

**Э.А. ТУР, Н.М. ГОЛУБ**

Беларусь, Брест, БрГТУ

## **ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ СТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АКРИЛОВЫМИ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

Внедрение в производство качественных защитных антикоррозионных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками, незначительно изменяющимися во времени, является одним из важнейших факторов, гарантирующих надёжность и длительный срок службы стальных строительных конструкций. На поверхности стальных конструкций в результате коррозии образуется ржавчина – слой частично гидратированных оксидов железа. 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 многочисленные способы защиты строительных конструкций от коррозии: гальванические покрытия, ингибиторы, защитные смазки, металлизация, электрохимическая катодная защита и разнообразные лакокрасочные покрытия [1]. На лакокрасочные покрытия ложится главная ответственность за защиту от коррозии, так как ими защищают более 80 % поверхностей всех металлических изделий.

В зависимости от плёнкообразующего полимера, пигментов, наполнителей и других компонентов, входящих в рецептуру, лакокрасочные покрытия (ЛКП) могут выполнять функции барьера, пассиватора или протектора. 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 скорость коррозии металла составляет 0,5–1,0 мм/год, то следует применять комбинированные покрытия (например, горячее цинкование с последующим нанесением ЛКП) [2].

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. ЛКП не исключает коррозию, а служит для нее лишь преградой, а значит, лишь тормозит процесс коррозии. Качество покрытия зависит от тщательности подготовки поверхности и способа нанесения защитного ЛКП [3].

Автором ранее [4] были разработаны рецептуры антикоррозионных красок и грунтовок на основе акриловых сополимеров белого и чёрного цветов, проведен ряд лабораторных испытаний ЛКП. В данной работе представлены результаты дальнейших исследований в этом направлении. Были оптимизированы рецептуры красок и грунтовок белого, серого и чёрного цветов, чаще всего применяемых в строительстве для антикоррозионной защиты.

Разработанная система «краска – грунтовка» (К–Г) предназначена для защитно-декоративной отделки стальных поверхностей, подвергающихся атмосферному воздействию в зонах умеренного и холодного климатов. Покрытие формируется при естественных условиях и обеспечивает эффективную барьерную защиту и пассивацию поверхности металла. Краски применяются в комплексе с грунтовками в качестве окончательного покрытия. Грунтовки содержат наполнители и функциональные добавки, ингибирующие коррозионные процессы, обеспечивает хорошую межслойную адгезию. Перед нанесением системы К–Г требуется тщательная подготовка поверхности. Рецептуры разработанных красок и грунтовок белого, серого и черного цветов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептуры красок и грунтовок

Наименование компонента	Массовая доля, %					
	краска			грунтовка		
	белая	серая	чёрная	белая	серая	чёрная
Сополимер акриловый	29,0	29,0	29,0	19,0	19,0	19,0
Органический растворитель (растворитель+толуол = 1:1)	35,0	35,0	35,0	25,0	25,0	25,0

Продолжение таблицы 1

Регулятор качества поверхности	0,3	0,3	0,3	-	-	-
Пластификатор	3,1	3,1	3,1	2,0	2,0	2,0
Пассивирующая добавка: смесь ортофосфата цинка и оксида цинка	-	-	-	14,0	14,0	14,0
Диспергатор	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6
Смола эпоксидная	-	-	-	2,1	2,1	2,1
Микротальк	5,0	5	5,0	6,0	6,0	6,0
Диоксид титана	15,0	10,0	-	8,9	6,0	-
Пигмент чёрный железоксидный	-	5,0	10,0	-	3,0	6,9
Карбонат кальция	6,9	6,9	11,9	7,0	6,9	9,0
Диоксид кремния мелкодисперсный (агент реологии)	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Слюда	5,0	5,0	5,0	-	-	-
Сульфат бария	-	-	-	15,0	15,0	15,0
Глина бентонитовая	-	-	-	0,2	0,2	0,2
$\Sigma$	100	100	100	100	100	100

Известно, что замедлить протекание коррозионного процесса можно введением в лакокрасочную композицию пигментов и ингибиторов, способствующих образованию гидрофобных комплексных и других соединений на поверхности металла (например, добавлением хроматов, фосфатов металлов, азотсодержащих и силоксановых соединений) [5]. Поэтому в качестве пассивирующего агента в состав рецептуры грунтовок была включена композиция, состоящая из ортофосфата цинка и оксида цинка. Кроме того, и краски и грунтовки содержат инертные пигменты: диоксид титана рутильной формы, полученный сульфатным методом, и пигмент чёрный железоксидный, а также мелкодисперсные наполнители (микротальк и слюда) для повышения укрывистости и сплошности плёнки. Основной компонент – плёнкообразующее (сополимер *n*-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 ( $T_g$ ), °C	65±2
Среднемассовая молекулярная масса ( $M_w$ )	60000±5000
Степень полидисперсности ( $M_w / M_n$ )	1,7
Кислотное число 40 %-го раствора в толуоле, мг КОН/г	6,4
Вязкость 40 %-ного раствора в толуоле по вискозиметру Брукфилда RV DV-II (шпиндель 2, скорость 60 об/мин, $t = 25^\circ\text{C}$ ), мПа·с	400–450
Твёрдость высохшей плёнки на стекле по Кёнигу, абс.ед.	18

Краски и грунтовки были изготовлены на лабораторном диссольтере. Исследования проводили известными методами [6]. Все показатели (за исключением укрывистости) определяли для неразбавленной краски и грунтовки. Для определения укрывистости краску разбавляли толуолом до условной вязкости 40–45 с по ВЗ-246 с соплом Ø 4 мм.

Для определения эластичности краску наносили кистью или аппликатором на одну сторону стальной пластинки. Толщина сухого слоя составляла 60–80 мкм. Для определения стойкости к статическому воздействию воды, 3 %-ного водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла, устойчивости покрытия к воздействию переменных температур систему К–Г (грунтовку в один слой, краску в один слой) наносили на обе стороны стальной пластинки, а также на боковые грани. Толщина высушенного покрытия системы К–Г составляла около 130–190 мкм. Для определения прочности покрытия при ударе систему К–Г наносили на одну сторону стальной пластинки. Толщина ЛКП составляла 160–180 мкм. Продолжительность сушки каждого слоя – 24 ч при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Определение пористости производили химическим методом согласно [7]. Сущность метода заключается во взаимодействии ионов двухвалентного железа с гексацианоферратом (III) калия в местах пор с образованием турбулентной сини (при  $\text{pH} < 7$ ), подсчёте среднего числа пор и оценке пористости по пятибалльной системе. Некоторые исследователи отмечают, что данный метод позволяет получить данные о начавшемся процессе разрушения ЛКП задолго до появления первых визуальных признаков этого процесса [8].

Количество образцов для испытания каждого показателя – не менее 5. Основные усреднённые показатели (для материалов белого, серого и чёрного цветов) красок, грунтовок и ЛКП приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные показатели красок, грунтовок и ЛКП

Наименование показателя	Величина показателя	
	краска	грунтовка
Условная вязкость по ВЗ-246 (Ø 4 мм) при $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ , с	120	100
Массовая доля нелетучих веществ, %	55	40
Время высыхания до степени 3 при $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , ч	5	3
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,6	1,3
Укрывистость высушенного покрытия, г/м <sup>2</sup>	80	-
Блеск, %	15	-
Коэффициент диффузного отражения (близна) покрытия для белого цвета, %	76–78	
Степень перетира, мкм	15–20	15–20
Прочность покрытия при ударе по прибору типа У-1, см	26	

## Продолжение таблицы 3

Твёрдость покрытия по маятниковому прибору ТМЛ (маятник А), отн. ед.	0,28	
Эластичность покрытия при изгибе, мм	8–10	8–10
Адгезия к стали, баллы, не более	1	1
Стойкость покрытия к статическому воздействию воды при $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , ч	более 72	
Стойкость покрытия к статическому воздействию 3 %-го водного раствора NaCl при $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , ч	более 72	
Стойкость покрытия к статическому воздействию бензина и индустриального масла при $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , ч	более 72	
Устойчивость покрытия к воздействию переменных температур, циклов	50	
Условная светостойкость покрытия (изменение коэффициента диффузного отражения), %	0,8–1,2	
Пористость, – пор /см <sup>2</sup> ;	9	
– балл	2	
Сопротивление паропроницанию (система К–Г) покрытия, м <sup>2</sup> ·ч·Па/мг	2,0–2,4	

В результате проведенных исследований выявлено, что разработанное покрытие устойчиво к статическому воздействию воды, 3 %-ого водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла при  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  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 %). ЛКП обладает низкой пористостью – 2 балла по пятибалльной системе согласно [7], где 1 – лучший результат. Разумный баланс прочности покрытия при ударе (26 см), твёрдости по маятниковому прибору (0,28 отн. ед.) и эластичности при изгибе (8–10 мм) свидетельствует о сбалансированности рецептур краски и грунтовки.

Объёмное электрическое сопротивление ЛКП определяли кулонометрическим методом [6] с помощью прибора ПУС-1. Удельное объёмное электрическое сопротивление ЛКП ( $\rho$ ) рассчитывали по формуле 1:

$$\rho = R_x \cdot A / h, \quad (1)$$

где  $R_x$  – измеренное объёмное сопротивление, Ом;  $A$  – эффективная площадь электрода, см<sup>2</sup>;  $h$  – средняя толщина ЛКП, см.

Удельное объёмное электрическое сопротивление системы «грунтовка – краска», находится в пределах  $0,8–1,5 \times 10^{10}$  Ом·см =  $0,8–1,5 \times 10^8$  Ом·м. Это соответствует эксплуатации в условиях умеренного климата в течение 8–10 лет. Таким образом, разработанная акриловая система рекомендуется к использованию в качестве антикоррозионной защиты стальных строительных конструкций. Кроме того, использование различных подходов к

исследованию проницаемости покрытий позволяет получить быструю и объективную оценку антикоррозионных свойств новых защитно-декоративных материалов. Следует отметить, что технические требования к антикоррозионным ЛКП и методы исследования их стойкости к различным агрессивным средам постоянно совершенствуются и обновляются с учётом данных, получаемых в процессе эксплуатации окрашенных строительных конструкций и промышленного оборудования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ.; под ред. Э.Ф. Ицко. – СПб. : Профессия, 2007. – 528 с.
2. 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.
3. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. – Л. : Химия, 1981. – 352 с.
4. Тур, Э.А. Антикоррозионная защита стальных конструкций предприятий машиностроения акриловыми материалами / Э.А. Тур, Н. М. Голуб // Вестник Брестского государственного технического университета. – Брест : БрГТУ, 2013. – № 2 : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геозкология. – С. 106–108.
5. Елисаветский, А.М. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями / А.М. Елисаветский, И.В. Елисаветская, В.Н. Ратников // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2000. – № 4. – С. 23–25.
6. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М. : Химия, 1988. – 272 с.
7. ГОСТ 9.302-88. ЕСЗКС Покрытия металлические и неметаллические неорганические.
8. Подбор антикоррозионных покрытий для защиты внутренних поверхностей технологических аппаратов Астраханского ГПЗ / А.Ф. Светличкин [и др.] // Промышленная окраска. – 2007. – № 4. – С. 39–41.