



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **87883** (13) **U**  
(51) МПК (2014.01)  
**G21C 3/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	<b>u 2013 10023</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Одейчук Микола Петрович (UA), Сіренко Сергій Анатолійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>12.08.2013</b>	(73) Власник(и):	<b>НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ" НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Академічна, 1, м. Харків, 61108 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	<b>25.02.2014</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>25.02.2014, Бюл.№ 4</b>		

## (54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ТАБЛЕТОК ЯДЕРНОГО ПАЛИВА З ДІОКСИДУ УРАНУ

### (57) Реферат:

Спосіб виготовлення таблеток ядерного палива з діоксиду урану, за яким порошок діоксиду урану з розміром частинок не більше 10-15 мкм засипають в прес-форму з молібдену, пресують при тиску пресування до 3000 кгс/см. Потім таблетки спікають в прес-формі у вакуумі при тиску не більше  $13,3 \cdot 10^{-2}$  Па, спочатку при температурі 500-600 °С протягом 20-30 хв., потім при температурі 1100-1200 °С протягом 20-30 хв. і потім при температурі 1750 °С протягом 50-60 хв. Після цього таблетки охолоджують в прес-формі з швидкістю зниження температури 250-300 °С за годину і виймають з прес-форми.

UA 87883 U



Корисна модель належить до ядерної енергетики і може бути використана для виготовлення таблеток ядерного палива на основі діоксиду урану, які використовуються для виготовлення тепловиділяючих зборок ядерних реакторів на теплових нейтронах.

До ядерного палива сучасних ядерних реакторів висувають високі вимоги до якості паливних таблеток. При високих вигораннях ядерного палива паливні таблетки можуть розтріскуватися і осипатися. Розсипана таблетка контактує з внутрішньою поверхнею оболонки ТВЕЛа. В місці контакту виникає сильна корозія і оболонка ТВЕЛа тріскається, в результаті чого виходить з ладу і її треба міняти. Це приводить до великих технічних і економічних витрат.

Відомо про спосіб виготовлення таблеток ядерного палива із діоксиду урану [1]. За цим способом виготовляють суміш порошків з діоксиду урану, яка містить алюміній від 0,03 до 0,10 мас. % і кремній від 0,01 до 0,05 мас. %. Одержану суміш порошків просівають через вібраційне сито з розміром чарунки 400 мкм і змішують з органічним сполучним матеріалом. Як органічний сполучний матеріал використовують водний розчин полівінілового спирту в кількості 8 мас. % і гліцерину в кількості 0,5 мас. %. Змішування проводять протягом 30 хвилин. Із одержаної суміші на пресі КО 622 Б при тиску  $1,25 \text{ т/см}^2$  пресують "шашки" діаметром 35 мм. "Шашки" розмілюють у млину типу Fritsch і просівають через вібраційне сито з розміром чарунки 630 мкм. Одержаний прес-порошок сушать при температурі  $20^\circ\text{C}$  протягом 24 годин. Із прес-порошку на пресі типу ПФ-30 при тиску  $2 \text{ т/см}^2$  пресують таблетки. Таблетки завантажують в молибденові човники і спікають в пічці ВТУ при температурі  $1750^\circ\text{C}$  в середовищі, яке містить водень. В таких таблетках алюміній і кремній у формі оксидів розподілені по межах зерен діоксиду урану у вигляді легкоплавкої евтектики. Легкоплавка евтектика оксидів алюмінію і кремнію завжди спостерігається при вмісті алюмінію більше 0,03 мас. % в присутності кремнію.

Недоліком даного способу є те, що в отриманих таблетках оксиди алюмінію і кремнію розподілені не по всьому об'єму, а по межах зерен діоксиду урану в вигляді легкоплавкої евтектики. Це перешкоджає росту зерна, обумовленого масопереносом основного матеріалу і міграцією пор. Крім того, гальмівний вплив пор на швидкість руху меж зерен приводить до того, що зерниста структура під час спікання практично ніколи не досягає повного ступеня рекристалізації.

Відомо про інший спосіб виготовлення таблеток ядерного палива з діоксиду урану [2].

Для отримання таблеток порошок з діоксиду урану просівають через вібраційне сито і змішують зі сполучним матеріалом. Одержану суміш сушать і пресують. Одержані заготовки таблеток завантажують в піч і спікають при температурі  $1730^\circ\text{C}$ .

Ці таблетки включають кристалічні зерна на основі діоксиду урану, аморфну скловидну фазу алюмосилікату, котра покриває більшість зерен діоксиду урану. Зерна мають розмір від 30 до 80 мкм. Кількість скловидної фази складає від 0,1 до 0,8 мас. %, вміст  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - від 10 до 20 мас. %, а  $\text{SiO}_2$  - решта.

Недоліком даного способу є наявність у таблетках великої кількості аморфної фази алюмосилікату в діоксиді урану по межах зерен, що збільшує сумарний борний еквівалент і, відповідно, збільшує паразитне поглинання нейтронів в ядерному паливі. Крім того, аморфна скловидна фаза алюмосилікату із-за градієнта температур в паливі при експлуатації може перерозподілятися по об'єму таблетки, що може приводити до утворення пустот і тріщин і підвищеного виходу газотворюваних продуктів ділення під оболонку ТВЕЛа.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб виготовлення таблеток ядерного палива з діоксиду урану [3]. Цей спосіб прийнято за найближчий аналог. Виготовлення таблеток відбувається наступним чином. Підготовлений порошок з діоксиду урану, який має розмір частинок 10-15 мкм, засипається в прес-форму, виготовлену із молибдену, після чого його пресують під тиском  $3000 \text{ кгс/см}^2$ . Спресовані таблетки разом із прес-формою передаються на операцію спікання, яка проходить в вакуумі  $13,3 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$  при температурі  $1750^\circ\text{C}$  протягом 1 години.

Недоліком даного способу є наявність у виготовлених таблетках певної кількості тріщин і сколів.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити спосіб виготовлення таблеток ядерного палива із діоксиду урану для отримання таблеток з підвищеними техніко-експлуатаційними характеристиками. Таке удосконалення повинно здійснюватися шляхом пошуку певного температурного режиму спікання таблеток.

Поставлена задача вирішується способом, що патентується, за яким також як і за відомим способом, для виготовлення таблеток діоксидного палива порошок діоксиду урану з розміром частинок не більше 10-15 мкм засипають в прес-форму з молибдену. Далі порошок пресують під тиском до  $3000 \text{ кгс/см}^2$ . Потім таблетки спікають в прес-формі у вакуумі при тиску не більше  $13,3 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$ , охолоджують і виймають з прес-форми.

На відміну від найближчого аналога таблетки у способі, що заявляється, спочатку спікають при температурі 500-600 °C протягом 20-30 хв., потім - при температурі 1100-1200 °C протягом 20-30 хв. і потім - при температурі 1750 °C протягом 50-60 хв., після чого таблетки охолоджують в прес-формі із швидкістю зниження температури 250-300 °C за годину.

5 Зазначений постадійний режим спікання, отриманий шляхом випробувань, забезпечує підвищення техніко-експлуатаційних характеристик таблеток, завдяки майже відсутності у виготовлених таблетках тріщин і сколів.

Розглянемо приклад реалізації способу, що заявляється.

10 Розмел порошок конгломератів діоксиду урану проводили в центробіжному кульовому сфероїдизаторі. Розмелювання конгломератів проводилось кулями із металічного урану в металевих чашах. Молібденові верхній і нижній пуансони мали вирізи під фаску таблетки. Порошок  $UO_2$  (без сполучного матеріалу) засипався в молібденову прес-форму. Зважування проводили на вагах ВЛКТ-500-М. Пресування проводили на гідравлічному пресі П6320. Тиск пресування складав 3000 кгс/см<sup>2</sup>. Після цього спресовані таблетки без випресовки разом із

15 прес-формою передавали на операцію спікання у високотемпературну піч з графітовим нагрівачем, виготовленим на базі вакуумної установки ВУМ-10. Виміри температури паливних таблеток під час термообробки проводили через оглядове вікно за допомогою пірометра типу "Промінь".

20 Процес спікання проводили в вакуумі  $13,3 \cdot 10^{-2}$  Па при трьох температурних режимах. Перший температурний режим складав 500-600 °C протягом 0,5 години (відгонка легко летучих фракцій), другий - 1100-1200 °C протягом 0,5 години (попереднє спікання) і третій - при температурі 1750 °C протягом 1 години (заключне спікання). Потім прес-форму з таблетками охолоджували з швидкістю зниження температури 250-300 °C за годину.

25 Спосіб, що заявляється, зберігає всі переваги найближчого аналога. Відсутність сполучного матеріалу у порошку при виготовленні таблеток забезпечує високі параметри таблеток по щільності, міцності і усадці по діаметру.

30 Крім цього, спосіб, що заявляється, забезпечує сповільнення процесів виникнення і розвитку в таблетках тріщин і сколів, зниження вірогідності їх руйнування. Практичне вживання запропонованого палива дозволить істотно підняти надійність і довговічність експлуатації ТВЕЛів при роботі атомних електростанцій.

Джерела інформації:

1. Патент РФ № 2193242.

2. Патент США № 4869866.

35 3. Журнал "Питання атомної науки і техніки", "Удосконалення процесу виготовлення таблеток із діоксиду урану" № 4, 2007 р., с. 149-151 (найближчий аналог).

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

40 Спосіб виготовлення таблеток ядерного палива з діоксиду урану, за яким порошок діоксиду урану з розміром частинок не більше 10-15 мкм засипають в прес-форму з молібдену, пресують при тиску пресування до 3000 кгс/см, потім таблетки спікають в прес-формі у вакуумі при тиску не більше  $13,3 \cdot 10^{-2}$  Па, охолоджують і виймають з прес-форми, який **відрізняється** тим, що

45 таблетки спочатку спікають при температурі 500-600 °C протягом 20-30 хв., потім при температурі 1100-1200 °C протягом 20-30 хв. і потім при температурі 1750 °C протягом 50-60 хв., після чого таблетки охолоджують в прес-формі з швидкістю зниження температури 250-300 °C за годину.

---

Комп'ютерна верстка М. Мацело

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601