

РАЗДЕЛ II. ХИМИЯ

УДК 66.0992.002.237

Макаренков Д.А.

*Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)
(Университет машиностроения)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНУЛИРУЕМОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ШИХТ НА ОСНОВЕ ИХ СТРУКТУРНО- ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

D. Makarenkov

Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI)

STUDY OF GRANULATION OF MULTICOMPONENT POLYDISPERSE MATERIALS ON THE BASIS OF THEIR STRUCTURAL AND DEFORMATION CHARACTERISTICS

Аннотация. В работе проведены исследования гранулируемости класса многокомпонентных полидисперсных материалов, содержащих в своём составе вторичные материальные ресурсы. Определены такие критерии, характеризующие изменение структурно-деформационных свойств, как число формуемости, пластическая прочность, число комкуемости. На основании полученных значений числовых параметров предложены методы гранулирования данных материалов: компактирование, прессование, окатывание, скоростное окатывание, таблетирование, проходное прессование.

Ключевые слова: процесс гранулирования, критерии гранулируемости, связующее, механическое воздействие, структура гранулы.

Abstract. We have studied granulation of a class of multicomponent polydisperse materials containing secondary materials. We have determined the criteria characterizing the change in structural and deformation properties, such as formability, plastic strength and lump formation. Using the obtained values of the numerical parameters, we have proposed the methods of granulation of these materials, i.e., compacting, pressing, nodulizing, high-speed granulation, pelletization, and throughput pressing.

Key words: granulation process, criteria of granulation, binder, mechanical influence, granule structure.

Гранулирование многокомпонентных полидисперсных (МП) шихт в зависимости от их структуры, внешних физико-химических факторов воздействия (температуры, типа связующего, механоактивации) происходит по различным механизмам гранулообразования, соответственно, конечный продукт получается разным по своей структуре. Для достижения оптимальных прочностных характеристик конечного материала необходимо и можно воздействовать на структурообразование МП шихт следующими методами: применение физико-химического фактора управления при помощи комбинированных добавок; использование методов механоактивации шихты для увеличения дисперсности материала; совместное

использование тонкоизмельченных вяжущих веществ и микрозаполнителей.

Технологическая необходимость гранулирования МП шихт и материалов, содержащих в своем составе вторичные материальные ресурсы (ВМР), приводит к необходимости определения их реологических и структурно-деформационных свойств, что в итоге определяет тип процесса их гранулирования. Для проведения комплексных исследований были выбраны группы МП шихт, содержащие в своем составе значительную часть вторичных материальных ресурсов, отличающихся своим минералогическим составом и наличием пластичных компонентов, улучшающих сцепляемость отдельных частиц агломерата. Это такие МП шихты, как: стеклообразующие и эмалевые шихты и золошлаковые отходы; органоминеральные удобрения на основе торфа и соединений азота, фосфора и калия; на основе пористых наполнителей (перлит и др.) и термолабильных материалов (ферментные препараты и др.); отходы растительного происхождения (древесные опилки); углеродсодержащие адсорбенты на основе ВМР (пирокарбон); пылевидная глина.

В работе [6] была предложена классификация традиционных материалов и шихт по компрессионным параметрам, что позволило рекомендовать методы их гранулирования. Используя аналогичный подход для определения гранулируемости МП материалов на основе отходов, были исследованы свойства этих материалов, характеризующие возможность их уплотнения, а также определены типы связующих. Необходимо отметить, что при гранулировании формируется дисперсная структура, характеризующаяся определенной пористостью, плотностью упаковки кристаллических блоков, формирующих гранулу. На качество гранул влияет прочность фазовых контактов между блоками, их количество и вид дефектов отдельных блоков и гранулы в целом. Характер сформировавшейся структуры гранул определяет их механическую прочность и другие структурно-деформационные характеристики.

Способность материала сопротивляться деформациям, возникающим в процессе гранулирования, определяется набором характеристик шихты, такими, как её вязкость, упругость, пластичность, а также прочностными свойствами. Соответственно, гранулируемость МП может оцениваться такими физико-химическими свойствами, как коэффициент внутреннего трения f , сыпучесть порошков, адгезионные свойства порошков, их пластическая прочность. Рассмотрим некоторые из этих параметров. Определяющими параметрами при процессе гранулирования МП являются те, которые характеризуют способность материала к изменению объема под действием внешних нагрузок. Реологические свойства таких систем характеризуются кинетикой нарастания предельного напряжения сдвига возникающей в них структуры при её формировании. Одним из критериев, характеризующим кинетику структурообразования при малых скоростях деформации пластичных МП систем, является параметр пластической прочности P_m . При этом ее можно измерять при малых деформациях и малых градиентах скорости, оценивая пластическую прочность всей системы [1]. Для её определения использовался прибор – конический пенетромтр, описание конструкции которого приведено в работе [4] (см. рис. 1).

Принцип работы прибора следующий: чашка с исследуемой шихтой помещается на стол, закрепленный на штоке, и при поднятии стола с помощью винтовой пары конус погружается в шихту. Конус и индикатор соединены между собой пластиной. Конус может свободно перемещаться по вертикали до наступления предельного состояния (момент равновесия сил P_m и F). После этого конус, погружаемый в шихту, поднимается вместе с движением стола. Начало момента поднятия конуса фиксируется на индикаторе с помощью пластины. Физический смысл деформационного состояния системы следующий: в процессе погружения конуса поверхность контакта между конусом и шихтой растет. При этом увеличивается сопротивление по-

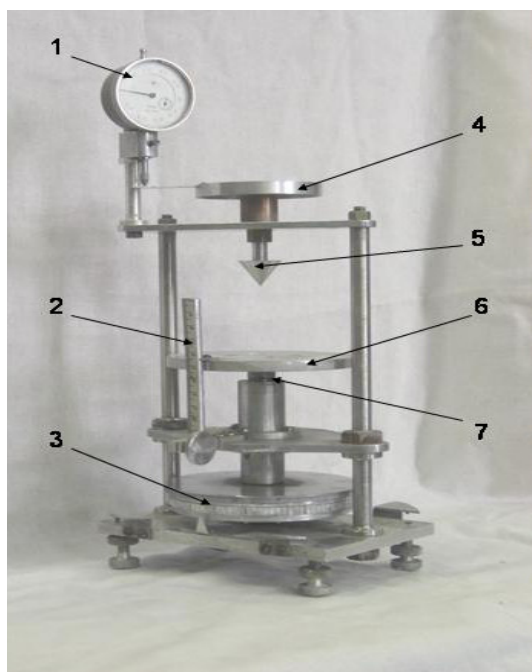


Рис. 1. Общий вид конического пенетromетра:

- 1 – индикатор; 2 – измерительная шкала;
3 – поворотный круг; 4 – соединительная пластина;
5 – конус; 6 – подъемный стол; 7 – винт

грузению конуса. Эти силы сопротивления вызваны напряжениями сдвига. При конечном (предельном) погружении конуса на глубину h нагрузка F будет уравновешена силой P_m , называемой пластической прочностью или прочностью структуры при малых скоростях деформации. Величину P_m вычисляли по предельному погружению конуса h , вызванному нагрузкой F , как проекция действующей на конус силы F на образующую конуса L и отнесенную к единице площади соприкосновения конуса с шихтой. Величина пластической прочности рассчитывается по формуле

$$P_m = K\alpha \cdot \frac{F}{h^2} \quad (1)$$

где K_α – константа конуса, зависящая только от угла при его вершине. При измерении глубины погружения конуса в миллиметрах она рассчитывается по формуле

$$K_\alpha = \frac{1}{\pi} \cdot \cos \frac{2\alpha}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

где α – угол при вершине конуса; F – нагрузка, равная массе конуса, кг; h – предельная глубина погружения, см.

Была исследована пластическая прочность стеклообразующих, стекольных и эмалевых шихт и золошлаковых отходов: ЭСГ-26, Т-16, ЭСП-210, ЭСП-212, ЭСП-117, С-2, органоминеральных удобрений, отходов растительного происхождения. Установлено, что пластическая прочность зависит от химического состава МП шихт. Минералогический состав шихт оценивалась по числу формуемости

$$E_\phi = (G_{\text{гс}} + G_{\text{пл}}) / (G_{\text{ом}} + G_{\text{сio}_2}), \quad (3)$$

где $G_{\text{гс}}$, $G_{\text{пл}}$, $G_{\text{ом}}$, $G_{\text{сio}_2}$, соответственно количество гигроскопичных, пластичных компонентов, оксидов металлов и количество песка.

Установлено, что пластичность этих шихт уменьшается с увеличением количества оксидов металлов и оксида кремния. При увеличении значения E_ϕ от 1,1 до 2,2 степень уплотнения МП достигается при меньших нагрузках. Таким образом, уже в начальной стадии процесса гранулирования шихт можно сделать вывод о том, как целесообразнее вести гранулирование. В результате анализа минералогического состава компонентов определяются диапазоны пластической прочности, и может быть рекомендован метод гранулирования. На рис. 2. представлена зависимость P_m от влажности W МП шихт.

Экстремальный характер зависимости $P_m = f(W)$ для шихт ЭСГ-26 и Т-16 можно объяснить следующим образом. В диапазоне влажностей (1-5)% жидкая фаза равномерно распределяется по поверхности шихты и, соответственно, увеличивается число контактов между частицами. Это приводит к возникновению капиллярно-адсорбционных сил связи, что увеличивает пластическую прочность. Экстремум на кривых соответствует максимальной прочности структурных связей при данных условиях обработки. При полном развитии адсорбционных контактов структура массы становится кон-

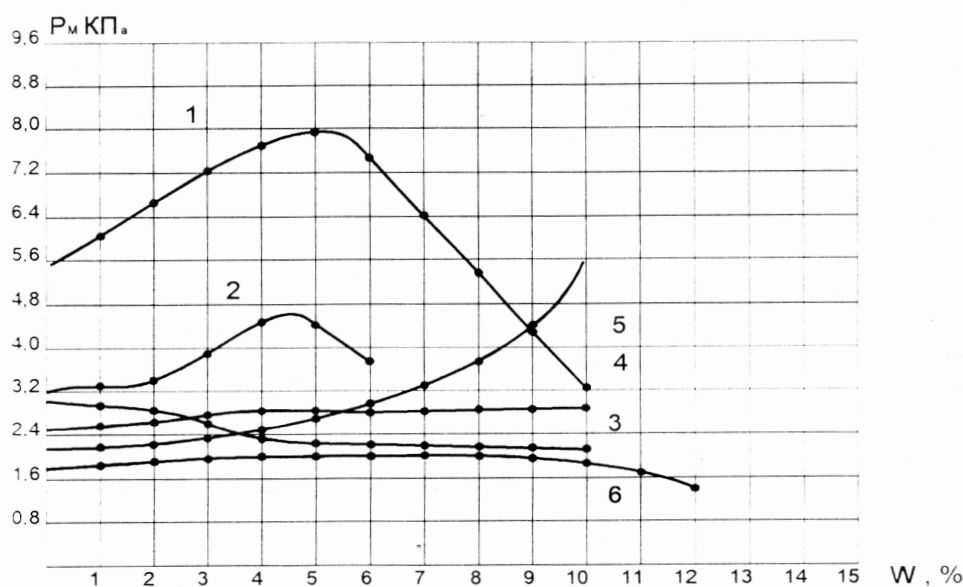


Рис. 2. Зависимость изменения пластической прочности МП шихт от влажности:
1– ЭСГ-26; 2–Т-16; 3– ЭСП-210; 4–ЭСП-210; 5–ЭСП-217; 6– С-2

денсационно-связной и характеризуется максимальным значением P_m . Увеличение количества жидкости приводит к тому, что уменьшаются силы молекулярного взаимодействия и материал становится подвижным в своем объеме. Следовательно, оптимальной влажностью является точка перехода и гранулирование материала следует вести в условиях наибольшего проявления межчастичных связей. Значение влажности, при которой достигаются максимальные значения P_m , позволяют рекомендовать гранулировать данный материал методом компактирования на валковых прессах, либо окатыванием с последующей сушкой.

Небольшой рост P_m для других шихт объясняется неравномерным распределением влаги связующего, из-за многокомпонентности шихты и наличия в шихте гигроскопичных компонентов. Поэтому для получения плотнопрочных гранул необходимо подобрать тип связующего и рекомендовать процесс компактирования. Необходимо отметить, что анализ кривых изменения P_m позволяет не только определить метод гранулирования, но и рекомендовать тип связующего. Вышеуказанные МП шихты состоят

из большого количества разнородных по физико-химическим свойствам компонентов, характеризуются различным содержанием упругих, хрупких, пластичных веществ, и поэтому выбор групп вяжущих, пленкообразующих и химических связующих является актуальной задачей [3].

Также была определена зависимость P_m от времени хранения, так как в производственном процессе на первой стадии проводится смешение шихт, а на второй – компактирование (рис. 3). Необходимо отметить, что при подготовке шихты к процессу компактирования проходит длительное время. Это приводит к слеживанию материала, его разупрочнению вследствие испарения связующего и рассеивания энергии, затраченной на получении заданной структуры. Из рис. 3 видно, что для шихт с небольшой влажностью (Т-16, ЭСП-212) величина P_m изменяется в первые 6 часов хранения, а затем пластическая прочность материала не меняется. Рост P_m шихты ЭСГ-26 объясняется повышенным содержанием влаги (более 12%) в шихте.

В качестве связующего использовался лигнопан Б-3 (пластификатор на основе побочных продуктов переработки древесины),

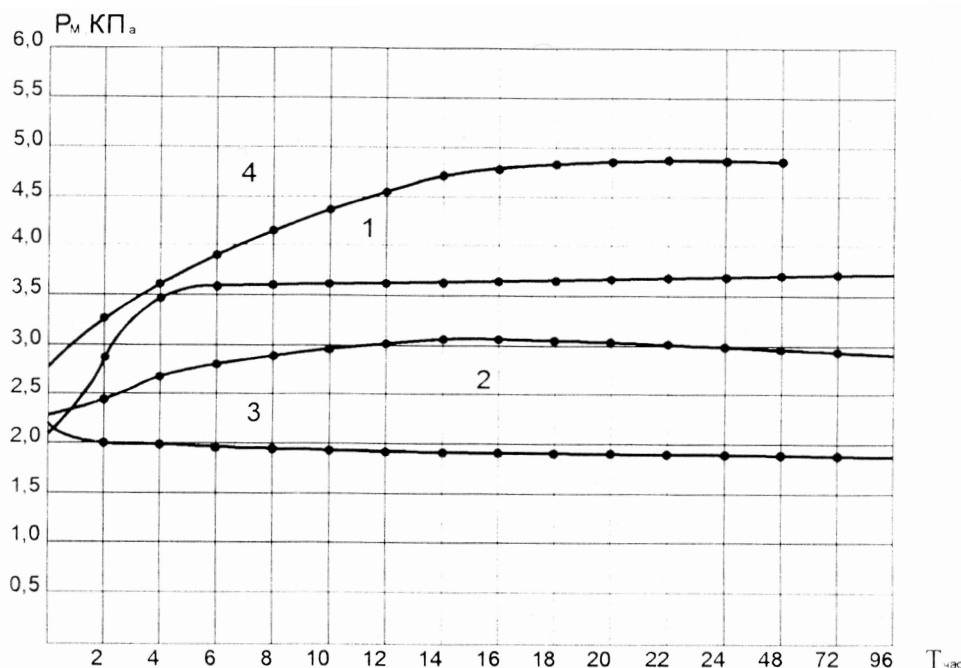


Рис. 3. Зависимость изменения пластической прочности стекольных и эмалевых шихт от времени хранения и влажности: 1- Т-16 (W=6%) 2- ЭСП-212 (W=5%); 3- ЭСП-117 (W=12%); 4- ЭСГ-26 (W=12%)

содержащий 30% сухих веществ, обладающих вяжущими свойствами. Его использование для гранулирования МП шихт более предпочтительно по сравнению с водой, так как полученные прессовки обладают повышенными прочностными свойствами. При длительном хранении прочность материала уменьшается, так как происходит деструкция твердых солевых мостиков, образующих каркас гранулы. Это приводит как к разупрочнению частиц шихты, так и затвердеванию связующего в виде отдельных от шихты агломератов, что может привести к получению компактированного материала с большим количеством просыпи.

Особенностью процесса гранулирования таких смесей, как органоминеральные удобрения (ОМУ), заключается в том, что по структурно-деформационным свойствам эти удобрения занимают промежуточное положение между минеральными удобрениями и грунтами. Развитие нового класса удобрений на основе местных ресурсов требует усовершенствования способов их гранулирования. Так как в ОМУ содержится значительное количество низинного торфа при влажности 45%, то для определения метода гранулирования были определены диапазоны значений P_m в зависимости от времени хранения подготовленной шихты и числа оборотов смесителя, в котором она предварительно подготавливалась. По полученным номограммам определены критические значения P_m (рис. 4).

На основании номограмм можно подобрать для требуемой пластической прочности необходимую влажность, при которой целесообразнее вести процесс гранулирования. Установлено, что для максимального проявления межчастичных связей компонентов ОМУ и получения прочных гранул необходимо подсушивание материала, так как используемый торф имеет $W_{исх}=45\%$, что приводит к уменьшению значения P_m от 9 кПа до 5 кПа. Определены оптимальные диапазоны влажности, составляющие $(10\div 20)\%$, при которых получают прочные гранулы. На основании полученных данных разработан процесс получения гранулированных ОМУ методом окатывания в барабане и скоростном лопастном грануляторе. В зависимости

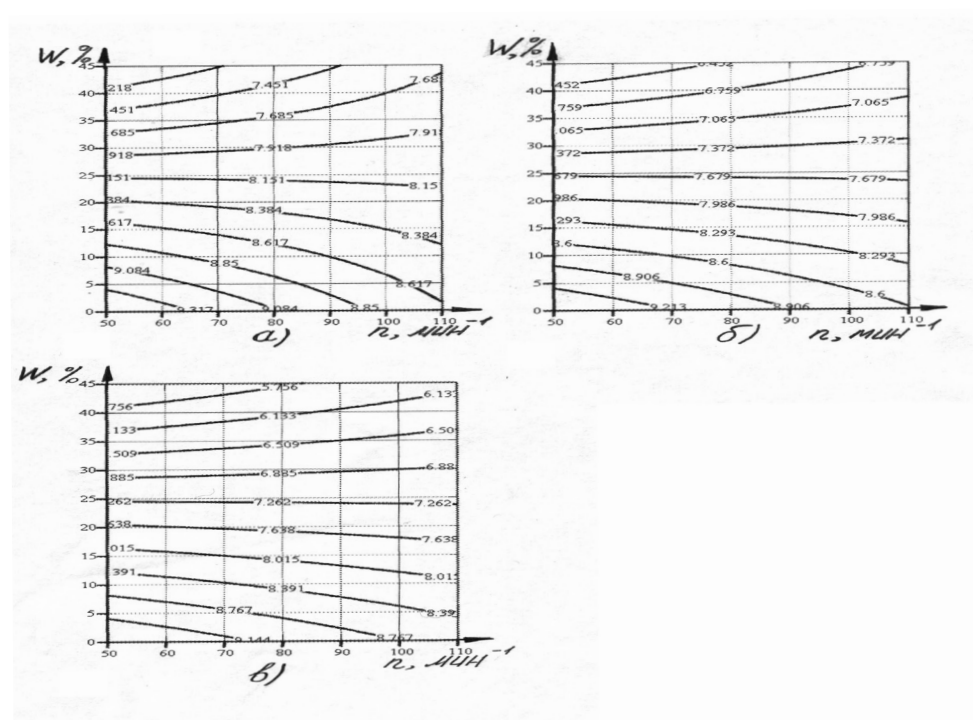


Рис. 4. Характер изменения пластической прочности P_m органоминерального удобрения от влажности шихты W , от частоты вращения барабана с шарами n при постоянном времени хранения (а) – $T_{xp} = 72$ часа; б) – $T_{xp} = 36$ часов; в) – $T_{xp} = 1$ час): цифры при кривых значения P_m в кПа

от требований к гранулометрическому составу ОМУ могут быть реализованы оба метода. Полученные данные были использованы при разработке технологии гранулирования ОМУ применительно к условиям ОАО «Буйский химический завод» [5].

Отходы растительного происхождения, такие, как древесные опилки, являются сложной реологической системой, содержащей такие органические вещества, как целлюлозу, лигнин. Ранее, в работе [8] установлено, что при нагреве происходит деструкция этих компонентов, инициирующих пластификацию шихты. Поэтому для определения гранулируемости данных МП было проведено исследование по определению пластической прочности в зависимости от температуры. Установлено, что в зависимости от типа МП значения P_m находятся в диапазоне от 1,00 кПа до 3,00 кПа. Полученные данные приведены в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что в диапазоне температур от 50°C до 150°C пластическая прочность березовых опилок изменяется не-

значительно, но с дальнейшим повышением температуры рост пластической прочности значительно увеличивается. Это связано с тем, что температуры, при которой происходит размягчение лигнина и гемицеллюлозы, которых в лиственных породах содержится больше, чем в хвойных, составляют порядка (140-170)°C [7]. Пластическая прочность сосновых опилок с ростом температуры в исследуемых пределах (50÷200)°C практически не изменяется. Пластическая прочность опилок из ДСП в диапазоне температур от 50°C до

Таблица 1

Значения P_m , кПа древесных опилок в зависимости от типа отходов и температуры

$T, ^\circ\text{C}$	березовые опилки	сосновые опилки свежие	сосновые опилки из бруса	опилки ДСП
50	1,75	1,50	1,30	1,20
100	1,85	1,40	1,30	1,80
150	2,00	1,50	1,55	1,00
200	3,00	1,55	1,25	1,10

100°C увеличивается, а затем снижается. Это можно объяснить тем, что входящие в состав ДСП химические соединения вначале размягчаются, и служат связующими веществами, а с дальнейшим ростом температур начинается деструкция соединений, а соответственно и падение пластической прочности. На основании проведенных исследований и практического использования отходов растительного происхождения в виде топливных пеллет для их гранулирования рекомендован метод прессования на роторных прессах с плоской или кольцевой матрицей.

Оценка гранулируемости пористых материалов и наполнителей в бетоны на основе перлита, содержащих в своем составе до 70% двуокиси кремния, возможна после подбора типа связующего. Особенностью данных материалов является высокое водопоглощение до (300-900)% масс и насыпной плотностью до (70-80) кг/м³. Гранулируемость пористых материалов определяли через критерий K_1 , характеризующий компрессионные свойства материала:

$$K_1 = \frac{\gamma/\gamma_0}{P_{пл}} \quad (4)$$

где γ – текущая плотность материала; γ_0 – начальная плотность материала; $P_{пл}$ – давление уплотнения, соответствующее началу упругопластической деформации. Были проведены комплексные исследования его гранулируемости методами компактирования и окатывания. На первой стадии пористые порошки из пылевидного состояния переводят в зернистые, используя операции смешения со связующим и окатывания. В результате среда из бесструктурной «переходит» в конденсационносвязанную и приобретает сыпучесть. На первой стадии пористые порошки из пылевидного состояния переводят в зернистые, используя операции смешения со связующим и окатывания. На второй стадии исследовалось гранулируемость перлита методом компактирования. Установлено, что применение комплексного связующего позволяет получать прессовки из перлита в

диапазоне давлений от 10 МПа до 150 МПа при влажности 45% при прочности прессовок (0,4-0,7) МПа и плотности до 1200 кг/м³. На основании проведенных экспериментов установлено, что для гранулирования пористых материалов методом компактирования необходимо на первой стадии осуществлять подачу связующего пневматическими форсунками для ведения процесса смешения в пленочном режиме.

Особенностью гранулирования термолабильных материалов, таких, как лактозим, абомин, ферментные препараты является наличие как гигроскопичных компонентов, так и компонентов с низкой температурой плавления. Поэтому для определения метода гранулирования были подобраны добавки на основе крахмального клейстера, обладающие связующими свойствами, не ухудшающие распадаемость гранул и характеризующиеся инертностью по отношению к основному материалу. Исходный состав материала, его физико-химические и структурно-деформационные свойства приведены в работе [1]. Гранулируемость таких материалов оценивалась через критерий K_2 , характеризующий прочностные свойства материала

$$K_2 = \sigma/P_{пл}, \quad (5)$$

где σ – прочность гранул на раскалывание, МПа.

В результате прочность гранул составила от 1,5 МПа до 2,5 МПа при плотности прессовок 1600 кг/м³ при давлениях прессования до 6 МПа и концентрации связующего от 2 до 4%. Установлено, что при такой прочности обеспечивается сохранность прессовок при транспортировании, а использование связующего в виде крахмального клейстера позволяет получать прессовки с высокой плотностью при малых давлениях прессования.

Порошки на основе ферментных препаратов исследовали на предмет их гранулирования с учетом их «активности» и термолабильных свойств. В связи с этим гранулирование осуществлялось при диспергировании связующего на поверхность порошка в объеме

смесителя. Для интенсификации процесса и поддержания температурного режима были использованы мешалки **Z-образной и рамочной** формы, что обеспечивает перенос смешиваемых компонентов в радиальном, тангенциальном и вертикальном направлениях. Благодаря такому движению мешалок происходит равномерное распределение связующего в объеме материала. Возможность гранулирования ферментных препаратов характеризуется степенью комкуемости [2]:

$$K = \text{MMB} / (\text{МКВ} - \text{ММВ}), \quad (6)$$

где К – степень комкуемости,%; МКВ – максимальная капиллярная влагоемкость, ММВ – максимальная молекулярная влагоемкость. Для ферментных препаратов при влажности материала до 2% показатель $K=(0,3-0,6)$. В результате для гранулирования данного материала был рекомендован метод скоростного окатывания. По результатам исследования гранулируемости многокомпонентных шихт и материалов автором была составлена табл. 2, учитывающая закономерности уплотнения и упрочнения структуры и рекомендовано оборудование для гранулирования.

Таблица 2

**Классификация процессов агломерации и гранулирования
многокомпонентных материалов и шихт с ВМР**

Способ структурообразования	Перерабатываемый материал	Механизм взаимодействия частиц	Основные аппараты
1	2	3	4
1. Стихийная агломерация	Полидисперсные сырьевые смеси для производства (вторичная дисперсная структура)	Межмолекулярные, кулоновские и электрические силы	Бункеры
1.1. При транспортировке	Модифицированная вторичная дисперсная структура (агломерация на активных центрах частиц – бессистемная)	Молекулярные, кулоновские и электрические силы. Взаимодействие адсорбционных слоев воды	Элеваторы, шнеки, системы пневмотранспорта, течи
1.2. При хранении	Агломераты неправильной формы с «низкими» структурно-деформационными характеристиками	Кулоновские и межмолекулярные силы. Силы механического зацепления. Взаимодействие адсорбционных слоев влаги. Капиллярные силы	Шихтовальные склады, бункера
2. Гранулирование методом компактирования сухих порошков	Керамические массы, известьсодержащие материалы, древесные и растительные отходы, стекольные и эмалевые шихты	Межмолекулярные, электрические, кулоновские силы, силы механического зацепления, твердофазное химическое взаимодействие	Прессы: - валковые; - брикетные; ротаторные прессы: - с кольцевой и цилиндрической матрицей
3. Гранулирование порошков в присутствии технологических связей	–	–	–
3.1. Перемешивание	Сухие сырьевые смеси для производства: стекла, керамики, цементного клинкера, легких заполнителей (пермаит, перлит); ОМУ	Межмолекулярные и капиллярные силы, поверхностное натяжение	Шнеки, инерционные смесители, барабанные аппараты, виброгрануляторы

1	2	3	4
3.2. Грануляция окатыванием	Сырьевые смеси для производства: цементного клинкера, стекла, огнеупорных масс, керамзита, аглопорита, зольного гравия, ОМУ, водорастворимые удобрения, ферментные препараты, БАДы (абомин, лактозим), пористые материалы	Капиллярные и молекулярные силы, поверхностное натяжение пленок жидкости, адгезионные и когезионные силы в мостиках связующего, химические реакции,	Грануляторы: - тарельчатые; - виброгрануляторы; - турбогрануляторы
3.3. Гранулирование методом компактирования	Сырьевые шихты для производства керамики, стекла, фосфогипс, углеродсодержащие адсорбенты, пористые материалы наполнители (TiO_2 , тальк); древесные и растительные отходы; ферментные препараты, глинистые массы	Капиллярные и молекулярные силы, поверхностное натяжение пленок жидкости, адгезионные и когезионные силы в мостиках связующего, твердофазное химическое взаимодействие	Прессы: - валковые; - штемпельные; Роторные прессы: - с кольцевой матрицей; - с цилиндрической матрицей; таблетмашин
3.4. Пластическое формование	Керамические массы, стекольные шихты, глинистые массы	Образование жидкофазных и твердофазных мостиков между частицами, твердофазное химическое взаимодействие	Дырчатые вальцы, шнековые грануляторы
4. Гранулирование методом прессования	Стекольные и эмалевые шихты, металлические порошки	Рекристаллизация и рост зерен, химическое взаимодействие, образование твердофазовых мостиков спекания	Валковые прессы с гладкой поверхностью; брикетные прессы

Проведенный анализ гранулируемости большой группы МП и материалов на основе отходов позволяет определить диапазоны влажности (от 1% до 40%), при которых получают плотнопрочные прессовки или гранулы. Так, для стеклообразующих и эмалевых шихт приоритетным методом гранулирования является прессование на гладких валках при $W_{\text{исх}}$ от 4 до 6%; гранулы органоминеральных удобрений целесообразнее получать в скоростном грануляторе окатывания при $W_{\text{исх}}$ от 10 до 20%; pellets из отходов растительного происхождения получают при использовании роторных прессов с кольцевой и цилиндрической матрицей при $W_{\text{исх}}$ от 10 до 18%; пористые материалы необходимо гранулировать в несколько стадий методом компактирования при $W_{\text{исх}}$ от 10 до

20%. Термолабильные препараты гранулируют методами таблетирования и скоростного окатывания при использовании комплексных связующих при $W_{\text{исх}}$ от 1 до 6%.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Баринский Е.А. Исследование и разработка процесса утилизации промышленных и коммунальных отходов методом гранулирования при получении эмалей и удобрений: дис... канд. техн. наук. – М., 2006. – 280 с.
2. Витюгин В.М. Исследование процесса гранулирования окатыванием с учетом свойств комкуемых дисперсий: дис... канд. техн. наук. – Томск, 1975. – 313 с.
3. Генералов М. Б. Механика твердых дисперсных сред в процессах химической технологии: учебное пособие для вузов. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. – 592 с.

4. Горбатов А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 237 с.
5. Куликова Т.В. Испытание современных видов удобрений в лесных питомниках Ленинградской области // ОАО «Буйский химический завод» [сайт]. URL: http://www.bhz.kosnet.ru/Rus/Stat/_stats.html (дата обращения: 06.08.2012).
6. Макаренков Д.А. Исследование процесса компактирования и окатывания дисперсных сред с регулируемыми реологическими характеристиками: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2000. – 260 с.
7. Модин Н.А., Ерошкин А.Н. Брикетирование измельченной древесины и древесной коры. – М: Лесная промышленность, 1971. – 112 с.
8. Назаров В.И., Макаренков Д.А., Булатов И.А. Исследование процесса гранулирования дисперсных отходов на роторных прессах с плоской матрицей // Вестник МИТХТ. – 2010. – Том V, № 6. – С. 13-16.

УДК 66.0992.002.237

Макаренков Д.А., Назаров В.И.

*Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)
(Университет машиностроения)*

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В СКОРОСТНЫХ И ТАРЕЛЬЧАТЫХ ГРАНУЛЯТОРАХ ОКАТЫВАНИЯ

D. Makarenkov, V. Nazarov

Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI)

FEATURES OF THE GRANULATION PROCESS OF COMPLEX AND ORGANIC FERTILIZERS IN HIGH-SPEED GRANULATORS AND DISH NODULIZERS

Аннотация. Проведены исследования процесса гранулирования комплексных органоминеральных удобрений методами окатывания на тарельчатом и скоростном грануляторе. Установлен механизм гранулирования многокомпонентных удобрений применительно к скоростному гранулятору. Механизм гранулирования материала рассмотрен с точки зрения движения «пакета» частиц в аппарате. Определены углы наклона лопаток гранулятора, влияющие на время пребывания материала в аппарате.

Ключевые слова: гранулятор, удобрения, механизм взаимодействия, «пакет» частиц, угол наклона, лопатка.

Abstract. We have studied the process of granulation of complex organomineral fertilizers in a dish nodulizer and high-speed granulator. The mechanism of granulation of multicomponent fertilizers, as applied to the high-speed granulator, is established. The mechanism of granulation of a material is considered from the point of view of movement of a 'package' of particles in the device. Tilt angles of the shovels in the granulator, affecting of the time of the material stay in the device, are found.

Key words: granulator, fertilizers, interaction mechanism, 'package' of particles, tilt angle, shovel.

Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур достигается за счёт повышения плодородия почв. Одним из методов, направленных на воспроизводство почв, является внесение удобрений. Эксплуатация земель за последние десятилетия сопровождалось нарушением агротехнических и экологических требований. К тому же снизились объемы и номенклатура применяемых удобрений, а те количества, которые вносятся, зачастую не обеспечивают потребности для возделываемых культур. При таких условиях актуальным является получение максимальной отдачи от вносимых под сельскохозяйственные культуры