



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 199 161** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **G 21 C 3/62, 21/02**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 2001109717/06, 12.04.2001
(24) Дата начала действия патента: 12.04.2001
(46) Дата публикации: 20.02.2003
(56) Ссылки: КРУГЛОВ А.К., СМЕРНОВ Ю.В.
Атомная промышленность зарубежных стран.
-М.: Атомиздат, 1980, с. 206, 207. RU
2068202 C1, 20.10.1996. GB 1105325 A,
06.03.1968. GB 1148478 A, 10.04.1969. FR
2599883 A, 26.12.1989.
(98) Адрес для переписки:
144001, Московская обл., г.Электросталь,
ул.К.Маркса, 12, ОАО "Машиностроительный
завод"

(71) Заявитель:
Открытое акционерное общество
"Машиностроительный завод"
(72) Изобретатель: Седельников О.Л.,
Белынец А.М., Курсков В.С., Иванов
А.В., Потоскаев Г.Г., Головешкин А.В., Савин
В.П., Квасов А.В., Бычков С.А.
(73) Патентообладатель:
Открытое акционерное общество
"Машиностроительный завод"

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ТАБЛЕТОК ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА, ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ДЛЯ РЕАКТОРА
НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

(57)
Изобретение относится к ядерной
энергетике и касается технологии получения
ядерного топлива, в частности для зоны
воспроизводства реакторов на быстрых
нейтронах при использовании в качестве
сырья регенерата топлива, выгружаемого из
водоохлаждаемых ядерных реакторов.
Способ включает смешивание сырьевого
порошка с пластификатором, уплотнение
смеси, измельчение полученного гранулята с
последующим рассевом для получения
пресс-порошка, прессование пресс-порошка в
матрице для получения сырых таблеток и их
спекание. В качестве сырьевого порошка

используют порошок регенерированного
ядерного топлива с размером частиц от 57 до
63 мкм. Уплотнение смеси производят при
давлении от 1,5 до 2,5 т/см². Рассев
осуществляют с использованием вибросита,
размер ячейки сетки которого выбирают не
более 0,63 мм. Прессование пресс-порошка
производят при давлении от 3,0 до 4,0
т/см² в матрице, угол конусности которой
составляет 6-15 град. В результате
расширяется номенклатура используемых
сырьевых порошков и обеспечивается
возможность получения ядерного топлива с
необходимой по условиям эксплуатации
плотностью. 4 з.п. ф-лы.



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 199 161** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **G 21 C 3/62, 21/02**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2001109717/06, 12.04.2001

(24) Effective date for property rights: 12.04.2001

(46) Date of publication: 20.02.2003

(98) Mail address:
144001, Moskovskaja obl., g.Ehlektrostal',
ul.K.Marksa, 12, OAO "Mashinostroitel'nyj zavod"

(71) Applicant:
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Mashinostroitel'nyj zavod"

(72) Inventor: Sedel'nikov O.L.,
Belyntsev A.M., Kurskov V.S., Ivanov
A.V., Potoskaev G.G., Goloveshkin A.V., Savin
V.P., Kvasov A.V., Bychkov S.A.

(73) Proprietor:
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Mashinostroitel'nyj zavod"

(54) **METHOD FOR PRODUCING NUCLEAR FUEL PELLETS PRIMARILY FOR FAST REACTORS**

(57) Abstract:

FIELD: nuclear power engineering;
production of nuclear fuel for fast-reactor
blanket from reconditioned fuel discharged
from water-cooled reactors. SUBSTANCE:
method includes mixing of source powder with
plasticizer; compression of mixture;
crushing of granulated material obtained
followed by sizing to produce molding
powder; compression of molding powder in die
to obtain source pellets; sintering of

pellets. Reconditioned nuclear fuel having
grain size of 57 to 63 mcm is used as source
powder. Mixture is compacted at pressure of
1.5 to 2.5 t/sq. cm. Sizing is effected by
means of shaking sieve with gauze mesh size
not to exceed 0.63 mm. Molding powder is
compressed at pressure of 3.0 to 4.0 t/sq.
cm in die whose taper angle is 6-15 deg.
EFFECT: enlarged range of source powders
used, ability of producing nuclear fuel of
desired density. 5 cl, 4 ex

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к ядерной энергетике и касается технологии получения ядерного топлива, в частности для зоны воспроизводства реакторов на быстрых нейтронах, при использовании в качестве сырья регенерата топлива, выгружаемого из водоохлаждаемых ядерных реакторов.

Уровень техники

Процесс изготовления таблеток ядерного топлива заключается в формовании порошков оксидов урана в сырые таблетки, которые затем спекаются до необходимой плотности.

К спеченным таблеткам предъявляются довольно жесткие требования по плотности, геометрическим размерам, микроструктуре, термической стабильности и другим параметрам.

Для обеспечения этих требований порошки, подаваемые на прессование, должны обладать определенными характеристиками по фракционному составу, текучести, насыпной плотности и другими свойствами.

Как правило, исходные порошки диоксидов урана, изготовленные по различным технологическим схемам, необходимыми свойствами не обладают. Поэтому исходные порошки диоксидов урана подвергают интенсивному предварительному измельчению, обычно истирающим воздействием, например в шаровых мельницах, для обеспечения однородности свойств по объему. Затем полученный продукт либо гранулируют в распылительных сушилках, либо уплотняют путем прокатки валками или прессованием шашки с последующей грануляцией на ситах. После чего осуществляют прессование таблеток.

Известен способ получения таблеток ядерного топлива, включающий смешение тонкоизмельченного порошка двуокиси урана с порошком оксида урана до получения реакционноспособной и чистой закиси урана, получаемой окислением с помощью воздуха (FR, 2599883, G 21 C 3/62, 1987). Известный способ позволяет после прессования и спекания получать прочные таблетки ядерного топлива.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к описываемому является способ производства таблеток ядерного топлива, преимущественно для реактора на быстрых нейтронах, включающий смешивание сырьевого порошка с пластификатором, уплотнение смеси, измельчение полученного гранулята с последующим рассевом для получения пресс-порошка, прессование пресс-порошка в матрице для получения сырых таблеток и их спекание (Смирнов Ю. В. и др. Атомная промышленность зарубежных стран, М.: Атомиздат, 1980, с. 206, 207). Известный способ предполагает использование предварительного уплотнения сырьевого порошка, что обеспечивает получение таблеток ядерного топлива из порошков двуокиси урана, имеющих плотность в тесте на спекаемость больше нижней границы требуемой плотности.

Известные способы не позволяют использовать в качестве исходного порошка, порошок регенерированного топлива, что обусловлено следующим фактором.

Топливные таблетки для зоны воспроизводства ядерных реакторов на быстрых нейтронах должны иметь плотность выше $10,3 \text{ г/см}^3$. При этом должно выполняться условие $\gamma_{\text{ТЕСТ}} > 1,005 \cdot \gamma_{\text{ТР}}$,

где $\gamma_{\text{ТЕСТ}}$ - плотность на спекаемость в тесте, $\gamma_{\text{ТР}}$ - требуемая плотность таблеток ядерного топлива. С учетом того, что характерной особенностью порошков регенерированного ядерного топлива является пониженная плотность в тесте на спекаемость ($10,1-10,3 \text{ г/см}^3$), вышеприведенное условие не выполняется - топливные таблетки по известным способам не могут быть изготовлены, что существенно ограничивает возможности производства.

Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является разработка и создание способа изготовления таблеток ядерного топлива, обладающего повышенными возможностями.

В результате решения данной задачи возможно получение новых технических результатов, заключающихся в том, что расширяется номенклатура используемых сырьевых порошков и обеспечивается возможность получения ядерного топлива с необходимой по условиям эксплуатации плотностью.

Указанные технические результаты достигаются тем, что в способе производства таблеток ядерного топлива, преимущественно для реактора на быстрых нейтронах, включающем смешивание сырьевого порошка с пластификатором, уплотнение смеси, измельчение полученного гранулята с последующим рассевом для получения пресс-порошка, прессование пресс-порошка в матрице для получения сырых таблеток и их спекание, что в качестве сырьевого порошка используют порошок регенерированного ядерного топлива с размером частиц от 57 до 63 мкм, причем уплотнение смеси производят при давлении от $1,5$ до $2,5 \text{ т/см}^2$, рассев осуществляют с использованием вибросита, размер ячейки сетки которого выбирают не более 0,63 мм, а прессование пресс-порошка производят при давлении от $3,0$ до $4,0 \text{ т/см}^2$ в матрице, угол конусности которой составляет 6 - 15 градусов.

Отличительной особенностью настоящего изобретения является использование в качестве сырьевого порошка - порошок регенерированного ядерного топлива с размером частиц от 57 до 63 мкм и проведение уплотнения смеси при давлении от $1,5$ до $2,5 \text{ т/см}^2$. Увеличение величины давления при уплотнении по сравнению с известным давлением уплотнения ($\sim 1 \text{ т/см}^2$) уменьшает повышенную пористость порошка регенерированного ядерного топлива. Осуществление рассева с использованием вибросита, размер ячейки сетки которого выбирают не более 0,63 мм обусловлено необходимостью получения требуемых размеров частиц порошка, которые обеспечивают заданную плотность. Экспериментально установлено, что для получения таблеток ядерного топлива с плотностью выше $10,3 \text{ г/см}^3$ следует не только проводить предварительную обработку сырьевого порошка при указанных выше условиях, но и производить прессование пресс-порошка при давлении от

3,0 до 4,0 т/см² в матрице, угол конусности которой составляет 6-15 градусов. Если давление уплотнения меньше 1,5 т/см и давление прессования меньше 3,0 т/см², то не обеспечивается получение плотности ядерного топлива выше 10,3 г/см³. При давлении уплотнения больше 2,5 т/см² и/или давлении прессования больше 4,0 т/см² отмечен недопустимый рост давления выпрессовки таблетки из матриц при уплотнении и прессовании и соответственно к увеличению дефектности по внешнему виду. При конусности матрицы меньше 6 градусов существенно увеличивается дефектность по внешнему виду, при конусности матрицы больше 15 градусов имеет место дефектность верхнего торца таблетки, которая проявляется в виде облоя и/или отслоения.

Кроме того, уплотнение смеси производят прессованием "шашки" или экструзией, а смешивание осуществляют в лопастном смесителе.

Целесообразно после рассева осуществлять сушку пресс-порошка во вращающейся печи, а спекание таблеток производить в среде водорода при температуре (1730-1750)°C в течение 2-6 часов.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Настоящее изобретение проиллюстрировано нижеприведенными примерами, подтверждающими возможность его реализации.

Пример 1. Необходимо изготовить таблетки ядерного топлива из сырьевого порошка с крупностью зерна 0,60 мкм, полной удельной поверхностью 1,9 м²/г и плотностью в тесте на спекаемость 10,1 г/см³.

Сырьевой порошок регенерированного топлива сначала смешивали со стандартным пластификатором (водный раствор поливинилового спирта с глицерином) в лопастном смесителе партиями по 7,0 кг в течение 3 мин. Полученную смесь подвергали уплотнению прессованием "шашки" на механическом прессе при величине давления 1,5 т/см². Полученный гранулят подвергали измельчению и рассеву с использованием вибросита с размером ячейки сетки 0,63 мм и после сушки во вращающейся печи получили пресс-порошок, который направили на прессование. Прессование осуществляли на роторном пресс-автомате при давлении 4,0 т/см² в матрице с углом конусности 15 градусов. Затем "сырые" таблетки спекали в среде водорода при температуре 1730°C в течение 6 ч. При этом получили таблетки ядерного топлива, плотность которых соответствует заданным требованиям 10,56 г/см³ > 10,3 г/см³.

Пример 2. Необходимо изготовить таблетки ядерного топлива из сырьевого порошка с крупностью зерна 0,57 мкм, полной удельной поверхностью 1,95 м²/г и плотностью в тесте на спекаемость 10,1 г/см³.

Сырьевой порошок регенерированного топлива сначала смешивали со стандартным пластификатором (водный раствор поливинилового спирта с глицерином) в лопастном смесителе партиями по 7,0 кг в течение 3 мин. Полученную смесь подвергали уплотнению прессованием "шашки" на

механическом прессе при величине давления 2,0 т/см². Полученный гранулят подвергали измельчению и рассеву с использованием вибросита с размером ячейки сетки 0,63 мм и после сушки во вращающейся печи получили пресс-порошок, который направили на прессование. Прессование осуществляли на роторном пресс-автомате при давлении 3,0 т/см² в матрице с углом конусности 6 градусов. Затем "сырые" таблетки спекали в среде водорода при температуре 1740°C в течение 4 ч. При этом получили таблетки ядерного топлива, плотность которых соответствует заданным требованиям 10,53 г/см³ > 10,3 г/см³.

Пример 3. Необходимо изготовить таблетки ядерного топлива из сырьевого порошка с крупностью зерна 0,57 мкм, полной удельной поверхностью 1,95 м²/г и плотностью в тесте на спекаемость 10,1 г/см³.

Сырьевой порошок регенерированного топлива сначала смешивали со стандартным пластификатором (водный раствор поливинилового спирта с глицерином) в лопастном смесителе партиями по 7,0 кг в течение 3 мин. Полученную смесь подвергали уплотнению прессованием "шашки" на механическом прессе при величине давления 2,0 т/см². Полученный гранулят подвергали измельчению и рассеву с использованием вибросита с размером ячейки сетки 0,63 мм и после сушки во вращающейся печи получили пресс-порошок, который направили на прессование. Прессование осуществляли на роторном пресс-автомате при давлении 4,0 т/см² в матрице с углом конусности 15 градусов. Затем "сырые" таблетки спекали в среде водорода при температуре 1740°C в течение 4 ч. При этом получили таблетки ядерного топлива, плотность которых соответствует заданным требованиям 10,56 г/см³ > 10,3 г/см³.

Пример 4. Необходимо изготовить таблетки ядерного топлива из сырьевого порошка с крупностью зерна 0,63 мкм, полной удельной поверхностью 1,84 м²/г и плотностью в тесте на спекаемость 10,1 г/см³.

Сырьевой порошок регенерированного топлива сначала смешивали со стандартным пластификатором (водный раствор поливинилового спирта с глицерином) в лопастном смесителе партиями по 7,0 кг в течение 3 мин. Полученную смесь подвергали уплотнению экструзией на гидравлическом прессе при величине давления 2,5 т/см². Полученный гранулят подвергали измельчению и рассеву с использованием вибросита с размером ячейки сетки 0,63 мм и после сушки во вращающейся печи получили пресс-порошок, который направили на прессование. Прессование осуществляли на роторном пресс-автомате при давлении 3,2 т/см² в матрице с углом конусности 6 градусов. Затем "сырые" таблетки спекали в среде водорода при температуре 1750°C в течение 2 ч. При этом получили таблетки ядерного топлива, плотность которых соответствует заданным требованиям 10,53 г/см³ > 10,3 г/см³.

Таким образом, описываемое изобретение позволяет изготавливать таблетки ядерного топлива для зоны воспроизводства ядерного реактора на быстрых нейтронах из сырьевых

порошков регенерированного ядерного топлива.

Формула изобретения:

1. Способ производства таблеток ядерного топлива, преимущественно для реактора на быстрых нейтронах, включающий смешивание сырьевого порошка с пластификатором, уплотнение смеси, измельчение полученного гранулята с последующим рассевом для получения пресс-порошка, прессование пресс-порошка в матрице для получения сырых таблеток и их спекание, отличающийся тем, что в качестве сырьевого порошка используют порошок регенерированного ядерного топлива с размером частиц от 57 до 63 мкм, причем уплотнение смеси производят при давлении от 1,5 до 2,5 т/см², рассев осуществляют с

использованием вибросита, размер ячейки сетки которого выбирают не более 0,63 мм, а прессование пресс-порошка производят при давлении от 3,0 до 4,0 т/см² в матрице, угол конусности которой составляет 6 - 15 град.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что уплотнение смеси производят прессованием "шашки" или экструзией.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что смешивание осуществляют в лопастном смесителе.

4. Способ по п. 1, или 2, или 3, отличающийся тем, что после рассева осуществляют сушку пресс-порошка во вращающейся печи.

5. Способ по п.1, или 2, или 3, или 4, отличающийся тем, что спекание таблеток производят в среде водорода при 1730-1750 °С в течение 2 - 6 ч.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60