

УДК 631.371:621.311.004.18

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЛЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МЕХАНОАКТИВАЦИЕЙ

Волков В.С., Беззубцева М.М., Романейн Н.В.

*ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,
Санкт-Петербург, e-mail: mysnegana@mail.ru*

В статье представлены результаты исследований эффекта селективности (избирательности) процесса измельчения материалов в аппаратах с магнитоожигенным слоем – электромагнитных механоактиваторах. Раскрыта физическая сущность эффекта селективности. Показано, что избирательность измельчения зависит от соотношения режимов работы электромагнитных механоактиваторов. Подтверждена возможность управления как степенью измельчения, так и гранулометрическим составом продуктов помола. Результаты эксперимента подтверждают теоретические исследования физико-механических процессов, происходящих в магнитоожигенном слое механоактиваторов при формировании диспергирующих нагрузок.

Ключевые слова: электромагнитная механоактивация, селективность разрушения, режимы работы, фракционный состав продуктов помола

THE QUESTION OF RESEARCH SELECTIVE OF GRINDING MATERIALS BY ELECTROMAGNETIC MECHANOACTIVATION

Volkov V.S., Bezzubceva M.M., Ramanan N.V.

St.-Peterburg agrarian university, St.-Peterburg, e-mail: mysnegana@mail.ru

There are results of investigations of the selectivity of grinding materials in devices with magnetic liquified layer – electromagnetic mehanooaktivators. Revealed the physical nature of the effect of selectivity. It is shown that the selectivity of grinding depends on the ratio of the modes of electromagnetic mehanooaktivators. It is confirmed that there is a possibility to control the degree of grinding as well as its granulometric composition. The experimental results confirm the theoretical studies of physical and mechanical processes in magnetic liquified layer of mehanooaktivatoors in the formation of dispersing loads.

Keywords: electromagnetic mehanooactivation, selectivity of destruction, modes of operation, fractional composition of grinding products

Существенным потребителем энергетических ресурсов являются перерабатывающие предприятия АПК, для которых приоритетной задачей развития является повышение энергоэффективности производства и сбережение сырьевых материалов. Наиболее энергоемкой в аппаратурно-технологических линиях переработки является стадия измельчения. Независимо от степени измельчения и количества стадий диспергирования общим фактором, отвечающим за энергоемкость готовой продукции, принято считать механизм трансформации разрушающих усилий в поверхность разрушения материала или способ формирования диспергирующих нагрузок в механоактиваторах [1, 2]. От этого параметра зависят энергозатраты на образование единицы вновь образованной поверхности. В зависимости от физико-механических и реологических свойств перерабатываемого продукта и способа формирования диспергирующих нагрузок, реализованных в механоактиваторах, энергозатраты на проведение процесса могут отличаться на порядки. При этом существенным показателем, характеризующим как энергоэффективность механо-

активаторов, так и качество готовых изделий является избирательность (селективность) разрушения, предопределяющая гранулометрический состав продуктов помола [3, 4].

Целью исследования является интенсификация процесса механоактивации рецептурного компонента шоколадных масс (сахарного песка) электромагнитным способом.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования являются закономерности измельчения сахарного песка на электромагнитном механоактиваторе (ЭММА). Используются аналитические и экспериментально-статистическими методы исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках комплексного исследования селективности разрушения сыпучих материалов и изучения спектра сил, действующих на измельчаемый материал в электромагнитных механоактиваторах [5, 6, 7, 16, 17], установлено [8], что показатель селективности зависит от соотношения скоростного и электромагнитного режимов работы аппарата. С целью изучения селективности

процесса обработки порошкообразных сыпучих продуктов в аппаратах с магнитооживленным слоем был разработан инновационный электромагнитный механоактиватор (ЭММА) [9], конструктивная схема которого представлена на рис. 1. Согласно классификации [10, 11, 12] устройство относится к цилиндрической группе аппаратов с магнитооживленным слоем. ЭММА является однороторным, коаксиальным, многополярным, 4-катушечным, двухкамерным, с чередующейся полярностью полюсов электромагнита во времени и с системой автоматического управления силы тока в обмотке управления (ОУ). Технологическое назначение устройства – совмещение стадий среднего и тонкого помола с перемешиванием смеси технологических ингредиентов, также получение частиц помола с заданным технологией гранулометрическим составом. Размольные элементы выполнены в форме правильных сферических тел диаметром 2 мм из ферромагнитного материала и размещены в рабочем объеме устройства в смеси с обрабатываемым продуктом. Режимы работы устройства устанавливаются путем регулирования частоты вращения внутреннего вала-шнека и силы тока в ОУ. Время измельчения контролируется традиционными приборами (секундомерами, реле времени и т.д.). Для оценки селективности измельчения в ЭММА в качестве модельного продукта

выбран полуфабрикат шоколадного производства – смесь сахарного песка и какао крупки с показателем $n_c = 2$ [13].

Выборочно гранулометрический состав смеси, полученной в режимах работы ЭММА при величине магнитной индукцией в рабочем объеме аппарата B равной 0,25 и 0,4 Тл, представлен на рис. 2 в виде кривых функций распределения, изображенных на логарифмически – вероятностной сетке [14]. Увеличение индукции в рабочем объеме способствует улучшению однородности продукта. Линия распределения зернового состава при $B = 0,4$ Тл в области мелких фракций имеет более низкое расположение, что свидетельствует о меньшей доле частиц «вредных» фракций, размером $\delta < 10$ мкм. Более близкое расположение линии распределения к вертикали говорит о меньшей дисперсии и соответственно меньшем стандартном отклонении кривой распределения, а следовательно, и более узком распределении, то есть большей однородности по своим размерам частиц смеси. Среднеквадратичное отклонение $\lg \delta$ можно определить аналитически, по формулам [14]:

$$\lg \delta = \lg \frac{\delta_{84,1}}{\delta_{50}};$$

или

$$\delta = \frac{\delta_{84,1}}{\delta_{50}}, \quad (*)$$

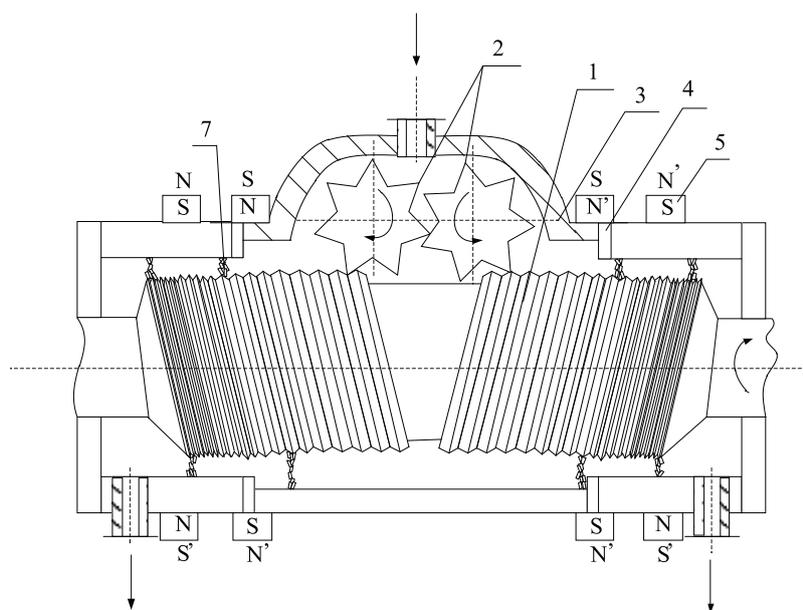


Рис. 1. Конструкция ЭММА:

1 – шнек; 2 – зубчатые колеса из диамагнитного материала; 3 – корпус;
4 – диамагнитные кольца; 5 – выносные магнитопроводы; 6 – обмотки управления;
7 – размольные тела в форме призм удлиненной формы

полученным из равенства

$$D_{\text{нр}} = \frac{100}{\sqrt{2\pi \lg \delta}} \int_{-\infty}^{\lg \delta} \exp \left[-\frac{(\lg \delta - \lg \delta_{50})^2}{2 \lg^2 \delta} \right] d \lg \delta,$$

где δ_{50} – медиана распределения; $\lg \delta$ – стандартное среднеквадратическое отклонение логарифмов диаметров от их среднего значения) в результате подстановки табличного значения функции распределения $D(\delta) = 84,1\%$, которое соответствует нормированной нормально распределенной величине $U = +1$. Диаметры частиц (проход 84,1 и 50%) находятся из графиков функции распределения частиц по размерам. Аналитическую формулу (*) можно использовать для характеристики однородности продукта помола и для анализа селективности процесса измельчения материалов, обработанных электромагнитной механоактивацией.

дает смесь, диспергированная в электромагнитном режиме работы ЭММА с $B = 0,4$ Тл. Получение более однородного полуфабриката с высокой дисперсностью положительно сказывается как на вкусовых достоинствах шоколадных изделий, так и на их себестоимости [15].

Заключение

Полученные результаты имеют практическое значение для производства шоколадных полуфабрикатов, так как качество готового шоколада и экономичность его приготовления определяются размерами частиц твердой фазы рецептурных компонентов шоколадных масс, в том числе и размерами частиц сахарной пудры, которая составляет значительную долю (60–70%) от твердой фазы шоколадных масс.

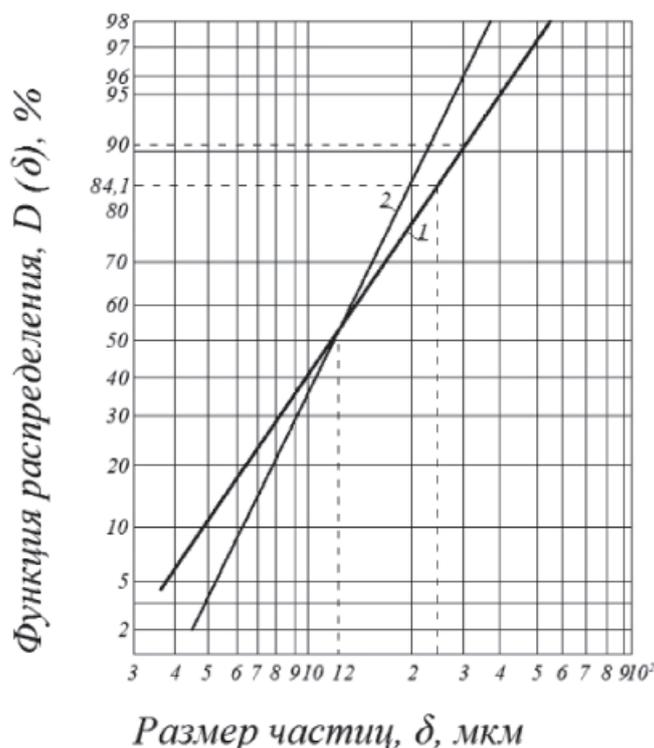


Рис. 2. Функции распределения частиц шоколадной массы, полученной на ЭММА при величине индукции в рабочем объеме B , Тл:
1 – $B = 0,25$ Тл; 2 – $B = 0,4$ Тл

В результате анализа экспериментальных данных установлены следующие гранулометрические характеристики продуктов помола: при $B = 0,25$ Тл: $D = 90,5\%$; $\delta_{50} = 12$ мкм; $\delta_{84,1} = 25$ мкм; $\delta = 2,08$; при $B = 0,4$ Тл: $D = 96\%$; $\delta_{50} = 12$ мкм; $\delta_{84,1} = 19,9$ мкм; $\delta = 1,66$. Наиболее рациональным гранулометрическим состав для приготовления шоколадных изделий обла-

Список литературы

1. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. Электромагнитный способ снижения энергоемкости продукции на стадии измельчения // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8. – С. 399–400.
2. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования физико-механических процессов в магнитоожигенном слое ферротел // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 7 – С. 191–195.

3. Беззубцева М.М. Исследование процесса измельчения какао бобов в электромагнитных механоактиваторах // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 3. – С. 171.
4. Беззубцева М.М. Исследование процесса диспергирования продуктов шоколадного производства с использованием электромагнитного способа механоактивации // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 5–2. – С. 78–79.
5. Беззубцева М.М., Волков В.С., Обухов К.Н., Котов А.В. Прикладная теория электромагнитной механоактивации (монография) // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2–1. С. 101–102.
6. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования процесса электромагнитной механоактивации пищевого сельскохозяйственного сырья // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1–2. – С. 232–234.
7. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. Энергетические параметры, характеризующие работу электромагнитных механоактиваторов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8–1. – С. 134–135.
8. Беззубцева М.М., Криштопа Н.Ю., Михайлов В.Н. Исследование скоростных режимов работы электромагнитного измельчителя постоянного тока // Технологии и средства механизации сельского хозяйства сборник научных трудов. Редакционная коллегия: М.А. Новиков, Л.В. Тишкин, Б.И. Вагин, Е.И. Давидсон, В.В. Калюга. – СПб., 2005. – С. 17–21.
9. Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В., Обухов К.Н. Инновационные электротехнологии в АПК // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2–2. – С. 221
10. Беззубцева М.М., Криштопа Н.Ю. Классификация электромагнитных измельчителей (ЭМИПТ) // Проблемы аграрной науки на современном этапе сборник научных трудов : к 100-летию университета. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – СПб., 2004. – С. 140–153.
11. Беззубцева М.М., Романов А.Н. Канализу конструктивного исполнения электромагнитных механоактиваторов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8. – С. 419–420
12. Беззубцева М.М., Волков В.С., Ружьев В.А. Классификация электромагнитных мельниц // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 9. – С. 103–104
13. Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В., Обухов К.Н. К вопросу исследования электромагнитного способа механоактивации рецептурных компонентов шоколадных изделий // Современные наукоёмкие технологии. – 2015. – № 4. – С. 12–14.
14. Беззубцева М.М., Волков В.С. К вопросу исследования закономерностей электромагнитного способа измельчения продуктов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2 – С. 428–429.
15. Беззубцева М.М. Интенсификация классических технологических схем переработки сырья на стадии измельчения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 2–2. – С. 132–133.
16. Беззубцева М.М., Бороденков М.Н. Анализ направлений повышения энергоэффективности размольного оборудования // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 9 – С. 85–86.
17. Беззубцева М.М., Григорьев И.Ю. Интенсификация процесса переработки цеолитов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8 – С. 393–394.