



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

218990

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³
G 01 N 23/00

(22) Přihlášeno 26 02 81

(21) (PV 1363-81)

(40) Zveřejněno 30 07 82

(45) Vydáno 15 06 85

(75)

Autor vynálezu

JANOUT ZDENĚK doc. ing. CSc., POSPÍŠIL STANISLAV ing., VOBECKÝ
MILOSLAV ing. CSc., PRAHA, VOTAVA PETR RNDr., ŽIDLOCHOVICE,
KUBANT JOSEF, PRAHA, SOUKUP TOMÁŠ prom. fyz., OSTRAVA

(54) Způsob stanovení obsahu uhlíku a/nebo vodíku

1

2

Způsob stanovení obsahu uhlíku a/nebo vodíku v palivu, na bázi radiometrického stanovení. Účelem vynálezu je zpřesnění stanovení výhřevnosti. Totoho účelu je dosaženo tím, že změřené hodnoty četností gama kvant z interakcí neutronů s jádry vodíku a/nebo uhlíku, z nichž se vychází při stanovení obsahu těchto prvků v palivu, se korigují na příspěvky způsobené gama zářením, vzniklým při interakci neutronů s jádry ostatních prvků obsažených v palivu.

Vynález se týká způsobu stanovení obsahu uhlíku a/nebo vodíku v materiálech, například v tuhých palivech pro určení výhřevnosti, neutronovou metodou, při které se k měřenému materiálu vpraví zdroj neutronů, načež se měří četnosti fotonů záření gama o energiích odpovídajících energiím záření gama doprovázejícího interakce neutronů s jádry uhlíku a/nebo vodíku obsaženými v materiálu.

Dosud známé metody kvantitativního stanovení obsahu uhlíku nebo vodíku ve velkých objemech materiálu, které dávají rychlé výsledky, jsou založeny na jejich radiometrickém stanovení. Často používané způsoby radiometrického stanovení obsahu uhlíku nebo vodíku jsou především zaměřeny na stanovení hodnoty tzv. středního protonového čísla měřeného materiálu. Toto stanovení vychází z té skutečnosti, že v případě řady materiálů je protonové číslo uhlíku nebo vodíku značně odlišné od hodnoty středního protonového čísla ostatních složek materiálu. V souvislosti s touto skutečností se pak předpokládá, že hodnota této veličiny je za daných podmínek závislá na poměru obsahu uhlíku nebo vodíku k ostatním složkám materiálu. Z hlediska provozní praxe je tento základní předpoklad značně narušován řadou proměnných faktorů. Mezi tyto hlavní rušivé vlivy patří především proměnnost chemického složení sledovaného typu materiálu, zejména pak proměnnost obsahu těžších prvků, například železa. Při stanovování obsahu uhlíku pak jsou rovněž velmi závažným problémem z změny obsahu vodíku, z praktického hlediska způsobované především změnou vlhkosti měřeného materiálu. Známé způsoby kompenzace naměřených hodnot středního protonového čísla při proměnném chemickém složení sledovaného materiálu jsou založeny na stanovení obsahu toho rušivého prvku, který hodnotu středního protonového čísla nejvíce systematicky ovlivňuje, a to zpravidla za použití jiné nezávislé metody. Tyto způsoby kompenzace představují však zpravidla pouze částečnou kompenzaci vlivu jednoho rušivého prvku, zatímco kompenzace na změny obsahu ostatních rušivých prvků řešena není. Z hlediska vlastního provedení a realizace je značnou praktickou nevýhodou tohoto způsobu kompenzace ta skutečnost, že na základě rozdílných metod použitých při způsobu stanovení středního protonového čísla a způsobu stanovení obsahu rušivých prvků dochází se vzrůstající nehomogenitou materiálu ke vzniku disproporcí mezi těmito měřenými veličinami, čímž pak je význam takovéto kompenzace značně snížen.

Vhodnější způsob kvantitativního stanovení obsahu uhlíku a/nebo vodíku využívá neutronové metody, při které se do měřeného materiálu či do jeho bezprostřední blízkosti vpraví zdroj rychlých neutronů, načež jsou měřeny četnosti fotonů záření

gama o energiích odpovídajících energiím záření gama doprovázejícího interakce neutronů s atomovými jádry uhlíku a/nebo vodíku obsaženými v materiálu. Pro účely stanovení obsahu uhlíku se využívá skutečnosti, že množství fotonů záření gama o energii 4,438 MeV, vzniklých v daném okamžiku v měřeném materiálu v důsledku nepružného rozptylu neutronů jádry uhlíku, je úměrné celkovému obsahu uhlíku ve sledovaném materiálu. Při stanovování obsahu uhlíku touto metodou představují z hlediska interpretace naměřených hodnot praktický problém změny obsahu vodíku, způsobované zpravidla změnami obsahu vlhkosti v proměřovaném materiálu. Pro stanovení obsahu vodíku v měřeném materiálu je využíváno té skutečnosti, že množství fotonů záření gama o energii 2,224 MeV, vzniklých v daném okamžiku v měřeném materiálu v důsledku radiačního zachytu neutronů jádry vodíku, je úměrné celkovému obsahu vodíku v proměřovaném materiálu.

Nevýhodou tohoto způsobu stanovení obsahu uhlíku a/nebo vodíku je, že při interakcích neutronů s atomovými jádry ostatních prvků obsaženými ve zkoumaném materiálu a v okolním prostředí, zejména s jádry hliníku, křemíku a železa dochází ke vzniku fotonů záření gama, jejichž energie jsou blízké k hodnotám energií fotonů záření gama vznikajících při výše uvedených interakcích neutronů s jádry uhlíku a/nebo vodíku. To má z praktického hlediska za následek vzájemnou interferenci odpovídajících píků v měřeném energetickém spektru záření gama. Konkrétně pak v případě stanovování obsahu vodíku na základě detekce fotonů záření gama o energii 2,224 MeV jsou současně detekovány i fotony záření gama o energii 2,212 MeV vzniklé v důsledku interakcí neutronů s jádry hliníku. Tato interference je důsledkem toho, že energetická rozlišovací schopnost těchto druhů detektorů, které je možno pro tyto účely použít, tj. například scintilačního detektoru typu NaI(Tl), nebo polovodičového detektoru typu Ge(Li), není zpravidla lepší než 5 keV. V případě stanovování obsahu uhlíku, zvláště pak, pokud jsou k jeho stanovování využívány všechny tři píky v naměřeném energetickém spektru záření gama, odpovídající při detekci fotonů záření gama o energii 4,438 MeV postupně píku plného pohlcení, píku vznikajícímu při energii 3,927 MeV v důsledku výletu jednoho anihilačního fotonu z detektoru a píku vznikajícímu při energii 3,416 MeV v důsledku výletu obou anihilačních fotonů z detektoru, dochází zároveň i k detekci zejména záření gama o energiích 4,413 MeV, 3,955 MeV a 4,582 MeV vzniklých v důsledku interakcí neutronů s jádry hliníku, k detekci fotonů záření gama o energiích 3,602 MeV, 3,549 MeV, 3,449 MeV vzniklých v důsledku interakcí neutronů s jádry železa a k detekci

fotonů záření gama o energii 3,539 MeV vzniklých v důsledku interakcí neutronů s jádry křemíku. Kromě toho může současně dojít i k interferenci s některými významnými píky, například s píky při energiích 4,423 MeV a 3,912 MeV, souvisejícími s detekcí fotonů záření gama pocházejícího z interakcí neutronů s jádry křemíku o energii 4,934 MeV a odpovídajícími výletu jednoho nebo obou anihilačních fotonů z detektoru. Případné změny obsahu hliníku, železa nebo křemíku v měřeném materiálu mají při daných podmínkách měření za následek ekvivalentní změny počtu detekovaných fotonů uvedených energií, což se v konečném hodnocení projeví v celkové změně registrovaných fotonů záření gama ve výše uvedených sledovaných energetických oblastech využívaných pro stanovení obsahu uhlíku a/nebo vodíku, a tedy v nepřesnosti tohoto stanovení. Nevýhody postupů, vycházejících při stanovování obsahu uhlíku a/nebo vodíku z měření četností fotonů záření gama o energiích odpovídajících energiím záření gama doprovázejícího interakce neutronů s atomovými jádry uhlíku a/nebo vodíku, jsou odstraněny způsobem podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že současně s měřením těchto četností se měří četnosti fotonů záření gama doprovázejícího interakce neutronů s atomovými jádry ostatních prvků obsaženými ve zkoumaném materiálu a v okolním prostředí, zejména s jádry hliníku a/nebo křemíku a/nebo železa, načež se na základě těchto četností korigují četnosti fotonů záření gama o energiích odpovídajících energiím záření gama doprovázejícího interakce neutronů s jádry uhlíku a/nebo vodíku, čímž se stanoví četnosti fotonů záření gama doprovázejícího interakce neutronů s jádry uhlíku a/nebo vodíku a z těchto pak obsah uhlíku a/nebo vodíku.

Hlavní výhodou tohoto způsobu je odstranění systematických chyb při určování obsahu uhlíku a/nebo vodíku, závislých na složení měřeného materiálu, a to v případě určování uhlíku zejména na obsah vodíku, hliníku, železa a křemíku, a v případě určování obsahu uhlíku pomocí četností fotonů záření gama o energii 4,438 MeV z nepružného rozšíření detekovaných píků, je způsob korigování příspěvků interferujících píků nezbytný i v případě použití detektoru s rozlišovací schopností lepší než 5 keV.

V důsledku značné penetrační schopnosti neutronů a detekovaných fotonů záření gama o relativně vysokých energiích je zajištěna dostatečná reprezentativnost měření, s čímž bezprostředně z praktického hlediska souvisí i snížení negativního vlivu lokálních nehomogenit materiálu, a to jak stran chemického, tak i granulometrického složení. Podstatnou předností, zvláště oproti radiometrickým metodám založeným na použití zářičů beta nebo zářičů gama je selektivní charakter kvantitativního stanove-

ní jednotlivých prvků, především pak vodíku, uhlíku, hliníku, křemíku, železa a kyslíku, které je možno realizovat paralelně při použití jediného detektoru včetně jediné měřicí aparatury. Přitom jsou zachovány všechny výhody dosud známých radiometrických metod, jako je rychlost, nedestruktivnost, bezkontaktnost a možnost kontinuálního měření.

Způsob podle vynálezu může být nejvýhodněji proveden tak, že souběžně s vyhodnocováním četnosti fotonů záření gama o energiích odpovídajících energiím fotonů záření gama doprovázejícího interakce neutronů s atomovými jádry uhlíku a/nebo vodíku se vyhodnocují četnosti fotonů záření gama vznikajících při interakcích neutronů zejména s jádry hliníku, křemíku a železa. K tomu se použijí neinterferující píky, a to zejména píky příslušející energiím fotonů 1,014 MeV, 3,005 MeV a 7,724 MeV pro hliník, 4,934 MeV pro křemík a 0,847 MeV, 7,629 MeV a 7,643 MeV pro železo.

Příklad 1

Při výrobě elektrické energie spalováním hnědého uhlí je z hlediska racionálnosti této výroby potřebná okamžitá znalost výhřevnosti paliva dopravovaného do spalovacích kotlů. Výhřevnost paliva závisí na obsahu uhlíku v palivu. Požadavek stanovení obsahu uhlíku a vodíku je zajišťován způsobem podle vynálezu, při němž zdroj rychlých neutronů je umístěn v toku dopravovaného paliva. V těsné blízkosti měřeného paliva je pak umístěn detektor, který je ze strany neutronového zdroje stíněn olověným kuželem. Pomocí detektoru a elektronické aparatury jsou vyhodnocovány četnosti fotonů záření gama o energiích blízkých energií 2,224 MeV záření gama vznikajícího v důsledku radiačního zachytu neutronů jádry vodíku a četnosti fotonů záření gama o energiích blízkých energií 4,438 MeV záření gama vznikajícího v důsledku nepružného rozptylu neutronů jádry uhlíku. Vzhledem k přítomnosti hliníku, křemíku a železa v popelové složce hnědého uhlí jsou naměřené hodnoty četností v oblastech energií 2,224 MeV a 4,438 MeV ovlivněny v důsledku registrace fotonů záření gama vzniklých při interakcích neutronů s jádry uvedených prvků. Z důvodů kompenzace těchto rušivých vlivů jsou tedy paralelně vyhodnocovány četnosti fotonů záření gama o energii 1,014 MeV, vznikajících při interakcích neutronů s jádry hliníku, fotonů záření gama o energii 4,934 MeV, vznikajících při interakcích neutronů s jádry křemíku a fotonů záření gama o energiích 7,629 MeV a 7,643 MeV vznikajících při interakcích neutronů s jádry železa. Dále mohou být vyhodnocovány, za účelem zpřesnění kompenzace těchto rušivých vlivů, četnosti fotonů záření gama dalších energií,

vznikajících při interakcích neutronů s jádry hliníku, křemíku, železa a ostatních prvků obsaženými v palivu, například fotonů o energii 6,129 MeV doprovázejících interakce neutronů s jádry kyslíku. Na základě podílového zpracování naměřených četností pro energie blízké energii 2,224 MeV a pro energii 1,014 MeV je pak získána hodnota četnosti fotonů o energii 2,224 MeV úměrná obsahu vodíku v hnědém uhlí, která je nezávislá na obsahu hliníku. Obdobně na základě podílového zpracování naměřených četností pro energie blízké k energii 4,438 MeV a pro energie 1,014 MeV, 4,934 MeV, 7,629 MeV a 7,643 MeV, je pak získána hodnota četnosti fotonů o energii 4,438 MeV úměrná obsahu uhlíku v hnědém uhlí, která je nezávislá na obsahu hliníku, křemíku a železa. Z takto stanovených hodnot četností, úměrných obsahu vodíku a uhlíku v naměřeném hnědém uhlí, je na základě známé regresní závislosti výhřevnosti paliva na obsahu vodíku a uhlíku určena výsledná výhřevnost měřeného paliva. Navíc pak vyhodnocované hodnoty četností fotonů záření gama doprovázejícího interakce neutronů s jádry hliníku, křemíku, železa a případně mohou být užity ke stanovení obsahu popelové složky měřeného uhlí.

Příklad 2

Při průmyslově užívaném způsobu výroby vápna tepelnou dekarbonizací vápencových minerálů je pro posouzení jeho kvality jedním z rozhodujících ukazatelů dosažený stupeň dekarbonizace. Požadavek kontinuálního stanovení stupně dekarbonizace je zajišťován způsobem podle vynálezu, při němž zdroj rychlých neutronů je umístěn v toku vápna po výstupu z pece. V těsné blízkosti měřeného materiálu je pak umístěn detektor, který je ze strany neutronového zdroje stíněný olověným kuzelem. Pomocí detektoru a elektronické aparatury jsou vyhod-

nocovány četnosti fotonů záření gama o energiích blízkých energií 4,438 MeV záření gama vznikajícího v důsledku nepružného rozptylu neutronů jádry uhlíku. Vzhledem k přítomnosti hliníku, křemíku, železa a vápníku v materiálu jsou celkové naměřené hodnoty četností v oblasti 4,438 MeV ovlivněny v důsledku registrace fotonů záření gama vzniklých při interakcích neutronů s jádry uvedených prvků. Z důvodů kompenzace těchto rušivých vlivů jsou tedy paralelně vyhodnocovány četnosti fotonů záření gama o energii 1,014 MeV, vznikajících při interakcích neutronů s jádry hliníku, fotonů záření gama a energii 4,934 MeV, vznikajících při interakcích neutronů s jádry křemíku, fotonů záření gama o energiích 7,629 MeV a 7,643 MeV vznikajících při interakcích neutronů s jádry železa, fotonů záření gama o energiích 3,904 MeV a 3,737 MeV vznikajících při interakcích neutronů s jádry vápníku a fotonů záření gama o energii 6,129 MeV vznikajících při interakcích neutronů s jádry kyslíku. Na základě podílového zpracování naměřených četností pro energie blízké k energii 4,438 MeV a pro energie 1,014 MeV, 4,934 MeV, 7,629 MeV, 7,643 MeV, 3,904 MeV, 3,737 MeV a 6,129 MeV je pak získána hodnota četnosti fotonů o energii 4,438 MeV úměrná obsahu uhlíku ve vápně, která je nezávislá na obsahu hliníku, křemíku, železa a vápníku. Z takto stanovené hodnoty četností, úměrné obsahu uhlíku, se určí obsah uhlíku ve vápně a odtud pak se stanoví stupeň dekarbonizace vyráběného vápna.

Vynálezu je možno použít pro kontinuální stanovení výhřevnosti při výrobě a využití paliv, například při kvalitativním vyhodnocování na dolech a elektrárnách pro řízení jakosti a operativní zásahy v provozech. Obdobně je možno vynálezu použít při kvalitativním vyhodnocování obsahu nedopalu za účelem řízení kvality výroby vápna pálením.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob stanovení obsahu uhlíku a/nebo vodíku v materiálech, například v tuhých palivech pro určení výhřevnosti, neutronovou metodou, při které se k měřenému materiálu vpraví zdroj neutronů, načež se měří četnosti fotonů záření gama o energiích odpovídajících energiím záření gama doprovázejícího interakce neutronů s jádry uhlíku a/nebo vodíku obsaženými v materiálu, vyznačující se tím, že současně s měřením těchto četností se měří četnosti fotonů záření gama doprovázejícího interakce neutro-

nů s atomovými jádry ostatních prvků obsaženými ve zkoumaném materiálu a v okolním prostředí, zejména s jádry hliníku a/nebo křemíku a/nebo železa, načež se na základě těchto četností korigují četnosti fotonů záření gama o energiích odpovídajícím energiím záření gama doprovázejícího interakce neutronů s jádry uhlíku a/nebo vodíku, čímž se stanoví četnosti fotonů záření gama doprovázejícího interakce neutronů s jádry uhlíku a/nebo vodíku a z těchto pak obsah uhlíku a/nebo vodíku.