

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ДИСКОВИХ МАГНІТНИХ СЕПАРАТОРІВ

Нікітченко І.В.¹, Масляник І.В.²

Науковий керівник: Шведчикова І.О., проф., д.т.н.

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

²Київський національний університет технологій та дизайну

В останні роки в магнітних сепараторах різних типів почали широко застосовуватися висококоерцитивні постійні магніти на основі NdFeB (неодим-залізо-бор), які характеризуються високою залишковою магнітною індукцією B_r (до $B_r = 1,44$ Тл); температурною стабільністю при температурах до 150°C ; мають малий об'єм, що припадає на одиницю енергії; стійкі до впливу розмагнічуючих полів [1].

Основним недоліком пристроїв для магнітної сепарації на постійних магнітах є складність розвантаження вилучених феромагнітних включень. Розвантаження здійснюється переважно ручним способом при повній зупинці робочого процесу сепарації.

Для вилучення феромагнітних включень із сипких середовищ, що транспортуються стрічковими конвеєрами, використовуються дискові магнітні сепаратори. Поліпшення розвантажувальної здатності таких пристроїв здійснюється шляхом конструктивних удосконалень. Для прикладу на рис.1, а показаний дисковий магнітний сепаратор традиційної конструкції, на рис.1, б – удосконалений пристрій, магнітна система якого містить немагнітні вставки, що створюють розвантажувальні зони з ослабленим магнітним полем.

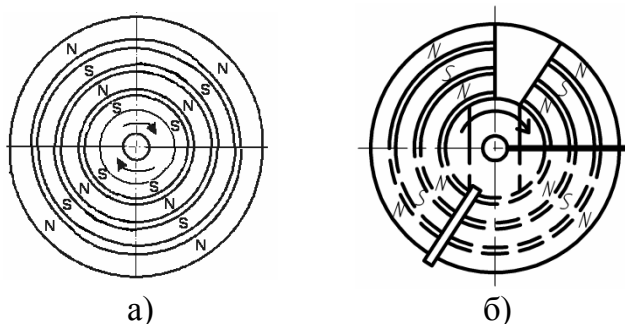


Рис.1. Дискові магнітні сепаратори:

а) традиційна конструкція; б) пристрій з немагнітною вставкою

Припустимо, що розвантаження вилучених феромагнітних включень в дискових магнітних сепараторах традиційної конструкції (рис. 1, а) здійснюється шляхом підвищення частоти обертання диска, а створювані при цьому відцентрові сили є достатніми для автоматичного видалення включень. З огляду на це, у роботі поставлена задача показати доцільність використання на практиці такого способу покращення розвантажувальної здатності дискових магнітних сепараторів. Зауважимо при цьому, що зазвичай частота обертання диска сепаратора складає 30-40 об/хв.

На рис. 2 схематично показаний диск з магнітною системою, розташований над стрічковим конвеєром. В точці 0 на відстані R від осі обертання диска знаходиться феромагнітний об'єкт, вилучений із сипучого матеріалу, що транспортується конвеєром. Визначимо кутову швидкість ω обертання диску відносно вертикальної осі, за якої почнеться ковзання об'єкту вздовж диска до його повного розвантаження.

На рис. 2 вказані сили, що діють на об'єкт: \vec{F}_M – магнітна сила; \vec{N} – сила нормальної реакції опори; \vec{F}_T – сила тертя; $m\vec{g}$ – сила тяжіння (m – маса вилученого

феромагнітного включення; \vec{g} – вектор прискорення вільного падіння); \vec{F}_i – відцентрова сила. Другий закон Ньютона для вказаної системи сил матиме вигляд

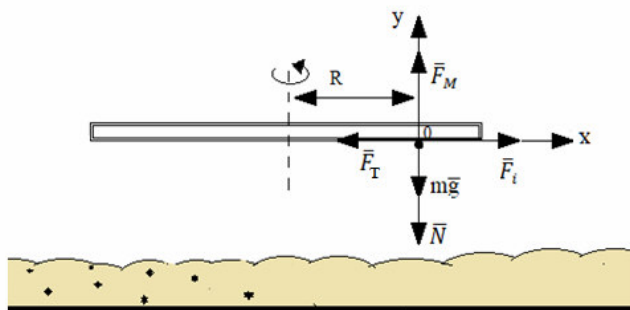
$$\vec{F}_M + \vec{N} + \vec{F}_T + m\vec{g} + \vec{F}_i = 0. \quad (1)$$


Рис. 2. Сили, що діють на вилучений феромагнітний об'єкт

Вираз (1) в проекціях на координатні осі $0x$ та $0y$, відповідно, можна записати наступним чином

$$F_T = F_i, \quad (2)$$

$$F_M - N - mg = 0, \quad (3)$$

де $F_T = \mu N$ – модуль сили тертя; N – модуль сили нормальної реакції опори; μ – коефіцієнт тертя (для пари сталь-сталь $\mu=0,8$ [2]); $F_i = m\omega^2 R$ – модуль відцентрової сили.

З урахуванням явного вигляду виразів для сили тертя F_T та сили інерції F_i розв'язання системи рівнянь (2)-(3) відносно ω дає наступний результат

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{R} (k - 1)}, \quad (4)$$

де $k = F_M / mg$ – параметр ($k > 1$), що складає: $k = 5 \dots 10$ – для ферит-барієвих магнітних систем; $k = 20 \dots 25$ – для магнітних систем на основі рідкоземельних магнітів [3].

Розрахунки за виразом (4) дозволили отримати наступні результати. Мінімальна частота обертання ω диску, за якої почнеться ковзання об'єкту, розташованого на відстані $R = 50$ мм від осі обертання диска, складатиме (для диску діаметром 700 мм): для ферит-барієвих магнітних систем – 241 об/хв; для магнітних систем на основі рідкоземельних магнітів – 526 об/хв.

Таким чином, для автоматичного розвантаження вилучених феромагнітних включень за рахунок відцентрових сил необхідна достатньо висока частота обертання диска, яка для магнітних систем на основі рідкоземельних магнітів в середньому в 15, а для ферит-барієвих магнітних систем, відповідно, в 7 разів перевищує робочу частоту. Таке значне підвищення частоти обертання диска призведе як до ускладнення електроприводу, так й до додаткових складнощів в організації зон розвантаження, тому що траєкторії ковзання вилучених об'єктів вздовж диска неможливо передбачити. З урахуванням цього використання такого способу покращення розвантажувальної здатності дискових магнітних сепараторів на практиці не є доцільним.

Література

1. Furlani E. Permanent Magnet and Electromechanical Devices: Materials, Analyses and Application. – New York: Academic Press, 2001. – 518 p.
2. Сыздыкова А.Ш. Трибологические свойства стальных покрытий, легированных медью / А.Ш. Сыздыкова // MASTER'S JOURNAL. – 2015. – № 2. – С. 66-70.