

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042450**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.15

(21) Номер заявки
202190743

(22) Дата подачи заявки
2018.10.09

(51) Int. Cl. **G21C 3/62** (2006.01)
C01G 43/00 (2006.01)
G21C 19/48 (2006.01)
G21C 21/00 (2006.01)

(54) **УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЛЯ ПРЕВРАЩЕНИЯ ГЕКСАФТОРИДА УРАНА В ДИОКСИД УРАНА**

(43) **2021.07.26**

(86) **PCT/FR2018/052504**

(87) **WO 2020/074794 2020.04.16**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФРАМАТОМ (FR)

(56) JP-A-H0680424
US-B1-7824640
US-A-3786120

(72) Изобретатель:
Месона Брюно, Эбрар Стефан (FR)

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(57) Устройство для превращения гексафторида урана (UF_6) в диоксид урана (UO_2) включает реактор гидролиза (4) для превращения UF_6 в порошок оксифторида урана (UO_2F_2); печь пирогидролита (6) для превращения порошка UO_2F_2 , поступающего из реактора (4) в порошок UO_2 ; устройство подачи (8), содержащее каналы (10) впрыскивания реагентов для введения UF_6 , водяного пара или H_2 ; и систему управления (16), предназначенную для регулирования устройства подачи (8), для того чтобы снабжать по меньшей мере один из каналов (10) впрыскивания реагентов нейтральным газом в течение этапов выключения или ввода в эксплуатацию устройства превращения.

042450

B1

042450

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к области получения порошка диоксида урана (UO_2), в частности, предназначенного для производства гранул UO_2 для стержней ядерного топлива.

Возможно, обогащение урана в форме гексафторида урана (UF_6). Однако затем необходимо превратить UF_6 в UO_2 , чтобы получить UO_2 гранулы.

Для выполнения задачи необходимо превратить газообразный UF_6 в оксифторид урана (UO_2F_2) путем гидролиза в реакторе, впрыскивая газообразный UF_6 и сухой водяной пар в реактор, чтобы получить порошок UO_2F_2 , затем превращают порошок UO_2F_2 в порошок UO_2 путем пирогидролиза в печи, циркулируя порошок UO_2F_2 в печи и впрыскивая сухой водяной пар и газообразный водород (H_2) в печь.

Процесс гидролиза проводят в атмосфере нейтрального газа (или инертного газа) предпочтительно в атмосфере азота. Для выполнения процесса нейтральный газ вводят в реактор, создавая поток газа, продувающего реактор.

Уровень техники

В патентах США № US 6136285 и US 7824640 раскрыто устройство для превращения UF_6 в UO_2 , которое включает в себя реактор гидролиза и печь пирогидролиза для выполнения указанного способа превращения.

При производстве UO_2 желательно предотвращать какое-либо накопление урана (U) внутри устройства превращения по причинам безопасности и надежности (критичности реактора). Кроме того, один из побочных продуктов, образующихся при последовательном превращении $UF_6 \rightarrow UO_2F_2 \rightarrow UO_2$, представляет собой газообразный фтористый водород (HF), который является очень токсичным и корродирующим веществом. Следовательно, важно обеспечить непрерывное удаление и хранение HF за пределами устройства превращения.

В течение преждевременных или запланированных отключений устройства существует риск накопления продуктов реакции или реагентов в устройстве. Затем необходимо поддерживать конфигурацию устройства с максимальной безопасностью и надежностью, в то же время уделять внимание тому, чтобы внутри установки не достигалась критическая масса U-формы, избегая любых взаимодействий, с одной стороны, между водородом и кислородом (риск взрыва) и, с другой стороны, между HF и H_2O (образование фтористоводородной кислоты) и не вызывая закупоривания установки из-за агломерации порошка. Кроме того, UF_6 , который вводится в устройство в газообразной форме, кристаллизуется ниже температуры сублимации ($56,4^\circ C$ при 1 атм.). Кристаллизация UF_6 приводит к тяжелой блокировке подвижных частей установки и к блокировке устройства для впрыскивания реакционноспособных газов в реактор.

Более того, наличие реакционноспособных продуктов реакции в устройстве может представлять риск для безопасности операторов, которые должны вмешиваться в случае выключения устройства. Основные риски при открывании устройства связаны с отсутствием воздуха в устройстве (кислородная недостаточность оператора), токсичность HF и риск внутреннего и внешнего загрязнения ураном.

Краткое изложение изобретения

Одной из целей изобретения является разработка устройства для превращения UF_6 в UO_2 , безопасность и надежность которого улучшены в течение периодов выключения устройства.

С этой целью в изобретении разработано устройство для превращения гексафторида урана (UF_6) в диоксид урана (UO_2), причем устройство превращения включает в себя

реактор гидролиза (4) для превращения UF_6 в порошок оксифторида урана (UO_2F_2) путем взаимодействия между газообразным UF_6 и сухим водяным паром, впрыскиваемым в реактор (4);

печь пирогидролиза для превращения порошка UO_2F_2 , поступающего из реактора, в порошок UO_2 путем взаимодействия порошка UO_2F_2 с сухим водяным паром и газообразным водородом (H_2), впрыскиваемыми внутрь печи;

устройство подачи, которое включает канал впрыскивания реагентов для введения UF_6 , водяного пара или H_2 , причем каждый канал введения реагента предназначен для снабжения реактора или печи; и

систему управления, предназначенную для регулирования устройства подачи таким образом, чтобы снабжать по меньшей мере один из каналов впрыскивания реагентов нейтральным газом в течение периодов выключения или запуска устройства превращения.

Согласно конкретным вариантам осуществления устройство превращения включает одну или несколько из следующих необязательных характеристик, взятых отдельно или в любой технической выполнимой комбинации:

система управления предназначена для регулирования устройства подачи таким образом, чтобы снабжать каждый канал введения реагента нейтральным газом в течение выключения или запуска устройства превращения;

устройство подачи включает дополнительно к каналу впрыскивания реагентов по меньшей мере один канал введения нейтрального газа для впрыскивания нейтрального газа в реактор в течение этапа производства для превращения UF_6 в UO_2 в атмосфере нейтрального газа;

устройство подачи включает канал введения нейтрального газа для снабжения реактора нейтральным газом путем образования струи нейтрального газа, разделяя струю UF_6 и струю водяного пара, по-

ступающих из отверстия канала впрыскивания реагентов в реактор;

система управления предназначена для снабжения каждого из каналов впрыскивания реагентов нейтральным газом путем снабжения канала впрыскивания реагентов последовательно со стороны впуска вниз по потоку или со стороны выпуска вверх по потоку в устройстве превращения, принимая во внимание направление перемещения урана в устройстве превращения;

в период выключения устройства превращения система управления предназначена для последовательного прекращения подачи UF_6 в реактор с заменой на подачу нейтрального газа, затем прекращения подачи в реактор водяного пара с заменой на подачу нейтрального газа, затем необязательно после удаления всего порошка UO_2F_2 из реактора останавливается транспортирующее устройство, предназначенное для транспорта порошка UO_2F_2 из реактора в печь, затем прекращается подача H_2 в печь с заменой на подачу нейтрального газа, затем прекращается подача сухого водяного пара в печь с заменой на подачу нейтрального газа, затем необязательно после удаления всего порошка UO_2 из печи и охлаждения барабана печи останавливается вращение барабана;

в течение этапа запуска устройства превращения система управления предназначена для последовательного впрыскивания нейтрального газа в реактор и в печь по каналам впрыскивания реагентов и по каналам впрыскивания нейтрального газа в течение периода нагревания устройства превращения; затем заменяют подачу нейтрального газа по каналам впрыскивания реагентов в печь и реактор на подачу реакционноспособного газа путем последовательного снабжения канала впрыскивания реагентов реакционноспособными газами со стороны выпуска вверх по потоку в устройстве превращения, принимая во внимание направление перемещения урана в устройства превращения.

Кроме того, изобретение относится к способу превращения гексафторида урана (UF_6) в диоксид урана (UO_2) в устройстве превращения, включающем реактор гидролиза для превращения UF_6 в порошок оксифторида урана (UO_2F_2) путем взаимодействия между газообразным UF_6 и сухим водяным паром, введенными в реактор и печь пирогидролиза, для превращения порошка UO_2F_2 , поступающего из реактора, в порошок UO_2 путем взаимодействия порошка UO_2F_2 с сухим водяным паром и газообразным водородом (H_2), впрыскиваемыми внутрь печи, причем способ включает в себя стадии

превращения UF_6 в UO_2 путем снабжения реактора и печи реакционноспособными газами по каналам впрыскивания реагентов в течение этапа превращения, при этом каждый канал введения реагента открывается в реактор или внутрь печи; и

снабжения по меньшей мере одного канала введения реагента нейтральным газом во время выключения или этапа запуска устройства превращения.

Согласно конкретным вариантам осуществления способ превращения включает один или несколько из следующих необязательных признаков, взятых отдельно или в любой технической выполнимой комбинации:

во время выключения или этапа запуска устройства превращения каждый канал введения реагента снабжается нейтральным газом;

в течение этапа производства нейтральный газ вводится в реактор по меньшей мере через один канал введения нейтрального газа, чтобы осуществить превращение в атмосфере нейтрального газа;

выключение устройства превращения включает стадию продувки, во время которой каналы впрыскивания реагентов снабжаются нейтральным газом последовательно, со стороны впуска вниз по потоку в устройстве превращения, принимая во внимание направление перемещения урана;

способ включает на этапе прекращения работы устройства превращения последовательные стадии прекращения подачи UF_6 в реактор с заменой на подачу нейтрального газа, затем прекращение подачи сухого водяного пара в реактор из реактора с заменой на подачу нейтрального газа, затем необязательно после удаления всего порошка UO_2F_2 из реактора, останов устройства транспортирования, предназначенного для транспорта порошка UO_2F_2 из реактора в печь, затем прекращение подачи H_2 в печь с заменой на подачу нейтрального газа, затем прекращение подачи сухого водяного пара в печь с заменой на подачу нейтрального газа, затем необязательно после удаления всего порошка UO_2 из печи и охлаждения барабана в печи прекращение вращения барабана;

способ включает на этапе запуска устройства превращения последовательные стадии впрыскивания нейтрального газа в реактор и печь по каналам впрыскивания реагентов и каналам впрыскивания нейтрального газа в течение стадии нагревания устройства превращения; затем заменяют подачу нейтрального газа по каналу впрыскивания реагентов в печь и реактор на подачу реакционноспособного газа путем снабжения канала впрыскивания реагентов реакционноспособными газами последовательно со стороны выпуска вверх по потоку в устройстве превращения, принимая во внимание направление перемещения урана.

Подробное описание изобретения

Изобретение и его преимущества можно лучше понять при прочтении описания, следующего ниже, приведенного только с целью примера, и со ссылкой на единственную фигуру, которая представляет собой схематичный чертеж устройства для превращения UF_6 в UO_2 .

Устройство превращения 2, показанное на фиг. 1, включает реактор гидролиза 4 для превращения UF_6 в порошок UO_2F_2 путем взаимодействия между газообразным UF_6 и сухим водяным паром, введен-

ными в реактор 4.

Устройство превращения 2 включает печь пирогидролиза 6 для превращения порошка UO_2F_2 , поступающего из реактора 4, в порошок UO_2 путем взаимодействия порошка UO_2F_2 с сухим водяным паром и газообразным H_2 , введенным внутрь печи 6.

Устройство превращения 2 включает устройство подачи 8, предназначенное для введения реакционноспособных газов (газообразный UF_6 , сухой водяной пар и газ H_2) в реактор 4 и внутрь печи 6.

Устройство подачи 8 снабжается от источников реакционноспособных газов, содержащих по меньшей мере, один источник газообразного UF_6 по меньшей мере один источник сухого водяного пара и по меньшей мере один источник газообразного H_2 .

Устройство подачи 8 включает каналы 10 впрыскивания реагентов для введения реакционноспособных газов в реактор 4 и внутрь печи 6.

Каналы 10 введения реагентов включают канал введения UF_6 , снабжающий реактор 4, первый канал введения паров, подаваемых в реактор 4, второй канал введения паров, подаваемых в печь 6, и канал введения H_2 , подаваемого в печь 6.

Кроме того, устройство подачи 8 предназначено для введения нейтрального газа в реактор 4 особенно в период производства в устройстве превращения 2, для того чтобы превращение UF_6 в UO_2F_2 протекало в атмосфере нейтрального газа. Устройство подачи 8 включает один или несколько каналов впрыскивания нейтрального газа 12 для введения нейтрального газа в реактор 4.

Предпочтительно устройство подачи 8 дополнительно предназначено для введения нейтрального газа в реактор 4 и внутрь печи 6 на этапах выключения и запуска устройства, для того чтобы поддерживать в реакторе 4 и в печи 6 атмосферу нейтрального газа, когда устройство превращения 2 не производит продукт. Устройство подачи 8 включает один или несколько каналов впрыскивания 12 нейтрального газа для введения нейтрального газа внутрь печи 6.

Устройство подачи 8 предназначено для обеспечения введения нейтрального газа в реактор 4 без впрыскивания нейтрального газа внутрь печи 6.

В период производства устройство подачи 8 впрыскивает нейтральный газ в реактор 4, для того чтобы UF_6 превращался в порошок UO_2F_2 в атмосфере нейтрального газа без впрыскивания нейтрального газа внутрь печи 6. Введенный в реактор 4 нейтральный газ в период производства называется в последующем "нейтральным промывочным газом". При выключении и/или в период запуска устройство подачи 8 впрыскивает нейтральный газ в реактор 4 и внутрь печи 6 с целью поддержания атмосферы нейтрального газа.

Устройство подачи 8 снабжается по меньшей мере из одного источника нейтрального газа. Предпочтительно нейтральный газ представляет собой азот (N_2).

Подача в печь 6 нейтрального газа в период выключения или запуска может быть осуществлена, например, посредством специального канала впрыскивания нейтрального газа 12, открывающегося внутри печи 6, или по каналу 10 впрыскивания реагента, как описано ниже.

Устройство подачи 8 предназначено для того, чтобы обеспечить подачу нейтрального газа по меньшей мере через один канал 10 впрыскивания реагента и предпочтительно для подачи инертного газа в каждый канал 10 впрыскивания реагента.

Как показано на фиг. 1, устройство подачи 8 включает исполнительный механизм 14 регулятора подачи, расположенный на входном патрубке каждого канала 10 впрыскивания реагента, причем исполнительный механизм 14 обеспечивает возможность избирательного соединения канала 10 впрыскивания реагента с соответствующим источником газообразного реагента или с источником нейтрального газа.

Каждый исполнительный механизм 14 регулирует подачу текучей среды в подсоединенный канал 10 впрыскивания реагента. Каждый исполнительный механизм 14 является, например, клапаном, в частности трехходовым клапаном, который дает возможность избирательно соединять канал впрыскивания реагента 10 с соответствующим источником газообразного реагента или с источником нейтрального газа.

Как показано на фиг. 1, устройство подачи 8 включает для впрыскивания реакционноспособных газов в реактор 4 два канала 10 впрыскивания реагентов, а именно канал введения UF_6 , и канал впрыскивания пара, и канал впрыскивания нейтрального газа 12, открывающегося в реактор 4, для того чтобы впрыскивать струю нейтрального газа между струей UF_6 и струей сухого водяного пара.

В указанной конфигурации взаимодействие между UF_6 и сухим водяным паром происходит на расстоянии от выпускных отверстий каналов 10 впрыскивания реагентов, когда потоки смешались, и вдали от выпускных отверстий каналов 10 впрыскивания реагентов, что могло бы привести к образованию порошка в каналах 10 впрыскивания реагентов и их закупориванию. В эффективном варианте осуществления струя UF_6 , струя нейтрального газа и струя сухого водяного пара являются концентрическими.

Устройство превращения 2 включает систему управления 16 устройства превращения 2, предназначенную для регулирования устройства превращения 2 и особенно устройства подачи 8. Система управления 16, в частности, регулирует исполнительные механизмы 14 устройства подачи 8.

Система управления 16 регулирует устройство подачи 8 в соответствии с различными режимами работы устройства превращения 2.

В производственном режиме устройства превращения 2 система управления 16 предназначена для

того, чтобы регулировать устройство подачи 8 для впрыскивания реакционноспособных газов в реактор 4 и внутрь печи 6 по каналам 10 введения реагентов.

В режиме выключения устройства превращения 2 система управления 16 предназначена для того, чтобы регулировать устройство подачи 8 для снабжения нейтральным газом по меньшей мере одного из каналов 10 впрыскивания реагентов и предпочтительно для снабжения каждого канала 10 впрыскивания реагента нейтральным газом.

Снабжение каналов 10 впрыскивания реагентов нейтральным газом, когда устройство превращения 2 отключено, дает возможность инициировать устройство превращения 2 и продуть каналы 10 впрыскивания реагентов от любого газообразного реагента, еще присутствующего в указанных каналах впрыскивания реагентов 10.

Это дает возможность предотвратить протекание взаимодействия между остаточными реакционноспособными газами в течение периода выключения устройства превращения 2, что может привести к неконтролируемому образованию порошка UO_2F_2 , порошка UO_2 или HF , которые потенциально опасны для операторов, привлеченных к работе на устройстве превращения 2 в течение периода выключения устройства превращения 2.

Подача нейтрального газа в канал 10 впрыскивания реагента в период запуска позволяет повысить температуру устройства превращения 2 и снабжение устройства превращения 2 реагентами, когда будут достигнуты параметры реакции в реакторе 4 и, соответственно, печи 6.

В течение этапа производства система управления 16 регулирует устройство подачи 8 для введения нейтрального газа в реактор 4 по соответствующему каналу 12 впрыскивания нейтрального газа дополнительно к впрыскиванию реакционноспособных газов по каналам 10 реагентов таким образом, что гидролиз осуществляется в атмосфере нейтрального газа. Нейтральный газ не вводится внутрь печи 6.

В течение этапа выключения предпочтительно система управления 16 регулирует устройство подачи 8 для введения нейтрального газа в реактор 4 и внутрь печи 6 таким образом, чтобы поддерживать атмосферу нейтрального газа в реакторе 4 и в печи 6.

Введение нейтрального газа в течение этапа выключения осуществляется по каналам 10 впрыскивания реагентов и, кроме того, возможно, по каналам 12 впрыскивания нейтрального газа для снабжения реактора 4 и/или печи 6.

Тогда подача нейтрального газа в каналы 10 впрыскивания реагентов во время выключения устройства превращения 2 позволяет дополнительно вводить нейтральный газ, кроме количества, прошедшего по каналам 12 впрыскивания нейтрального газа.

Как показано на фиг. 1, реактор 4 устанавливает границы реакционной камеры 18, внутри которой открыты каналы 10 впрыскивания реагентов, обеспечивая снабжение реактора 4 газообразным UF_6 и сухим водяным паром, и в которой протекает превращение UF_6 в UO_2F_2 путем гидролиза. Полученный таким образом UO_2F_2 имеет вид порошка, падающего на дно реакционной камеры 18.

Реактор 4 имеет отводящий трубопровод 20, тянущийся от реакционной камеры 18 и подключенный к печи 6, для того чтобы транспортировать порошок UO_2F_2 со дна реакционной камеры 18 в печь 6.

Установка превращения 2 включает термическую камеру 22, окружающую реактор 4 и нагревательное устройство 24, для нагревания внутреннего объема термической камеры 22 и, следовательно, реактора 4.

Печь 6 имеет входной патрубок 26, связанный с отводящим каналом 20 реактора 4 для приема UO_2F_2 порошка, и выпускное отверстие 28 для подачи порошка UO_2 .

Установка превращения 2 включает транспортирующее устройство 30 для перемещения порошка UO_2F_2 из реакционной камеры 18 в печь 6. Транспортирующее устройство 30 изобретения включает моторизованный винтовой конвейер, снабженный двигателем для перемещения порошка UO_2F_2 из реакционной камеры 18 во входной патрубок 26 печи 6.

Печь 6 включает барабан 32, имеющий центральную ось С, на осевом конце которой образуется входной патрубок 26, тогда как на противоположном осевом конце формируется выпускное отверстие 28 печи 6.

Барабан 32 предусмотрен для циркуляции порошка UO_2F_2 от входного патрубка 26 к выпускному отверстию 28 с циркуляцией сухого водяного пара и H_2 в печи 6 против потока порошка UO_2F_2 .

Барабан 32 свободно вращается относительно центральной оси С, наклоненной относительно горизонтали, так что входной патрубок 26 находится выше выпускного отверстия 28, причем при вращении барабана 32 порошок продвигается из входного патрубка 26 в направлении выпускного отверстия 28.

Печь 6 включает моторизованное устройство 33 вращательного движения, предназначенное для вращательного движения барабана 32 относительно центральной оси С. Устройство 33 вращательного движения включает, например, двигатель и транспортирующее устройство, например цепь или ленту, соединяющие двигатель с барабаном 32.

В качестве варианта печь 6 может быть снабжена удобной кривошипной рукояткой, которая позволяет вручную поворачивать барабан 32 в случае неисправности устройства 33 вращательного движения.

Предпочтительно барабан 32 снабжен перегородками 35, расположенными внутри барабана 32, с целью регулирования потока реакционноспособных газов и времени пребывания порошка в печи 6.

Необязательно барабан 32 может быть снабжен подъемными элементами 37, выступающими из внутренней поверхности барабана 32 и предназначенными для подъема и сбрасывания порошка, находящимися в барабане 32, благодаря вращению барабана 32 вокруг центральной оси С, с целью улучшения смешивания порошка и обеспечения равномерного контакта порошкообразных частиц с реакционно-способными газами, циркулирующими в барабане 32. Подъемные элементы 37 выполнены, например, в виде подъемных лопастей или подъемных уголков, распределенных сверху внутренней поверхности барабана 32.

В эффективном варианте осуществления барабан 32 печи 6 и транспортирующее устройство 30 реакционной камеры 18 предназначены для независимой работы, особенно для обеспечения отключения любого устройства, при поддержании эксплуатации другого устройства.

В показанном примере барабан 32 печи 6 и транспортирующее устройство 30 реакционной камеры 18 предназначены для независимого вращения с одной стороны винта транспортирующего устройства 30 и барабана 32 с другой стороны и особенно для прекращения вращения любого винта или барабана 32 при поддержании вращения другого.

Указанная компоновка дает возможность в периоды прекращения работы установки превращения 2 завершить удаление порошка UO_2 из печи 6, в то время как реактор 4 и особенно транспортирующее устройство 30 уже остановлены.

Второй канал введения водяного пара и канал введения H_2 снабжают барабан 32 через выпускное отверстие 28 для циркуляции сухого водяного пара из пиролизатора и H_2 из выпускного отверстия 28 во входной патрубке 26 печи 6.

Печь 6 включает нагревательное устройство 34 для нагревания барабана 32. Нагревательное устройство 34 содержит нагревающие элементы 36, окружающие барабан 32 и распределенные вдоль барабана 32. Печь 6 включает термическую камеру 38, окружающую барабан 32, и нагревающие элементы 36.

Устройство превращения 2 включает собирающее устройство 40 для сбора порошка на выпускном отверстии 28 печи 6. Собирающее устройство 40 включает входной канал 42, соединенный с выпускным отверстием 28 печи 6, и вход в собирающий контейнер 44. Собирающее устройство 40 включает теплоизоляционную камеру 46, окружающую собирающий контейнер 44. Предпочтительно второй канал введения паров и канал введения H_2 открыты внутрь собирающего контейнера 44.

Устройство превращения 2 включает устройство захвата 50 для улавливания и удаления газов, возвращаемых обратно в реактор 4, содержащих избыток реакционноспособных газов, фтористый водород (HF), образующийся при превращении, и нейтральный газ.

Устройство захвата 50 расположено в реакторе 4, предпочтительно в верхней части реакционной камеры 18.

Устройство захвата 50 включает множество фильтров 52 для удержания твердых веществ, которые могут быть увлечены газами, возвращаемыми обратно в реактор 4; в частности, частицы UO_2F_2 , или даже UO_2 .

Фильтры 52 выполнены, например, из пористого материала, который обеспечивает прохождение избыточных реакционноспособных газов, нейтрального газа и HF, образующегося при превращении UF_6 в UO_2F_2 и затем в UO_2 , и в то же время способны удерживать частицы UO_2F_2 или UO_2 . В предпочтительном варианте осуществления фильтры 52 выполнены из керамики или из сверхпрочного сплава на основе никеля.

Устройство превращения 2 включает уплотняющие устройства 54, для того чтобы обеспечить уплотнение между транспортирующим устройством 30 и реакционной камерой 18, между реактором 4 и печью 6 и между печью 6 и собирающим устройством 40. Уплотняющие устройства 54 расположены в соединении между транспортирующим устройством 30 и реакционной камерой 18, между выпускным отверстием канала 20 реактора 4 и входным патрубком 26 печи 6 и в соединении между выпускным отверстием 28 печи 6 и каналом входа 42 в собирающее устройство 40. Уплотняющие устройства 54 обеспечивают уплотнение, допуская вращение транспортирующего устройства 30 относительно реактора 4 и вращение барабана 32 печи 6 относительно реактора 4 и собирающего устройства 40.

С указанной целью, как показано на фиг. 1, установка превращения 2 включает, например, устройство подачи повышенного давления 57, расположенное для подачи в уплотняющие устройства 54 сжатого инертного газа.

Уплотняющие устройства 54 опрессовывают инертным газом и предпочтительно азотом. Давление нейтрального газа, подаваемого в уплотняющие устройства 54, равно или больше давления, которое имеется в установке превращения 2, для того чтобы предотвратить любое диспергирование порошка вне установки превращения 2.

При эксплуатации в течение производственного режима система управления 16 регулирует исполнительные механизмы 14, чтобы соединять каждый канал 10 впрыскивания реагента с соответствующим источником реагента. Каждый канал 10 введения реагента снабжен реагентом. В результате реактор 4 и печь 6 снабжены реакционноспособными газами.

Введенные в реактор 4 UF_6 и сухой водяной пар взаимодействуют между собой с образованием по-

рошка UO_2F_2 . Порошок UO_2F_2 поступает внутрь печи 6, где он взаимодействует с потоком сухого водяного пара из пиролизатора и H_2 , превращаясь в порошок UO_2 .

Когда система управления 16 обнаруживает, что необходимо выключение устройства, или получает инструкцию о выключении устройства, система управления 16 осуществляет стадию нейтрализации и продувки устройства превращения 2.

С этой целью система управления 16 регулирует исполнительные механизмы 14, соединяя каждый канал впрыскивания реагента 10 с источником нейтрального газа. Таким образом, каждый канал впрыскивания реагента 10 снабжается нейтральным газом.

Предпочтительно система управления 16 предназначена для регулирования исполнительных механизмов 14, чтобы соединять каналы 10 впрыскивания реагентов с источником нейтрального газа последовательно со стороны впуска, вниз по потоку в устройство превращения 2, принимая во внимание направление перемещения порошка из реактора 4 в собирающий контейнер 44. Это дает возможность осуществить постепенную и полную продувку реакционноспособных газов со стороны впуска вниз по потоку в устройство превращения 2, более точно в данном случае из реактора 4, из печи 6 и из собирающего устройства 40 в собирающий контейнер 44.

Преимущественно, в течение обычного периода выключения устройства, система управления 16 предназначена для последовательного выполнения:

прекращения подачи UF_6 в реактор 4, с заменой на подачу нейтрального газа, предпочтительно по каналу 10 впрыскивания реагента для снабжения реактора 4 реагентом UF_6 , затем

прекращения подачи сухого водяного пара в реактор 4, с заменой на подачу нейтрального газа, предпочтительно по каналу 10 впрыскивания реагента для снабжения реактора 4 сухим водяным паром, затем, после удаления всего порошка UO_2F_2 из реактора 4, останавливается транспортирующее устройство 30, затем

прекращения подачи H_2 в печь 6, с заменой на подачу нейтрального газа, предпочтительно по каналу 10 введения реагента для снабжения печи 6 водородом, затем

прекращения подачи сухого водяного пара в печь 6, с заменой на подачу нейтрального газа, предпочтительно по каналу 10 впрыскивания реагента для снабжения печи 6 сухим водяным паром, затем,

после удаления всего порошка UO_2 из печи 6 и охлаждения барабана 32, прекращается вращение барабана 32.

Предпочтительно система управления 16 регулирует исполнительные механизмы 14 каналов впрыскивания 12 нейтрального газа, чтобы поддерживать введение нейтрального газа в реактор 4 в течение стадии продувки устройства превращения 2 посредством соответствующих каналов впрыскивания 12 нейтрального газа.

Затем, когда каналы 10 введения реагентов продуты от реакционноспособных газов, на стадии остановки подачи система управления 16 регулирует исполнительные механизмы 14, чтобы прекратить подачу нейтрального газа в каналы 10 впрыскивания реагентов и каналы впрыскивания 12 нейтрального газа. Предпочтительно система управления 16 регулирует исполнительные механизмы 14 для остановки подачи нейтрального газа в каналы 10 впрыскивания реагентов и впрыскивания нейтрального газа последовательно со стороны выпуска в расположенное выше по потоку устройство превращения 2, принимая во внимание направление перемещения порошка из реактора 4 к выпускному отверстию 28 печи 6. Это дает возможность обеспечить промывку печи 6 и реактора 4 с использованием нейтрального газа, пока не завершится стадия продувки и стадия остановки подачи. В качестве альтернативы выключение подачи нейтрального газа со стороны выпуска вверх по потоку можно осуществить вручную.

Предпочтительно эта стадия проводится, когда устройство превращения 2 выключается для осуществления технического обслуживания и ремонта, в частности для этой операции требуется вмешательство одного или нескольких операторов, для того чтобы исключить риск кислородной недостаточности.

В качестве варианта подачу нейтрального газа можно поддерживать до повторного пуска устройства превращения 2. Эта стадия проводится, например, когда останов устройства превращения 2 вызван, например, активацией мер безопасности, которые не требуют вмешательства оператора до повторного пуска устройства превращения 2.

На стадии пуска или повторного пуска устройства превращения 2 устройство подачи 8 предназначено для введения нейтрального газа в реактор 4 и печь 6 по каналам 10 впрыскивания реагентов и каналам 12 введения нейтрального газа в течение нагревания устройства превращения 2. Когда температура в устройстве превращения является соответствующей, например $500^\circ C$ в печи 6, устройство подачи 8 предназначено для начала последовательной подачи реакционноспособных газов по каналам 10 впрыскивания реагентов вместо нейтрального газа предпочтительно со стороны выпуска вверх по потоку устройства превращения 2, например, согласно следующей последовательности: сухой водяной пар для пиролиза в печь 6, затем выключение подачи нейтрального газа в печь 6 по каналам 12 впрыскивания нейтрального газа, затем сухой водяной пар для гидролиза в реакторе 4, затем UF_6 в реактор 4.

В течение стадии продувки, стадии прекращения подачи энергии и стадий пуска или повторного пуска устройство захвата 50 находится в работе, чтобы улавливать газы, находящиеся в реакторе 4 и в печи 6.

Устройство превращения 2 и способ превращения не ограничены вариантом осуществления и описанным выше вводом в эксплуатацию.

В описанном варианте осуществления в каждый канал 10 впрыскивания реагента подается нейтральный газ на стадии продувки. В качестве альтернативы возможно, что только в часть каналов 10 впрыскивания реагентов подается нейтральный газ на стадиях продувки или ввода в эксплуатацию.

Обычно устройство подачи 8 предназначено для снабжения канала впрыскивания UF_6 , первого канала впрыскивания водяного пара, второго канала впрыскивания водяного пара и/или канала введения H_2 в нейтральный газ в течение этапа продувки устройства превращения 2.

В конкретном варианте осуществления среди каналов 10 впрыскивания реагентов только один среди каналов впрыскивания UF_6 , первый канал впрыскивания водяного пара, второй канал введения водяного пара и канал введения H_2 снабжаются нейтральным газом в течение этапа продувки. Этот режим осуществления используется, например, когда устройство превращения 2 частично выключается. В конкретном варианте осуществления только канал впрыскивания UF_6 снабжается нейтральным газом в течение этапа продувки.

На чертеже ради ясности показаны несколько источников нейтрального газа для снабжения каналов 10 впрыскивания реагентов и каналы 12 введения нейтрального газа. В качестве варианта единственный источник нейтрального газа снабжает различные каналы 10 впрыскивания реагента или впрыскивания нейтрального газа 12.

Необязательно устройство подачи 8 может быть предназначено для введения нейтрального газа в собирающее устройство 40, например, вблизи выпускного отверстия собирающего устройства 40, служащего для снабжения устройства наполнения транспортного резервуара с порошком UO_2 , произведенным в устройстве превращения 2. Это дает возможность минимизировать риск контакта H_2 с кислородом (O_2), присутствующим в воздухе, что может привести к взрыву.

Предпочтительно устройство превращения 2 снабжено по меньшей мере одним детектором HF, для того чтобы обнаружить любую утечку газа HF, который является смертельно опасным для людей.

Предпочтительно исполнительные механизмы 14 устройства энергоснабжения 8 выдерживают сейсмические нагрузки с целью устранения любого риска утечки на уровне указанных исполнительных механизмов 14 в случае землетрясения и обеспечивают безопасное выключение устройства превращения 2.

В качестве варианта система управления 16 устройством подачи 8 может быть шунтирована, в частности, в течение ввода в эксплуатацию и выключения или операций продувки устройства превращения 2, в частности, для того чтобы вручную адаптировать продолжительность различных этапов с целью гарантировать оптимальные условия в течение этапов ввода в эксплуатацию и выключения, достаточное удаление реакционноспособных продуктов реакции, чтобы устранить любой риск критичности.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для превращения гексафторида урана (UF_6) в диоксид урана (UO_2), причем устройство превращения включает в себя

реактор гидролиза (4) для превращения UF_6 в порошок оксифторида урана (UO_2F_2) путем взаимодействия между газообразным UF_6 и сухим водяным паром, впрыскиваемыми в реактор (4);

печь пирогидролиза (6) для превращения порошка UO_2F_2 , поступающего из реактора (4), в порошок UO_2 путем взаимодействия порошка UO_2F_2 с сухим водяным паром и газообразным водородом (H_2), впрыскиваемым внутрь печи (6);

устройство подачи (8), содержащее каналы (10) для впрыскивания реагентов, для впрыскивания UF_6 , водяного пара или H_2 , причем каждый канал (10) впрыскивания реагента предназначен для снабжения реактора (4) или печи (6); и

систему управления (16), предназначенную для регулирования устройства подачи (8), для того чтобы снабжать по меньшей мере один из каналов (10) впрыскивания реагентов нейтральным газом во время этапов прекращения или пуска устройства превращения.

2. Устройство превращения по п.1, где система управления (16) предназначена для регулирования устройства подачи (8), для того чтобы снабжать каждый канал (10) впрыскивания реагента инертным газом при прекращении работы или запуске устройства превращения.

3. Устройство превращения по любому одному из предшествующих пунктов, где устройство подачи (8) включает, кроме каналов (10) впрыскивания реагентов по меньшей мере один канал впрыскивания нейтрального газа (12), для того чтобы впрыскивать нейтральный газ в реактор (4) в течение этапа производства для превращения UF_6 в UO_2 в атмосфере нейтрального газа.

4. Устройство превращения по любому одному из предшествующих пунктов, где устройство подачи (8) включает канал впрыскивания нейтрального газа (12) для снабжения реактора (4) нейтральным газом с образованием струи нейтрального газа, разделяющей струю UF_6 от струи водяного пара из каналов (10) впрыскивания реагентов, открывающихся в реактор (4).

5. Устройство превращения по любому одному из предшествующих пунктов, где система управления (16) предназначена для снабжения каждого из каналов (10) впрыскивания реагентов нейтральным

газом путем снабжения каналов (10) впрыскивания реагентов последовательно со стороны впуска вниз по потоку или со стороны выпуска вверх по потоку устройства превращения, принимая во внимание направление перемещения урана в устройстве превращения.

6. Устройство превращения по любому одному из предшествующих пунктов, где система управления (16) предназначена на этапе выключения устройства превращения для последовательного прекращения подачи UF_6 в реактор (4) с заменой на подачу нейтрального газа, затем прекращения подачи сухого водяного пара в реактор (4) с заменой на подачу нейтрального газа, затем

необязательно после удаления всего порошка UO_2F_2 из реактора (4) остановка транспортирующего устройства (30), предназначенного для транспорта порошка UO_2F_2 из реактора (4) в печь (6), затем прекращения подачи H_2 в печь (6) с заменой на подачу нейтрального газа, затем прекращения подачи сухого водяного пара в печь (6) с заменой на подачу нейтрального газа, затем необязательно после удаления всего порошка UO_2 из печи (6) и охлаждения барабана (32) в печи (6) прекращения вращения барабана (32).

7. Устройство превращения по любому одному из предшествующих пунктов, где система управления (16) предназначена на этапе ввода в эксплуатацию устройства превращения для того, чтобы последовательно

впрыскивать нейтральный газ в реактор (4) и печь (6) по каналам (10) впрыскивания реагентов и каналам (12) впрыскивания нейтрального газа в течение стадии нагревания устройства превращения; затем

заменять подачу нейтрального газа по каналам (10) впрыскивания реагентов в печь (6) и реактор (4) на подачу реакционноспособного газа путем снабжения каналов (10) впрыскивания реагентов реакционноспособными газами последовательно со стороны выпуска вверх по потоку устройства превращения, принимая во внимание направление перемещения урана в устройстве превращения.

8. Способ превращения гексафторида урана (UF_6) в диоксид урана (UO_2) в устройстве превращения (2), включающем реактор гидролиза (4) для превращения UF_6 в порошок оксифторида урана (UO_2F_2) путем взаимодействия между газообразным UF_6 и сухим водяным паром, впрыснутыми в реактор (4), и печь пирогиридолиза (6) для превращения порошка UO_2F_2 , поступающего из реактора (4), в порошок UO_2 путем взаимодействия между UO_2F_2 , сухим водяным паром и газообразным водородом (H_2), впрыснутым внутрь печи (6), причем способ включает стадии

превращения UF_6 в UO_2 путем снабжения реактора (4) и печи (6) реакционноспособными газами по каналам (10) впрыскивания реагентов в течение этапа превращения, причем каждый канал (10) впрыскивания реагентов открывается в реактор (4) или внутрь печи (6); и

снабжения по меньшей мере одного канала впрыскивания (10) нейтральным газом в течение этапов выключения или ввода в эксплуатацию устройства превращения (2).

9. Способ превращения по п.8, где в течение этапов выключения или ввода в эксплуатацию устройства превращения (2) каждый канал (10) впрыскивания реагента (10) снабжается нейтральным газом.

10. Способ превращения по п.8 или 9, где в течение этапа производства нейтральный газ впрыскивается в реактор (4) по меньшей мере через один канал (12) впрыскивания нейтрального газа для выполнения превращения в атмосфере нейтрального газа.

11. Способ превращения по любому из пп.8-10, в котором выключение устройства превращения (2) включает стадию продувки, в течение которой каналы (10) впрыскивания реагентов снабжаются нейтральным газом последовательно со стороны впуска вниз по потоку в устройство превращения (2), принимая во внимание направление перемещения урана.

12. Способ превращения по любому из пп.8-11, включающий на этапе прекращения работы устройства превращения (2) последовательные стадии

прекращения подачи UF_6 в реактор (4) с заменой на подачу нейтрального газа, затем прекращения подачи сухого водяного пара в реактор (4) с заменой на подачу нейтрального газа, затем

необязательно после удаления всего порошка UO_2F_2 из реактора (4) остановка транспортирующего устройства (30), предназначенного для транспорта порошка UO_2F_2 из реактора (4) в печь (6), затем прекращения подачи H_2 в печь (6) с заменой на подачу нейтрального газа, затем прекращения подачи сухого водяного пара в печь (6) с заменой на подачу нейтрального газа, затем необязательно после удаления всего порошка UO_2 из печи (6) и охлаждения барабана (32) в печи (6) прекращения вращения барабана (32).

13. Способ превращения по любому из пп.8-12, включающий на этапе ввода в эксплуатацию устройства превращения (2) последовательные стадии

введения нейтрального газа в реактор (4) и печь (6) по каналам (10) впрыскивания реагентов и каналам (12) впрыскивания нейтрального газа в течение стадии нагревания устройства (2) превращения; затем

замены подачи нейтрального газа по каналам (10) впрыскивания реагентов в печь (6) и реактор (4) на подачу реакционноспособного газа путем снабжения каналов (10) впрыскивания реагентов (10) реак-

ционноспособными газами последовательно со стороны выпуска вверх по потоку устройства превращения (2), принимая во внимание направление перемещения урана в устройство превращения.

