

к.х.н. Субботина О.Ю., к.х.н. Ярославцева О.В.

ЗАО НПП «Высокодисперсные металлические порошки» (ВМП), г. Екатеринбург

ЦИНКНАПОЛНЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ: ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ИСПЫТАНИЙ

В последние годы в практике отечественной антикоррозионной защиты наблюдается значительный рост популярности технологии «холодного цинкования» стали, основанной на применении цинкнаполненных покрытий (ЦНП). Об этом свидетельствует как расширение ассортимента цинкнаполненных лакокрасочных материалов иностранного и российского производства, так и увеличение объемов их продаж.

Коммерческий интерес к покрытиям этого класса объясняется их уникальными защитными свойствами: покрытия на основе ЦНП отличаются повышенной надежностью и долговечностью [1-3]. Наряду с этим растет интерес к изучению их эксплуатационных характеристик со стороны российских исследователей. К сожалению, наш опыт работы с потребителями ЦНП, а также ряд последних публикаций на эту тему [4-6], свидетельствуют о недостаточно глубоком понимании специфики их защитного действия. Это влечет за собой ошибки при применении и испытаниях, и как следствие – незаслуженную дискредитацию материалов известных торговых марок.

Научно-производственное предприятие «Высокодисперсные металлические порошки» (ВМП) более 20 лет занимается разработкой и производством материалов для «холодного» цинкования. Опираясь на многолетний опыт применения различных типов ЦНП и всестороннего изучения их свойств в тесном сотрудничестве с ведущими отраслевыми и научными центрами страны, мы сочли необходимым еще раз остановиться на особенностях коррозионно-защитного поведения ЦНП с акцентом на области их применения и методах исследования.

Хорошо известно [7-14], что ЦНП предотвращают коррозию стали, сочетая два механизма защиты: катодный (протекторный) подобно традицион-

ным цинковым покрытиям и барьерный (гидроизолирующий) подобно лакокрасочным покрытиям. Катодная защита осуществляется благодаря высокому содержанию в них порошка цинка. При повреждении покрытия или при воздействии на него агрессивной среды начинает работать множество микрогальванопар «железо-цинк», в которых цинк подвергается жертвенному растворению с образованием продуктов окисления. Труднорастворимые продукты постепенно накапливаются в микропорах покрытия, оно уплотняется и становится менее проницаемым. Наступает гидроизолирующая стадия защиты.

При кажущейся простоте такого объяснения, реальные процессы, протекающие в ЦНП различного состава, значительно сложнее. В зависимости от качества и количества цинкового порошка, а также химической природы используемого пленкообразующего полимера, общее коррозионно-защитное поведение покрытий и вклад в него протекторного и гидроизолирующего механизмов оказывается различным. Это обусловлено уникальностью неупорядоченной структуры формирующихся покрытий.

Основные структурные элементы ЦНП схематично изображены на рис.1. В данном случае мы приняли, что порошок цинка в рассматриваемых покрытиях имеет сферическую форму, среднemasсовый диаметр частиц — 4-10

мкм, имеет низкое содержание примесей и оксидов цинка, и в целом отвечает требованиям [15]. Вопросы влияния качества порошка на защитные свойства ЦНП подробно рассмотрены в [16-20].

Общепризнанно [11-14], что условием реализации протекторной защиты является существование цепочек из частиц цинкового порошка, электрически связанных между собой и со стальной основой. Экспериментально было получено, что при концентрации порошка примерно 65 мас. % у ЦНП скачкообразно возникает электропроводность, то есть уже при этой концентрации цинкового порошка в покрытии становится возможной протекторная защита [21,22]. В дальнейшем численным экспериментом подтверждено [23,24], что именно при этой концентрации цинкового пигмента в ЦНП возникают первые бесконечные кластеры (А на рис.1), ответственные за протекторные свойства. При дальнейшем увеличении содержания цинкового порошка количество частиц, принадлежащих бесконечным кластерам, растет. Соответственно увеличивается электрохимическая активность ЦНП и вклад протекторного механизма в общее защитное действие.

Другой структурный элемент ЦНП, оказывающий влияние на защитные свойства, — пористость. Микро- и макропористость покрытия определяется типом пленкообразующего полимера, его

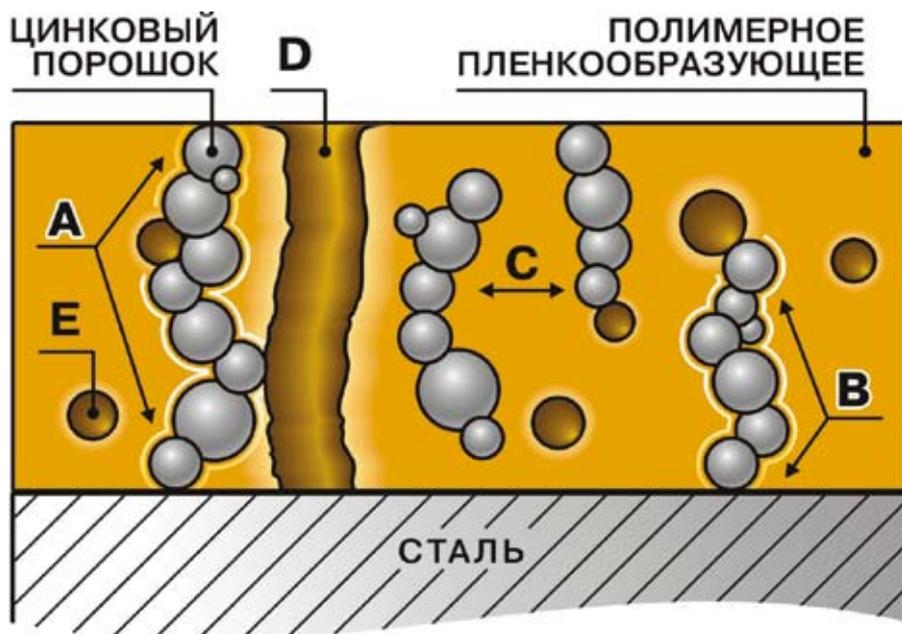


Рис.1. Основные структурные элементы цинкнаполненного покрытия: кластеры (А,В,С) и поры (D,Е)

Кластеры — совокупности (цепочки) контактирующих между собой частиц цинка: А — бесконечные кластеры, определяют сквозную проводимость, участвуют в реализации протекторного механизма защиты сразу же при контакте с агрессивной средой;

В — кластеры, контактирующие с металлом-основой, но не выходящие на поверхность, начинают активно влиять на защитные свойства по мере проникновения агрессивной среды вглубь пленки;

С — «висячие» кластеры, которые не контактируют с основой, поэтому не участвуют в работе гальванопар.

Поры: D — открытые (сквозные) поры; E — микропоры.

количеством, смачивающей способностью и структурой формирующейся сетки [25,26]. В зависимости от количества и размера пор в покрытии преобладает изолирующий (низкая пористость) или протекторный (высокая пористость) механизмы защиты основы. Наличие определенной пористости ЦНП является необходимым условием реализации его протекторных свойств [25,27]. В случае незначительной пористости доля активной поверхности пигмента невелика, быстро наступает его пассивация продуктами коррозии цинка, поэтому период катодной защиты оказывается непродолжительным. При этом доминирует гидроизолирующий механизм защиты стальной основы.

В то же время чрезмерное повышение пористости, а также наличие большого количества крупных, легко смачиваемых пор в ЦНП может привести к сокращению срока его службы вследс-

твие быстрого вытравливания металлического пигмента. В некоторых случаях повышенная пористость ЦНП может быть спровоцирована нарушениями технологии нанесения.

Таким образом, варьируя содержание цинка и тип полимера, можно создавать ЦНП с различными технологическими и защитными свойствами.

В настоящее время в мире промышленно выпускаются десятки марок цинкнаполненных материалов, отличающихся физико-химическими характеристиками [28-30]. Как правило, они имеют достаточно высокое содержание цинка в покрытии, свыше 80 мас.%, [31]. С точки зрения типа пленкообразующей основы [32] наибольшее распространение получили органические полимерные составы:

- терморезактивные, отверждающиеся за счет необратимых химических превращений (эпоксидные, полиуретановые и др.);

- кремнийорганические, отверждаемые за счет догидролиза влагой воздуха алкилсиликатов, преимущественно этилсиликата;

- термопластичные, отверждающиеся за счет испарения растворителя.

Многообразие представленных на рынке ЦНП позволяет найти оптимальное решение по антикоррозионной защите в широком диапазоне условий эксплуатации и нанесения покрытий. При этом специфика протекания коррозионно-защитных процессов у ЦНП разного состава предопределяет области их предпочтительного применения. Этот факт сегодня нашел отражение в международных стандартах по антикоррозионной защите [33].

Необходимость учета особенностей ЦНП разного состава, как при использовании, так и при испытаниях, мы хотим продемонстрировать на примере материалов производства ВМП на основе наиболее распространенных типов пленкообразующих полимеров с различным содержанием порошка цинка (табл. 1).

Покрытие ЦИНОЛ представляет класс ЦНП с максимально высоким содержанием цинка — 96 мас.%. Как показано в [10,34], такие материалы могут быть получены только при использовании в качестве связующих термопластичных полимеров. С точки зрения модельных представлений о структуре ЦНП, покрытие ЦИНОЛ представляет собой комбинацию бесконечных кластеров (тип А, рис.1) и микропор (тип Е, рис.1), наличие которых обусловлено пустотами между отдельными частицами цинка при очень плотной их упаковке в полимерной матрице [35]. Благодаря этому сочетанию покрытия с максимально высоким содержанием цинка отличает высокая и продолжительная протекторная активность.

В связи с этим ЦИНОЛ и его аналоги обладают ярко выраженным катодным механизмом защиты, сохраняемым длительное время [10,34]. Об этом наглядно свидетельствуют данные рис. 2, где представлены временные зависимости потенциала стали с покрытием в условиях атмосферной эксплуатации. По электрохимическим свойствам покрытие ЦИНОЛ близко цинковым покрытиям, полученным методом

Таблица 1. Краткая характеристика цинкнаполненных покрытий ВМП

Марка ЦНП	Тип пленкообразующего полимера	Содержание цинка в покрытии, % (масс.)	Механизм защитного действия	Особенности протекания коррозионно-защитных процессов	Области предпочтительного применения	Условия нанесения
ЦИНОЛ®	Термопластичный. Высокомолекулярный полимер	96	Преимущественно протекторный	Высокая электрохимическая активность цинка	Самостоятельное покрытие или в системе в покрывными эмалями для защиты в атмосфере и воде. Рекомендуется в качестве альтернативы горячему цинкованию а также для ремонта цинковых покрытий. Ограниченная совместимость с покрывными материалами других классов. Не рекомендуется в нефтепродуктах и органических растворителях	Температура От -15 до +40 °С Отн. влажность — до 90%
ЦВЭС®	Кремний-органический. Модифицированный этилсиликат	89–92	Смешанный	Возможно быстрое растворение цинка из покрытия из-за высокой пористости этилсиликата.	Самостоятельное покрытие или в системах с покрывными эмалями для защиты в атмосфере, водных средах, нефти и нефтепродуктах	Температура От -15 до +40 °С Отн. влажность — 30–80 % (оптимально не менее 50%)
ЦИНЭП®	Термореактивный. Эпоксидная смола	87	Смешанный	Активность цинка при небольшом его содержании и низкой пористости обусловлена смачивающими свойствами полимера	Самостоятельное покрытие или в системах с покрывными эмалями для защиты в атмосфере с высокой коррозионной активностью, в водных средах, нефти и нефтепродуктах	Температура От +10 до +40 °С Отн. влажность — до 90%
ЦИНОТАН®	Термореактивный. Полиуретан, отверждаемый влагой воздуха	85	Преимущественно барьерный	Электрохимическая активность цинка снижена из-за высокой плотности шивки полимера и возможности химического взаимодействия уретановых связей с оксидами металлов.	Самостоятельное покрытие или в системах с покрывными эмалями для защиты в атмосфере с высокой коррозионной активностью, в водных средах, нефти и нефтепродуктах	Температура От -15 до +40 °С Отн. влажность — 30–98%

горячего цинкования. Поэтому оно часто используется в качестве равноценной альтернативы горячецинковым покрытиям и имеет аналогичные области применения.

Несмотря на исключительные защитные свойства цинка, применение цинковых покрытий имеет ограничения. Цинк считается устойчивым в диапазоне рН = 6-12,5. При меньших и больших значениях рН наблюдается резкое увеличение скорости коррозии вследствие растворения пассивных пленок на цинке [36-38]. Поэтому согласно действующим российским нормативам по антикоррозионной защите применение цинковых покрытий в жидких средах с рН=3-11 допускается только с последующим окрашиванием лакокрасочными материалами, самостоятель-

ные же цинковые покрытия вообще не рекомендуется применять для защиты от коррозии в жидких неорганических средах независимо от рН [39]. В соответствии с международными стандартами подобные ограничения справедливы и для ЦНП с повышенным содержанием цинка (табл. 2). Ярко выраженный протекторный механизм защиты ЦНП не является залогом его повышенной долговечности в средах с высокой коррозионной активностью. Несмотря на известность этих фактов, ими часто пренебрегают при использовании и испытаниях. Так, например в [4], как недостаток покрытия с повышенным содержанием цинка (ЦИНОЛ) описывается его неустойчивость при погружении в раствор с рН=4,3. Однако, наблюдаемое при этом интенсивное

окисление цинка в виде «белой коррозии», усиленное за счет химического растворения в подкисленной среде, лишь свидетельствует об его активности в покрытии и способности к протекторной защите.

Таким образом, оптимальными условиями для долговременной эксплуатации покрытия ЦИНОЛ и других термопластичных ЦНП с повышенным содержанием цинка, являются слабоагрессивные среды. Не рекомендуется применять их в условиях постоянного увлажнения поверхности растворами солей, при постоянном погружении в пресную и морскую воду, в химических средах с рН 2-5 и 10-12 (табл. 2). Расширению областей применения ЦНП с повышенным содержанием цинка могло бы способствовать использование их в ком-

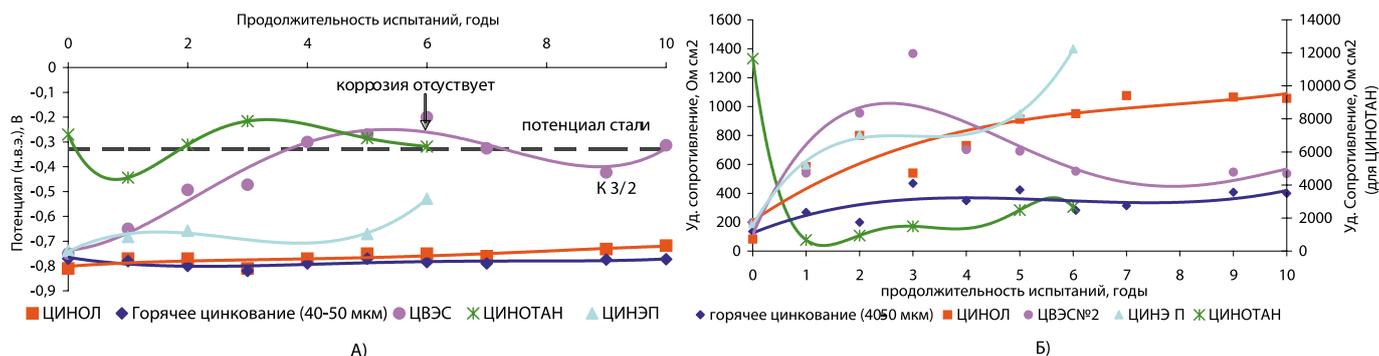


Рис. 2. Изменение электрохимических характеристик цинкнаполненных покрытий ВМП толщиной 80 мкм в ходе натуральных стендовых испытаний в промышленной атмосфере умеренно-холодного климата: А) стационарный потенциал стали с покрытием; Б) поляризационное сопротивление покрытий

Комментарий к рис. 2 [9-17]:

Критерий эффективности протекторного действия ЦНП – величина сдвига в отрицательную сторону потенциала стали с ЦНП. Считается, что протекторные свойства ЦНП тем сильнее, чем отрицательнее потенциал стали с покрытием и чем медленнее он изменяется во времени. Увеличение потенциала стали с ЦНП связано с блокированием пор покрытия труднорастворимыми соединениями цинка и интерпретируют как переход к барьерному механизму защиты. Проницаемость пленки для внешней среды характеризует поляризационное сопротивление. Покрытие с большим содержанием цинкового порошка имеет меньшее сопротивление. Рост поляризационного сопротивления ЦНП в процессе коррозии связан с замедлением электрохимических процессов в покрытии и свидетельствует об уплотнении пор пленки нерастворимыми соединениями цинка. Потеря защитных свойств ЦНП и начало коррозии стали идентифицируется по снижению величины поляризационного сопротивления в отсутствие механических повреждений пленки покрытия

бинации с лакокрасочными материалами барьерного типа [40]. Однако они имеют ограничения по номенклатуре совместимых покрывных эмалей.

Поэтому в средах со средней и высокой коррозионной активностью более широкое применение находят другие типы ЦНП – на основе кремнийорганических (ЦВЭС) и терморезистивных полимеров (ЦИНЭП, ЦИНОТАН). Образование покрытий на их основе обусловлено не только улетучиванием растворителя. Пленкообразование сопровождается химическими превращениями, в результате которых формируется пространственная полимерная сетка, обеспечивающая высокие физико-механические и защитные свойства. Кремнийорганические и терморезистивные ЦНП, как правило, содержат от 80 до 90 мас. % цинкового порошка [31,41]. По сравнению с покрытиями с повышенным содержанием цинка (ЦИНОЛ), для них характерно увеличение вклада гидроизолирующего механизма в общее коррозионно-защитное действие. Это демонстрирует рис.2, где для покрытий ЦВЭС, ЦИНЭП, ЦИНОТАН наблюдается постепенное облагораживание потенциала, сопровождаемое ростом сопротивления.

В случае покрытия ЦВЭС снижение электрохимической активности обусловлено тем, что этилсиликатное связующее способно вступать в химическую реакцию с цинком с образованием связи

Zn – O – Si -, тем самым блокируя поверхность цинковых частиц [42]. Еще одной структурной особенностью этилсиликатных ЦНП является значительная пористость, зависящая от условий нанесения и существенно превышающая, например, пористость эпоксидных покрытий [41]. Поэтому для сокращения количества сквозных пор у покрытий этого класса рекомендуется нанесение двух и более слоев, а также с целью заполнения пор нанесение специальных покрывных слоев [42].

ЦНП на основе эпоксидного и полиуретанового пленкообразующего, напротив, характеризуются отсутствием сквозной пористости и наличием относительно небольшого количества пузырьков пор. Динамика изменения потенциала (рис.2) у покрытия ЦИНОТАН позволяет предположить, что основное количество цинкового порошка образует в нем кластеры типа В (рис.1). Поэтому первоначально электрохимическая активность покрытия невелика, активация цинковых цепочек происходит по мере проникновения коррозионной среды в покрытие, но довольно быстро сменяется пассивацией поверхности. То есть подтверждается известное утверждение [43], что полиуретановые ЦНП обладают преобладающей барьерной функцией, которая, однако, при определенных условиях не исключает возможность протекторной защиты.

Эти структурные особенности терморезистивных и кремнийорганических ЦНП нашли отражение в рекомендациях международных стандартов. В соответствии с ИСО 12944-5 эпоксидные и полиуретановые ЦНП допустимо применять толщиной 40 мкм в системах с покрывными эмалями. В то время как толщина ЦНП на основе этилсиликата должна составлять не менее 80 мкм [44].

Упомянутые выше ЦНП применяются в качестве самостоятельных покрытий только в средах средней агрессивности, таких как городская атмосфера, пресная вода, товарная нефть и нефтепродукты (табл. 1 и 2). Для более агрессивных условий (морская и промышленная атмосферы, морская вода, производственные стоки, растворы солей, сырая нефть и т.д.) рекомендуется применять их в системах покрытий. Наиболее надежная защита в сильноагрессивных условиях эксплуатации достигается применением полиуретановых и эпоксидных схем, включающих соответствующие ЦНП (табл. 1 и 2).

ЦНП разного состава имеют различные области предпочтительного применения и с точки зрения технологических свойств (табл.1). Например, термопластичные (ЦИНОЛ) и отверждаемые влагой воздуха полиуретановые материалы (ЦИНОТАН) допускаются наносить в условиях повышенной влажности и пониженных температур, что является большим преимуществом

Таблица 2. Рекомендации международного стандарта SSPC-PS 12.00 [33] по применению наиболее распространенных типов цинкнаполненных покрытий в различных средах

Эксплуатационные среды	Кремнийорганические		Термопластичные		Термореактивные	
	Самостоятельно	В системе с покрывной эмалью	Самостоятельно	В системе с покрывной эмалью	Самостоятельно	В системе с покрывной эмалью
Атмосфера внутри помещений (сухая)	P	P	P	P	P	P
Открытая атмосфера (сухо и нормальная влажность)	P	P	P	P	P	P
Открытая влажная атмосфера, включающая частое увлажнение поверхности за счет конденсации, брызг, орошения и кратковременного погружения водой	P	P	P	P	P	P
Открытая влажная атмосфера, включающая частое увлажнение поверхности за счет конденсации, брызг, орошения и кратковременного погружения растворами солей	P	P	H	P	P	P
Погружение в пресную воду	B	B	H	B	B	B
Погружение морскую воду	B	B	H	B	H	B
Химическое воздействие сред pH 2-5	H	B	H	B	H	B
Химическое воздействие сред pH 10-12	H	P	H	P	H	P
Химическое воздействие сред (органические среды, растворители, углеводороды и т.п.)	P	B	H	H	H	B
Химическое воздействие сред, включающих сильные окислители, сильные растворители, крайние значения pH в сочетании с повышенной температурой	H	H	H	H	H	H

P – рекомендуется

H – не рекомендуется

B – возможно применение некоторых продуктов (по согласованию с производителем)

в жестких климатических условиях России и ставит их вне конкуренции при работе на строительной площадке. Этилсиликатным (ЦВЭС) и эпоксидным (ЦИНЭП) покрытиям отдают предпочтение при окраске на заводах, особенно покрытию ЦВЭС благодаря высокой скорости высыхания (до степени «на ощупь» — не более 30 минут). Таким образом, каждый из перечисленных типов ЦНП для определенных условий обладает наилучшим комплексом свойств по сравнению с другими. Известные производители цинкнаполненных материалов, ответственно работающие на рынке, учитывают вышеперечисленные особенности свойств ЦНП и общие принципы их применения. Кроме того, они тщательно тестируют свои продукты и на основании этого разрабатывают индивидуальные рекомендации по их использованию. Их игнорирование может обернуться для потребителей значительными материальными потерями, а для исследователей – ущербом для собственной репутации и производителей ЦНП. Например, полностью пренебрегая ре-

комендациями производителя и международными нормами по антикоррозионной защите, Бакаевой Р.Д. и др. [5,6] проведены испытания этилсиликатного ЦНП (ЦВЭС) толщиной 20-30 мкм при неизвестной шероховатости стальной поверхности погружением в весьма агрессивный по отношению к цинку и стали 3% раствор NaCl. С учетом вышесказанного об особенностях ЦНП этого типа, закономерно получен отрицательный результат – появились коррозионные повреждения стальной подложки. При этом нанесен ущерб репутации материала, имеющего многолетний положительный опыт практического применения в различных агрессивных условиях, в том числе и жидких средах, например, в горячей воде. В этой связи мы хотели бы остановить и на других типичных методических проблемах интерпретации результатов испытаний ЦНП. В частности, измерение бестокового потенциала системы «ЦНП- стальная основа» является самым наглядным и широко применяемым методом оценки протекторных свойств ЦНП. Однако, трактовка его

результатов без учета особенностей коррозионно-защитного поведения разных типов ЦНП приводит к некорректным или ошибочным выводам. В частности, авторы статей [5,6] делают вывод об отсутствии протекторных свойств покрытия ЦВЭС по данным исходного потенциала. Однако, как уже отмечалось, условием реализации протекторной защиты ЦНП является не сам факт наличия цинкового порошка, а существование цепочек из частиц, электрически связанных с основой и имеющих контакт с электролитом [11-14,45]. Поэтому первоначально установление потенциала происходит только за счет тех частиц цинка, к которым имеется открытый доступ коррозионной среды (кластеры типа А, рис.1). Для некоторых типов ЦНП со смешанным или преимущественно барьерным механизмом защиты (структура с преобладанием кластеров типа В, рис.1) характерно то, что поверхность цинковых частиц оказывается пассивированной слоем полимерного связующего. Их активация происходит постепенно по мере заполнения пор и пропитывания

слюя полимерного связующего электролитом. Поэтому первоначально наблюдаются относительно невысокие значения потенциала, в дальнейшем он понижается. Стабильная электрохимическая активность, по которой можно судить об эффективности протекторной защиты, достигается в течение некоторого периода времени. Его длительность для разных типов ЦНП может достигать от нескольких дней в условиях погружения в жидкие среды, до нескольких месяцев в случае эксплуатации в атмосферных условиях [45].

Другое тиражируемое заблуждение - аппроксимация экспериментальной временной зависимости потенциала стали с ЦНП линейной функцией [4], что приводит к ошибкам при прогнозировании сроков их службы. Многочисленные исследования [11-14, 18, 20, 41, 45] и наш собственный опыт показывают, что изменение электрохимических свойств ЦНП во времени, в том числе потенциала, нелинейно, и носит более сложный характер: на временных зависимостях имеются переходные участки, характеризующие смену преобладающего механизма защиты. Нелинейность изменения характеристик ЦНП является прямым следствием их неоднородно распределенных структур, для описания свойств которых законны (соотношения) фрактальной геометрии [46-48].

Таким образом, с большим сожалением приходится констатировать, что, желая выступить в качестве экспертов на страницах популярных научно-технических изданий, некоторые авторы, будучи не в полной мере знакомы с особенностями свойств и испытаний ЦНП, допускают ряд серьезных ошибок и позволяют себе некорректные высказывания и неточности. Это приводит к формированию ошибочных представлений у читателей, а в случае использования для исследований материалов известных торговых марок - к их неоправданной дискредитации и ущербу деловой репутации производителя. К тому же часто подоплека таких публикаций достаточно прозрачна - это лоббирование интересов другого производителя.

В связи с этим, считаем необходимым напомнить о действующих в России

нормах права (Федеральный закон «О защите конкуренции», ст.14; «Конвенция по охране промышленной собственности», статья 10 bis; Гражданский кодекс РФ, ст. 152; Закон РФ «О средствах массовой информации», ст.43 и 44; Закон РФ «О рекламе», ст.5), которые в подобных случаях позволяют производителю отстаивать свои права и деловую репутацию, а также требовать возмещения убытков.

Мы ни в коей мере не являемся противниками исследования свойств наших материалов. Однако настаиваем на том, что они должны быть действительно независимыми и квалифицированными и проводиться в точном соответствии с рекомендациями производителя и действующими стандартами по подготовке образцов и методам испытаний.

В заключение мы призываем авторов публикаций ответственнее относиться к использованию известных торговых марок при изложении результатов своих научных изысканий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фришберг И.В. и др. // Промышленная окраска. 2003ю №1 С. 8-15
2. Фришберг И.В. и др. // Транспортное строительство. - 2002. №4. С. 12-16
3. Фришберг И.В. и др. // Территория Нефтегаз. - 2003. №4. С.48-51
4. Анохина А.Л. и др. // Промышленная окраска. 2005. №3. С 32-34
5. Прыгаев А.К. и др // «Территория «Нефтегаз». 2004, № 12, С.20-24.
6. Бакаева Р.Д. и др // «Коррозия «Территории «Нефтегаз». 2006, №1 (3), С. 26-28.
7. Розенфельд И.Л. и др. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями. М.: Химия. 1987. 224 с.
8. Zinc-rich paints for corrosion protection // PCE. 1997. V. 2. № 11. P.p. 26-33.
9. М.А. Настичук, А.Я. Дринберг // В кн.: Работы в области химии и химической технологии. Изд-во ГХИ: Ленинград. 1958. С. 170-180.
10. Л.В. Ницберг, Л.А. Бобина // Лакокрасочные материалы и их применение. 1964. № 1. С. 18-25.
11. Felio S., Barajas J. // J. of Coat. Tech. 1989. v. 61. №775. P.p. 63-69
12. Felio S., Barajas J // J. of Coat. Tech. 1989. v. 61. №775. P.p.71-76
13. С.М. Abreu, М. Izquierdo, Р. Merino, X.R. Novoa, С. Perez. // Corrosion. 1999, v.55, N12, P.p.1173-1181.
14. St.A. Lindqvist // Werkstoffe und Korrosion. 1980. v.31. P.p.524-527
15. ISO 3549:1995(E)- Zinc dust pigments for paints - Specifications and test methods
16. В.Л. Клименко // Цветные металлы, 1984. №9. С. 34-37.
17. Н.Н. Chua, В.В. Johnson, Т.К. Ross. // Corrosion Science. 1978. v.18. P.p. 505-510.
18. Останина Т.Н. и др. // Перспективные материалы. 2002. №6. С.59-66
19. Кулешова И.Д. и др. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1980. № 6. С. 67-71.
20. Останина Т.Н. и др. // Конденсированные среды и межфазные границы. 2003. т.5. №1 С.77-84
21. Рудой В.М. и др. // Защита металлов. 1998. т. 34. №5. С. 527-532
22. Останина Т.Н. и др. // Вестник УГТУ-УПИ. Физико-химические основы технологий материалов новой техники №2(14). - Екатеринбург. 2001. С.214-225

23. Рудой В.М. и др. // Защита металлов. 1999. т. 35№1 С.68-71
24. Рудой В.М. и др. // Защита металлов. 1999. т.35.№5. С.557-558
25. F. Theiler // Corrosion Science. 1974, v. 14, P.p. 405-414
26. Weinmann Dr.K. // 6 Nurberg Congress "Creative Advances in Coating Technology", Nurberg. 2001. P.p. 779-791
27. Рудой В.М. и др. // Вестник УГТУ-УПИ. Серия химическая №3(15). - Екатеринбург. 2003. С. 106-111
28. Аратова Е.М. и др. Металлонаполненные защитные покрытия. - М.: НИИТЭХИМ. 1980. 24 с.
29. Дринберг А.С., Ицко Э.Ф., Калинин Т.В. Антикоррозионные грунтовки. - Санкт-Петербург: Изд-во ООО «НИИПРОИНС ЛКМ и П и ОП», 2006. 168 с.
30. Finch D. // Materials Engineering. 1986. V.103. N4. P.p. 41-44.
31. Пайяри Р. // Промышленная окраска. 2005. №3. С. 38-39
32. SSPC-Paint 20 Zinc-Rich Coating // SSPC: The Society for Protection Coating Painting Manual. Vol.2 Systems and Specifications. 2005 Edition. Pittsburgh, PA 15222
33. SSPC-PS Guide 12.00 Guide to Zinc-Rich Coating System // SSPC Painting Manual. Vol.2 Systems and Specifications. 2005 Edition by SSPC: The Society for Protection Coating/ Pittsburgh, PA 15222
34. Фришберг И.В. и др. // Промышленная окраска. 2003. №3. С. 2-8
35. Clive H. Hare and et. // Morden Paint and Coat. 1983. v.73. №6. P.p. 30-36
36. Коррозия. Справочное издание под ред. Шрайера Л.Л. - М.: Металлургия. 1981. 632 с.
37. Слэндер С.Дж., Бойд У.К. Коррозионная стойкость цинка. -М.:Металлургия. 1976. 200 с.
38. Рачев Х., Стефанова С. Справочник по коррозии. - М.:Мир. 1982. 520 с.
39. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии / Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП. 1999. 56 с.
40. Selvaraj M.and et. // Pig. and Resin Tech. 2001. v.30. №6. P.p.374-41
41. Lindquist S.A. and et.// J. Oil and Colour Chem. Assoc. 1985. 68. 31. P.p.10-14
42. В.А. Орлов. Цинксиликатные покрытия. М., Машиностроение, 1984г., 104с.
43. Kalendov A. // Anti-Corros. Meth. And Mater. 2002. v.49. № 3. P.p.173-180
44. ИСО 12944-5:1998 «Лаки и краски. Антикоррозионная защита стальных конструкций с помощью защитных лакокрасочных систем».
45. Pereira D., and et. // Corr.Sci. 1990. v.30. №11. P.p.1135-1147
46. С.А.Gervasi and et. // Corr. Sci. 1994. v.36. N12. P.p. 1963-1972.
47. Останина Т.Н. и др. // Лакокрасочные материалы и их применение. 2000. №2/3. С.31-40.
48. Останина Т.Н. и др. // Электрохимия 2004. т. 40. № 10. С. 1182-1184.
49. Останина Т.Н. и др. // Вестник ПГТУ «Проблемы современных материалов и технологий». Выпуск 11 - Пермь. 2005. С.183-223



ЗАО НПП «Высокодисперсные металлические порошки»

Россия, 620016, г. Екатеринбург,
ул. Амундсена, 105
+7(343)240-33-09, 267-94-31
Москва +7 (495) 955-12-63
Санкт-Петербург +7(343) 449-17-68
e-mail: office@rimet.ru
www.coldzinc.ru