

УДК 622.778

Шкивные железотделители на постоянных магнитах

Приведены теоретические исследования магнитного поля шкивных железотделителей на постоянных магнитах. Показана возможность их создания с характеристиками не ниже, чем у электромагнитных аналогов. Разработана математическая модель процесса извлечения ферромагнитных предметов, позволяющая определять извлекающую способность железотделителей на стадии проектирования. Создан типоразмерный ряд железотделителей с диаметрами обечайки от 315 до 1000 мм, предназначенных для установки на конвейерах с шириной ленты от 500 до 1600 мм.

Шкивные железотделители применяют на обогатительных фабриках для защиты технологического оборудования от попадания в него посторонних ферромагнитных предметов, встречающихся в потоках угля, транспортируемого ленточными конвейерами. Внутри шкивного железотделителя (одновременно приводной барабан конвейера) встроена магнитная система. При сходе транспортируемого материала с конвейера на разгрузочной станции немагнитная часть материала просыпается, а ферромагнитные предметы и частицы под действием неоднородного магнитного поля притягиваются к поверхности железотделителя и перемещаются вниз, где в точке отрыва нижней ветви ленты конвейера от его поверхности сбрасываются в специальный приемник.

В шкивных железотделителях для создания магнитного поля применяют как электромагниты, так и системы постоянных магнитов. Магнитную (электромагнит-

ную) систему железотделителя устанавливают на валу и вращают вместе с ним как целое. В этом состоит отличие шкивных железотделителей от барабанных магнитных сепараторов и железотделителей, в которых барабан из немагнитного материала вращается вокруг неподвижной магнитной системы. На большинстве предприятий применяют электромагнитные шкивные железотделители типа Ш, в которых магнитное поле создается электромагнитом постоянного тока, запитываемого от выпрямительного устройства.

Специалисты института «Гипромашуглеобогащение» разработали шкивные железотделители типа ЗШкМ, в которых магнитное поле сгенерировано системой из постоянных магнитов. Подобные магнитные системы имеют преимущества по сравнению с электромагнитными. Так, нет необходимости в выпрямительных устройствах, токораспределительных коробках и соединительных кабелях, что дает ощутимую экономию при монтаже и эксплуатации. Железотделители имеют высокую степень надежности и не требуют постоянного технического обслуживания, отсутствие электропитания делает их взрывобезопасными. Срок службы системы на постоянных магнитах практически не ограничен. Намагниченность в течение 20 лет эксплуатации изменяется не более чем на 0,5 %. Следует заметить, что пробой изоляции или межвитковое замыкание – частые причины выхода обмотки возбуждения из строя. Ре-



О. П. САЙКО, инж.
(ГП «ГПКИ ОО
«Гипромашуглеобогащение»)



В. И. ДРОБЧЕНКО, инж.
(ГП «ГПКИ ОО
«Гипромашуглеобогащение»)



А. С. КОФАНОВ,
канд. техн. наук
(ГП «ГПКИ ОО
«Гипромашуглеобогащение»)



С. М. ПОДОЛЮХ, инж.
(ГП «ГПКИ ОО
«Гипромашуглеобогащение»)

монтаж или замена ее не всегда осуществимы даже на специализированных предприятиях.

Институт «Гипромашуглеобогащение» имеет опыт создания подвесных железоотделителей на постоянных магнитах [1, 2], который использовали при разработке типоразмерного ряда шкивных железоотделителей на постоянных магнитах. На основании анализа возможных магнитных систем [3] и расчетов установлено, что для шкивных железоотделителей наиболее оптимальна конструкция, состоящая из блоков постоянных магнитов, намагниченных вдоль оси вращения магнитной системы и в плоскости симметрии состыкованных одноименными полюсами (рис. 1).

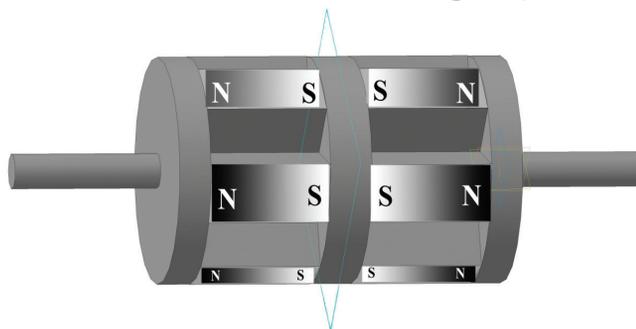


Рис. 1. Магнитная система шкивного железоотделителя.

В качестве материала магнитов целесообразно применять ферриты, так как стоимость их значительно ниже, чем редкоземельных магнитов (Nd-Fe-B) при идентичных характеристиках магнитного поля в рабочей зоне железоотделителя. Поэтому для шкивного железоотделителя выбраны ферриты марки 28СА250 со следующими характеристиками: остаточная индукция 0,39 Тл, коэрцитивная сила 256 кА/м, энергетическое произведение 28,2 кДж/м³.

Теоретические исследования магнитного поля проводились с помощью универсальной компьютерной вычислительной системы Mathematica 7.0, которая включает модуль расчета трехмерных магнитных полей методом интегральных уравнений. Одновременно в ее среде можно оптимизировать параметры магнитной системы, а также изучить динамику процесса извлечения ферромагнитных тел. Значения индукции магнитного поля, рассчитанные по этой методике, отличаются от опытных не более чем на ±11,3% [3]. Учитывая некоторые упрощения, сделанные при составлении расчетной модели, а также разброс свойств применяемых магнитов до 7–8%, можно прийти к выводу о приемлемости расчетной модели и достоверности получаемых данных.

В результате исследований определены оптимальные параметры и разработана конструкторская документация для типоразмерного ряда шкивных желе-

зоотделителей. На экспериментальном производстве института изготовлен опытный образец шкивного железоотделителя ЗШкМ-1×0,8 (диаметром обечайки 800 мм), предназначенный для установки на конвейере с шириной ленты 1000 мм (рис. 2). Магнитная система находится внутри цилиндрической обечайки из немагнитной нержавеющей стали, которая с торцов закрыта дисками из магнитомягкой стали для ограничения потоков рассеяния и концентрации основного магнитного потока в рабочей зоне. Для исключения возможных нежелательных эффектов, вызванных постоянным намагничиванием, вал железоотделителя изготовлен из немагнитной стали.

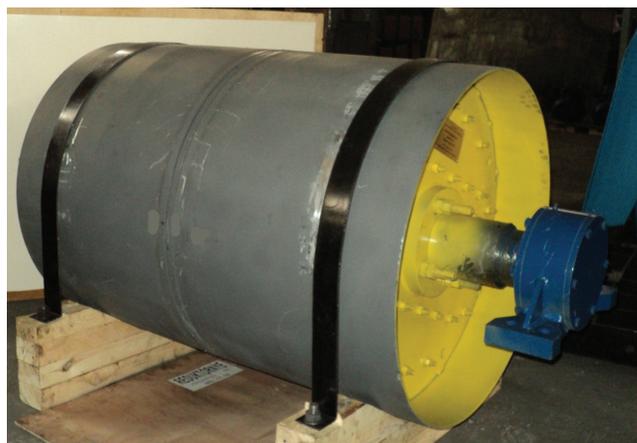


Рис. 2. Шкивный железоотделитель ЗШкМ-1×0,8.

В таблице приведены технические характеристики железоотделителя ЗШкМ-1×0,8 и его электромагнитного аналога Ш100-80М. Сравнение распределения магнитной индукции в рабочих зонах железоотделителей ЗШкМ-1×0,8 и Ш100-80М [3] показывает, что по показателям индукции магнитного поля железоотделитель на постоянных магнитах не уступает электромагнитному в рабочей зоне.

Разработанные математическая модель и программа расчета магнитного поля шкивного железоотделителя дают возможность на стадии проектирования определить его извлекающую способность. Процесс извлечения ферромагнитных тел описывают уравнения динамики:

$$\begin{aligned} m \frac{d^2x}{dt^2} + F_{xm} + F_{xc} &= 0; \\ m \frac{d^2y}{dt^2} + mg + F_{ym} + F_{yc} &= 0, \end{aligned}$$

где m – масса ферромагнитного тела;
 F_{xm} и F_{ym} – составляющие x и y пондеромоторной силы магнитного поля;

Показатели	ЗШкМ-1×0,8	Ш100-80М
Ширина ленты конвейера, мм	1000	1000
Диаметр железотделителя (обечайки), мм	800	800
Длина обечайки железотделителя, мм	1150	1150
Глубина зоны извлечения, см	32	32
Потребляемая мощность обмотки возбуждения, Вт	–	3000
Масса извлекаемых предметов, кг	0,05 – 40	0,05 – 40
Крутящий момент на валу, Н·м	9000	9000
Габаритные размеры, мм:		
длина	1860	2140
ширина	800	800
высота	800	800
Масса, кг	1950	2320

F_{xc} и F_{yc} – составляющие x и y силы сопротивления среды, определяются по методике, приведенной в работах [4, 5].

Сила магнитного поля, действующая на ферромагнитное тело, определяется выражением

$$F = \chi \rho V H \cdot \text{grad } H,$$

где χ – коэффициент формы тела (магнитная восприимчивость тела);

ρ – плотность материала тела;

V – объем тела;

H и $\text{grad } H$ – напряженность и градиент напряженности магнитного поля.

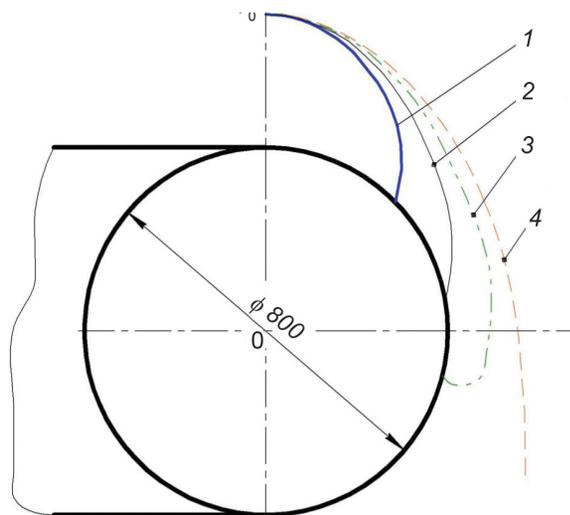


Рис. 3. Траектории движения различных тел в магнитном поле шкивного железотделителя: 1 – швеллер № 12, $L = 100$ мм; 2 – болт М 16, $L = 50$ мм; 3 – гайка М24; 4 – шар диаметром 100 мм.

Процесс извлечения ферромагнитных тел проиллюстрируем на конкретном примере шкивного железотделителя ЗШкМ-1×0,8 при следующих начальных условиях: $x_0 = 0$, $y_0 = 700$ мм (соответствует максимальной глубине извлечения), скорость конвейерной ленты $v_{x0} = 2$ м/с, $v_{y0} = 0$. Исследования проводили в плоскости симметрии, перпендикулярной оси вращения магнитной системы, где наиболее сложные условия для извлечения, поскольку толщина сепарируемого материала на ленте конвейера в этом случае максимальная.

На рис. 3 изображены траектории движения различных ферромагнитных тел. Предмет считается извлеченным, если его траектория пересекает или касается внешней поверхности железотделителя, а из рассмотренных предметов при заданных начальных условиях только траектория шара не пересекает поверхность железотделителя. Шарообразные предметы обладают наименьшим значением коэффициента формы и поэтому наиболее трудно поддаются извлечению. Как показали более детальные исследования, шар извлекается с расстояния 220 мм ($y_0 = 620$ мм) и менее.

Выводы. Показана возможность создания шкивных железотделителей на постоянных магнитах с характеристиками не ниже чем у электромагнитных аналогов. В результате расчетов и исследований создан типоразмерный ряд шкивных железотделителей на постоянных магнитах с диаметром обечайки от 315 до 1000 мм, предназначенных для установки на конвейерах с шириной ленты от 500 до 1600 мм.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сайко О. П. Подвесные железотделители на постоянных магнитах / О. П. Сайко, В. Г. Тютюнник, С. В. Подорожный // Уголь Украины. – 2006. – № 12. – С. 35 – 37.
2. Сайко О. П. Магнитные системы подвесных железотделителей / О. П. Сайко, А. С. Кофанов, В. И. Дробченко // Збагачення корисних копалин; наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 45(86) – С. 137 – 139.
3. Сайко О. П. Выбор магнитных систем шкивных железотделителей на постоянных магнитах / О. П. Сайко, А. С. Кофанов, В. Г. Тютюнник, В. И. Дробченко // Збагачення корисних копалин; наук.-техн. зб. – 2012. – Вип. 50(91). – С. 100 – 104.
4. Загирняк М. В. Исследование, расчет и усовершенствование шкивных магнитных сепараторов. – К.: ІЗМН, 1996. – 488 с.
5. Загирняк М. В. Шкивные магнитные сепараторы. – К.: Техніка, 2000. – 304 с.