

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВСПЕНИВАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ АКРИЛОВЫХ СОСТАВОВ

Ропот В.И., студ. Егорова А.Л., к.т.н., доц.

*Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрено влияние соотношений функциональных наполнителей на коэффициент вспенивания огнезащитных акриловых составов. Главная цель огнезащитных покрытий – максимально снизить скорость нагрева защищаемой поверхности, что достигается благодаря интумесценции (вспениванию) составов.

Ключевые слова: огнезащитный состав, интумесценция, рецептура, функциональные наполнители, смола, вспенивание, коэффициент вспенивания.

Важнейшим элементом системы пожарной безопасности зданий и сооружений является огнезащита строительных конструкций, которая должна обеспечивать повышение огнестойкости до необходимого уровня, снижение их пожарной опасности, предотвращение развития и распространения пламени. Выполнение этих требований снижает вероятность гибели людей и материальные потери от пожаров.

Главная цель различных способов огнезащиты строительных конструкций – максимально снизить скорость нагрева защищаемой поверхности, сохранив при этом на определенный период времени их прочностные характеристики. В настоящее время среди огнезащитных материалов наиболее перспективны лакокрасочные покрытия вспенивающегося (интумесцентного) типа [1].

Интумесцентная технология защиты изделий от горения заключается во вспучивании и превращении в кокс поверхностного слоя материала, подверженного воздействию пламени. Образующийся при этом вспененный коксовый слой предохраняет в течение определенного времени защищаемую поверхность (или нижележащие слои) от воздействия пламени и высоких температур. Целесообразность использования огнезащитных вспенивающихся покрытий (ОВП) обусловлена прежде всего тем, что они обладают высокой огнезащитной эффективностью и могут быть нанесены на защищаемую поверхность различными механизированными методами.

Вспенивающиеся огнезащитные материалы являются многокомпонентными системами. Традиционно, специальные компоненты, чаще всего используемые во вспенивающихся покрытиях, разделяют на три основные группы: а) коксообразователи; б) катализаторы (кислотные компоненты); в) вспенивающие агенты. В данной работе исследовано влияние качественного и количественного состава следующих функциональных наполнителей: полифосфата аммония (ПФА), пентаэритрита (ПЭ) и меламина (МЛ) при степени наполнения 60 %. В исследуемых композициях ПФА является источником неорганической кислоты, ПЭ – основным гидроксилсодержащим и коксообразующим компонентом, так как в определенных условиях ПЭ образует альдегиды, которые являются одними из компонентов, позволяющими осуществить реакцию интумесценции. Меламин (МЛ) способен образовывать полифункциональные реакционноспособные органические соединения, которые также способствуют реакции пенообразования [2]. Для изучения влияния состава и количества функциональных наполнителей на эффективность вспенивания был разработан симплекс-решетчатый план эксперимента для трехкомпонентной смеси. Лучшее вспенивание составов, согласно ранее проведенным исследованиям [3], наблюдалось при степени наполнения 60 %, поэтому вариации соотношений планировались при данном фиксированном значении.

В соответствии с планом эксперимента было изготовлено 13 составов с различным соотношением ПФА : ПЭ : МЛ, рецептуры которых приведены в таблице 1. В качестве связующего использована акриловая смола Neoscul B-725, растворенная в ксилоле в соотношении 1:2 соответственно.

Таблица 1 – Рецептуры образцов акриловых огнезащитных составов

№ образца	Содержание функциональных наполнителей и связующего в покрытиях, %				Содержание функциональных наполнителей и пленкообразователя в образцах, г			
	ПФА	ПЭ	МЛ	Связующее	ПФА	ПЭ	МЛ	Акрил. смола+ р-ль
1	50	5	5	40	41,63	4,16	4,16	100
2	30	25	5	40	24,98	20,81	4,16	100
3	10	25	25	40	8,33	20,81	20,81	100
4	30	5	25	40	24,98	4,16	20,81	100
5	40	10	10	40	33,3	8,33	8,33	100
6	30	20	10	40	24,98	16,65	8,33	100
7	20	20	20	40	16,65	16,65	16,65	100
8	30	10	20	40	24,975	8,325	16,65	100
9	40	15	5	40	33,30	12,49	4,16	100
10	40	5	15	40	33,3	4,16	12,49	100
11	20	25	15	40	16,65	20,81	12,49	100
12	30	15	15	40	24,98	12,49	12,49	100
13	20	15	25	40	16,65	12,49	20,81	100

Для получения наполненных образцов все компоненты взвешивались на электронных весах. Связующее получали путем предварительного смешения при помощи магнитной мешалки акрилового порошка в ксилоле в соотношении 1:2 малыми порциями. Необходимое количество компонентов смешивали и диспергировали в растворе акриловой смолы в диссольтвере при скорости 2000 об/мин в течении 15 минут. Готовые составы наносили на подготовленные в результате механической обработки и обезжиривания ацетоном пластинки из стали 08 кп размером 70×150 мм толщиной 0,8–1,0 мм. Покрытия требуемой толщины (400 нм) получали с помощью аппликатора КА 1 с шириной паза 65 мм. Формирование покрытий осуществлялось в течении суток. Эффективность огнезащитных составов оценивали по увеличению высоты вспененного слоя по отношению к начальной толщине покрытия после выдержки в муфельной печи в течении 5 минут при температуре 600±10°C. Высоту вспененного слоя определяли как среднее арифметическое 6 его точек. Полученные данные отражены в таблице 2. Коэффициент вспенивания является важнейшим параметром при определении эффективности огнезащитных покрытий. Высокое значение коэффициента говорит о более полном протекании реакции коксообразования и образовании устойчивого коксового каркаса, обеспечивающего барьерные свойства. По отношению к массопереносу слой кокса тормозит выход продуктов деструкции полимеров в предпламенную зону и сдерживает доступ кислорода к поверхности горения. По отношению к теплопереносу – снижает поток тепла от пламени к неразложившемуся полимеру.

Таблица 2 – Результаты испытаний

№ образца	Начальная толщина покрытия, мм	Высота вспененного слоя, мм	Коэффициент вспенивания
1	0,041	0,095	2,305
2	0,038	0,697	18,285
3	0,043	0,515	12,038
4	0,041	0,333	8,174
5	0,043	0,468	10,881
6	0,045	1,375	30,802
7	0,038	2,212	58,790
8	0,043	0,842	19,619
9	0,040	0,410	10,359
10	0,041	0,492	11,928
11	0,038	1,858	48,394
12	0,025	1,388	55,981
13	0,041	0,715	17,439

Зависимость коэффициента вспенивания от соотношения компонентов представлена на рисунке 1. Согласно полученным данным, коэффициент детерминации равен 0,73. Уровень значимости равен 0,03, что меньше 0,05, а значит существует статистически значимая связь между коэффициентом вспенивания и соотношением компонентами на доверительном уровне 95 %. По оценке значения статистики Дарбина – Уотсона и ρ – параметра можно сказать, что в данной модели будет наблюдаться эффект положительной автокорреляции. Оптимальное значение коэффициента вспенивания в данной модели находится в пределах от 48 до 63 единиц. При этом желательность значений данных параметров составляет 85 %.

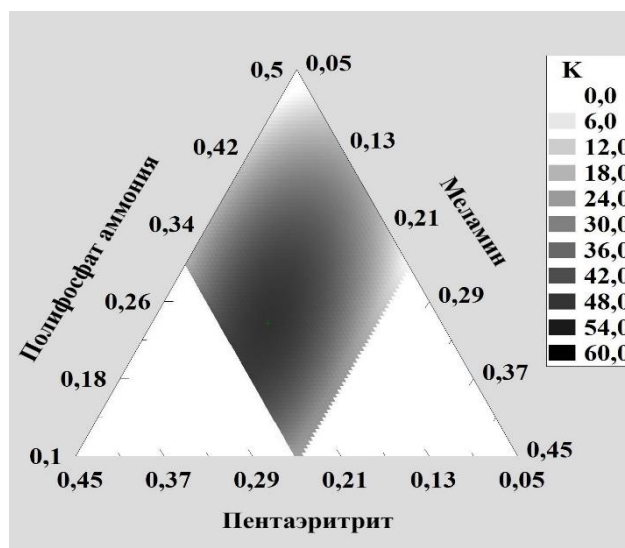


Рисунок 1– Зависимость коэффициента вспенивания от соотношения функциональных наполнителей

В результате решения задачи оптимизации с использованием функционала программы Statgraphics Centurion 18 установлено, что оптимальное соотношение компонентов ПФА : ПЭ : МЛ, при котором будет наблюдаться максимальное увеличение высоты вспененного слоя и, как следствие, высокий коэффициент вспенивания, составляет 24 : 21 : 15. Значение коэффициента вспенивания при этом будет равно 48.

Список использованных источников

1. Ибрагимов, Б. Т. Вспучивающие составы для огнезащиты сейсмозащитных строительных конструкций / Б. Т. Ибрагимов [и др.] // Международный электронный журнал. – 2019. – № 11. – С. 11–18.
2. Огнепортал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ogneportal.ru/>. – Дата доступа: 17.03.2023.
3. Егорова, А. Л. Влияние функциональных наполнителей на эффективность огнезащитных покрытий / А. Л. Егорова, В. И. Ропот // Технология органических веществ : материалы 87-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 31 января – 17 февраля 2023 г. [Электронный ресурс] / БГТУ ; отв. за издание И. В. Войтов. – Минск, 2023. – С. 205–207. ISBN 978-985-897-077-2.