

7. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. – М.: Мир, 1984. – 310 с.
8. Фролов, Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1988. – 232 с.
9. Исследование термостойкости ионитов методом термографического и термогравиметрического анализа / В.С. Солдатов, З.Р. Павловская, И.Ф. Глейм; под ред. Г.В. Самсонова, Н.И. Никитина // Ионный обмен и иониты. – Л.: Наука, 1970. – С. 64–70.
10. О механизме изменения обменной емкости анионита АВ-17 при нагревании в воде и некоторых спиртах / М.А. Шабуров, К.М. Салдадзе // Журнал прикл. хим. – 1966. – Т. 39, № 1. – С. 106–113.
11. Термическая устойчивость в воде сульфокатионитов на основе ароматических соединений с конденсированными ядрами / П.Е. Тулупов, А.И. Касперович / Ионный обмен и иониты. – Л.: Наука, 1970. – С. 75–79.
12. Полянский, Н.Г. Методы изучения термической устойчивости сульфокатионитов в органических средах / Н.Г. Полянский, П.Е. Тулупов // Исследование свойств ионнообменных материалов; под ред. К.В. Чмутова. – М.: Наука, 1964. – С. 145–151.
13. Кинетика термического разложения сульфокатионитов на основе стирола и дивинилбензола по данным термогравиметрического анализа / П.Е. Тулупов, О.Н. Карпов // Журнал физ. хим. – 1973. – Т. 47, № 6. – С. 1420–1423.
14. Исследование методом инфракрасной спектроскопии изменения химической структуры при термическом разложении анионита АВ-17 / Е.Д. Киселева [и др.] // Журнал физ. хим. – 1971. – Т. 45, № 9. – С. 2302–2304.
15. О механизме термического десульфирования водородной формы катионита КУ-2 в углеводородных средах / Полянский Н.Г. [и др.] // Журнал прикл. хим. – 1965. – Т. 38, № 4 – С. 910–918.
16. Радиационная и термическая устойчивость образцов сульфокатионита КУ-2 на основе чистых мономеров / П.Е. Тулупов, С.И. Бельфер, К.М. Салдадзе / Ионный обмен и иониты. – Л.: Наука, 1970. – С. 53–58.
17. О влиянии степени поперечной связанности на устойчивость сульфополистирольного катионита КУ-2 к нагреванию на воздухе / В.М. Тютюнник; под ред. Г.В. Самсонова, П.Г. Романкова // Иониты и ионный обмен. – Л.: Наука. – 1975. – С. 22–27.
18. Исследование режима сушки ионитов КУ-2 и АВ-17 / И.Ф. Глейм, В.А. Мойченко, В.С. Солдатов; под ред. Г.В. Самсонова, Н.И. Никитина // Ионный обмен и иониты. – Л.: Наука, 1970. – С. 58–64.

Материал поступил в редакцию 02.02.13

ROMANOVSKY V.I., GRUZINOVA V.L. Superficial properties of the units received from waste of fulfilled ion-exchange pitches

The main results of researches on determination of superficial properties of units are presented in article, such as a specific surface and sorption capacity on various ions by the size, depending on the sizes initial dispersed анионита and катионита, their ratios, the dzeta-potential of initial components is determined. It is noted that the received substances can find application as coagulants at sewage treatment.

УДК 667.637.222:625.75

Тур Э.А., Голуб Н.М.

АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ АКРИЛОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Введение. Защита от коррозии стальных конструкций предприятий машиностроения является важнейшей практической задачей. Согласно международному стандарту ISO 8044, под коррозией понимают физико-химическое или химическое взаимодействие между металлом (сплавом) и средой, приводящее к ухудшению функциональных свойств металла (сплава), среды или включающей их технической системы. На поверхности стальных конструкций в результате коррозии образуется ржавчина – слой частично гидратированных оксидов железа. Имеется большое количество различных состояний поверхности металла, которые требуют защиты от коррозии. Расположение объекта, его возраст, степень разрушения металла, качество поверхности, тип агрессивных воздействий, количество дефектов, свойства старого покрытия — это факторы, которые оказывают влияние на подготовку поверхности и выбора системы защиты металла от коррозии. В настоящее время разработаны и внедрены в производство на предприятиях машиностроительной отрасли многочисленные способы защиты от коррозии: гальванические покрытия, ингибиторы защитные смазки, металлизация, электрохимическая катодная защита и разнообразные лакокрасочные покрытия.

На лакокрасочные покрытия ложится главная ответственность за защиту от коррозии, так как ими защищают более 80% поверхностей всех металлических изделий, начиная от детских игрушек и кончая огромными океанскими лайнерами. Эффективность применения лакокрасочных покрытий целесообразна при условии долговечности эксплуатации не более 10 лет и скорости коррозии металла до 0,05 мм/год. Если требуется повышение долговечности или ско-

рость коррозии металла составляет 0,5–1,0 мм/год, то следует применять комбинированные покрытия.

Защита металла от коррозии заключается в создании на поверхности металлического изделия сплошной беспористой пленки, которая препятствует агрессивному воздействию окружающей среды и предохраняет металл от разрушения. Краски должны обладать низкой газовой и паропроницаемостью, водонепроницаемостью. Покрытие поверхности металла лакокрасочным слоем не исключает коррозию, а служит для нее лишь преградой, а значит, лишь тормозит процесс коррозии. Именно поэтому важное значение имеет качество покрытия – толщина слоя, пористость, равномерность, проникаемость, способность набухать в воде, прочность сцепления (адгезия). Качество покрытия зависит от тщательности подготовки поверхности и способа нанесения защитного слоя. Окалина и ржавчина должны быть удалены с поверхности покрываемого металла. В противном случае они будут препятствовать хорошей адгезии покрытия с поверхностью металла. Низкое качество покрытия нередко связано с повышенной пористостью. Часто она возникает в процессе формирования защитного слоя в результате испарения растворителя и удаления продуктов отверждения и деформации (при старении пленки). Поэтому обычно наносят не один толстый слой, а несколько тонких слоев покрытия. Во многих случаях увеличение толщины покрытия приводит к ослаблению адгезии защитного слоя с металлом. Большой вред наносят воздушные полости, пузыри. Они образуются при низком качестве выполнения операции нанесения покрытия [1].

В зависимости от состава пигментов и пленкообразующей осно-

Тур Элина Аркадьевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Голуб Наталья Михайловна, к.х.н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

вы лакокрасочные покрытия могут выполнять функции барьера, пассиватора или протектора. Барьерная защита – это механическая изоляция поверхности. Нарушение целостности покрытия даже на уровне появления микротрещин предопределяет проникновение агрессивной среды к основанию и возникновение подпленочной коррозии. Пассивация поверхности металла с помощью ЛКМ достигается при химическом взаимодействии металла и компонентов покрытия. К этой группе относят грунты и эмали, содержащие фосфорную кислоту (фосфатирующие), а также составы с ингибирующими пигментами, замедляющими или предотвращающими процесс коррозии. Протекторная защита металла достигается добавлением в материал покрытия порошковых металлов, создающих с защищаемым металлом донорские электронные пары. Для стали таковыми являются цинк, магний, алюминий. Под действием агрессивной среды происходит постепенное растворение порошка добавки, а основной материал коррозии не подвергается [2].

Методика эксперимента. Интерес представляла разработка краски и грунтовок на основе акриловых сополимеров белого и чёрного цветов, так как эти цвета чаще всего используют на машиностроительном производстве. Разработанная система «краска-грунтовка» предназначена для антикоррозионной и защитно-декоративной отделки стальных поверхностей, подвергающихся атмосферному воздействию в зонах умеренного, умеренно-холодного и холодного климатов. Покрытие формируется при естественных условиях и обеспечивает эффективную барьерную защиту металла. Краска применяется в комплексе с грунтовкой в качестве окончательного покрытия. Грунтовка содержит наполнители и функциональные добавки, ингибирующие коррозионные процессы, обеспечивает хорошую межслойную адгезию. Перед нанесением системы «краска-грунтовка» требуется тщательная подготовка поверхности. Рецептуры разработанных красок и грунтовок белого и черного цвета приведены в таблице 1.

Таблица 1. Рецептуры красок и грунтовок

Наименование компонента	Массовая доля, %			
	краска		грунтовка	
	белая	чёрная	белая	чёрная
Сополимер акриловый	28,0	28,0	18,0	18,0
Органический растворитель (солювент + толуол нефтяной)	36,0	36,0	26,0	26,0
Регулятор качества поверхности	0,3	0,3	-	-
Пластификатор (три(октил/децил)-меллитат)	3,0	3,0	2,0	2,0
Функциональная добавка: смесь ортофосфата цинка и оксида цинка	-	-	14,0	14,0
Диспергатор	0,5	0,5	0,7	0,7
Смола эпоксидная	-	-	2,0	2,0
Микротальк	5,0	5,0	6,0	6,0
Диоксид титана рутильной формы	15,0	-	9,0	-
Пигмент чёрный железоксидный	-	10,0	-	7,0
Микрораморный наполнитель (d=1,5 мкм)	6,9	11,9	7,1	9,1
Диоксид кремния мелкодисперсный	0,3	0,3	-	-
Слюда	5,0	5,0	-	-
Сульфат бария	-	-	15,0	15,0
Глина монтмориллонитовая или бентонитовая	-	-	0,2	0,2
Σ	100	100	100	100

В качестве пассивирующего агента в состав рецептуры грунтовок входит композиция, состоящая из ортофосфата цинка и оксида цинка. Кроме того, и краски и грунтовка содержат инертные пигменты: диоксид титана рутильной формы, полученный сульфатным методом, и пигмент чёрный железоксидный, а также мелкодисперсные наполнители (микротальк и слюда) для повышения укрывисто-

сти и сплошности плёнки. Основной компонент – плёнкообразующее (сополимер бутилакрилата и метилметакрилата) создаёт беспористую эластичную твёрдую плёнку [3]. Технические характеристики акрилового сополимера приведены в таблице 2.

Таблица 2. Технические характеристики акрилового сополимера

Наименование показателя	Величина показателя
Температура стеклования T _с , °С	65±2
Среднемассовая молекулярная масса Mw	60000±5000
Степень полидисперсности Mw / MN	1,7
Кислотное число 40%-го раствора в толуоле, мг КОН/г	6,4
Вязкость 40%-го раствора в толуоле по вискозиметру Брукфилда RV DV-II (шпиндель 2, скорость 60 об/мин, 25°С), мПа·с	400-450
Твердость высохшей плёнки на стекле по Кёнигу, абс.ед.	18

Краски и грунтовки были изготовлены на лабораторном диссолювере. Исследования проводили известными методами [4]. Все показатели (за исключением укрывистости) определяли для неразбавленной краски и грунтовок. Для определения укрывистости краску разбавляли толуолом до условной вязкости 40–45 с по ВЗ-246 с соплом Ø 4 мм.

Время высыхания, массовую долю нелетучих веществ, укрывистость, коэффициент диффузного отражения, блеск и твердость определяли на стекле для фотографических пластинок размером (90×120×2)±1 мм. Стойкость к статическому воздействию воды, 3%-го водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла, устойчивость покрытия к воздействию переменных температур определяли на пластинках из листовой холоднокатанной стали марок 08 кп размером и 08 пс размером (150×150×2)±1 мм. Прочность покрытия при ударе и адгезию к стали определяли на пластинках из листовой холоднокатанной стали марки 08 кп размером (90×120)±1 мм, толщиной 0,8–1,0 мм. Эластичность определяли на пластинках прямоугольной формы из алюминиевых листов или алюминиевых лент длиной 100–150 мм, шириной 20–50 мм, толщиной 0,25–0,32 мм. Условную светостойкость покрытия определяли на чертёжной бумаге размером 100×200 мм. Сопротивление паропроницанию определяли на образцах-подложках из цементобетона диаметром (100±1) мм или имеющих форму квадрата со стороной (100±1) мм, толщиной (10±1) мм.

Для определения блеска, коэффициента диффузного отражения, адгезии, твёрдости краску и грунтовку наносили аппликатором в один слой на одну сторону пластинки. Для определения эластичности краску наносили кистью или аппликатором на одну сторону пластинки. Толщина сухого слоя составляла 60–80 мкм. Для определения времени высыхания краску и грунтовку наносили в один слой на одну сторону пластинки. Толщина сухого слоя составляла 60–80 мкм. Для определения стойкости к статическому воздействию воды, 3%-го водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла систему «грунт-краска» (грунтовку в один слой, краску в один слой) наносили на обе стороны пластинки, а также на боковые грани. Толщина сухого слоя грунтовок составила 60–90 мкм. Толщина высохшего покрытия системы «грунт-краска» – около 130–190 мкм. Для определения устойчивости покрытия к воздействию переменных температур систему «грунт-краска» (грунтовку в один слой, краску в один слой) наносили на обе стороны пластинки, а также на боковые грани. Толщина высохшего покрытия системы «грунт-краска» составила 130–190 мкм. Для определения условной светостойкости краску наносили в два слоя, общей толщиной сухого слоя 160–180 мкм. Для определения прочности покрытия при ударе систему «грунт-краска» (грунтовку в один слой, краску в один слой) наносили на одну сторону пластинки. Толщина высохшего покрытия системы «грунт-краска» составила 160–180 мкм. Для определения сопротивления паропроницанию систему «грунт-краска» (грунтовку в один слой, краску в один слой) наносили на одну сторону пластинки.

Таблица 3. Основные показатели краски и грунтовки

Наименование показателя	Величина показателя	
	краска	грунтовка
Условная вязкость по ВЗ-246 (d= 4 мм) при (20±0,5)°С, с	40–160	40–160
Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее	30	30
Время высыхания до степени 3 при (20±2)°С, ч, не более	24	24
Плотность, г/см ³ , не менее	1,3	1,2
Укрывистость высушенного покрытия, г/м ² , не более	100	-
Блеск, %, не менее	10	-
Коэффициент диффузного отражения (белизна) покрытия для белого цвета, %	76–78	
Степень перетира, мкм	15–20	15–20
Прочность покрытия («грунт-эмаль») при ударе по прибору типа У-1, см, не менее	25	
Твердость покрытия по маятниковому прибору ТМЛ (маятник А), отн. ед., не менее	0,2	
Эластичность покрытия при изгибе, мм	8–10	8–10
Адгезия к стали, баллы, не более	1	1
Стойкость высушенного покрытия (система «грунт-эмаль») к статическому воздействию воды при температуре (20±2)°С, ч	48	
Стойкость высушенного покрытия (система «грунт-эмаль») к статическому воздействию 3%-го водного раствора хлорида натрия при температуре (20±2)°С, ч	48	
Стойкость высушенного покрытия (система «грунт-эмаль») к статическому воздействию бензина и индустриального масла при температуре (20±2)°С, ч	48	
Устойчивость покрытия (система «грунт-эмаль») к воздействию переменных температур, циклов	20	
Условная светостойкость покрытия (изменение коэффициента диффузного отражения), %	0,8–1,2	
Сопrotивление паропроонианию (система «грунт-эмаль») покрытия, м ² ·ч/Па/мг	2,0–2,4	

Толщина высушенного покрытия системы «грунт-краска» составила 130–190 мкм. Продолжительность сушки каждого слоя – 24 ч при температуре (20±2)°С. Для определения укрывистости краску наносили послойно. Толщина каждого сухого слоя составляла около 20 мкм. Первый и последующие слои сушили в течение 24 ч при температуре (20±2)°С. Толщину высушенного покрытия краски и грунтовки, а также системы «грунт-краска» измеряли микрометром типа МК-25-1 с погрешностью (±3) мкм. Контроль остальных геометрических параметров производили штангенциркулем. Количество образцов для испытания каждого показателя – не менее 5. Перед испытаниями образцы с покрытиями выдерживали согласно [4].

Основные показатели краски и грунтовки приведены в таблице 3.

Для определения массовой доли нелетучих веществ навеску краски или грунтовки массой (2,0±0,2) г выдерживали в течение 3 ч в термощкафу при температуре (105±2)°С, после чего взвешивали. Последующее взвешивание осуществляли через каждые 30 мин до достижения постоянной массы. Укрывистость определяли по методу шахматной доски. После полного укрытия окрашенную стеклянную пластинку сушили в течение 24 ч при температуре (20±2)°С и взвешивали с точностью до 0,002 г. Для ускорения процесса иногда производили горячую сушку первого и последующих слоев при температуре (105±2)°С в течение 1 ч. Блеск и коэффициент диффузного отражения определяли прибором ФБ-2. Измерения производили согласно инструкции к прибору. Прочность покрытия при ударе определяли по прибору типа У-1. Твердость определяли по маятниковому прибору ТМЛ (маятник А). Адгезию в баллах определяли по методу решетчатых надрезов. Размер единичного квадрата решетки, обеспечиваемый режущим инструментом, составлял 2×2 мм при общей толщине покрытия 60÷80 мкм. Стойкость высушенного покрытия к статическому воздействию воды, 3%-го водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла определяли согласно [4]. В эксикатор с дистиллированной водой или раствором хлорида натрия, или бензином, или индустриальным маслом на специальных подставках, изготовленных из химически стойкого материала, вертикально помещали образцы на 2/3 высоты или целиком. Расстояние между образцами и стенками эксикатора – не менее 10 мм. После испытания покрытие выдер-

живали перед осмотром при температуре (20±2)°С в течение 30 мин. Образцы считались выдержавшими испытание, если не наблюдалось отслаивания покрытия от подложки, пожелтения, сморщивания, появления мелких и крупных пузырей. Допускалось незначительное изменение цвета покрытия. Дефекты, обнаруженные на расстоянии менее 10 мм от края покрытия, не учитывались. Условную светостойкость определяли после облучения образцов ртутно-кварцевой лампой типа ПРК-2 в течение 24 часов.

Заключение. Разработанное покрытие устойчиво к статическому воздействию воды, 3%-го водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла при (20±2)°С более 72 ч, а также к действию переменных температур. Условная светостойкость составляет 0,8–1,2%, что гораздо ниже существующих норм для белых красок, применяемых для наружных работ (не более 5%). Разумный баланс прочности покрытия при ударе (25 см), твердости по маятниковому прибору (0,2 отн.ед.) и эластичности при изгибе (8–10 мм) свидетельствует о сбалансированности рецептуры краски.

Удельное объемное электрическое сопротивление системы «грунт-эмаль», определенное кулонометрическим методом [4], находится в пределах 0,8 – 1,5 × 10¹⁰ Ом·см = 0,8 – 1,5 × 10⁸ Ом·м. Это соответствует эксплуатации в условиях умеренного климата в течение 8–10 лет. Таким образом, разработанная акриловая система «грунт-краска» рекомендуется к использованию в качестве антикоррозионной защиты стальных строительных конструкций.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке; пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
2. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
3. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1981. – 352 с.
4. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.

Материал поступил в редакцию 10.01.13

TUR E.A., GOLUB N.M. Anticorrosive protection of steel designs of the enterprises of mechanical engineering by acrylic materials

Developed and investigated system "paint-primer" based on acrylic copolymers white and black colors for engineering production. The system of "paint-primer" is designed for corrosion and protective and decorative steel surfaces exposed to weathering in temperate, cold temperate and cold climates. Coating is formed under natural conditions and provides an effective barrier protection of metal.