



УКРАЇНА

(19) UA (11) 11811 (13) U
(51) МПК (2006)
G01N 23/20

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЧОРНИХ І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПОРОШКОВИХ ПРОБАХ РУД

1

2

(21) u200505987

(22) 17.06.2005

(24) 16.01.2006

(46) 16.01.2006, Бюл. № 1, 2006 р.

(72) Азарян Альберт Арамаїсович, Василенко Вячеслав Євгенійович, Лісовий Георгій Миколайович, Василенко Євген Сергійович

(73) КРИВОРІЗЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб визначення вмісту чорних і важких металів у порошкових пробах руд, що включає засипання матеріалу проби в кювету, ущільнення ма-

теріалу проби в кюветі тиском на його поверхню, установку кювети з пробю у зону опромінення на заданій відстані від джерела випромінювання і детектора випромінювання, опромінення матеріалу проби гама-випромінюванням джерела, реєстрацію детектором інтенсивності розсіяної матеріалом проби випромінювання і, за її величиною, визначення вмісту металу в пробі, який **відрізняється** тим, що перед засипанням матеріал проби нормують по вазі, а ущільнення здійснюють до досягнення заданої сили тиску.

Корисна модель відноситься до геологічної, гірничодобувної і переробної галузей промисловості і може бути використана для експресного визначення вмісту чорних і важких металів у порошкових пробах руд і продуктів їхньої переробки селективним гама-гама методом.

Відомий спосіб визначення вмісту чорних металів у пробах подрібнених руд селективним гама-гама методом, реалізований в апаратурі радіометра сцинтиляційного рудникового РСР-3, що включає засипання матеріалу проби в кювету до її заповнення, вирівнювання поверхні матеріалу проби за рівнем країв кювети, установку кювети з пробю у зону опромінення, на задану відстань від детектора випромінювання, опромінення матеріалу проби гама-випромінюванням 2-х джерел, розміщених на різній відстані від детектора, реєстрацію детектором інтенсивності розсіяного пробою випромінювання і, по її величині, визначення вмісту металу в пробі [Апаратура радіометра сцинтиляційного рудникового РСР-3, паспорт. Уфимский завод Геофізприладобудування, 1970, с.30-33].

Даний спосіб широко застосовується для експресного технологічного контролю вмісту чорних металів у подрібнених до 5...10мм пробах руд, забезпечуючи похибку вмісту (наприклад заліза) до 2% абс. Однак така висока величина похибки не завжди задовольняє вимогам контролю вмісту металів. Основні причини високих похибок - низька чутливість до зміни вмісту металу і негативний вплив на результати коливань щільності матеріалу проб у кюветах. Крім того, для експресного конт-

ролю вмісту металу в порошкових пробах, де мається потенційна можливість підвищення точності контролю через краще усереднення матеріалу проби, відомий спосіб не знайшов широкого застосування через необхідність великого обсягу матеріалу проби. Це пояснюється тим, що в даному способі, для зменшення негативного впливу на результати контролю мінливості щільності матеріалу проби в кюветі, використовується 2 джерела гама-випромінювання, встановлених у зонді на різній відстані від детектора випромінювання (відстані складають 4 і 8...10см). Це призводить до того, що для проведення контролю вмісту потрібно великий обсяг матеріалу проби (1 і більш кг у залежності від вмісту металу) Приготування порошкової проби великої маси займає багато часу, витрат енергії і праці. (Існуюче на даний час у лабораторіях шахт і ГЗКів подрібнює устаткування забезпечує за 1 цикл подрібнення матеріалу проби масою до 100г за 6...7 хвилин). Крім того, залишковий вплив мінливості насипної щільності матеріалу проб у кюветі, згідно "Методичного посібника з випробування залізних руд Кривбасу і КМА гама-гама-методом апаратурою РСР" обмежує точність контролю вмісту на рівні 1,5% абс. (якщо вважати останню рівною 3-м стандартним відхиленням). Зазначене в сукупності робить малоефективним використання даного способу для визначення вмісту чорних і важких металів у порошкових пробах руд.

Найбільш близьким до того що заявляється, за технічним рішенням, є відомий спосіб визна-

(19) UA (11) 11811 (13) U

чення вмісту чорних і важких металів у порошкових пробах руд, що включає засипання матеріалу проби в кювету до її переповнення, вирівнювання поверхні матеріалу проби за рівнем країв кювети, ущільнення матеріалу проби в кюветі тиском на її поверхню до занурення пуансона в кювету на задану глибину, установку кювети з пробой у зону опромінення на задану відстань від детектора і джерел випромінювання, опромінення матеріалу проби гама-випромінювання декількох джерел, рівновіддалених від детектора, реєстрацію детектором інтенсивності розсіяного пробою випромінювання і, за її величиною, визначення вмісту металу в пробі [А.А. Азарян, В.Е. Василенко, С.В. Яковлева Аналіз похибки визначення вмісту заліза рудниковими радіометрами ПАКС. У зб. Якість мінеральної сировини. Кривий Ріг, 1999, с.163].

Недоліками відомого способу є обмежена вірогідність результатів контролю, велика тривалість і трудомісткість при готуванні матеріалу проб до аналізу, висока вартість апаратури для реалізації способу. Зазначене обмежує використання відомого способу для експресного визначення вмісту металів у порошкових пробах руд. Пояснимо обґрунтованість зазначених недоліків відомого способу. При гама-гама методі визначення змісту металу критерієм змісту є величина інтенсивності J розсіяного матеріалом проби гама-випромінювання що реєструється датчиком випромінювання. Але в загальному випадку вона є функцією 3-х параметрів

$$J=f(\rho, q, R), (1),$$

де q - вміст металу в порошковій пробі,

ρ - щільність матеріалу проби,

R - відстань від джерела і детектора до поверхні проби.

Аналізуючи вираз (1) логічно припустити, що для забезпечення однозначності залежності величини інтенсивності J від вмісту заліза необхідно позбутися впливу на її величину змін щільності матеріалу проби і відстані R , тобто привести функцію (1) до виду

$$J=f(q). (2)$$

Цього можна домогтися при умовах

$$R=\text{const} (3)$$

$$\rho=\text{const}. (4)$$

Умова виразу (3) у відомому способі реалізується тим, що рівень поверхні матеріалу проби в кюветі роблять постійним і остання встановлюється на задану відстань від джерела гамма-випромінювання і детектора. Але умова виразу (4) у відомому способі повною мірою не може бути реалізована. Це обумовлено фізичними властивостями матеріалів проб руд чорних і важких металів. Пояснимо сказане прикладом визначення змісту заліза в мартитовій руді. Руду можна представити як бінарну суміш кремнезему (SiO_2) з питомою вагою $2,7 \text{ т/м}^3$ і мартита (Fe_2O_3) з вагою $5,1 \text{ т/м}^3$ у якій вміст q заліза 70% [Д.С. Параснис. Принципи прикладної геофізики, "Світ" Москва, 1965 с.57]. Звідси випливає, що питома вага d руди знаходиться в тісному зв'язку з вмістом у ній заліза і з деяким наближенням може бути описана залежністю

$$d=2,7+0,0343q, \text{ т/м}^3. (5)$$

Насипна щільність ρ матеріалу порошкової проби в кюветі приблизно може бути виражена як

$$\rho=2,7+0,0343q, \text{ т/м}^3. (6)$$

Отже, щільність матеріалу проби залежить від вмісту металу в руді і зі збільшенням вмісту зростає (це характерно для всіх руд чорних і важких металів). Для розглянутої залізної руди розходження щільності при зміні вмісту металу може досягати 1,9 рази. Крім того, щільність матеріалу проби в кюветі залежить від умов наповнення кювет матеріалом (останнє, з досвіду авторів, навіть при однаковому вмісті металу в матеріалі проб, приводить до розходжень у щільності матеріалу проб у кюветах до 15...20%). Виходячи з цього забезпечити виконання умови (4) не представляється можливим. У відомому способі для зменшення негативного впливу коливань щільності на результати визначення змісту металу частково ущільнюють поверхню матеріалу проби вдавненням у нього пуансона на задану глибину і використовують кілька джерел випромінювання з визначеним взаєморозташуванням їх між собою та детектором випромінювання. Однак, цими заходами цілком виключити вплив великих змін (до 1,9 рази) щільності матеріалу проб на величину інтенсивності випромінювання, що реєструється детектором випромінювання, не представляється можливим. У результаті, величина інтенсивності випромінювання, що реєструється детектором, залежить не тільки від вмісту металу в пробі, але і щільності матеріалу проби, тобто порушується однозначність залежності величини інтенсивності від вмісту металу. Зазначене знижує вірогідність результатів контролю, і, як показала практика, обмежує точність виміру змісту заліза на рівні (1,0...1,5%) абс. Використання при реалізації відомого способу декількох джерел випромінювання (від 2-х до 8-ми), розташованих по колу на заданій відстані від центра детектора, вимагає великого обсягу і, відповідно, ваги проби (0,5...0,7)кг. Як відзначалося вище, приготування порошку проби такої ваги вимагає значних витрат часу, енергії і праці. Використання великого числа джерел випромінювання для технічної реалізації відомого способу істотно підвищує вартість пристроїв реалізуючих спосіб. (Вартість 1-го джерела випромінювання, у залежності від виду ізотопу складає від 10 до 50% вартості апаратури в цілому).

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу визначення вмісту чорних і важких металів у порошкових пробах руд шляхом стабілізації щільності матеріалу проби руди по обсягу кювети, забезпечення однозначності залежності між вмістом металу в пробі і відстаней від поверхні матеріалу проби до джерела випромінювання і детектора, що приведе до підвищення чутливості до вмісту металу, зниженню рівня похибок визначення змісту, зниженню обсягу матеріалу проби необхідного для визначення змісту металу, зниженню числа джерел необхідних для реалізації способу.

Рішення поставленої задачі досягається тим, у способі який включає засипання матеріалу проби в кювету, ущільнення матеріалу проби в кюветі тиском на його поверхню, установку кювети з пробой

у зону опромінення на заданій відстані від джерела випромінювання і детектора випромінювання, опромінення матеріалу проби гамма-випромінюванням джерела, реєстрацію детектором інтенсивності розсіяного матеріалом проби випромінювання і, по її величині, визначення змісту металу в пробі. Згідно винаходу перед засипанням матеріал проби дозують по вазі, а ущільнення роблять до досягнення заданої сили тиску.

Заявлена корисна модель ілюструється схемою (див. фіг.) взаєморозташування основних вузлів пристрою, що реалізує спосіб виміру змісту металу в порошкових пробах руд. Воно містить джерело випромінювання 1, захист від випромінювання джерела 2, детектор випромінювання 3, розташований на відстані b від джерела 1, кювету 4, верхній край якої розташований на заданій відстані H від прямої, що з'єднує джерело випромінювання 1 і детектор 3, матеріал 5 проби руди в кюветі 4. h_1 - висота шару матеріалу проби з мінімальним вмістом металу, h_2 висота шару матеріалу проби з максимальним вмістом металу, R_1 і R_2 - відстань від джерела випромінювання до поверхні проби з мінімальним і максимальним змістами металу відповідно, R_3 і R_4 - відстань від детектора випромінювання до поверхні проби з мінімальним і максимальним вмістами металу відповідно.

Пристрій працює в такий спосіб. Джерело випромінювання 1 генерує гамма-кванти (на схемі не показані). Захист 2 обмежує просторове поширення квантів і формує пучок квантів, що направляється на матеріал проби 5, засипаний у кювету 4. Частина гамма-квантів розсіюється матеріалом проби 5 (інша частина поглинається) і попадає на детектор 3, яким реєструється і перетворюється у величину електричного сигналу, що відповідає інтенсивності розсіяних матеріалом проби квантів. Величина інтенсивності зареєстрованих детектором 3 гамма-квантів використовується як критерій вмісту металу в пробі.

Досягнення позитивного ефекту при використанні запропонованого способу базується на цілеспрямованому використанні зв'язку вмісту металу в рудах чорних і важких металів із щільністю матеріалу порошкових проб і зв'язку величини інтенсивності розсіяного випромінювання (як критерію змісту металу) із щільністю матеріалу проби і відстанню до поверхні матеріалу від джерела випромінювання (R_1 , R_2 схеми) і детектора (R_3 і R_4 схеми). Дозування матеріалу проби по вазі P і ущільнення матеріалу проби в кюветі з заданою силою тиску на її поверхню приводить до наступного:

1. Щільність ρ матеріалу проби 5 по обсягу кювети 4, незалежно від умов заповнення кювети, стає постійною при однаковому вмісті металу в матеріалі проби.

2. Значення величини щільності ρ матеріалу проби 5 у кюветі 4 визначається вмістом q металу в матеріалі проби. [Для залізних руд вираз (6) набуває вигляд

$$\rho = K_1(2,7 + 0,0343q), \text{ т/м}^3, \quad (7)$$

де K_1 - коефіцієнт залежний від величини тиску].

3. Висота шару матеріалу проби 5 у кюветі 4 визначається вмістом q металу в пробі. Для проб з малим вмістом металу висота дорівнює h_1 , з високим вмістом - h_2 . Звідси і відстані від поверхні матеріалу проби до джерела випромінювання і детектора залежать від вмісту металу в пробі і рівні відповідно R_1 , R_2 , R_3 і R_4 (див. схему) для проб з високим і низьким змістами. [Для залізних руд висота шару

$$h = P/\rho S = P/SK_1(2,7 + 0,0343q), \quad (8)$$

де S - площа поперечного перерізу кювети.

Оскільки P і S постійні величини, то вираз (8) можна записати як

$$H = K_2(2,7 + 0,0343q), \quad (9)$$

де $K_2 = P/SK_1$.

Пояснимо, як перераховане вище в п.1-3 допомагає досягти позитивного ефекту при використанні запропонованого способу. Для цього звернемося до виразу (1) $J = f(\rho, q, R)$ залежності величини критерію вмісту металу в пробі від параметрів матеріалу проби ρ , q і відстані R поверхні проби до джерела випромінювання і детектора. Оскільки, при постійному вмісті металу в матеріалі щільність ρ матеріалу проби по обсягу кювети постійна (див. п.1) незалежно від умов заповнення кювети, а R у процесі експозиції теж не міняється, те вираз (1) можна записати $J = f(q)$. Іншими словами, при стабільному вмісті металу в пробах величина інтенсивності J теж стабільна і не залежить від умов заповнення кювет матеріалом проб. Це безумовно забезпечує високу вірогідність результатів вимірів змісту. Крім того, сталість щільності матеріалу по обсягу кювет забезпечують можливість роботи з одним джерелом випромінювання (замість декількох, як це мало місце в аналогах), що знижує вартість пристрою реалізуючого спосіб. Зі зменшенням числа джерел до одного скорочується необхідна для проведення контролю вага матеріалу проби. Це забезпечує зниження часу і енерговитрат на підготовку матеріалу проби до контролю.

Однозначний зв'язок щільності матеріалу проби в кюветі зі змістом металу (пункт 2) дозволяє використовувати цей фактор для підвищення чутливості до зміни змісту металу (а не вживати заходів до усунення впливу щільності, як це мало місце у відомих способах). Пояснимо це наступним. Чутливість є до зміни змісту металу при гамма-гамма методі визначається величиною зміни інтенсивності випромінювання ΔJ (імп.) що реєструється детектором при зміні вмісту металу Δq у пробі на 1%, тобто

$$\varepsilon = \Delta J / \Delta q. \quad (10)$$

Даний вираз чутливості приймаємо за базовий, властивий способу, прийнятому як аналог. Реалізацією запропонованого способу передбачається робота пристрою в заінверсійній по щільності області, тобто величина відстані b (див. схему) від джерела випромінювання до детектора перевищує інверсійне її значення (параметр пристрою). У цьому випадку збільшення вмісту металу, збільшення щільності матеріалу проб і збільшення відстані від джерела до поверхні матеріалу проби приводять до зменшення інтенсивності. Тому з врахуванням п.2 правомірно записати чутливість

даного способу як суму змін інтенсивності від зміни змісту і зміни щільності викликаної зміною вмісту

$$\varepsilon_1 = \Delta J / \Delta q + \Delta J_1 / \Delta p. \quad (11)$$

Оскільки $\varepsilon_1 > \varepsilon$, то підвищення чутливості очевидне.

Фактор зв'язку висоти шару матеріалу проби 5 у кюветі 4 (пункт 3) з вмістом металу в пробі теж вносить вклад у підвищення чутливості до зміни вмісту. Відомо, що інтенсивність випромінювання при віддаленні від джерела випромінювання зменшується в залежності від відстані R за законом $J_1 = J_0 / R^2$.

де J_0 - інтенсивність випромінювання на поверхні джерела, J_1 - на відстані R від джерела.

З огляду на це і на положення поверхонь шарів проб руди з різними вмістами (див. схему) металу порівняємо (якісно) інтенсивності що реєструються детектором 3 випромінювання від проб з малим (висота шару h_1) і високим вмістами (висота шару h_2) металу, у припущенні, що властивості проб, що розсіюють, рівні. Проба з малим вмістом металу займає великий обсяг у кюветі 4 і висота її шару складає h_1 . У цьому випадку інтенсивність випромінювання на поверхні проби дорівнює J_0 / R_1^2 , що попадає на детектор - $J_1 \approx J_0 / R_1^2 \cdot R_3^2$. Проба з високим вмістом металу займає менший обсяг, висота її шару складає h_2 , інтенсивність випромінювання на поверхні проби дорівнює J_0 / R_2^2 , що попадає на детектор 3 дорівнює $J_2 \approx J_0 / R_2^2 \cdot R_4^2$. Відношення інтенсивностей $J_2 / J_1 = R_1^2 R_3^2 / R_2^2 R_4^2 < 1$ оскільки $R_2 > R_1$ і $R_4 > R_3$. Іншими словами, при збільшенні змісту металу в пробах збільшується відстань до поверхні проби як від джерела випромінювання 1, так і від детектора 2 (у даному випадку на $\Delta h = h_1 - h_2$), що приво-

дить до зменшення інтенсивності випромінювання що реєструється детектором на $\Delta J_2 = J_1 - J_2$. Тому відношення $\Delta J_2 / \Delta h$ буде третім додатком чутливості до зміни вмісту металу в пробах руд. У підсумку чутливість ε_2 при реалізації пропонованого способу можна виразити

$$\varepsilon_2 = \Delta J / \Delta q + \Delta J_1 / \Delta p + \Delta J_2 / \Delta h. \quad (12)$$

Порівняння чутливості ε , характерної для аналога (вираз 10), зі значенням чутливості ε_2 (вираз 12) показує, що ε_2 більше ε на величину

$$\Delta J_1 / \Delta p + \Delta J_2 / \Delta h, \quad (13)$$

тобто на цю величину чутливість до зміни вмісту металу в пробах руд при використанні пропонованого способу вище, ніж відомого. Результатом підвищення чутливості є зниження рівня похибки визначення вмісту металу в пробах руд до $\pm 0,5\%$ абс. Спосіб, що заявляється, забезпечує підвищення точності і вірогідності результатів виміру вмісту чорних і важких металів у порошкових пробах руд і продуктів переробки цих руд, знижує час і енерговитрати на підготовку порошкових проб (за рахунок зменшення маси проби), зменшує вартість пристроїв для реалізації способу (за рахунок зниження числа використовуваних джерел випромінювання).

Спосіб може бути реалізований будь-яким з відомих пристроїв для визначення вмісту чорних і важких металів у пробах руд селективним гамма методом з незначними змінами, а саме зменшенням числа джерел до 1-го і зменшенням обсягу кювети \approx до $20 \dots 25 \text{ см}^3$. Додатково для реалізації способу необхідні ваги з діапазоном виміру маси від 0 до 0,15 кг і прес (чи пристрій аналогічний йому за призначенням) із зусиллям до 1500 Н.

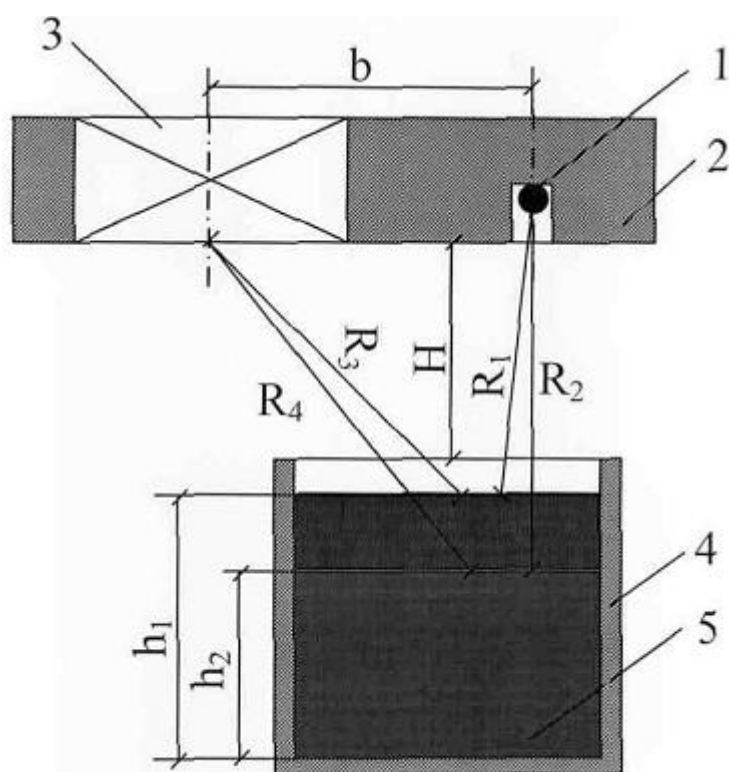


Fig.