

упрощается до вида

$$l_{\max} = 1,3r. \quad (2)$$

Следует отметить, что в исследованном диапазоне $\Delta_{\text{пл}} = 15 \div 35$ мм толщина разгоняемой пластины на l_{\max} не влияла.

Величина l_{\max} не зависела также от толщины материала ствольной части оболочки (см. рис. 1, зона С). Этот факт говорит о том, что на расширение продуктов взрыва (ПВ) ствол влияет только в прилегающей к разгоняемой пластине части ВВ.

Зависимость (1) следует рассматривать как первое приближение, которое может быть полезно в практике, но не претендует на полное отражение физики процесса, в основе которого лежит взаимодействие волн: детонационной, ударных и волн разгрузки в ПВ, материалах тела и корпуса ВВ. В значительной степени разной направленностью волновых взаимодействий, по нашему мнению, можно объяснить существенное отличие значения l_{\max} для открытого заряда, инициируемого исследованным способом ($l_{\max} = 1,3r$), от полученного в [3, 4] значения $l_{\max} = (4,5 \div 7)r$ при инициировании открытого заряда в направлении разгона пластины. Следует также отметить установленное влияние плотности ВВ конкретного состава на l_{\max} , в отличие от вывода [4] о независимости l_{\max} от плотности ВВ, сделанного на основе опытов с различными составами, которые имеют максимальную практически достижимую плотность. Представляет интерес получить экспериментальное подтверждение работоспособности формулы (1) в более широком диапазоне исследованных факторов.

В заключение автор считает своим приятным долгом выразить искреннюю благодарность за помощь в проведении опытов А. М. Калугину.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А. Г., Карпенко Г. Я. ФГВ, 1980, 16, 2, 84.
2. Огородников В. А., Пинчук С. Ю. и др. ФГВ, 1981, 17, 1, 133.
3. Физика взрыва/Под ред. К. П. Станюковича.— М.: Наука, 1975.
4. Cook M. A. The Science of High Explosives.— N. Y., 1957.
5. Патент США № 3430563, кл. 102—22, публикация 1969 г.

Поступила в редакцию 4/II 1987,
после доработки — 20/IV 1987

УДК 678.019.36

УДАРНАЯ ДЕГАЗАЦИЯ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КПД ПРОЦЕССА

Б. Е. Гугман
(Душанбе)

Термодинамический расчет системы С—Н—S [1] показал, что в случае $C/H = 1/2$ химический КПД реакции, представляющий собой отношение энтальпии C_2H_2 , C_2H_4 и C_3H_6 при стандартной температуре к энтальпии при температуре, соответствующей минимуму энергозатрат ($T = 1850$ К), достигает значения $\eta = 60\%$ (рис. 1). В плазмохимических процессах $\eta \leq 20 \div 30\%$, поэтому его повышение до термодинамически возможного уровня представляет несомненный интерес.

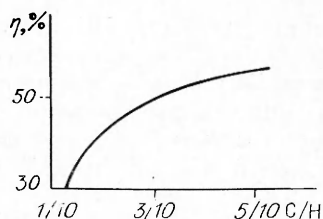


Рис. 1.

Для решения этой задачи в качестве импульсного источника излучения использован неодимовый лазер со средней энергией излучения в одном импульсе 5 Дж, работающий в

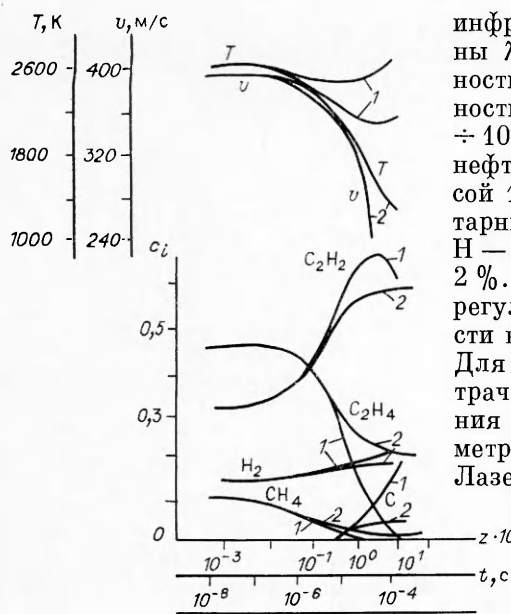


Рис. 2.

инфракрасном диапазоне на длине волны $\lambda = 1060$ нм при плотностях мощности $S_0 = 10^{11} \div 10^{12}$ Вт/м² и длительности импульса излучения $\tau \approx 10^{-2} \div 10^{-3}$ с. В качестве сырья выбрана нефтяная смола с молекулярной массой 1000, имеющая следующий элементарный (массовый) состав: С — 82,1 %, Н — 11,2 %, N — 1,2 %, S — 3,5 %, О — 2 %. Длительность импульса излучения регулировали изменением индуктивности в цепи питания импульсной лампы. Для измерения энергии излучения, затраченной на реакцию, E и определения η был разработан микрокалориметр на базе операционного усилителя. Лазерохимический реактор с микрокалориметром состоял из сравнительной и экспериментальной камер. В экспериментальную помещалась смола. Для обеспечения герметичности камеры и минимальных потерь в излучении одну стенку де-

лали из стекла с длинноволновой границей пропускания $\lambda = 2700$ нм.

Углеводороды в газовой фазе продуктов взаимодействия излучения и смолы анализировали методами газосорбционной хроматографии. Времена химических реакций t образования C_2H_2 , C_2H_4 находили решением уравнений химической кинетики и гидродинамики с учетом потерь энергии [2]. На рис. 2 показано изменение массового выхода продуктов пиролиза c_i , температуры T и скорости плазменной струи v в зависимости от координаты z или времени t без учета (1) и с учетом (2) потерь энергии. Из приведенных данных видно, что при учете потерь энергии при $t > 10^{-4}$ с концентрация C_2H_2 , C_2H_4 выходит на термодинамически равновесный уровень. Так как $t < \tau < t_p$ (t_p — время расширения газового облака), то в данном эксперименте условию выхода на термодинамическое равновесие соответствует $t < t_p$.

Непредельные углеводороды могут взаимодействовать с молекулярным кислородом, выделившимся в процессе «ударной дегазации» [3, 4], создавая детонационную волну. Учитывая плотность мощности импульса лазерного излучения, проведем приблизительную оценку скорости детонации [5] продуктов в воздушной среде

$$D = \left[2(\gamma^2 - 1) \frac{S_0}{\rho_0} \right]^{1/3} \approx 2,6 \cdot 10^3 \text{ м/с,}$$

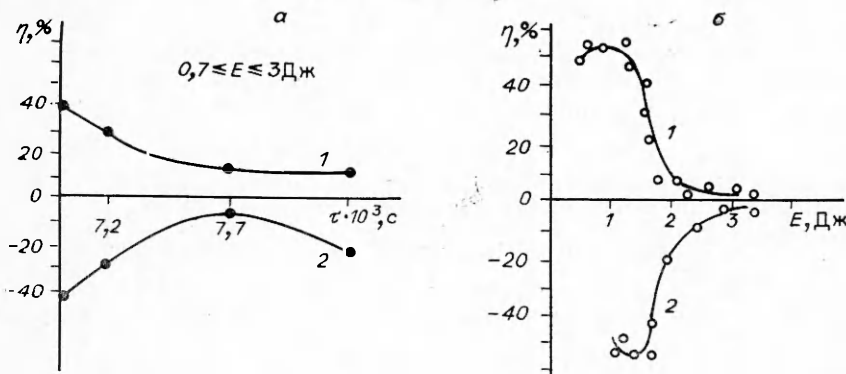


Рис. 3.

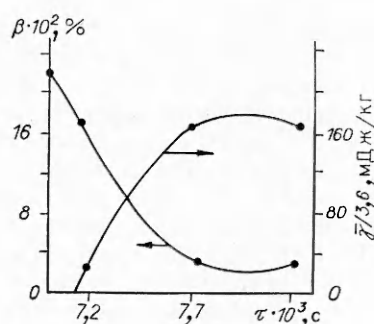


Рис. 4.

энтальпии

$$H = \frac{2^{2/3} \gamma}{(\gamma^2 - 1)^{1/3} (\gamma + 1)} \left(\frac{S_0}{\rho_0} \right)^{2/3} \approx 6,4 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

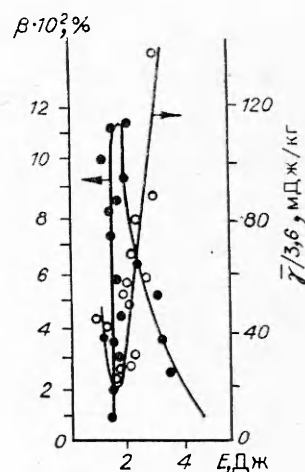


Рис. 5.

и среднемассовой температуры, составляющей $3,4 \cdot 10^3$ К (γ — показатель адиабаты; ρ_0 — плотность). Эта оценка позволяет осуществить привязку к данным термодинамического расчета и определить состав продуктов «ударной дегазации» [6].

Расширяющееся облако газообразных продуктов содержит 0,5 мольной доли диссоциированного водорода и 10^{-4} мольной доли диссоциированных азота и кислорода. Поэтому поглощение газовым облаком незначительно. Процесс ударного расширения облака происходит с излучением в инфракрасной области. Состав продуктов соответствует высокотемпературному термодинамическому равновесию.

При расширении температура газообразных продуктов падает, а t растет до t_p . При $t \sim t_p$ отпадает необходимость в организации стоков тепла, поэтому исключается стадия «закалки» продуктов реакции.

Рассмотрим полученные экспериментальные зависимости: $\eta(\tau)$, $\eta(E)$ (рис. 3, а, б: 1 — $p \approx 10^4$ Па, 2 — в кислородной среде; для рис. 3, а: $0,7 \leq E \leq 3$ Дж), степени превращения сырья в газообразные продукты β и энергозатраты на получение неперелых γ от τ (рис. 4), а также зависимости $\beta(E)$, $\gamma(E)$ (рис. 5). Отрицательные значения η в кислородной среде (см. рис. 3) объясняются добавочным теплом, выделяющимся в реакторе за счет окисления. Сопоставление данных, приведенных на рисунках, показывает, что процесс импульсного пиролиза более чувствителен к E , чем к τ . Низкие абсолютные значения β и γ объясняются сравнительно невысокой удельной энергией облучения сырья [1, 2].

Приведенные экспериментальные данные отражают высокую чувствительность процесса к энергии и длительности импульса облучения, а также возможность приближения к термодинамически возможным значениям η при исключенной из технологической цепи стадии «закалки». Таким образом, импульсные процессы повышают эффективность высокотемпературной конверсии углеводородов и представляют наиболее приемлемыми с точки зрения создания высокоэнтальпийных газовых сред для некоторых процессов высокотемпературной технологии [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Слынько Л. Е., Гутман Б. Е. и др. Докл. АН Таджикской ССР, 1973, 16, 12, 41.
2. Вурзель Ф. Б., Гутман Б. Е., Эпштейн И. Л. и др. ХВЭ, 1975, 19, 1, 55.
3. Герасимов М. В. Письма в Акустический журнал, 1979, 5, 5, 36.
4. Gerasimov M. V., Mukhin L. M. Lunar and Planetary Sci. 15. Lunar and Planetary Inst. — Houston, 1984.
5. Ramsden S. A., Davies W. E. Phys. Rev. Letters, 1964, 13, 227.
6. Сурис А. Л. Термодинамика высокотемпературных процессов. — М.: Металлургия, 1985.
7. Гутман Б. Е. Сварочное производство, 1986, 8, 36.

Поступила в редакцию 29/I 1987,
после доработки — 26/IV 1987