
УДК 614.84

*Киреев А.А., канд. хим. наук, доцент, НУЦЗУ,
Кириченко А.Д., магистр, НУЦЗУ*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ТЕРМОРАСШИРЯЮЩИХСЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

(представлено д-ром техн. наук Калугиным В.Д.)

Для перспективных компонентов гелеобразующих систем исследован процесс вспучивания под воздействием нагревания. Для них определены температуры начала вспучивания и коэффициент вспучивания. Определена совместимость этих веществ с компонентами гелеобразующей системы $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$.

Ключевые слова: терморасширяющиеся компоненты, гелеобразующие системы, коэффициент вспучивания

Постановка проблемы. Защита от теплового воздействия пожара на твёрдые горючие материалы (ТГМ), находящихся в зоне теплового воздействия, в условиях развитого пожара является одним из основных видов действий оперативно-спасательных подразделений МЧС. Такой вид огнезащиты, в отличие от постоянной огнезащиты, называют временной или оперативной огнезащитой.

Для оперативной огнезащиты обычно используются те же огнетушащие вещества (ОВ), что и для прекращения горения. В большинстве случаев этим веществом является вода. Основные преимущества воды как огнетушащего и огнезащитного средства состоят в её высоких охлаждающих свойствах, экологичности и низкой стоимости. Однако она имеет и существенный недостаток, заключающийся в больших потерях за счёт стекания с наклонных и вертикальных поверхностей. Большинство твёрдых горючих материалов удерживают на своей поверхности лишь малые количества воды. Это приводит к тому, что один и тот же объект необходимо обрабатывать водой многократно. Это существенно уменьшает возможности оперативной огнезащиты подразделений принимающих участие в тушении пожара.

Анализ последних достижений и публикаций. Значительными преимуществами в осуществлении оперативной огнезащиты обладают гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные системы (ГОС) [1-3]. Один из компонентов ГОС представляет собой раствор гелеобразующего компонента – силиката щелочного металла. Второй компонент – раствор веществ вызывающих быстрое гелеобразование силикатной составляющей. При подаче таких растворов они смешиваются на горящих или защищаемых поверхностях. Между компонентами растворов происходит взаимодействие, приводящее к образованию геля. Гель образует на поверхности нетекущий огнезащит-

ный слой. Этот слой прочно закрепляется на вертикальных и наклонных поверхностях.

По сравнению с водой гелеобразующие системы имеют преимущество, заключающееся в существенном уменьшении потерь огнетушащего вещества за счет стекания с наклонных и вертикальных поверхностей. Другим преимуществом ГОС является их высокое огнезащитное действие. Огнезащитное действие гелеобразных слоёв на первом этапе обусловлено охлаждающим действием воды, содержащейся в геле. После испарения всей воды из гелевого слоя образуется пористый слой высушенного геля (ксероргеля) который затрудняет воспламенение защищаемого горючего материала за счёт своей низкой теплопроводности.

ГОС хорошо зарекомендовали себя в качестве огнезащитного средства для древесины, древесностружечных и древесноволокнистых материалов, некоторых пластмасс и тканей [4]. Так для недопущения воспламенения перечисленных горючих материалов в течение 10-20 минут достаточно обработать их слоём геля толщиной 2-3 мм. При обработке слоём геля древесины толщиной более 4 мм обеспечивается долговременная защита материала от воспламенения. Однако и при такой обработке происходит постепенный прогрев защищаемой поверхности.

В работе [5] обоснованы пути повышения огнезащитных свойств покрытий на основе ГОС. Одним из наиболее перспективных путей является введение добавок в состав ГОС терморасширяющихся веществ. Однако до настоящего времени не изучена совместимость таких веществ с компонентами ГОС и их поведение при тепловом воздействии.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является подбор терморасширяющихся веществ, совместимых с компонентами ГОС и исследование их поведения при термическом воздействии.

В настоящее время известно достаточно большое число веществ, которые вспучиваются при нагревании. Они нашли широкое распространение как компоненты различных огнезащитных покрытий. Такие покрытия используются для постоянной огнезащиты, поэтому требования к ним существенно отличаются от оперативных огнезащитных покрытий. Последний вид покрытий приходится наносить в условиях интенсивного теплового воздействия. Поэтому для оперативной огнезащиты целесообразно применять только негорючие или малогорючие вещества такого типа. В связи с этим из рассмотрения исключим большинство органических вспучивающихся веществ.

Из органических веществ, способных к вспучиванию, оставим для рассмотрения только такие, горение которых можно подавить с

помощью антипиренов. В первую очередь сюда необходимо отнести соединения, относящиеся к классу углеводов. Эти вещества в композиции с фосфатами аммония в значительной степени утрачивают способность к горению. Это в первую очередь олигомеры крахмала и некоторые сахара.

Еще одним требованием к терморасширяющимся соединениям является низкая температура вспучивания. Чем ниже температура начала вспучивания, тем раньше начинают задействоваться теплоизолирующие свойства вспученного покрытия. Наиболее предпочтительной температурой начала вспучивания можно признать 100°C, так как при более низких температурах в огнезащитной композиции будет присутствовать вода, которая и обеспечит ей огнезащитные свойства. Анализ литературных данных позволяет отнести сюда фруктозу, глюкозу, сахарозу и глюконат кальция. Все эти вещества имеют высокие коэффициенты вспучивания и температуру начала вспучивания не более 200°C.

Из неорганических веществ отмеченным выше требованиям отвечают: жидкое калиевое и натриевое стекло, бура, фосфаты и полифосфаты аммония, интеркалированный графит.

Первоначально было изучено вспучивание индивидуальных веществ и их растворов (в случае большой растворимости вещества). Для этого с помощью мерника отбиралось (5–10) см³ сухой смеси веществ или соответствующего раствора и равномерно рассыпался (разливался) на дно металлического стаканчика цилиндрической формы. Внутренний диаметр стаканчика составлял 5 см³, высота 5,5 см. После чего стаканчик медленно нагревался на электроплитке до прекращения процесса вспучивания. Максимальная температура, до которой осуществлялся нагрев, составляла 360°C. Объем, образовавшейся пены оценивался по её высоте поднятия в стаканчике. При этом пена, выходящая за габариты стаканчика срезалась ножом, и её объем оценивался отдельно. Для каждой системы измерения коэффициента вспучивания проводились три раза. Соответствующие усреднённые данные приведены в таблице 1.

Одновременно с определением коэффициента вспучивания проводились измерения температуры начала вспучивания. Температура начала вспучивания определялась с помощью терморпары ТХА и регистрирующего вольтметра МПП 254 с точностью ±5 °C.

Поведение различных веществ при нагреве существенно отличалась. Исследуемые углеводы сначала плавилась, затем начинался процесс кипения, который сопровождался карамелизацией веществ. Вязкость расплавов постепенно возрастала. При дальнейшем росте температуры начиналась карбонизация веществ с постепенным увеличением объема, образующейся твёрдой пены. Пламенного горения

всех исследованных углеводов при выбранных условиях нагрева не наблюдалось.

Таблица 1 – Коэффициент вспучивания (k), температура начала вспучивания (или кипения) (t), и совместимость веществ с компонентами гелеобразующей системы $\text{CaCl}_2(10\%) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(20\%)$

Вещество	k	t, °C	CaCl_2 (20%)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot$ $2,7\text{SiO}_2$ (20%)
Глюкоза	8	175	+	+
Сахароза	9	170	+	+
Фруктоза	4	140	+	+
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(20\%)$	2,5	105		
Бура	3	220	–	–
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	1,5	160	–	–
Полифосфат аммония	–	350	–	–
Глюконат кальция	16	190	+	+

+ совместимо, – несовместимо.

Бура при нагревании начинала увеличиваться в объёме без отчётливого плавления. При температуре около 360°C начинается плавление, которое сопровождается уменьшением объёма системы. Дигидрофосфат аммония и полифосфат аммония практически не вспучиваются в условиях эксперимента. Водный раствор жидкого стекла после выкипания воды постепенно густел и образовывал слабо вспученную, но прочную стеклообразную пену.

Наибольшее вспучивание показал глюконат кальция. Его вспучивание происходило без плавления. В результате вспучивания образовывалась светло-коричневая пористая масса. По прочности вспученный глюконат кальция уступал всем остальным системам.

Совместимость вспучивающихся компонентов с растворами гелеобразователя ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(20\%)$) и катализатора гелеобразования ($\text{CaCl}_2(20\%)$) определялась путём сливания равных объемов растворов соответствующих веществ. Растворы вспучивающихся веществ брались с концентрацией 20 % по массе. В случае ограниченной растворимости вспучивающегося вещества к 10 мл растворов компонентов гелеобразующей системы добавлялся 2 г твёрдого вещества. Отсутствие визуальных эффектов в течение 10 минут принималось за совместимость соответствующих компонентов.

Выводы. Из всех исследованных систем наибольший коэффициент вспучивания показал глюконат кальция. Эффективные антипирены – дигидрофосфат и полифосфат аммония не способны к самостоятельному вспучиванию, при температурах до 360°C . Наиболь-

шую прочность показала стеклообразная пена, образовавшаяся при нагревании раствора жидкого стекла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2264242 Российская федерация. МПК⁷ А62С, 5/033. Способ тушения пожара и состав для его осуществления Борисов П.Ф., Росоха В.Е., Абрамом Ю.А., Киреев А.А., Бабенко А.В. Заявитель и патентообладатель Академия пожарной безопасности Украины №2003237256/12; заявл. 23.12.2003; опубл. 20.11.2005, Бюл. №32.

2. Кіреєв О.О. Обґрунтування вибору систем для дослідження явища гелеутворення при розробці нових рідинних засобів пожежогашіння / О.О. Кіреєв, О.В. Бабенко // Проблеми пожарной безопасности. – 2002. – вып.12. – С.107-110.

3. Пат. 60882 Україна, МПК⁷ А62С1/00. Спосіб гасіння пожежі та склад для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Кіреєв О.О., Бабенко О.В. Заявник и володар патенту Академія Пожежної Безпеки України.-№ 2003032600; заявл. 25.03.2003; опубл. 15.10.2003, бюл. № 10.

4. Савченко О.В. Дослідження вогнезахисної дії гелевих плівок на матеріалах, розповсюджених у житловому секторі / О.В. Савченко, О.О. Кіреєв, В.М. Альбоций, В.А. Данільченко // Проблеми пожарной безопасности. – 2002. – вып.19. – С.127-131.

5. Чернуха А.А. Исследование огнезащитной эффективности покрытий на основе ксерогелевых композиций. А.А. Чернуха, А.А. Киреев, С.Н. Бондаренко, А.Д. Кириченко секторі // Проблеми пожарной безопасности. – 2009. – Вып. 26. – С. 166 – 180.

nuczu.edu.ua

О.О. Кіреєв, А.Д. Кіриченко

Дослідження поведінки компонентів, що розширюються під час термічної дії

Для перспективних гелеутворюючих систем досліджено процес спучування під впливом нагрівання. Для цих систем визначені температури початку спучування і коефіцієнт спучування. Визначена сумісність цих речовин з компонентами гелеутворюючої системи $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$.

Ключові слова: компоненти що розширюються під час нагрівання, гелеутворюючі системи, коефіцієнт спучування.

A.A.Kireev , A.D. Kirichenko

Investigations the behavior of thermoexpansion components

For perspective gelforming systems the process of thermoexpansion was investigated. For this systems the thermoexpansion temperature and coefficient of thermoexpansion was define. Compatibility of this substances with components of system $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$ was define.

Key words: thermoexpansion components, gelforming systems, coefficient of thermoexpansion.