

# СПЕЦИФИКА ВЫБОРА МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ

**И. МЕЩЕРЯКОВ**, канд. техн. наук, АО «ВНИИКП»

Создание надежной и эффективной магнитной защиты — всегда актуальная задача для специалистов предприятий. Сегодня технические возможности для этого значительно расширились. За прошедшие два десятилетия количество фирм-производителей средств магнитной защиты для комбикормовых, мукомольно-элеваторных и крупяных предприятий увеличилось не менее чем в три раза.

Практически все производители постоянных магнитов, работавшие ранее на «оборонку» и машиностроение, предлагают в настоящее время магнитные сепараторы различной конструкции. В подавляющем большинстве это сепараторы «простые» по конструкции, которые включают в себя металлический корпус с неподвижной в процессе работы магнитной системой в виде лотка, барабана, колосниковой решетки и т.п. Потребительская ценность их фокусируется на применении в них в качестве источника магнитного поля высокоэнергетических постоянных магнитов, выполненных из сплавов на основе неодима с железом и бором (Nd-Fe-B). Такие сепараторы позиционируются как максимально улавливающие металломагнитные примеси и обеспечивающие увеличение в 10 раз усилий удержания металлических примесей по сравнению с широко используемыми постоянными магнитами на основе ферритов.

Действительно, существующая практика производства и эксплуатации магнитных сепараторов с неодимовыми магнитами свидетельствует о высокой эффективности извлечения магнитных примесей, но вместе с тем и об их высокой стоимости.

Комбикормовая промышленность так же, как и пищевая, выпускает продукцию с относительно невысокой добавленной стоимостью. Исключение составляют не-

которые предприятия масложировой промышленности. Экономия затрат предприятия на реновацию оборудования проявляется в стремлении продлить срок службы основных видов машин и даже в повторном применении постоянных магнитов, сохранивших высокие магнитные параметры за период срока службы. Поэтому при закупке новых магнитных сепараторов критерием выбора являются высокие и стабильные магнитные параметры при возможно низкой цене. Вместе с тем параметры применяемых магнитных материалов должны соответствовать специфическим отраслевым требованиям производства, вследствие чего существует необходимость их структурировать и детализировать.

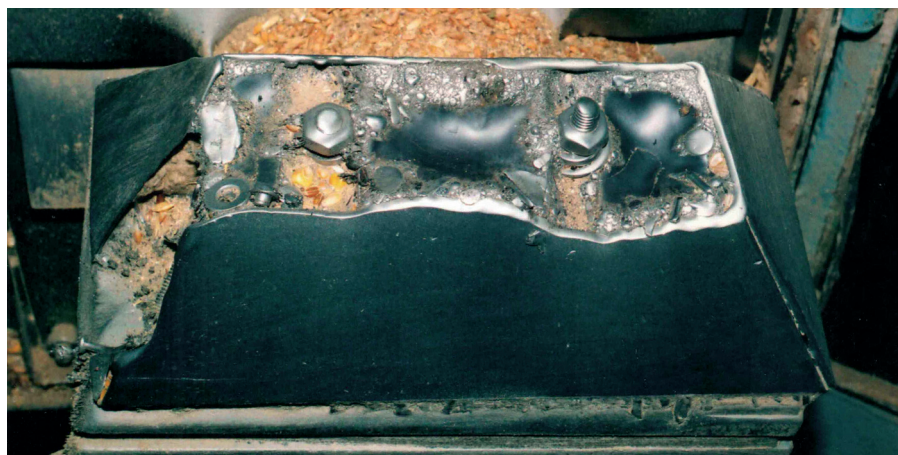
В комбикормовой промышленности, как и в пищевой, постоянные магниты внедряются в той же временной последовательности, что и научная разработка. Общепромышленное освоение производства отстает по времени на 10–20 лет. В 30–50-х годах применялись постоянные магниты из вольфрамовой, кобальтовой, хромовой стали. В 60–80-х стальные магниты были вытеснены литыми постоянными магнитами из сплавов альнико (Al-Ni-Co), по российским стандартам это сплавы ЮНДК. Особенно широко использовались подковообразные магниты — сплав ЮН13ДК24, или магнико. В 80–90-е годы на смену пришли керамические магниты, содержащие

**Характеристики магнитных материалов, применяемых в магнитных сепараторах**

Магнитный материал	Магнитная индукция <sup>1</sup> , В <sub>r</sub> , Тл	Коэрцитивная сила по намагниченности j, H <sub>cj</sub> , кэ	Максимальная температура, °С	Коррозивная стойкость	Стоимость <sup>2</sup> за 1 кг, относит. ед.
Ферриты	0,39	2,4; достаточно	300; достаточно	хорошая	1
Al-Ni-Co	1,25	0,64; недостаточно	600; избыточно	удовлетворительная	13
Ne-Fe-B	1,30	12,5; избыточно	140; достаточно	низкая	18

Примечание. <sup>1</sup> Для магнитов в замкнутой магнитной системе (открытые магнитные системы с индукцией в 3–5 раз ниже).

<sup>2</sup> За единицу стоимости принята средняя стоимость керамических материалов.



*Фото 1. Износ магнитной системы из феррита бария после 17 лет эксплуатации магнитного сепаратора производительностью 50 т/ч, установленного на линии подачи зерна*

ферриты бария или стронция. В последнее десятилетие 20 века в отрасли начали применять постоянные магниты, в составе которых сплав редкоземельных металлов — неодим-железо-бор (Ne-Fe-B). Это открыло новые возможности повышения качества очистки сырья и готовой продукции от магнитных примесей.

Прогресс в разработке новых магнитных материалов приводит к постепенному вытеснению и замещению одних материалов другими. Из четырех рассмотренных выше групп магнитных материалов сейчас в эксплуатации остались три последние. Каждая из этих групп имеет преимущества и недостатки. В таблице представлены характеристики магнитных материалов и приведена качественная оценка параметров, влияющих на их выбор.

Литые постоянные магниты из сплавов Al-Ni-Co раньше других магнитных материалов получили широкое распространение на предприятиях в виде подковообразных магнитов из сплава ЮН13ДК24 (магнико) из-за высокой величины остаточной магнитной индукции. Для поддержания стабильности магнитного потока в процессе эксплуатации рекомендовалось в нерабочем положении замыкать полюса магнитов стальными пластинами. Невысокое по нынешним меркам значение коэрцитивной силы приводило к тому, что с течением времени магнитная индукция магнитов падала до недопустимо низкого уровня. Измерение магнитной индукции в центре полюсов 150 магнитов после эксплуатации в течение 7–10 лет показало следующие значения: 130–160 мТл — 4%; 110–129 мТл — 13%; ниже 110 мТл — 87%.

Керамические магниты из ферритов бария и стронция существенно потеснили магниты из Al-Ni-Co, так как невысокое значение магнитной индукции керамических магнитов легко компенсировалось при сборке магнитов в блоки. Блоки собирались в магнитную систему, которая показывала в измерениях среднее значение магнитной

индукции 150–250 мТл, что на уровне или выше индукции подковообразных магнитов из сплава ЮН13ДК24. Наблюдение за ферритовыми магнитными системами в течение трех десятилетий не выявило снижения магнитной индукции у них более чем на 4%.

Стабильность магнитных свойств и коррозионная стойкость ферритовых магнитных систем иллюстрируются на фото 1. Показана магнитная система магнитного сепаратора производительностью 50 т/ч, установленного на линии подачи зерна на комбикормовом заводе. Система эксплуатировалась 17 лет, без ремонта. На фото виден полный износ боковых экранов и колпака. Следы коррозии магнитов отсутствуют.

Магниты из Nd-Fe-B на сегодняшний день не имеют конкурентов по величине магнитной индукции и ее стабильности во времени. Недостаток магнитов, связанный с коррозионной стойкостью, можно оценить по фото 2. Над каждой



*Фото 2. Износ магнитных систем из Nd-Fe-B после 6 лет эксплуатации магнитного сепаратора производительностью 50 т/ч*

магнитной системой лежит ее экран из немагнитной стали, показанный с внутренней стороны. Магнитные системы демонтированы с магнитных сепараторов, установленных, в том числе, на линии очистки зерна производительностью 50 т/ч на крупном мелькомбинате. Период эксплуатации магнитных сепараторов — 6 лет. Следует отметить, что са-

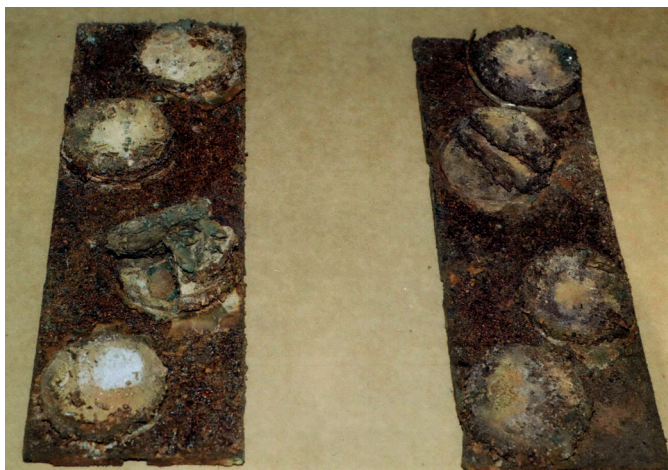


Фото 3. Коррозия магнитов Nd-Fe-B  
в магнитной системе магнитного сепаратора

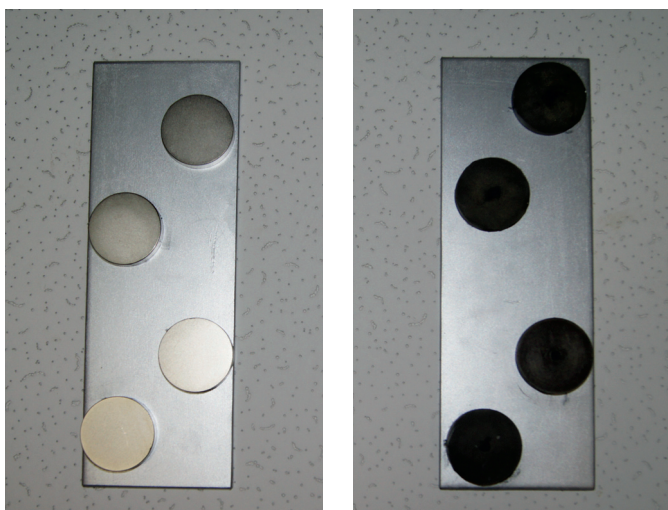


Фото 4. Магнитные системы из магнитов Nd-Fe-B  
с металлическим покрытием (слева)  
и без покрытия

нитарные нормы для помещений на мукомольных и комбикормовых предприятиях существенно не отличаются.

Степень разрушения магнитов от коррозии на отдельной магнитной системе показана на фото 3. Очевидно, что магниты подлежат полной замене.

Первоначальный вид магнитной системы при сборке магнитного сепаратора показан на фото 4 справа. На магнитах отсутствует покрытие. На этом же фото слева аналогичная магнитная система с магнитами с защитным покрытием. Оно должно наноситься на каждый магнит в виде тонкой пленки, выполненной из металла, пластика, эпоксидной смолы или других материалов. При этом не допустимы царапины и сколы, нарушающие покрытие. Очевидно, что при закупке магнитных сепараторов необходим тщательный контроль наличия и качества покрытия магнитов из Nd-Fe-B.

Ферритовые магнитные системы имеют наименьшую стоимость при установке в магнитных сепараторах. Такие конструкции позволяют полностью извлекать металлические магнитные примеси, включая стальные шарики, а мелкую магнитную примесь извлекают с эффективностью 92–95%. По объемно-весовым характеристикам такие сепараторы удовлетворяют нормам проектирования в комбикормовой и пищевой промышленности, а также хорошо вписываются в технологические схемы на производстве.

В свою очередь магнитные системы, выполненные из сплавов на основе Nd-Fe-B, незаменимы там, где надо повысить качество очистки при минимальных габаритах и весе сепаратора; при очистке от слабомагнитных примесей — чаще всего на мукомольных и крупяных предприятиях. Практика показывает, что сепараторы с неодимовыми магнитными системами и амплитудным значением магнитной индукции до 1 Тл эффективно справляются с очисткой от слабомагнитных примесей.

При покупке таких сепараторов повышенное внимание следует обращать не только на покрытие магнитов, но и на полную изоляцию магнитной системы от рабочей зоны сепаратора.

С течением времени количество сепараторов с неодимовыми магнитами в отрасли будет расти в прямой связи со снижением цен на эти магниты и совершенствованием конструкций магнитных сепараторов. ■



## ИНФОРМАЦИЯ

Ожидается, что в 2018 г. количество комбикормовых заводов в мире вырастет, в то время как себестоимость производства комбикормов несколько снизится, отмечается в исследовании мирового рынка компаний Alltech.

Этот показатель коррелируется со стоимостью зерновых культур на мировом рынке, а также с ценами на источники растительного и животного белка, на долю которых приходится основная часть расходов при производстве комбикормов. Всего в мире

в 2017 г. действовало 31 627 комбикормовых заводов, подсчитали специалисты Alltech. Производственные мощности были расширены практически во всех регионах мира.

По материалам:  
[www.allaboutfeed.net](http://www.allaboutfeed.net)