

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГОРЕНИЯ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО ПОРОХА*

А. П. Денисюк¹, Л. А. Демидова¹, В. А. Сизов², А. О. Меркушкин¹

Аннотация: Изучено влияние 1,5% углеродных нанотрубок (УНТ) и сажи на каталитическую активность карбоната никеля при горении низкокалорийного пороха с $Q_{ж} = 2518$ кДж/кг. Установлено, что, в отличие от сажи, УНТ существенно увеличивают скорость горения пороха с 3% NiCO₃ во всем исследованном интервале давления (до 12 МПа). С помощью электронной микроскопии и рентгеновского электронно-зондового микроанализа исследованы структура и состав этих образцов, загашенных при 2 МПа. Установлено, что закономерности катализа горения низкокалорийного пороха с карбонатом никеля и различными углеродными материалами такие же, как и при горении средне- и высококалорийных порохов со свинцово-медными катализаторами. Катализ горения пороха происходит только в том случае, если на поверхности горения образуется разветвленный сажистый каркас, на котором происходит значительное накопление частиц катализатора. Углеродные нанотрубки намного сильнее увеличивают действие карбоната никеля, по сравнению с сажой, за счет образования разветвленного каркаса, покрывающего почти всю поверхность горения. На поверхности горения пороха с 3% карбоната никеля и 1,5% сажи каркас покрывает лишь небольшую часть поверхности. Так как каркас содержит большое количество никеля (до 43% (масс.)), его теплопроводность будет значительно выше, чем для газа. В результате этого существенно увеличивается доля тепла, поступающего теплопроводностью из зоны каркаса в κ-фазу. Поэтому ведущей зоной горения порохов с катализаторами, когда наблюдается значительный каталитический эффект, является зона каркаса, в отличие от порохов без добавок, ведущие реакции при горении которых протекают в κ-фазе.

Ключевые слова: баллиститный порошок; катализаторы горения; ведущая зона горения; электронная микроскопия; рентгеновский электронно-зондовый микроанализ

Литература

1. Денисюк А. П., Демидова Л. А., Галкин В. И. Ведущая зона горения баллиститных порохов с катализаторами // ФГВ, 1995. Т. 31. № 2. С. 32–40.
2. Денисюк А. П., Демидова Л. А. Особенности влияния некоторых катализаторов на горение баллиститных порохов // ФГВ, 2004. Т. 40. № 3. С. 69–76.
3. Головина Л. А., Денисюк А. П., Токарев Н. П. и др. О механизме действия Fe₂O₃ при горении модельного нитроглицеринового пороха // ФГВ, 1981. Т. 18. № 6. С. 137–140.
4. Демидова Л. А., Денисюк А. П., НьенЧан Аунг. О механизме действия катализаторов при горении низкокалорийных порохов // Успехи в специальной химии и химической технологии: Тр. Всеросс. научн.-технич. конф., посвященной 75-летию основания ИХТ факультета РХТУ им. Д. И. Менделеева. — Москва, 2010. С. 317–321.

Поступила в редакцию 29.12.16

* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках базовой части государственного задания.

¹ Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, denisap@rctu.ru

² Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, sizovlad@gmail.com