

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ С ПЕРЕМЕННОЙ ВАЛЕНТНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗРЫВА В ЖИДКОСТИ

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,
пр. Октябрьский 43-А, г. Николаев, 54018, Украина*

**Николаевский государственный педагогический университет Украины,
ул. Никольская, 24, г. Николаев, 54030, Украина*

В работе [1] авторами исследовались возможности существенного усиления электрического взрыва в экзотермических жидкостях за счет введения солей железа. Соли металла добавлялись к основному раствору перхлората натрия в воде и этиленгликоле. Увеличение периода пульсации объяснялось каталитическим ускорением горения за счет комплексообразования вида $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+3}$. Вода, входя в комплекс при постоянной общей концентрации в растворе, создает участки со своей пониженной концентрацией. Эти участки оказываются более реакционно-способными.

В настоящей работе представлены более систематические данные о влиянии количества добавки катализатора на период пульсации $T_{\text{п}}$ парогововой полости. В качестве катализаторов нами предложены соли (перхлораты, хлораты, нитраты) металлов с переменной валентностью [2–4].

К этой группе относится так называемая группа железа, начиная с Sc и заканчивая Ni. Для большинства атомов рассматриваемой группы основной конфигурацией является $nd^{k+1}(n+1)s$, им соответствуют сравнительно близкие уровни энергий [2–4]. Электронным конфигурациям, содержащим несколько d -электронов, соответствует большое число термов, часть которых имеет высокую мультиплетность. Вследствие этого спектры рассматриваемых элементов характеризуются чрезвычайным богатством линий.

Поскольку уровни первых возбужденных конфигураций и основной – сравнительно близки в спектрах элементов с d оптическими электронами, обнаруживается интенсивное поглощение в видимой и ультрафиолетовой областях [2–4].

Исследования проводились на стенде с параметрами: напряжение $U = 20$ кВ, индуктивность контура $L = 1,1$ мкГ, емкость конденсатора $C = 3$ мкФ, запасенная энергия $E = 600$ Дж. Испытывались 12 экзотермических составов, теплота взрыва Q_v , которых варьировалась от 1 до 4,5 кДж/г. Составы можно разделить на две группы: растворы с $Q_v > 3,5$ кДж/г и растворы с $Q_v < 3,5$ кДж/г. Состав с $Q_v > 3,5$ кДж/г детонирует в режиме низкоскоростной детонации, скорость горения и величина выделившейся энергии составляет значительную величину как при иницировании провололочкой, так и коронным разрядом.

Группа экзотермических составов с $Q_v < 3,5$ кДж/г не детонирует, получить энергетическую добавку для таких составов удается только с помощью коронного разряда. Особенно подробно исследовался состав, в дальнейшем именуемый базовым: перхлорат натрия, этиленгликоль, вода. Такой раствор содержит минимальное количество воды, обеспечивающее отсутствие детонации. В табл. 1 представлены некоторые результаты исследований этого раствора. Содержание воды варьировалось при стехиометрическом соотношении перхлората натрия и этиленгликоля. Энергетические добавки ΔE вычислялись по соотношению к разряду в воде $\Delta E = E - 34$ Дж для разрядного промежутка $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м, $E = E - 44$ Дж для $l = 10^{-2}$ м. Средняя энергия пульсирующей полости в воде при $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м составляет 34 Дж, при $l = 10^{-2}$ м составляет 44 Дж. Данные табл. 1 показывают существенное увеличение энергии пульсирующей полости по сравнению с оптимальным взрывом проволоочки в воде. Более значительный рост энергии можно получить за счет использования составов более высокого теплосодержания, однако такие растворы способны детонировать в низкоскоростном режиме. Такой путь наращивания мощности связан со значительными трудностями обеспечения

безопасности работ [5]. Более приемлемым является увеличение скорости горения с помощью катализаторов.

Таблица 1. Результаты исследования базового состава

Раствор	Содержание воды, %	l , 10^{-3} м	T_n , мс	E , Дж	ΔE , Дж
Вода	100	5	8,0	35	
		10	8,5	42	
Базовый	22	5	20,8	616	572
		10	10,2	73	39
Базовый	25	5	18,0	389	365
		10	10,8	86	42
Базовый	28,4	5	15,8	270	236
Базовый	32,2	5	12,8	143	109
Базовый	37,3	5	12,0	118	84

1. Влияние количества добавки катализатора на энергию парогазовой полости

Для получения более систематических данных о влиянии добавки катализатора изучена зависимость периода пульсации T_n от концентрации в растворе катализатора, содержания воды, электропроводности и параметров разрядного контура.

В табл. 2 представлены результаты измерений энергии пульсации парогазовой полости для составов, полученных добавлением к базовому раствору с 34% содержанием воды солей кобальта: перхлората $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$ и хлорида CoCl_2 в количестве 0,53 – 0,54 моль/л при двух значениях разрядного промежутка.

Таблица 2. Увеличение энергии парогазовой полости при электрохимическом взрыве базового раствора с добавками катализатора

Катализатор	l , 10^{-3} м	ПАА, %	E_n , Дж
CoCl_2	5	–	515
$\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$	5	–	494
CoCl_2	5	3	510
$\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$	5	3	612
CoCl_2	10	–	162
$\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$	10	–	121
CoCl_2	10	3	149
$\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$	10	3	208
Базовый	5	–	120
Базовый	10	–	55

Из данных табл. 2 видно, что введение в базовый раствор CoCl_2 и $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$ обеспечивает рост энергии парогазовой полости электрохимического взрыва в ~ 4 раза.

Загущение раствора полиакриламидом (ПАА) в соотношении 3 весовые части на 100 весовых частей раствора приводит к дополнительному росту энергии для катализатора $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$ при $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м. Вероятно, сказывается увеличение вязкости раствора, что приводит к уменьшению предпробойных потерь за счет падения электропроводности [6]. Желатинизация увеличивает КПД преобразования электрической энергии в механическую.

На рис.1 представлена зависимость периода пульсации парогазовой полости от концентрации в базовом растворе перхлората никеля. Кривые 1–3 соответствуют разрядным промежуткам $l = 5 \cdot 10^{-3}$; $8 \cdot 10^{-3}$; 10^{-2} м.

Концентрацию $\text{Ni}(\text{ClO}_4)_2$ изменяем за счет перхлората натрия, соблюдая, однако, нулевой кислородный баланс раствора. Содержание воды поддерживалось равным 26%. Зависимость периода пульсации для $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м представляет собой насыщающуюся кривую, причем насыщение наступает

при концентрациях перхлората никеля 0,5 – 2%. При $l = 10^{-2}$ м кривая также стремится к насыщению, однако это достигается значительно позже. Для этой кривой характерна слабая зависимость периода пульсации от количества перхлората никеля при малых концентрациях. Все кривые имеют точку перегиба, которая сдвигается в сторону роста концентрации $\text{Ni}(\text{ClO}_4)_2$ с увеличением l и, следовательно, с падением напряженности поля U/l . Наличие точки перегиба показывает, что существуют два периода некоторой независимости скорости горения от концентрации катализатора, между которыми меняется механизм реакции. Смена этого механизма определяется не только составом раствора, но и характеристиками поля U/l .

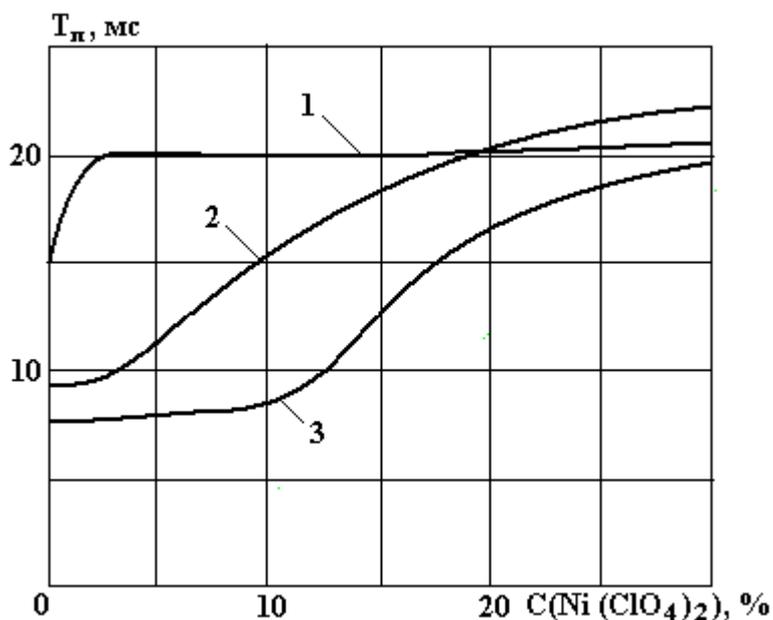


Рис.1. Зависимость периода пульсации парогазовой полости от концентрации перхлората никеля. $l, \text{ м: } 1 - 5 \cdot 10^{-3}; 2 - 8 \cdot 10^{-3}; 3 - 10^{-2}$

Аналогичные зависимости получены для раствора с добавкой нитрата железа (рис.2), содержащего 26% воды. Некоторые различия имеются в концентрациях катализатора, при которых достигается насыщение зависимости $T_n = f(C)$, в случае нитрата железа насыщение наступает несколько позже при $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м, $C = (1,5 - 3)\%$. Для обоих растворов наблюдаются примерно одинаковые зависимости периода пульсации от количества добавки катализатора как в характере кривых, так и в значении увеличения периода пульсирующей полости.

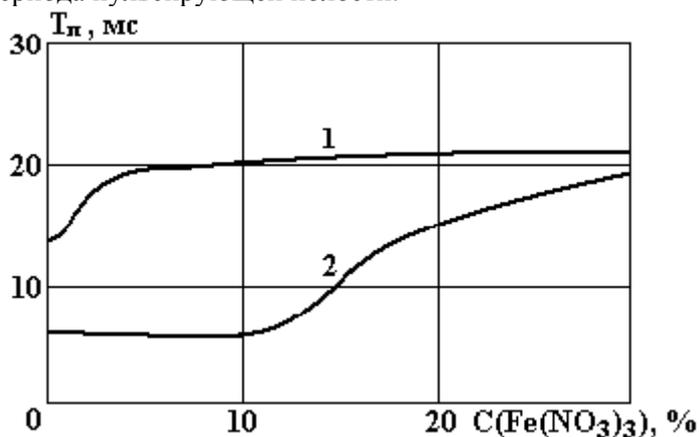


Рис.2. Зависимость периода пульсации парогазовой полости от концентрации нитрата железа. $l, \text{ м: } 1 - 5 \cdot 10^{-3}; 2 - 10^{-2}$

При $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м период пульсации быстро растет до некоторого значения, которое в дальнейшем практически не изменяется. При $l = 10^{-2}$ м увеличение начинается при значительно большей

концентрации добавки катализатора, причем во всем изученном диапазоне изменения концентрации насыщение не достигнуто.

2. Влияние содержания воды в экзотермических жидкостях на каталитические свойства солей металлов

Для экзотермического состава с добавкой перхлората кобальта (11,4%) исследована зависимость периода пульсации от содержания воды при разрядном промежутке, равном $5 \cdot 10^{-3}$ и 10^{-2} м (рис.3). Из рис. 3 следует, что относительно быстрое уменьшение периода пульсации для $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м (кривая 1) начинается при содержании 50% воды в составе, то есть при гораздо большем разбавлении, чем у базового раствора (кривая 2). Для разрядного промежутка $l = 10^{-2}$ м быстрое уменьшение периода пульсации начинается при меньших значениях концентрации воды (1' и 2'). Для концентрации кобальта (6,3%) уменьшение периода пульсации начинается при меньшем содержании воды, чем в предыдущем случае (рис. 4, кривые 1, 2).

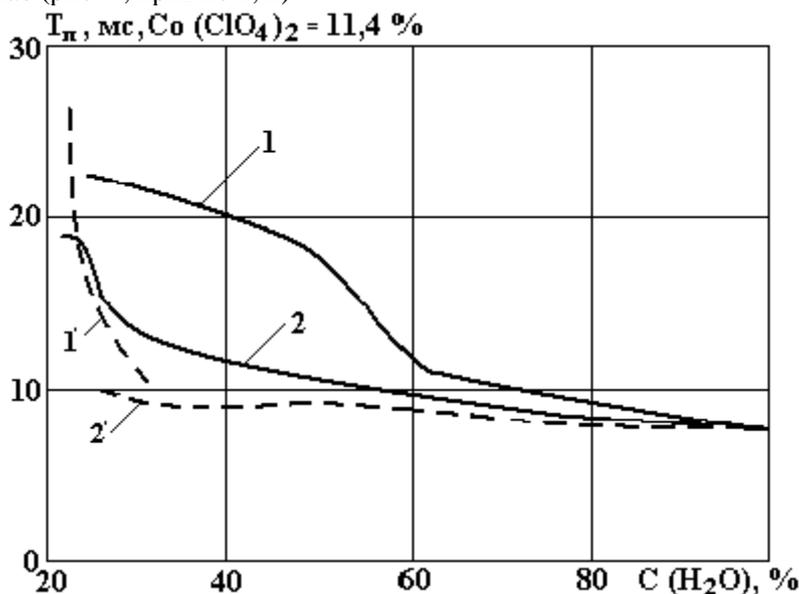


Рис.3. Период пульсации парогазовой полости в растворе перхлората кобальта.

1 – раствор с кобальтом; 2 – базовый раствор;

$l, м: 1, 2 - 5 \cdot 10^{-3}$ – сплошные линии, 1', 2' – 10^{-2}

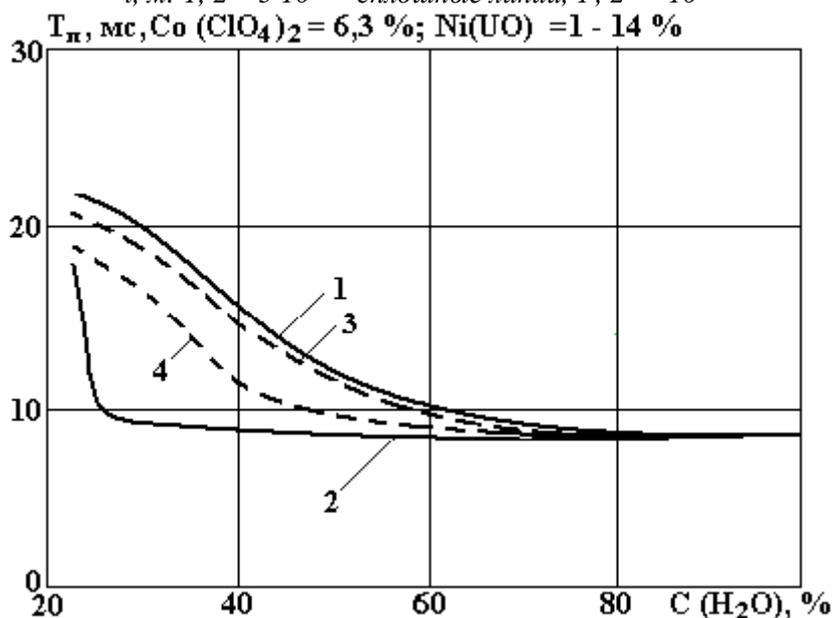


Рис. 4. Период пульсации парогазовой полости в растворах перхлората кобальта (6,3 %) и перхлората никеля (1 и 14%). $Co(ClO_4)_2$, 6,3%, 1 – $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м; 2 – $l = 10^{-2}$ м; $Ni(ClO_4)_2$, 1%, 3 – $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м; 14% 4 – $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м

Влияние концентрации воды на период пульсации парогазовой полости при взрыве экзотермических составов, содержащих перхлорат железа (15 – 70%), показано на рис. 5. Сравнение периода пульсации для экзотермических растворов с катализаторами $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ (кривая 1), перхлората кобальта с концентрациями 11,4% (кривая 2) и 6,3% (кривая 3) для $l = 10^{-2}$ м представлено на рис.6. Из рисунка следует, что у перхлората железа более высокая активность.

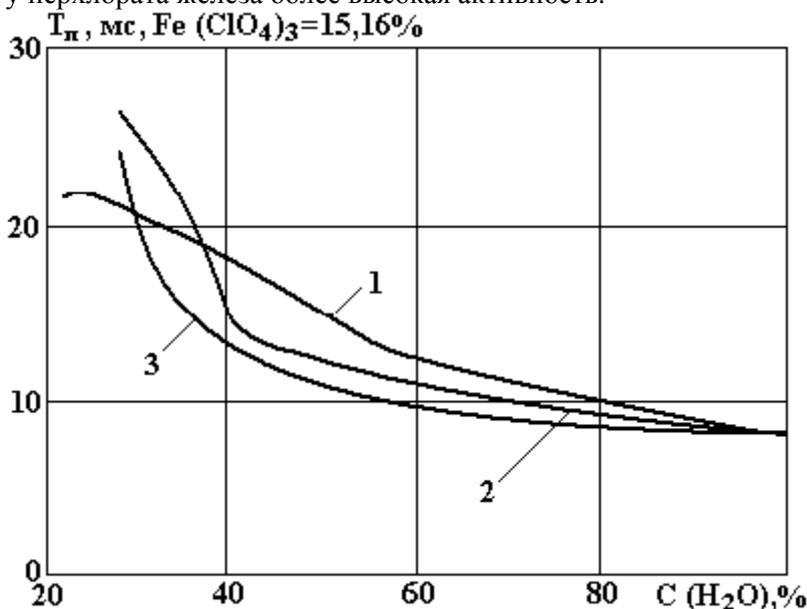


Рис.5. Период пульсации парогазовой полости в растворе перхлората железа (15,76%).

$l, \text{ м: } 1 - 5 \cdot 10^{-3}; 2 - 8 \cdot 10^{-3}; 3 - 10^{-2}$

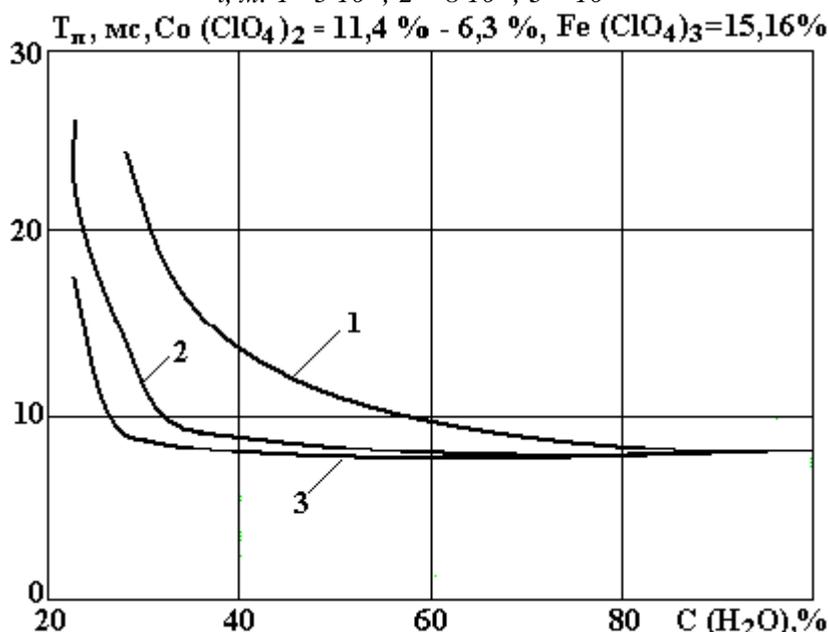


Рис.6. Период пульсации парогазовой полости в растворах перхлората железа и перхлората кобальта ($l = 10^{-2}$ м). 1 – $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$, 15,76%; 2 – $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$, 11,4%; 3 – $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$, 6,3%

Для $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м активность кобальта при концентрации 11,4% практически совпадает с активностью железа. Растворы, содержащие 6,3% $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$ и (1 – 14)% $\text{Ni}(\text{ClO}_4)_2$, дают более низкие значения периода пульсации парогазовой полости.

3. Влияние электропроводности экзотермических жидкостей на период пульсации парогазовой полости

Существенное влияние на возможность и особенности взрыва экзотермической жидкости оказывает ее электропроводность. В свою очередь, характер пробы во многом определяет энергетические параметры электрохимического взрыва.

Результаты измерений низковольтной электропроводности базового раствора и растворов с содержанием 15,76% $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ и 11,4% $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$ представлены на рис.7 (кривые 1 – 3 соответственно) в виде зависимости от содержания воды в системе.

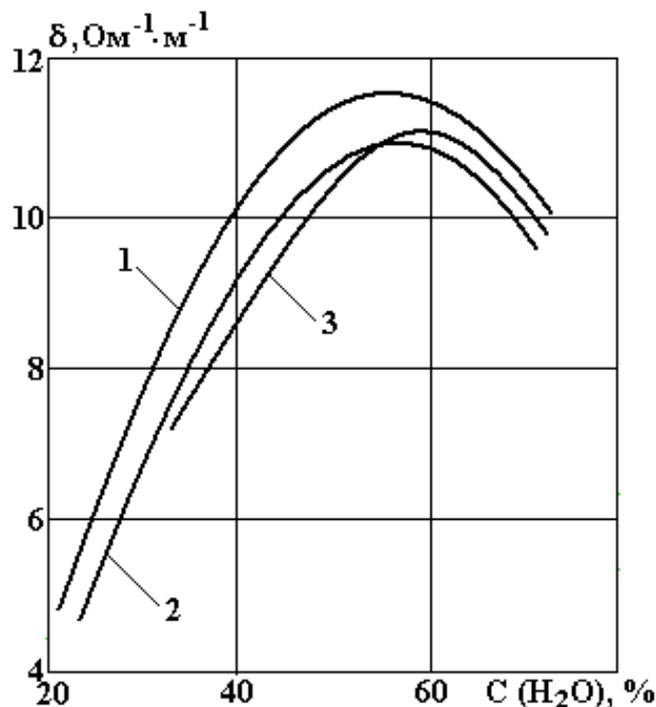


Рис. 7. Электропроводность базового раствора при добавлении различных перхлоратов.
1 – базовый раствор; 2 – $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$, 15,76%; 3 – $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2$, 11,4%

Соотношения остальных компонентов между собой поддерживались постоянными. Все три зависимости имеют вид кривых с максимумом значения электропроводности в области (55 – 60)% содержания воды. Объяснение появления максимума состоит в следующем. При разбавлении концентрированного раствора увеличивается степень его диссоциации. При достижении степени диссоциации, близкой к единице, электропроводность раствора начинает уменьшаться вследствие снижения концентрации растворенных солей.

При увеличении содержания перхлората никеля или нитрата железа электропроводность раствора слабо уменьшается. Введение в состав 0,5% перхлората никеля меняет электропроводность менее чем на $0,05 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$. Такое же изменение электропроводности может дать уменьшение воды в растворе на 0,06%.

Тем не менее, период пульсации при введении этого количества $\text{Ni}(\text{ClO}_4)_2$ увеличивается с 13 до 18 мс, а энергия пульсирующей полости – от 150 до 420 Дж, то есть почти в три раза. При изменении электропроводности базового состава на указанную величину за счет уменьшения воды период пульсации практически не изменяется. Аналогичные результаты дают опыты с нитратами железа.

Сопоставления данных зависимости электропроводности от концентрации воды с кривыми $T_{\text{п}} = f[C(\text{H}_2\text{O})]$ не позволяют сделать однозначного вывода о характере связи низковольтной электропроводности и энергии пульсирующей полости. Так, одинаковую ($7,8 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$) электропроводность имеют базовый раствор с 32% воды и составы с катализаторами, имеющие 37,2 и 35,5% воды. Однако базовый раствор при $l = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ дает $T_{\text{п}} = 12,4 \text{ мс}$, а два остальные – соответственно 20,2 и 20,0 мс, хотя теплота взрывчатого превращения у базового раствора несколько выше.

4. Влияние параметров разрядного контура

В воде характеристики разряда определяются в основном четырьмя параметрами разрядного контура: U , C , L и l . В случае экзотермических составов зависимости более сложные, однако зависимость характеристик электрохимического взрыва от этих параметров должна сохраняться.

В зависимости $T_n = f(l)$ для разряда с параметрами: $U = 20$ кВ, $L = 1,1$ мкГ, $C = 6$ мкФ характерным является наличие максимума при некотором значении l . Как показали систематические исследования, значение l тем больше, чем больше концентрация катализатора в растворе при постоянном содержании воды. Так, наибольшее значение $T_n = 21,7$ мс состава, содержащего 14% перхлората никеля и 26% воды, получено при $l = 7 \cdot 10^{-3}$ м. Наибольшее значение $T_n = 23$ мс для состава, содержащего 30% $Ni(ClO_4)_2$ и 26% воды, зафиксировано при $l = 8 \cdot 10^{-3}$ м. По-видимому, возрастающая ветвь кривых $T_n = f(l)$ объясняется увеличением количества активного вещества, попадающего в зону разряда.

Уменьшение T_n при дальнейшем увеличении l происходит, вероятнее всего, вследствие растекания энергии электрического разряда на больший объем, который данное количество энергии не способно эффективно активировать [7].

Определение зависимости периода пульсации парогазовой полости от напряжения на батарее конденсатора проводилось при поддержании постоянным (600 Дж) количества запасенной в накопителе энергии.

При увеличении напряжения от 20 до 35 кВ период пульсации при электрическом взрыве базового раствора с добавкой 0,1% перхлората никеля (26% воды, $l = 10^{-2}$ м) не увеличился, но уменьшился с 8 до 5,4 мс. При уменьшении напряжения от 20 до 14 кВ период пульсации увеличился с 10,6 до 13,8 мс.

Для этого же раствора при $l = 5 \cdot 10^{-3}$ м уменьшение напряжения от 34,5 до 14 кВ приводит к возрастанию периода пульсации с 11 до 17 мс. Зависимость периода пульсации для базового раствора с добавкой 14,3% $Ni(ClO_4)_2$ имеет максимум при 30 кВ, $T_n = 18,6$ мс.

Таким образом, прямой корреляции между напряжением, периодом пульсации и концентрацией катализатора получить не удалось.

Выводы

Каталитические свойства солей переходных металлов связаны со способностью создания большого числа активных комплексов. Под комплексами переходных металлов понимают устойчивый заряженный или незаряженный агрегат, образованный ионом металла или атомом, непосредственно связанным с группой ионов или нейтральных молекул. Связь между устойчивым атомом и лигандом напоминает ковалентную, но образуется за счет перекрытия не одноэлектронных, а двухэлектронной орбитали лиганда и вакантной орбитали центрального атома. В образовании связи принимают участие заполненные d -орбитали атома переходного металла и разрыхляющей орбитали лиганда [8 – 11].

Известно большое число комплексов переходных металлов, но только их незначительная часть проявляет каталитическую активность. Комплексы могут обладать каталитической активностью в том случае, если они содержат хотя бы одно свободное место в координирующей сфере.

Попытки установить детальный механизм каталитического действия комплексов переходных металлов, осуществляемые на протяжении многих десятилетий, хотя и позволяют предполагать в общих чертах схему процесса, но, тем не менее, остаются невыясненными многие существенные детали.

Обычно удается выделить четыре основные стадии каталитического действия комплексов переходных металлов [8 – 11]: 1. Образование соединений со свободным координационным местом; 2. Координация реагентов; 3. Реакция между координированными молекулами; 4. Регенерация исходных комплексов.

Роль катализатора сводится к снижению энергии активации за счет образования связей между атомами, входящими в состав активного центра, и реагентом. Суммарная скорость реакции может быть выражена в виде [8 – 11]

$$k = A \exp\left(\frac{E^*}{RT}\right),$$

где A – частотный фактор, E^* – энергия активации.

Малые скорости реакции часто связаны с высокими энергиями активации, реакция может протекать только в том случае, если энергия реагентов достаточна для преодоления этого барьера. Присутствие катализатора создает возможность другого пути реакции с иным переходным состоянием.

ем, для которого A может быть больше, а E^* меньше. На центральном атоме комплекса происходит одновременное активирование двух реагентов.

Для выявления механизма увеличения скорости горения и периода пульсации парогазовой полости исследовано влияние содержания воды и электропроводности экзотермических составов, концентрации катализатора, параметров разрядного контура на каталитические свойства солей металлов с переменной валентностью.

Вода, входящая в состав экзотермических растворов, оказывает ингибирующее действие. Это видно из результатов исследования базового раствора (табл. 1). Каталитическое свойство солей металлов связано с понижением активности воды вследствие образования комплексов. Вода, входя в комплекс при постоянной общей концентрации в растворе, создает участки со своей пониженной концентрацией. Эти участки оказываются наиболее реакционно-способными. Если электрическая энергия, вводимая в экзотермический состав, достаточно велика, то даже небольшие добавки катализатора приводят к резкому увеличению скорости реакции и периода пульсации полости. Если электрическая энергия мала, то требуется значительное количество катализатора для того, чтобы связать воду в комплексах и создать большое количество активных “безводных” участков.

Зависимости периода пульсации парогазовой полости от концентрации в растворе катализатора представляют собой насыщающиеся кривые. Они имеют точку перегиба, которая сдвигается в сторону роста концентрации катализатора при увеличении l . Наличие точки перегиба показывает, что существуют два периода некоторой независимости скорости горения от концентрации катализатора, между которыми меняется механизм реакции. Смена этого механизма определяется не только составом раствора, но и характеристиками поля U/l .

Сравнение кривых $T_n = f(Ci)$ для различных концентраций солей металлов показывает более высокую активность перхлората железа. Добавление в базовый раствор 0,53 моль/л солей кобальта $Co(ClO_4)_2$ и $CoCl_2$ обеспечивает рост энергии парогазовой полости электрохимического взрыва приблизительно в 4 раза. Загущение раствора поликриламидом приводит к дополнительному росту энергии пульсирующей полости за счет уменьшения предпробивных потерь [6].

Введение в экзотермический состав перхлората никеля или нитрата железа слабо меняет ее низковольтную электропроводность. Тем не менее, при введении 0,06% $Ni(ClO_4)_2$ период пульсации увеличивается с 13 до 18 мс, а энергия парогазовой полости почти в 3 раза. Исследования позволяют утверждать, что резкое увеличение периода пульсации и энергии парогазовой полости при введении в экзотермический состав солей кобальта, никеля или железа вызвано не только изменением низковольтной проводимости, но, по всей видимости, изменениями, произошедшими в результате формирования высоковольтной проводимости и самого механизма химической реакции. Сопоставление данных зависимости электропроводности от концентрации воды с кривыми $T_n = f[C(H_2O)]$ не позволяет сделать однозначный вывод о характере связи низковольтной электропроводности и энергии пульсирующей полости.

В зависимости $T_n = f(l)$ характерным является наличие максимума при некотором значении l . Значение l тем больше, чем выше концентрация катализатора в растворе при постоянном содержании воды. Возрастающая ветвь кривых $T_n = f(l)$, по-видимому, объясняется увеличением количества активного вещества, попадающего в зону разряда. Уменьшение T_n при дальнейшем увеличении l происходит, вероятнее всего, вследствие растекания энергии электрического разряда на больший объем, который данное количество энергии не способно эффективно активизировать.

Исследования зависимости периода пульсации парогазовой полости от напряжения и индуктивности разрядной цепи проводились при поддержании постоянным (600 Дж) количества запасенной в накопителе энергии. Прямой корреляции между напряжением, индуктивностью, периодом пульсации и концентрацией катализатора получить не удалось.

Таким образом, данные исследований позволяют для конкретного технологического процесса подбором величин l , концентрации воды, катализаторов в экзотермической жидкости получить необходимые величины T_n и энергии парогазовой полости при электрохимическом взрыве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В.В., Щербак А.Н. Каталитические свойства солей железа // Физика импульсных разрядов в конденсированных средах: Тез. Докл. VIII научной школы (сентябрь, 1997 г.). Николаев, 1997.

2. *Собельман И.И.* Введение в теорию атомных спектров. М., 1963.
3. *Спайс Дж.* Химическая связь и строения. М., 1966.
4. *Кондратьев В.Н.* Структура атомов и молекул. М., 1959.
5. *Кутузов Б.Н., Скоробогатов В.М., Ерофеев И.Е. и др.* Справочник взрывника. М., 1988.
6. *Иванов В.В., Щербак А.Н., Иванов А.В.* Влияние структурной перестройки воды на условия формирования высоковольтного электровзрыва // Электронная обработка материалов. 1999. № 2. С. 40 – 41.
7. *Ерыгин А.Т.* Воспламенение взрывчатых смесей от электрического разряда и обеспечения искробезопасности электрических цепей. М., 1980.
8. *Гейтс Б., Кейцир Дж., Шуйт Г.* Химия каталитических процессов. М., 1981.
9. *Денисов Е.Т.* Кинетика гомогенных химических реакций. М., 1988.
10. *Желиговская Н.Н., Черняев И.И.* Химия комплексных соединений. М., 1966.
11. *Лисичкин Г.В., Юффа А.Я.* Гетерогенные металло-комплексные катализаторы. М., 1981.

Поступила 28.05.02

Summary

The reasons for abrupt increase in combustion velocity and pulsation period of vapour-gas cavity development due to introduction of the salts of metals with variable valency into energy extracting compositions are studied. As catalysts such salts of metals as chlorates, perchlorates and nitrates were used. They are the salts of nickel, cobalt and ferrum. It is shown that the dependencies of the cavity pulsation period on the catalyst concentration are saturating curves with some overbending. The existence of the bending point shows that there are two zones of the combustion velocity which are independent on the catalyst concentration. The mechanism of the reaction changes in the region between the zones. Catalysis properties of the metal salts are connected with some decrease in the water activeness owing to the chemical complex formation. The volumes with low concentration of water turn out to be more capable for the reaction. The data of investigations allow to obtain necessary values of the pulsation period and energy for vapour-gas cavity under electric chemical explosions by adjusting the values of the discharge gap, concentration of water and the catalyst in the exothermal liquid for a definite technology.
