

3. Разработана принципиальная схема фурмы для продувки металла, позволяющая генерировать периодические ударные волны в струе кислорода.

1. Баптизмандский В. И. Теория кислородно-конвертерного процесса. — М.: Металлургия, 1975.—176 с.
2. Волчок И. П., Митяев А. А. Ресурсосберегающая технология производства алюминиевых сплавов // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. — Д.: РИА «Днепр-VAL», 2004.—Вып. 26.—С. 246—249.
3. Засухин О. Н., Иванов А. П., Святоха А. Н., Сизов А. М. Нестационарные струи как средство интенсификации металлургических процессов // Матер. 6-й межд. Н.-тех. конф. ученых Украины, России, Белоруссии, 29 сент.—3 окт. Севастополь, 1997.—С. 56.
4. Коваль В. П., Потапов А. В. Математическое моделирование движения жидкости в осесимметричной ванне под действием вдуваемой струи // ИФЖ.—1977.—32, № 3.
5. Косыко И. К., Сокол Г. И. и др. Акустическая фурма для продувки металла в конвертере // Автор. свидетельство № 1195653, 1986.
6. Приходько А. А. Компьютерные технологии в аэродинамике и тепломассообмене. — Киев.: Наук. думка, 2003.—382 с.
7. Сокол Г. И. Повышение эффективности выплавки металлов посредством периодических ударных волн // Строительство,

во, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. Стародубские чтения. — Днепропетровск: ПГАСА, 2003.—Т. 1.—С. 201—205.

8. Сокол Г. И., Тучина У. Н. Импульсные функции в акустических системах // Акустический симпозиум «Консонанс-2003»: Сб. тр. — Киев, 2003.—С. 246—252.
9. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / Под ред. И. П. Голымина. — М.: Сов. энциклопедия, 1979.—400 с.
10. Явойский В. И. Применение пульсирующего дутья при производстве стали. — М.: Металлургия, 1985.—176 с.
11. Явойский В. И., Дорофеев Г. А., Повх И. Л. Теория продувки сталеплавильной ванны. — М.: Металлургия, 1974.—495 с.

IMPULSE FUNCTION IN SIMULATION OF ACOUSTIC INFLUENCE ON MELTS

G. I. Sokol, U. N. Tuchina

Various methods of the intensification of of metal melts are considered. The method of the blast of a bath of liquid metal with periodic strike waves is offered. The relation between the degree of adopting of oxygen and verpressure in a strike wave is obtained. The construction of an acoustic tube for realization of the offered method is developed.

УДК 622.235.2

© И. А. Угрюмов, А. С. Козлов, М. А. Илюшин, И. В. Целинский

Санкт-Петербургский державний технологічний інститут (технічний університет)

ЭНЕРГОЕМКИЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ ИНИЦИИРОВАНИЯ

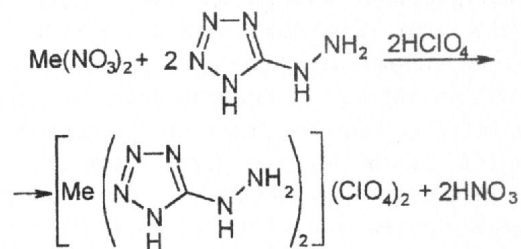
Синтезовані комплексні перхлорати d-металів на основі 5-гідразинотетразолу. Вивчено їхні фізико-хімічні, вибухові властивості, чутливість до лазерного моноімпульсу.

Лазерное инициирование — относительно новый способ подрыва взрывчатых веществ, отличающийся повышенной безопасностью [7]. При лазерном инициировании обеспечивается высокий уровень изоляции светодетонатора от ложного импульса передаваемого по линии связи с импульсным лазером, поскольку в оптическом диапазоне отсутствуют случайные источники с мощностью, достаточной для подрыва детонатора. Светодетонаторы нечувствительны к электромагнитным наводкам и зарядам статического электричества. Одним из основных элементов цепи лазерного инициирования являются светочувствительные энергоемкие вещества.

В качестве таких веществ нами был синтезирован и изучены комплексные перхлораты меди (II), кобальта (II), никеля (II) с 5-гидразинотетразолом (ГТ) в качестве лиганда. Данный выбор основыва-

ется на высокой положительной энтальпии образования 5-гидразинотетразола, мощной окислительной способности перхлорат-иона, высоких потенциалах ионизации катионов d-металлов, что должно привести к получению высокоэнергоемких соединений с коротким участком перехода горения в детонацию, чувствительных к лазерному излучению [4, 5].

Синтез комплексных соединений проводился по схеме [1—3], где Me = Cu²⁺, Co²⁺, Ni²⁺ (см. схему).



Состав и строение полученных соединений были изучены на основе результатов ИК-спектроскопии и элементного анализа. Было установлено, что комплексные перхлораты меди (II), кобальта (II), никеля (II) (соединения I—III соответственно) включают в свой состав два лиганда.

При анализе ИК-спектров полученных металло-комплексов было зафиксировано смещение полос поглощения валентных и деформационных колебаний группы $-\text{NH}_2$ на $20\text{--}30\text{ см}^{-1}$ по сравнению со свободным лигандом ($3360, 1680\text{ см}^{-1}$). Полосы поглощения в области тетразольного цикла ($1190, 1040\text{ см}^{-1}$) также претерпели некоторые изменения. Данные смещения могут указывать на осуществление координации как по атому азота аминогруппы, так и по гетероциклическим атомам азота. Учитывая координационные числа выбранных нами металлов, а также результаты элементного анализа, подтверждающие, что во всех случаях были получены комплексные соединения, содержащие во внутренней сфере два лиганда, можно предположить, что в полученных соединениях лиганд является бидентатным, что является обычным для комплексных солей подобного типа [3]. Так же была зафиксирована сильная полоса поглощения фрагмента $-\text{ClO}_4^-$ — в области $1100\text{--}1110\text{ см}^{-1}$. Отсутствие расщепления данной полосы указывает на то, что ион ClO_4^- является свободным анионом, и следовательно, не участвует в координации, находясь во внешней сфере комплексного соединения.

В ходе испытаний полученных комплексных соединений I—III на минимальный заряд по гексогену в капсуле-детонаторе № 8 было установлено, что все они относятся к классу инициирующих взрывчатых веществ ($< 0.12\text{ г}$).

Изучение термораспада полученных солей в неизотермических условиях при скорости нагрева $5\text{ }^\circ\text{C}$ в минуту показало, что синтезированные продукты — относительно термостойкие вещества, с температурой $T_{\text{нир}}$ начала интенсивного разложения более $190\text{ }^\circ\text{C}$ (см. таблицу).

Термораспад соединений I, II, III происходит в две стадии. На первой стадии при температуре $245, 200, 190\text{ }^\circ\text{C}$ соответственно наблюдается экзотермический эффект с потерей массы соответствующей распаду одного лиганда и перхлорат-иона ($41.7, 42.1$ и 42.5% соответственно), что связано, очевидно, с окислением гетероцикла внешнесферным анионом. Вторая стадия также сопровождается экзотермическим эффектом ($T_{\text{нир}} = 290, 315, 330\text{ }^\circ\text{C}$ с разложением второго лиганда и оставшегося перхлорат-иона. При температуре $355\text{--}370\text{ }^\circ\text{C}$ наблюдается распад оставшейся массы вещества с образованием и разложением соответствующего оксида

Дериватографический анализ синтезированных комплексных соединений

Процесс термораспада	Температурный интервал, $^\circ\text{C}$	Температура пика эффекта, $^\circ\text{C}$	Остаток, %	
			Найдено	Вычислено
$[\text{Cu}(\text{ГТ})_2](\text{ClO}_4)_2$	30—245 245—290	285	— 58.3	— 56.9
\downarrow $[\text{Cu}(\text{ГТ})]\text{ClO}_4$	290—355 > 355	305	16.1	17.3
\downarrow CuO				
$[\text{Co}(\text{ГТ})_2](\text{ClO}_4)_2$	30—200 200—315	285	— 57.9	— 56.4
\downarrow $[\text{Co}(\text{ГТ})]\text{ClO}_4$	315—360 > 360	345	17.6	16.4
\downarrow CoO				
$[\text{Ni}(\text{ГТ})_2](\text{ClO}_4)_2$	30—190 190—330	310	— 57.5	— 56.4
\downarrow $[\text{Ni}(\text{ГТ})]\text{ClO}_4$	330—370 > 370	350	17.3	16.4
\downarrow NiO				

металла [8—10].

Полученные комплексные соли были испытаны на чувствительность к лазерному моноимпульсу. В ходе испытаний, при энергии излучения $E = 0.2\text{ Дж}$ ($\lambda = 1.06\text{ мкм}$, $\tau_q = 2\text{ мкс}$, диаметр луча $d = 1\text{ мм}$), все полученные вещества детонировали.

Таким образом, комплексные соединения I—III являются достаточно термостойкими инициирующими взрывчатыми веществами, обладающими хорошей восприимчивостью к импульсному лазерному излучению, что позволяет использовать их в лазерных системах инициирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Перхлораты ди(5-гидразинотетразол) медь (II), кобальт (II), никель (II) (соответственно соединения I—III).

К раствору 0.002 моля 5-гидразинотетразола в 10 мл 2-пропанола при температуре $50\text{--}60\text{ }^\circ\text{C}$, подкисленного 5 мл HClO_4 (57%), добавляли раствор нитрата соответствующего металла (0.001 моль) в 10 мл 2-пропанола и выдерживали 1 ч при комнатной температуре и перемешивании. Осадок отфильтровывали, промывали водой, 2-пропанолом и сушили в вакуумном шкафу при $50\text{ }^\circ\text{C}$.

Соединение (I). Найдено: $\text{C} = 5.04\%$, $\text{H} = 2.01\%$, $\text{N} = 36.98\%$. $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_{12}\text{Cl}_2\text{O}_8\text{Cu}$. Вычислено: $\text{C} = 5.20\%$, $\text{H} = 1.73\%$, $\text{N} = 36.36\%$.

Соединение (II). Найдено: $\text{C} = 5.63\%$, $\text{H} =$

= 1.99 %, N = 36.01 %. $C_2H_8N_{12}Cl_2O_8Co$. Вычислено: C = 5.25 %, H = 1.75 %, N = 36.76 %.

Соединение (III). Найдено: C = 4.97 %, H = 2.02 %, N = 37.37 %. $C_2H_8N_{12}Cl_2O_8Ni$. Вычислено: C = 5.25 %, H = 1.75 %, N = 36.76 %.

ИК-спектры в виде пленки или суспензии в вазелиновом масле получены на спектрометре «Perkin-Elmer M-457».

Термографические исследования проводились на измерительном и регистрирующем приборе «Derivatograph» system: F. Paulik, J. Paulik, L. Erdey (Hungary). Интервал 20—500 °С, скорость нагрева 5 К/мин).

Исследования чувствительности к лазерному импульсу проводились на лазерной установке с параметрами: $\lambda = 1.06$ мкм, $\tau_q = 2$ мкс, $E = 0.2$ Дж, $d = 1$ мм.

Образцы были запрессованы в медные колпачки диаметром 5 мм и высотой 2 мм, под давлением 400 кг/см².

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобразования РФ через межвузовскую программу «Химия и химические продукты».

1. Жилин А. Ю., Илюшин М. А., Целинский И. В. и др. Синтез и свойства Перхлората тетраамин-бис(1-метил-5-аминотетразол- N^3, N^4) кобальт(III) // Журн. прикл. хим.—2002.—75, № 11.—С. 1885—1888.
2. Жилин А. Ю., Илюшин М. А., Целинский И. В. и др. Энергоемкие комплексные соединения кобальта(III) с тетраазольными лигандами // Журн. прикл. хим.—2003.—76, № 4.—С. 592—596.

3. Жилин А. Ю., Козлов А. С., Илюшин М. А., Целинский И. В. Новые химические продукты для ракетных технологий // Космічна наука і технологія. Додаток.—2003.—9, № 1.—С. 39—43.
4. Илюшин М. А., Целинский И. В., Чернай А. В. // Рос. хим. журн.—1997.—41, № 4.—С. 81—88.
5. Козлов А. С., Жилин А. Ю., Илюшин М. А. Изучение кинетики термического разложения комплексных инициирующих взрывчатых веществ в неизотермических условиях // Сб. науч. тр. Нац. горной академии Украины.—2001.—№ 11.—С. 51—55.
6. Синдицкий В. П., Фогельзанг А. Е. // Рос. хим. журн.—1997.—41, № 4.—С. 74—80.
7. Таржанов В. И., Литвинов Б. В., Зинченко А. Д. и др. // Горный журн.—1999.—№ 10.—С. 94—98.
8. Угрюмов И. А., Илюшин М. А., Целинский И. В., Козлов А. С. Синтез и свойства светочувствительных комплексных перхлоратов d-металлов с 3(5)-гидразино-4-амино-1.2.4-триазолом в качестве лиганда // Журн. прикл. хим.—2003.—76, № 3.—С. 454—456.
9. Угрюмов И. А., Козлов А. С., Илюшин М. А. и др. О поведении комплекса перхлората ртути с 5-гидразинтетразолом и составов на его основе // Сб. науч. тр. Нац. горной академии Украины.—2003.—№ 18.—С. 21—24.
10. Ilyushin M. A., Tselinsky I. V., Zhilin A. Yu., et al. Coordination Complexes as Inorganic Explosives for Initiation Systems // Energetic Materials.—2004.—12, N 1.—P. 15—19.

ENERGY-INTENSIVE SENSITIVE TO LIGHT MATERIALS FOR LASER INITIATION SYSTEMS

I. A. Ugryumov, A. S. Kozlov, M. A. Ilyushin, I. V. Tselinsky

Complex perchlorate of d-metals with 5-hisrainotetrazols as ligands, are synthesized. Their physical and chemical properties, explosives properties as well as laser beam sensitivity are investigated.

УДК 623.674:662.23.001.365

© М. А. Маренец¹, М. Ф. Буллер¹, В. В. Щербань¹,
В. В. Банишевский¹, С. П. Фомин²

¹Державний НДІ хімічних продуктів, м. Шостка

²Фізико-технічний інститут Дніпропетровського національного університету

ПРИМЕНЕНИЕ БАЛЛИСТИТНОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ДОБЫЧИ РУД С СУЛЬФИДНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

Досліджено хімічну сумісність компонентів вибухових складів, що містять баліститне тверде паливо. Розглянуто особливості застосування баліститного палива у складах з нітратом амонію при добуванні руд, що містять металічні сульфідні.

В последнее десятилетие перед Украиной встала проблема, связанная с необходимостью утилизации значительного количества твердых ракетных топлив и порохов, непригодных к дальнейшему использованию. Согласно экспертным оценкам на

сегодняшний день более чем на двухстах складах Вооруженных Сил Украины хранится около двух миллионов тонн боеприпасов, половина из которых требует утилизации. Учитывая, что в боеприпасах содержится от 10 до 15 % взрывчатых веществ и