

## КАПИЛЛЯРНЫЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

П. П. ПРОХОРЕНКО

*Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси*

В докладе приведен анализ современного состояния теории и практики капиллярной дефектоскопии как неотъемлемой составляющей обеспечения качества ответственных деталей машин, надежности и безопасности транспортных средств. Детально рассмотрены проблемы обеспечения качества самих дефектоскопических материалов и результаты новейших достижений в этой области.

В Институте прикладной физики Национальной академии наук Беларуси создана специальная компьютеризированная система для определения качества дефектоскопических материалов как каждого в отдельности, так и дефектоскопических комплектов. Программное обеспечение для обработки и анализа регистрируемого изображения контролируемой поверхности по наиболее информативным параметрам индикаторного рисунка (количеству точек изображения следа дефекта, имеющих уровень яркости выше предельного) позволяет без участия человека найти наиболее эффективный материал. А лучшим дефектоскопическим набором будет считаться тот, который образует по геометрическим характеристикам лучший индикаторный рисунок при условии обеспечения его достаточной контрастности и яркости.

В докладе рассматриваются роль и новые тенденции в обеспечении капиллярного контроля образцами. Обосновывается ценность натуральных образцов в реальных материалах, подвергаемых контролю. Однако большинство образцов содержит общий недостаток: трещины выходят на край образца. Это обстоятельство существенно изменяет условия заполнения пенетрантом трещины, т. к. в естественных условиях воздух заперт в тупике капилляра и препятствует заполнению трещин пенетрантом. Описывается разработанная в Институте прикладной физики Национальной академии наук Беларуси оригинальная технология получения натуральных образцов для капиллярной дефектоскопии (ТУ РБ 100289280.001-2003), позволяющая в значительной мере устранить вышеописанный недостаток. Представлены их преимущества. Образцы используют для обработки технологии контроля (времени пропитки, проявления), для определения нижнего порога чувствительности способа капиллярного контроля, при дефектоскопии.

Расширение практики применения капиллярного контроля повысит качество и конкурентоспособность промышленной продукции, а также обеспечит её долговечную безаварийную работу.

УДК 669.14.018.8

## МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МЕТАЛЛОВ, СПЛАВОВ И ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ

Н. И. СЕМЧЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта*

Одним из методов диагностики коррозионной стойкости металлических изделий, эксплуатирующихся в агрессивных средах, а также оценки защитных свойств покрытий, наносимых на изделия различной формы, является электрохимический метод.

Данный метод позволяет оценить влияние режимов термической и технологической обработки металлоизделий на их коррозионную устойчивость по отношению к тем средам, в которых эти изделия эксплуатируются, т. е. является одним из приемов контроля качества. Применение параллельно с методом электрохимического анализа оптической микроскопии дает возможность установить характер коррозионного процесса, кинетику коррозии, которые зависят от химического состава сплава и шероховатости поверхности. Электрохимический метод контроля позволяет оптимизиро-

вать технологический процесс нанесения, конструкцию и состав защитных покрытий путем сравнительной оценки их защитных свойств.

Суть метода заключается в испытании устойчивости исследуемого образца к разрушающему воздействию компонентов той или иной электропроводящей среды в условиях анодной поляризации с применением современных средств компьютерной техники для управления экспериментом и обработки полученных результатов. Применение разработанного для данной методики программного обеспечения позволяет проводить сравнительные эксперименты при одинаковых условиях до предварительно установленного предела количества электричества ( $Q$ ), которое в процессе анодной поляризации должно пройти через исследуемый образец (рисунок 1). Это дает возможность в рамках данной методики проводить равноценный качественный и количественный компьютерный анализ изображений исследуемых поверхностей, получаемых методом оптической микроскопии. Для этих целей был использован пакет программ AutoScan, предназначенный для обработки растровых изображений.

Схема экспериментальной установки включает в себя трехэлектродную электролитическую ячейку, программатор ПР-8 и импульсный потенциостат ПИ-50-1.1, электрический сигнал от которого поступает через аналого-цифровой преобразователь на компьютер. Функцию рабочего электрода электролитической ячейки выполняет исследуемый металлический образец. Конструкция экспериментальной ячейки позволяет проводить анализ плоских, цилиндрических образцов, а также изделий сложной формы. В процессе проведения экспериментов регистрируются анодные поляризационные кривые, т.е. зависимости анодного тока от величины потенциала.

При сравнительной оценке защитных свойств покрытий различных видов, а также оценке коррозионного поведения металлов и сплавов в конкретной агрессивной среде критериями являются потенциалы питтингообразования ( $E_{pf}$ ) и коррозии ( $E_{corr}$ ). Значение  $E_{pf}$  соответствует значению потенциала, при котором анодная поляризационная кривая выходит на прямую линию (при экстраполяции на ось абсцисс), т.е. начинается интенсивный процесс растворения поверхности металла (см. рисунок 1). Потенциал коррозии ( $E_{corr}$ ) – разность потенциалов питтингообразования и установившегося (равновесного) потенциала ( $E_r$ ).

Примером применения данной методики является определение влияния термической обработки на защитные свойства многослойного покрытия с чередующимися слоями титана и алмазоподобного углерода (TiN(Ti-DLC)5), нанесенного на подложку из стали 08X18H10. Анодные кривые указанных образцов представлены на рисунке 1, значения показателей защитных свойств покрытий – в таблице 1.

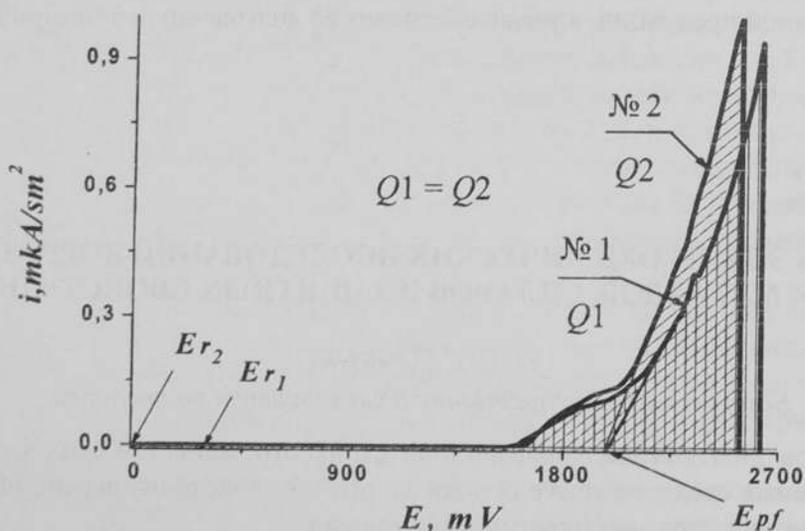
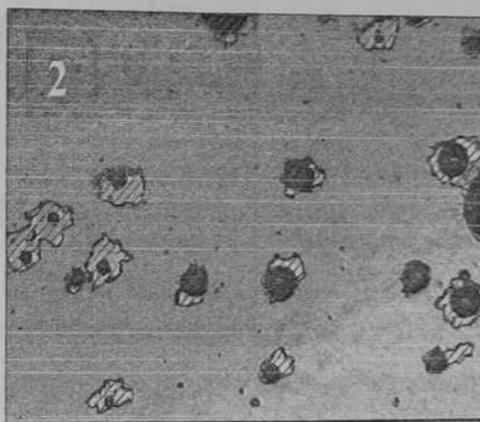
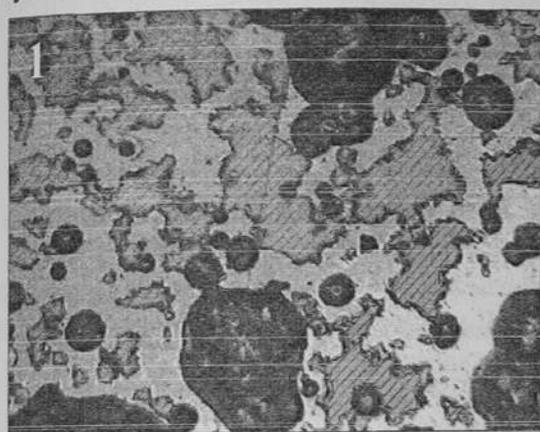


Рисунок 1 – Анодные поляризационные кривые, получаемые методом электрохимической оценки защитных свойств антикоррозионных покрытий:

№ 1 – образец, не подверженный термической обработке; № 2 – после отжига при  $t = 350\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 1 часа (заштрихованная область под кривыми соответствует количеству электричества, прошедшего к концу испытаний через исследуемые образцы с покрытиями)

Изображения поверхности, полученные с использованием цифровой видеокамеры, встроенной в оптический микроскоп МИМ-7, позволяют провести качественный анализ топографии коррозии исследуемых образцов с покрытиями после поляризации в электролитической ячейке и сделать вывод, что отжиг системы сталь 08X18H10+покрытие TiN(Ti-DLC)5 при  $t = 350\text{ }^{\circ}\text{C}$  оказывает позитивное влияние на адгезионную прочность защитного покрытия. Количественным критерием адгезионной прочности исследуемого покрытия может являться процент площади пленки, сохранившейся на поверхности стального образца после анодной поляризации ( $s_1$ ), от общей площади обработанного изображения ( $S$ ) (таблица 1), полученный с применением программы AutoScan Objects (рисунок 2).



450 мкм

Рисунок 2 – Изображения поверхности исследуемых образцов, оцифрованные программой AutoScan Objects: 1 – участок поверхности образца № 1 в зоне коррозии; заштрихованные области – островки пленки TiN(Ti-DLC)5, сохранившейся после электрохимического воздействия; 2 – поверхность образца № 2; выделенные штриховкой области – участки, где произошло отслоение защитного покрытия в электролите

Таблица 1 – Результаты оценки влияния отжига на защитные свойства покрытия TiN(Ti-DLC)5 электрохимическим методом

Параметры методики	Образец № 1	Образец № 2
$E_r$ , mV	286	-9
$E_{pf}$ , mV	1987	1974
$E_{corr}$ , mV	1701	1983
$s_1/S$ , %	19,84	89

Таким образом, компьютерный анализ анодных поляризационных кривых и оптических изображений картины коррозии позволяет сделать вывод, что термическая обработка стали с покрытием приводит к улучшению как защитных ( $E_{pf}$ ,  $E_{cor}$ ), так и адгезионных свойств покрытия ( $s_1/S$ ).

УДК 539.4

## КОЛЕБАНИЯ ТРЕХСЛОЙНОГО СТЕРЖНЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНЫХ НАГРУЗОК

В. И. СЕНЬКО, Э. И. СТАРОВОЙТОВ, Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ  
Белорусский государственный университет транспорта

В. Д. КУБЕНКО  
Институт механики им. С. П. Тимошенко, Украина

В данной работе рассматриваются малые поперечные колебания несимметричного по толщине упругого трехслойного стержня со сжимаемым наполнителем при действии импульсных нагрузок.