

зультате нарушения координации иона магния при механохимических и термических воздействиях.

Практический интерес представляет получение композиционных вяжущих материалов на основе каустического доломита (или магнезита) и силикатов магния. Экспериментально установлено, что силикаты магния можно использовать в смеси с доломитом при совместном помоле. Добавка в каустический доломит до 20 % силиката магния при совместном помоле позволяет повысить водостойкость и воздухостойкость магнезильного цемента. Дальнейшее увеличение содержания силиката магния в смеси не оказывает положительного влияния на затвердевший магнезильный цемент.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. По аналогии со свойствами силикатов магния строительные материалы на их основе должны обладать ценными свойствами: повышенной устойчивостью к высоким температурам, агрессивным средам, поглощающей способностью к нейтронному излучению, долговечностью, должны быть эффективны и экономически целесообразны.

2. Композиционные вяжущие на основе каустического доломита и силиката магния (10–20 % по массе) обладают повышенной водостойкостью и воздухостойкостью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вель, Е. И. Термодинамические расчеты образования силикатов магния / Е. И. Вель, Б. Ф. Блудов. – М. : Наука, 1969. – 205 с.

УДК 667.637.222:625.75

**Э.А. ТУР, Е.К. АНТОНЮК**

Беларусь, Брест, БрГТУ

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АКРИЛОВЫХ СОПОЛИМЕРОВ НА СРОК СЛУЖБЫ РАЗМЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Основой лакокрасочного материала является пленкообразующий полимер. Его назначение – образовывать когезионную пленку на подложке, обладающую определенным комплексом свойств, а также связывать все нелетучие компоненты покрытия, в особенности пигменты и наполнители, в единую гармоничную композицию [1].

Акриловые сополимеры являются одним из современных пленкообразователей для лакокрасочных материалов (ЛКМ). Они образуют долговечные УФ- и атмосферостойкие покрытия. Эти свойства оказались наиболее ценными для промышленных покрытий: фасадных и интерьерных красок, ЛКМ для металлических поверхностей, красок для горизонтальной разметки автомобильных дорог.

Для разметочных красок важнейшим показателем является срок службы. Он зависит от качества разметочного материала и уровня эксплуатационной нагрузки (типа и качества дорожного покрытия, интенсивности движения, климатических условий и т.д.) [2]. Поэтому определяющими при выборе наиболее износостойкого разметочного материала являются натурные испытания.

Для проведения исследований были выбраны два полимера, полученные методом суспензионной сополимеризации п-бутилметакрилата (БМА) и метилметакрилата (ММА). Согласно документации производителей оба полимера имели среднemasсовую молекулярную массу  $M_w = 60\,000 \pm 2000$ .

Начальной стадией эксперимента являлось определение температуры стеклования полимеров. Температура стеклования определяет область работоспособности полимерных материалов и их теплоустойкость [3]. Температуры стеклования полимеров определяли при помощи метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) на термоаналитической системе TA-4000 «Mettler Toledo» (Швейцария), оснащенной программной опцией «STAR». Режим работы дериватографа следующий: скорость нагрева / охлаждения 10 град/мин. Метод ДСК позволяет регистрировать тепловой поток, который характеризует происходящие в полимере изменения в результате нагрева или охлаждения. Образец и эталон нагреваются или охлаждаются с одинаковой скоростью. В качестве эталонного вещества в TA-4000 используется пустой запаянный тигель. Температура стеклования зависит не только от способа обработки результатов, но и от используемой скорости нагрева. Результаты измерений переходов стеклования сравнивают только в случае использования одинаковых скоростей нагрева-охлаждения [3].

Было определено, что полимеры отличаются друг от друга изменением теплоемкости процесса стеклования, температурой стеклования  $T_g$ , а также протеканием самого процесса стеклования. Полимер № 2 показал более высокую термостабильность, что свидетельствует о более узком его молекулярно-массовом распределении [4]. Заранее можно предположить, что ЛКМ, спроектированные на основе данного полимера, продемонстрируют более высокие эксплуатационные характеристики. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики полимеров, полученные методом ДСК

Показатель	Полимер № 1	Полимер № 2
Температура начала стеклования, °С	53,6	67,8
Температура стеклования (T <sub>g</sub> ), °С	58±1	63±1
Изменение теплоемкости, Дж/К	0,222	0,430
Параметры процесса:		
– температура начала термоокислительной де- струкции, °С;	+248	+265
– температура максимума, °С;	+300	+318
– температура завершения процесса деструк- ции, °С;	+370	+395
– потеря массы при 500 °С, мг.	196 (98 %)	195 (97,5 %)

Для проведения дальнейших исследований были приготовлены 40 %-ные растворы полимеров в толуоле, определены их кислотное число и динамическая вязкость по известным методикам [5]. Также были изготовлены свободные пленки полимеров толщиной 100 мкм на стеклянных подложках и определена их твердость по Кенигу через 24 часа сушки при температуре (20±2) °С по стандартной методике [5].

Кислотное число полимера № 1 (T<sub>g</sub> = (58±1)°С) составило 9,1 мг КОН/г, полимера № 2 (T<sub>g</sub> = (63±1) °С) – 6,4 мг КОН/г. Вязкость по вискозиметру Брукфилда RV DV-II (шпиндель 2, скорость 60 об/мин, 25 °С) полимера № 1 составила 313 мПа·с, полимера № 2 – 402 мПа·с. Твердость по Кёнигу пленки полимера № 1 составила 5 абс. ед., пленки полимера № 2 – 14 абс. ед.

Исследования показали, что раствор полимера № 2 имеет более высокую динамическую вязкость, что свидетельствует о более высокой молекулярной массе полимера, более низкое кислотное число, что свидетельствует о гораздо меньшем количестве концевых групп полимерной цепи [6]. Следствием этого явилась более высокая твердость по Кенигу свободных пленок полимера № 2. Этот показатель прочности полимерных пленок является крайне важным и входит в технические требования, предъявляемые к лакокрасочным материалам, работающим под нагрузкой [5].

На основе данных полимеров на лабораторном диссольвере были изготовлены краски по идентичным, предварительно разработанным, рецептурам. В состав композиции вошли: 12 масс. % полимера, 20 масс. % толуола, 0,7 масс. % диспергатора, 2,5 масс. % пластификатора, 12 масс. % диоксида титана рутильной формы в качестве пигмента, 48 масс. % микромарморого наполнителя и комплекс функциональных добавок.

Перед натурными испытаниями были проведены сравнительные анализы вязкости красок в лабораторных условиях. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ вязкости красок

Наименование показателя	Краска на основе полимера № 1	Краска на основе полимера № 2
Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246 с соплом 4 мм про $t = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$	79	89
Условная вязкость вискозиметру по ВЗ-246 с соплом 4 мм про $t = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$	86	96
Динамическая вязкость по вискозиметру Брукфилда RV DV-II, мПа·с, ( $t = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$ , шпindel 4, скорость 50 об/мин)	1279	1626

Кроме того, представляло интерес исследование водопоглощения высохших лакокрасочных покрытий (ЛКП) до проведения натуральных испытаний. Без проведения лабораторных испытаний довольно сложно судить о стойкости ЛКП к статическому воздействию воды, т.к. этот показатель зависит не только от рецептуры, но и от физико-химических свойств пленкообразующего полимера. Краски наносили на стеклянные подложки аппликатором. Толщина мокрого слоя составляла 390–400 мкм. Полученные ЛКП сушили 24 ч при температуре  $(20 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ , погружали в дистиллированную воду и выдерживали в термостате 24 ч при  $(20 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ . После извлечения из воды стеклянные пластинки с ЛКП осушали фильтровальной бумагой и взвешивали с точностью до 0,001 г. Водопоглощение  $W$  (%) рассчитывали по формуле:

$$W = (m_2 - m_1) \cdot 100 / (m_1 - m_0),$$

где  $m_0$  – масса чистой пластинки, г;

$m_1$  – масса пластинки с покрытием до испытания, г;

$m_2$  – масса пластинки с покрытием после испытания, г.

За результат принимали среднее арифметическое пяти параллельных измерений, округленных до 0,1 г. Допускаемое расхождение между измерениями не превышало 10 % относительно среднего результата.

Было определено, что среднее значение водопоглощения ЛКП на № 1 составило 0,41 %, а № 2 – 0,30 %.

ЛКП на основе полимера № 1, имеющего более высокую температуру стеклования, твердость пленки и термическую стабильность, отличается более низким водопоглощением (0,3 %), что свидетельствует о незначительной проницаемости пленки, ее устойчивости к статическому воздействию воды. Краска на основе полимера № 2 имеет более высокую вязкость, как и предполагалось после определения вязкости растворов полимеров.

Заключительной стадией сравнительного анализа полимеров с различными физико-химическими характеристиками явились натурные испы-

тания. Краски, изготовленные на основе полимеров № 1 и № 2, наносили механизированным способом при помощи специальной разметочной техники на асфальтобетонное дорожное полотно. Устройство разметки осуществляли как со световозвращающими стеклошариками, так и без них. Распределение световозвращающих стеклошариков для получения световозвращающей разметки производили поверх свежешелюженного слоя краски. Разметку производили в сухую погоду по сухому, очищенному от грязи и пыли дорожному покрытию при установившейся температуре воздуха и покрытия. Расход краски составил 750 г/м<sup>2</sup>, расход стеклошариков – 450 г/м<sup>2</sup>. За износом лакокрасочного покрытия наблюдали в течение 5 месяцев. Результаты натуральных испытаний представлены в таблице 3.

Натурные испытания продемонстрировали прямую зависимость срока службы разметочных красок от физико-химических характеристик пленкообразователей. При повышении температуры стеклования полимера на 5 °С (с 58 до 63 °С), снижении кислотного числа раствора полимера с 9,1 до 6,4 мг КОН/г и увеличении твердости свободных пленок полимера с 5 до 14 абс. ед. износ ЛКП через 5 месяцев эксплуатации снизился в 2,7 раза (от 40 до 15 %) при нанесении красок без посыпки стеклошариками и в 3 раза (от 30 до 10 %) при нанесении красок с посыпкой стеклошариками, имеющими адгезионно-флотационную обработку.

Таблица 3 – Результаты натуральных испытаний

Типы нанесения разметки и срок эксплуатации ЛКП	Износ ЛКП при натуральных испытаниях, % площади поверхности	
	ЛКП № 1	ЛКП № 2
Без посыпки стеклошариками, 5 мес	40	15
С посыпкой стеклошариками фракции 125–600 мкм с адгезионно-флотационной обработкой, 5 мес	30	15
Без посыпки стеклошариками, 4 мес	30	15
С посыпкой стеклошариками фракции 125–600 мкм с адгезионно-флотационной обработкой, 4 мес	20	7

Отличительной особенностью ЛКП на основе полимера с более высокой температурой стеклования и меньшим количеством концевых групп полимерной цепи является низкое водопоглощение в сочетании с высокими физико-механическими показателями. Следовательно, натурные испытания являются заключительной стадией разработки рецептуры красок для горизонтальной разметки автомобильных дорог и отражают реальный срок службы ЛКП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зотова, Н. С. Применение акриловых смол при производстве лакокрасочных материалов / Н. С. Зотова // Лакокрасочная пром-сть. – 2008. – № 9. – С. 20–21.
2. Костова, Н. З. Правила выбора материалов для горизонтальной разметки автодорог в зависимости от условий эксплуатации / Н. З. Костова // Промышленная окраска. – 2005. – № 2. – С. 9–11.
3. Ростиашвили, В. К. Стеклование полимеров / В. Г. Ростиашвили, В. И. Иржак, Б. А. Розенберг. – Л.: Химия, 1987. – 192 с.
4. Крыжановский, В. К. Технические свойства полимерных материалов / В. К. Крыжановский. – СПб.: Профессия, 2003. – 203 с.
5. Карякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
6. Охрименко, И. С. Химия и технология пленкообразующих веществ / И. С. Охрименко, В. В. Верхоланцев. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.

УДК 691.51

**Э.А. ТУР**

Беларусь, Брест, БрГТУ

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ  
ПРИ РЕСТАВРАЦИИ ЗДАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ВОКЗАЛА «БРЕСТ-ЦЕНТРАЛЬНЫЙ»**

Железнодорожный вокзал Бреста – один из старейших в Республике Беларусь. Сегодня здание вокзала Брест-Центральный входит в число памятников архитектуры Республики Беларусь, является действующим музеем мрамора под открытым небом. Он был построен в 1886 г. Внутренняя отделка была высококачественной, внешняя кладка стен выполнялась с особенной расшивкой швов, кровля была железной [1]. Во время Первой мировой войны полностью было разрушено кровельное покрытие, часть несущих конструкций, фасады и стены здания вокзала.

После того как Брест вошел в состав Польши в 1922 г., реконструкция вокзала продолжалась почти до 1929 г. Увеличилась по высоте центральная башня, здание было оштукатурено, а все детали были окрашены в белый цвет [1]. До 1941 г. внешний облик железнодорожного вокзала оставался неизменным. В годы Великой Отечественной войны была повреждена кровля и стены. В период с 1953 по 1956 г. было построено но-