

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ

© Левуш С.С., Кіт Ю.В., Левуш С.С., 2006

Подано результати дослідження генерації аерозольних вогнегасних систем за допомогою енергії, перегрітої вище від температури кипіння води.

The results of research of aerosol extinguishing systems generation with the help of energy heated above the water-boiling temperature are presented in this paper.

Постановка проблеми. Галогенопохідні насичених вуглеводнів C_1 , C_2 (торгова назва хладони, фреони) широко застосовуються для об'ємного пожежогасіння. З урахуванням їх токсичності, корозійної активності, стабільності, ефективності, а також вартості найширше застосування знайшли трифторбромметан, дифторхлорбромметан, дибромтетрафторетан і дибромдифторметан [1]. Поряд із позитивними якостями, як засоби пожежогасіння хладони мають багато недоліків.

У багаточисленних дослідженнях в різних країнах було доведено негативний вплив хладонів на довкілля, який поряд із іншими чинниками, спричинив глобальну екологічну проблему, яка полягає в зниженні концентрації озону в атмосфері Землі (так звана проблема “озонових дір.”). Цей чинник спонукав світове співтовариство прийняти у 1987 р. Монреальський протокол, згідно з яким усі країни, які приєднуються до цієї угоди, зобов'язуються до 2010 р. повністю припинити виробництво і застосування хладонів.

Альтернативними до хладонів засобами пожежогасіння можуть бути вогнегасні порошки. Як такі найчастіше застосовуються хлориди, карбонати, бікарбонати, оксалати і біхромати лужних металів. Висока ефективність гасіння полум'я порошками пояснюється такими чинниками: розбавлення горючого середовища газоподібними продуктами розпаду порошку і безпосередньо частинками порошку; інгібуванням хімічних реакцій газоподібними продуктами випаровування і розпаду порошків; гетерогенним обривом ланцюгів на поверхні порошків або твердих продуктів їх розпаду. Не виключений також ефект вогнеперегородження, який досягається під час проходження фронту полум'я через вузькі канали, які створює аерозоль.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В останні 7–9 років як засоби об'ємного пожежогасіння використовують аерозольні вогнегасні системи (АВС), які отримують шляхом спалювання твердопаливних аероутворюючих зарядів в спеціальних пристроях – генераторах вогнегасного аерозолю [2].

АВС мають унікальні вогнегасні властивості: у 5–9 разів ефективніші за інші засоби об'ємного пожежогасіння; флегматизують вибухонебезпечні середовища; не руйнують озоновий шар Землі. Тому сьогодні можна констатувати, що АВС є найперспективнішими засобами об'ємного пожежогасіння і в майбутньому з успіхом зможуть замінити хладони. Про це свідчать дані, наведені в [2].

Надзвичайно висока вогнегасна ефективність АВС пояснюється насамперед високим ступенем дисперсності аерозолю. Експериментально встановлено [2], що розміри конденсованих частинок АВС на 80 % менші за 1 мкм. Отримати традиційні вогнегасні порошки розмірами на рівні наночастинок практично неможливо (таблиця).

Показники засобів об'ємного пожежогасіння

| Показники | АВС | Хладон | CO ₂ | Вогнегасні порошки |
|--|-------|--------|-----------------|--------------------|
| Вогнегасна концентрація, кг/м ³ | 0,05 | 0,3 | 0,4 | 0,25 |
| Дія на руйнування озонового шару | немає | сильне | немає | немає |
| Вартість захисту 1 м ³ приміщення, в у.о. | 7 | 20 | 25 | 10 |

На нашу думку, високу ефективність АВС можна пояснити, крім малих розмірів частинок, також тим фактом, що між утворенням наночастинок аерозолі і проявом їх інгібуючого ефекту під час гасіння полум'я проходить не багато часу, протягом якого їх інгібуюча активність помітно не послаблюється. Аерозоль в момент утворення (*in situ*) є найбільш хімічно активним, в результаті чого хімічно активні складові полум'я – атоми і радикали, – рекомбінують на поверхні наночастинок.

Існуюча технологія генерації АВС використовує теплову енергію згоряння твердопаливних композицій, рецептура яких включає окисники (KClO_4 , KNO_3), горючі компоненти (каучук, ідітол, епоксидна смола, ізотетрагідрофталевий ангідрид, дибутилфталат) та інші інертні наповнювачі (KCl , K_2CO_3 , NaHCO_3 тощо). Під час горіння твердопаливних композицій упродовж 2–240 с в спеціальних пристроях – генераторах вогнегасного аерозолі – розвивається температура 1500–2000 К. Безпосереднє використання АВС, яка включає газоподібні продукти горіння (H_2O , CO_2 , CO , N_2 , H_2) і конденсовані продукти (KCO_3 , KCl , KOH), за такої високої температури без їх попереднього охолодження практично неможливе. Охолодження АВС до температури 500–600 К проводиться термохімічним, контактним або газодинамічним способами.

Основні недоліки АВС:

1. Достатньо висока імовірність переходу процесу горіння аеропилеутворювальних зарядів в генераторах вогнегасного аерозолі у детонаційний режим. Аномальне горіння зарядів може бути викликане невідповідним співвідношенням горючих і окислювальних компонентів, умовами приготування зарядів, конструктивними особливостями генератора, дефектами, які виникають під час горіння заряду тощо.

2. Висока токсичність газоподібних продуктів неповного згоряння (CO , N_xO_y).

3. Імовірність помилкового спрацювання і ініціювання тим самим пожежі або вибуху.

4. Досягнутий ступінь охолодження АВС (до 500–600 К) обмежує їх застосування у вибухо-небезпечних зонах і приміщеннях фактично усіх класів (0,1,2,20,21,22).

5. Під час охолодження АВС мікрочастинки конденсованої фази встигають частково коагулюватись, в результаті чого знижується їх вогнегасна ефективність.

Мета та завдання дослідження. Нами проведено дослідження і запропоновано принципово новий спосіб отримання аерозолі [3], який виключає використання твердопаливних аероутворювальних зарядів і їх горіння. Суть способу полягає в тому, що одну або більше вогнегасних речовин (KCl , NaCl , Na_2CO_3 , K_2CO_3) розчиняють у воді або іншій негорючій рідині, суміші негорючих рідин, нагрівають розчин вище від температури його кипіння за нормального тиску і подають нагрітий розчин розпиленими струменями для гасіння полум'я.

Результати та обговорення. В лабораторних умовах АВС одержували у вертикально встановленій скляній ємності циліндричної форми об'ємом у 10 л (\varnothing 16 см, $h=50$ см). Для запобігання конденсації водяної пари ємність обігрівалась. Замір температури проводили термопарою. Запалювання метану проводили іскровим розрядом. Метан через капіляр подавали в ємність після створення в ній відповідного середовища. Одночасно включали пристрій іскрового розряду і візуально спостерігали за виникненням полум'я. Середовище, в якому горіння не відбувалось, вважалось вогнегасним.

Водний розчин солей в п'ятилітровій ємності, яка витримувала тиск до 350 атм, нагрівали в електропечі де заміряли і регулювали температуру. У контрольному досліді в скляній ємності створювали середовище з суміші повітря і водяної пари. Встановлено, що вогнегасна концентрація водяної пари в повітрі становить 40–42 об. %, що збігається з літературними даними [1].

Під час подачі водного розчину солей генерація АВС в лабораторних умовах, які реалізувались в наших дослідях, відбувалась тільки за рахунок внутрішнього тепла перегріву води (по відношенню до температури її кипіння за атмосферного тиску), оскільки температура в ємності для створення вогнегасного середовища знаходилась в межах 358–368 К. Температура розчину солей, який в дрібнодисперсному стані вводився безпосередньо в ємність, була в межах 500–600 К. Тепло перегріву водного розчину забезпечувало миттєве випаровування води після дроселювання тиску до атмосферного на 37–46 % в розрахунку на чисту воду. Концентрація солей в розчині,

залежно від природи солей знаходилась в межах 15–50 %. З врахуванням цього фактора тепло внутрішнього перегріву розчину теоретично забезпечувало миттєве випаровування води на 41–90 %. В розрахунках концентрації водяних парів у повітряному середовищі води бралась до уваги тільки та її кількість, що випаровувалась в результаті реалізації тепла перегріву. Кількість солі, яка переходила із розчину в аерозольний стан, визначалась на основі розрахункових даних випаровуваної води з врахуванням зміни розчинності солі в результаті падіння температури під час дроселювання тиску до атмосферного.

Механізм формування наночастинок солі включав різні стадії з моменту дроселювання тиску до атмосферного і розпилення розчину, що обумовлювало два рушійні фактори зниження розчинності солі за рахунок падіння температури розчину і за рахунок випаровування води. Ці два одновекторні і одномоментні фактори, які реалізувались за тисячні частки секунди, одночасно з суто фізичним процесом розпилення розчину з забезпеченням дисперсності крапель діаметром до 0,1 мм, обумовлювали утворення високодисперсного аерозолу, інгібуюча активність якого, певною мірою спричинена також присутністю в повітряному середовищі водяних парів, була дуже високою.

Як говорилося вище, хімічна активність наночастинок аерозолу в реакціях рекомбінації активних частинок полум'я, – атомів і радикалів – найвища в момент утворення, що і спостерігається в дослідах. Мінімальні вогнегасні концентрації аерозолу для окремих солей не перевищували 15 мг в розрахунок на 1 м³ об'єму.

Варто підкреслити, що в реальних умовах гасіння полум'я інтенсивність випаровування води із мікрокрапель розчину буде тільки збільшуватися порівняно з умовами, які реалізуються в наших лабораторних дослідах (спрощення лабораторних дослідів диктувалось лише бажанням отримати достатні відтворювальні умови і висококоректні результати). В умовах високих температур, які реалізуються під час пожежі, за подачі перегрітого соляного розчину випаровування води обумовлюватиметься не тільки за рахунок внутрішнього тепла перегріву, а також за рахунок тепла підігріву полум'ям. Розрахунок [2] показує, що час випаровування краплі води діаметром 0,1 мм не перевищує 0,04 с. За цей час крапля з таким ступенем дисперсності встигає випаровуватись в полум'ї повністю і забезпечити високий ефект гасіння пожежі за рахунок розбавлення середовища інертними до реакцій, що протікають в полум'ї, водяними парами. Під час використання водних розчинів вогнегасних солей основний ефект гасіння полум'я досягається вогнегасними солями, які генеруються в полум'ї одночасно з випаровуванням води, і розміри яких знаходяться на рівні наночастинок.

Висновок. Досліджено процес генерації дрібнодисперсного вогнегасного аерозолу за допомогою енергії перегрітої води і показано високу ефективність такого способу утворення вогнегасного середовища. Перевага такого способу генерації аерозольних вогнегасних систем насамперед полягає в його екологічній чистоті, а також можливості його реалізації для пожежного захисту об'єктів вибухонебезпечних класів.

1. *Пожарная безопасность. Взрывобезопасность: Справ. издание / А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов, А.Я. Корольченко и др. – М., 1987.* 2. *Тарадайко В. Особенности аэрозольного пожаротушения // Бюлетень пожежної безпеки. – 1999. – № 1. – С. 24–30.* 3. *Деклараційний патент України. № 9154. Спосіб одержання аерозольних вогнегасних сумішей. Бюл. № 9. – 2005.*