

УДК 636.085.55

Профессор А.А. Шевцов,

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хранения и переработки зерна, тел. (473) 255-65-11

зав. сектором И.Б. Мещеряков,

младший научный сотрудник Э.Б. Мещеряков

(Всероссийский НИИ комбикормовой промышленности), тел. (473) 246-66-12

Применение редкоземельных магнитов для извлечения магнитных примесей из минеральных премиксов

Проведен анализ вещественного состава металломагнитной примеси из минерального премикса. Показано, что выделенная металломагнитная примесь включает слабомагнитные частицы с низкой магнитной восприимчивостью. Извлечение таких частиц из потока продукта в процессе магнитной сепарации с применением высокоэнергетических редкоземельных магнитов представляет собой сложную задачу.

The analysis of the material composition metallomagnetic admixtures of mineral premix. It is shown that the dressed metallomagnetic impurity includes low-magnetic particles with low magnetic susceptibility. Removing these particles from the product stream in process of magnetic separation using high-energy rare earth magnets is a challenging task.

Ключевые слова: магнитные примеси, премиксы, постоянные магниты.

На зерноперерабатывающих предприятиях, в пищевой и комбикормовой промышленности широко используется процесс магнитной сепарации для производства безопасной готовой продукции, защиты технологического оборудования от поломок, предохранения от пожаров и взрывов пыли.

Процесс магнитной сепарации реализуется в электромагнитных и магнитных сепараторах, установленных в технологической схеме зерноперерабатывающего предприятия и выполняющих в совокупности функцию магнитной защиты.

В общем количестве средств магнитной защиты на комбикормовых, пищевых предприятиях подавляющее большинство составляют сепараторы с постоянными магнитами. Магнитные сепараторы для сухой магнитной сепарации одинаково применяются на комбикормовых, мукомольных, крупяных предприятиях, например, для очистки зерна.

Вместе с тем есть существенные отличия в определении магнитных примесей и допустимых нормах содержания. В комбикормовой отрасли к металломагнитной примеси относят металлические частицы, содержащиеся в комбикормовой продукции, способные притягиваться к магниту [1]. В пищевой промышленности [2] в состав металломагнитной примеси

включены дополнительно минералы, шлаки, окалина и т. п. вещества, обладающие магнитными свойствами. Предельно-допустимое содержание таких примесей в готовой продукции в комбикормовой отрасли 8-30 мг/кг, в пищевой – 3 мг/кг [2, 3].

На комбикормовые предприятия основной объем магнитных примесей поступает в составе сырья – компонентов комбикормов [4]. Данные прошлых лет по засоренности комбикормового сырья магнитными примесями (выборки сделаны на десятках комбикормовых предприятий) показали, что без магнитной защиты содержание магнитных примесей, например, в рецептах для молодняка животных может достичь 370-380 мг/кг. Следовательно, при выработке комбикорма для обеспечения безопасности готовой продукции требуется уменьшить в нем содержание примесей в 46-47 раз. Современных данных, т.е. последнего десятилетия, по засоренности сырья магнитными примесями крайне мало [5, 6]. Индикаторы существования проблемы – публикации Госконтроля качества комбикормов, содержащие информацию о большом объеме готовой продукции, забракованной по завышенному показателю содержания магнитных примесей.

Неблагоприятной новой тенденцией является наблюдаемый скачкообразный рост засоренности магнитными примесями премиксов. В последнее десятилетие неоднократно устанавливались факты появления на российском рынке комбикормового сырья премиксов с высоким содержанием магнитной примеси. Характерны данные протокола № 105а от 25.03.2008 г. испытаний премикса минерального, полученные в испытательной лаборатории АНО НТЦ «Комбикорм». В табл. 1 в первой строке приведен перечень полезных микроэлементов, входящих в состав минерального премикса, определенный на атомно-адсорбционном спектрофотометре марки С-115-М1, по ГОСТ Р 51637-2000.

В соответствии с ГОСТом из пробы минерального премикса, предназначенного для испытания, предварительно извлекли по ГОСТ Р 53011-2008 металломагнитную примесь, содержание которой в пробе весом 1 кг составляло 5553,4 мг, что в 55 раз больше нормы.

В третьем столбце табл. 1 приведено содержание микроэлементов выделенной металломагнитной примеси. Доля железа составила 74,4 % от массы извлеченной металломагнитной примеси.

Т а б л и ц а 1

Содержание микроэлементов в минеральном премиксе и металломагнитной примеси, извлеченной из него

Наименование микроэлементов, мг/кг	Исходный премикс	Премикс, очищенный от металломагнитной примеси	Металломагнитная примесь
Марганец	126050	129750	68560
Железо	146740	126960	413250
Медь	11380	12200	1250
Цинк	175870	172700	69380
Кобальт	509	550	296

Выделенная примесь представляет собой смесь частиц темно-коричневого цвета размером 30-100 мкм с включением рыхлых зерен размером 2-3 мм. По агрегатному состоянию примесь представляет собой порошок из частиц, относящихся к группам сильно- и слабомагнитных минералов. По внешнему виду и агрегатному состоянию выделенная примесь не соответствует определению «металломагнитная примесь» [1]. Очевидно, что при вводе

такого премикса в рецепт комбикорма реальной является потеря до 0,55 % массы премикса на магнитном сепараторе при контроле готовой продукции с соответствующим нарушением баланса микроэлементов.

Кроме премиксов, минеральные магнитные примеси, как правило, содержит пшеница, собранная с полей Восточной Сибири, из Казахстана.

Для реализации процесса магнитной сепарации необходимы данные об удельной магнитной восприимчивости примесей. В табл. 2 приведены значения удельной магнитной восприимчивости некоторых минералов [9]. В массе примесей из магнитных минералов присутствуют агрегаты, конгломераты, флоккулы из мелких частиц. Флоккула, состоящая из сильномагнитной частицы и притянутых к ней слабомагнитных частиц, имеет магнитную восприимчивость в 10-100 раз меньше, чем у сильномагнитной частицы. Значительную долю слабомагнитных примесей в сырье и готовой продукции комбикормового производства составляют оксиды и гидроксиды железа минерального и искусственного происхождения.

Сильномагнитные примеси, включающие различные марки сталей, руды, шлаки, извлекают в магнитных сепараторах со «слабым» магнитным полем напряженностью до 120 кА/м, слабомагнитные премиксы извлекаются в полях напряженностью порядка 1000 кА/м и более.

Т а б л и ц а 2

Удельная магнитная восприимчивость некоторых минералов

Минералы	Химическая формула	Удельная магнитная восприимчивость, $10^{-7} \text{ м}^3/\text{кг}$
Сильномагнитные		
Магнетит	Fe_3O_4 ; $(\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$	6300-12000
Маггемит	$\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$	5000-6000
Титаномagnetит	$\text{Fe}(\text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_2\text{O}_4$	3000-4000
Пирротин	$\text{Fe}_{1-x}\text{S} (x=0 \div 0,2)$	63-570
Мартит	Fe_2O_3	70-90
Слабомагнитные		
Гематит	Fe_2O_3	20-30
Лимонит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	2-3
Сидерит	FeCO_3	6-7
Манганит	$\text{MnO}_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$	До 6,3
Пирролюзит	MnO_2	До 4
Вольфрамит	$(\text{Fe}, \text{Mg})\text{WO}_4$	8-12

Магнитные системы сепараторов со «слабым полем» собирают из ферритовых магнитов, которые относительно дешевы и доступны. ВНИИ КП с 90-х годов XX в произвел более 5 000 магнитных сепараторов с магнитами из феррита бария, стронция и др., что способствовало преодолению проблемы извлечения сильномагнитных примесей из сырья и готовой продукции в отраслях зернопереработки.

Для извлечения слабомагнитных минералов применяют магниты на основе редкоземельных элементов Nd-Fe-B, Sm-Co. Сравнительная характеристика напряженности магнитного поля трех упомянутых разновидностей магнитов размером 100×50×25,4 мм приведена на рисунке. Напряженность магнитного поля у редкоземельных магнитов в 3-4 раза больше, чем у ферритовых, а магнитная сила магнитных систем в 5-10 раз выше. Магниты из Nd-Fe-B, как более дешевые, применяют для извлечения слабомагнитных примесей на зерноперерабатывающих предприятиях в комбикормовой и пищевой промышленности.

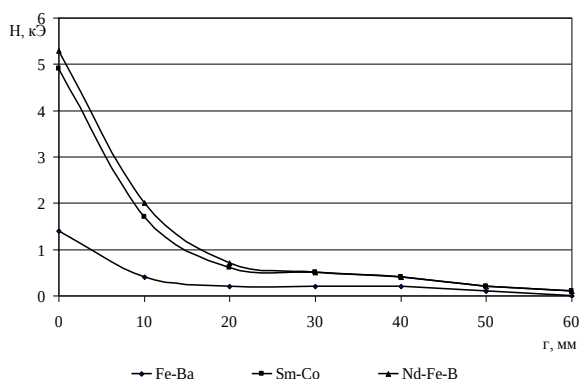


Рисунок. Зависимость напряженности магнитного поля от расстояния до поверхности магнитов вдоль оси намагниченности

Магнитная индукция магнитов зависит от процентного соотношения редкоземельных элементов в магните. Существуют десятки марок магнитов, отличающихся температурными коэффициентами, коррозионными свойствами, точками Кюри, коэффициентами возврата, электрическими сопротивлениями и плотностью.

При выборе высокоэнергетических магнитов чаще всего применяют магниты из Nd-Fe-B, что связано, прежде всего, с тем, что

эти магниты в 2,5-5 раз дешевле, чем магниты Sm-Co. Однако при специальных условиях эксплуатации: высоких температурах и в средах, способствующих возникновению коррозии, применяют Sm-Co магниты.

Таким образом, сопоставление удельной магнитной восприимчивости слабомагнитных примесей на примере минерального премикса и пределов роста силовой характеристики магнитных систем из редкоземельных магнитов показывает сложность реализации процесса магнитной сепарации слабомагнитных примесей.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 51848-2001 «Продукция комбикормовая. Термины и определения».
- ГОСТ 20239-74 «Мука, крупа и отруби. Метод определения металломагнитной примеси».
- ГОСТ 13496.9-96 «Комбикорма. Методы определения металломагнитной примеси».
- Условия достижения безопасности кормов по показателю содержания металломагнитной примеси для обеспечения здоровья и продуктивности сельскохозяйственных животных [Текст] / И.Б. Мещеряков, В.И. Ефремов // Зооиндустрия. - 2006. - № 4. - С. 7
- Госконтроль качества и учета на комбикормовых предприятиях [Текст] // Комбикорма. - 2004. - № 2. - С. 37.
- Полисмакова, М.Н. Определение истинной доли фракции ферропримесей заданных размеров в пищевых продуктах [Текст] / М.Н. Полисмакова, А.А. Сандуляк, Д.В. Ершов // Хлебопродукты. - 2010. - № 7. - С. 37-41.
- ГОСТ Р 53011-2008 «Комбикорма, белково-витаминно-минеральные концентраты, премиксы. Методы определения металломагнитной примеси».
- Мещеряков, И.Б. Очистка от слабомагнитных примесей на пищевых предприятиях [Текст] / И.Б. Мещеряков, И.А. Козлов // Хлебопродукты. - 2001. - № 8. - С. 24.
- Кармазин, В.И. Обогащение руд черных металлов [Текст]: учебник для вузов / В.И. Кармазин. - М.: Недра, 1982.