

Научная статья
УДК 678

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

Александр Александрович Баев¹, Алексей Евгеньевич Шкуро²

¹ Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС
России, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ pancho.99@inbox.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

Аннотация. Поливинилхлорид – один из наиболее распространенных синтетических полимеров. В настоящей статье рассматриваются современные методы повышения огнестойкости поливинилхлорида.

Ключевые слова: ПВХ, поливинилхлорид, методы, повышение огнестойкости

Для цитирования: Баев А. А., Шкуро А. Е. Современные методы повышения огнестойкости поливинилхлорида // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 880–884.

Original article

MODERN METHODS OF INCREASING THE FIRE RESISTANCE OF POLYVINYL CHLORIDE

Alexander A. Baev¹, Alexey E. Shkuro²

¹ The State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ pancho.99@inbox.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru.ru

Abstract. Polyvinyl chloride is one of the most common synthetic polymers. This article discusses modern methods for increasing the fire resistance of polyvinyl chloride.

Keywords: PVC, polyvinyl chloride, methods, fire resistance

For citation: Baev A. A., Shkuro A. E. (2025) Sovremennyye metody povysheniya ognestojkosti polivinilhlorida [Modern methods of increasing the fire resistance of polyvinyl chloride]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 880–884. (In Russ).

Поливинилхлорид – это синтетический полимер, который получают полимеризацией бесцветного газа винилхлорида. ПВХ состоит из атомов углерода, водорода и хлора, его структурная формула показана на рис. 1.

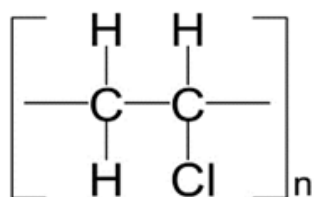


Рис. 1. Структурная формула ПВХ

Для повышения гибкости и эластичности ПВХ используют пластификаторы, уменьшающие его жесткость. Стабилизаторы защищают полимер от разложения при воздействии высоких температур, увеличивают срок службы. Различные наполнители улучшают механические свойства поливинилхлорида, делают его более прочным и жестким. Благодаря своим характеристикам этот полимер широко распространен в разных областях производства и используется практически во всех сферах хозяйства. Например, в области строительства из ПВХ изготавливаются оконные блоки и подоконники, перегородки, панели и напольные покрытия (рис. 2).

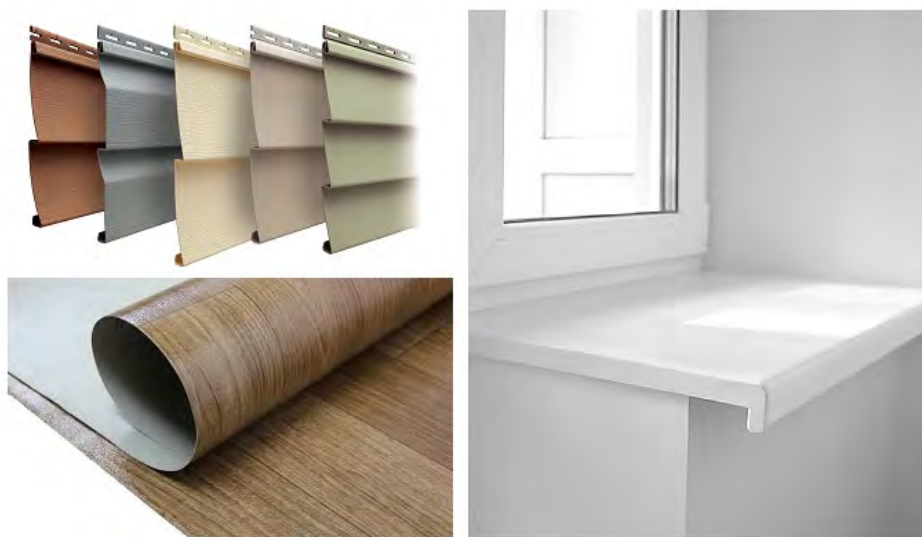


Рис. 2. Применение ПВХ в строительной отрасли

ПВХ относится к трудновоспламеняемым материалам, но при нагреве свыше 60 °С наблюдается выделение токсичных веществ: образуется угарный газ, токсичные фталаты и диоксиды, а также ядовитые хлорорганические соединения. Токсичные продукты разложения ПВХ способны негативно воздействовать на нервную систему человека и вызывать онкологические заболевания [1]. В случае воспламенения перечисленные токсичные продукты выделяются за короткий промежуток времени. Чтобы снизить угрозу для здоровья и имущества граждан, необходимо увеличивать огнестойкость поливинилхлорида. Наиболее распространенные способы повышения огнестойкости поливинилхлорида – это введение специальных добавок: антипиренов, и модификация поверхности материала.

Галогенсодержащие антипирены выделяют галоген-радикалы при горении, которые препятствуют распространению пламени. Антипирены на основе фосфора способствуют образованию защитного слоя угля, который препятствует горению. Минеральные наполнители, например, тригидрат оксида алюминия, могут выделять воду при разложении и поглощать тепло при сгорании. Поверхностные покрытия, содержащие вспучивающиеся антипирены, при нагревании расширяются и образуют слой угля, который сдерживает распространение огня. Обработка поверхности с помощью плазмы позволяет изменить свойства ПВХ, повышая его огнестойкость без изменения объемных характеристик. При использовании антипиренов важно учитывать их влияние на свойства поливинилхлорида. Некоторые антипирены могут негативно сказаться на прочности, ударной вязкости или гибкости материала. Целью настоящей работы являлся сравнительный анализ современных методов повышения огнестойкости ПВХ.

В работе [2] рассматриваются вопросы повышения огнестойкости ПВХ-пластиката, с помощью введения в его состав октамолибдата аммония $((\text{NH}_4)_4\text{Mo}_8\text{O}_{27})$, а также оценка влияния октамолибдата на дымообразование при горении пластиката. Выбор октамолибдата аммония, а не гептамолибдата аммония авторы объясняют тем, что термическое разложение октамолибдата аммония происходит при повышенной температуре и сопровождается образованием значительного количества кокса. Установлено, что добавление октамолибдата аммония в ПВХ-пластикат повышает его огнестойкость, снижает скорость горения и количество выделяющегося тепла. Октамолибдат аммония катализирует образование в процессе горения у структур, устойчивых к дегидрогалогенированию и прочной коксовой корки на поверхности пластиката, что препятствует поступлению горючих продуктов в зону пламени. Кроме того, октамолибдат аммония окисляет сажу, образующуюся при горении пластика, предотвращая дымообразование.

Ученые из Ташкентского химико-технологического института [3] получали алюминий содержащие соединения на основе полифосфата аммоний и использовали в качестве антипиренов для ПВХ. Авторы отмечают высокую эффективность действия разработанных антипиренов.

В исследовании [4] рассмотрены перспективы повышения огнестойкости искусственной кожи. Горючесть такого материала можно снизить путем модификации полимерной фазы (полиэфирной или поливинилхлоридной). Пропитка искусственной кожи замедлителями горения (антипиренами) является наиболее доступным методом снижения ее горючести. Авторами были изучены процессы термической и термоокислительной деструкции материалов в присутствии замедлителей горения. Результаты свидетельствуют о целесообразности использования фосфорсодержащих антипиренов для снижения горючести искусственной кожи. Такие антипирены замедляют процессы термоокислительной деструкции в температурном интервале начала интенсивного разложения полимера, снижают интенсивность выделения летучих продуктов и повышают способность материала к карбонизации.

Известно о высокой эффективности применения оксида сурьмы (Sb_2O_3) в качестве добавки, снижающей горючесть ПВХ. Однако во многих странах использование оксида сурьмы является нежелательным. В работе [5] рассмотрены вопросы создания огнестойких композиций на основе ПВХ с пониженным содержанием Sb_2O_3 , полученных путем введения оксида висмута (Bi_2O_3). Результаты показали снижение горизонтальной скорости горения на 51,2 % при использовании оксида висмута по сравнению с оксидом сурьмы, что может обеспечить полную замену Sb_2O_3 в составе ПВХ-композиций. Улучшенная огнестойкость обусловлена огнезащитным эффектом Bi_2O_3 . Авторами разработана технология получения высоко огнестойкого ПВХ для автомобильной промышленности.

Современные методы повышения огнестойкости поливинилхлорида отрывают перспективы для разработки материалов с улучшенными противопожарными характеристиками. Применение антипиренов, наполнителей, модификация поверхности и специальных добавок позволяют снизить горючесть ПВХ, делая его более безопасным для применения в различных областях. Однако выбор метода должен основываться на анализе конкретных требований и условий эксплуатации, а также на оценке влияния методов на другие свойства ПВХ, такие как прочность, эластичность и долговечность. Дальнейшие исследования могут способствовать разработке новых, более эффективных методов повышения огнестойкости поливинилхлорида, что сделает его еще более востребованным в различных отраслях промышленности и строительства.

Список источников

1. Что такое ПВХ, плюсы и минусы материала PVC // ЭлектроПласт. URL: <https://gofrotruba.com/blog/materialy-pvkh/> (дата обращения: 26.11.2024).

2. Improving the fire resistance of PVC plastic the introduction ammonium octamolybdate / T. A. Borukaev, A. M Kharaev, A. K. Shaov, A. S. Borodulin // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 709 (2). P. 022039.

3. Buvaraimov Z., Nurkulov F., Djalilov A. Investigation of physico-chemical properties of modern flame-retardant polyvinyl chloride composites // Universum : Технические науки. 2023. Vol. 112, № 7. P. 4–7.

4. Праведникова, О. Б., Дутикова О. С., Гальбрайт Л. С. Получение на основе поливинилхлорида композиционного материала с пониженной пожароопасностью // Успехи в химии и химической технологии. 2008. Т. 22, № 5 (85). С. 61–66.

5. Bismuth trioxide replaced diantimony trioxide to obtain polyvinyl chloride leather with high flame retardancy and low flame propagation rate / Y. Zhang, L. Qian, L. Qu, J. Wang // Reactive and Functional Polymers. 2024. Vol. 197. P. 1–13.