

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПИРОЛИЗ ЭТАНА В УСЛОВИЯХ АДИАБАТИЧЕСКОГО СЖАТИЯ*

И. В. Билера¹

Аннотация: В условиях адиабатического сжатия исследовали окислительный пиролиз этана в диапазоне температур 1100–1450 К. В начальных смесях при постоянном содержании этана 2 % (об.) содержание кислорода изменялось от 0 до 1,05 % (об.). Диапазоны степеней превращения этана 6%–86%, кислорода 8%–97%. Были определены основные (этилен, водород, метан и СО) и второстепенные продукты реакции. Состав смеси продуктов качественно совпадает с продуктами пиролиза этана, ранее исследованного в реакторе адиабатического сжатия. Установлено, что увеличение отношения O_2/C_2H_6 в исследованном диапазоне приводит к монотонному снижению остаточного содержания этана, увеличению остаточного содержания кислорода и к увеличению степени превращения обоих исходных компонентов. С ростом отношения O_2/C_2H_6 происходит увеличение выходов H_2 , СО, CH_4 , ацетилена, бутадиена-1,3 и некоторых других углеводородов. Значение выхода этилена проходит через максимум примерно при $\alpha = 0,05$.

Ключевые слова: этан; окислительный пиролиз; адиабатическое сжатие; этилен

DOI: 10.30826/CE23160303

EDN: CNWMHL

Литература

1. Ланидус А. С. Современное состояние промышленных способов производства ацетилена // Химия ацетилена. Тр. III Всесоюзн. конф. / Отв. ред. А. А. Петров. — М.: Наука, 1972. С. 5–16.
2. Pässler P., Hefner W., Buckl K., Meinass H., Meiswinkel A., Wernicke H.-J., Ebersberg G., Müller R., Bässler J., Behringer H., Mayer D. Acetylene // Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry. — Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012. Vol. 1. P. 277–326. doi: 10.1002/14356007.a01_097.pub3.
3. Дубровой К. К., Шейнман А. Б. Окислительный крекинг. — М.-Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1936. 393 с.
4. Тменов Д. Н., Гориславец С. П. Интенсификация процессов пиролиза. — Киев: Техника, 1978. 192 с.
5. Арутюнов В. С. Окислительная конверсия природного газа. — М.: КРАСАНД, 2011. 640 с.
6. Арутюнов В. С., Магомедов Р. Н. Газофазный окислительный пиролиз легких алканов // Успехи химии, 2012. Т. 81. № 9. С. 790–822.
7. Арутюнов В. С., Савченко В. И., Седов И. В., Никитин А. В., Магомедов Р. Н., Прошина А. Ю. Кинетические закономерности и технологические перспективы селективного окислительного крекинга легких алканов // Успехи химии, 2017. Т. 86. № 1. С. 47–74.
8. Cavani F., Ballarini N., Cericola A. Oxidative dehydrogenation of ethane and propane: How far from commercial implementation? // Catal. Today, 2007. Vol. 127. P. 113–131. doi: 10.1016/j.cattod.2007.05.009.
9. Najari S., Saeidi S., Concepcion P., Dionysiou D. D., Bhargava S. K., Lee A. F., Wilson K. Oxidative dehydrogenation of ethane: Catalytic and mechanistic aspects and future trends // Chem. Soc. Rev., 2021. Vol. 50. No. 7. P. 4564–4605. doi: 10.1039/D0CS01518K.
10. Sampson R. J. The reaction between ethane and oxygen at 600–630° // J. Chem. Soc., 1963. P. 5095–5106. doi: 10.1039/JR9630005095.
11. Jones J. H., Daubert T. E., Fenske M. R. Oxidation and oxidative dehydrogenation of ethane and propane // Ind. Eng. Chem. Proc. DD., 1969. Vol. 8. No. 1. P. 17–25. doi: 10.1021/i260029a004.
12. Taylor J. E., Kulich D. M. Homogeneous gas-phase with a wall-less reactor. Oxygen–ethane reaction. Pyrolyses. III. The a double reversal in oxygen and surface effects // Int. J. Chem. Kinet., 1973. Vol. 5. No. 3. P. 455–468. doi: 10.1002/kin.550050314.
13. Шверденкин Е. В., Арутюнов В. С., Рудаков В. М., Савченко В. И., Соколов О. В. Кинетика парциального окисления алканов при высоких давлениях. Окисление этана и метан-этановых смесей // Теор. основы хим. технол., 2004. Т. 38. № 3. С. 332–336.
14. Магомедов Р. Н., Прошина А. Ю., Арутюнов В. С. Газофазный окислительный крекинг этана в атмосфере азота // Кинетика и катализ, 2013. Т. 54. № 4. С. 401–412. doi: 0.7868/S0453881113040114.
15. Burch R., Crabb E. M. Homogeneous and heterogeneous contributions to the catalytic oxidative dehydrogenation of ethane // Appl. Catal. A — Gen., 1993. Vol. 97. No. 1. P. 49–65. doi: 10.1016/0926-860X(93)80066-Y.
16. Choudhary V. R., Mulla S. R. Coupling of thermal cracking with noncatalytic oxidative conversion of ethane to ethylene // AIChE J., 1997. Vol. 43. No. 6. P. 1545–1550. doi: 10.1002/aic.690430516.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИНХС РАН. В выполнении экспериментальной части работы принимали участие студентки Л. В. Сальникова и А. Е. Семочкина.

¹Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева Российской академии наук, bilera@ips.ac.ru

17. *Chen Q., Schweitzer E. J. A., Van Den Oosterkamp P. F., Berger R. J., De Smet C. R. H., Marin G. B.* Oxidative pyrolysis of ethane // *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1997. Vol. 36. No. 8. P. 3248–3251. doi: 10.1021/ie960585z.
18. *Колбановский Ю. А., Щипачев В. С., Черняк Н. Я. и др.* Импульсное сжатие газов в химии и технологии. — М.: Наука, 1982. 240 с.
19. *Колбановский Ю. А.* Метод адиабатического сжатия в исследованиях кинетики и механизма реакций с участием фторсодержащих карбенов // *Успехи химии*, 1989. Т. 58. № 11. С. 1800–1814.
20. *Buravisev N. N., Kolbanovsky Yu. A.* Intermediates of thermal transformations of perfluoro-organic compounds. New spectral data and reactions // *J. Fluorine Chem.*, 1999. Vol. 96. No. 1. P. 35–42. doi: 10.1016/S0022-1139(98)00325-X.
21. *Сальникова Л. В., Семочкина А. Е., Билера И. В.* Дегидрирование этана при импульсном пиролизе и оксипиролизе // Тезисы VIII Всеросс. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России». — М.: РГУНГ им. И. М. Губкина, 2010. Ч. 1. С. 281–282.
22. *Билера И. В.* Высокотемпературный гомогенный пиролиз этана в реакторе адиабатического сжатия // *Горение и взрыв*, 2017. Т. 10. № 2. С. 12–17.
23. *Билера И. В.* Сопиролиз диметилового эфира и этана в условиях адиабатического сжатия // *Горение и взрыв*, 2020. Т. 13. № 4. С. 20–28. doi: 10.30826/CE20130403.
24. *Buravisev N. N., German L. S., Grigor'ev A. S., Kolbanovskii Yu. A., Ovsyannikov A. A., Volkonskii A. Yu.* Trifluoromethylfluorocarbene formation and reactions under $C_2F_5SiF_3$ pulsed adiabatic compression pyrolysis // *Mendeleev Commun.*, 1993. Vol. 3. No. 4. P. 133–134. doi: 10.1070/MC1993v003n04ABEH000254.
25. ScanView — an application and chromatogram database. <https://community.agilent.com>.
26. *Heracleous E., Lemonidou A. A.* Homogeneous and heterogeneous pathways of ethane oxidative and non-oxidative dehydrogenation studied by temperature-programmed reaction // *Appl. Catal. A — Gen.*, 2004. Vol. 269. P. 123–135. doi: 10.1016/j.apcata.2004.04.007.

Поступила в редакцию 10.01.2023