

G21C 3/04 (2006.01)
G21C 3/02 (2006.01)
G21C 3/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2019-800
(22) Přihlášeno: 27.12.2019
(40) Zveřejněno: 24.02.2021
(Věstník č. 8/2021)
(47) Uděleno: 14.01.2021
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 24.02.2021
(Věstník č. 8/2021)

(56) Relevantní dokumenty:
abstrakt „38 émes Journées des Actinides - Internal Atomic Energy Agency", School on the Physics and Chemistry of the Actinides, www.iaea.org ; 12 . 04 . 2008; abstrakt „Uranium", link.springer.com/chapter, Springer Science + Business Media B.V 2008 , 2008; abstrakt„arXiv:1903.02410v1(cond-mat.str-el) 6 mar 2019" , 06 . 03 . 2019; „Nearly ferromagnetic spin-triplet superconductivity", www.sciencemagazine.org/sciencemagazine/16 august 2019, 16 . 08 . 2019.
US 4720370.

(73) Majitel patentu:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Veverčí, CZ

(72) Původce:
Karel Katovský, Třebíč, Týn, CZ
Ing. Peter Mičian, Nová Dubnica 01851, SK

(74) Zástupce:
Kania, Sedlak, Smola, s.r.o., Mendlovo náměstí
907/1a, 603 00 Brno, Staré Brno

(54) Název vynálezu:
**Jaderné palivo, palivová peleta obsahující
toto jaderné palivo a palivová tyč obsahující
tyto palivové pelety**

(57) Anotace:
Jaderné palivo obsahuje tellurid uraničitý UTe₂ a germanid uraničitý UGe₂, kde použitý uran má obsah izotopu uranu ²³⁵U maximálně 4,99 % hmotnostních, přičemž tellurid uraničitý UTe₂ je o maximálním obohacení méně než 5 % hmotnostních a co do poměru s práškovým germanidem uraničitým UGe₂ je v poměru 1:9. Dalšími řešeními je palivová peleta obsahující toto jaderné palivo a palivová tyč obsahující tyto palivové pelety

Jaderné palivo, palivová peleta obsahující toto jaderné palivo a palivová tyč obsahující tyto palivové pelety

5 Oblast techniky

Vynález se týká jaderného paliva, palivové pelety obsahující toto jaderné palivo a palivové tyče obsahující tyto palivové pelety.

10

Dosavadní stav techniky

Jaderné palivo pro tlakovodní a varné jaderné reaktory (s jistými úpravami i pro další typy – lehkovodní grafitové, grafitové CO₂ chlazené, těžkovodní, rychlé) se vyrábí z oxidu uraničitého UO₂, který se spéká do formy keramických pelet. V těchto peletách probíhá v průběhu provozu reaktoru štěpná řetězová reakce, uvolňuje se teplo a produkují štěpné a aktivační produkty. Výsledkem těchto procesů je fakt, že v peletě o průměru necelého centimetru je teplotní gradient mezi středem a okrajem až 800 °C, v případě abnormálních či havarijních procesů ještě více. Pelety se skládají na sebe a vkládají se do pokrytí, tvořeného slitinami zirkonia (nebo oceli v případě grafitových CO₂ chlazených nebo rychlých reaktorů). Takto vzniklá tyč je naplněna inertní atmosférou a nahoře a dole zavařena. Palivové tyče se potom dále skládají do souborů jaderného paliva.

Sintrovaný keramický oxid uraničitý má velmi malou tepelnou vodivost, která způsobuje vysoký radiální gradient teplot v peletách jaderného paliva lehkovodních jaderných reaktorů. V současnosti je stav techniky takový, že vysoký gradient je považován za přijatelný. Peleta však vlivem tohoto gradientu praská, drolí se a je méně odolná radiačnímu poškození. V případě poškození pokrytí paliva je pravděpodobné vymývání radionuklidů do primárního okruhu. V případě havarijních situací a náhlého navýšení teplot v palivu se centrální část paliva může dostat až k teplotě tavení UO₂, i když okrajové části pelety jsou na bezpečně nízké teplotě. Dalším problémem je kumulované teplo, které je úměrné integrálu teplotního pole v palivové peletě. V případě ztráty chlazení dochází v prvních okamžicích k potřebě odvést toto teplo z paliva, což zhoršuje bilanci havarijní situace.

35

Podstata vynálezu

Cílem tohoto vynálezu je představit řešení, které výše uvedené nevýhody odstraňuje.

Výše zmíněné nedostatky odstraňuje do značné míry jaderné palivo, jehož podstata spočívá v tom, že obsahuje tellurid uraničitý UTe₂ a germanid uraničitý UGe₂, kde použitý uran má obsah izotopu uranu ²³⁵U maximálně 4,99 % hmotnostních, přičemž tellurid uraničitý UTe₂ je o maximálním obohacení méně než 5 % hmotnostních a v poměru s práškovým germanidem uraničitým UGe₂ je v poměru 1:9.

45

Výše zmíněné nedostatky odstraňuje do značné míry rovněž palivová peleta obsahující jaderné palivo podle shora uvedeného popisu.

Ve výhodném provedení je opatřena konektorem a vodičem umožňujícím monitorování elektrických veličin jaderného paliva během provozu.

50

V jiném výhodném provedení je o průměru maximálně 1,5 cm a výšce maximálně 2,5 cm.

V jiném výhodném provedení je horní a dolní okraj pelety čochově vybrán směrem ven do výšky 1 mm.

55

Výše zmíněné nedostatky odstraňuje do značné míry rovněž palivová tyč obsahující palivové pelety podle uvedeného popisu.

- 5 Ve výhodném provedení je na první palivové peletě shora a první palivové peletě zdola umístěný elektricky připevněný vodič, který prochází pokrytím a umožňuje měření elektrických veličin v materiálu paliva během provozu.

10 Příklady uskutečněného vynálezu

Jaderné palivo podle tohoto vynálezu obsahuje tellurid uraničitý UTe_2 a/nebo germanid uraničitý UGe_2 , a to v libovolných hmotnostních poměrech, přičemž použitý uran má obsah izotopu uranu ^{235}U maximálně 4,99 % hmotn.

- 15 V příkladném provedení je práškový standardní tellurid uraničitý UTe_2 o maximálním obohacení méně než 5 % hmotn. a je smísen s práškovým germanidem uraničitým UGe_2 v poměru 1:9.

- 20 Podstatou tohoto vynálezu je rovněž palivová peleta, vytvořená sintrováním uvedeného paliva podle tohoto vynálezu, jejím obroušením, a opatřením výhodně konektorem a vodičem, viz níže.

- 25 Palivová peleta může být o průměru maximálně 1,5 cm a výšce maximálně 2,5 cm. Horní a dolní okraj pelety je čochkově vybrán směrem ven (vyboulen) do výšky 1 mm v centru pelety, aby nedocházelo ke spékání pelet, ale aby byl zajištěn jejich elektrický a tepelný kontakt. Na peletě je upevněn vodič umožňující monitorování elektrických veličin materiálu paliva za provozu.

- 30 Podstata inovovaného řešení je tedy založena na tom, že místo keramického materiálu používaného ve stavu techniky jsou využity výše uvedené sloučeniny a jejich kombinace, jelikož tyto disponují unikátními termomechanickými vlastnostmi, přičemž i jejich neutronově-fyzikální vlastnosti jsou vhodné pro využití v podobě jaderného paliva. Elektrická i tepelná vodivost těchto materiálů je vysoká, což umožňuje snížit teplotní gradient v jaderném palivu o stovky stupňů. Reaktivita vázaná germaniem je nepatrně vyšší než reaktivita vázaná tellurem, výpočty však ukazují, že při stejném obohacení paliva izotopem uranu ^{235}U lze docílit obdobných palivových kampaní, jako s keramickým oxidickým palivem.

- 35 Nové palivo je dobrým tepelným a elektrickým vodičem. Aby nedocházelo k bowingu (prohnutí paliva do tvaru luku) jsou pelety jaderného paliva výhodně čochkově vybrány směrem ven (vybouleny), aby se dotýkaly v centru pelet. Výpočty ukazují, že takto lze docílit poměrně intenzivního axiálního přestupu tepla mezi jednotlivými peletami. Zároveň je zajištěn dobrý elektrický kontakt mezi peletami.

- 45 Tyto pelety jsou umístěny na sebe a uzavřeny v klasickém pokrytí na bázi zirkoniových slitin, čímž je vytvořena palivová tyč, jež je rovněž podstatou tohoto vynálezu. Ve výhodném provedení jsou palivové tyče upraveny tak, že na první peletě shora a první peletě zdola je umístěný elektricky připevněný vodič, který prochází pokrytím a umožňuje měření elektrických veličin v materiálu paliva během provozu jaderného reaktoru s novým palivem v závislosti na výkonu reaktoru, vyhoření paliva, lokálních poruchách neutroniky reaktoru, apod. Tento unikátní způsob monitoringu jaderného paliva je umožněn specifickými vlastnostmi nových materiálů UTe_2 a UGe_2 a konkrétním řešením.

PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Jaderné palivo, **vyznačující se tím**, že obsahuje tellurid uraničitý UTe_2 a germanid uraničitý UGe_2 , kde použitý uran má obsah izotopu uranu ^{235}U maximálně 4,99 % hmotn., přičemž tellurid uraničitý UTe_2 je o maximálním obohacení méně než 5 % hmotn. a co do poměru s práškovým germanidem uraničtým UGe_2 je v poměru 1:9.
- 10 2. Palivová peleta, **vyznačující se tím**, že obsahuje jaderné palivo podle nároku 1.
3. Palivová peleta podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že je opatřena konektorem a vodičem umožňujícím monitorování elektrických veličin jaderného paliva během provozu.
- 15 4. Palivová peleta podle některého z nároků 2 nebo 3, **vyznačující se tím**, že je o průměru maximálně 1,5 cm a výšce maximálně 2,5 cm.
5. Palivová peleta podle některého z nároků 2 až 4, **vyznačující se tím**, že horní a dolní okraj pelety je čochkově vybrán směrem ven do výšky 1 mm.
- 20 6. Palivová tyč, **vyznačující se tím**, že obsahuje palivové pelety podle některého z nároků 2 až 5.
7. Palivová tyč podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že na první palivové peletě shora a první palivové peletě zdola je umístěný elektricky připevněný vodič, který prochází pokrytím a umožňuje měření elektrických veličin v materiálu paliva během provozu.