

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

32 802

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G21C 3/04 (2006.01)

G21C 3/02 (2006.01)

G21C 3/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2019-36038**

(22) Přihlášeno: **21.03.2019**

(47) Zapsáno: **23.04.2019**

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

(72) Původce:
Štěpán Foral, Příbram na Moravě, CZ
Karel Katovský, Třebíč, Týn, CZ

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

(54) Název užitého vzoru:
**Jaderné palivo, palivová peleta toto jaderné
palivo obsahující a palivová tyč obsahující
alespoň jednu tuto peletu**

CZ 32802 U1

Jaderné palivo, palivová peleta toto jaderné palivo obsahující a palivová tyč obsahující alespoň jednu tuto peletu

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká jaderného paliva s vrstvou absorbátoru a palivové pelety toto jaderné palivo obsahující, s vylepšenou neutronicou bilancí, a dále palivové tyče obsahující alespoň jednu tuto peletu.

10

Dosavadní stav techniky

15 Současným palivem lehkovodních reaktorů, ve zkratce LWR, ať již tlakovodních či varných, je ve většině případů oxid uranický, zkráceně UO_2 . V některých případech je oxid uranický smíchan s oxidem plutoničtým, zkráceně PuO_2 . Oxid uranický je slinut v keramický materiál, který i za vyšších teplot v řádech tisíců stupňů Celsia vykazuje chemickou stabilitu, mechanickou stabilitu a inertní chování v reakci s vodou. Teplota tání je přibližně 2650 °C.

20 Palivo z UO_2 je v jaderném reaktoru přítomno ve formě pelet, tedy válečků, o průměru do cca 10 mm a výšce cca 10 mm, přičemž někdy jsou pelety vybaveny centrálním otvorem pro snížení mechanického namáhání pelety. Pelety jsou uzavřeny v trubičkách vyrobených ze slitin na bázi zirkonia. Trubička bývá pro lepší přestup tepla mezi peletou a samotnou trubičkou naplněna plnicím plynem, např. heliem, a z tohoto důvodu je i hermeticky uzavřena na obou koncích. Mezi
25 peletou a trubičkou se nachází volný prostor, tzv. palivová mezera, která slouží k pojmnutí dilatací pelet způsobených tepelnou roztažností a objemovým napucháním vlivem vyhořívání. Sestava pelet v trubičce se nazývá palivový proutek. Palivové proutky se dále kompletují do palivového souboru a v závislosti na typu reaktoru se délka palivového souboru liší v rozmezí cca 2,5 až 4 m. Liší se i celková hmotnost souboru, a to od 200 kg do 800 kg.

30

Přírodní uran se sestává zejména z izotopu U^{238} v množství 99,28 % a dále z izotopu U^{235} v množství 0,72 % a stopového množství U^{234} , tedy 0,005 %. Lehkovodní reaktory jsou založeny na štěpení izotopu U^{235} , kterého po dobu provozu reaktoru v peletách ubývá. Z tohoto důvodu bývá v peletách UO_2 množství U^{235} navýšeno procesem tzv. obohacování, jelikož
35 obohacené palivo je možno využívat k provozu reaktoru po delší dobu.

Udržení štěpné řetězové reakce je založeno na zásobě izotopu uranu U^{235} , který v průběhu vyhořívání ubývá. Navýšením obsahu U^{235} se dosahuje vyšší efektivity ve využívání paliva, jelikož palivo je možno používat po delší dobu. Použití tohoto principu ovšem vede ke značnému
40 přebytku reaktivity na začátku vyhořívání, který se musí kompenzovat použitím absorbátorů neutronů přítomných v palivu, chladicí vodě nebo regulačních orgánech jaderného reaktoru.

Standardně užívaným vyhořívajícím absorbátorem je gadolinium ve formě Gd_2O_3 , které je ve formě zrn přimícháváno do UO_2 před jeho formováním do palivových pelet. Absorbátor zachycuje neutrony, snižuje přebytek reaktivity a tím pomáhá redukovat nadbytečný výkon, dokud nevyhoří. Současný koncept, kdy jsou absorbatory přimíchávány do paliva, má tu hlavní nevýhodu, že snižuje tepelnou vodivost palivové směsi. Druhým problémem je relativně velké množství Gd_2O_3 , které je potřebné k efektivnímu snížení reaktivity, následkem čehož je v palivu
odebírán štěpitelný materiál.

50

Podstata technického řešení

Cílem tohoto technického řešení je představit jaderné palivo, které by výše uvedené nevýhody
55 stavu techniky odstranilo.

Výše zmíněné nedostatky odstraňuje do značné míry jaderné palivo, obsahující vnitřní materiál z oxidu uraničitého, jehož podstata spočívá v tom, že vnitřní materiál je alespoň částečně obklopen vrstvou absorbátorů umožňujícího absorpci neutronů.

5

Ve výhodném provedení je vrstvou absorbátorů diborid uranu.

V jiném výhodném provedení je vrstvou absorbátorů tetraborid uranu.

10

V jiném výhodném provedení je vrstvou absorbátorů dodekaborid uranu.

Výše zmíněné nedostatky odstraňuje do značné míry rovněž palivová peleta, jejíž podstata spočívá v tom, že obsahuje jaderné palivo podle některého ze shora uvedených znaků.

15

Ve výhodném provedení obsahuje vnitřní dutinu alespoň částečně pokrytou vrstvou absorbátorů.

V jiném výhodném provedení je tloušťka vrstvy absorbátorů maximálně 1 mm.

20

Výše zmíněné nedostatky odstraňuje do značné míry rovněž palivová tyč, jejíž podstata spočívá v tom, že obsahuje alespoň jednu palivovou peletu podle některého ze shora uvedených znaků.

Objasnění výkresů

25

Technické řešení bude dále přiblíženo pomocí obrázků, kde obr. 1 představuje peletu jaderného paliva podle tohoto technického řešení a obr. 2 představuje diagram poklesu neutronické bilance v průběhu vyhořívání jaderného paliva.

30

Příklady uskutečnění technického řešení

Jaderné palivo podle tohoto technického řešení, představené na obr. 1, obsahuje vnitřní materiál 1 z oxidu uraničitého, zkráceně UO_2 , obklopený vrstvou absorbátorů 2, kde absorbátorem 2 je materiál absorbující neutrony, výhodně na bázi uranu a bóru, zejména diborid uranu, zkráceně UB_2 , nebo tetraborid uranu, nebo dodekaborid uranu.

35

Jaderné palivo podle tohoto technického řešení je výhodně ve formě pelety, kde vrstva absorbátorů 2 je nanesena na minimálně jedné z jejich vnějších ploch a má maximální tloušťku 1 mm.

40

UB_2 má pozitivní vliv na neutronovou bilanci. Neutronová bilance je vyjádřena pomocí koeficientu k_{inf} , který je ideálně roven jedné, což značí vyrovnanou neutronovou bilanci. Obsažený bór má v tomto případě funkci absorbátorů neutronů, naproti tomu uran se může pozitivně podílet na štěpení paliva.

45

Se zvyšující se tloušťkou vrstvy absorbátorů 2 dochází k redukci počtu neutronů na začátku vyhořívání paliva a ke zvýšení počtu neutronů na konci vyhořívání, jak je vidět na obr. 2, což pozitivně přispívá k provozu reaktoru. V tomto případě totiž není zapotřebí zásahu regulačních orgánů jaderného reaktoru, vysoké koncentrace kyseliny borité v chladiči či použití vyhořívajících absorbátorů na bázi oxidů vzácných zemin. Rovněž hustota neutronového toku, a tedy i tepelného výkonu, je následně rovnoměrněji rozložena v radiálním směru aktivní zóny jaderného reaktoru.

50

Jaderné palivo podle tohoto technického řešení vychází ze standardního paliva UO_2 , tudíž je snadno vyrobitelné.

55

Vrstva absorbátorů 2 je velmi tenká, tudíž je potřeba malá nebo žádná modifikace vnějšího průměru současných palivových pelet.

- 5 Absorbátory na bázi uranu a bóru mají vysokou tepelnou vodivost, jejich použitím se tedy může dosáhnout vyšší tepelné vodivosti paliva, čímž je palivo s absorbatorem v průběhu provozu méně mechanicky namáháno.

- 10 Další vliv na provoz reaktoru je možno realizovat užitím jiného poměru izotopů U235 a U238 v absorbátorů UB₂. To poskytuje další možnost regulace výkonu palivového proutku.

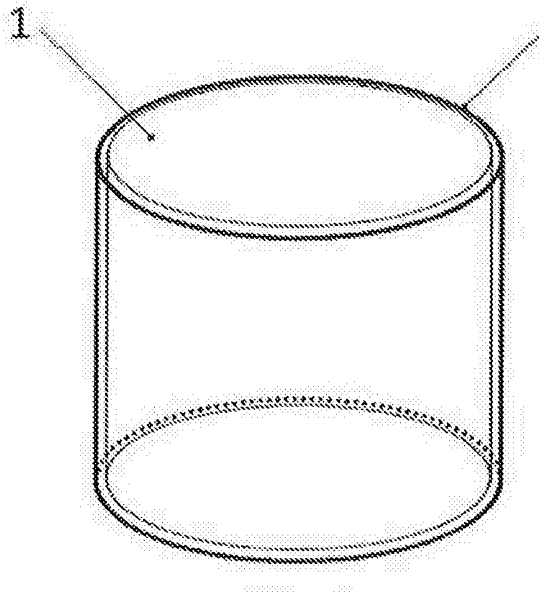
- 15 Výhodou je rovněž to, že není nutno, aby se celý palivový proutek sestával z pelet podle tohoto technického řešení. S výhodou je možno využít konceptu, kdy jsou v palivovém proutku axiálně střídány pelety z UO₂ podle stavu techniky a pelety s vrstvou absorbátorů. Rovněž je možno dávat pelety podle tohoto technického řešení na místa palivového proutku, kde je potřeba snížit přebytek neutronů, a to zejména v počátku vyhořívání.

- 20 Pelety podle tohoto technického řešení je možno využít v lehkovodních reaktorech, ať již tlakovodního či varného typu, nebo těžkovodních reaktorech, např. typu CANDU.

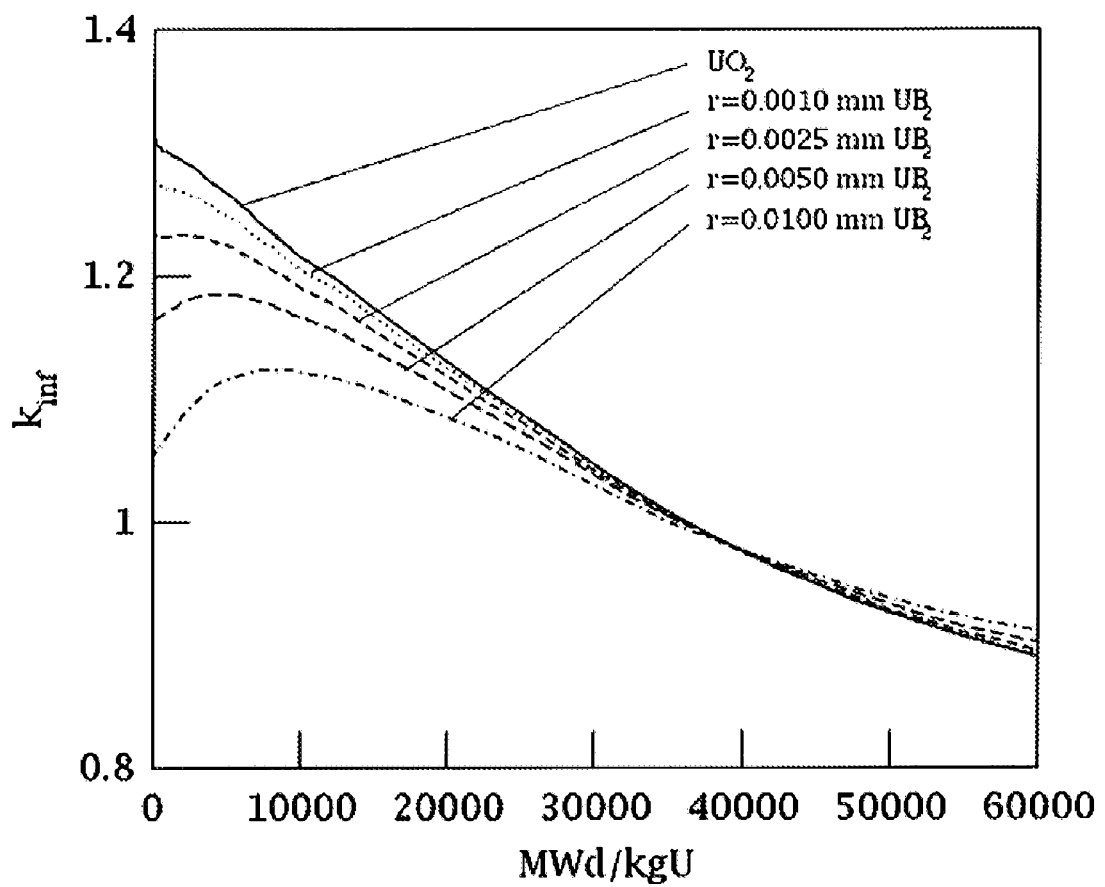
NÁROKY NA OCHRANU

- 25 1. Jaderné palivo, obsahující vnitřní materiál (1) z oxidu uraničitého, **vyznačující se tím**, že vnitřní materiál (1) je alespoň částečně obklopen vrstvou absorbátorů (2) umožňujícího absorpci neutronů.
- 30 2. Jaderné palivo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vrstvou absorbátorů (2) je diborid uranu.
- 35 3. Jaderné palivo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vrstvou absorbátorů (2) je tetraborid uranu.
- 40 4. Jaderné palivo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vrstvou absorbátorů (2) je dodekaborid uranu.
5. Palivová peleta, **vyznačující se tím**, že obsahuje jaderné palivo podle některého z předchozích nároků.
- 45 6. Palivová peleta podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že obsahuje vnitřní dutinu alespoň částečně pokrytou vrstvou absorbátorů (2).
7. Palivová peleta podle nároku 5 nebo 6, **vyznačující se tím**, že tloušťka vrstvy absorbátorů (2) je maximálně 1 mm.
- 50 8. Palivová tyč, **vyznačující se tím**, že obsahuje alespoň jednu palivovou peletu podle některého z nároků 5 až 7.

1 výkres



Obr. 1



Obr. 2