

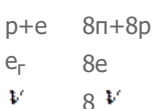
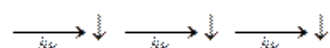
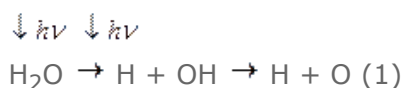
# Энергетика пучкового зажигания плазмы в воде

Вачаев А.В., Иванов Н.И., Павлова Г.А.  
Магнитогорская государственная горно-металлургическая академия им. Г.И.Носова

Экспериментами, выполненными на энергоустановках с использованием водяной плазмы, возбуждаемой пучковым способом в специальном реакторе, показана возможность преобразования метрики исходного материала (воды или водно-минеральных смесей - пульп, суспензий и т.п.) с получением электрической энергии и элементов, отсутствующих в исходном материале. Разработанной схемой процесса, названного дейтонизацией, предусматривается, что под воздействием пучка заряженных частиц (разряд конденсатора) молекулы воды распадаются на атомы водорода, кислорода, гидроксильной группы с последующей полной ионизацией водорода, кислорода, диссоциацией гидроксильной группы с ионизацией составляющих группу элементов с последующим преобразованием элементов на уровне элементарных частиц.

Описанный механизм диссоциации и ионизации молекул и атомов представляет собой фазовые превращения, начиная с переходов 1 и кончая переходами 4 рода. Четких границ между ними практически провести не удастся, но для отдельных элементов, например водорода, можно определить температурные интервалы существования устойчивых состояний - молекулярного, атомного, дейтонного и т.д.

Попытки использования традиционных термохимических моделей для описания фазовых переходов для рассматриваемого случая не дали удовлетворительных результатов, т.к. традиционная термохимия рассматривает состояние вещества на ионном уровне, при котором индивидуальные характеристики и свойства материалов остаются неизменными, хотя кластерная и (или) кристаллическая структура их может существенно меняться. Кроме того, эти изменения довольно инерционны во времени и не могут конкурировать по скорости реакций с процессами на уровне фазовых переходов в сильных электромагнитных полях, возбуждаемых высокоэнергетическими пучками заряженных частиц в некотором реакционном объеме /1,2,3/. Нами показано, что дейтонизация воды развивается по схеме/4/:



Из перечня элементарных частиц, образующихся при дейтонизации элементов молекул воды, стабильны электрон  $e$ , протон  $p$  и нейтрино  $\bar{\nu}$ . Время жизни нейтрона  $n$  при этом равно  $1,11 \cdot 10^3$  с, после чего дополнительно имеем (по схеме)  $n \rightarrow p + e + \bar{\nu}$ . Но, несмотря на это, последняя схема в используемом нами реакторе вряд ли реализуется, т.к. время пребывания вещества в дейтонном состоянии в реакционной зоне (порядка 0,02 с) на 4-5 порядков меньше, чем время преобразования нейтрона по приведенной схеме.

Как видно из (1) полная диссоциация воды и составляющих ее элементов (водорода и кислорода) проходит в три стадии: отрыв атома водорода, образование гидроксильной группы и последующая ее диссоциация. Можно предположить, что дейтонизация водорода в данном случае идет параллельно с диссоциацией гидроксильной группы, а дейтонизация элементов водорода и кислорода — после дейтонизации отщепленного ранее атома водорода.

Исследованиями термодинамики системы из четырех фаз (вода, водород, гидроксильная группа, кислород) установлено, что система относится к сильно полярным, для которых  $\psi$ -фактор равен 0,525, а паракор  $P=1,586/5$ . Расчет критических параметров системы при этих данных показывает, что плотность системы в реакторе равна плотности воды, критическое давление  $P_k = (32,12 \dots 36,75) \cdot 10^5$  Па.

Расчет критических температур, выполненный по методике, предлагаемой Ю.Б.Румером и М.Ш.Рывкиным/1/, дает следующие величины:

- температура диссоциации воды на водород и гидроксильную группу с дейтонизацией водорода со степенью его ионизации  $\alpha \approx 0,6$  равна  $T_H = 14298$  К;
- температура диссоциации гидроксильной группы с последующей дейтонизацией продуктов (водорода и кислорода) диссоциации со степенью ионизации всех продуктов реакции  $\sum \alpha \approx 0,6$   $T_{H, C. \text{полн.}} = 45225$  К;
- температурный интервал диссоциации и ионизации  $\alpha = 0,6$   $\Delta T = 30926,6$  К.

Опираясь на термодинамические категории, для полярных соединений (с  $\psi > 0,1$ ) возможно определение теплот переходов по формуле Лайоша /5/:

$$\Delta H_{\text{пер}} = 419 \cdot T_{\text{пер}}^{1,226} + \Delta H_{\text{иониз.}} \quad (2)$$

дающей точность расчетов порядка 10 %; здесь  $\Delta H_{\text{иониз.}}$  - теплота ионизации элементов, подвергающихся дейтонизации. Соответственно температурам переходов имеем:

- диссоциация воды на водород и гидроксильную группу с дейтонизацией водорода:  $\Delta H_{\text{пер}} = +7,0357$  кДж/моль;

- диссоциация гидроксильной группы с дейтонизацией продуктов реакции:  $\Delta H_{\text{пер}} = -0,992$  кДж/моль.

Практически полученные результаты свидетельствуют, что выделение энергии при дейтонизации начинается только тогда, когда в пределах реакционной зоны все элементы будут полностью дейтонизированы, чего обычными физико-химическими методами воздействия на вещество добиться невозможно. Об этом свидетельствуют и данные о длительности процессов плазмообразования в плазмохимических реакторах /3/. Полагая течение плазмы в реакторе стационарным и одномерным с равномерным перемешиванием продуктов реакции, по аналогии с конверсией

метана по схеме Касселя, константы скоростей реакций диссоциации воды по схеме (1) могут быть записаны в виде уравнений:

$$k_i = (d[H_2O]) / ([H_2O]dt) = L_i \exp(-E_{ai} / RT_i), \quad (3)$$

где  $L_i$  - предэкспоненциальный множитель, концентрация  $i$ -того компонента в смеси;

$E_{ai}$  - энергия активации диссоциации (дейтонизации)  $i$ -того компонента;

$T_i$  - температура  $i$ -того процесса преобразования метрики исходной среды.

Согласно (3) время протекания процесса определится как  $\tau_{oi} = 1/k_i$ , т.е. оно равно времени индукции диссоциации (или дейтонизации) преобразований в системе. При такой трактовке время полного завершения отдельного ( $i$ -того) этапа конверсии воды до элементарного состава записывается как:

$$t_i(T) = t_{oi} \exp(E_i / RT_i), \quad (4)$$

откуда можно после ряда преобразований /6/ перейти к уравнению скорости протекания реакций:

$$dT/dt = [(T_i - T_{i-1}) * 10^4] / [\exp(E_i / RT_i)], \quad (5)$$

где  $T_{i-1}$  - начальная температура  $i$ -того этапа конверсии.

Этот же вывод следует из анализа уравнения движения, записанного в виде формализованного уравнения Лагранжа:

$$d^2T/dt^2 - m_i L_i (dT/dt) = St_{oi} \exp(E_i / RT_i), \quad (6)$$

где  $m_i = r_i V_i$ ;  $r_i$  - плотность плазмы;  $V_i$  - объем реакционной камеры.

Повышение энергии воздействия на среду (воду), вводимой пучком заряженных частиц со скоростями, соизмеримыми со скоростями движения электронов /7/ и обеспечивающими подъем температуры до  $10^5$ - $10^6$  К за время  $t_n = 8 * 10^{-9}$ - $5 * 10^{-12}$  с, ведет к коренному изменению механизма ионизации воды и дейтонизации водорода и кислорода. Процесс полной деструкции воды до элементарных частиц можно считать одностадийным, т.к. устойчивость гидроксильной группы (ОН) при  $T = 10^5$ - $10^6$  К стремится к нулю. В этом случае для определения энергетического эффекта реакции дейтонизации формулой (2) воспользоваться не представляется возможным из-за отсутствия информации о протекании процесса.

Для случая пучкового зажигания плазмы воспользуемся уравнением импульсов моментов количества движения Лагранжа, дополненного уравнением инварианта

уравнения  $\gamma$ -функции Вейерштрасса с периодами  $\omega_1$  и  $\omega_2$  /6/:

$$\frac{d^3 T}{d\tau^3} - M \tau_0 \left( \frac{d^2 T}{d\tau^2} \right) = r \left( \frac{d^2 T}{dV^2} \right) - \left( \mu \mu_0 \left( \frac{d^2 H}{dT^2} \right) + \varepsilon \varepsilon_0 \left( \frac{d^2 E}{dT^2} \right) \right)$$

$$\rho = \int_{\omega_2}^{\omega_1} \omega d\omega \left( \sqrt{4\omega^3 - g_2\omega - g_3} \right)$$

$$g_2 = -4(e_1 e_2 + e_1 e_3 + e_2 e_3)$$

$$g_3 = 4e_1 e_2 e_3;$$

$$e_1 = \rho \left( \frac{\omega}{2} \right);$$

$$e_1 = \rho \left( \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \right);$$

$$e_3 = \rho \left( \frac{\omega_2}{2} \right);$$

$$\omega = 2\pi f; \quad \text{где}$$

$f$  - частота колебаний плазмы;

$\mu, \mu_0$  - относительная магнитная проницаемость плазмы и магнитная постоянная;

$\varepsilon, \varepsilon_0$  - относительная электрическая проницаемость и электрическая постоянная;

$M$  - масса плазмы;

$V$  - объем реактора;

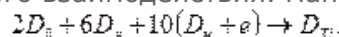
$E, H$  - напряженность электрического и магнитного полей реактора.

Следует заметить, что система уравнений (7) представляет собой незамкнутую систему с открытым правым концом без каких-либо начальных и граничных условий, что предполагает весьма трудоемкое решение, при выполнении которого предпочтение следует отдавать интегрированию справа, т.е. начиная с открытого конца.

На рис.1 представлены результаты решения задач по определению энергетической эффективности функционирования реакторов с разными способами зажигания плазмы в воде. Из графиков видно, что наибольшую эффективность имеет импульсно-пучковое зажигание, которое при определенных условиях может обеспечить расщепление дейтонов до элементарных частиц - термоядерную реакцию. Длительность развития процесса дейтонизации в данном случае не превышает  $10^{-12} \div 10^{-10}$  с, обеспечивая подъем температуры в реакторной зоне до  $(1000 \div 2500) \cdot 10^3$  К и выход энергии  $60 \div 70$  кДж/моль (без учета ее кумуляции).

Промышленный интерес вызывают процессы дейтонизации при  $T = (300 \div 400) \cdot 10^3$  К, при которых выход энергии не превышает  $30 \div 35$  кДж/моль по сравнению с энергозатратными плазмохимическими реакторами, в которых при  $T_{\max} = 50000$  К выход энергии не превышает 1 кДж/моль.

Рассматривая обратные процессы, т.е. закалку продуктов реакции дейтонизации, было найдено, что синтез элементов из дейтонов кислорода и водорода в сильных электромагнитных полях обеспечивается магнитным обжатием продуктов на границе реакционного объема, где обеспечивается сближение нейтронов и протонов (или их групп - дейтонов) на расстояние действия сил сильного взаимодействия. Например,



образование ядра титана представляется возможным  $2(8n + 8p) + 6p + 10(p + e) \rightarrow D_{88}$ , по схеме:

где реакция  $p + e \rightarrow n$  при  $T > 100000$  К протекает за  $10^{-9}$  с.

Учитывая энергию образования элементов, можно утверждать, что синтез и закалка последних из смеси дейтонов и восстановление электронных оболочек (на выходе из реакционной зоны) длится  $10^{-9} - 10^{-5}$  с, т.е. процесс идет быстрее, чем деструкция воды в плазмохимических реакторах.

Расчетным путем установлено, что избытка элементарных частиц в системе практически не остается, кроме 3-5% от общего числа электронов, образующегося при дейтонизации воды. Более массивные дейтоны после закалки образуют 20-25% твердых веществ за пределами реакционной зоны. Экспериментально установлена их весьма низкая химическая активность, кристаллографическими исследованиями - совершенная симметрия образующихся элементов.

В заключение необходимо отметить, что дейтонизация вещества высокоэнергетическими пучками элементарных частиц отлична по механизму от плазмохимических методов зажигания плазмы и нуждается в глубокой теоретической проработке, на основании чего можно разрабатывать новые технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Румер Ю.Б., Рыбкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М.: Наука, 1977. 552 с.
2. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высшая школа, 1973. 480 с.
3. Артамонов А.Г., Володин В.М., Авдеев В.Г. Математическое моделирование и оптимизация плазмохимических процессов. М.: Химия, 1989. 224 с.
4. Вачаев А.В., Иванов Н.И. Энергетика и технология структурных переходов. Магнитогорск: Изд. МГМА, 1994. 190 с.
5. Морачевский А.Г., Сладков И.Б. Термодинамические расчеты в металлургии: Справочник. М.: Металлургия, 1985. 136 с.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Пер. с англ. М.: Наука, 1973. 832 с.
7. Физическая энциклопедия, в 3-х т. Т.3 / Под ред. А.М. Прохорова. М.: Больш. Росс. Энциклопедия, 1992. 672 с.

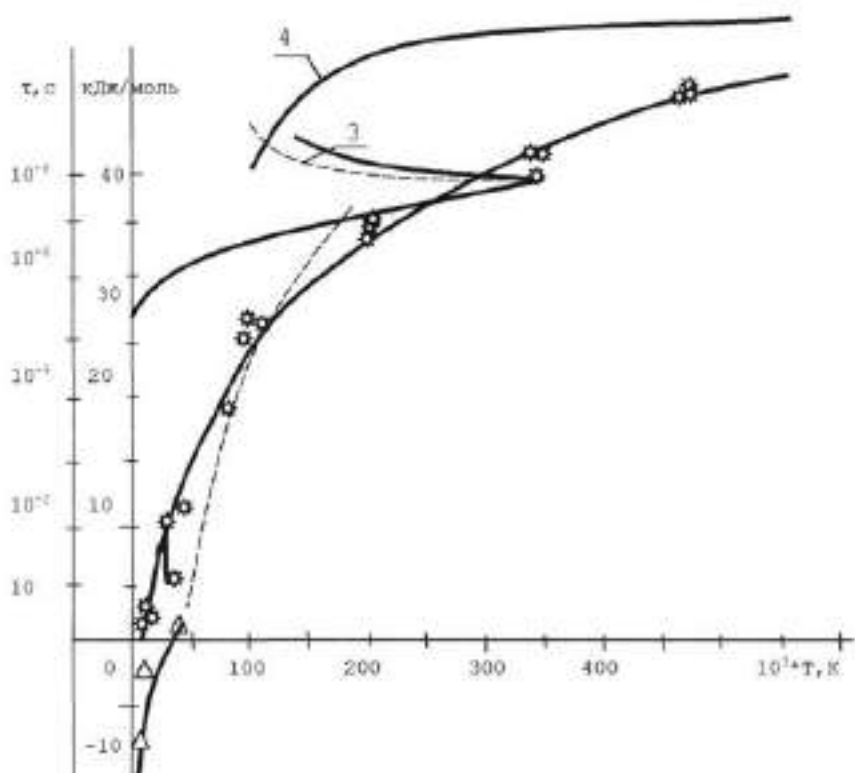


Рис.1. Теоретический выход энергии при полной деструкции воды:

- 1 - термохимический реактор;
- 2 - дейтонизация воды при включении реактора «Энергонива»;
- 3 - стабильная работа реактора;
- 4 - импульсно-пучковое включение реактора;
- 5 - импульсно-разрядный реактор;
- 6 - длительность этапа деструкции воды при разных способах зажигания плазмы.

УДК 66.01:533.9

Вачаев А.В., Иванов Н.И., Павлова Г.А. Энергетика пучкового зажигания плазмы в воде

Рассмотрены термодинамические характеристики работы плазмо-химического реактора, определены температуры стадий деструкции воды и составляющих ее элементов до элементарных частиц и энергетический потенциал реактора. Приведены экспериментальные данные по пучковому зажиганию плазмы в воде, произведено сравнение двух способов и к реализации рекомендовано пучковое зажигание.

