

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

89 323

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 08.06.73 (P. 163 187)

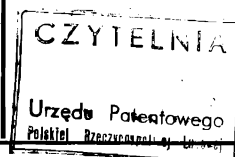
Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 01.06.74

Opis patentowy opublikowano: 30.07.1977

MKP
G21c 3/32

Int. Cl.².
G21C 3/32



Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Vladimir Grigorievich Iliunin, Igor Alexeevich Kuznestov,
Viktor Mikhailovich, Murogov, Obninsk
(Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich)

Reaktor jądrowy o neutronach szybkich

Przedmiotem wynalazku jest reaktor jądrowy o neutronach szybkich, przeznaczony zwłaszcza do wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach atomowych.

Znany jest reaktor jądrowy o neutronach szybkich (Bagdasarow J.E. "Technicheskie problemy reaktorov na bystrykh neutronach" Atomizdat, 1969 str. 236), w którym rdzeń stanowi zestaw pakietów z elementami wydzielającymi ciepło, omywanymi przez nośnik ciepła. W elementach wydzielających ciepło znajduje się jednorodny materiał paliwowy w postaci dwutlenku uranu.

Wadą takiego reaktora jest to, że współczynnik przemiany wtórnego paliwa, chociaż jest większy od jedności, jest znacznie mniejszy od współczynnika przemiany reaktorów z paliwem metalicznym.

Wykorzystywanie metalicznego paliwa w elementach wydzielających ciepło jest utrudnione albo wręcz niemożliwe. Jest to związane z tym, że wymagania zabezpieczenia wysokich parametrów cyklu termodynamicznego powodują, że maksymalna temperatura na koszulce elementów wydzielających ciepło osiąga wartości 680–720°C, podczas gdy temperatury dopuszczalne dla paliwa metalicznego i dla kontaktu paliwo – koszulka są niskie (bez uwzględnienia czynników przegrzania odpowiednio 570 – 610°C i 490 – 510°C).

Celem wynalazku jest wyeliminowanie wyżej wymienionych wad, zwłaszcza uzyskanie zwiększonej prędkości przemiany paliwa przy zachowaniu wysokich parametrów temperaturowych nośnika ciepła. Cel ten osiągnięto za pomocą reaktora według wynalazku, posiadającego rdzeń stanowiący zestaw pakietów paliwowych z elementami wydzielającymi ciepło, omywanymi przez nośnik ciepła i który to reaktor polega na tym, że co najmniej część pakietów paliwowych jest podzielona dla obiegu nośnika ciepła na co najmniej dwa obszary. W każdym z tych obszarów umieszczone są różne materiały paliwowe, przy czym w obszarze o niższej temperaturze umieszczone jest paliwo o większej gęstości rozpadających się izotopów.

Korzystne jest umieszczenie paliwa metalicznego w obszarze o niższej temperaturze nośnika ciepła, a paliwa ceramicznego – w obszarze o wyższej temperaturze nośnika ciepła. Obszar zajęty przez paliwo metaliczne może zajmować od 0,3 do 0,7 wysokości pakietu paliwowego w zależności od gęstości rozpadających się jąder. Korzystne jest także, przy stosowaniu paliwa o większej gęstości jąder w obszarze o niższej temperaturze nośnika ciepła, wykorzystywanie elementów wydzielających ciepło o większym przekroju poprzecznym niż w obszarze

o niższej temperaturze nośnika ciepła. Poza tym korzystne jest również, aby w obszarze o niższej temperaturze nośnika ciepła znajdowało się paliwo uranowe, a w obszarze o wyższej temperaturze – ceramiczne paliwo plutonowe.

Można także, przy wykorzystywaniu paliwa o większej gęstości rozpadających się jąder w obszarze o niższej temperaturze nośnika ciepła, umieścić bardziej wzbogacone paliwo niż w obszarze o wyższej temperaturze nośnika ciepła.

Zaletą reaktora jądrowego według wynalazku jest to, że ma on większą prędkość przemiany wtórnego paliwa przy zachowaniu wysokich parametrów cyklu termodynamicznego w elektrowni atomowej.

Reaktor według wynalazku pozwala na zwiększenie przemiany paliwa, która istotnie zwiększa ekonomiczną efektywność elektrowni atomowej i oprócz tego obniża czas podwojenia paliwa w cyklu paliwowym.

Przedmiot wynalazku przedstawiony jest w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia konstrukcję pakietu paliwowego, fig. 2 – zależność deformacji koszulki elementów wydzielających ciepło od wysokości pakietu paliwowego, a fig. 3 – krzywe zmian charakterystyk temperaturowych elementów wydzielających ciepło w funkcji wysokości pakietu paliwowego.

Pakiet paliwowy zawiera koszulkę 1, wypełnioną elementami 2 wydzielającymi ciepło, omywanymi przez nośnik ciepła. Elementy 2 stanowią rurki wypełnione materiałem paliwowym. Wewnątrz pakietu paliwowy jest podzielony wzdłuż wysokości na dwa obszary 3 i 4, pomiędzy którymi znajduje się obszar 5 (o wysokości 5–10 cm) wypełniony materiałem konstrukcyjnym i nośnikiem ciepła. W każdym z obszarów 3 i 4 umieszczona jest niezależna sieć elementów 2 wydzielających ciepło, przymocowana do koszulki 1 za pośrednictwem osłon 6. Obszary 3 i 4 różnią się pomiędzy sobą temperaturą nośnika ciepła. Przy przepływie nośnika ciepła z obszaru 3 do obszaru 4, temperatura nośnika ciepła w obszarze 3 jest niższa niż w obszarze 4. Elementy 2 wydzielające ciepło w obszarach 3 i 4 różnią się pomiędzy sobą rodzajem umieszczonego w nich paliwa.

Możliwe są różne odmiany paliwa. Na przykład, elementy 2 wydzielające ciepło w obszarze 3 napełnia się metalicznym paliwem uranowym, a w obszarze 4 – ceramicznym paliwem plutonowym. Poza tym elementy 2 wydzielające ciepło w obszarach 3 i 4 mają różne przekroje poprzeczne, a elementy wydzielające ciepło w obszarze 3 mają większy przekrój poprzeczny niż w obszarze 4.

Możliwe jest również inne napełnienie konstrukcji, w której elementy 2 wydzielające ciepło stanowią rurki umieszczone wzdłuż całej długości pakietu, przy czym w obszarze 3 w rurkach umieszczone jest paliwo metaliczne, a w obszarze 4 – paliwo ceramiczne, natomiast w obszarze 5 pomiędzy paliwem metalicznym i ceramicznym wypełniającym rurki umieszczony jest materiał surowca. Takie wypełnienie pozwala obniżyć wartości maksymalnych temperatur w elementach wydzielających ciepło z paliwem metalicznym lub zwiększyć prędkość przemiany nowego paliwa. Obszar 3 zajmuje 0,3–0,7 wysokości pakietu paliwowego.

W innej odmianie konstrukcji w obszarze 3 o niższej temperaturze nośnika ciepła elementy 2 wydzielające ciepło zawierają bardziej wzbogacone paliwo niż elementy 2 wydzielające ciepło obszaru 4. W tym przypadku w obu obszarach 3 i 4 występuje paliwo tego samego rodzaju, na przykład ceramiczne paliwo plutonowe.

Maksymalna deformacja koszulki elementów wydzielających ciepło w reaktorze w końcu akcji przechodzi do dalszej dla obiegu nośnika ciepła części elementów wydzielających ciepło (na przykład do połowy wysokości rdzenia), gdzie paliwo na skutek jego niskiej temperatury ma małą plastyczność, co przedstawia krzywa 7 na fig. 2, gdzie na osi rzędnych odłożone są wartości względnej deformacji koszulki elementów wydzielających ciepło w procentach w końcu akcji reaktora, a na osi odciętych – wysokość (H) elementów wydzielających ciepło w jednostkach względnych. Przemiana w dolnej części pakietu rdzenia (obszar 3) paliwa tlenkowego w metaliczne zmniejsza te niepożądane zmiany w stanie plastyczności paliwa metalicznego. Oprócz tego osiąga się dodatkowe wyrównywanie pola wydzielania się ciepła wzdłuż wysokości pakietu paliwowego zarówno kosztem gęstości, jak i kosztem wzbogacenia materiału, pozwalające dodatkowo zwiększyć efektywność wykorzystania paliwa w reaktorze.

Na fig. 3 krzywa 8 przedstawia zmiany temperatury ($T^{\circ}\text{C}$) sodowego nośnika ciepła w funkcji wysokości pakietu paliwowego. Krzywa 9 – zmiany temperatury koszulki elementów wydzielających ciepło w funkcji wysokości pakietu paliwowego, krzywa 10 – zmiany temperatury wnętrza elementów wydzielających ciepło z paliwem metalicznym w obszarze 3 w funkcji wysokości pakietu paliwowego, a krzywa 11 – zależność temperatury wnętrza elementów wydzielających ciepło z paliwem metalicznym w obszarze 4 w funkcji wysokości pakietu paliwowego. Krzywe te są wykonane dla reaktora o wysokości rdzenia 113 cm, średnicy rdzenia paliwowego – 5,4 mm, grubości powłoki stalowej – 0,4 mm, wysokości obszaru 3 – 45 cm, temperaturze nośnika ciepła na wejściu – 340°C , a temperaturze na wyjściu – 560°C .

Jak widać z fig. 3, przy wprowadzeniu paliwa metalicznego w obszary zajmujące około 0,4 wysokości rdzenia reaktora, maksimum temperatury na koszulce elementów wydzielających ciepło z paliwem metalicznym

i we wnętrzu nie przewyższa odpowiednio temperatur: 490°C i 610°C , które zgadzają się z dopuszczalnymi zakresami temperatur dla elementów wydzielających ciepło z paliwem metalicznym.

Działanie reaktora jest opisane niżej. Nośnik ciepła, przepływający początkowo w obszarze 3 wzdłuż pakietu i mający względnie niską temperaturę, ochładza elementy wydzielające ciepło, zawierające bardziej gęste paliwo metaliczne, a następnie w obszarze 4 ochładza elementy wydzielające ciepło, zawierające paliwo ceramiczne. Zajęta przez paliwo metaliczne (obszar 3) część pakietu paliwowego może być zawarta w szerokim zakresie. Tak na przykład, jeżeli wartość tę przyjąć za równą około 0,3, to wzbogacenie metalicznego paliwa plutonowego będzie równe około 10% i zwiększenie prędkości przemiany nadwyżkowego paliwa jest równe około 25%, a jeśli część zajętą przez metaliczne paliwo plutonowe przyjąć jako równą około 0,7, to wzbogacenie w obszarze 3 z paliwem metalicznym obniży się do około 6% i zwiększenie prędkości przemiany nadwyżkowego paliwa jest równe około 30%. Zwiększenie gęstości rozpadających się izotopów do wzbogacenia 13% (przy wzbogaceniu 11% w pozostałej części pakietów) na 30 cm odcinku długości pakietów od strony wejścia nośników ciepła w materiale tlenkowym, przy wysokości rdzenia równej 100 cm pozwala zwiększyć efektywność wykorzystania paliwa i zwiększyć szybkość przemiany paliwa o około 8%.

Zwiększenie średnicy elementów paliwowych na 30 cm odcinku długości pakietów, przy całkowitej długości równej 100 cm od strony wejścia nośnika ciepła do 7 mm w porównaniu z 5,8 mm w pozostałej części pakietów pozwala zwiększyć prędkość przemiany nadwyżkowego paliwa o około 10%.

Zastrzeżenia patentowe

1. Reaktor jądrowy o neutronach szybkich, posiadający rdzeń w postaci zestawu pakietów paliwowych z elementami wydzielającymi ciepło, omywanymi przez nośnik ciepła, z n a m i e n n y t y m, że co najmniej część pakietów paliwowych jest podzielona dla obiegu nośnika ciepła co najmniej na dwa obszary (3 i 4) a w elementach (2) wydzielających ciepło każdego z tych obszarów umieszczone są różne materiały paliwowe, przy czym w obszarze (3) o niższej temperaturze nośnika znajduje się paliwo o większej gęstości ciężkich jąder lub większej gęstości rozpadających się izotopów.

2. Reaktor według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że paliwo ma większą gęstość ciężkich jąder, a w obszarze (3) o niższej temperaturze nośnika ciepła paliwo stanowi paliwo metaliczne, natomiast w obszarze (4) o wyższej temperaturze nośnika ciepła paliwo stanowi paliwo ceramiczne.

3. Reaktor według zastrz. 2, z n a m i e n n y t y m, że paliwo metaliczne stanowi paliwo uranowe, a paliwo ceramiczne, paliwo plutonowe.

4. Reaktor według zastrz. 2, z n a m i e n n y t y m, że obszar (3) z paliwem metalicznym zajmuje 0,3–0,7 wysokości pakietu paliwowego.

5. Reaktor według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że paliwo ma większą gęstość ciężkich jąder, a w obszarze (3) o niższej temperaturze nośnika ciepła znajdują się elementy wydzielające ciepło o większym przekroju poprzecznym niż w obszarze (4) o wyższej temperaturze nośnika ciepła.

6. Reaktor według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że paliwo ma większą gęstość rozpadających się izotopów, a w obszarze (3) o niższej temperaturze nośnika ciepła znajduje się bardziej wzbogacone paliwo niż w obszarze (4) o wyższej temperaturze nośnika ciepła.

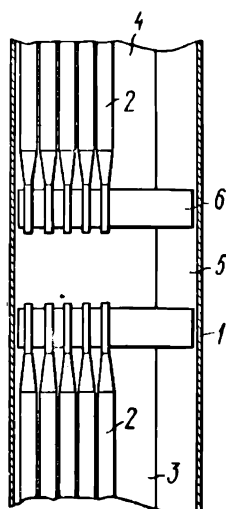


FIG. 1

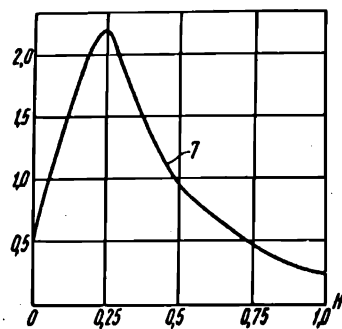


FIG. 2

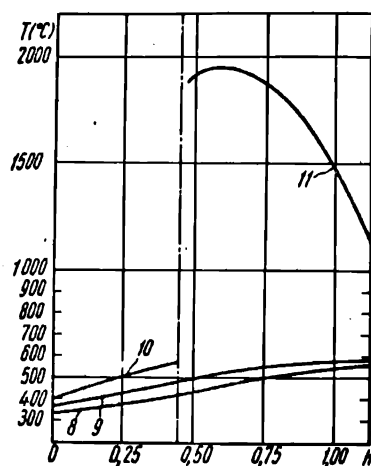


FIG. 3