



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 145 126** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>7</sup> **G 21 F 9/28, 9/30**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 98101998/06, 04.02.1998

(24) Дата начала действия патента: 04.02.1998

(46) Дата публикации: 27.01.2000

(56) Ссылки: Пиццинато Р. и др. Компактирование отходов активных оболочек твэлов методом высокотемпературной плавки в холодном тигле. / Отчет КАЭ Франции, N EUR 14569, Брюссель, 1993. RU 2066496 C1, 10.09.96. RU 2075126 C1, 10.03.97. GB 2298080 A, 21.08.96.

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

(71) Заявитель:

Государственный научный центр Российской Федерации "Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов им.акад.А.А.Бочвара"

(72) Изобретатель: Пастушков В.Г.,  
Серебряков В.П., Губченко А.П.

(73) Патентообладатель:

Государственный научный центр Российской Федерации "Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов им.акад.А.А.Бочвара"

(54) СЛИТОК ИЗ РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

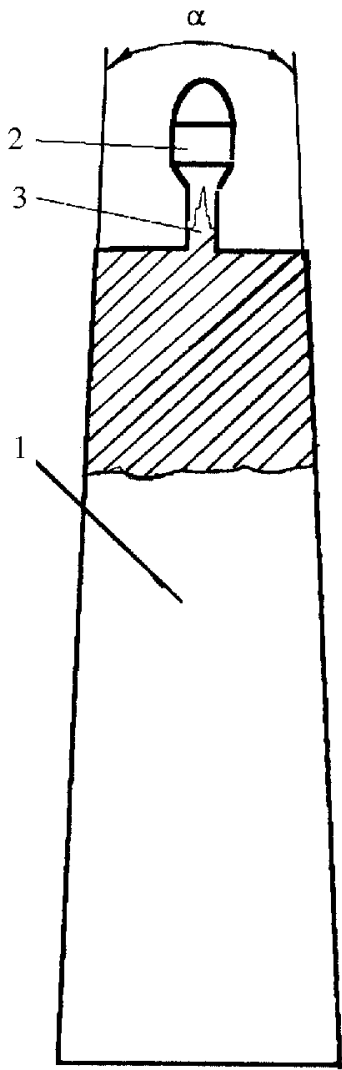
Изобретение относится к ядерной технологии и может быть использовано для дезактивации и компактирования радиоактивных металлических отходов, образующихся при регенерации ядерного топлива из тепловыделяющих сборок (ТВС) атомных реакторов и при демонтаже оборудования АЭС и радиохимических заводов. Технический результат - повышение эффективности захоронения радиоактивных металлических отходов путем исключения использования балластных материалов, а также упрощение процессов и аппаратуры. Слиток из радиоактивных металлических отходов, полученный по технологии совместной рафинирующей плавки сплавов циркония и/или нержавеющей стали в индукционной печи с "холодным" тиглем,

выполнен в форме усеченного конуса, в верхнее основание которого вплавлена донной частью верхняя концевая деталь ТВС атомного реактора. В способе получения слитка из радиоактивных металлических отходов в индукционной печи с "холодным" тиглем, включающем формирование в тигле исходного расплава на охлаждаемом поддоне, загрузку в зону плавления и расплавление рафинирующих флюсов и отходов из сплавов циркония и/или нержавеющей стали, формирование слитка заданной длины и удаление из тигля полученных слитка и шлака, окончательное формирование слитка осуществляют путем вплавления в него сверху донной части верхней концевой детали ТВС. 2 с. и 4 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 145 126 C1

RU 2 145 126 C1

RU 2145126 C1



Фиг. 1

RU 2145126 C1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 145 126** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) Int. Cl.<sup>7</sup> **G 21 F 9/28, 9/30**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 98101998/06, 04.02.1998  
(24) Effective date for property rights: 04.02.1998  
(46) Date of publication: 27.01.2000  
(98) Mail address:  
123060, Moskva, a/ja 369, GNTs RF VNIINM, OIS

(71) Applicant:  
Gosudarstvennyj nauchnyj tsentr Rossijskoj  
Federatsii "Vserossijskij  
nauchno-issledovatel'skij institut  
neorganicheskikh materialov  
im.akad.A.A.Bochvara"

(72) Inventor: Pastushkov V.G.,  
Serebrjakov V.P., Gubchenko A.P.

(73) Proprietor:  
Gosudarstvennyj nauchnyj tsentr Rossijskoj  
Federatsii "Vserossijskij  
nauchno-issledovatel'skij institut  
neorganicheskikh materialov  
im.akad.A.A.Bochvara"

(54) **INGOT OF RADIOACTIVE METAL WASTES AND ITS PRODUCTION PROCESS**

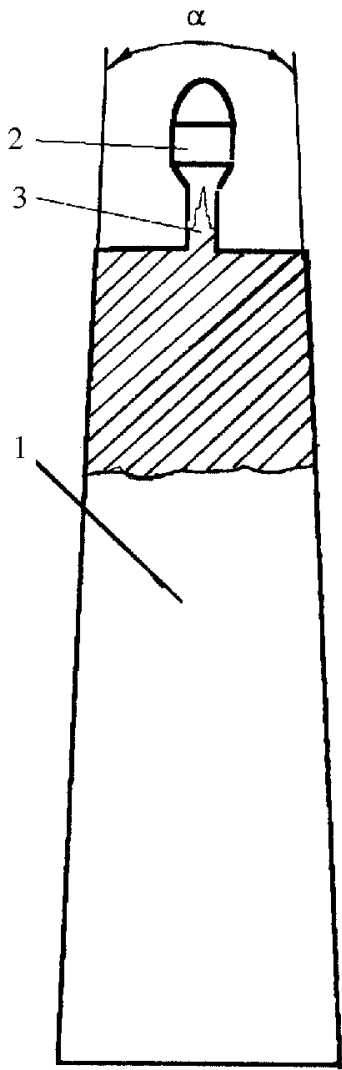
(57) Abstract:

FIELD: nuclear engineering; handling radioactive metal wastes of nuclear power stations and radiochemical factories being decommissioned. SUBSTANCE: ingot of radioactive metal wastes produced by using joint refining melting of zirconium and/or stainless steel alloys in cold-crucible induction furnace is shaped as truncated cone with bottom of end part of nuclear reactor fuel assembly fused into its top. Process involves forming source melt in crucible, on its cooling pan, charging in melting zone, and melting refining fluxes and wastes of zirconium and/or stainless steel alloys, followed by shaping ingot of desired length and its removal together with slag from furnace; then ingot is finally shaped by fusing bottom of fuel assembly end part in its top. EFFECT: improved efficiency of radioactive waste disposal due to dispensing with ballast materials; facilitated procedure; simplified design of equipment used. 6 cl, 2 dwg, 3 ex

RU 2 145 126 C1

RU 2 145 126 C1

RU 2145126 C1



Фиг. 1

RU 2145126 C1

Изобретение относится к ядерной технологии и может быть использовано для дезактивации и компактирования радиоактивных металлических отходов, образующихся при регенерации ядерного топлива из тепловыделяющих сборок (ТВС) атомных реакторов и при демонтаже оборудования АЭС и радиохимических заводов.

Для изготовления оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭлов), чехлов и концевых деталей ТВС используют циркониевые сплавы, нержавеющую сталь и инконель. Для изготовления различного реакторного и химического оборудования используют, в основном, нержавеющую сталь.

В процессе регенерации ядерного топлива на радиохимическом заводе производят отрезку длинномерных концевых деталей ТВС, рубку чехла и ТВЭлов активной зоны ТВС на куски размером до 40 мм и растворение ядерного топлива. Образующиеся металлические отходы хранят во временных хранилищах.

Для подготовки к захоронению образующихся на АЭС и заводах радиоактивных металлических отходов (РАМО) по технико-экономическим показателям наиболее перспективным является способ их переплавки с использованием солевых флюсов. Этот способ позволяет не только в 5-6 раз уменьшить объемы отходов, но и на 2-3 порядка очистить (дезактивировать) металл от ряда долгоживущих радионуклидов, находящихся, в основном, на поверхностях РАМО.

Технологию дезактивации и компактирования РАМО путем их переплавки в электродуговых или индукционных печах интенсивно разрабатывают в Германии, США, Японии, России и других странах.

Известен способ обработки радиоактивного металлического скрапа путем электрошлакового переплава. В водоохлаждаемую литейную форму загружают посылочно сплав Al с Ca в качестве добавки для стартового нагрева РАМО и флюс. С помощью нерасходуемого электрода пропускают ток для поджигания сплава Al-Ca с последующим расплавлением флюса. Подняв электрод, в форму загружают отходы, нагнетают инертный газ, погружают конец электрода в расплавленный флюс и пропускают ток до расплавления РАМО [1].

При расплавлении РАМО некоторая часть радионуклидов переходит в образующийся шлак. Затем проводят раздельный слив шлака и частично дезактивированного металла с формированием компактных слитков, которые направляют на захоронение или повторное использование (для низкоактивных РАМО).

Недостатками этого способа являются: необходимость введения значительных количеств флюса и стартовой добавки, что приводит к образованию объемных вторичных отходов; образование в процессе плавки РАМО пыли и аэрозолей, что требует применения громоздкой системы газоочистки; сложность аппаратного оформления процесса применительно к условиям "горячих" камер с дистанционным управлением и демонтажом оборудования.

Известен также способ дезактивации и

уменьшения объема радиоактивных металлических отходов, например циркониевых оболочек ТВЭлов, с помощью электрошлакового переплава. Переплаву подвергают скрап, содержащий 80-95 мас.% Zr и 5-20 мас. % одного или более элементов Fe, Ni, Cr. Температура плавления отходов снижается вследствие образования легкоплавкой эвтектики.

Большое влияние оказывают на процесс даже незначительные изменения в составе смеси. Затем проводят раздельный слив шлака и частично дезактивированного металла с формированием компактных слитков. [2].

Недостатками этого способа также являются применение добавок, что увеличивает объемы отходов, и сложность аппаратного оформления для условий радиохимического завода.

Известен способ переплавки радиоактивных металлических отходов в поворотной индукционной печи с огнеупорным тиглем [3]. Способ включает операции получения в тигле расплава нерадиоактивного металла, добавления и расплавления скрапа радиоактивных металлов и рафинирующего флюса, слива образующегося шлака и части дезактивированного металла и использования оставшегося в тигле металла в качестве предварительного расплава для следующей плавки.

Недостатками этого способа являются: ограниченный срок службы огнеупорного тигля и изложниц, что приводит к образованию дополнительных неперерабатываемых отходов; образование значительных количеств пыли и аэрозолей при сливе шлака и металла, что требует применения громоздкой системы газоочистки; громоздкость и сложность аппаратного оформления процесса для условий дистанционного управления и демонтажа оборудования.

Наиболее близкой к заявляемому изобретению является технология дезактивации и компактирования высокоактивных металлических отходов (оболочек ТВЭлов и концевых деталей ТВС), разработанная в Центре ядерных исследований Франции [4].

По этому способу отрезки оболочек ТВЭлов и концевые детали ТВС перерабатывают отдельно (отрезки оболочек ТВЭлов плавят в индукционной печи с "холодным" тиглем, а концевые детали ТВС плавят в "горячем" керамическом тигле сталеплавильной поворотной индукционной печи).

Плавильная установка для переплавки оболочек ТВЭлов включает индукционную печь с "холодным" тиглем, размещенные над тиглем устройства для загрузки и размещенный со стороны донной части тигля механизм вытягивания слитка из тигля. "Холодный" тигель выполнен в виде цилиндрической сборки расположенных рядом друг с другом и электроизолированных друг от друга медных труб, по которым циркулирует охлаждающая вода. Верхняя часть тигля окружена соленоидным индуктором для формирования электромагнитного поля в плавильной зоне.

Механизм вытягивания слитка из тигля выполнен в виде водоохлаждаемого медного

поршня, который размещен с некоторым зазором в нижней части тигля и связан с механизмом его перемещения в вертикальном направлении по оси тигля.

Механизм вытягивания и удаления слитка смонтирован на столе, который приводится в движение винтовым приводом от электромотора. Вытягиваемый слиток окружен вращающимся телескопическим кожухом, который служит для сбора шлака.

Способ дезактивации и компактирования оболочек твэлов реализуется в этой установке следующим образом. Процесс плавки металла начинают на массивной металлической детали (темплете), которую ввинчивают в верхнюю часть водоохлаждаемого поршня и перемещают вверх так, чтобы она оказалась в плавильной зоне тигля - напротив индуктора. После расплавления темплета в плавильную зону подают куски оболочек твэлов из циркониевых сплавов и/или нержавеющей стали, а также рафинирующие флюсы в виде прессованных таблеток размером 8-9 мм.

При переплавке отходов из нержавеющей стали используют флюсы  $\text{CaF}_2$  (75%) -  $\text{MgF}_2$  (25%) или  $\text{CaF}_2$  (75%) -  $\text{CaO}$  (25%). При переплавке отходов из циркониевых сплавов используют чистый  $\text{CaF}_2$ , а при совместной переплавке сплавов циркония и нержавеющей стали используют флюс  $\text{CaF}_2$  (50%) -  $\text{BaF}_2$  (50%). Количество вводимого флюса составляет 1-3 % от массы металла.

По мере расплавления оболочек твэлов проводят перемещение водоохлаждаемого поршня вниз с вытягиванием кристаллизующегося слитка из плавильной зоны. При проведении плавки металла образующийся из флюсов и оксидной пленки на оболочках твэлов шлак распределяется по периферии расплава и обеспечивает электрическую, тепловую и механическую изоляцию расплавленной части металла и сформированного слитка.

При выходе из плавильной зоны тигля металл и тонкая пленка шлака на его поверхности затвердевают. Большая часть шлака механически не связана со слитком и свободно отделяется от него при выходе слитка из тигля. После вытягивания слитка заданной длины прекращают подачу оболочек твэлов и флюса, отключают индуктор и извлекают слиток.

Слиток, полученный в результате применения этой технологии, имеет цилиндрическую форму (диаметр 180 мм, высота до 1270 мм). На нижнем торце слитка остается наконечник из неактивного материала, обработанный для резьбового соединения с поршнем механизма вытягивания слитка. По 3 таких слитка помещают в контейнер диаметром 435 мм и высотой 1350 мм, разработанный во Франции для захоронения высокорadioактивных отходов.

Концевые детали и решетки ТВС плавят без флюса в индукционной печи с огнеупорным тиглем, из которого металл отливают в формы, получая слитки массой 280 кг. По два таких слитка помещают в один контейнер для захоронения отходов.

Известная технология переплавки металлических отходов имеет ряд существенных недостатков, к которым

относятся: использование двух установок для переработки крупных и мелких отходов; необходимость использования в начале плавления отходов массивной металлической детали из неактивного металла, который является балластом, снижающим эффективность захоронения; сложность транспортировки слитков в контейнер, предназначенный для захоронения отходов; громоздкость механизма вытягивания слитка и сложность его монтажа и демонтажа.

Технической задачей данного изобретения является устранение перечисленных недостатков.

Решение поставленной задачи достигается тем, что слиток из радиоактивных металлических отходов, полученный по технологии совместной рафинирующей плавки сплавов циркония и/или нержавеющей стали в индукционной печи с "холодным" тиглем, выполнен в форме усеченного конуса, в верхнее основание которого вплавлена донной частью верхняя концевая деталь тепловыделяющей сборки (ТВС) атомного реактора.

В частном варианте выполнения слитка он сформирован в результате переплавки всего металла, содержащегося в одной, двух или трех ТВС.

В другом частном варианте выполнения слитка угол при вершине усеченного конуса составляет от 0.5 до 1.0 градуса.

Решение поставленной задачи достигается также тем, что в известном способе получения слитка из радиоактивных металлических отходов в индукционной печи с "холодным" тиглем (включающим формирование в тигле исходного расплава на охлаждаемом поддоне, загрузку в зону плавления и расплавление рафинирующих флюсов и отходов из сплавов циркония и/или нержавеющей стали, формирование слитка заданной длины и удаление из тигля полученных слитка и шлака) окончательное формирование слитка осуществляют путем впавления в него сверху донной части верхней концевой детали ТВС.

По частному варианту выполнения способа формирования исходного расплава осуществляют путем расплавления нижней концевой детали (хвостовика) ТВС, а формирование средней зоны слитка осуществляют путем расплавления нарубленных оболочек твэлов и рафинирующих флюсов наплавлением слитка при перемещении индуктора вверх относительно продольной оси тигля.

По другому частному варианту выполнения способа для транспортировки слитка в контейнер, предназначенный для захоронения отходов, используют головку, применяемую для транспортировки ТВС.

Примеры осуществления.

Слиток из дезактивированных металлических отходов получают по технологии совместной рафинирующей плавки оболочек твэлов и концевых деталей ТВС в индукционной печи с "холодным" тиглем последовательным расплавлением сначала хвостовика ТВС, являющегося стартовым материалом для образования первичного расплава, затем наплавлением слитка из расплавляемых кусков оболочек твэлов при перемещении индуктора вверх по мере увеличения высоты слитка, затем

вплавлением в верхнюю часть слитка нижней части головки ТВС. Получаемый по этой технологии слиток выполнен в форме усеченного конуса, в верхнее основание которого вплавлена головка ТВС, предназначенная для транспортировки и размещения слитка в контейнере с помощью стандартного байонетного захвата.

По частному варианту получения слитка он формируется в результате переплавки металлических отходов, образующихся при переработке 2 шт. - ТВС реактора типа ВВЭР - 440 (общая масса оболочек твэлов и концевых деталей ТВС 140 кг) или 3 шт. ТВС реактора типа БН - 600 (общая масса металла 150 кг), и имеет следующие размеры: нижний диаметр - 190 мм; верхний диаметр - 175 мм и высота около 730 мм.

По другому частному варианту получения слитка он формируется в результате переплавки металлических отходов, образующихся при переработке 1 шт. ТВС реактора типа ВВЭР - 1000 (общая масса металла 267 кг) или 2 шт. ТВС реактора типа PWR (общая масса металла 269 кг) и имеет размеры: нижний диаметр - 300 мм, верхний диаметр - 275 мм и высота - 625 мм.

На фиг. 1 и 2 приведена форма слитка, получаемого по заявляемому изобретению.

Полученный в соответствии с изобретением слиток представляет собой усеченный конус (1) с углом  $\alpha$  при вершине от 1.0 до 2.0 градусов, причем верхняя часть слитка (2) сформирована верхней концевой деталью (головкой) ТВС, которая своей нижней частью (3) вплавлена в слиток и подходит под типовой байонетный захват, используемый для транспортировки ТВС.

Способ получения слитка осуществляют следующим образом. Снизу в тигель вводят верхнюю концевую деталь (головку) ТВС и закрепляют ее на захвате толкателя. Поднимают толкатель вверх и вводят верхнюю концевую деталь в верхнюю вакуумную камеру, так чтобы она располагалась над тиглем. Устанавливают нижнюю концевую деталь (хвостовик) ТВС на "холодном" поддоне и вводят поддон в нижнюю часть тигля. Осуществляют вакуумирование внутреннего объема установки, после чего заполняют этот объем инертным газом. Затем производят подачу охлаждающей воды в секции тигля, индуктора, поддона. От генератора (тиристорного преобразователя частоты) подают напряжение на индуктор, производят прогрев и расплавление нижней концевой детали ТВС с образованием жидкой металлической ванны. В полученный расплав через питатели вводят куски радиоактивных металлических отходов и флюс в соотношении 20:1. По мере расплавления поступающих материалов и увеличения уровня расплава осуществляют постепенное перемещение индуктора вверх до заданного положения, определяемого высотой слитка. После этого включают подачу толкателя и вводят в расплав нижней частью верхнюю концевую деталь ТВС. Выключают генератор и верхнюю концевую деталь ТВС вплавляют (вмораживают) в расплав.

После завершения формирования слитка прекращают подачу воды и инертного газа. Включают привод поддона, на котором сформирован слиток, и выводят его из тигля.

Толкатель используют при необходимости минимального перемещения слитка в начальный момент извлечения слитка из тигля. Шлак, имеющийся на поверхности слитка и содержащий основное количество радиоактивного загрязнения, после извлечения из тигля и остывания самопроизвольно отделяется от слитка и его направляют в сборник для дальнейшей утилизации.

Слиток закрепляют на тележке и перемещают из-под установки под манипулятор с байонетным захватом. Опускают захват, производят зацепление его с головкой верхней концевой детали ТВС, замороженной в верхнюю часть слитка, освобождают крепление слитка на тележке и транспортируют слиток в контейнер для захоронения отходов. Опускают слиток в контейнер. В контейнере располагают три слитка, после чего производят герметизацию контейнера и отправляют его на захоронение.

Конкретные примеры осуществления заявляемого изобретения приведены ниже.

Пример 1. Переплавке подвергают необлученные имитаторы металлических отходов, образующихся при переработке 1 шт. ТВС российского реактора типа ВВЭР-1000. На поддон "холодного" тигля (большой диаметр - 300 мм; меньший диаметр - 275 мм и высота - 625 мм) помещают нижнюю концевую деталь ТВС массой около 60 кг, изготовленную из нержавеющей стали. После расплавления детали производят порционную загрузку и расплавление 184 кг нарубленных оболочек всех твэлов этой ТВС из циркониевого сплава и 9 кг гранулированного флюса системы:  $\text{CaF}_2$  -  $\text{MgF}_2$  -  $\text{CaO}$ . После завершения плавления кусковых отходов в верхнюю часть расплава с помощью толкателя опускают верхнюю концевую деталь ТВС длиной 400 мм, массой 23 кг, изготовленную из нержавеющей стали. Погружение верхней концевой детали ТВС в расплав производят на глубину 200 мм, оставляя нерасплавленной ее верхнюю часть - головку длиной 200 мм. После остывания в тигле сформированного слитка его выталкивают на поддоне из тигля в транспортную тележку и цикл переплавки металлических отходов повторяют.

Пример 2. Переплавке подвергают необлученные имитаторы металлических отходов, образующихся при переработке 2 шт. ТВС российского реактора типа ВВЭР-440 или европейского реактора PWR. На поддон "холодного" тигля с размерами: нижний диаметр - 190 мм, верхний диаметр - 175 мм и высота - 750 мм, помещают нижнюю концевую деталь ТВС, изготовленную из нержавеющей стали с размерами: длина - 700 мм, описанный диаметр - 170 мм и с массой - 14 кг. Производят расплавление этой детали с образованием ванны исходного расплава. Затем с помощью механизма толкателя в расплав загружают и поочередно расплавляют верхнюю и нижнюю концевые детали второй ТВС. После этого производят загрузку и расплавление 96 кг нарубленных оболочек твэлов, изготовленных из циркониевых сплавов, от двух ТВС и 4 кг флюса, состав которого приведен в примере 1.

После завершения плавления кусковых

отходов в верхнюю часть расплава с помощью толкателя опускают верхнюю концевую деталь ТВС длиной 350 мм, массой 7 кг и описанным диаметром нижней части 170 мм, изготовленную из нержавеющей стали. При этом погружение верхней концевой детали ТВС в расплав производят на глубину 150 мм, оставляя нерасплавленной ее верхнюю часть с головкой длиной 200 мм, которая сопрягается с типовым байонетным захватом.

Пример 3. Переплавке подвергают необлученные имитаторы металлических отходов, образующихся при переработке 3 шт. ТВС реактора типа БН - 600. На поддон "холодного" тигля (большой диаметр - 190 мм; меньший диаметр - 175 мм и высота - 750 мм) помещают нижнюю концевую деталь ТВС, изготовленную из нержавеющей стали, длиной 700 мм, размером "под ключ" 96 мм (описанный диаметр 110 мм) и массой 7.3 кг. Производят расплавление исходной загрузки крупных отходов, затем с помощью толкателя в зону плавления загружают и расплавляют поочередно верхние и нижние детали от двух других ТВС с общей массой 22.6 кг. После этого производят загрузку из дозаторов и плавление мелких отходов

- нарубленных оболочек твэлов, изготовленных из нержавеющей стали, от 3 шт. ТВС массой 116 кг и 5 кг рафинирующего флюса системы  $\text{CaF}_2$  -  $\text{MgF}_2$  -  $\text{CaO}$  -  $\text{SiO}_2$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

После завершения плавления мелких отходов в верхнюю часть расплава с помощью толкателя опускают верхнюю концевую деталь ТВС длиной 320 мм, массой 4 кг и описанным диаметром нижней части 110 мм, изготовленную из нержавеющей стали. Как и в примерах 1 и 2, вплавление верхней концевой детали ТВС в слиток производят, оставляя свободной ее верхнюю часть с головкой, сопрягаемой с байонетным захватом.

Приведенные выше данные показывают, что при переработке радиоактивных металлических отходов по заявляемому изобретению получают монолитный слиток из дезактивированного металла в виде усеченного конуса, имеющего в верхней части головку, приспособленную под стандартный байонетный захват, применяемый в атомной промышленности.

При реализации заявляемого способа получения слитков из переplавляемых РАМО устраняется необходимость использования двух отдельных установок для переработки мелких и крупных отходов; значительно уменьшаются объемы вторичных отходов за счет устранения металлических добавок и малостойких керамических тиглей; упрощается аппаратное оформление процесса переplавки отходов и его дистанционное управление; упрощается

проблема транспортировки слитков в контейнер, предназначенный для захоронения отходов.

Использованная литература

1. Патентная заявка Японии N 88-057147, G 21 F 9/30.
2. Патентная заявка Японии N 84-023299, G 21 F 9/28.
3. Авторское свидетельство СССР N 1648214, G 21 F 9/30, 1989 г.
4. Р. Пиццинато, Ж.-П. Рути, Р. Карабалло, Н. Жак-Франкильон. Отчет КАЭ Франции "Компактирование отходов активных оболочек твэлов методом высокотемпературной плавки в холодном тигле", N EUR 14569, Брюссель, 1993 г.

#### Формула изобретения:

1. Слиток из радиоактивных металлических отходов, полученный по технологии совместной рафинирующей плавки сплавов циркония и/или нержавеющей стали в индукционной печи с "холодным" тиглем, отличающийся тем, что он выполнен в форме усеченного конуса, в верхнее основание которого вплавлена донной частью верхняя концевая деталь ТВС атомного реактора.

2. Слиток по п.1, отличающийся тем, что он сформирован в результате переplавки металла, содержащегося в одной, двух или трех ТВС различных реакторов.

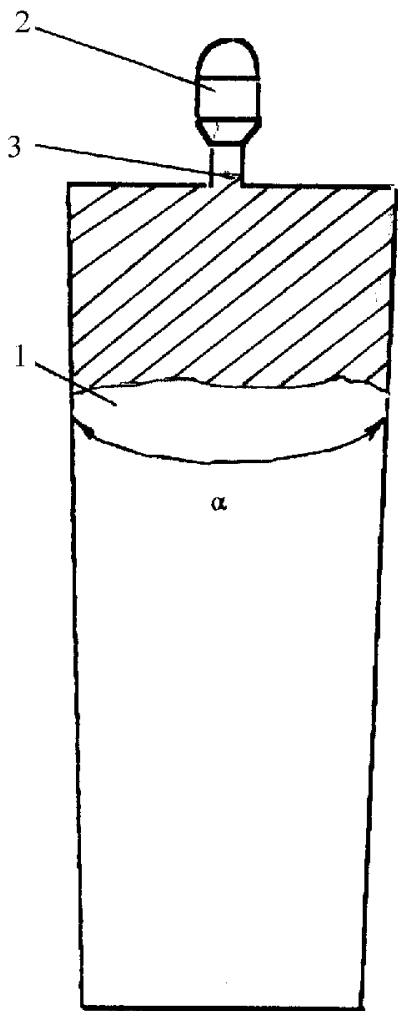
3. Слиток по пп.1 и 2, отличающийся тем, что угол при вершине усеченного конуса составляет от 1,0 до 2,0°.

4. Способ получения слитка из радиоактивных металлических отходов в индукционной печи с "холодным" тиглем, включающий формирование в тигле исходного расплава на охлаждаемом поддоне, загрузку в зону плавления и расплавление рафинирующих флюсов и отходов из сплавов циркония и/или нержавеющей стали, формирование слитка заданной длины и удаление из тигля полученных слитка и шлака, отличающийся тем, что окончательное формирование слитка осуществляют путем вплавления в него сверху донной части верхней концевой детали ТВС.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что формирование исходного расплава осуществляют путем расплавления нижней концевой детали ТВС, а формирование средней зоны слитка осуществляют путем расплавления нарубленных оболочек твэлов и рафинирующих флюсов и наплавлением слитка при перемещении индуктора вверх относительно продольной оси тигля.

6. Способ по пп.4 и 5, отличающийся тем, что для транспортировки и загрузки слитка в контейнер, предназначенный для захоронения отходов, используют головку верхней концевой детали ТВС, применяемую для транспортировки ТВС.





Фиг.2