

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202000088** (13) **A2**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2021.06.21

(51) Int. Cl. **G01N 23/204** (2006.01)
G01N 23/222 (2006.01)
G01V 5/10 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.02.12

(54) **НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТВЕРДОГО
ТОПЛИВА**

(96) **KZ2020/006 (KZ) 2020.02.12**

(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:
**ПАК ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ;
СИДОРИНА ЕЛЕНА
АНАТОЛЬЕВНА (KZ)**

**Пак Юрий, Пак Дмитрий Юрьевич,
Ибатов Марат Кенесович, Сидорина
Елена Анатольевна, Токушева Жибек
Хойтолеуевна (KZ)**

(57) Изобретение относится к области анализа минерального сырья нейтронно-физическими способами и может быть использовано для контроля качества твердого топлива в геологии, горнодобывающей, металлургической и энергетической отраслях промышленности. Задачей изобретения является повышение чувствительности определения зольности топлива и расширение сферы применения. Нейтронно-физический способ контроля качества твердого топлива, основанный на облучении твердого топлива потоком быстрых нейтронов и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах золообразующих элементов с энергией 0,8-3,8 МэВ, отличается тем, что дополнительно измеряют интенсивность гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ и плотность потока быстрых нейтронов с энергией выше порога неупругого рассеяния нейтронов на ядрах углерода (4,8 МэВ), а зольность твердого топлива определяют по величине отношения интенсивности гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов с энергией 0,8-3,8 МэВ к измеренной интенсивности гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ совместно с измеренной плотностью потока быстрых нейтронов с энергией выше 4,8 МэВ. Технический результат заявленного изобретения заключается в повышении чувствительности определения зольности за счет дополнительного измерения интенсивности гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ и плотности потока быстрых нейтронов с энергией выше 4,8 МэВ.

A2

202000088

202000088

A2

НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Изобретение относится к области анализа минерального сырья нейтронно-физическими методами. Оно может быть использовано для контроля качества твердого топлива в геологии, горнодобывающей, энергетической и металлургической отраслях промышленности.

Известен нейтронный способ определения зольности твердого топлива, основанный на его облучении потоком быстрых нейтронов и измерении отношения интенсивности гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов с энергией выше 5 МэВ к интенсивности гамма-излучения с энергией 4,43 МэВ (Авторское свидетельство СССР № 453112, кл. G01N 23/02. 1974г. Авторы изобретения: Л.П. Старчик, Ю.Н. Пак, Н.И. Борушко). Недостатком известного способа является низкая точность определения качества (зольности) топлива, обусловленная влиянием вещественного состава минеральной (золообразующей) части, в частности колебаний содержания железа в золе и вариаций влажности топлива. Макроскопическое сечение радиационного захвата тепловых нейтронов у железа ($2,8 \cdot 10^{-2}$ см²/г) почти в 4 раза выше макроскопического сечения захвата тепловых нейтронов других золообразующих элементов: алюминий, кремний, сера, кальций ($\sim 0,7 \cdot 10^{-2}$ см²/г). Поэтому при непостоянстве вещественного состава золы (железо замещается другими элементами) существенно меняется интенсивность гамма-излучения, испускаемого при радиационном захвате тепловых нейтронов ядрами золообразующих элементов: Al - 7,73 МэВ; Si - 4,96 МэВ; S - 5,44 МэВ; Ca - 6,41 МэВ; Fe - 7,64 МэВ. Это искажает результаты и вносит погрешность в определении зольности топлива.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ, заключающийся в облучении топлива потоком быстрых нейтронов и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах золообразующих элементов с энергией 0,8-3,8 МэВ и плотности потока быстрых нейтронов с энергией выше порога неупругого рассеяния нейтронов на золообразующих элементах (Авторское свидетельство СССР. № 635787, кл. G01N 23/22, G01V 5/00, 1978, Авторы изобретения: Ю.Н. Пак, Л.П. Старчик).

Недостатком данного способа является сравнительно невысокая чувствительность к зольности твердого топлива, обусловленная

применением лишь одного информативного параметра о золообразующих элементах.

Задачей изобретения является увеличение чувствительности способа к зольности топлива.

Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения за счет повышения чувствительности в условиях значительной изменчивости качества твердого топлива.

Поставленная задача решается следующим образом. В процессе облучения твердого топлива потоком быстрых нейтронов дополнительно измеряют интенсивность гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ.

Твердое топливо содержит органическую и минеральную (золообразующую) массу. В органической (горючей) массе топлива основным тепловыделяющим элементом является углерод. При неупругом рассеянии быстрых нейтронов на ядрах углерода испускается мгновенное гамма-излучение с энергией 4,43 МэВ. Интенсивность этого гамма-излучения зависит от содержания углерода в топливе, которое находится в обратной зависимости от зольности твердого топлива. Чем ниже зольность топлива (выше содержание углерода), тем выше качество твердого топлива. При изменении качества (зольности) топлива интенсивность гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах золообразующих элементов (Al - 2,21 МэВ; Si - 1,78 МэВ; S - 2,24 МэВ; Ca - 3,76 МэВ; Fe - 0,84 МэВ) с энергией 0,8-3,8 МэВ и интенсивность гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ меняются в обратной зависимости. Это делает результаты предлагаемого способа более дифференцированными к изменениям зольности топлива. Таким образом, необходимость дополнительного измерения интенсивности гамма-излучения с энергией 4,43 МэВ, испускаемого при неупругом рассеянии быстрых нейтронов на ядрах углерода, обусловлена тем, что содержание углерода, находящееся в обратной зависимости от зольности, является дополнительным информативным параметром качества твердого топлива. Дополнительно предлагается измерять плотность потока быстрых нейтронов в анализируемом топливе, что обусловлено необходимостью учета замедляющей способности топлива при его переменной влажности. Для этого измеряют плотность потока быстрых нейтронов с энергией выше порога неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода (4,8 МэВ).

Существенным отличием изобретения от способа-прототипа является то, что дополнительно измеряют гамма-излучение неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ и плотность потока быстрых нейтронов с энергией выше порога неупругого рассеяния на ядрах углерода (4,8 мэВ), а зольность твердого топлива определяют по величине отношения интенсивности гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов с энергией 0,8-3,8 МэВ к измеренной интенсивности гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ совместно с измеренной плотностью потока быстрых нейтронов с энергией выше 4,8 МэВ.

Пример осуществления способа. Анализируемая проба твердого топлива массой около 16 кг облучается потоком быстрых нейтронов от Po-Be источника нейтронов. Измерения интенсивности гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ, гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах золообразующих элементов с энергией 0,8-3,8 МэВ и плотности потока быстрых нейтронов с энергией выше 4,8 МэВ проводят в геометрии «на просвет». Используется многоканальный анализатор АИ-1024 и система детекторов гамма-излучения и быстрых нейтронов. Зольность твердого топлива определяют по величине отношения интенсивности гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах золообразующих элементов с энергией 0,8-3,8 МэВ к измеренной интенсивности гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ совместно с измеренной плотностью потока быстрых нейтронов с энергией выше 4,8 МэВ. Дополнительно измеренная интенсивность гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ позволяет повысить чувствительность способа. Дополнительно измеряемая плотность потока быстрых нейтронов с энергией выше 4,8 МэВ служит корректирующим параметром, позволяющим минимизировать влияние переменной влажности на результаты определения зольности твердого топлива.

В таблице представлены сопоставительные данные о чувствительности определения зольности топлива, которая оценивалась как относительное в процентах приращение показаний при единичном (на 1%абс.) изменении зольности топлива в интервале 9-34%.

Таблица

Способ	Чувствительность, проц./%абс.
Предлагаемый	1,72
Прототип	1,14

Таким образом, предлагаемый нейтронно-физический способ контроля качества в сравнении с прототипом выгодно отличается повышенной чувствительностью к зольности, что существенно расширяет сферу его применения

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Нейтронно-физический способ контроля качества твердого топлива, основанный на облучении твердого топлива потоком быстрых нейтронов и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах золотообразующих элементов с энергией 0,8-3,8 МэВ, отличающийся тем, что дополнительно измеряют интенсивность гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ и плотность потока быстрых нейтронов с энергией выше порога неупругого рассеяния нейтронов на ядрах углерода (4,8 МэВ), а зольность твердого топлива определяют по величине отношения интенсивности гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов с энергией 0,8-3,8 МэВ к измеренной интенсивности гамма-излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах углерода с энергией 4,43 МэВ совместно с измеренной плотностью потока быстрых нейтронов с энергией выше 4,8 МэВ.