

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГОРЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ СОПРЯЖЕННЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ (Ni + Al)–(Ti + C)

Б. С. Сеплярский¹, Р. А. Кочетков², Т. Г. Лисина³, Н. И. Абзалов⁴

Аннотация: Экспериментально исследованы термически сопряженные процессы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в шихте, состоящей из смеси гранул Ni + Al и Ti + C, в отсутствие потока газа и в спутном потоке аргона и азота. Установлено, что воспламенение акцепторных гранул Ni + Al происходит во фронте горения, а значения скорости горения гранулированной смеси (Ni + Al)–(Ti + C) в потоке азота превышают значения, рассчитанные по теории фильтрационного горения. Объяснен аномально высокий прирост скорости горения изучаемой гранулированной смеси в области малых расходов азота, превышающий увеличение скорости горения смесей Ni + Al и Ti + C по отдельности при тех же значениях расхода. Измерено время выравнивания температур донорной и акцепторной смеси, которое оказалось существенно меньше времени остывания всего образца, а значит, определяется размерами гранул, а не образца. Таким образом, показано, что использование гранулированной шихты в термически сопряженных процессах открывает новые возможности для масштабирования синтеза, оптимизированного в лабораторных условиях, без изменения его характеристик и свойств целевого продукта синтеза. Установлено, что использование гранулированных смесей для проведения сопряженных термических реакций в потоке газа позволяет получать продукты горения в виде легко разрушаемого образца. Показано, что выделение целевого продукта возможно, даже если температура плавления продукта взаимодействия акцепторной смеси меньше адиабатической температуры горения.

Ключевые слова: самораспространяющийся высокотемпературный синтез; гранулированные смеси; термически сопряженные процессы; поток газа

DOI: 10.30826/CE19120317

Литература

1. Мержанов А. Г., Мукасян А. С. Твердопламенное горение. — М.: ТОРУС ПРЕСС, 2007. 336 с.
2. Мержанов А. Г. Термически сопряженные процессы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // Докл. Акад. наук, 2010. Т. 434. № 4. С. 489–492.
3. Rogachev A. S. Structure and gas formation in SHS_FGM // Adv. Sci. Tech., 2006. Vol. 45. P. 1067–1074. doi: 10.4028/www.scientific.net/AST.45.1067.
4. Прокофьев В. Г., Смоляков В. К. Безгазовое горение системы термически сопряженных слоев // Физика горения и взрыва, 2016. Т. 2. № 51. С. 70–75.
5. Sytshev A. E., Vrel D., Boyarchenko O. D., Roshchupkin D. V., Sachkova N. V. Combustion synthesis in bilayered (Ti–Al)/(Ni–Al) system // J. Mater. Process. Tech., 2017. Vol. 240. P. 60–67. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2016.09.010.
6. Линде А. В., Студеникин И. А., Кондаков А. А., Грачев В. В. Экспериментальная диагностика термически сопряженных процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в слоевой системе Fe₂O₃ + 2Al/Ti + Al // Горение и взрыв, 2019. Т. 12. № 1. С. 108–115.
7. Вадченко С. Г., Баихина Н. Т., Кванин В. Л. Особенности горения полых цилиндрических тел // Физика горения и взрыва, 2002. № 4. С. 53–58.
8. Сеплярский Б. С., Тарасов А. Г., Кочетков Р. А. Экспериментальное исследование горения «безгазового» гранулированного состава Ti + 0,5C в спутном потоке аргона и азота // Физика горения и взрыва, 2013. № 5. С. 55–63.
9. Скобельцов В. П., Сеплярский Б. С., Лазунин И. А., Харитонов Е. В., Болдов В. В. Способ получения карбида титана. Авторское свидетельство СССР № 1462702 от 01.11.1988. Приоритет изобретения от 01.04.1986.
10. Браверман Б. Ш., Максимов Ю. М., Цыбульник Ю. В. О возможности азотирования промышленных ферросплавов в потоке азотсодержащего газа // Физика горения и взрыва, 2012. Т. 48. № 6. С. 87–88.

¹Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А. Г. Мержанова Российской академии наук, sep1b1@mail.ru

²Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А. Г. Мержанова Российской академии наук, numenor@list.ru

³Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А. Г. Мержанова Российской академии наук, lisininatg@gmail.com

⁴Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А. Г. Мержанова Российской академии наук, abzalov396@mail.ru

11. *Seplyarsky B. S., Kochetkov R. A., Lisina T. G., Abzalov N. I.* The effect of synthesis conditions on phase composition and structure of combustion products of nickel-bonded titanium carbide // *Advanced Materials Technologies*, 2017. No. 4. P. 22-28. doi: 10.17277/amt.2017.04.pp.022-028.
12. *Seplyarskii B. S., Kochetkov R. A.* Granulation as a tool for stabilization of SHS reactions // *Int. J. Self-Propagating High-Temperature Synthesis*, 2017. Vol. 26. No. 2. P. 134–136.
13. Program for Thermodynamics Equilibrium Calculations “THERMO.” Ver. 4.3. ISMAN. <http://www.isman.ac.ru/thermo>.
14. *Алдушин А. П., Мержанов А. Г.* // Распространение тепловых волн в гетерогенных средах. — Новосибирск: Наука, 1988. С. 9–51.
15. *Сеплярский Б. С., Кочетков Р. А.* Исследование закономерностей горения порошковых и гранулированных составов $Ti + xC$ ($x > 0,5$) в спутном потоке газа // *Хим. физика*, 2017. Т. 36. № 9. С. 25–32.

Поступила в редакцию 16.07.19