

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЛИЯНИЯ БРОМИСТОГО ВОДОРОДА НА НОРМАЛЬНУЮ СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ МЕТАНА И ВОДОРОДА В ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ НА ОСНОВЕ КИСЛОРОДА И ЗАКИСИ АЗОТА

А. Ю. Шебеко¹, Ю. Н. Шебеко², А. В. Зубань³

Аннотация: Путем численного моделирования распространения плоского пламени с детальным учетом химической кинетики и процессов переноса изучено влияние бромистого водорода (HBr) на нормальную скорость горения смесей водорода и метана с воздухом, закисью азота и азотокислородной смесью с содержанием O₂ 33%(об.). Выявлено, что бромистый водород при горении газов в закиси азота имеет более низкую ингибирующую эффективность, чем при горении в воздухе и азотно-кислородных смесях с содержанием O₂ 33%(об.). Представлена качественная интерпретация полученных результатов, основанная на анализе химических процессов при горении указанных смесей.

Ключевые слова: бромистый водород; закись азота; водород; метан; нормальная скорость горения

DOI: 10.30826/CE19120402

Литература

1. Баратов А. Н. Химическое ингибирование пламени // Журнал ВХО им. Д. И. Менделеева, 1967. Т. 12. № 3. С. 276–284.
2. Dixon-Lewis G. Flammability and chemical inhibition // Fire and Explosion Hazard of Substances and Venting of Deflagrations: 2nd Seminar (International) Proceedings. — Moscow: VNIPO, 1998. P. 72–86.
3. Dixon-Lewis G., Simpson R. J. Aspects of flame inhibition by halogen compounds // 16th Symposium (International) on Combustion Proceedings. — Pittsburgh, PA, USA: The Combustion Institute, 1976. P. 1111–1119.
4. Dixon-Lewis G. Mechanism of inhibition of hydrogen–air flames by hydrogen bromide and its relevance to the general problem of flame inhibition // Combust. Flame, 1979. Vol. 36. No. 1. P. 1–14.
5. Fristrom R. M., Van Tiggelen P. An interpretation of the inhibition of C–H–O flames by C–H–X compounds // 17th Symposium (International) on Combustion Proceedings. — Leeds, 1979. P. 773–785.
6. Simmons R. F., Wright N. The burning velocities of near-limit mixtures of propane, air, and hydrogen bromide // Combust. Flame, 1972. Vol. 18. No. 2. P. 203–206.
7. Lovachev L. A., Lovachev L. N. Kinetics of hydrogen oxidation. Part 3. Catalysis with hydrogen bromide // Combust. Sci. Technol., 1978. Vol. 18. No. 5/6. P. 191–198.
8. Lovachev L. A., Lovachev L. N. Kinetics of hydrogen oxidation. Part 4. Inhibition and catalysis at high degree of conversion // Combust. Sci. Technol., 1979. Vol. 19. No. 5/6. P. 195–205.
9. Lovachev L. A., Lovachev L. N. Kinetics of hydrogen oxidation. Part 6. Inhibition and catalysis of lean mixtures // Combust. Sci. Technol., 1980. Vol. 23. No. 5/6. P. 181–189.
10. Westbrook C. K. Inhibition of laminar methane–air and methanol–air flames by hydrogen bromide // Combust. Sci. Technol., 1980. Vol. 23. No. 5/6. P. 191–202.
11. Parks D. J., Alvares N. J., Beason D. G. Fundamental flame speed measurements in combustion gases containing CF₃Br // Fire Safety J., 1980. Vol. 2. No. 4. P. 237–247.
12. Drake M. C., Hastie J. W. Temperature profile on inhibited flames using Raman spectroscopy // Combust. Flame, 1981. Vol. 40. No. 2. P. 201–211.
13. Day M. G. Inhibition of hydrogen–air and hydrogen–nitrous oxide flames by halogen compounds // 13th Symposium (International) on Combustion Proceedings. — Pittsburgh, PA, USA: The Combustion Institute, 1971. P. 705–712.
14. Schefer R. W., Brown N. J. A comparative study of HCl and HBr combustion inhibition // Combust. Flame, 1982. Vol. 29. No. 3–6. P. 113–128.
15. Шебеко Ю. Н., Корольченко А. Я., Баратов А. Н. Механизм влияния HCl и HBr на химические процессы при горении окиси углерода // Хим. физика, 1984. Т. 3. № 1. С. 99–103.
16. Азатян В. В., Болодьян И. А., Навценя В. Ю., Шебеко Ю. Н. Доминирующая роль конкуренции разветвления и обрыва реакционных цепей в формировании концентрационных пределов распространения

¹Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, ay.shebeko@mail.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, yn.shebeko@mail.ru

³Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, avzuban@mail.ru

- пламени // Ж. физической химии, 2002. Т. 76. № 5. С. 775–784.
17. *Hirschfelder J. O., Curties C. F., Bird R. B.* Molecular theory of gases and liquids. — New York, NY, USA: John Wiley and Sons, 1954. 275 p.
 18. *Глушко В. П.* Термодинамические свойства индивидуальных веществ. — М.: Наука, 1978. 573 с.
 19. *Азатьян В. В., Шебеко Ю. Н., Шебеко А. Ю.* Численное моделирование влияния добавок метана и химически инертных газов на нормальную скорость горения водородовоздушных смесей // Пожарная безопасность, 2008. № 2. С. 41–49.
 20. *Azatyany V. V., Shebeko Yu. N., Shebeko A. Yu.* A numerical modeling of an influence of CH₄, N₂, CO and steam on a laminar burning velocity of hydrogen in air // J. Loss Prevent. Proc., 2010. Vol. 23. No. 2. P. 331–336.
 21. *Борисов А. А., Заманский В. М., Скачков Г. И.* Кинетика и механизм взаимодействия водорода с закисью азота // Кинетика и катализ, 1978. Т. 19. № 1. С. 38–46.
 22. *Скачков Г. И.* Кинетическое моделирование непромотированного и промотированного воспламенения горючих газов: Дис. . . . д-ра хим. наук. — М.: Институт химической физики АН СССР, 1984. 316 с.
 23. *Шебеко Ю. Н., Корольченко А. Я.* О взаимосвязи нормальной скорости горения метана в воздухе и неравновесной концентрации атомов водорода во фронте пламени // Кинетика и катализ, 1986. Т. 27. № 2. С. 270–274.
 24. *Balakhnine V. P., Vandooren J., Van Tiggelen P. J.* Reaction mechanism and rate constants in lean hydrogen – nitrous oxide flames // Combust. Flame, 1977. Vol. 28. No. 2. P. 165–173.

Поступила в редакцию 31.10.19