

ность утряски указанной смеси значительно выше, чем плотность утряски гидроксиапатита и стеклообразующей смеси.

Так же, возможно в указанной смеси при прессовании существует большая однородность распределения упругих напряжений, чем при прессовании смеси порошков гидроксиапатита и стеклообразующей смеси.

Это объясняет тот факт, что их смесь не имеет расслоя при прессовании.

Установлено, что для порошка гидроксиапатита величина упругого последствия при прессовании может достигать 3 %, а в случае смеси стеклообразующих компонентов его значение может достигать и 4 %.

Можно сделать вывод, что исходные компоненты шихты композитов характеризуются достаточно высокими значениями упругого последствия, которые могут быть объяснены тем, что указанные материалы характеризуются высокой твердостью.

Выводы.

При исследовании прессования порошковых смесей биогенного гидроксиапатита и стеклообразующей шихты для получения биокompозитов выявлены следующие особенности:

- порошковая смесь (биогенный гидроксиапатит и стеклообразующая смесь) при прессовании уплотняется значительно лучше, чем отдельные компоненты этой смеси – биогенный гидроксиапатит и стеклообразующая смесь, что объясняется более высокой плотностью утряски общей смеси всех компонентов;

- при наличии расслоя при отдельно прессованных порошках гидроксиапатита и смеси стеклообразующих компонентов их общая смесь не имеет расслоя при прессовании, что может быть связано с меньшей неоднородностью распределения упругих напряжений в общей смеси при прессовании.

Список литературы: 1. *Oktar F. N.* Microstructure and mechanical properties of sintered enamel hydroxyapatite / *F.N. Oktar* // *Acta Biomaterialia*. – 2007. – Vol. 33, Issue № 7. – P. 1309 – 1314. 2. *Padilla S.* Hydroxyapatite $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5$ glass materials. In vitro bioactivity and biocompatibility / *S. Padilla, J. Roman, S. Sanchez-Salcedo, M. Vallet-Regi* // *Acta Biomaterialia*. – 2006. – Vol. 2, Issue № 3. – P. 331 – 342. 3. *Alcaide M.* Biocompatibility markers for the study of interactions between osteoblasts and composite biomaterials / [*M. Alcaide, M.C. Serrano, R. Pagani et al.*] // *Biomaterials*. – 2009. – Vol. 30. – P. 45 – 51.

Поступила в редакцию 12.06.09

УДК 662.46:678.742.2

Р.В. ЗАКУСИЛО, ГосНИИХП, г. Шостка

Е.А. ПАЩЕНКО, докт. техн. наук, ИСМ им. В.М. Бакуля, г. Киев

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ОКТОГЕНА ДЛЯ ДЕТОНИРУЮЩИХ ВОЛНОВОДОВ

Розглянуто проблеми, пов'язані з одержанням детонувального складу до детонуючого хвилеводу. Розрахунковим шляхом проаналізовані існуючі детонувальні склади низької щільності. Обґрунтовано необхідність використання методу фракційної перекристалізації октогену. Визначено технологічні параметри процесу одержання високодисперсного октогену з ацетонової розчину.

Problems related to the receipt of detonating composition for the shock-tube are considered. The necessity of the use method of fractional recrystallization of oktogen is grounded. The technological parameters of process for receipt of highly dispersible oktogen from acetone solution are experimentally proved.

Наиболее часто используемые в настоящее время в Украине средства инициирования, такие, как детонирующий шнур (ДШ) и электродетонаторы (ЭД), не только не понижают, но и увеличивают опасность проведения взрывных работ.

В настоящее время разработаны и применяются более безопасные иностранные неэлектрические системы инициирования (НСИ) с проводником детонационной волны низкоэнергетического типа – детонирующим волноводом (ДВ), такие, как: «Нонель» фирма Нитро Нобель Швеция, «Эксел» фирма Ай-Си-Ай Канада, «Примадет» фирма Инсайн-Бикфорд США, а также ряд других.

Была поставлена и выполнена задача разработки в Украине аналога вышеуказанных НСИ. Одним из важнейших элементов ДВ является детонирующий состав (ДС) на основе кристаллических бризантных взрывчатых веществ (ВВ) [1].

Для получения работоспособного мелкокристаллического ДС на основании имеющихся данных были проведены исследования рецептуры композиций, безопасности и эффективности существующих детонирующих составов разных типов волновода.

Проведена оценка следующих известных рецептур и методов нанесения детонирующего состава:

а) детонирующий состав [2] представляет собой смесь 91 % октогена

и 9 % порошка алюминия, размер частиц дс 10 – 30 мкм, количество наносимого ДС в полость трубки детонирующего волновода (поверхностная плотность заряда) – 2,7 г/м², диаметр полости трубки волновода 1,3 мм, тогда линейная плотность заряда:

$$P_{\text{лин}} = \rho_n S_n, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{лин}}$ – линейная плотность заряда дс, г/м; P_n – поверхностная плотность заряда дс, г/м²; S_n – площадь внутренней поверхности одного метра волновода, м².

$$S_n = 2\pi r_n l, \quad (2)$$

где r_n – радиус полости волновода, м; l – длина, м (в нашем случае 1).

$$S_n = 0,004082 \text{ м}^2; P_{\text{лин}} = 0,011 \text{ г/м.}$$

Ударная волна при данной плотности заряда достаточна для обеспечения стабильности срабатывания волновода;

б) первый детонирующий состав [3] представляет собой смесь порошка алюминия, бихромата калия и аммонированного сульфата, способ нанесения – продувание, поверхностная плотность заряда – 2,3 г/м², диаметр полости трубки волновода 3 мм, тогда линейная плотность заряда, согласно формулам (1) и (2):

$$S_n = 0,00942 \text{ м}^2; P_{\text{лин}} = 0,0254 \text{ г/м.}$$

Получена скорость распространения фронта детонации 1000 м/с;

в) второй детонирующий состав [3] представляет собой смесь порошка алюминия, бихромата калия и аммонированного сульфата, способ нанесения – продувание, поверхностная плотность заряда – 2,3 г/м², диаметр полости трубки волновода 8 мм, тогда линейная плотность заряда, согласно формулам (1) и (2):

$$S_n = 0,02512 \text{ м}^2; P_{\text{лин}} = 0,0578 \text{ г/м.}$$

Получена скорость распространения фронта детонации 1020 м/с;

г) третий детонирующий состав [3] представляет собой смесь порошка алюминия и бихромата калия, способ нанесения – продувание, поверхност-

ная плотность заряда – 0,239 г/м², диаметр полости трубки волновода 8 мм, тогда линейная плотность заряда, согласно формулам (1) и (2):

$$S_n = 0,02512 \text{ м}^2; P_{\text{лин}} = 0,006 \text{ г/м.}$$

Волновод от КД-8 не срабатывает;

д) четвертый детонирующий состав [3] представляет собой смесь порошка алюминия, бихромата калия и сахара, способ нанесения – продувание, поверхностная плотность заряда – 2,1 г/м², диаметр полости трубки волновода 1,5 мм, тогда линейная плотность заряда, согласно формулам (1) и (2):

$$S_n = 0,00471 \text{ м}^2; P_{\text{лин}} = 0,0099 \text{ г/м.}$$

Получена скорость распространения фронта детонации 1200 м/с;

е) детонирующий состав [4] представляет собой смесь ВВ – тэн или гексоген (52 – 92 %), окислителя (5 – 40 %) и клея – фтороэластомерный клей viton[®], нитроцеллюлоза, полиуретан, бутадиеннитриловая смола, фенолформальдегидная смола или их смесь (1,5 – 8 %), состав наносится методом приклеивания к несущей ленте, являющейся первым слоем волновода;

ж) детонирующий состав волновода к системе Нонель [5] представляет собой смесь октогена и алюминия, количество наносимого ДС в полость трубки детонирующего волновода (линейная плотность заряда) – 20 мг/м, диаметр полости трубки волновода 1,5 мм, тогда поверхностная плотность заряда, согласно формулам (1) и (2):

$$S_n = 0,00471 \text{ м}^2; P_n = 4,25 \text{ г/м}^2.$$

Получена скорость распространения фронта детонации 2100 м/с.

Для получения стабильных детонационных характеристик детонирующего состава был разработан и предложен к использованию метод фракционной перекристаллизации октогена.

Для снижения опасности технологического процесса, в связи с тем, что октоген является бризантными ВВ, предложено использовать фракционную кристаллизацию из раствора [6].

Данный способ позволил получить кристаллы октогена необходимой формы и размеров – тетраэдральная форма, длина грани 50 мкм.

Были проведены исследования по определению физических параметров процесса получения данных кристаллов из ацетонового раствора.

При проведении экспериментальных работ по перекристаллизации было обнаружено большое расхождение в величине кристаллов октогена в зависимости от температурных условий окружающей среды, температуры ацетонового раствора октогена и температуры дистиллированной воды, использованной для осаждения кристаллов из раствора. Так, в зимнее время года, когда температура в лабораторном помещении не превышала 15 °С, насыпная плотность перекристаллизованного октогена не превышала 0,26 г/см³, а в отдельных случаях составляла 0,14 г/см³, что влекло за собой значительное ослабление чувствительности детонирующего состава. В тоже время летом, когда температура в лабораторном помещении достигала 33 °С, насыпная плотность возрастала и достигала 0,4 г/см³. Если в первом случае взвесь выкристаллизовавшегося октогена образовывала на поверхности рабочего раствора пенку, что указывает на высокую дисперсность октогена, то во втором случае кристаллы практически полностью выпадали в осадок.

Поверхностная плотность кристаллов при перекристаллизации в холодных условиях составляла от 4200 до 5000 см², тогда как при перекристаллизации при повышенных температурах – не превышала 3300 см². С целью устранения такого разброса по величине кристаллов, а, следовательно, и в свойствах получаемого детонирующего состава, было принято решение о подогреве ацетонового раствора октогена не только во время растворения октогена, но и во время проведения процесса осаждения кристаллов. Также было решено подогревать дистиллированную воду, посредством которой осуществляется осаждение. При этом температура окружающей среды в лабораторном помещении должна поддерживаться в районе 20 °С, зимой за счет отопления, летом – кондиционирования. Выбор температур осуществлялся экспериментально, результаты эксперимента отражены на диаграмме рис. 1.

Эксперименты по перекристаллизации проводились при температурах, указанных на оси X, в интервале от 14 до 34 °С с шагом в 2 °С.

Из графика видно, что насыпная плотность детонирующего состава, а, следовательно, и величина кристаллов октогена, возрастает с ростом температуры среды, в которой данная перекристаллизация происходит. Однако, при температуре выше 30 °С система приходит в равновесное состояние и рост кристаллов замедляется практически до остановки.

Исходя из расчетных данных, оптимальная насыпная плотность детонирующего состава находится в районе 0,36 г/см³, чего, в соответствии с результатами экспериментов, отображенными на графике рис.1, можно добиться

ся перекристаллизацией при температуре раствора в интервале 26 – 27 °С.

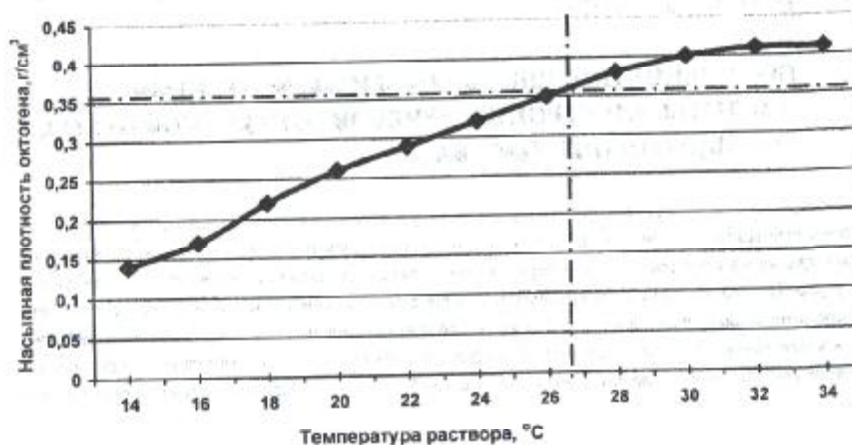


Рис. 1. Зависимость насыпной плотности перекристаллизованного октогена от температуры раствора.

Выводы: исследования детонирующих составов для ДВ дали возможность разработать технологию фракционной кристаллизации октогена и разработать способ получения кристаллов с заданными характеристиками. ДС насыпной плотности 0,36 г/см³ можно получить перекристаллизацией при температуре раствора в интервале 26 – 27 °С.

Список литературы: 1. Создание неэлектрической системы инициирования в Украине / [Б.И. Шаров, В.Н. Филимонов, В.В. Банишевский и др.] // Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск: 2001. – № 11, Том 3. – С. 108 – 113. 2. Пат. 4.493.261 США. Низкоэнергетический взрыватель, состоящий из пластиковой трубки, внутренняя поверхность которой покрыта взрывчатым веществом в виде порошка / Л. Кристинсен. – 11.05.1982. 3. Пат. 4.660.474 США. Проводник ударной волны / Д. Даниэль, Д. дос Сантос. – 28.04.1987. 4. Пат. 6.347.566 В1 США. Метод производства сигнала передающих взрывателей / А.А. Работинский. – 19.02.2002. 5. Nonel system description // Nitro Nobel AB. – Gylltorp: Nora, 1998. – 32 с. 6. Закусило Р.В. Фракционная кристаллизация октогена / Р.В. Закусило, В.К. Лукашев, И.Н. Кургански // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». – Київ: ЗАТ «Техновібус», 2004. – (Серія «Гірництво»). – Вип. 11. – С. 20 – 23.

Поступила в редакцию 23.06.09