

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042354**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.07

(51) Int. Cl. **G01N 23/22 (2018.01)**
G01V 5/10 (2006.01)

(21) Номер заявки
202290460

(22) Дата подачи заявки
2022.02.08

(54) НЕЙТРОННЫЙ СПОСОБ ДВУХЗОНДОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СЛОЖНОГО ВЕЩЕСТВА

(43) **2023.02.03**

(56) EA-B1-035021
SU-A1-1763946
JP-A-2014227559
US-A-3955087

(96) **KZ2022/008 (KZ) 2022.02.08**
(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ПАК ЮРИЙ (KZ)

(72) Изобретатель:
**Пак Юрий, Пак Дмитрий Юрьевич,
Инкин Дмитрий Анатольевич,
Кропачев Пётр Александрович,
Мусина Гульназ Нургалиевна,
Бегимбетова Айнур Серикбаевна,
Мамитова Айгуль Джанабаевна,
Муташева Гаухар Сапаховна, Тебаева
Анар Юлаевна (KZ)**

(57) Изобретение относится к способам анализа сложных веществ ядерно-физическими методами. Задачей изобретения является повышение чувствительности измерения влажности в широком диапазоне изменения влажности и вещественного состава. Нейтронный способ двухзондового измерения влажности сложного вещества заключается в его облучении потоком быстрых нейтронов и регистрации тепловых нейтронов: при длине зонда менее инверсионной L_1 для вещества с минимальной влажностью и более инверсионной L_2 для вещества с максимальной влажностью, и отличается тем, что дополнительно на анализируемом веществе последовательно меняют длину зонда, находят инверсионную длину зонда L_i , при которой наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а влажность сложного вещества определяют по величине отношения интенсивности тепловых нейтронов N_1 , измеренной при длине зонда менее L_1 , к интенсивности тепловых нейтронов N_2 , измеренной при длине зонда более L_2 , совместно с найденной инверсионной длиной зонда L_i . Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения и повышении чувствительности способа в условиях изменчивости влажности и компонентного состава вещества за счет измерения величины отношения интенсивностей тепловых нейтронов при двух длинах зонда и нахождения инверсионной длины зонда L_i , при которой наблюдается максимум интенсивности тепловых нейтронов, и определении влажности вещества по величине отношения интенсивностей тепловых нейтронов совместно с найденной инверсионной длиной зонда L_i .

042354
B1

042354
B1

Изобретение относится к способам анализа веществ и сыпучих материалов ядерно-физическими методами, в частности нейтронными способами. Оно может быть использовано для экспрессного определения влажности различных сырьевых материалов и веществ в горнодобывающей и перерабатывающей отраслях промышленности.

Известен способ определения влажности веществ, основанный на облучении потоком быстрых нейтронов и регистрации тепловых нейтронов, возникающих в процессе замедления быстрых нейтронов (Мейер В.А., Ваганов П.А., Методы ядерной геофизики, изд-во ЛГУ, 1988, 219 с.).

Недостатком известного способа является значительная погрешность определения влажности, обусловленная дестабилизирующим влиянием вещественного состава анализируемого вещества (различием элементов в нейтронно-замедляющих и нейтронно-поглощающих свойствах).

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является нейтронный способ, заключающийся в облучении анализируемого вещества быстрыми нейтронами и регистрации тепловых нейтронов при двух длинах зонда (Способ контроля влажности руды сложного вещества, Евразийский патент № 035021, 2020, авторы Пак Ю.Н., Пак Д.Ю., Балбекова Б.К. и др.).

Недостаток известного способа состоит в невысокой чувствительности к влажности, обусловленной измерением интенсивности тепловых нейтронов только при двух длинах зонда, связанных с минимальной и максимальной влажностью. Не учитывается текущая инверсионная длина зонда для анализируемого вещества с неизвестной влажностью. Это приводит к недостаточной чувствительности известного способа.

Задачей изобретения является повышение чувствительности определения влажности сложного вещества в широком диапазоне изменения влажности и вещественного состава.

Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения и повышении чувствительности способа в условиях изменчивости влажности и компонентного состава вещества.

Поставленная задача решается следующим образом. В процессе облучения сложного вещества потоком быстрых нейтронов и регистрации тепловых нейтронов: при длине зонда менее инверсионной L_1 для вещества с минимальной влажностью и более инверсионной L_2 для вещества с максимальной влажностью, дополнительно на анализируемом веществе последовательно меняют длину зонда, находят инверсионную длину зонда L_i , при которой наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а влажность сложного вещества определяют по величине отношения интенсивности тепловых нейтронов N_1 , измеренной при длине зонда менее L_1 , к интенсивности тепловых нейтронов N_2 , измеренной при длине зонда более L_2 , совместно с найденной инверсионной длиной зонда L_i .

При попадании быстрых нейтронов в вещество сложного состава происходят нейтронно-замедляющие и нейтронно-поглощающие реакции. Плотность потока тепловых нейтронов сложным образом зависит от влажности вещества, его компонентного (элементного) состава и длины зонда (расстояние от источника быстрых нейтронов до детектора тепловых нейтронов).

Экспериментальными исследованиями на железорудном веществе различной влажности установлены закономерности изменения плотности потока тепловых нейтронов от длины зонда и влажности. В целом наблюдается инверсионный характер зависимости интенсивности тепловых нейтронов от длины зонда и влажности вещества. Инверсионный характер означает, что при определенной длине зонда интенсивность тепловых нейтронов сложным образом зависит от влажности вещества. С увеличением влажности интенсивность тепловых нейтронов возрастает, достигает максимального значения, а затем с дальнейшим увеличением влажности интенсивность снижается. Область инверсии (область максимума интенсивности тепловых нейтронов) при малой длине зонда наступает при большой влажности. Для вещества с незначительной влажностью область инверсии смещается в сторону больших длин зонда.

В процессе экспериментальных исследований железорудного сырья с различной влажностью установлены инверсионные длины зонда. Для минимальной (~2%) и максимальной влажности (~19%) найдены инверсионные длины, соответственно 52 и 9 см.

Показания зонда с длиной менее 9 см (доинверсионный) и показания зонда с длиной более 52 см (заинверсионный) будут более однозначно связаны с влажностью.

Поэтому величина отношения интенсивностей тепловых нейтронов, измеренных при найденных длинах зонда, будет более дифференцированной к изменению влажности. Дополнительно на анализируемом веществе, последовательно меняя длину зонда, находят инверсионную длину зонда L_i , при которой наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а влажность вещества определяют по величине отношения интенсивностей тепловых нейтронов двух зондов совместно с найденной инверсионной длиной зонда L_i , что существенно повышает чувствительность способа к влажности и расширяет сферу применения способа.

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на анализируемом веществе, последовательно меняя длину зонда, находят инверсионную длину зонда L_i , при которой достигается максимум интенсивности тепловых нейтронов. Нахождение инверсионной длины зонда L_i для каждого анализируемого вещества дает дополнительную информацию о влажности. При этом влажность сложного вещества определяют по величине отношения интенсивностей тепловых нейтронов доинверсионного и заинверсионного зондов совместно с найденной инверсионной длиной зонда L_i .

Пример реализации способа.

Способ апробирован на железорудном сырье. В качестве источника быстрых нейтронов использован ампульный Po-Be источник активностью $\sim 6 \cdot 10^5$ нейтрон/с. Регистрация тепловых нейтронов осуществлялась пропорциональным детектором тепловых нейтронов. Между источником быстрых нейтронов и детектором тепловых нейтронов размещался защитный экран из парафина и свинца. Влажность железорудного сырья менялась в пределах 2-19%. Длина зонда менялась в пределах 6-60 см. Инверсионная длина для сырья минимальной влажности 2% составила 52 см, для максимальной влажности - ~ 9 см.

Дополнительно для анализируемого вещества с неизвестной влажностью находили инверсионную длину зонда L_i (L_i тесно связана с влажностью), а влажность железорудного сырья определяли по величине отношения интенсивности тепловых нейтронов N_1 , измеренной при длине зонда менее L_1 (7 см), к интенсивности тепловых нейтронов N_2 , измеренной при длине зонда, более L_2 (55 см), совместно с найденной инверсионной длиной зонда L_i .

В таблице представлены сопоставительные метрологические характеристики способа-прототипа и предлагаемого способа.

Предлагаемый нейтронный способ двухзондового измерения влажности сложного вещества характеризуется повышенной чувствительностью к влажности и меньшей погрешностью измерения влажности в условиях значительной изменчивости влажности и компонентного состава, что существенно расширяет сферу его применения.

Способ	Диапазон, %		Чувствительность к влажности, проц./%	Погрешность изменения влажности, % абс.
	Содержание железа	Влажность		
Прототип	17-36	2-19	9,5	0,85
Предлагаемый	17-36	2-19	11,2	0,71

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Нейтронный способ двухзондового измерения влажности сложного вещества, заключающийся в его облучении потоком быстрых нейтронов и регистрации тепловых нейтронов: при длине зонда менее инверсионной L_1 для вещества с минимальной влажностью и более инверсионной L_2 для вещества с максимальной влажностью, отличающийся тем, что дополнительно на анализируемом веществе последовательно меняют длину зонда, находят инверсионную длину зонда L_i , при которой наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а влажность сложного вещества определяют по величине отношения интенсивности тепловых нейтронов N_1 , измеренной при длине зонда менее L_1 , к интенсивности тепловых нейтронов N_2 , измеренной при длине зонда более L_2 , совместно с найденной инверсионной длиной зонда L_i .

