ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/184

ФОРМИРОВАНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ ПРОДУКТА СВС СИСТЕМЫ МЕТАЛЛ1-МЕТАЛЛ2-АЗОТ КАК ОТРАЖЕНИЕ МНОЖЕСТВА ВОЛН И ДОГОРАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ

Шкода О.А., Расколенко Л.Г.

Томский научный центр СО РАН, Томск, Россия

В основу анализа горения СВС (самораспространяющийся высокотемпературный синтез) системы Me1 – Me2 – азот (Металл1 – металл2 – азот) были положены идеи, изложенные в работах [1, 2, 3, 4]. Протекание реакций нитридирования металлов в волне горения СВС систем Me1 – Me2 – N₂ проходит в «каталитической ячейке», которая формируется в суспензированной «L-S» среде, образованной при нагреве исходной смеси чистых металлов до температур выше солидуса диаграммы плавкости системы Me1 – Me2. Суспензированные частицы представляют собой интерметаллидные соединения или твердые растворы. В таких высокотемпературных средах [5, 6, 7] взаимодействие адсорбированного газа с поверхностью частиц идет каталитически. Для СВС систем «Me1 – Me2 – азот» характерно возникновение «факелов» из-за догорания газовой составляющей конечного продукта и в этом случае максимальная температура горения может существенно превышать температуру ликвидуса. Синтез проводили в реакторе постоянного давления в атмосфере азота. Исходными порошками были выбраны Me1 – Ti, Me2 – Co, Mo, Al.

Наблюдение за горящими образцами выявило последовательность ярких, сливающихся друг с другом вспышек на поверхности образца. В зависимости от начальных параметров опыта вспышки образовывали самые разные траектории: спирали с разными наклонами, вертикальные ряды, купола с основанием вниз или вверх и другие типы. Изучение состояния поверхности полностью сгоревшего образца обнаруживало множество отверстий – кратеров. В отличие от поры, края кратера оплавлены и приподняты. От кратеров, во внутрь образца, отходят каналы с гладкими стенками, т.е. они явно были проплавлены раскаленными струями газа – «факелами», свечение которых и наблюдается на выходе из продукта на поверхность. Газообразную горящую среду создают промежуточные продукты, которые вновь реагируют с азотом сразу после прохождения стационарной волны. По характеру каналов можно было приблизительно восстановить объемную макроструктуру внутри сгоревшего образца. Она свидетельствует о прохождении нескольких волн разного типа, которые отличались друг от друга «фазовым временем» (разное время возникновения) или пространственным расположением со своей траекторией движения, чаще всего винтовой. Каналы возникли на границах четырех объемно-винтовых волн, закручивающиеся вокруг несгоревшей части смеси, которая сгорает позже или кристаллизуется без волны горения, образуя «фингер» [9, 10, 11]. (Рис.1)

Рис.1 Макроструктуры сгоревшего образца с «фингером» (1).

Газообразные продукты выходят в промежутки разделяющие пространства, в которых распространяются волны, и образец легко распадается на соответствующие части. Если при горении системы Me1 – Me2 – азот не образуется факелов, газообразных прородуктов, то увидеть границы, разделяющие объемно – винтовые волны очень трудно, так как у всех одна скорость горения, одна плотность, одна η и одна $T_{гор}$, что подтверждается рентгенографическими, металлографическими и другими исследованиями. На рис.2 показана фото макроструктуры при разломе образца, где видны две отдельные чашеподобные пустоты, в которых расположены шарообразные продукты.

Рис.2 Фото макроструктуры разъемных частей образца.

В одном акте СВС участвует обычно один промежуточный нитрид «инертного» металла, максимум два, если температурный интервал образования – распада второго промежуточного нитрида близок к интервалу первого. Соответственно образуется один (самое большее два) нестехиометрических нитридов титана. Нестехиометричность обязательна, так как только при соответствующих стехиометриях выполняется условие каталитического горения: равенство энергий активаций образования обоих видов нитридов (промежуточных и основных) иначе скорость накопления нитридов будет разная, что приведет к затуханию горения.

Закключение:

При горении СВС системы Me1 – Me2 – азот в «L-S» температурном интервале возникает каталитическое горение при котором невозможно образование одной устойчивой волны с плоским фронтом. Волны этого множества отличаются либо временным запаздыванием, либо пространственным расположением. «Догорание» обусловлено чаще всего возникновением новых волн, либо «факельным» разогревом. Факелы образуют горящие газовые продукты горения. На поверхности образца наряду с порами образуются и кратеры от выхода горящих струй газа.

Литература

1. Расколенко Л.Г. Отображение состояние n-мерной химически активной среды “металл-металл-азот” в двумерных пространствах, Труды IV международной конференции «Биоинженерия, симбиология и синергетика в естественных науках», 2004, Тюмень, с.52
2. Расколенко Л.Г., Максимов Ю.М., Пеленёва С.П., Исследование физико-химических процессов, происходящих в волне горения СВС – систем «M1-M2-N» через анализ фазовых портретов, Труды VI всероссийской конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики», 2008, Томск, НИИ ПММ, с.41 – 43.
3. Шкода О.А., Расколенко Л.Г., Построение и анализ экспериментальных «фазовых портретов» отражающих поведение открытых, нелинейных систем.// Журнал «Проблемы эволюции открытых систем» (ПЭОС), 2008, Алматы, Казахстан, вып.10, том 2, с.63 – 70,
4. Расколенко Л.Г., Шкода О.А. Макроструктура продуктов горения СВС системы Al – Ti – N и термограммы как отражение прохождения нескольких волн и факельного догорания. // Горение и Плазмохимия, 2010, т.8, №1, с.22 – 31.
5. Б.Чейтс, Дж. Кетцир, Г.Шуйт, Химия каталитических процессов. Перевод с англ. К.х.н. В.В. Лунина. Под ред. Д.х.н., профессора А.Ф. Платэ, издательство «Мир», Москва, 1981, с. 550
6. Братанич Т.И., Скороход В.В. Исследование процесса деструктивного гидрирования порошковых интерметаллических систем. 2. Скорость первого деструктивного гидрирования интерметаллида TiNi// «Порошковая металлургия», 2005, №1/2, с.73 – 76,.
7. German E.D., Efremenko I., Kuznetsov A., Sheintuch M. Theory of Dissociative Adsorption Kinetics of Homonuclear Diatomic Molecules on Solid Surface.//J.Phys Chem. B, 2002, v. 106, № 45. p.11784 – 11794.
8. O. Zik, Z. Olami, E. Moses, Fingering instability in combustion//Phys. Rev. Lett. 81, 3868 (1998), с.149 – 154
9. Aldushin A.P., Matkowsky B.J. Instabilities, fingering and the Saffman- Taylor problem in filtration combustion//Comb.Sci.and Tech.,1998, v.133, pp. 293 – 341.
10. А.П.Алдушин. Б.Ш.Браверман. Гидродинамическая неустойчивость волны фильтрационного горения//ДАН, 2009. т.427, № 3 , с. 340-343.