



(51) МПК

C25C 3/34 (2006.01)**C25C 7/02** (2006.01)**G21C 19/44** (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2005110194/02**, **23.07.2004**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.07.2004(30) Конвенционный приоритет:
06.08.2003 JP 2003-206262(43) Дата публикации заявки: **10.02.2006**(45) Опубликовано: **27.01.2007 Бюл. № 3**(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 2107753 C1**, **27.03.1998. JP**
2002357696 A, **13.12.2002. JP 11148996 A**,
02.06.1999. US 6299748 A, **09.10.2001.**(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
07.04.2005(86) Заявка РСТ:
JP 2004/010478 (23.07.2004)(87) Публикация РСТ:
WO 2005/014888 (17.02.2005)

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Г.Б. Егоровой, рег.№ 513

(72) Автор(ы):

КОИДЗУМИ Кендзи (JP),
ОКАМУРА Нобуо (JP),
ВАСИЯ Тадахиро (JP),
АОСЕ Синити (JP)

(73) Патентообладатель(и):

ДЖЭПЭН НЬЮКЛИАР САЙКЛ ДИВЕЛОПМЕНТ
ИНСТИТЮТ (JP)

RU 2 292 407 C2

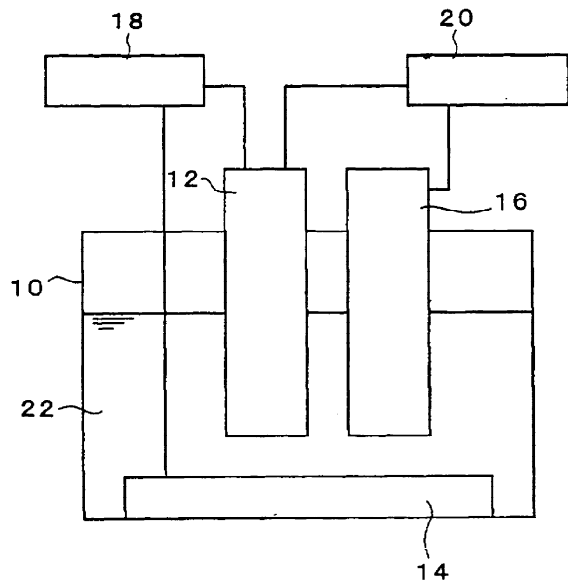
RU 2 292 407 C2

(54) ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА ОКСИДОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электролитическому устройству для использования в способе извлечения оксидов. Устройство включает общий катод (12) и два вида анодов: первый анод (14) расположен под катодом, а второй анод (16) расположен параллельно катоду, имеющих различную форму и расположение и размещенных в электролитической ванне (10). Первый блок (18) контроля электролиза подсоединен между катодом и первым анодом, второй блок (20) контроля электролиза подсоединен между катодом и вторым

анодом. Комбинацию катода и одного из анодов используют для основного электролиза, а комбинацию из катода и другого анода используют для вспомогательного электролиза с целью электролиза материала (22), обрабатываемого в электролитической ванне. Техническим результатом является предотвращение неравномерности электроосаждения и повышение скорости обработки и долговечности тигля, а также переработка отработанного ядерного топлива в промышленном масштабе способом безводной переработки. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 7 ил.



Фиг. 1

RU 2292407 C2

RU 2292407 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
C25C 3/34 (2006.01)
C25C 7/02 (2006.01)
G21C 19/44 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2005110194/02, 23.07.2004**
(24) Effective date for property rights: **23.07.2004**
(30) Priority:
06.08.2003 JP 2003-206262
(43) Application published: **10.02.2006**
(45) Date of publication: **27.01.2007 Bull. 3**
(85) Commencement of national phase: **07.04.2005**
(86) PCT application:
JP 2004/010478 (23.07.2004)
(87) PCT publication:
WO 2005/014888 (17.02.2005)

Mail address:
**129010, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. G.B. Egorovoj, reg.№ 513**

(72) Inventor(s):
**KOIDZUMI Kendzi (JP),
OKAMURA Nobuo (JP),
VASIJa Tadakhiro (JP),
AOSE Siniti (JP)**
(73) Proprietor(s):
**DZHEhPEhN N'JuKLIAR SAJKL DVELOPMENT
INSTIT'JuT (JP)**

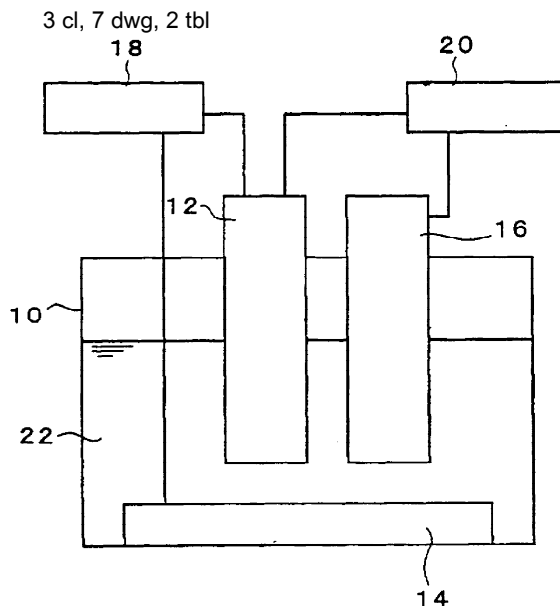
RU 2 292 407 C2

RU 2 292 407 C2

(54) **ELECTROLYTIC APPARATUS FOR EXTRACTION OF OXIDES BY ELECTROLYSIS**

(57) Abstract:
FIELD: electrolytic apparatuses used in processes for extracting oxides.
SUBSTANCE: apparatus includes common cathode 12 and two types of anodes having different shapes and arrangement and placed in electrolytic bath 10. First anode 14 is arranged under cathode. Second anode 16 is arranged in parallel to cathode. First unit 18 for controlling electrolysis process is connected between cathode and first anode; second unit 20 for controlling electrolysis is connected between cathode and second anode. Combination of cathode and one anode is used for main electrolysis; combination of cathode and other anode is used for additional electrolysis for realizing electrolysis of material 22 in electrolytic bath.

EFFECT: prevention of non-uniformity of deposition, increased rate of processing, increased useful time period of crucible operation, processing of nuclear fuel elements in industrial processes with use of water-free processes.



Фиг. 1

Область техники

Настоящее изобретение относится к электролитическому устройству, предназначенному для использования в способе электрохимического извлечения оксидов, причем в этом устройстве имеются различные виды анодов и по меньшей мере один общий катод, и при этом контроль электроосаждения осуществляют эффективным образом за счет использования пары из одного из анодов с катодом для основного электролиза и пары из одного или более оставшихся анодов с катодом для вспомогательного электролиза. Данный способ может быть использован в электролитической системе при осуществлении способа электрохимического извлечения оксидов наряду с безводными способами переработки отработанного ядерного топлива в расплавленной соли.

Уровень техники

Были проведены исследования системы с целью повышения экономической эффективности всей системы рециркуляции, в которой уран и плутоний выделяют, применяя в качестве способа переработки с целью рециркуляции отработанного ядерного топлива, использованного в ядерных реакторах, способ электролиза в расплавленной соли. Ожидается, что способ электролиза в расплавленной соли обеспечит высокую экономическую эффективность (см., например, описание выложенного японского патента №2001-141879). Родственные способы электролиза включают в себя электрохимическое извлечение оксидов и электролитическую очистку металлов. Если химической формой урана и плутония в электролитическом осадке являются оксиды, то применяют способ электрохимического извлечения оксидов.

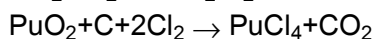
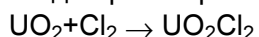
Способ электрохимического извлечения оксидов заключается в выделении оксидов урана и плутония в результате осуществления стадии одновременного электролиза, стадии растворения путем хлорирования и стадии выделения MOX. Согласно данному способу отработанное ядерное топливо вначале помещают в нижнюю часть тигля, также служащего в качестве анода, а затем осуществляют электролиз между анодом и катодом, установленным в верхней части тигля. В результате такой операции оксид урана, содержащийся в большом количестве в отработанном ядерном топливе, растворяют в расплавленной соли вследствие анодного окисления и одновременно выделяют за счет осаждения оксида урана на поверхности катода вследствие катодного восстановления (стадия одновременного электролиза). После этого операцию электролиза останавливают и оксид урана, оксид плутония и другие элементы, остающиеся в отработанном ядерном топливе, растворяют в расплавленной соли путем вдувания в эту расплавленную соль газообразного хлора для превращения указанных элементов в их хлориды (стадия растворения путем хлорирования). После того как все отработанное ядерное топливо было растворено в расплавленной соли, электролиз осуществляют между анодом, также служащим в качестве тигля, и катодом, установленным в верхней части тигля, и оксиды урана и плутония выделяют путем осаждения этих оксидов в смешанном состоянии на поверхности катода (стадия выделения MOX).

Реакции, протекающие на соответствующих стадиях, представлены ниже:

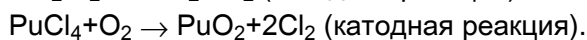
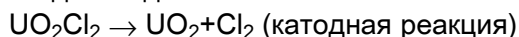
стадия одновременного электролиза:



стадия растворения путем хлорирования:



стадия выделения MOX:



Как указано выше, в известном способе принята такая конструкция, в которой тигель, содержащий обрабатываемое вещество, также служит в качестве анода, катод установлен в расплавленной соли, а электролиз осуществляют между анодом (тиглем) и катодом. Альтернативно, существует другая конструкция, в которой анод и катод установлены в

тигле и между ними осуществляют электролиз.

Однако описанный выше известный способ страдает от следующих подлежащих решению проблем. Когда тигель также служит в качестве анода на стадиях, не представляющих собой стадию одновременного электролиза, расстояние между анодом и катодом поддерживают одинаковым, и поэтому плотность потока является равномерной, так что неравномерное распределение электролитического осадка вряд ли возможно; и наоборот, на стадии одновременного электролиза отработанное ядерное топливо, помещенное внизу тигля, выполняет функцию анода, так что расстояние между электродами не является постоянным. Следовательно, распределение плотности тока на поверхности катода становится неравномерным, что приводит в результате к неравномерному распределению электролитического осадка. Кроме того, расстояние между нижним концом катода и поверхностью отработанного ядерного топлива уменьшается, плотность тока вокруг нижнего конца катода при этом повышается, и соответственно электролитический осадок концентрируется вокруг нижнего конца катода, так что при недостаточно активно проводимом перемешивании количество ионов в объемной области становится недостаточным, и скорость обработки замедляется.

В дополнение к этому поскольку используемая среда является высококоррозионной из-за применения газообразного хлора, в качестве материала тигля, также служащего в качестве анода, используют материал, получаемый путем нанесения (осаждением из паров) на графитовую заготовку покрытия из пирографита, имеющего прекрасную коррозионную стойкость. Однако из-за тяжелых рабочих условий, таких как высокая температура расплавленной соли и присутствие газообразного хлора срок службы тигля составляет порядка 1000 часов. Следовательно, необходима частая замена тигля, что приводит к снижению скорости обработки.

Кроме того, предполагается, что электролитическое устройство должно иметь больший размер в качестве меры по повышению скорости обработки. Однако тигель, изготовленный из пирографита, вряд ли может быть выполнен большим по размеру с точки зрения изготовления данного продукта.

Даже при такой конструкции, когда анод и катод установлены в тигле, расстояние между электродами не является равномерным, и поэтому распределение плотности тока на поверхности катода также становится неравномерным и имеет место неравномерное распределение электролитического осадка.

Сила сцепления между оксидом урана и оксидом плутония, осажденными в виде оксидов, и поверхностью электродов является более слабой, чем сила сцепления в случае металлического состояния, которое имеет место, например, при нанесении гальванического покрытия и т.п. Следовательно, в известном способе каждый раз, когда электролитический осадок концентрируется на определенном участке, вероятность того, что этот осадок отделится от поверхности катодов и упадет вниз во время операции электролиза, повышается из-за перемешивающего действия различных технологических газов, вдуваемых в расплавленную соль.

Кроме того, простое увеличение размера электролитического устройства вряд ли является соответствующей контрмерой с точки зрения предотвращения критичности.

Раскрытие изобретения

Задачей настоящего изобретения является создание электролитического устройства, предназначенного для использования в способе электрохимического извлечения оксидов, которое способно предотвратить неравномерное распределение электролитического осадка.

Другой задачей настоящего изобретения является создание электролитического устройства, которое способно обеспечить повышение скорости обработки и увеличение срока службы тигля и в котором можно осуществлять возвращение в технологический цикл (рециркуляцию) отработанного ядерного топлива в промышленном масштабе на основе безводного способа переработки.

В соответствии с настоящим изобретением предложено электролитическое устройство

для электрохимического извлечения оксидов, включающее кольцеобразную электролитическую ванну, изготовленную из металлического материала и сконструированную с учетом контроля критичности с геометрическим контролем, высокочастотную индукционную катушку для нагрева обрабатываемого в кольцеобразной
5 электролитической ванне вещества, кольцеобразный анод, установленный внизу кольцеобразного пространства, образованного в кольцеобразной электролитической ванне, и стержнеобразные аноды и стержнеобразные катоды, установленные вдоль осевого направления в кольцеобразном пространстве, при этом параллельная пара из стержнеобразных анодов и стержнеобразных катодов, расположенных параллельно, или
10 вертикальная пара из кольцеобразного анода и стержнеобразных катодов, расположенных вертикально, используется для основного электролиза, а другая из этих пар используется для вспомогательного электролиза.

Предпочтительно в предложенном электролитическом устройстве дополнительно установлен механизм приведения во вращение стержнеобразных катодов.

15 Кроме того, в настоящем изобретении предложен способ электрохимического извлечения оксидов из отработанного ядерного топлива с использованием предложенного электролитического устройства, в котором обрабатывают в кольцеобразной электролитической ванне расплавленную соль, растворяющую отработанное ядерное топливо, и при этом на стадии одновременного электролиза, во время которой оксид
20 урана, содержащийся в отработанном ядерном топливе, растворяют в расплавленной соли за счет анодной реакции окисления и одновременно выделяют в виде электролитического осадка оксида урана на поверхности катода за счет катодной реакции восстановления, вертикальную пару электродов используют для основного электролиза, во время которого оксид урана растворяют и осаждают за счет электрохимической реакции, а параллельную
25 пару электродов используют для вспомогательного электролиза, заключающегося в подавлении неравномерного электроосаждения оксида урана; а на стадии выделения, во время которой оксиды урана и плутония осаждают и выделяют в смешанном состоянии, параллельную пару электродов используют для основного электролиза, во время которого осаждают оксиды урана и плутония в смешанном состоянии на поверхности катода, а
30 вертикальную пару электродов используют для вспомогательного электролиза, заключающегося в растворении электролитического осадка, упавшего вниз с катодов.

Типичным примером параллельной пары электродов является конструкция из поочередно расположенных электродов, в которой аноды и катоды чередуются. При подобном расположении предпочтительной является конструкция, в которой
35 стержнеобразные катоды поддерживаются с возможностью вращения, и при этом дополнительно установлен механизм приведения их во вращение, так что во время операции электролиза катоды непрерывно вращаются.

Краткое описание чертежей

40 Фиг.1 представляет собой концептуальную схему, иллюстрирующую электролитическое устройство для использования в способе электрохимического извлечения оксидов в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг.2А представляет собой вид в поперечном разрезе, иллюстрирующий пример электролитического устройства для осуществления способа электрохимического извлечения оксидов в соответствии с настоящим изобретением.

45 Фиг.2В представляет собой вид в продольном разрезе, иллюстрирующий пример электролитического устройства для осуществления способа электрохимического извлечения оксидов в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг.3 представляет собой поясняющую схему, иллюстрирующую расположение электродов в устройстве, показанном на Фиг.2.

50 Фиг.4 представляет собой схему, иллюстрирующую общую структуру опытного устройства, предназначенного для подтверждения предотвращения неравномерного распределения электролитического осадка на основе конкретного расположения электродов.

Фиг.5 представляет собой график, показывающий пример результатов испытаний, направленных на подтверждение предотвращения неравномерного распределения (электролитического осадка) за счет использования устройства, показанного на Фиг.4.

5 Фиг.6 представляет собой схему, иллюстрирующую общую структуру опытного устройства, предназначенного для подтверждения предотвращения неравномерного распределения электролитического осадка на основе вращения катода.

Фиг.7 представляет собой график, показывающий пример результатов испытаний, направленных на подтверждение предотвращения неравномерного распределения электролитического осадка за счет использования устройства, показанного на Фиг.6.

10 Предпочтительные варианты осуществления изобретения

Концептуальная схема, иллюстрирующая электролитическое устройство для осуществления способа электрохимического извлечения оксидов в соответствии с настоящим изобретением, представлена на Фиг.1. Конструкция электролитического устройства такова, что внутри электролитической ванны 10 расположены общий катод 12 и два вида анодов, различных по форме и расположению (в данном случае первый анод 14 расположен под катодом 12, а второй анод 16 расположен бок о бок с катодом 12), первый контроллер 18 электролиза подсоединен между катодом 12 и первым анодом 14, а второй контроллер 20 электролиза подсоединен между катодом 12 и вторым анодом 16. Катод, первый анод и второй анод могут быть выполнены соответственно из одного или более элементов. Пару из катода и одного из анодов используют для основного электролиза, а пару из катода и другого из анодов используют для вспомогательного электролиза и, таким образом, вещество 22, обрабатываемое в такой электролитической ванне, подвергают электролитической обработке. В зависимости от стадий электролиза может быть должным образом использован основной электролиз или вспомогательный электролиз.

Например, на стадии одновременного электролиза вертикально расположенные электроды (вертикальная пара из катода 12 и первого анода 14) используют для основного электролиза, а параллельно расположенные электроды (параллельная пара из катода 12 и второго анода 16) используют для вспомогательного электролиза. На стадии выделения MOX, наоборот, параллельно расположенные электроды используют для основного электролиза, а вертикально расположенные электроды используют для вспомогательного электролиза.

Примеры

Фиг.2A и 2B представляют собой виды в разрезе, иллюстрирующие пример электролитического устройства для осуществления способа электрохимического извлечения оксидов в соответствии с настоящим изобретением, при этом Фиг.2A представляет собой вид в поперечном разрезе, а Фиг.2B представляет собой вид в продольном разрезе. Фиг.3 представляет собой поясняющую схему, иллюстрирующую расположение электродов в устройстве, показанном на Фиг.2A и 2B. Оно представляет собой электролитическое устройство для использования в способе электрохимического извлечения оксидов с целью выделения (регенерации) урана и плутония на основе безводной переработки отработанного ядерного топлива с применением способа электролиза в расплавленной соли.

В данном примере применяют кольцеобразную электролитическую ванну (сосуд) из соображений контроля критичности с геометрическим контролем. Кольцеобразная электролитическая ванна 30 включает в себя наружный тигель 32 и внутренний тигель 33, которые установлены концентрически, при этом обрабатываемое вещество 34 (расплавленная соль, растворяющая отработанное ядерное топливо) помещают в кольцеобразное пространство, образованное этими тиглями. Высокочастотную индукционную катушку 36 для нагрева обрабатываемого вещества устанавливают снаружи кольцеобразной электролитической ванны 30. Конфигурация и наружного тигля 32, и внутреннего тигля 33 является такой, что внутри них предусмотрен канал 38 охладителя, при этом охладитель заставляют циркулировать через отверстие 39 ввода/отвода

охлаждателя, тем самым принудительно охлаждая наружный и внутренний тигли.

В результате расчета критичности толщина кольцеобразного пространства, в которое помещают обрабатываемое вещество, оцененная с точки зрения безопасности, составляет приблизительно 16 см. Глубина расплавленной соли должна составлять 1 м или более с целью обеспечения производительности порядка 50 тТМ/год (тонн тяжелых металлов в год) на одно устройство. Соответственно при оценке осуществимости рассматриваемого электролитического устройства исследование оптимальных форм и размещения электродов представляет собой серьезную проблему.

В данном электролитическом устройстве необходимо точно выдерживать размер тигля таким образом, чтобы предотвратить критичность и, следовательно, необходима коррозионная стойкость, равная или превышающая коррозионную стойкость тигля, изготовленного из пирографита. Соответственно коррозионную стойкость материала тигля улучшают, применяя вышеописанный способ высокочастотного индукционного нагрева холодного тигля, а в качестве материала тигля применяют высокотехнологичный металлический материал с целью повышения скорости обработки в результате выполнения устройства большим по размеру. Например, наиболее подходящим металлическим материалом является сплав Hastelloy-C (торговое название), представляющий собой суперсплав на основе никеля.

В данном примере кольцеобразный анод 40 установлен внизу кольцеобразного пространства, а стержнеобразные аноды 41 и стержнеобразные катоды 42 поочередно вставлены сверху и расположены в кольцеобразном пространстве. Соответственно, образуются электродные пары из стержнеобразных анодов 41 и стержнеобразных катодов 42 (называемых «поочередно установленными электродами») и электродные пары из кольцеобразного анода 40 и стержнеобразных катодов 42 (называемых «вертикально расположенными электродами»), при этом одну из этих электродных пар используют для основного электролиза, а другую из этих электродных пар используют для вспомогательного электролиза. С точки зрения коррозионной стойкости, наиболее подходящим материалом для кольцеобразного анода 40, стержнеобразных анодов 41 и стержнеобразных катодов 42 является материал, полученный, например, путем нанесения (осаждением из паров) пирографита на поверхность графита. Для более ясного понимания фигур кольцеобразный анод не показан на Фиг.2А и 2В, а каналы охладителя в тигле не показаны на Фиг.3.

Внутри внутреннего тигля 33 установлен цилиндрический поглотитель 44 нейтронов (например, В₄С). В кольцеобразное пространство продольно вставлены и установлены параллельно со стержнеобразными электродами газовые трубы 46. Обрабатываемое вещество представляет собой расплавленную соль, растворяющую отработанное ядерное топливо, и в качестве такой расплавленной соли используют, например, смесь хлорида натрия (NaCl) и хлорида цезия (CsCl) в мольном отношении 1:2.

На стадии одновременного электролиза вертикально расположенные электроды используют для основного электролиза, а поочередно установленные электроды используют для вспомогательного электролиза. Таким образом, оксид урана в топливе эффективно подвергается анодному растворению в расплавленной соли посредством вертикально расположенных электродов, и одновременно подавляется концентрирование плотности тока на концах катодов посредством поочередно расположенных электродов с осаждением в силу этого ионов оксида урана, растворенных в расплавленной соли, по всей поверхности катодов.

На стадии выделения МОХ (стадия выделения оксида урана и стадия выделения оксидов урана и плутония), наоборот, поочередно расположенные электроды используют для основного электролиза, а вертикально расположенные электроды используют для вспомогательного электролиза. Таким образом, посредством поочередно расположенных электродов ионы оксида урана и ионы оксида плутония, растворенные в расплавленной соли, могут быть равномерно осаждены на поверхности катодов. Кроме того, когда электролитический осадок подает с поверхности катодов вниз вследствие

перемешивающего действия технологического газа и т.д., упавший вниз оксид урана может быть подвергнут анодному растворению посредством вертикально расположенных электродов, а упавший вниз оксид плутония может быть растворен путем хлорирования с помощью газообразного хлора, образующегося в результате анодной реакции.

5 В вышеописанном примере стержнеобразные катоды и стержнеобразные аноды расположены поочередно. Однако может быть использована конструкция, в которой блок выполнен таким образом, что два стержнеобразных анода расположены с обеих сторон одного стержнеобразного катода, при этом размещено множество таких блоков.

В вышеприведенном примере стержнеобразные катоды не вращаются, однако конструкция с дополнительным вращающим механизмом также является эффективной. При сообщении катодам функции вращения может быть достигнут дополнительный эффект, заключающийся в том, что подавляется неравномерность распределения плотности тока на поверхности электродов и соответственно предотвращается неравномерное распределение электролитического осадка. Кроме того, функция вращения приводит к перемешиванию расплавленной соли, и, таким образом, можно ожидать эффекта, заключающегося в подавлении неравномерности распределения концентрации элемента в расплавленной соли, которое рассматривается как возможный фактор, вызывающий неравномерное распределение электролитического осадка.

Ниже будет приведено описание результатов электролитического испытания, проведенного с использованием двух наборов электродных пар, отличающихся одна от другой по форме и расположению. Общая структура опытного устройства представлена на Фиг.4, условия испытания приведены в таблице 1, а результаты испытания представлены на Фиг.5.

Используемое опытное устройство имеет такую конструкцию, в которой общий цилиндрический катод 52 и два цилиндрических анода 53, помещенные соответственно с обеих сторон этого общего катода, вставлены сверху и установлены внутри коробчатой (ящичного типа) электролитической ванны 50; анод 54 в форме прямоугольного параллелепипеда расположен внизу электролитической ванны 50; контроллер 56 основного электролиза подсоединен между цилиндрическим катодом 52 и анодом 54 в форме прямоугольного параллелепипеда, а контроллер 57 вспомогательного электролиза подсоединен между цилиндрическим катодом 52 и двумя цилиндрическими анодами 53. Такая конструкция соответствует модели кольцеобразного электролитического устройства, полученной в результате упрощения таким образом, что части поочередно расположенных электродов, установленных по кольцу, и вертикально расположенных электродов из рассмотрения исключены, а общая форма электродов обобщена от изогнутой формы до коробчатой формы с технологической точки зрения.

		Таблица 1
Электролит		Раствор сульфата меди
Состав электролита		Конц. меди: 50 г/л
		Конц. серной кислоты: 150 г/л
Продолжительность электролиза		от 2 до 4 часов
Плотность тока на катоде		300 А/м ²
Глубина погружения катода		65 см
Вращение катода		не применялось
Расстояние между катодом и анодом для основного электролиза		11 см
Расстояние между катодом и анодом для вспомогательного электролиза		3 см

Для удобства проведения испытания в качестве электролита использовали раствор сульфата меди. Испытание осуществляли при использовании в качестве параметра соотношения между основным электролизом и вспомогательным электролизом (соотношение количества электричества), и, как показано на Фиг.5, была подтверждена возможность эффекта по предотвращению неравномерного распределения электролитического осадка благодаря вспомогательному электролизу. В тех случаях, когда вспомогательный электролиз не применяется, электролитический осадок концентрируется вокруг нижней части катода, а именно вокруг части, находящейся

поблизости от анода, в форме прямоугольного параллелепипеда. Однако, когда дополнительно применяется вспомогательный электролиз за счет обеспечения поочередно расположенных цилиндрических анодов, толщина электролитического осадка вокруг нижней части катода становится меньше и одновременно с этим толщина

5 электролитического осадка в верхней части катода увеличивается. Это происходит потому, что введение вспомогательного электролиза ослабляет концентрирование электролитического осадка вокруг нижней части катода. В испытании по электроосаждению меди, в котором использовалось данное опытное устройство и применялся раствор сульфата меди, когда отношение количества электричества при основном электролизе по
10 отношению к вспомогательному электролизу было задано равным 3:2, был получен результат, заключающийся в том, что неравномерность распределения электролитического осадка относительно расстояния от низа катода могла быть подавлена наиболее удовлетворительным образом.

Далее будет приведено описание результатов испытания по эффекту предотвращения
15 неравномерного распределения электролитического осадка благодаря вращению катода. Общая структура опытного устройства представлена на Фиг.6, условия испытания приведены в таблице 2, а результаты испытания представлены на Фиг.7. Опытное устройство имеет такую конструкцию, в которой цилиндрический катод 64 и цилиндрический анод 66 вставлены и установлены в тигле 62, заключенном в защитной
20 емкости 60, а расплавленная соль в тигле 62 нагревается при помощи резистивного нагревателя 68. С цилиндрическим катодом 64 связано приводящее во вращение устройство 70, сообщающее ему функцию вращения. Между цилиндрическим катодом 64 и цилиндрическим анодом 66 был подсоединен контроллер 72 электролиза, и затем осуществляли электролиз расплавленной соли.

25

Таблица 2	
Электролит	Расплавленная соль
Состав электролита	Основные соли: NaCl-2CsCl, 10 кг
	Осаждаемое вещество: AgCl, 140 г/л
Продолжительность электролиза	1 час
Плотность тока на катоде	400 А/м ²
30 Глубина погружения катода	7 см
Глубина погружения анода	5 см
Расстояние между катодом и анодом	7 см
Вращение катода	Применяли вращение со скоростью 60 об/мин или не применяли

35 В данном опытном устройстве катод 64 и анод 66 расположены бок о бок, и поэтому расстояние между катодом и анодом варьируется в зависимости от конкретных участков на их поверхности; таким образом, плотность тока на поверхности катода имеет тенденцию концентрироваться на той стороне катода, которая обращена к аноду. При условии, что катод не вращается, плотность тока на той стороне катода, которая обращена к аноду,
40 повышается и соответственно электролитический осадок концентрируется и осаждается более толстым слоем на стороне катода, обращенной к аноду. И наоборот, если катод вращается, то мгновенные расстояния между соответствующими частями поверхности катода и анода являются разными, однако кажущееся среднее расстояние между ними одинаково для любой части поверхности катода. Соответственно плотность тока на
45 поверхности катода становится равномерной, что обеспечивает равномерную толщину электролитического осадка.

Как следует из Фиг.7, эффект по предотвращению неравномерного распределения электролитического осадка благодаря вращению катода подтверждается. Между прочим, в случае «с вращением катода» на Фиг.7 катод во время операции электролиза вращался со скоростью 60 об/мин.

50 Промышленная применимость

Как указано выше, настоящее изобретение предлагает электролитическое устройство для осуществления способа электрохимического извлечения оксидов, в котором несколько анодов, отличающихся один от другого по форме и расположению и, по меньшей мере,

один общий катод установлены в электролитической ванне, и пару из одного из анодов и катода используют для основного электролиза, а пару из одного или более оставшихся анодов и катода используют для вспомогательного электролиза; таким образом, настоящее изобретение может обеспечивать подавление неравномерного распределения электролитического осадка на нижней части катода, вызывающего проблемы в электролитическом устройстве промышленного масштаба с большими электродами.

В дополнение к этому применение способа контроля критичности с геометрическим контролем и применение способа высокочастотного индукционного нагрева холодного тигля обеспечивают возможность использования тигля, изготовленного из металла.

Соответственно появляется возможность изготовления электролитического устройства большим по размеру, при этом электролитическая обработка может быть основана либо на периодическом, либо на непрерывном процессе, в результате чего скорость обработки резко повышается. Кроме того, при использовании способа контроля критичности с геометрическим контролем не требуется определение количества веществ ядерного топлива на каждой стадии, поэтому время работы электролитического устройства может быть снижено.

Более того, применение катода с функцией вращения обеспечивает равномерность кажущегося расстояния между катодами и анодами в конструкции с «параллельно расположенными электродами», и следовательно, появляется возможность сделать толщину электролитического осадка в максимальной степени равномерной. Дополнительно в конструкции с «вертикально расположенными электродами» обрабатываемое вещество перемешивается за счет вращения катодов, и следовательно, ожидается эффект подавления неравномерности распределения концентрации обрабатываемого вещества, в результате чего реализуется эффект по предотвращению неравномерного распределения электролитического осадка в отличие от варианта с невращающимися катодами.

Наконец, если электролитический осадок падает с катода вниз, он растворяется за счет реакции окисления на аноде, расположенном в нижней части и составляющем «вертикально расположенные электроды», и за счет хлорирования при помощи газообразного хлора, образующегося на аноде, в результате чего упавший вниз электролитический осадок может быть эффективно растворен, и может быть предотвращена седиментация (отложение) электролитического осадка.

Формула изобретения

1. Электролитическое устройство для электрохимического извлечения оксидов, включающее кольцеобразную электролитическую ванну, изготовленную из металлического материала и сконструированную с учетом контроля критичности с геометрическим контролем, высокочастотную индукционную катушку для нагрева обрабатываемого в кольцеобразной электролитической ванне вещества, кольцеобразный анод, установленный внизу кольцеобразного пространства, образованного в кольцеобразной электролитической ванне, и стержнеобразные аноды и стержнеобразные катоды, установленные вдоль осевого направления в кольцеобразном пространстве, при этом параллельная пара из стержнеобразных анодов и стержнеобразных катодов, расположенных параллельно, или вертикальная пара из кольцеобразного анода и стержнеобразных катодов, расположенных вертикально, используется для основного электролиза, а другая из этих пар используется для вспомогательного электролиза.

2. Электролитическое устройство по п.1, в котором дополнительно установлен механизм приведения во вращение стержнеобразных катодов.

3. Способ электрохимического извлечения оксидов из отработанного ядерного топлива с использованием электролитического устройства по п.1 или 2, в котором обрабатывают в кольцеобразной электролитической ванне расплавленную соль, растворяющую отработанное ядерное топливо, при этом на стадии одновременного электролиза, во время которой оксид урана, содержащийся в отработанном ядерном топливе, растворяют в расплавленной соли за счет анодной реакции окисления и одновременно выделяют в виде

электролитического осадка оксида урана на поверхности катода за счет катодной реакции восстановления, вертикальную пару электродов используют для основного электролиза, во время которого оксид урана растворяют и осаждают за счет электрохимической реакции, а параллельную пару электродов используют для вспомогательного электролиза,

- 5 заключающегося в подавлении неравномерного электроосаждения оксида урана, а на стадии выделения, во время которой оксиды урана и плутония осаждают и выделяют в смешанном состоянии, параллельную пару электродов используют для основного электролиза, во время которого осаждают оксиды урана и плутония в смешанном состоянии на поверхности катода, а вертикальную пару электродов используют для
- 10 вспомогательного электролиза, заключающегося в растворении электролитического осадка, упавшего вниз с катодов.

15

20

25

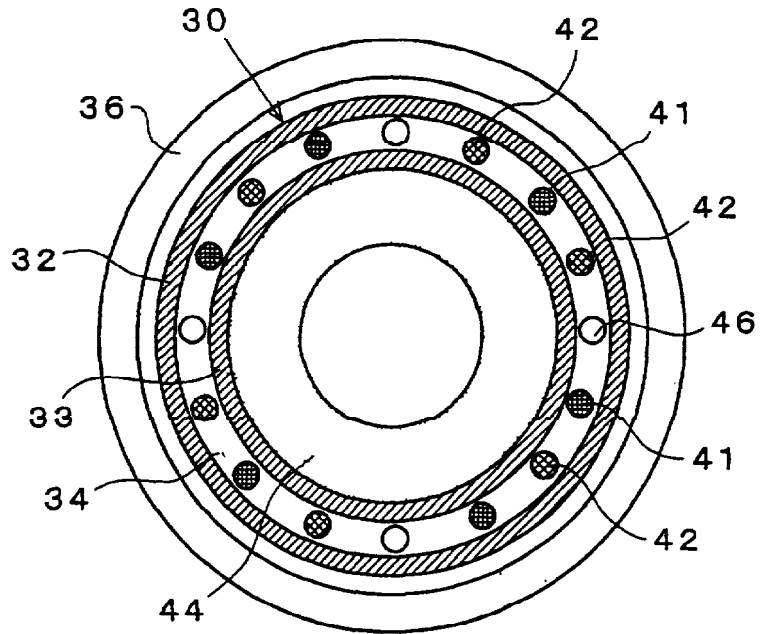
30

35

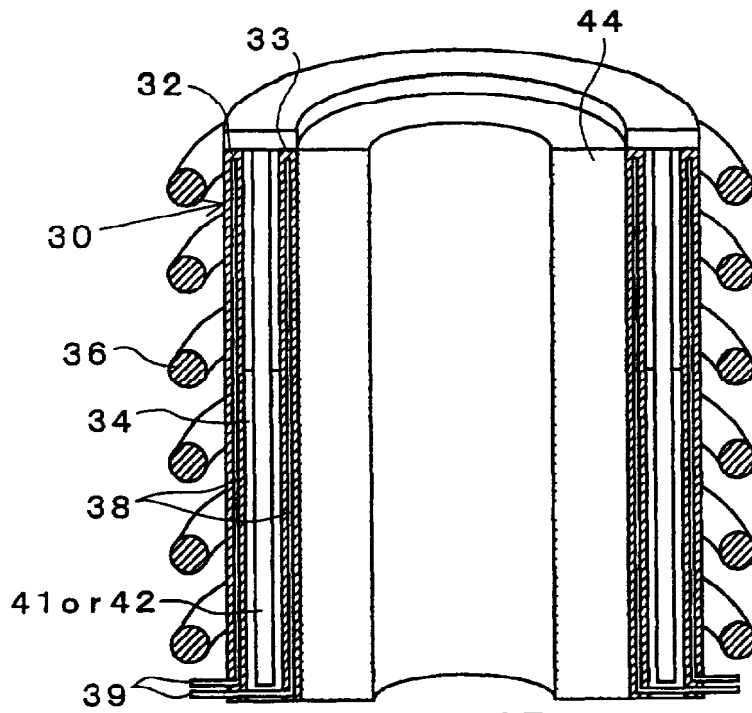
40

45

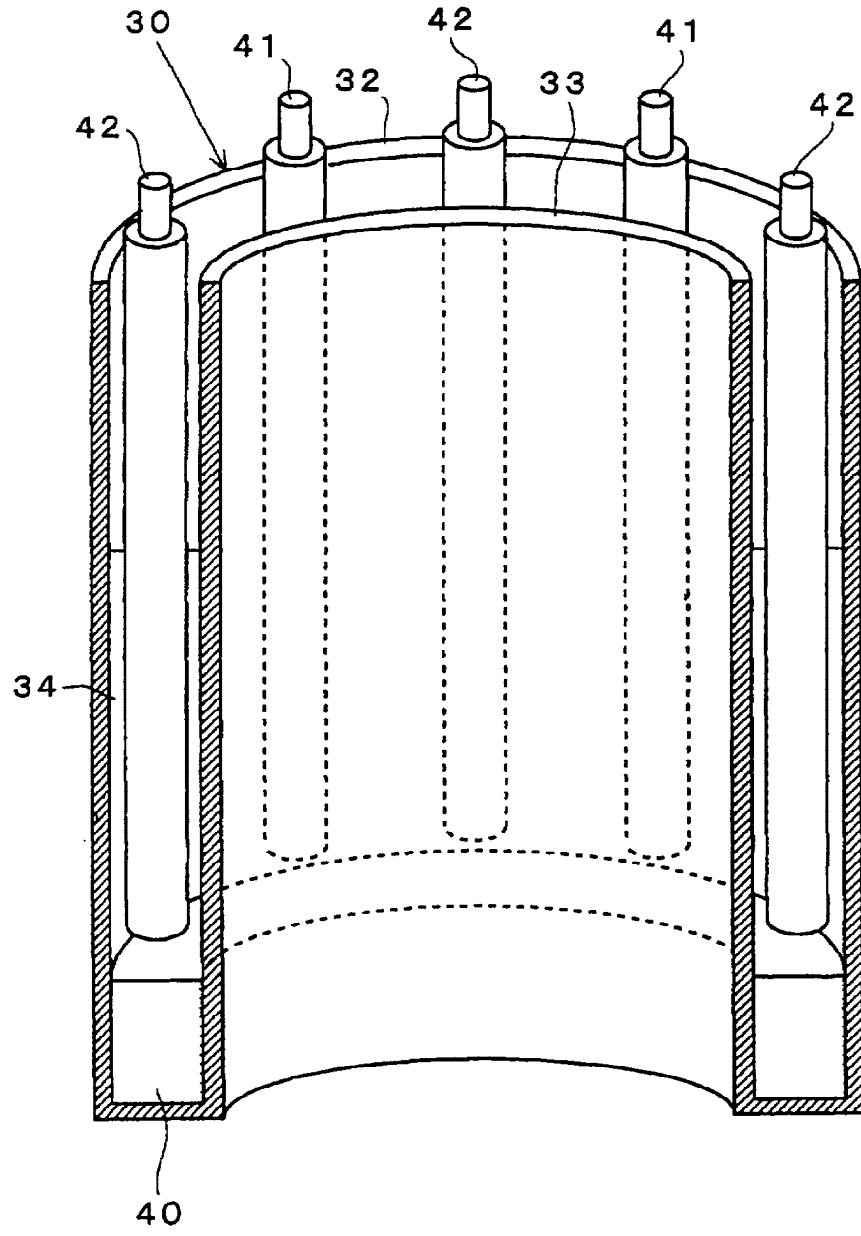
50



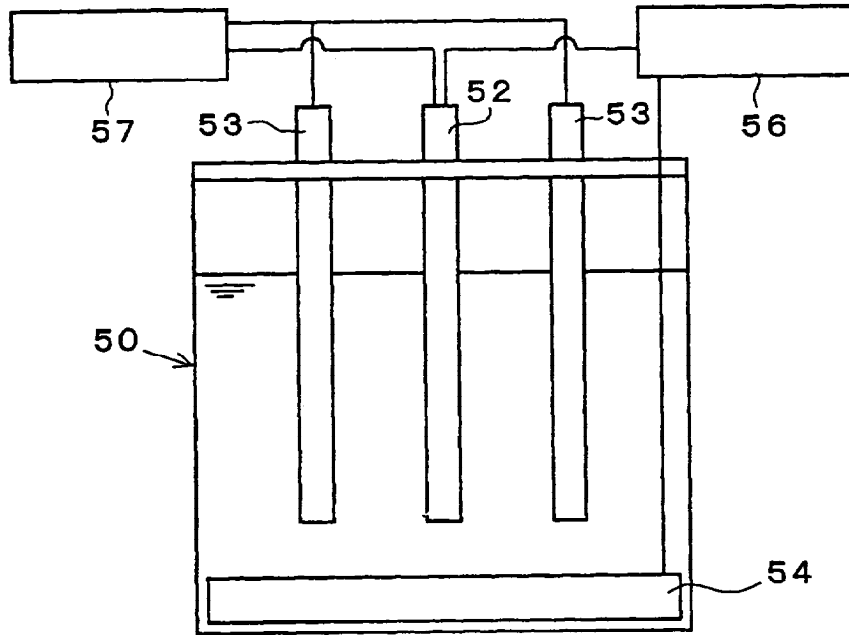
Фиг. 2А



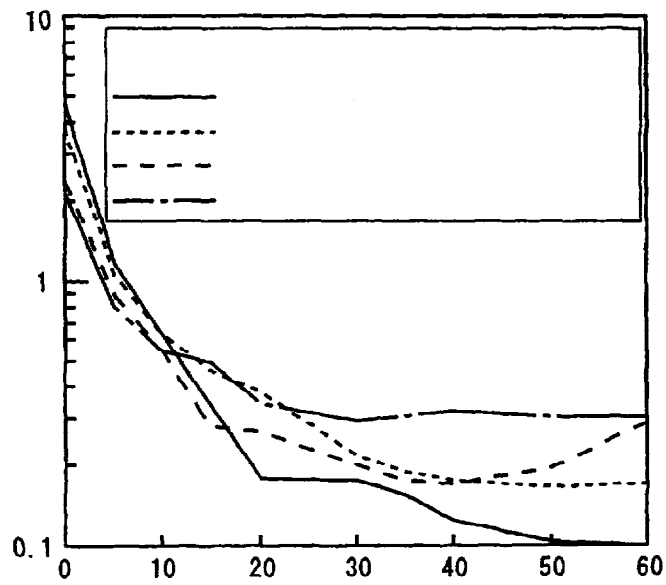
Фиг. 2В



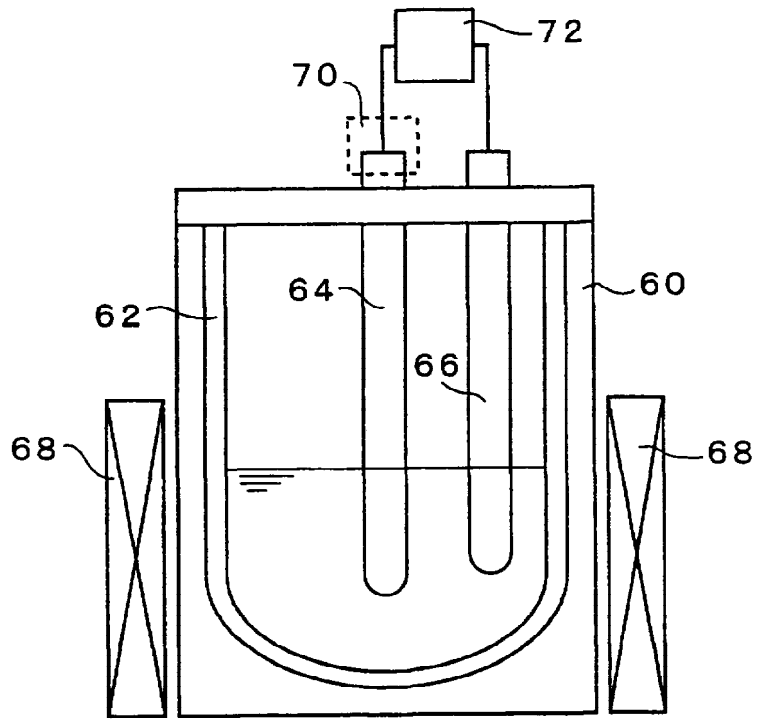
Фиг. 3



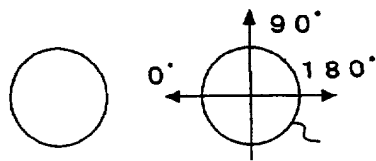
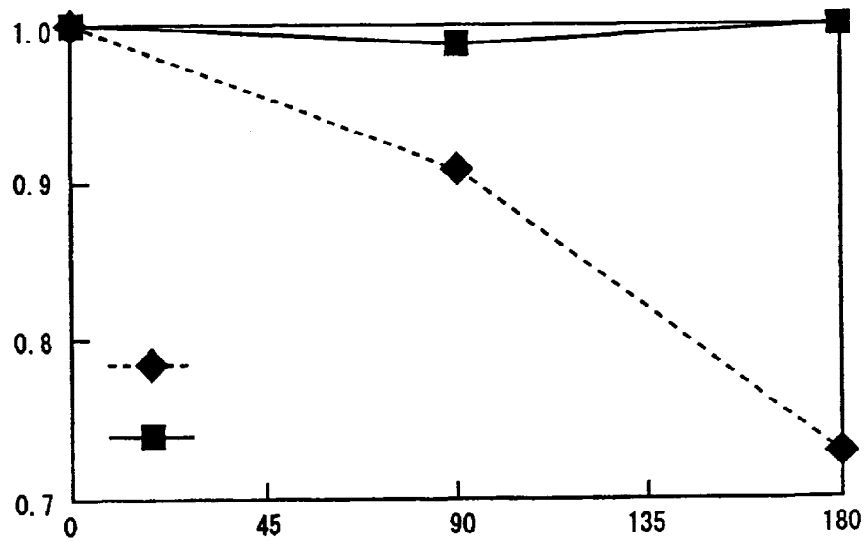
ФИГ. 4



ФИГ. 5



Фиг. 6



Фиг. 7