

УДК 661.152.099.2.023(045)

Н. А. ВЫСОЦКАЯ

ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» (Солигорск, Беларусь)

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГРАНУЛ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В АГРЕГАТАХ БАРАБАННОГО ТИПА

Аннотация

Рассмотрено гранулирование методом окатывания и его стадии. Отмечено, что немаловажными параметрами, характеризующими образование гранул в процессе гранулирования методом окатывания, являются: количество ретура, наличие жидкой фазы, температура и время окатывания. Приведена технология получения гранул. Представлен расчет основных параметров барабанного гранулятора при гранулообразовании комплексных удобрений.

Ключевые слова:

гранулирование, барабан-гранулятор, жидкая фаза, технология.

К гранулированным материалам, используемым в сельском хозяйстве и других отраслях промышленности, предъявляются высокие требования по прочности, теплопроводности, влагопоглощению, гранулометрическому составу. Хорошим спросом пользуются комплексные калийные удобрения (NPK-удобрения). Во многих отраслях промышленности, в том числе в химической, хорошо себя зарекомендовали процессы получения гранул из тонкодисперсного начального продукта методом окатывания в барабанных грануляторах [1, 2].

Технология получения сложносмешанных комплексных минеральных NPK-удобрений методом окатывания включает в себя такие стадии, как:

- перемешивание смеси исходных компонентов (шихты) с мелкими частицами готового продукта, полученного в процессе нейтрализации и сушки шихты, и жидкостью (водой или плавом удобрения);
- получение гранулированного продукта из мелких частиц и измельчение комочков;
- непосредственно гранулирование методом окатывания в барабанном грануляторе, путем образования и упрочнения гранул при ударе о стенку барабана либо о неподвижный слой частиц;
- стабилизацию структуры гранул [3, 4] и упрочнение связей.

Образование гранул комплексных минеральных удобрений методом окатывания в барабанном грануляторе зависит от таких параметров, как количество ретура, наличие жидкой фазы, температура и время окатывания.

На первой стадии при смешении шихты и ретура в качестве связующего применяют разного рода жидкости, которые способствуют сцеплению частиц между собой.

На второй стадии капля жидкости (воды, плава удобрения) попадает в слой материала и под влиянием капиллярных сил начинает распространяться, при

этом заполняя поры между частицами. Жидкость перестает распространяться в материале, когда комок достигает предельной влагоемкости.

На третьей стадии идет окатывание и уплотнение гранул в барабанном грануляторе, который представляет собой цилиндр с распределительными лопастями на внутренней поверхности, вращающийся вокруг своей оси. Уплотнение частиц методом окатывания происходит при ударе о неподвижный слой материала или о стенку гранулятора. Комки, ударяясь и ссыпаясь, подвергаются уплотнению. Лишняя влага, находящаяся внутри комка, выдавливается на его поверхность, что позволяет дальнейшее присоединение к такому комку сухих частичек.

На последней стадии происходит стабилизация структуры гранул.

Гранулирование происходит в барабанном грануляторе. На 3-й сельвинитовой обогатительной фабрике ОАО «Беларуськалий» используется барабанный гранулятор производства ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», основные показатели которого представлены в табл. 1.

Табл. 1. Основные технические характеристики барабана-гранулятора, выпускаемого в ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством»

Показатель	Числовое значение	Показатель	Числовое значение
Производительность гранулятора $G_{гр}$, т/ч	32	Растворимость материала при 70 °С S , кг/кг	1
Средний диаметр получаемых гранул d_{cp} , мм	3	Диаметр гранул в начале процесса гранулирования d_0 , мм	1
Средний диаметр частиц вторичного продукта (рецикла) d_p , мм	0,8	Содержание жидкой фазы в начале процесса гранулирования P_0 , кг/кг	0,024
Диаметр барабана D , мм	3000	Содержание частиц вторичного продукта (рецикла) в шихте ξ	0,75
Насыпная плотность шихты ρ_n , т/м ³	1,08	Скорость скатывающихся частиц в слое материала $v_{ск}$, м/с	2

Коэффициент распределения гранул по размерам

$$\eta = \frac{1}{A + Bd_{cp}}, \quad (1)$$

где A , B – установленные значения для удобрений при расчете коэффициента распределения гранул по размерам, $A = 0,144$; $B = -0,029$.

Распределение гранул по размерам определяется по формуле

$$f(d_{cp}) = \frac{\eta^\eta}{\Gamma(\eta)} \cdot \frac{1}{d_{cp}} \left(\frac{d_p}{d_{cp}} \right)^{\eta-1} \exp \left(-\eta \cdot \frac{d_p}{d_{cp}} \right), \quad (2)$$

где $\Gamma(\eta)$ – гамма-функция.

Произведя расчеты выражения (1), получили, что значение $\eta = 17,54 - \Gamma(\eta) = 9,5 \cdot 10^{13}$.

При подстановке числовых значений в формулу (2) установили, что содержание гранул комплексных NPK-удобрений со средним размером 3 мм – $f(3) = 0,651$.

Средний диаметр гранул продукта

$$d_{cp} = d_0 \exp \left[m \left(\frac{P}{1 - \xi + \xi(d_0/d_p)} - P_0 \right)^n \right], \quad (3)$$

где m, n – коэффициенты, соответствующие комплексным фосфорсодержащим удобрениям при разных значениях температур.

Для дальнейшего расчета основных технических характеристик барабанного гранулятора из уравнения (3) необходимо выразить содержание жидкой фазы P в шихте.

Влагосодержание шихты W определяется через значение P из формулы (3):

$$P = \frac{W + WS + i}{1 - WS - i},$$

откуда

$$W = \frac{P}{1 + S + PS}.$$

Расход воды с компонентами

$$G_B = \frac{G_{np} W}{1 - \xi}. \quad (4)$$

Расход рецикла

$$G_{рец} = G_{np} \left(\frac{\xi}{1 - \xi} \right). \quad (5)$$

Объемная производительность гранулятора

$$G = \frac{G_{np} (1 + W)}{\rho_n (1 - \xi)}. \quad (6)$$

Для определения коэффициента заполнения барабана Φ используется формула

$$\Phi = \frac{1}{2\pi} (\varphi - \sin \varphi), \quad (7)$$

где φ – центральный угол обхвата в барабанном грануляторе, равный $\pm 108^\circ$.

Формула определения скорости подъема материала возле стенки барабанного гранулятора имеет вид

$$v_{\text{под}} = v_{\text{ск}} \left(\frac{(1-\psi)\varphi}{2\psi \sin(\varphi/2)} \right), \quad (8)$$

где ψ – коэффициент сыпучести, для грануляторов барабанного типа $\psi = 0,55...0,60$.

Угловая скорость барабанного гранулятора

$$\omega = \frac{2v_{\text{под}}}{D}. \quad (9)$$

Заключение. На сегодняшний день процесс получения сложносмешанных NPK-удобрений методом окатывания в барабанном грануляторе мало изучен и имеет слабые стороны. Повышение качества выпускаемой продукции необходимо решать путем улучшения технологического процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Высоцкая, Н. А.** Влияние влагосодержания шихты на качественные характеристики гранул комплексных удобрений / Н. А. Высоцкая, В. С. Францкевич // 85 науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с междунар. участием). – Минск: БГТУ, 2021. – С. 70–72.
2. Гранулирование методом откатывания на движущейся поверхности / Н. А. Высоцкая [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2023. – № 1. – С. 88–94.
3. **Классен, П. В.** Основы техники гранулирования / П. В. Классен, И. Г. Гришаев. – Москва: Химия, 1982. – 272 с.
4. **Францкевич, В. С.** Гранулирование сложносмешанных удобрений в барабанном грануляторе-сушилке / В. С. Францкевич, Н. А. Высоцкая, А. П. Дворник // Механика. Исследования и инновации: сб. науч. тр. – 2021. – Вып. 14. – С. 226–233.

Контакты:

onti@sipr.by (Высоцкая Надежда Александровна).

N. A. VYSOTSKAYA

FEATURES OF THE FORMATION OF MINERAL FERTILIZER GRANULES IN DRUM UNITS

Abstract

The work discusses granulation by the pelletizing method and its stages. It is noted that important parameters characterizing the formation of granules in the process of granulation by the pelletizing method are; the amount of retour, the presence of a liquid phase, temperature and soaking time. The technology for producing granules is presented. The calculation of the main parameters of a drum granulator for the granulation of complex fertilizers is presented.

Keywords:

granulation, drum-granulator, liquid phase, technology.