

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ХИМИЧЕСКОЙ ИОНИЗАЦИИ ПРИ ОКИСЛЕНИИ МЕТАНА И АЦЕТИЛЕНА В УДАРНЫХ ВОЛНАХ*

Г. Л. Агафонов¹, П. А. Власов², И. В. Жильцова³, Д. И. Михайлов⁴,
В. Н. Смирнов⁵, А. М. Тереза⁶

Аннотация: Проведено экспериментальное и расчетно-теоретическое исследование процесса химической ионизации при окислении смесей метана и ацетилена с кислородом в аргоне в отраженных ударных волнах в широком интервале температур при атмосферном давлении. Представлены результаты сравнения временных зависимостей концентраций свободных электронов, экспериментально измеренных СВЧ-интерферометром и электрическим зондом, образующихся при окислении метана и ацетилена за отраженными ударными волнами. Предложена детальная кинетическая модель процесса химической ионизации. Результаты экспериментальных измерений временных зависимостей концентрации свободных электронов находятся в хорошем качественном и количественном согласии с результатами кинетических расчетов авторов. Предложенная детальная кинетическая модель химической ионизации позволяет существенно улучшить кинетическое описание экспериментально измеряемых временных зависимостей концентрации свободных электронов для исследованных углеводородов.

Ключевые слова: химическая ионизация; свободные электроны; СВЧ-интерферометр; электрические зонды; ударные волны; кинетическое моделирование

Литература

1. *Gaydon A. G., Wolfhard H. G.* Flames, their structure, radiation and temperature. — London: Chapman and Hall, 1960. 383 p.
2. *Calcote H. F.* Electric properties of flames: Burner flames in transverse electric fields // Proc. Combust. Inst., 1949. Vol. 3. P. 245–253.
3. *Аравин Г. С.* Ионизация пламени и пламенных газов в условиях бомбы и двигателя. Дисс. канд. техн. наук. — М.: ИХФ АН СССР, 1951. 300 с.

* Работа выполнена в рамках Программы № 24 Президиума РАН «Фундаментальные исследования процессов горения и взрыва».

¹ Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, agafonov@chph.ras.ru

² Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», iz@chph.ras.ru

³ Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, zaslonko@chph.ras.ru

⁴ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», mihalych2006@mail.ru

⁵ Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, vns1951@yandex.ru

⁶ Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, atereza@bk.ru

4. Kern R. D., Singh H. J., Xie K. Identification of chemi-ions formed by reactions of deuterated fuels in the reflected shock zone // *J. Phys. Chem.*, 1990. Vol. 94. P. 3333–3335.
5. Calcote H. F. Ion production and recombination in flames // *Proc. Combust. Inst.*, 1962. Vol. 8. P. 184–199.
6. Schofield K. The enigmatic mechanism of the flame ionization detector: Its overlooked implications for fossil fuel combustion modeling // *Prog. Energ. Combust. Sci.*, 2008. Vol. 34. P. 330–350.
7. Fialkov A. B. Investigation on ions in flames // *Prog. Energ. Combust. Sci.*, 1997. Vol. 23. P. 399–528.
8. Lawton J., Weinberg F. J. *Electrical aspects of combustion*. — Oxford: University of London, Clarendon Press, 1969. 355 p.
9. Docquier N., Candel S. Combustion control and sensors: A review // *Prog. Energ. Combust. Sci.*, 2002. Vol. 28. P. 107–150.
10. Ballester J., Garcia-Armingol T. Diagnostic techniques for the monitoring and control of practical flames // *Prog. Energ. Combust. Sci.*, 2010. Vol. 36. No. 4. P. 375–411.
11. Cheung A. Y., Koopman D. W. A Lecher wire microwave interferometer for measurements of electron density and electron temperature in a flowing transient plasma // *Rev. Sci. Instrum.*, 1972. Vol. 43. No. 10. P. 1444–1450.
12. Tudisco O., Fabris A. L., Falcetta C., Accatino L., De Angelis R., Manente M., Ferri F., Florean M., Neri C., Mazzotta C., Pavarin D., Pollastrone F., Rocchi G., Selmo A., Tasinato L., Trezzolani F., Tuccillo A. A microwave interferometer for small and tenuous plasma density measurements // *Rev. Sci. Instrum.*, 2013. Vol. 84. P. 033505-1–033505-7.
13. Smy P. R. The use of Langmuir probes in the study of high pressure plasmas // *Adv. Phys.*, 1976. Vol. 25. No. 5. P. 517–553.
14. Vlasov P. A. Probe methods of diagnostics of chemically reacting dense plasma // *Plasma diagnostics* / Eds. A. A. Ovsyannikov, M. F. Zhukov. — Cambridge International Science Publ., CISP, 2000. Ch. 12. P. 299–337.
15. Becker K. H., Kley D., Norstrom R. J. OH* Chemiluminescence in hydrocarbon atom flames // *Proc. Combust. Inst.*, 1969. Vol. 12. P. 405–411.
16. Агафонов Г. Л., Билера И. В., Власов П. А., Колбановский Ю. А., Смирнов В. Н., Тереза А. М. Образование сажи при пиролизе и окислении ацетилена и этилена в ударных волнах // *Кинетика и катализ*, 2015. Т. 56. № 1. С. 15–36.
17. Agafonov G. L., Smirnov V. N., Vlasov P. A. Shock tube and modeling study of soot formation during pyrolysis of propane, propane/toluene and rich propane/oxygen mixtures // *Combust. Sci. Technol.*, 2010. Vol. 182. P. 1645–1671.
18. Agafonov G. L., Smirnov V. N., Vlasov P. A. Shock tube and modeling study of soot formation during the pyrolysis and oxidation of a number of aliphatic and aromatic hydrocarbons // *Proc. Combust. Inst.*, 2011. Vol. 33. P. 625–632.
19. Власов П. А., Карасевич Ю. К., Панкратьева И. Л., Полянский В. А. Методы исследования кинетики ионизации в ударных волнах // *Физико-химическая кинетика в газовой динамике*, 2008. Т. 6. 32 с. www.chemphys.edu.ru/pdf/2008-12-25-001.pdf.
20. Karasevich Yu. K. Kinetics of chemical ionization in shock waves: IV. Kinetic model of ionization in acetylene oxidation // *Kinet. Catal.*, 2009. Vol. 50. No. 5. P. 617–626.

Поступила в редакцию 18.12.15