

УДК 662.235

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ АМІАЧНОСЕЛІТРЕННОЇ
ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ З НІТРОЦЕЛЮЛОЗНИМ ПОКРИТТЯМ**

А.О. Єфименко, аспірант,

Шосткинський інститут Сумського державного університету

вул. Інститутська 1, м. Шостка, 41100, Україна

E-mail; ann_89u@mail.ru

У статті наведено результати експериментального та теоретичного досліджень процесу нанесення покриття на гранули аміачної селітри з використанням сучасних обчислювально-математичних програм. Розглянуто гідродинамічні та кінетичні закономірності псевдозрідженого шару та процесу нанесення покриття. Встановлені закономірності, які впливають на властивості промислової вибухової речовини з нітроцелюлозним покриттям, отриманого при різних технологічних параметрах.

***Ключові слова:** промислова вибухова речовина, аміачна селітра, нітрати целюлоз, псевдозрідження, математична модель.*

Найбільш поширеною гранульованою речовиною, яку використовують у якості окисника, є аміачна селітра [1]. Не дивлячись на її переваги, доступність сировини та простоту виготовлення, вона має низьку водостійкість. Для усунення цього недоліку на гранули аміачної селітри необхідно наносити високоенергетичне покриття, яке забезпечувало б водостійкість, а також високі вибухові характеристики.

Існують різноманітні шляхи нанесення покриття на гранульовані речовини для використання у вигляді промислових вибухових речовин. Одним із способів отримання гранульованих ПВР є розпилення рідких компонентів (розчинів, суспензій або сплавів) за допомогою форсунок на поверхню твердих частинок псевдозрідженого, зваженого або фонтануючого шару гранульованого матеріалу [2]. Таким способом отримують граммоніт 79/21 ГС, в якому розплав тротилу наносять на гранули аміачної селітри.

Перевагою цього способу є сумісництво стадій формування покриття на поверхні гранул, видалення з нього розчинника в одному апараті, а також регулювання товщини покриття в одному апараті.

Метою даної роботи є дослідження технологічного процесу нанесення високоенергетичного покриття на гранули аміачної селітри для отримання промислової вибухової речовини та проаналізувати вплив технологічних параметрів на характеристики вибухової речовини та НЦ покриття.

Одержання аміачноселітрової вибухової речовини здійснювали в апараті з псевдозрідженим шаром, шляхом розпилення в ньому за допомогою форсунки лаку обраної рецептури. Гранульовану аміачну селітру переводять за допомогою висхідного потоку повітря у псевдозріджений стан. В якості покриття використовували нітрати целюлози, які подавали у псевдозріджений шар у вигляді розчину (лаку) в етилацетаті [3].

У процесі нанесення покриття розпилюємий у псевдозрідженому шарі лак попадає на зерна, які проходять через зону зрошення, й формує на їх поверхні тонке покриття, яке затвердіває у результаті видалення розчинника (сушки). За час перебування зерен у апараті процес їх огортання рідкою плівкою й її затвердіння (рис. 1а) відбувається багаторазово, що веде до наростання товщини покриття.

Інтенсивне перемішування зерен у псевдозрідженому шарі (рис. 1 б) сприяє практично рівну ймовірність їх перебування у зоні зрошення й, відповідно, рівномірне нанесення покриття.

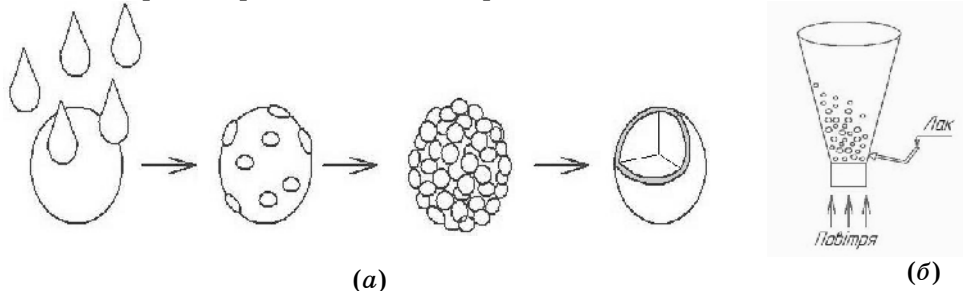


Рисунок 1 – (а) схема утворення покриття на гранулі аміачної селітри; (б) експериментальна установка апарата з псевдозрідженим шаром

З метою зменшення витрат й раціональної організації процесу нанесення покриття на гранули аміачної селітри, необхідно дослідити:

- гідродинамічні закономірності псевдозрідженого шару в залежності від розміру й щільності зерна;
- кінетичні закономірності процесу нанесення покриття.

Гідродинамічна сутність процесу псевдозрідження полягає у тому, що через шар зернистого матеріалу, розташованого на підтримуючій перфорованій решітці апарату, проходить потік повітря. При цьому стан шару може бути різним у залежності від швидкості потоку. Зернистий шар, через який рухається висхідний потік повітря, може залишатися при цьому нерухомим (фільтруючим) чи переходити у зважений (псевдозріджений) стан. У іншому випадку частини шару перемішуються, шар їх розширюється, стає дуже рухомим та нагадує киплячу рідину.

При організації процесу нанесення покриття на гранули у псевдозрідженому шарі, необхідно знати величину початкової швидкості псевдозрідження цих гранул. Аналіз літературних джерел показує велику кількість кореляцій по визначенню початкової швидкості псевдозрідження для різноманітних зернистих матеріалів, однак ці дані були отримані при певних технологічних умовах. Для визначення початкової швидкості псевдозрідження для монодисперсного шару сферичних гранул аміачної селітри, використовували залежність О. М. Тодеса зі співробітниками [4]:

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5.22 \cdot \sqrt{Ar}}, \quad Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho - \rho_0)}{\nu^2 \cdot \rho_0}, \quad Re = \frac{W \cdot d}{\nu},$$

де Ar , Re – критерії Архімеда й Рейнольдса;

d – діаметр твердих частин;

ν – кінематична в'язкість газу;

ρ_0 – щільність частинок й розріджуючого агента.

Після математичних перетворень отримали формулу для розрахунку початкової швидкості псевдозрідження

$$W = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho - \rho_0)}{v \cdot \rho_0 \cdot \left(1400 + 5,22 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho - \rho_0)}{v^2 \cdot \rho_0}} \right)}. \quad (1)$$

Для отримання результатів була складена обчислювально-математична програма за допомогою Borland C ++, яка дає можливість змінювати вибір початкових величин та швидко отримувати результати розрахунку. Результати обчислювань представлені на рис. 2.

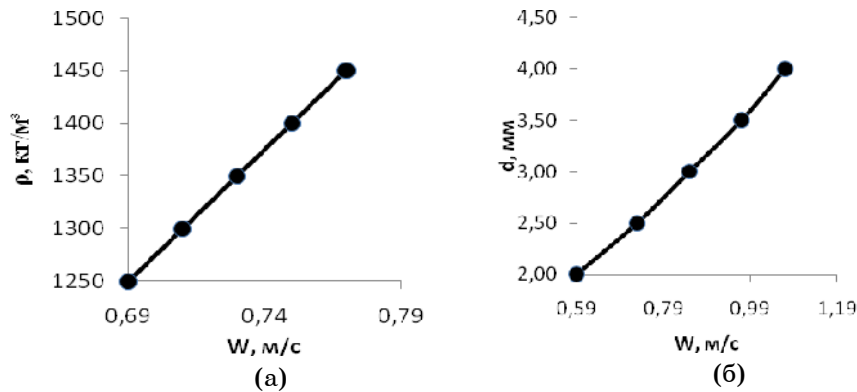


Рисунок 2 – а) залежність початку швидкості псевдо зрідження від щільності гранул; б) залежність початку швидкості псевдозрідження від діаметра гранул аміачної селітри

Аналіз розрахунків показав, що зі збільшенням щільності гранул аміачної селітри з покриттям необхідно підвищувати швидкість псевдозрідження, при цьому тиск повітря, яке подається на форсунку для подачі лаку залишається постійним і становить $9 \cdot 10^4$ Па.

Для визначення кінетики росту товщини покриття та приросту маси, використовували гранули аміачної селітри діаметром 2,0 мм, які відбирали за допомогою лабораторного сита СЛМ-200. Для порівняння фізико-хімічних властивостей вибухової речовини, процес отримання аміачної селітри з покриттям відрізнявся температурними технологічними режимами, при нормальній температурі $15 \pm 1^\circ\text{C}$ та при підвищеній $30 \pm 1^\circ\text{C}$. На протязі процесу нанесення покриття проводили відбір 100 гранул через визначений проміжок часу, при цьому кожную пробу зважували за допомогою аналітичних терезів. Результати дослідження представлені у вигляді графічних залежностей. Проведені експериментальні дослідження залежності товщини покриття від початку нанесення.

При отриманні аміачної селітри з покриттям при нормальній температурі та з підвищеною температурою, відбирали гранули в різні проміжки часу, потім за допомогою лабораторного мікроскопу зі ступенем збільшення $60\times$ визначали товщину покриття. По результатам експериментальних досліджень встановлено, що при підвищеній температурі товщина покриття декілька менша ніж при температурі 15°C . Це пояснюється тим, що при підвищеній температурі технологічного процесу відбувається формування покриття та одночасно його сушка, а також збільшується ймовірність винесення капель лаку. Швидкість

видалення вологи та летких компонентів вища, тому гранули аміачної селітри з покриттям мають меншу вагу та товщину покриття.

Результати дослідження представлені на рисунку 3.

Введемо припущення, що при різниці величин розміру гранули у момент t (d_p) та початкового діаметра зерна (d_0) аміачної селітри отримуємо значення товщини покриття у момент t .

Для визначення залежності товщини покриття від часу нанесення використовували формулу для сферичної гранули [5], з урахуванням коефіцієнта покриття:

$$\delta = d_p - d_0 = \left[d_{p0}^3 + \frac{w_l \cdot c \cdot \rho_p \cdot d_{p0}^3}{\eta \cdot 100 \cdot \rho_l \cdot \rho_s \cdot M_0} \cdot t \right]^{\frac{1}{3}}, \quad (2)$$

- де d_0 – початковий діаметр зерна аміачної селітри;
 c – концентрація лаку;
 ρ_p – щільність гранули аміачної селітри;
 w_l – маса покриття;
 η – коефіцієнт покриття;
 l – щільність розчинника (етилацетату);
 s – щільність розчиненої речовини;
 t – час;
 d_p – розмір гранули у момент часу t .

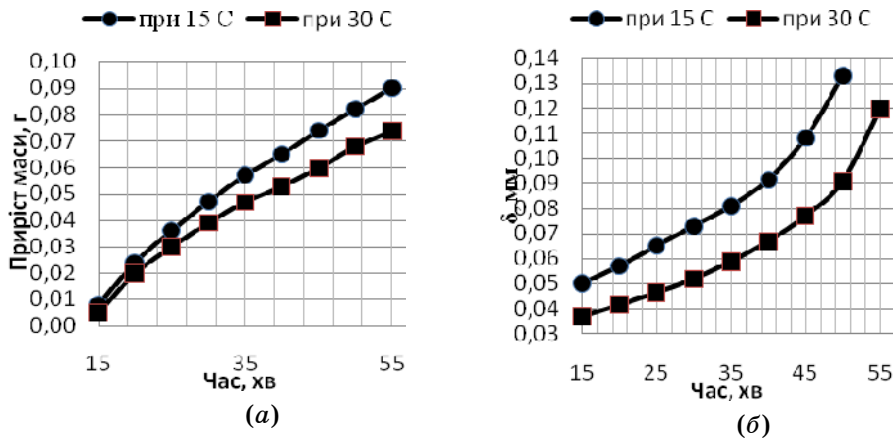


Рисунок 3 – (а) залежність приросту маси покриття від часу нанесення;
 (б) – залежність товщини покриття від часу нанесення

З використанням початкових величин щільності та діаметра гранул отримані результати теоретичного дослідження за допомогою обчислювально-математичної програми. При проведенні процесу нанесення покриття на гранули аміачної селітри враховували кількість винесення твердої фази, що впливає на товщину покриття аміачної селітри. За допомогою формули (2) та програми встановлені графічні залежності товщини покриття від часу нанесення при коефіцієнті покриття $=0,01; 0,015; 0,02$.

За отриманими результатами (рис. 4) зроблені висновки, що при підвищенні коефіцієнта винесення твердої фази товщина покриття зменшується у зв'язку з видаленням твердого залишку та невеликих

крапель лаку, які затверділи, не сформувавшись на поверхні сферичної гранули аміачної селітри.

Проведені дослідження особливостей формування покриття на гранулах аміачної селітри при виборі параметрів технологічного процесу отримання промислової вибухової речовини. Розглянуто гідродинамічні та кінетичні закономірності псевдозрідженого шару та процесу нанесення покриття. При отриманні нітроцелюлозного покриття на гранулах аміачноселітрової ВР використовували розрахунково-математичні програми, які дозволяють швидко отримувати результати та будувати графічні залежності при зміні початкових величин та технологічних параметрів процесу. Це дозволило вибрати параметри технологічного процесу, при яких забезпечуються необхідні характеристики НЦ покриття гранульованої аміачної селітри та вибухової речовини.

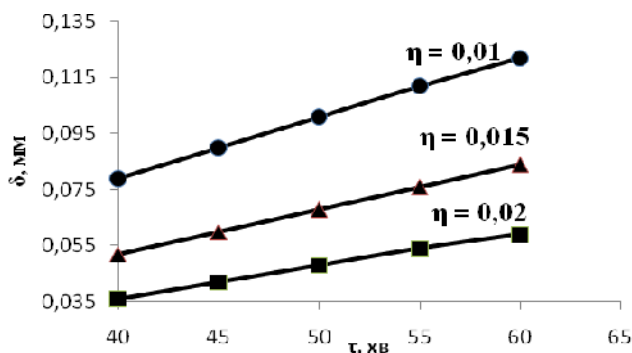


Рисунок 4 – Залежність товщини покриття від часу нанесення при $\eta = 0,01; 0,015; 0,02$

INVESTIGATION PROCESS OF OBTAINING EXPLOSIVES OF AMMONIUM NITRATE WITH NITROCELLULOSE COATING

*Efymenko A. A.,
Shostka Institute of Sumy State University*

In article results of experimental and theoretical research of coating ammonium nitrate granules using modern computational mathematics program. We consider hydrodynamic and kinetic patterns and fluidized bed coating process. The regularities that affect the properties of the industrial explosive nitrocellulose coatings obtained at different technological parameters.

Keywords: industrial explosives, ammonium nitrate, cellulose nitrate, fluidization, the mathematical model.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АММИАЧНО - СЕЛИТРЕННОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА С НИТРОЦЕЛЛЮЛОЗНЫМ ПОКРЫТИЕМ

*А. А. Ефименко,
Шосткинский институт Сумского государственного университета, г. Шостка.
E-mail; ann_89u@mail.ru*

В статье приведены результаты экспериментального и теоретического исследования процесса нанесения покрытия на гранулы аммиачной селитры с использованием современных вычислительно-математических программ. Рассмотрены гидродинамические и кинетические закономерности псевдооживленного слоя, а также процесса нанесения покрытия. Установлены закономерности, влияющие на свойства промышленного взрывчатого вещества с нитроцеллюлозным покрытием, полученного при различных технологических параметрах.

Ключевые слова: промышленное взрывчатое вещество, аммиачная селитра, нитраты целлюлозы, псевдооживление, математическая модель.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дубовицкий А. М. Производство аммиачной селитры / А. М. Дубовицкий. - М.: ГОНТИ, 1938.
2. Поздняков З. Г. Технология производства промышленных взрывчатых веществ / З. Г. Поздняков. - М.: «ЦНИИНТИ», 1973.
3. Гиндич В. И. Производство нитратов целлюлозы. - М.: ЦНИИНТИ, 1984. - 360 с.
4. Расчеты аппаратов кипящего слоя : справ. / под ред. И. П. Мухленова, Б. С. Сажина, В. Ф. Фролова. - Л.: Химия, 1986. - 352 с.
5. Khashayar Saleh, Pierre Guigon. Coating and Encapsulation Processes in Powder Technology / НВТ А SALMAN: Ch007. - 323-375 p.

Надійшла до редакції 19 червня 2013 р.