



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 201 628** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **G 21 C 21/02**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

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

(21), (22) Заявка: 2001115415/06 , 04.06.2001

(24) Дата начала действия патента: 04.06.2001

(46) Дата публикации: 27.03.2003

(56) Ссылки: RU 2140674 C1, 27.10.1999. RU 2125305 C1, 20.01.1999. RU 2067324 C1, 27.09.1996. GB 1063631 A, 30.03.1967. GB 1491341 A, 13.07.1976. US 5301218 A, 05.04.1994.

(98) Адрес для переписки:
123060, Москва, а/я 369, ВНИИНМ, ОИС

(71) Заявитель:

Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов им. акад. А.А.Бочвара"

(72) Изобретатель: Ватулин А.В.,
Мишунин В.А., Пашков В.Д., Солонин М.И.

(73) Патентообладатель:

Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов им. акад. А.А.Бочвара"

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

(57)

Изобретение относится к ядерной энергетике и может быть использовано для изготовления тепловыделяющих элементов для ядерных реакторов, в частности для реакторов с жидкометаллическим теплоносителем. Способ изготовления твэла ядерного реактора состоит в том, что изготавливают свинцовую трубу и помещают ее внутрь оболочки твэла на длину активной части твэла. С помощью дорна убирают технологический зазор между оболочкой и свинцовой трубкой. Обрабатывают нижний

торец оболочки и приваривают нижнюю заглушку. Загружают внутрь оболочки со свинцовым покрытием керамические таблетки и фиксируют их в оболочке. Обрабатывают верхний торец оболочки. В контролируемой газовой среде приваривают верхнюю заглушку и проводят финишные операции. В результате использования изобретения обеспечивается равномерность свинцового слоя между топливным столбом и оболочкой твэла, упрощается способ и используемое оборудование. 3 з.п. ф-лы.



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 201 628** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **G 21 C 21/02**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2001115415/06 , 04.06.2001
(24) Effective date for property rights: 04.06.2001
(46) Date of publication: 27.03.2003
(98) Mail address:
123060, Moskva, a/ja 369, VNIINM, OIS

(71) Applicant:
Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatie "Vserossijskij
nauchno-issledovatel'skij institut
neorganicheskikh materialov im. akad.
A.A.Bochvara"
(72) Inventor: Vatulin A.V.,
Mishunin V.A., Pashkov V.D., Solonin M.I.
(73) Proprietor:
Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatie "Vserossijskij
nauchno-issledovatel'skij institut
neorganicheskikh materialov im. akad.
A.A.Bochvara"

(54) **METHOD FOR MANUFACTURING NUCLEAR REACTOR FUEL ELEMENT**

(57) Abstract:
FIELD: nuclear power engineering.
SUBSTANCE: method for manufacturing fuel
elements for nuclear reactors including
liquidmetal-cooled ones involves manufacture
of lead tube inserted in fuel element can
throughout active length of fuel element.
Auxiliary clearance between can and lead
tube is taken up by means of drift-pin.
Bottom end of can is treated and bottom plug

is welded. Ceramic pellets are charged into
lead-covered can and locked in position
within the latter. Top end of can is
treated. Top plug is welded in controlled
gas environment and finishing operations are
made. EFFECT: enhanced uniformity of lead
layer between fuel pile and can; facilitated
procedure; simplified design of equipment
used. 4 cl

Изобретение относится к ядерной энергетике и может быть использовано для изготовления тепловыделяющих элементов для ядерных реакторов (далее - твэла), в частности для реакторов с жидкометаллическим теплоносителем. Известен твэл ядерного реактора, представляющий собой герметизированную с торцов трубчатую оболочку, внутри которой размещены таблетки ядерного топлива и фиксатор топливного столба [1]. Способ изготовления такого твэла состоит из операций изготовления трубчатой оболочки, герметизации одного из ее торцов, загрузки в оболочку таблеток керамического ядерного топлива, установку в ней фиксатора столба таблеток и герметизации при контролируемой атмосфере второго торца оболочки. Недостатком конструкции такого твэла является наличие газового зазора между стенкой оболочки и боковой поверхностью таблеток. Это повышает тепловое сопротивление твэла, увеличивает температуру топливных таблеток, увеличивает взаимодействие оболочки с ядерным топливом и продуктами его деления и повышает вероятность нарушения герметичности оболочки. Известен твэл ядерного реактора, представляющий собой герметизированную с торцов трубчатую оболочку, внутри которой размещены таблетки ядерного топлива, причем в зазоре между топливным столбом и трубчатой оболочкой размещен барьерный слой, выполненный в виде нескольких слоев фольги, которые сварены между собой точечной сваркой [2]. Способ изготовления такого твэла состоит из операций изготовления трубчатой оболочки, герметизации одного из ее торцов, изготовления из нескольких видов фольги барьерного слоя, состоящего из наружного, промежуточного и внутреннего слоев. Недостатком конструкции такого твэла является наличие газового зазора между стенкой оболочки и боковой поверхностью таблеток. Это повышает тепловое сопротивление твэла, увеличивает температуру топливных таблеток, увеличивает взаимодействие оболочки с ядерным топливом и продуктами его деления и повышает вероятность нарушения герметичности оболочки. Известен твэл для ядерного реактора с жидкометаллическим теплоносителем в виде герметичной трубчатой оболочки, внутри которой размещен топливный сердечник, зазор между сердечником и оболочкой заполнен газом, а на его нижнем торце выполнена камера, в которой размещена пробка из пирогرافита. Камера сообщена каналом с внутренним объемом оболочки твэла и отделена от внешней среды с помощью мембраны. Заполнение зазора между топливным сердечником и оболочкой жидким металлом происходит непосредственно в самом реакторе перед выходом его на мощность за счет разрушения мембраны под действием давления теплоносителя и поступления жидкого металла теплоносителя через камеру во внутренний объем твэла. При этом герметизация твэла происходит за счет взаимодействия пирогرافита пробки со щелочным металлом теплоносителя и заполнения каналов камеры образующимся

соединением. Недостатком этой конструкции твэла является возможность его разгерметизации при транспортировке со стороны мембраны, а также невозможность надежного контроля в работающем реакторе процесса заполнения газовых объемов в твэлах жидкометаллическим теплоносителем.

Известен способ изготовления твэла, который включает приварку к трубчатой оболочке твэла нижней заглушки, размещение внутри оболочки заданного количества легкоплавкого металла, например свинца, расплавление свинца в оболочке в вакуумной нагревательной печи, загрузку в оболочку с жидким металлом предварительно нагретых топливных таблеток и формирование в зазоре между топливом и оболочкой металлического слоя, охлаждение оболочки с топливом и металлом, проведение дополнительных операций и герметизация оболочки верхней заглушкой [3]. Недостатком способа является сложность обеспечения заданных параметров качества твэла, в частности равномерного зазора между топливными таблетками и оболочкой, а также необходимость использования сложного технологического оборудования, в частности вакуумной печи с длиной рабочей камеры более трех метров.

Технической задачей изобретения является обеспечение равномерного свинцового слоя между топливным столбом и оболочкой твэла, а также упрощение способа и используемого оборудования.

Поставленная задача достигается тем, что изготавливают свинцовую трубку и помещают ее внутрь оболочки твэла, с помощью дорна убирают технологический зазор между оболочкой и свинцовой трубкой, обрабатывают нижний торец оболочки и приваривают нижнюю заглушку, загружают внутрь оболочки со свинцовым покрытием керамические таблетки и фиксируют их в оболочке, обрабатывают верхний торец оболочки, приваривают верхнюю заглушку и проводят финишные операции.

В частном варианте выполнения изобретения свинцовую трубу изготавливают из свинцовой ленты путем ее сгиба по цилиндрической образующей с формированием продольного шва, параллельного оси трубы.

В другом частном варианте выполнения изобретения свинцовую трубу изготавливают из свинцовой ленты путем ее спиральной навивки по цилиндрической образующей с формированием спирального шва вдоль оси трубы.

В другом частном варианте выполнения изобретения керамические таблетки загружают внутрь оболочки со свинцовым покрытием с использованием высокочастотной вибрации. Под

керамическими таблетками понимаются таблетки, содержащие делящееся вещество, например смесь нитридов урана и плутония, а также таблетки нижней и верхней экранных зон, если они используются в конструкции твэла.

Сущность изобретения поясняется конкретными примерами осуществления вариантов способа, которые изложены ниже.

Пример 1. Изготавливают путем прессования трубку из свинца высокой чистоты с наружным диаметром 8,3 мм с допуском $\pm 0,02$ мм и толщиной стенки 0,275

мм длиной $1100 \pm 7,0$ мм и помещают ее внутрь нижней части оболочки твэла длиной 2030 мм с наружным диаметром 9,4 мм с допуском $\pm 0,02$ мм и толщиной стенки 0,5 мм с допуском $\pm 0,02$ мм. С помощью дорна, имеющего в поперечном сечении диаметр 7,85 мм с допуском $\pm 0,01$ мм, убирают технологический зазор между оболочкой и свинцовой трубкой. Проводят обработку нижнего торца оболочки под сварку и приваривают нижнюю заглушку. С верхнего торца внутрь оболочки последовательно загружают таблетки нижней экранной зоны, топливные таблетки, а затем загружают таблетки верхней экранной зоны и фиксируют полученный столб таблеток в оболочке с помощью пружинного фиксатора. Таблетки экранных зон и топливные таблетки предварительно шлифуют на наружный диаметр 7,8 мм с обеспечением допуска на внешний диаметр в пределах $\pm 0,01$ мм. Обработывают верхний торец оболочки под сварку и в контролируемой газовой среде приваривают верхнюю заглушку. Проводят финишные операции и контроль равномерности свинцового слоя между оболочкой и таблетками вихретоковым методом при температуре 20°C . Результаты контроля показывают, что таблетки размещены соосно с оболочкой, газовый зазор между ними при температуре 20°C составляет 0,02 мм, а при температуре 350°C газовый зазор исчезает за счет увеличения объема свинца при его расплавлении.

Пример 2. Изготавливают свинцовую трубу с геометрическими размерами, приведенными в примере 1, из свинцовой полосы шириной 26,3 мм и толщиной 0,275 мм путем ее сгиба по цилиндрической образующей диаметром 8,35 мм. В изготовленную трубку загружают топливные таблетки, калибруют по внешнему диаметру 8,35 мм. Затем эту трубку с топливными таблетками в ней загружают в твэльную трубку. Проводят финишные операции и герметизируют, как в примере 1. Результаты контроля твэла не отличались от приведенных в примере 1.

Пример 3. Изготавливают свинцовую трубу с геометрическими размерами, приведенными в примере 1, из свинцовой полосы, как в примере 2, путем ее спиральной навивки по цилиндрической образующей диаметром 8,35 мм. В изготовленную трубку загружают топливные таблетки, калибруют по внешнему диаметру 8,35 мм. Затем эту трубку с топливными таблетками в ней загружают в твэльную трубку. Проводят финишные

операции и герметизируют, как в примере 1. Результаты контроля твэла не отличались от приведенных в примере 1.

Пример 4. Изготавливают твэльную оболочку со свинцовым покрытием и нижней заглушкой, как в примере 1. Топливные таблетки загружают внутрь оболочки со свинцовым покрытием при ее вертикальном размещении и наложении на нее вибрации с частотой от 300 до 1000 герц и ускорением до 8 g. Затем проводят изготовление и контроль твэла, как в примере 1. Результаты контроля твэла не отличались от приведенных в примере 1. Результаты осуществления предлагаемого способа показывают, что он может быть использован для изготовления твэлов ядерных реакторов, в частности для реакторов со свинцовым теплоносителем типа БРЕСТ - ОД - 300.

Способ позволяет значительно упростить технологический процесс изготовления твэлов и позволяет обойтись без применения сложного и дорогостоящего оборудования.

Источники информации

1. Nuclear Engineering, 1963, v.8, 86, p.253.

2. Патент США 5301218, МПК G 21 C 3/00, опубл.05.04.94.

3. Патент РФ 2067324, опубл. 27.09.96.

Формула изобретения:

1. Способ изготовления твэла ядерного реактора, который состоит в том, что изготавливают свинцовую трубку и помещают ее внутрь оболочки твэла на длину активной части твэла, с помощью дорна убирают технологический зазор между оболочкой и свинцовой трубкой, обрабатывают нижний торец оболочки и приваривают нижнюю заглушку, загружают внутрь оболочки со свинцовым покрытием керамические таблетки и фиксируют их в оболочке, обрабатывают верхний торец оболочки, в контролируемой газовой среде приваривают верхнюю заглушку и проводят финишные операции.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что свинцовую трубу изготавливают из свинцовой полосы путем ее сгиба по цилиндрической образующей с формированием продольного шва, параллельного оси трубы.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что свинцовую трубу изготавливают из свинцовой полосы путем ее спиральной навивки по цилиндрической образующей с формированием спирального шва вдоль оси трубы.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что керамические таблетки загружают внутрь оболочки со свинцовым покрытием с использованием высокочастотной вибрации.