



УКРАЇНА

(19) UA (11) 44108 (13) U  
(51) МПК (2009)  
G01V 3/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ПРЕДМЕТІВ У ПОТОЦІ ФЕРОМАГНІТНОЇ РУДИ

1

(21) u200814673

(22) 22.12.2008

(24) 25.09.2009

(46) 25.09.2009, Бюл.№ 18, 2009 р.

(72) ШАЙДА РУСЛАН ПАВЛОВИЧ

(73) ШАЙДА РУСЛАН ПАВЛОВИЧ

(57) Спосіб виявлення металевих предметів у потоці феромагнітної руди, при якому двома індуктивними резонансними датчиками випромінюють електромагнітне поле на двох частотах і визначають та аналізують величину втрат на струми Фуко роздільно для кожного датчика, який **відрізняється**

2

ся тим, що два індуктивних датчики є частинами незалежних резонансних контурів із різною частотою резонансу, частота електричних коливань яких примусово задається зовнішніми генераторами, що за допомогою зворотних зв'язків автоматично підтримують резонанс у контурах, вимірюють повні втрати в контурах на різних частотах, повні втрати за допомогою обчислювального пристрою розділяють на втрати на перемагнічування та втрати на струми Фуко, по величині яких судять про наявність та розмір металевих предметів у потоці феромагнітної руди.

Пропозиція відноситься до області контрольної вимірювальної техніки й призначена для електромагнітного виявлення металевих предметів на стрічкових конвеєрах, що транспортують феромагнітні руди. Вона може бути використана на дробильних фабриках гірничодобувних підприємств для захисту дробильного встаткування від влучення в нього металевих предметів, що не дробляться.

Відомий спосіб виявлення металевих предметів у потоці феромагнітної руди на стрічкових конвеєрах, що полягає у використанні автогенератора, коливальний контур якого включений у ланцюг зворотного зв'язку гармонійного підсилювача для компенсації впливу феромагнітної руди на зміну амплітуди напруги на коливальному контурі цього автогенератора. Але компенсація впливу феромагнітної руди шляхом створення додаткових контурів зворотного зв'язку генератора, при якій використовують явище зміни частоти коливань контуру при внесенні феромагнітного сердечника, не може бути повною, тому що умова компенсації цілком виконується тільки при стабілізації фізичних і хімічних властивостей рудної сировини (швидкість потоку, висота засипки, розмір шматків, вміст магнітного заліза, питома електропровідність, вологість руди).

Як позитивні властивості автогенераторних металошукачів слід зазначити простоту схемних рішень і високу завадостійкість до зовнішніх електромагнітних перешкод, а як недоліки -

чутливість до зміни швидкості руху стрічки, висоти засипки і вологості руди.

Відомий спосіб виявлення металевих предметів у потоці феромагнітної руди на стрічкових конвеєрах, що полягає у випромінюванні електромагнітного поля, що створюється однією або декількома відносно плоскими котушками, розташованими з однієї сторони потоку руди (наприклад, під конвеєром). Випромінювання, пройшовши через шар руди, наводить у прийомній котушці, розташованій з іншої сторони потоку, напругу із частотою випромінювання, амплітуда якого модулюється як феромагнітною рудою, так і металевим предметом, що перебуває в потоці руди. За кордоном широко відомий конвеєрний металошукач такого типу "Metor 117" фірми Outo Kumri Oy (Фінляндія). Серед вітчизняних металошукачів такого типу можна відмітити металошукач «Бріз», розроблений Науково-Дослідним Інститутом Автоматизації чорної металургії [1].

Як позитивні властивості металошукачів, що працюють «на просвіт» слід зазначити високу чутливість до магнітних і немагнітних сталей на фоні феромагнітної руди, можливість локалізації місця знаходження металевого предмету по ширині конвеєрної стрічки за рахунок багатоканальності.

Недолік способу - відстройка від факторів, що впливають, та пов'язані з мінливими властивостями транспортування руди (швидкість транспорту-

(19) UA (11) 44108 (13) U

вання, висота засипки руди, розмір шматків, вміст магнітного заліза, питома електропровідність), виконують за наявності феромагнітної руди в зоні контролю, і зміна хоча б одного із цих параметрів приводить до необхідності підстроювання металошукача. Крім цього, такі металошукачі мають складну схемотехнічну реалізацію (особливо багатоканальні), що призводить до зменшення надійності пристрою. До недоліків способу, також можна віднести надмірну чутливість до електромагнітних перешкод, що виникають в процесі комутації силових пристроїв та електрозварювальних робіт.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб виявлення металевих предметів шляхом виміру активного опору, внесенного металевими включеннями, на двох різних частотах і порівняння отриманих величин. У цьому способі використовується розходження частотних залежностей активних втрат для металу й магнітних мінералів. Спосіб реалізується двома автогенераторними металошукачами, розташованими на відстані один від одного по ходу конвеєра, кожний з яких працює на своїй частоті, а також обчислювальним пристроєм, що по сигналах датчиків вирішує задану функцію. Дана функція зв'язує втрати в контурах датчиків із вихідним сигналом, і на виході видає сигнал, по якому судять про наявність або відсутність металу [2].

Недолік способу - низька чутливість до металевих предметів на тлі руди. Ці недоліки обумовлені тим, що з виходу датчика не виділяється сигнал, обумовлений тільки електропровідністю металу. У цьому сигналі завжди присутня складова, обумовлена втратами на перемагнічування, тобто наявністю феромагнітної руди. Крім цього, залежність, що описує втрати в контурах збудження, змінюється зі зміною кількості руди на конвеєрі і її речовинного складу й ніяк не компенсується.

Ціль винаходу складається в підвищенні чутливості до металевих предметів у потоці феромагнітної руди, а також у збільшенні захищеності від електромагнітних перешкод, що виникають в процесі комутації силових пристроїв та електрозварювальних робіт.

Підвищення чутливості до металевих предметів у потоці феромагнітної руди досягається тим, що два індуктивних резонансних датчика випромінюють електромагнітне поле на двох частотах. Ці датчики є частинами незалежних резонансних контурів з різною частотою резонансу, частота електричних коливальних примусово задається зовнішніми генераторами, що за допомогою зворотних зв'язків автоматично підтримують резонанс у контурах. Після вимірювання повних втрат у контурах на різних частотах, повні втрати за допомогою обчислювального пристрою розділяються на втрати на перемагнічування та втрати на струми Фуко. Роздільний аналіз даних величин дозволяє з високою точністю оцінювати об'єм феромагнітної руди в зоні контролю, та наявність і розмір металевих предметів у потоці феромагнітної руди.

Збільшення захищеності від електромагнітних перешкод, що виникають в процесі комутації силових пристроїв та електрозварювальних робіт досягається тим, що спосіб припускає вимірювання потужності втрат, які залежать від виду матеріалу в зоні контролю, і практично не залежать від впливу зовнішнього випромінювання.

На фіг. 1 та фіг. 2 показані результати експериментальних досліджень для частот до 5 МГц. На фіг. 1 показано графік залежності втрат на струми Фуко магнітного заліза відносно втрат на струми Фуко феромагнітної руди від частоти. На фіг. 2 показано графік залежності втрат на струми Фуко марганцевистої сталі відносно втрат на струми Фуко феромагнітної руди від частоти.

На фіг. 3 показана функціональна схема металошукача, яка реалізує спосіб, що заявляється.

Спосіб, що заявляється, впливає з результатів теоретичних та експериментальних досліджень. При дослідженні використовувались зразки металів у вигляді кубу з геометричними розмірами 60х60х60мм. Дослідження з феромагнітною рудою велись при стаціонарному потоці руди висотою 200 мм. Для досліджень використовувалися магнетитові руди Кривбасу.

У способі, що заявляється використано різницю між електричними властивостями шматків руди й металевих предметів у змінному електромагнітному полі. Різниця між відносними електропровідностями заліза й сильномагнітних мінералів істотна. Для руди вона ще більше зростає за рахунок впливу на провідність вкраплень порожньої породи й інших мінералів, що мають високий електричний опір.

При проходженні феромагнітної руди через зону магнітного поля котушки контуру, руда викликає збільшення індуктивності котушки й зміну активного опору контуру внаслідок виникнення втрат на перемагнічування (втрати на вихрові струми в руді незначні через низьку електропровідність руди). У випадку влучення в масу руди металевго предмета з немагнітного металу, зменшується індуктивність котушки й збільшується активний опір контуру внаслідок виникнення втрат на вихрові струми (втрати на перемагнічування в немагнітних металах незначні через низьку магнітну проникність). У випадку влучення в масу руди металевго предмета з магнітного металу, зменшується індуктивність котушки й збільшується активний опір контуру внаслідок виникнення втрат на вихрові струми й перемагнічування.

Для поділу повних втрат на втрати на перемагнічування й втрати на вихрові струми необхідно замірити повні втрати в контурі для двох значень частот. Відомо, що втрати на перемагнічування залежать від першого ступеня частоти, а втрати на вихрові струми - від другого ступеня частоти, тобто справедливі рівності:

$$P_F = c_1 f^2,$$

$$P_B = c_2 f^2,$$

де  $c_1 = \eta B_m^{\alpha} V$ ,  $c_2 = \beta B_m^2 V_e$ ,  $\eta$  і  $\beta$  - відповідно коефіцієнти втрат на перемагнічування й втрат на вихрові струми,  $V$  - об'єм зразка,  $V_e$  - еквівалентний об'єм зразка (з урахуванням по-

верхневого ефекту),  $B_m$  - максимальне значення індукції,  $\alpha$  - показник, що залежить від матеріалу зразка, рівний 1,6-3,2 [3].

Таким чином, повні втрати можна представити у вигляді суми

$$P_n = c_1 f + c_2 f^2.$$

Розділивши обидві частини цієї рівності на частоту, одержимо значення повних втрат за період:

$$\frac{P_n}{f} = c_1 + c_2 f.$$

Результати заміру повних втрат в контурі за період для двох значень частот дають дві точки на

графіку залежності  $\frac{P_n}{f} = F(f)$ . По цим двом точкам будується пряма лінія. Перетинання продовження цієї прямої з віссю ординат дасть значення величини коефіцієнта  $c_1$ , а нахил цієї прямої визначить значення коефіцієнта  $c_2$ .

По величині коефіцієнта  $c_1$  можна з високою точністю оцінювати об'єм феромагнітної руди в зоні контролю. По величині коефіцієнта  $c_2$  можна з високою точністю оцінювати наявність і розмір металевих предметів у потоці феромагнітної руди.

Із графіків фіг. 1 та фіг. 2 видно, що з ростом частоти втрати на струми Фуко в металах зменшуються відносно втрат на струми Фуко в феромагнітній руді. Це пояснюється тим, що з ростом частоти за рахунок поверхневого ефекту зменшується еквівалентний об'єм зразка металу в якому протікають струми Фуко. Виходячи з результатів експерименту можна зробити висновок, що в процесі розрахунку втрат на струми Фуко більш оптимально використовувати нижню резонансну частоту.

Велика різниця між значенням втрат на струми Фуко магнітного заліза та марганцевистої сталі дозволяють визначати тип металу.

Істотне значення має вибір резонансних частот. Для забезпечення високої чутливості до немагнітних марганцевистих сталей нижня резонансна частота повинна бути якомога меншою. Але зменшення нижньої резонансної частоти нижче 400 Гц суттєво обмежує можливу швидкість конвеєра. Вибір верхньої резонансної частоти обмежується лише схмотехнічним рішенням та частотними властивостями елементної бази. Отже, оптимальним діапазоном для вибору резонансних частот є діапазон від 400 Гц до 5 МГц.

Функціональна схема металошукача, яка реалізує спосіб, що заявляється, представлена на фіг. 3, де зображено:

- 1 - котушка датчика, що є частиною резонансного контуру з високою частотою резонансу  $f_2$ ;
- 2 - котушка датчика, що є частиною резонансного контуру з низькою частотою резонансу  $f_1$ ;
- 3, 4 - обчислювальний пристрій;
- 5 - керований генератор високої частоти;
- 6 - керований генератор низької частоти;
- 7 - обчислювальний пристрій;
- 8 - виконавче реле.

Котушки датчиків 1 і 2 охоплюють конвеєр і розташовуються на деякій відстані одна від одної вздовж стрічки конвеєра. Напруга із входів резонансних контурів, а також дані про струми в контурах передаються на обчислювальні пристрої 3, 4. З обчислювальних пристроїв 3, 4 дані про струми в контурах передаються на керовані генератори 5 і 6 відповідно. Керовані генератори 5 і 6 автоматично підтримують резонанс у контурах за критерієм максимуму струму. Поточна величина резонансних частот  $f_2$  і  $f_1$  в цифровому вигляді передається на обчислювальні пристрої 3 і 4 відповідно. В обчислювальних пристроях 3 і 4 розраховується величина повних втрат за період сигналу із частотами  $f_2$  і  $f_1$  відповідно. Розраховані дані передаються на обчислювальний пристрій 7, де проводяться остаточні розрахунки та їхній аналіз. Якщо аналіз показує, що в потоці феромагнітної руди або на пустому конвеєрі присутній металевий предмет небезпечних розмірів, обчислювальний пристрій 7 видає сигнал виконавчому реле 8, яке зупиняє конвеєр й включає сигналізацію. Після видалення металу з конвеєрної стрічки, виконавче реле 8 скидається у вихідний стан.

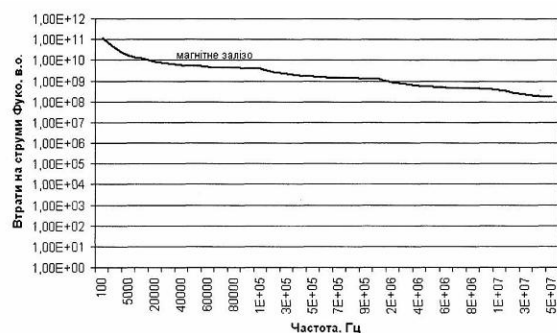
Пропозицію за даною заявою доцільно використовувати при розробці конвеєрних металошукачів, призначених для захисту дробильного встаткування гірничопереробних підприємств від поломок через влучення металевих предметів, що не дробляться.

Джерела інформації

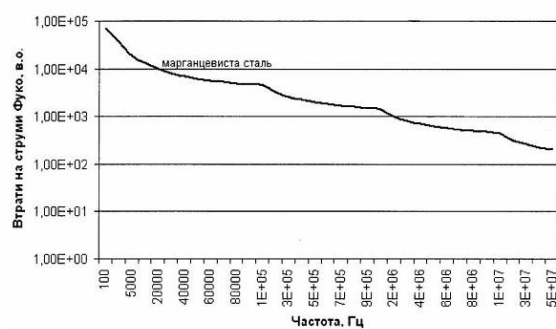
1. Шупов В.П., Крячко О.П., Мона Г.М., Шайда Р.П. Металошукач для феромагнітних руд. Деклараційний патент на винахід № 51078, кл. G 01 V, 3/10.

2. Рохлін В.Р. Спосіб виявлення металевих включень. А/с № 490059, кл. G 01 V, 3/10.

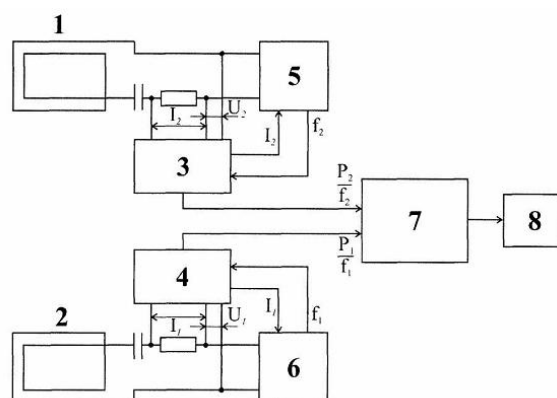
3. Чечерников В.И. Магнитные измерения. Изд-во МГУ. 1969.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3