

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ АГЕНТОВ НА ТЕРМОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ВСПЕНИВАЕМЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В. В. Богданова¹, О. И. Кобец², О. Н. Бурая³, А. Б. Перевозникова⁴

Аннотация: Огнезащита строительных конструкций и их элементов из полимерных композиционных материалов осуществляется с применением противопожарных муфт, снабженных вкладышами из вспениваемых материалов. При возникновении пожара обеспечивается прекращение распространения пламени по полимерным коммуникациям за счет образования огнетермоизолирующей вспененной преграды, не допускающей разогрева полимерного легкоплавкого материала до 120 °С. Для выяснения причин, обуславливающих огнетермозащитную эффективность противопожарных преград, проведены сопоставительные исследования термических и физико-механических свойств двух вспениваемых композиций и продуктов их термообработки. Композиции при одной и той же газоккоксообразующей системе (ГКС) (полифосфат аммония (ПФА)/пентаэритрит (ПЭТ)/доломит (Дл)/терморасширяющийся графит (ТРГ)) отличались природой связующего и термозащитной эффективностью. С использованием комплексного термического, рентгенографического анализов, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), ряда стандартных и оригинальных методик установлено, что лучшие физико-механические, термоизолирующие и морфологические свойства исследуемых термовспениваемых композиций (ТВК) и их коксовых остатков достигаются при сближении температурных интервалов формирования органоминерального каркаса и образования летучих продуктов термоокисления. Полученная информация о влиянии совмещения температурных интервалов образования газообразных продуктов полимерными связующими и органоминерального каркаса исследуемыми ГКС на качественные и количественные характеристики ТВК позволяет направленно подходить к увеличению эффективности известных вспениваемых составов и выбору ингредиентов для создания новых термозащитных материалов с улучшенными свойствами.

Ключевые слова: термовспениваемая композиция; полимерное связующее; газоккоксообразующая система; огнетермозащитная эффективность; физико-механические, термические свойства

DOI: 10.30826/CE22150105

Литература

1. *Weil E. D.* Fire-protective and flame-retardant coatings — a state-of-the-art review // *J. Fire Sci.*, 2011. Vol. 29. No. 3. P. 259–286. doi: 10.1177/0734904110395469.
2. *Осинов И. А., Зыбина О. А.* Повышение предела огнестойкости деформационных швов строительных конструкций с помощью интумесцентной герметизирующей композиции // *Инженерно-строительный ж.*, 2014. № 8. С. 20–24. doi: 10.5862/МСЕ.52.3.
3. *Alongi J., Han Z., Bourbigot S.* Intumescence: Tradition versus novelty. A comprehensive review // *Prog. Polym. Sci.*, 2015. Vol. 51. P. 28–73. doi: 10.1016/J.PROGPOLYMSCI.2015.04.010.
4. *Puri R. G., Khanna A. S.* Intumescent coatings: A review on recent progress // *J. Coat. Technol. Res.*, 2017. Vol. 14. P. 1–20. doi: 10.1007/s11998-016-9815-3.
5. *Oliveira R. B. R. S., Moreno A. L., Jr., Vieira L. C. M.* Intumescent paint as fire protection coating // *Ibracon Structures Materials J.*, 2017. Vol. 10. No. 1. P. 220–243. doi: 10.1590/S1983-41952017000100010.
6. *Гаращенко А. Н., Берлин А. А., Кульков А. А.* Способы и средства обеспечения требуемых показателей пожаробезопасности конструкций из полимерных композитов (обзор) // *Пожаровзрывобезопасность*, 2019. Т. 28. № 2. С. 9–30. doi: 10.18322/pvb/2019.28.02.9-30.
7. *Bourbigot S., Sarazin J., Samyn F., Jimenez M.* Intumescent ethylene-vinyl acetate copolymer: Reaction to fire and mechanistic aspects // *Polym. Degrad. Stabil.*, 2019. Vol. 161. P. 235–244. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2019.01.029.
8. *Myronyuk O., Baklan D., Barrat S., Yezhov S., Svidersky V.* Influence of plasticizers on fire retarding properties of carbon foams of intumescent coatings // *Eastern-European*

¹ Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем» (НИИ ФХП БГУ), г. Минск, Беларусь, bogdanova@bsu.by

² Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем» (НИИ ФХП БГУ), г. Минск, Беларусь, kobetsoi@mail.ru

³ Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем» (НИИ ФХП БГУ), г. Минск, Беларусь, 727989Egucamide@mail.ru

⁴ Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, г. Минск, Беларусь, a.b.perevoznikova@gmail.com

- J. Enterprise Technologies, 2019. Vol. 2. No. 6(98). P. 22–28. doi: 10.15587/1729-4061.2019.162554.
9. Kalafat K., Taran N., Plavan V., Bessarabov V., Zagorij G., Vakhitova L. Comparison of fire resistance of polymers in intumescent coatings for steel structures // Eastern-European J. Enterprise Technologies, 2020. Vol. 4. Iss. 10(106). P. 45–54. doi: 10.15587/1729-4061.2020.209841.
 10. Завьялов Д. Е., Зыбина О. А., Чернова Н. С., Варламов А. В., Мнацканов С. С. Огнезащитные вспучивающиеся композиции на основе интеркалированного графита // Химическая промышленность, 2009. Т. 86. № 8. С. 414–417.
 11. Duquesne S., Bachelet P., Bellayer S., Mertens W. Influence of inorganic fillers on the fire protection of intumescent coatings // J. Fire Sci., 2013. Vol. 31. No. 3. P. 258–275. doi: 10.1177/0734904112467291.
 12. Zheng Z., Yan J., Sun H., et al. Preparation and characterization of microencapsulated ammonium polyphosphate and its synergistic flame-retarded polyurethane rigid foams with expandable graphite // Polym. Int., 2014. Vol. 63. P. 84–92.
 13. Ullah S., Ahmad F., Shariff A., Bustam M. The effect of 150 μm expandable graphite on char expansion of intumescent fire retardant coating // AIP Conf. Proc., 2014. No. 1621(1). P. 355–362. doi: 10.1063/1.4898492.
 14. Gillani Q. F., Ahmad F., Mutalib M. I. A., Melor P. S., Ullah S., Arogundade A. Effect of dolomite clay on thermal performance and char morphology of expandable graphite based intumescent fire retardant coatings // Procedia Engineer., 2016. Vol. 148. P. 146–150. doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.505.
 15. Chian Y. M., Kun Y. M., Huat S. L., Han B. J., Durairaj R., Ching N. T., Yuen T. J. Optimization of flame-retardant additives on fire protection performance and thermal properties of water-based intumescent coating // J. Advanced Research Applied Mechanics, 2018. Vol. 49. No. 1. P. 12–23.
 16. Bourbigot S., Sarazin J., Bensabath T., Samyn F., Jimenez M. Intumescent polypropylene: Reaction to fire and mechanistic aspects // Fire Safety J., 2019. Vol. 105. P. 261–269. doi: 10.1016/j.firesaf.2019.03.007.
 17. Yasir M., Ahmad F., Yusoff P., Ullah S., Jimenez M. Latest trends for structural steel protection by using intumescent fire protective coatings: A review // Surface Eng., 2020. Vol. 36. No. 4. P. 334–363. doi: 10.1080/02670844.2019.1636536.
 18. Ji W., Yao Y., Guo J., Zhang S. Toward an understanding of how red phosphorus and expandable graphite enhance the fire resistance of expandable polystyrene foams // J. Appl. Polym. Sci., 2020. Vol. 137. Iss. 35. Article No. 49045. doi: 10.1002/app.49045.
 19. Dasari A., Yu Z.-Z., Cai G.-P., Mai Y.-W. Recent developments in the fire retardancy of polymeric materials // Prog. Polym. Sci., 2013. Vol. 38. P. 1357–1387. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2013.06.006.
 20. Salvatore M., Carotenuto G., De Nicola S., Camerlingo C., Ambrogi V., Carfagna C. Synthesis and characterization of highly intercalated graphite bisulfate // Nanoscale Res. Lett., 2017. Vol. 12. Article No. 167. 8 p. doi: 10.1186/s11671-017-1930-2.
 21. Zoleta J. B. Improved pyrolysis behavior of ammonium polyphosphate-melamine-expandable (APP-MEL-EG) intumescent fire retardant coating system using ceria and dolomite as additives for I-beam steel application // Heliyon, 2020. Vol. 6. P. 1–8. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e03119.
 22. Богданова В. В., Арестович Д. Н., Курица В. П. Исследование основных рецептурных факторов, оказывающих доминирующее влияние на термоизолирующую способность и атмосферостойкость огнезащитных покрытий // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-техн. наук, 2017. № 4. С. 24–31. <https://vestift.belnauka.by/jour/article/view/344/323>.
 23. Pimenta J. T., Goncalves C., Hiliou L., Coelho J. F. J., Magalhaes F. D. Effect of binder on performance of intumescent coatings // J. Coatings Technology Research, 2016. Vol. 13. No. 2. P. 227–238. doi: 10.1007/s11998-015-9737-5.
 24. Бардина О. И., Коршак Ю. В., Василенко О. А. Исследование огнезащитных полимерных покрытий вспенивающегося типа // Химия и технология органических веществ, 2019. № 4(12). С. 25–32. https://elibrary.ru/download/elibrary_41568692_72256448.pdf.
 25. JCPDS. Powder diffraction file. — Swarthmore, PA, USA: International Centre for Diffraction Data, 1989.
 26. Богданова В. В., Кобеи О. И. Огне-термозащитные свойства термовспенивающихся композитов на основе полиолефинов в зависимости от природы и содержания наполнителей // Полимерные материалы и технологии, 2018. Т. 4. № 4. С. 64–71. doi: 10.32864/polymmattech-2018-4-4-64-71.
 27. Рудакова Т. А., Евтушенко Ю. М., Григорьев Ю. А., Батраков А. А. Пути снижения температуры пенообразования в системе полифосфат аммония – пентаэритрит в интумесцентных системах // Пожаровзрывобезопасность, 2015. Т. 24. № 3. С. 24–31. doi: 10.18322/PVB.2015.24.3.24-31.
 28. Kang J., Takahashi F., T'ien J. S. In situ thermal-conductivity measurements and morphological characterization of intumescent coatings for fire protection // J. Fire Sci., 2018. Vol. 36. Iss. 5. P. 419–437. doi: 10.1177/0734904118794955.

Поступила в редакцию 18.12.2021