

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
(повне найменування вишого навчального закладу)

Фізичний факультет
(повне найменування інституту/факультету)

Кафедра загальної та хімічної фізики
(повна назва кафедри)

Дипломна робота

магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Спалахування аерозавису боридів металів»

«Boride metals spray combustion»

Виконала: студентка денної форми навчання
напрямку підготовки 8.04020301 Фізика
Єремія Тетяна Ігорівна

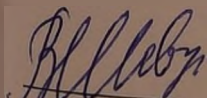
Керівник д.ф.-м.н., проф. Шевчук В.Г.

Рецензент д.ф.-м.н., проф. Полетаєв М.І.

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
№ 15 від 02.06.2017 р.

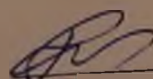
Захищено на засіданні ЕК № 1
протокол № 3 від 19.06.2017 р.
Оцінка відмінно / А / 93
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри


(підпис)

Шевчук В.Г.

Голова ЕК


(підпис)

Калінчак В.В.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ТЕПЛОВИЙ ВИБУХ ПИЛУ	5
1.1. Особливості горіння газозависі	5
1.2. Швидкість гетерогенного реагування	7
1.3. Спалахування дисперсних систем	12
1.4. Спалахування газозависі	15
2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАЙМАННЯ АЕРОЗАВИСУ БОРИДІВ МЕТАЛІВ	20
2.1. Експериментальна установка	20
2.2. Експериментальні дослідження та аналіз даних	21
РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ВИСНОВКИ	28
ЛІТЕРАТУРА	30

ВСТУП

Існує великий клас горючих гібридних систем:

- полідисперсний пил, як сукупність монодисперсних фракцій;
- пил механічних сумішей різних твердих горючих: B, Al, Mg, Ti, Zr ;
- горючі, частинки яких містять сполуки декількох компонент;
- горючі, у складі яких різні компоненти пов'язані на атомарному

рівні: гідриди та бориди металів.

Питанням інтенсифікації процесів займання металів, які важко займаються, таких як B, Al приділяється досить багато уваги. Застосовувані методи інтенсифікації [1-5] полягають у використанні різних покриттів, легуванні з метою вчинити фізичний або хімічний вплив на метал або окисну плівку, що затрудняє дифузію окиснювача до поверхні металу. Ці методи досить перспективні, однак складні в технологічному плані і в інтерпретації отриманих результатів. Звідси ж виникають труднощі в прогнозуванні впливу того чи іншого активуючого елемента або сполуки.

Бор є одним з найбільш перспективних елементів в якості високоенергетичних добавок до ракетних палив, оскільки володіє найбільшою масовою та об'ємною теплотворною здатністю в ряду конденсованих горючих елементів. Однак практична реалізація його потенційних можливостей затруднена внаслідок високої температури спалаху і великих часів горіння частинок бору [6]. Можливі шляхи інтенсифікації процесів реагування як бору, так і інших порошкоподібних горючих. На відміну від бору аерозавис частинки магнію запалюється значно легше: температури їх займання лежать в діапазоні $800 - 950\text{K}$ [7-8]. З огляду на сильну залежність часу затримки займання від температури газу і високу швидкість горіння магнію, можна вважати, що в широкому діапазоні температур середовища (що перевищують температуру займання суспензії частинок магнію) порошок магнію повністю прореагує ще до займання частинок бору і послужить тепловим інтенсифікатором процесу

займання останньої. Ймовірно, найбільш простий і ефективний підхід – включення бору в енергетичні композиції типу бориди металів. Бориди зазвичай отримують спіканням суміші порошкоподібного бору з металом при температурі понад 1000°C . Найменш витратний і найбільш ефективний спосіб – високотемпературний синтез боридів з вихідної порошкоподібної шихти.

Важливою властивістю боридів є їх підвищена, в порівнянні з механічними сумішами вихідних компонентів, об'ємна теплотворна здатність. Однак реалізація цієї здатності можлива в умовах, що забезпечують їх займання. При дослідженні процесів займання і горіння хімічних сполук, якими і є бориди металів, необхідно виходити з припущення, що кінетична схема їх реагування з киснем може включати цілий ряд стадій (як паралельних, так і послідовних), і знання провідних із них вкрай важливо, як для подальшого математичного моделювання, так і для безпосереднього практичного використання [9].

Метою даної роботи є експериментальне дослідження процесу спалахування аерозависі частинок боридів металів. Для досягнення цієї мети були поставлені такі завдання:

- 1) визначити дисперсні характеристики порошків боридів;
- 2) провести експериментальне дослідження спалахування аерозависі цих боридів в залежності від концентрації пального;
- 3) для виявлення особливостей спалахування боридів провести експериментальне дослідження спалахування вихідних компонентів та їх механічних сумішей;
- 4) порівняти отримані результати між собою та зробити якісний висновок про механізм реагування боридів.

Об'єктом дослідження являється займання та горіння твердих гібридних пальних.

Предмет дослідження – частинки боридів, їх вихідні компоненти та механічні суміші цих компонентів.

РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ВИСНОВКИ

Дослідження показують, що всі сполуки, що містять бор, можна розділити на три класи, що розрізняються за законами реагування:

1. Сплави типу $B-Mg$ (магній в чистому вигляді окислюється за лінійним законом). Незважаючи на наявність двох паралельних реакцій окиснення компонентів сплаву, інтенсивність реакції $Mg + O_2$, мабуть, більш висока. За даними рентгенофазного аналізу, окалина складається з MgO і шпінелі типу MgB_2O_4 , дифузійний опір якої незначний. В процесі передзаймального розігріву сплаву можливе збагачення поверхні сплаву в його поверхневому шарі – виплавляння магнію. В цілому, закономірності займання $B-Mg$ можуть бути з достатнім ступенем точності промодельовати механічної суміші порошків магнію і бору.

2. Сплави типу TiB_2 і ZrB_2 (окислення титану і цирконію характеризується поєднанням різних законів: від логарифмічного або кубічного при низьких температурах до лінійного при високих). Оксид B_2O_3 , що утворюється при реагуванні сплаву з киснем, мабуть, містить зовнішній шар. Тобто можна припустити, що швидкість реагування сплаву в процесі запалення лімітується швидкістю дифузії через шар захисного окису B_2O_3 . Про це свідчить і той факт, що рівні температур займання аерозависі бору, TiB_2 і ZrB_2 в аналогічних умовах практично збігаються.

3. Сплави типу AlB_2 (Al в чистому вигляді окислюється по параболічному закону). На нашу думку, більш низькі значення температур займання дисперсних систем алюмінію в порівнянні з бором обумовлені не різною дифузійною проникністю Al_2O_3 і B_2O_3 (при $T \approx 1200-1500\text{ K}$ Al_2O_3 - тверда, B_2O_3 - рідка), а розтріскуванням захисної Al_2O_3 плівки з виходом чистого рідкого алюмінію на поверхню в процесі передзаймального розігріву. Для диборида алюмінію наявність в складі рідкої B_2O_3 сприяє

«заліковування» тріщин, дефектів і захисні функції Al_2O_3 можуть зберігатися аж до температур її плавлення. Останнє, мабуть, нерозривно пов'язане з питанням займання диборида алюмінію - температури займання AlB_2 перевищують T_B для B і Al .



Єремія Т.І.

(підпис автора роботи)

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ-12.1.041. Система стандартов безопасности труда. Пожароопасность горючих пылей. М., 2011, – 45 с.
2. Рябова І. Б., Сайчук І. В., Шаршанов А. Я. Термодинамика і теплопередача у пожежній справі. Харків: АПБУ, 2002, – 352 с.
3. Электрооборудование специальных установок. К.: ОАО «Киевпромэлектропроект», 2001, – 80 с.
4. ГОСТ 12.1.044 – 91. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Издво стандартов, 1991, – 110 с.
5. Шевчук В. Г., Безродных А. К., Бойчук Л. В. О механизме ламинарного пламени в аэровзвесах металлических частиц // ФГВ. 1988. № 2. – С. 85-89.
6. Золотко А. Н. Теория воспламенения: уч. пособие. ОГУ, 1985. 81 с.
7. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетики. – М. : Наука, 1987, – 491 с.
8. Нигматулин Р. И. Динамика многофазных сред: ч. 1. – М.: Наука, 1987. – 464 с.
9. Шевчук В. Г., Безродных А. К., Бойчук Л. В. О механизме ламинарного пламени в аэровзвесах металлических частиц // ФГВ. – 1988. № 2. – С. 85-89.
10. Золотко А. Н. Теория воспламенения : уч. пособие. – ОГУ, 1985. – 81с.
11. Сидоров А.Е., Золотко А.Н. Шевчук В.Г, Муница В.С. Горение угольных пылей. // Физика аэродисперсных систем. 2008. № 45.– С. 35-44.
12. Kayikei R., Kurtulus O., Gurbus R. The formation and growth behavior of aluminum boride crystals in an *Al-B* alloy // Solid State Phenomena. – 2009. V. 144. P. 140-144.

13. А.Е. Сидоров, Е.Н. Кондратьев, Л.В. Бойчук, В.Г. Шевчук. Горение алюминиевой пыли при больших концентрациях горючего // Горение и плазмохимия, 2005, Г.3. №3. – С. 221-226.

14. Розенбанд В., Гани А. Синтез порошка диборида магния в режиме теплового взрыва // физика горения и взрыва. 2014, т. 50, № 6. С. 34–39.