

КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ УДП МЕТАЛЛОВ

Н.В. Бояринова

Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г. Бийск, Россия

Развитие прикладного и фундаментального материаловедения и многих областей науки и техники, оборонной, химической, а также машиностроения, биологии, медицины связано с созданием новых материалов, обладающих комплексом специфических уникальных свойств. К таким материалам относятся, в частности, ультрадисперсные порошки (УДП) металлов и их сплавов, оксидов, карбидов, нитридов и других веществ и соединений. К УДП относятся порошки, размер частиц которых не превышает 1 мкм.

УДП различных металлов, приготовленные методами электрохимического осаждения или электрического взрыва проволок, известны достаточно давно. Такие порошки проявляют весьма необычные физико-химические свойства, в том числе высокую реакционную способность, и, несомненно, представляют значительный интерес в качестве компонентов смесевых энергетических материалов (ВЭМ).

Особый интерес представляют УДП металлов Al, Fe, Ni, Ti, W, Zn, Cu, а также неметаллов сажи и бора, обладающие большой теплотворной способностью и рассматриваются не только как компоненты, существенно повышающие энергетические характеристики топливных и взрывчатых композиций различного класса и назначения, но и как эффективные модификаторы их свойств.

Начавшиеся не так давно экспериментальные работы в этой области показывают, что добавки УДП металлов могут существенно модифицировать все основные характеристики горения ВЭМ. Так, например, заменой обычного порошка алюминия (типа АСД) на ультрадисперсный (марки ALEX) можно достичь увеличения линейной скорости горения в несколько раз. Следует отметить, что при этом химический состав топлива остается неизменным, т.е. УДП металлов играют роль модификатора скорости горения. Замена промышленных порошков алюминия (типа АСД) на УДП ($d \sim 0.1$ мкм) позволяет повысить энергетические характеристики ВЭМ за счет увеличения полноты сгорания алюминия. Одновременно УДП металлов позволяют существенно улучшить воспламеняемость твердых топлив.

Таким образом, важнейшей характеристикой УДП металлов, определяющей эффективность их использования в нанокompозитах, пиротехнических составах и др. является кинетика окисления в различных средах.

Для ряда характеристик ВЭМ (например, энерговыделение в детонационной волне) определяющую роль начинает играть кинетика окисления металла, а не теплота его полного сгорания. Однако данных по кинетике окисления УДП металлов в различных условиях явно недостаточно для априорного подбора УДП металлов с целью регулирования характеристик ВЭМ.

В данной работе проводились исследования кинетики окисления ультрадисперсных порошков металлов Al, Fe, Ni, Ti, W, Zn, Cu, а также неметаллов сажи и бора в атмосфере воздуха с использованием термогравиметрического анализа и дифференциального термического анализа марки TGA/SDTA 840 в интервале температур от 25⁰С до 600⁰С. Скорость нагрева 10 град/мин.

Показано, что по реакционной способности (температура начала интенсивного окисления и степень окисления) УДП металлов образуют ряды, рисунок 1: по температуре начала интенсивного окисления – (Cu, Fe), (Ni, W, Al), (Ti, Zn, АСД); по приросту массы образца при 600⁰С – (Fe, Al), W, (Cu, Ni), (Ti, Zn, АСД).

При этом необходимо отметить, что кинетика окисления в значительной степени зависит от способа получения УДП металла. Порошки сажи и бора существенно более термостойки, чем порошки рассмотренных выше металлов, рисунок 2.

Сравнением с данными по окислению порошков металлов микронного размера показана существенно большая реакционная способность УДП этих металлов.

С введением в состав ВЭМ УДП металлов тепловыделение за счет их сгорания происходит в области, близко прилегающей к поверхности горения. Это приводит к увеличению суммарного теплового потока в топливо и, соответственно, к увеличению скорости горения.

КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ УДП МЕТАЛЛОВ

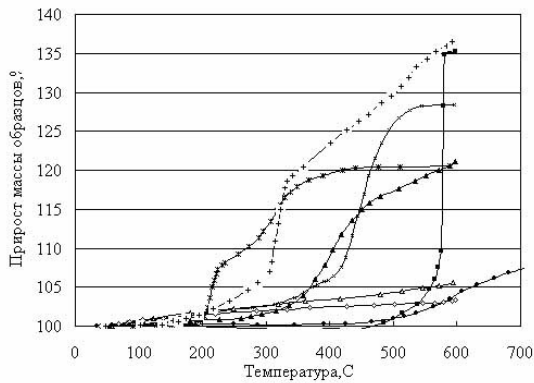


Рисунок 1- ТГА образцов металлов в атмосфере воздуха, скорость нагрева 10 град/мин

○ ACS-1, % ▲ ALEX, % △ Ti, % ✦ W, %
 ● Cu, % ◆ Zn, % ⊖ Fe, % ⊙ Ni, %

Введение УДП меди и железа в состав смесевых композиций приводит к значительному снижению времени задержки воспламенения, причем, чем меньше размер частиц металлов, тем эффективнее его действие. Введение порошка меди, железа, никеля в топливную композицию в качестве катализатора приводит к увеличению скорости горения.

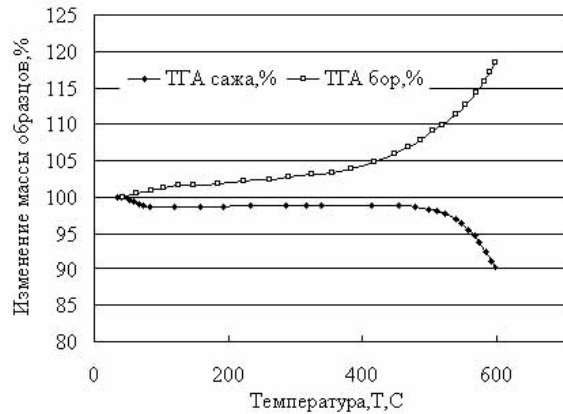


Рисунок 2- ТГА образцов неметаллов, скорость нагрева 10 град/мин

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. I, L T De Luca, F Severini, L Meda, GMarra, M Marchetti, Mregi and S Bellucci. Nanoparticles for solid rocket propulsion // J. Phys.: Condens. Matter 18 (2006).
2. A. Dokhan, E. W. Price, R. K. Sigman and J. M. Seitzman. The effects of al article size on the burning rate and residual oxide in aluminized// Propellants // 37 th AIAA/ASME/SAE/ASEE, Joint Propulsion Conference and Exhibit, AIAA 2001-3581.