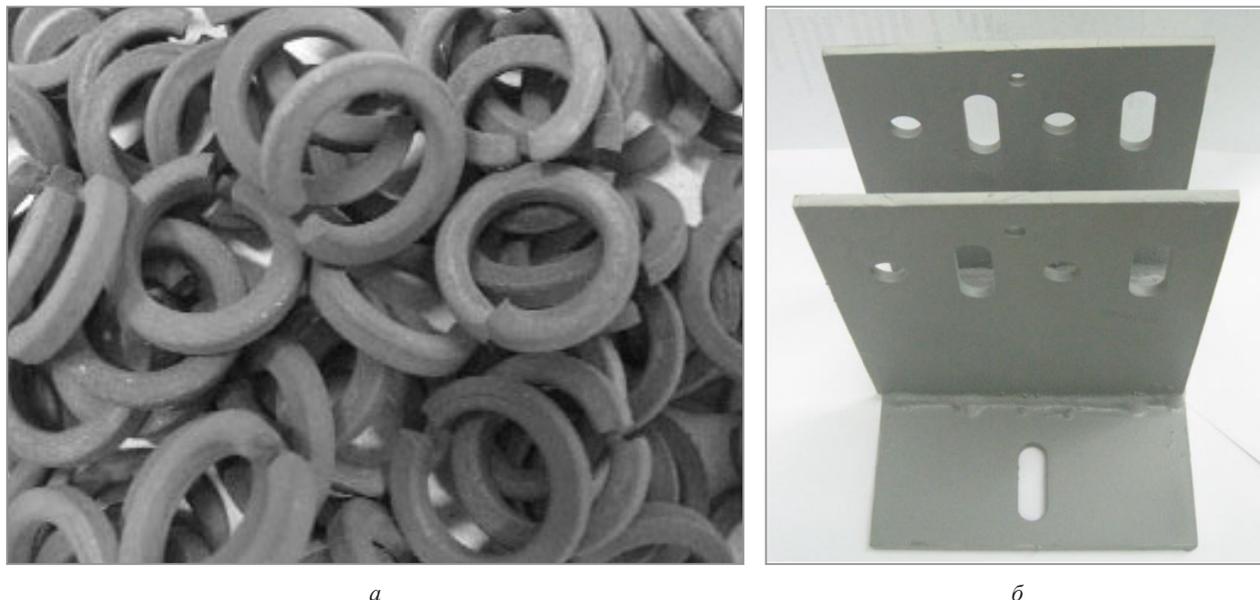


Рис. 1. Защитные антикоррозионные покрытия:
а – шайбы Гровера, обработанные способом термодиффузионного цинкования [1];
б – кронштейн стальной с цинксодержащим покрытием, $\times 200$

Для экспертизы надежности и долговечности коррозионно-стойких защитных покрытий наиболее часто прибегают к ускоренным испытаниям в камере соляного тумана. Используемый при испытаниях металлов и сплавов соляной состав (раствор хлористого натрия концентрацией 5%) при повышенной температуре (35–50 °С) существенно ускоряет коррозионное старение материала. Такие испытания актуальны, так как позволяют быстро проверить и сравнить различные варианты покрытий, а значит оптимизировать затраты и в кратчайшие сроки внедрить откорректированную технологию в производство.

На рынке антикоррозионных услуг, в том числе в Республики Беларусь, есть предложения по проведению ускоренных коррозионных испытаний в климатической камере, камере соляного тумана. Они помогают осуществить моделирование коррозионной стойкости конкретных изделий и отдельных узлов механизмов с покрытиями в течение длительных периодов их реального использования в условиях воздействия агрессивной внешней среды и содействуют осознанному выбору лучших вариантов покрытий, методов нанесения, оптимальных толщин, технологий и самих материалов. Именно сравнительные испытания позволяют не только оценить за короткий промежуток времени качество новых перспективных покрытий в сопоставлении с уже существующими, но и выбрать способы улучшения защитных свойств последних при использовании технологии флюсования, пассивации, фосфатирования и др.

Однако для заказчика основная проблема заключается не только в получении достоверных результатов испытаний, но и в интерпретации причинно-следственной связи между структурой и свойствами покрытий с целью дальнейшей корректировки технологии. Таким образом, требуется комплексный подход к выявлению причин корродирования и, как следствие, разрушения покрытия. Такой подход должен включать ускоренные испытания в камере соляного тумана, металлографический и микродюрметрический анализы, а при необходимости – электрохимические измерения и рентгенофазовый анализ.

Научно-исследовательская лаборатория упрочнения стальных изделий БНТУ на протяжении многих лет предлагает и проводит исследования по выявлению закономерных причин появления и протекания коррозионных процессов на покрытиях и деталях. Например, успешно проведены испытания по определению коррозионной стойкости внешних и внутренних поверхностей и деталей измерителя-сигнализатора к воздействию соляного тумана для ООО «Полимастер» (рис. 2, а), коррозионные испытания сварного элемента нержавеющей стали для ООО «МаксиБуд Инжиниринг» (рис. 2, б), изучение технологического процесса изготовления стального горячеоцинкованного рулонного тонколистового проката с полимерным покрытием ООО «СтальКолор» (рис. 2, в), исследования коррозионной стойкости образцов с защитными покрытиями для УПП «Нива» и ГП «Конус» (рис. 2, г) и многое другое [2, 3].

Лаборатория использует классический металловедческий подход для выявления закономерных причин возникновения и развития коррозионных процессов на покрытиях и деталях с дальнейшим научным сопровождением для предприятия по их устранению в технологическом цикле производства (рис. 3).

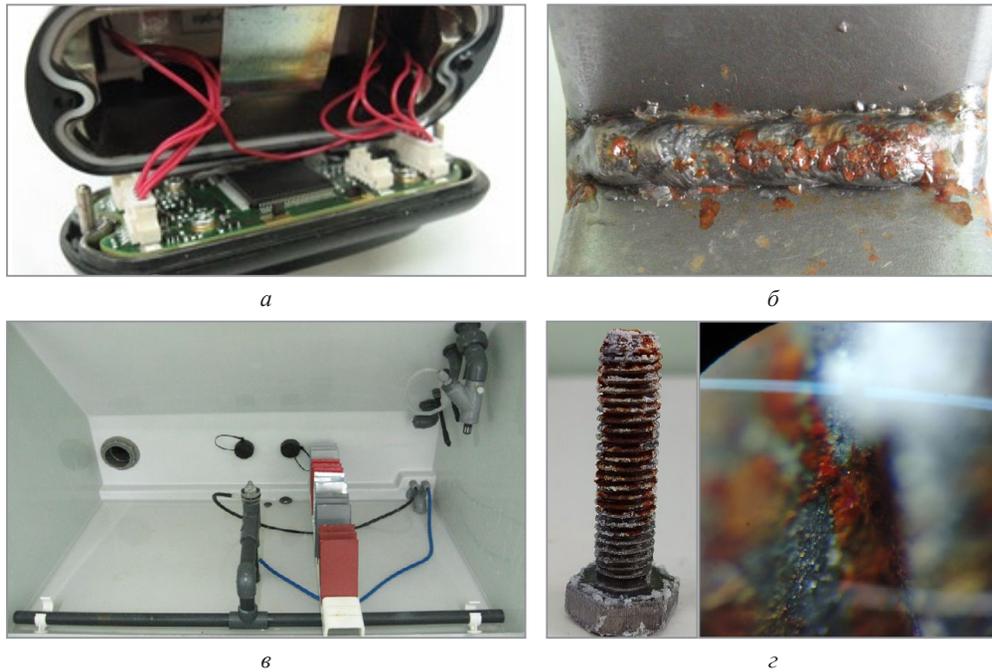


Рис. 2. Примеры выполненных работ по определению коррозионной стойкости изделий:

а – измеритель-сигнализатор; *б* – сварной элемент нержавеющей стали;
в – образцы с полимерным покрытием в камере соляного тумана; *г* – коррозионное повреждение стальной основы в резьбовой зоне образца, в том числе различное с применением методов оптической микроскопии, $\times 30$

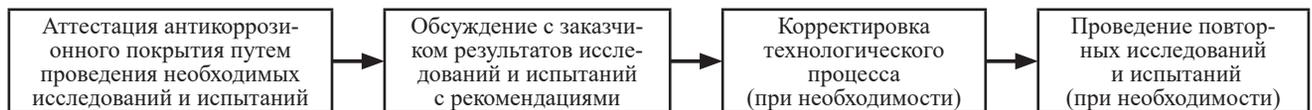


Рис. 3. Алгоритм комплексной аттестации антикоррозионных покрытий

Выводы

Проанализировав современный рынок предлагаемых услуг по проведению ускоренных коррозионных испытаний, следует отметить, что только лишь проведение одних таких испытаний является неэффективным и неинформативным для заказчика. Но интерпретация полученных в камере соляного тумана результатов с точки зрения причинно-следственной связи между структурой, свойствами покрытия и его коррозионным поведением позволит предприятию уменьшить количество брака продукции. Поэтому требуется применять комплексный подход к изучению причин возникновения коррозии. Вовремя выявленные причины коррозионных процессов предотвратят неминуемое разрушение готового изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Константинов, В. М.** Влияние термодиффузионного цинкования на эксплуатационные свойства термически обработанных стальных изделий / В. М. Константинов, И. А. Булойчик // *Литье и металлургия.* – 2020. – № 4. – С. 131–138.
2. **Дашкевич, В. Г.** Технологические аспекты обработки стальных изделий в порошковых смесях, содержащих отходы горячего цинкования / В. Г. Дашкевич, П. С. Мышкевич, Н. М. Баранкевич // *Литье и металлургия.* – 2023. – № 1. – С. 124–127.
3. Повышение качества термодиффузионного цинкования стальных изделий плоской формы / В. М. Константинов [и др.] // *Вестник БарГУ. Серия: Технические науки.* – 2024. – № 1. – С. 18–23.

REFERENCES

1. **Konstantinov V.M., Buloichyk I.A.** Vliyanie termodiffuzionnogo cinkovaniya na ekspluatatsionnye svoystva termicheskii obrabotannykh stal'nykh izdelij [Influence of sherardizing on working properties of metal parts subjected to prior heat treatment]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2020, no. 4, pp. 131–138.
2. **Dashkevich V.G., Myshkevich P.S., Barankevich N.M.** Tekhnologicheskie aspekty obrabotki stal'nykh izdelij v poroshkovykh smesyakh, soderzhashchih othody goryachego cinkovaniya [Technological aspects of processing steel products in powder mixtures containing hotdip galvanizing waste]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2023, no. 1, pp. 124–127.
3. **Konstantinov V.M., Astrejko L.A., Myshkevich P.S., Sorokin K.B.** Povyshenie kachestva termodiffuzionnogo cinkovaniya stal'nykh izdelij ploskoj formy [Improving the quality of thermal diffusion galvanizing of flat-shaped steel products]. *Vestnik BarGU. Seriya: Tekhnicheskie nauki = Bulletin of BarSU. Series: Technical Sciences*, 2024, no. 1, pp. 18–23.