

О МЕХАНИЗМЕ И ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ИНИЦИИРОВАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ РАЗРЯДОМ ВЗРЫВА ПРЕССОВАННОЙ СМЕСИ ПЕРХЛОРАТА АММОНИЯ И СЕВИЛЕНА С ДОБАВКОЙ АЛЮМИНИЯ

А. Г. Ребеко¹, Б. С. Ермолаев²

Аннотация: В предыдущих работах авторов было показано, что стехиометрическая смесь перхлората аммония и севилена (термопластичный клей, сополимер этилена и винилацетата) с добавкой 20% порошкообразного алюминия микронного размера в прессованных плотных образцах дает взрыв при инициировании электрическим высоковольтным разрядом. Минимальная энергия разряда, при которой возбуждается взрыв при длине разрядного промежутка 5 мм, составила всего 0,6 мДж. В данной работе получены новые экспериментальные данные, которые позволили оценить полноту взрыва в камере сгорания разных диаметров и при различном расположении электродов, а также определить критический диаметр, при котором взрывной процесс после инициирования распространяется без затухания по удлиненному образцу. Новые данные по механизму взрыва получены с помощью ограничительного сопротивления, которое вводилось в электрическую цепь генератора высокого напряжения последовательно с образцом топлива. При сопротивлении величиной от 10 до 50 МОм разряд по-прежнему приводил к взрыву, однако падение напряжения конденсаторной батареи, измеренное до и после взрыва, оказалось незначительным. Затраты электрической энергии на взрыв составили всего несколько джоулей по сравнению с 280 Дж при отсутствии ограничительного сопротивления в тех же условиях. Таким образом, подавляющая часть электрической энергии разряда при взрыве тратится не на инициирование, а на нагрев плазмы продуктов горения после инициирования. При сопротивлении 100 МОм электрический разряд не давал взрыва. В этих условиях были проведены вольтамперные измерения, которые показали, что сопротивление образца топлива существенным образом изменяется по мере роста или снижения напряжения, демонстрируя участок поведения, подобный диэлектрику (диапазон напряжения от 0,1 до 1,5 кВ), участок ионизации или лавинообразного пробоя (диапазон от 1,5 до 1,6 кВ), когда сопротивление образца снижается почти на два порядка величины при неустойчивом разрядном токе, и участок монотонного снижения сопротивления еще более чем на порядок величины (диапазон от 1,6 до 10 кВ) при стабильном разрядном токе.

Ключевые слова: взрыв; высоковольтный электрический разряд; смесевые взрывчатые материалы; перхлорат аммония; севилен; порошкообразный алюминий; вольтамперная характеристика; электрическое сопротивление

DOI: 10.30826/CE25180310

EDN: EAZVIP

Литература

1. Садовничий Д. Н., Милехин Ю. М., Лопаткин С. А., Вазюв В. Ф., Гусев С. А., Бутенко Е. А. Импульсный электрический пробой смесевых энергетических конденсированных смесей // *Физика горения и взрыва*, 2010. Т. 46. № 4. С. 107–115.
2. Брагин В. А., Душенок С. А., Куликов В. Г., Савенков Г. Г., Семашкин Г. В. Влияние металлических нанопорошков на чувствительность взрывчатых веществ к высоковольтному электрическому разряду. Фрактально перколяционный подход // *Хим. физика*, 2012. Т. 31. № 5. С. 57–64.
3. Ханефт И. Г., Ханефт А. В. Электрический пробой поликристаллических таблеток перхлората аммония // *Химическая физика и мезоскопия*, 2013, Т. 15. № 1. С. 034–040.
4. Рашковский С. А., Савенков Г. Г. Иницирование детонации высоковольтным разрядом в порошкообразных взрывчатых веществах с наноразмерными инертными добавками // *Ж. технической физики*, 2013. Т. 83. Вып. 4. С. 47–58.
5. Садовничий Д. Н., Милехин Ю. М., Лопаткин С. А., Скрипина Т. С., Малинин С. А., Гросс И. Н. Диэлектрическая релаксация в энергетических конденсированных системах на основе полиэфируретанового эластомера. 11. Температурная зависимость и воспламенение // *Физика горения и взрыва*, 2019. Т. 55. № 2. С. 108–118.

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, alex@exrocket.com

²Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, boris.ermolaev44@mail.ru

6. Ребеко А. Г., Ермолаев Б. С. Инициирование взрыва высоковольтным разрядом прессованных смесей севиленна с перхлоратом и нитратом аммония с добавкой порошкообразного алюминия // Горение и взрыв, 2021. Т. 14. № 3. С. 122–129.
7. Ребеко А. Г., Ермолаев Б. С. Взрывчатые свойства прессованных составов на основе перхлората аммония и севиленна с добавкой алюминия // Горение и взрыв, 2022. Т. 15. № 3. С. 108–116.
8. Светлов Б. Я., Яременко Н. Е. Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. — М.: Недра, 1973, С. 42.
9. Ермолаев Б. С., Сулимов А. А. Конвективное горение и низкоскоростная детонация пористых энергетических материалов // М.: ТОРУС ПРЕСС, 2017. 400 с.
10. Ермолаев Б. С., Беляев А. А., Романьков А. В., Храповский В. Е., Сулимов А. А., Ребеко А. Г. Свойства низкоскоростной детонации в прессованной стехиометрической смеси перхлората аммония с полиметакрилатом // Хим. физика, 2019. Т. 38. № 8. С. 80–90.
11. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники / Пер. с англ. Б. Н. Бронина, А. И. Коротова, М. Н. Микшица и др. — 7-е изд. — М.: БИНОМ, 2014. 704 с. (Horowitz P., Hill W. The art of electronics. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 1989. 1044 p.)
12. Рохлин Г. Н. Разрядные источники света. — М.: Энергоатомиздат, 1991. 720 с.
13. Райзер Ю. П. Физика газового разряда. — М.: Наука, 1992. 536 с.

Поступила в редакцию 27.11.2024

После доработки 13.03.2025

Принята к публикации 17.03.2025