

УДК 620.179.14
О ПРИМЕНЕНИИ ПОДКОВООБРАЗНЫХ МАГНИТОВ В СИСТЕМАХ
ОЧИСТКИ МУКИ ОТ МЕТАЛЛОМАГНИТНОЙ ПРИМЕСИ

Н.В. КРЕМЕНЬКОВА, А.А. ПОЛОНЕВИЧ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Перед авторами была поставлена задача: определить эффективность очистки потока муки от металломагнитной примеси системами, которыми оснащены некоторые хлебозаводы. Эти системы состоят из горизонтального ряда постоянных подковообразных магнитов, создающих у полюсов магнитную индукцию $B = 120$ мТл.

В основе принципа магнитной сепарации лежит эффект взаимодействия частиц магнитных материалов с внешним магнитным полем. Известно, что сила, действующая на ферромагнитное тело, растет с увеличением его объема, градиента индукции и значения намагниченности, которая, в свою очередь, определяется значением индукции внешнего магнитного поля.

Для решения поставленной задачи рассмотрим систему из двух постоянных подковообразных магнитов, изготовленных из магнитожёсткого материала, полюса которых чередуются и расположены на равных расстояниях друг от друга. Габаритные размеры отдельного постоянного подковообразного магнита равны $60 \times 12 \times 24$ мм, где $h = 60$ мм – его высота, а 12×24 мм² – площадь полюса, расстояние между центрами полюсов равно 48 мм. Система координат: x – вдоль системы магнитов (горизонтально), y – перпендикулярно полюсам магнитов, z – вдоль потока муки (вертикально). Начало системы координат находится в центре поверхности второго полюса первого магнита слева.

Для оценки влияния на эффективность извлечения металломагнитной примеси величины магнитной индукции, создаваемой магнитными системами, изготовленными из разных магнито жестких материалов, рассмотрено две системы. В первом случае система состоит из двух постоянных подковообразных магнитов и создает в центре полюса подковообразного магнита на расстоянии 0,5 мм от его поверхности магнитную индукцию $B = 120$ мТл. Второй случай – аналогичная система, изготовленная из другого материала, создающая у поверхности полюса $B = 400$ мТл.

В таблицах, представленных ниже, зависимости без звездочки относятся к случаю 1, а зависимости со звездочкой – к случаю 2. В табл. 1 (для $z = 0$) приведены значения y – составляющей индукции магнитного поля B_y (мТл) на расстоянии: а) – $y = 10$ мм, б) – $y = 20$ мм и с) – $y = 30$ мм от поверхности полюсов постоянных подковообразных магнитов.

Табл. 1. Значения y – составляющей индукции магнитного поля B_y (мТл)

x , мм	-24	-18	-12	-6	0	6	12	18	24
----------	-----	-----	-----	----	---	---	----	----	----



a	0.1	-4.7	-12.9	-26.2	-34.2	-26.3	-12.9	-4.8	0
b	0.2	-3.1	-6.6	-9.8	-11.2	-9.9	-6.7	-3.2	0
c	0.3	-1.4	-2.9	-4	-4.4	-4.1	-3	-1.6	0
a*	0.4	-15.6	-42.9	-82.5	-114	-87.5	-43.1	-15.9	0
b*	0.8	-10.3	-22.1	-32.8	-37.4	-32.9	-22.4	-10.8	0
c*	1	-4.6	-9.7	-13.4	-14.8	-13.6	-10.1	-5.3	0

Для определения области, попав в которую, частица металломагнитной примеси притянется к полюсам магнита, численно рассчитывалась траектория ее движения под действием поля силы тяжести и поля, создаваемого системой постоянных магнитов. При этом предполагалось, что частица из чистого железа ($\mu_r = 4000$) сферической формы диаметром 1 мм падает с высоты $z_0 = 40$ мм. Результаты расчетов (в миллиметрах) представлены в табл. 2.

Табл. 2. Результаты расчетов

x0	-24	-18	-12	-6	0	6	12	18	24
y0	5	5	10	12.5	15	12.5	10	5	5
Xend	-24.7	-10	-5	-2.7	-0.3	2.3	4.5	9.1	24
Yend	2.5	0.7	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.8	2.8
Zend	-12.1	-12	-6.6	-6.1	-11.3	-6.2	-6.8	-12	-12
y0*	20	20	20	25	25	25	20	20	15
Xend*	-29.7	-10.9	-4.8	-2.6	-0.8	1	3.3	6	24
Yend*	0.5	0.5	0.3	-0.2	-0.2	0	0.3	0.3	0.4
Zend*	-11.9	-9.4	-3.8	-10.6	-9.9	-11.1	-4.2	-10	-8.8

Анализ полученных данных показывает, что в случае 1 в промежутках между полюсами существуют такие области ($-30 \text{ мм} \leq x_0 \leq -18 \text{ мм}$ и $18 \text{ мм} \leq x_0 \leq 30 \text{ мм}$), что находясь на расстоянии $y_0 \geq 5 \text{ мм}$, частица не достигнет полюса магнита, а значит не будет удалена из потока муки. Даже в самом благоприятном случае, когда частицы окажутся напротив центра полюса ($x_0 = 0$), но на расстоянии $y_0 > 15 \text{ мм}$, они его не достигнут. В случае 2 область, попав в которую, частица металломагнитной примеси притянется к полюсам магнита, значительно больше, однако ограничивается $y_0 \leq 25 \text{ мм}$.

Из результатов, приведенных выше, следует, что эффективность извлечения металломагнитной примеси из потока муки в случае 1 неудовлетворительна. Повысить её можно использованием современных высококоэрцитивных редкоземельных магнитных материалов, например, на основе сплавов Nd-Fe-B, что следует из рассмотренного нами случая 2, либо изменением геометрии системы.