

Встановлено, що поєднання таких умов формує загальний принцип нормування рівнів іонізуючих випромінювань, який сформулюється наступним чином: необхідна всебічна об'єктивна оцінка користі, яку отримає суспільство в результаті застосування атомної техніки, і шкоди, обумовленої впливом іонізуючих випромінювань на населення.

Список використаних джерел

1. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки України у 2014 році: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/docscatalog/document>
2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ – 97) [Міністерство охорони здоров'я України: – Офіц. вид.: Бібліотека офіційних видань] – К. : Парлам. вид-во, 1997. – 127 с.
3. Уровни радиоактивного облучения: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://faktorvremeny.wordpress.com/>

Стаття надійшла до редакції 22.11.2015 р.

УДК 66.065.5

Р.В. Закусило, к.т.н., В.В. Банишевский, к.т.н., В.В. Комаров (Шосткинський інститут Сумського державного університета)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ-МОДИФИКАТОРЕ

R. Zakusylo, V. Banyshevskiy, V. Komarov (Shostka Institute of Sumy State University)

STUDY OF PRODUCING CRYSTALS SPHERICAL SHAPE IN THE CRYSTALLIZER-MODIFIER

Приведены результаты исследований процесса кристаллизации в кристаллизаторе-модификаторе с целью получения фракционированных, тонкодисперсных, сферических кристаллов солей. Исследовано влияние параметров потоков на размер и форму кристаллов. Метод является перспективным и позволяет получить кристаллы различных фракций, приближенных по геометрической форме к сферической.

Ключевые слова: взрывчатые вещества; кристаллизация; кристаллизатор; суспензия; сферические кристаллы.

Наведено результати досліджень процесу кристалізації в кристалізаторі-модифікаторі з метою отримання фракціонованих, тонкодисперсних, сферичних кристалів солей. Досліджено вплив параметрів потоків на розмір і форму кристалів. Метод є перспективним і дозволяє отримати кристали різних фракцій, наближені по геометричній формі до сферичної.

Ключові слова: вибухові речовини; кристалізація; кристалізатор; суспензія; сферичні кристали.

The results of studies of the process of crystallization in the crystallizer-modifier to obtain a graded, fine spherical salt crystals. Investigated the influence flow parameters on the size and shape of the crystals. The method is promising and yields crystals of various factions of the approximate geometry of the spherical.

Keywords: explosives; crystallization; crystallizer; suspension; spherical crystals.

Введение. Процессы кристаллизации крайне важны для функционирования химической промышленности, производства промышленных взрывчатых веществ, фармацевтики. Изучение и совершенствование данных процессов, разработка оборудования для кристаллизации, является актуальной задачей.

Применение частиц вещества сферической формы в промышленности позволяет существенно улучшить насыпную плотность и сыпучесть продукта. Степень укладки частиц порошка при заполнении тары определяется их формой, размерами и гранулометрическим составом. Насыпной объем зависит главным образом от взаимного расположения частиц порошка, контактов и сцепления между частицами, а также от междучастичных полостей. Например, для получения пиротехнических составов необходимы высокодисперсные сферические частицы компонентов. При получении дымного пороха окислитель KNO_3 измельчают механическим путем. Известно, что критический диаметр взрывчатых составов на основе перхлората калия для отбойки блочного камня тем меньше, чем более тонкодисперсны кристаллы [1]. Предложенный метод позволяет получать монодисперсные сферические частицы нужного диаметра.

Как известно из литературы, кристаллы нужных размеров можно получать кристаллизацией [2]. Необходимую округлую форму кристалла получают используя эффект истирания механическим путем. Кристаллы в суспензии при больших скоростях движения истирают углы и ребра, превращаясь в округлые частицы. В работе [3] было отмечено, что при скоростях циркуляции суспензии кристаллов в трубах превышающих 2,5 м/с форма кристаллов округляется. То же было отмечено и при повышении интенсивности перемешивания. В соответствии с патентом США [4], сферические кристаллы получают в кристаллизаторе способом попеременного пропускания кристаллов в емкости из зоны кристаллизации в зону растворения.

В настоящее время для получения кристаллов различных солей наиболее применяемым является лопастной роторный кристаллизатор [5]. Суть процесса кристаллизации заключается в перемешивании массы водного раствора соли с постепенным ее охлаждением, благодаря чему гранулы соли высаждаются из раствора, а острые грани истираются от длительного вращения и трения. Метод показал себя в действии с положительной стороны, однако получение кристаллов идеально сферической формы данным способом проблематично. На кристаллы действуют две движущие силы – центробежная сила, создаваемая лопастями мешалки кристаллизатора, и сила тяжести. Перпендикулярно направлению вращению кристаллов действует сила трения. Причем, с увеличением скорости

вращения сила тяжести становится незначительной в сравнении с центробежной силой и, как следствие, кристаллы солей вращаясь в одной плоскости, под действием одной силы, имеют устоявшийся закон вращения. По правилу наименьшего сопротивления, при трении кристалла о поток суспензии (и о другие кристаллы) ось вращения, в основном, будет проходить по центру масс кристалла (образующемуся в геометрически наиболее длинном сечении кристалла). Из чего следует, что кристалл будет расти и округляться за счет трения неравномерно.

Цель и задачи работы. Для устранения неравномерности роста кристаллов и придания кристаллам сферической формы была поставлена задача разработки кристаллизатора-модификатора (КМ) и зональной технологии кристаллизации.

Результаты исследований. Суть процесса кристаллизации в КМ заключается в создании нескольких зон кристаллизации (рис. 1), дополняющих друг друга и имеющих различные законы перемещения массы водной суспензии под действием нескольких физических сил.

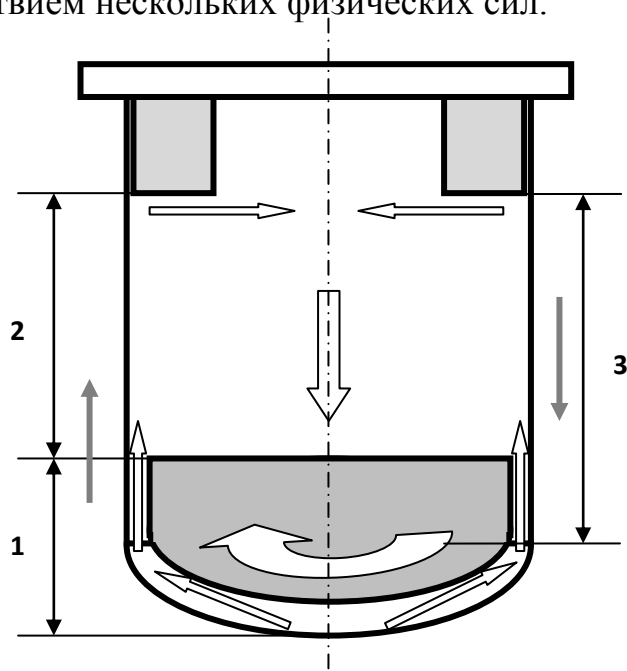


Рис. 1. Схема потоков в кристаллизаторе-модификаторе

В первой (рис. 1, «1») (нижней донной) области кристаллизации основной движущей силой является центробежная сила, возникающая за счет роторной мешалки, повторяющей форму дна кристаллизатора и, за счет управляемого зазора между овальной мешалкой и днищем аппарата, что создает при вращении значительную центробежную силу, способствующую растеканию потока по стенкам обечайки КМ. Вектор движения потока направлен по радиусу кривизны донной части КМ спиралевидно в сторону обечайки. Во второй (центральной околостенной) зоне кристаллизации (рис. 1, «2») поток тонким слоем турбулентно спиралевидно растекается по внутренней полости обечайки. Вектор движения потока направлен вверх. Градиенты векторов скоростей направлены как вдоль спирали, так и перпендикулярно ей,

что способствует непрерывному разностороннему вращению кристаллов. За счет незначительной толщины (несколько миллиметров) спиралевидного потока действие силы трения ограничено толщиной потока, а центробежная сила, преодолевающая силу тяжести, является движителем процесса. В результате фактически разносторонний режим вращения кристаллов способствует округлению многогранных кристаллов за счет их вращения в разных плоскостях.

Третья область кристаллизации (рис.1, «3») – область отсекаелей. Без ее существования высота слоя второй зоны кристаллизации была бы фиксированной и движение кристаллов по зонам вращающегося потока суспензии незначительным. В данной области, благодаря отсекаелям, расположенным перпендикулярно относительно центробежной силы потока и движению массы суспензии, поток меняет закон своего движения. Отсекатели механически направляют (сбрасывают) поднявшуюся на определенную высоту суспензию назад, в первую, донную область кристаллизации, за счет силы трения и силы тяжести. Вектор движения потока направлен нормально (строго вниз). Суспензия попадает в отверстие роторной мешалки в дезориентированном виде и цикл повторяется, способствуя округлению гранул кристаллов до сферической формы.

Величина гранул (пределы роста кристаллов) регулируется скоростью вращения массы суспензии, высотой, зазором между донной частью КМ и овальной мешалкой, скоростью охлаждения и временем кристаллизации, степенью заполнения КМ. Нахождение данных параметров процесса производилось экспериментальным путем.

Кристаллизатор-модификатор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат с роторной мешалкой, соединенной непосредственно с электродвигателем. Корпус кристаллизатора обогревается на водяной бане или охлаждается водой. Зазор между роторной мешалкой и внутренней поверхностью корпуса кристаллизатора (днищем) регулируемый – 5-20 мм.

Получение сферических кристаллов в кристаллизаторе-модификаторе делится на две стадии: растворение соли и ее кристаллизация.

Получение кристаллов в кристаллизаторе-модификаторе по стадиям на примере кристаллизации нитрата калия KNO_3 :

1) На технических весах берется необходимая навеска соли KNO_3 , в соответствии с ее растворимостью в воде. В мерном сосуде отмеряется соответствующий объем воды дистиллированной. Вода и соль вносятся в КМ (коэффициент заполнения 0,2 – 0,25).

2) В кристаллизатор устанавливается мешалка, после чего устанавливается резиновая прокладка и крышка КМ герметично фиксируется с помощью 4-х резьбовых соединений М6.

3) Раствор на водяной бане нагревается до необходимой температуры при перемешивании ($n = 600 - 2000$ об/мин). Контроль температур в баке-

нагревателе и кристаллизаторе-модификаторе ведеться при помощи термодар, выведенных на контроллер.

4) После растворения соли в воде нагрев прекращается и в бак-нагреватель направляется поток холодной воды (скорость потока задается расходомером-ротаметром и зависит от величины конечных кристаллов, которые необходимо получить). Охлаждение ведеться с контролем температур в КМ и баке-нагревателе, до установления температуры проточной воды в кристаллизаторе-модификаторе.

5) По окончании процесса кристаллизации смесь кристаллов KNO_3 и дистиллированной воды из КМ переносится на фильтр в вакуумную воронку, где фильтруется, промывается и просушивается при вакууме 50-80 кПа.

6) Полученный продукт высушивается в микроволновой печи при помощи волн УВЧ в течении 15-40 минут, после чего подвергается исследованию характеристик (насыпная плотность, остаточная влажность, величина кристаллов).

В рамках исследования процессов, протекающих в КМ и отработки технологических режимов кристаллизации, проведено ряд экспериментов. Отрабатывались режимы растворения KNO_3 в дистиллированной воде. Заполнение реактора регулировалось от 10 до 40 % от объема. При заполнении в 10 % суспензии недостаточно для того, чтобы образовать непрерывный слой на стенках КМ, при 30 % и более - толщина слоя суспензии неравномерна, и участками превышает ширину отсекаелей. За оптимальное принято заполнение КМ в пределах 20-25 % от его объема. Экспериментально подобраны режимы вращения роторной мешалки от 900 до 1500 об/мин, для получения кристаллов различных фракций и формы.

Наиболее показательные результаты приведены ниже. Кристаллы, полученные без воздействия механических факторов при охлаждении раствора и кристаллы, полученные в КМ отображены на рисунках 2 и 3 соответственно.

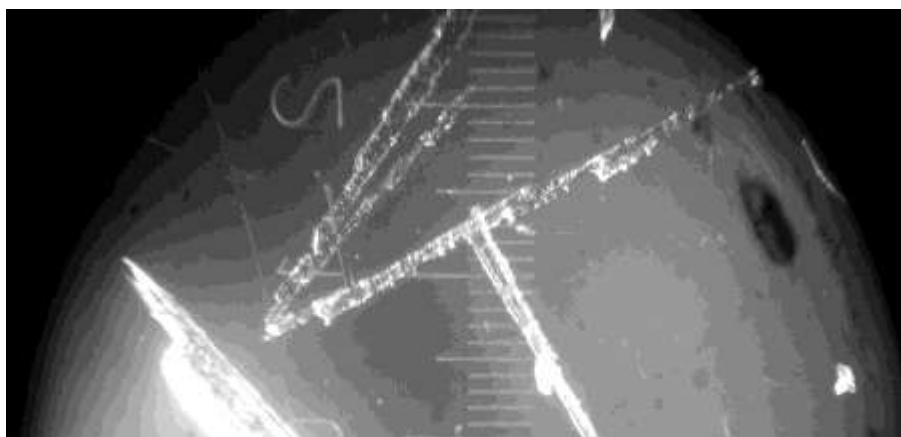


Рис. 2. Кристаллы KNO_3 , полученные естественным путем



Рис. 3. Кристаллы KNO_3 , полученные в КМ

Выводы

Получение фракционированных, тонкодисперсных, сферических кристаллов солей с применением кристаллизаторов-модификаторов с конструктивным регулированием потоков суспензии, является перспективным направлением проведения дальнейших исследований. Метод зональной технологии кристаллизации позволяет получить кристаллы различных фракций приближенных по геометрической форме к сферической.

Список использованных источников

1. Закусило, В.Р. Гетерогенные взрывчатые составы пиротехнического типа [Текст] / В.Р.Закусило, А.Н.Романченко, Р.В.Закусило // Вісник НТУУ «КПІ»: зб. наук. праць. – К.: ВПК «Політехніка», 2015. Вип. 27. – С. 60-66. – (Серія «Гірництво»).
2. Выращивание кристаллов из растворов [Текст] / Т.Г.Петров, Е.Б.Трейвус, Ю.О.Пунин, А.П.Касаткин. – Л.: Недра, 1983. – 200 с.
3. Карякин, Н.В. Основы химической термодинамики [Текст] / Н.В.Карякин. -М.: Академия, 2003. - 463 с.
4. Soucek, M.A discontinuous crystallization unit for the production of ball-shaped crystals WO2015144096 A1 / M.Soucek, J.Mysik, J.Kupka. – N-Y.: 2015. – 11 p.
5. Генералов, М.Б. Машиностроение. Энциклопедия [Текст] / М.Б. Генералов, А.М.Кутепов, Ю.И.Макаров. - М.: Машиностроение, 2004. - 832 с.

Стаття надійшла до редакції 13.11.2015 р.