



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년05월11일
(11) 등록번호 10-1856467
(24) 등록일자 2018년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21C 21/02 (2006.01) CO1G 43/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G21C 21/02 (2013.01)
CO1G 43/063 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0068544
(22) 출원일자 2017년06월01일
심사청구일자 2017년06월01일
(56) 선행기술조사문헌
JP10053419 A*
JP2008116245 A
KR101648973 B1
JP2006105846 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한전원자력연료 주식회사
대전광역시 유성구 대덕대로989번길 242 (덕진동)
(72) 발명자
배영문
대전광역시 유성구 지족동로 124, 104동 501호(지족동, 노은리슈빌3)
문유돈
대전광역시 유성구 전민로 71, 101동 903호 (전민동, 삼성푸른아파트)
(74) 대리인
이우영
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 3 항

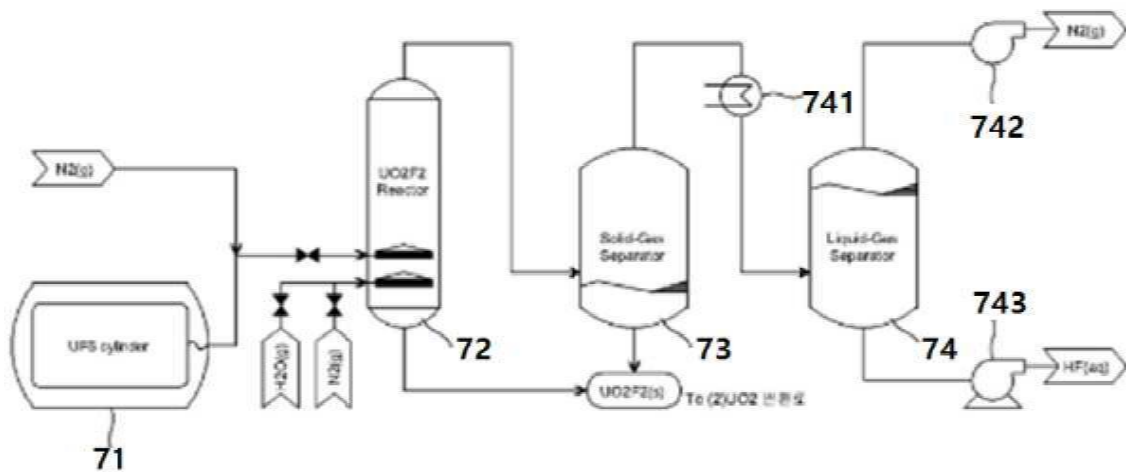
심사관 : 이용호

(54) 발명의 명칭 기상반응을 통한 6불화우라늄 실린더 내부 잔여물 처리방법 및 처리장치

(57) 요약

본 발명은 기상반응을 통한 UF₆ heel의 처리방법 및 처리장치에 관한 것으로서, 구체적인 처리방법은 (1)UF₆ heel을 기화시키는 단계; (2)상기 기화된 UF₆ 가스를 이용하여 고상의 UO₂F₂를 생성하는 단계; (3)상기 고상의 UO₂F₂와 부산(副産)가스를 분리하는 단계; 및 (4)상기 부산가스 중 불화수소를 분리하는 단계를 포함하고, 처리장

(뒷면에 계속)
대표도 - 도3



치는 (1)UF₆ heel을 기화하기 위한 전용기화기, (2)상기 기화기와 연결되어 기화기에서 생성된 UF₆ 가스를 이용하여 UO₂F₂를 생성하는 반응기, (3)상기 반응기와 연결되어 반응기에서 생성된 고상의 UO₂F₂를 부산가스와 분리하는 고·기상 분리기, (4)상기 고·기상 분리기와 연결되어 고·기상 분리기에서 공급된 부산가스를 통과시켜 액체를 응축시키는 열교환기 및 (5)상기 열교환기에서 응축된 불화수소 액체와 가스로 분리하는 액·기상 분리기를 포함할 수 있다.

상기와 같은 본 발명에 따르면, UF₆ heel 처리를 통하여 UO₂ 분말의 중간물질인 고상의 UO₂F₂를 제조함으로써 재변환 공정의 안정화와 UO₂ 분말의 품질을 향상할 수 있으며, UF₆ heel을 0.5kg 미만으로 최소화하여 값비싼 방사성 폐기물의 처리비용도 줄이는 효과가 있다.

(72) 발명자

황인규

대전광역시 유성구 전민로 71 101동 305호 (전민동, 삼성푸른아파트)

신현동

대전광역시 유성구 배울2로 61, 1001동 501호 (관평동, 대덕테크노밸리10단지아파트)

양승철

대전광역시 유성구 문지로 22, 101동 101호(도룡동, 우성아파트)

곽동용

대전광역시 유성구 대덕대로577번길 51, 1동 303호(도룡동, 한국핵연료사원아파트)

이병국

세종특별자치시 보듬2로 42, 1403동 1702호 (도담동, 도람마을 14단지)

조현광

대전광역시 유성구 대덕대로577번길 51, 1동 104(도룡동, 한국핵연료사원아파트)

이준호

대전광역시 유성구 대덕대로577번길 51, 5동 203호(도룡동, 한국핵연료사원아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

실린더 내부 UF_6 기화 후 UF_6 heel이 포함된 상기 실린더에 불활성 가스를 공급하고 UF_6 의 삼중점 이상으로 승온, 승압하여 기화된 UF_6 heel을 UO_2F_2 반응기로 보내기 위한 기화기;

제 1 기상 분배기 및 제 2 기상 분배기를 구비하며 제 1 기상 분배기는 상기 기화기와 연결되어 기화기에서 생성된 UF_6 가스를 이용하며, 제 2 기상 분배기는 불활성가스와 과열증기 중 적어도 하나 이상을 공급하여 고상의 UO_2F_2 를 생성하여 UO_2 변환로에 공급하는 반응기;

상기 반응기와 연결되어 반응기에서 생성된 고상의 UO_2F_2 를 부산가스와 분리하여 UO_2 변환로에 공급하는 고·기상 분리기;

상기 고·기상 분리기와 연결되어 고·기상 분리기에서 공급된 부산가스를 통과시켜 일부 기체를 액화시키는 열교환기;

상기 열교환기를 통과하면서 생성된 액체와 가스를 분리하고; 가스를 배출하며 적절한 부압을 형성하는 팬을 포함하는 액·기상 분리기; 및

상기 분리된 고상의 UO_2F_2 를 UO_2 변환로에 공급하는 라인을 포함하는 UF_6 heel의 처리장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

제 4항에 있어서,

상기 반응기 내부 유속을 UO_2F_2 분말의 최소 유동화 속도보다 높게 제어하여 반응기 상부로 고상의 UO_2F_2 를 배출하는 것을 특징으로 하는 UF_6 heel의 처리장치.

청구항 9

제 4항에 있어서,

상기 고·기상 분리기의 내부 유속을 UO_2F_2 분말의 최소 유동화 속도보다 낮게 제어하는 것을 특징으로 하는 UF_6 heel의 처리장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 6불화우라늄(이하 ‘ UF_6 ’)의 기화 이후 실린더 내부에 잔류한 잔여물(이하 ‘ UF_6 heel’)의 처리방법 및 처리장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 재변환 공정의 기화 공정과 분리된 별도의 UF_6 heel 처리장치를 통하여 이산화우라늄(이하 ‘ UO_2 ’) 분말 제조의 중간물질인 고상의 우라닐 플루오라이드(이하 ‘ UO_2F_2 ’)를 기상반응으로 제조하여 재변환 공정에 공급하는 UF_6 heel의 처리방법 및 처리장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 경수로용 원자력연료를 제조할 때, 먼저 재변환 공정을 통해 UF_6 을 고상의 UO_2 분말로 제조한 후, 균질혼합과 분말준비공정을 거쳐 성형압분체로 가공한다. 이 성형압분체는 소결과 연삭을 거쳐 UO_2 소결체로 완성되며, UO_2 소결체는 연료봉에 장입되어 봉단마개 용접과 골격체 조립, 락커도포, 집합체 조립, 헬륨누출시험 등을 거쳐 원자력연료 집합체로 완성되는데, 이때의 핵심공정인 재변환 공정에 있어서, UF_6 기화 이후 UF_6 heel 처리를 통한 우라늄의 회수는 필수이다. 왜냐하면, UF_6 heel 처리는 처리비용이 값비싼 방사성 폐기물의 양을 줄이는 방법이며, 더불어 우라늄 회수율을 높여 원자력연료 제조 공정의 경제성을 높일 수 있는 바람직한 과정이기 때문이다.

[0003] 경수로용 원자력연료의 원료 물질인 UF_6 은 상온에서 고체 상태로 존재하며 그 증기압이 낮으므로 원하는 양만큼 반응기로 공급하기 어렵다. UF_6 은 삼중점(三重點)이 약 1.5barG에서 64.4℃로 삼중점 이상의 온도에서는 쉽게 기화한다. 그러므로 재변환 공정의 UO_2 변환로 내부로 UF_6 을 공급하기 위해서는 UF_6 을 삼중점 이상으로 가열하여야 하며, 현재 재변환 공정에서는 약 100℃로 기화기의 온도를 유지하여 기·액의 평형상태를 만들고 여기서 기상의 UF_6 만을 분리하여 사용한다.

[0004] 도 1에서 보다시피 종래의 재변환 공정에서는 콜드트랩(cold trap)을 사용하고 있는데, 기화기에서 실린더 내부의 UF_6 가 대부분 추출되면 공정 압력이 낮아지고, UF_6 의 공급 유량이 일정 한계 이하가 되면 콜드트랩 설비로 전환하여 UF_6 heel을 추출한다. 그리고 약 10개 실린더의 UF_6 heel을 회수하여 콜드트랩 내부의 UF_6 가 일정량 이상이 되면 기화공정과 동일하게 작업을 진행하여 기상의 UF_6 을 재변환 공정의 UO_2 변환로에 공급한다.

[0005] 하지만 종래의 콜드트랩을 이용한 UF_6 heel 처리는 공정의 압력 등이 불안정하여, 바람직하지 않은 UO_2 분말품질 평가와 UO_2 분말재순환 단계를 수반하므로 생산성이 낮아진다. 그리고 UF_6 heel 추출 효율도 좋지 않아 다량의 방사성 폐기물이 발생한다. 왜냐하면, 콜드트랩으로도 추출되지 않은 UF_6 heel은 별도의 UF_6 실린더 세척공정을 거쳐 중우라늄산나트륨 스크랩 등으로 침전하여 보관하기 때문이다.

[0006] 해외에서도 콜드트랩을 이용한 UF_6 heel 처리는 상기에 명기한 문제점과 안전상의 문제로 UF_6 heel 추출용 진공 펌프를 이용한 방법 등으로 변경되고 있다. 그러므로 경수로용 원자력연료 제조의 핵심공정인 재변환 공정을 안정하고 효율적으로 운전하여 UO_2 분말의 품질을 향상할 뿐만 아니라, UF_6 실린더 내부의 우라늄을 최대한 회수하여, UF_6 heel을 0.5kg 미만으로 최소화하는 바람직한 UF_6 heel 처리방법 및 처리장치가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은, 경수로용 원자력연료 제조의 핵심인 재변환 공정을 안정하고 효율적으로 운전하여 UO_2 분말의 품질을 향상하고, UF_6 heel의 양을 0.5kg 미만으로 최소화하여 처리비용이 비싼 방사성 폐기물 발생량을 줄일 수 있는 바람직한 우라늄 처리방법 및 처리장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 (1) UF_6 heel을 기화시키는 단계; (2)상기 기화된 UF_6 가스를 이용하여 고상의 UO_2F_2 를 생성하는 단계; (3)상기 고상의 UO_2F_2 와 부산(副産)가스를 분리하는 단계; 및 (4)상기 부산가스 중 불화수소를 분리하는 단계를 포함하는 UF_6 heel의 처리방법을 제공한다.

[0009] 상기 제 (1)단계는, UF_6 를 기화시키기 위해 불활성 가스를 공급하고, UF_6 의 삼중점 이상으로 온도를 올리는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 제 (4)단계는, 액·기상 분리기의 하부에서 불화수소 수용액을 분리하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 일실시예에 따르면 UF_6 heel을 기화시키기 위한 기화기; 상기 기화기와 연결되어 기화기에서 생성된 UF_6 가스를 이용하여 고상의 UO_2F_2 를 생성하는 반응기; 상기 반응기와 연결되어 반응기에서 생성된 고상의 UO_2F_2 를 부산가스와 분리하는 고·기상 분리기; 상기 고·기상 분리기와 연결되어 고·기상 분리기에서 공급된 부산가스를 통과시켜 일부 기체를 액화시키는 열교환기; 및 상기 열교환기를 통과하면서 생성된 액체와 가스를 분리하는 액·기상 분리기;를 포함하는 UF_6 heel의 처리장치를 제공한다.

[0012] 상기 반응기 내부에 기체를 균일하게 공급하기 위한 적어도 하나의 기상분배기가 구비된 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 반응기에서 고상의 UO_2F_2 를 생성하기 위하여 불활성가스와 과열증기 중 적어도 하나 이상을 공급하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 액·기상 분리기의 상부에 연결되며 생성된 가스 중 적어도 일부를 배출하는 팬을 구비한 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 반응기 내부 유속을 UO_2F_2 분말의 최소 유동화 속도보다 높게 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 상기 고·기상 분리기의 내부 유속을 UO_2F_2 분말의 최소 유동화 속도보다 낮게 제어하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 별도의 UF_6 heel 처리공정으로 UO_2 분말의 중간물질인 고상의 UO_2F_2 를 제조함으로써 UO_2 분말의 품질과 제조 공정의 안정성을 향상할 수 있으며, UF_6 실린더 내부의 UF_6 heel을 0.5kg 미만으로 최소화함으로써 처리 비용이 값비싼 방사성 폐기물 발생량을 줄이는 바람직한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 종래의 콜드트랩을 이용한 UF_6 heel의 처리방법을 보여준다.

도 2는 본 발명의 재변환 공정을 보여준다.

도 3은 본 발명의 UF_6 heel 처리방법 및 처리장치를 보여준다.

도 4는 본 발명의 UO_2F_2 반응기를 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0020] 본 발명의 일 형태에 따른 UF_6 heel의 처리방법은 (1) UF_6 heel을 기화시키는 단계; (2)상기 기화된 UF_6 가스를 이용하여 고상의 UO_2F_2 를 생성하는 단계; (3)상기 고상의 UO_2F_2 와 부산(副産)가스를 분리하는 단계; 및 (4)상기

부산가스 중 불화수소를 분리하는 단계를 포함한다.

- [0021] 먼저 실린더 내부 UF₆의 기화 이후, UF₆ heel을 추출하기 위하여 UF₆의 삼중점 이상으로 온도를 올리거나 경우에 따라 불활성 가스를 공급하여 압력을 올릴 수 있는데, 불활성 가스는 질소가스를 포함하지만 이에 한정하지 않는다. 보다 바람직하게는 UF₆ heel 처리공정 운전방법에 따라 반복하여 진행할 수 있다.
- [0022] 상기의 방법으로 얻은 UF₆ 가스를 UO₂F₂를 제조하는 반응기(72)로 공급하는 과정에서, UF₆ 가스량에 따라 불활성 가스와 과열증기를 적정한 비율로 함께 공급한다. 이와 같이 함께 공급한 가스들을 원료로 하기의 반응식(1)에 의해 고상의 UO₂F₂를 얻을 수 있다. 이 때 생성된 고상의 UO₂F₂ 중 일부는 하부로 배출될 수 있다.
- [0023] <반응식 1>
- [0024]
$$UF_6(g) + (2+x)H_2O(g) + N_2(g) \rightarrow UO_2F_2(s) + 4HF(g) + xH_2O(g) + N_2(g)$$
- [0026] UO₂F₂ 반응기(72)에서 얻은 고상의 UO₂F₂와 부산가스를 분리하기 위하여 고·기상 분리기(73)로 공급한다. 고상의 UO₂F₂ 대부분이 고·기상 분리기(73)의 하부로 배출되고, 배출된 UO₂F₂는 UO₂F₂ 반응기(72)에서 생성되어 일부 배출된 고상의 UO₂F₂와 함께 UO₂ 변환로(2)로 공급된다.
- [0027] 상기 고·기상 분리기(73)에서 분리된 부산가스는 열교환기(741)를 지나면서 일부가 응축될 수 있으며, 이때 액·기상 분리기(74)로 공급되어 상부에서는 대부분이 질소가스로 팬(742)에 의해 배출된다. 하부에서는 불화수소 수용액이 분리되어 펌프(743)에 의해 이송될 수 있다.
- [0028] UF₆ heel 처리장치는 UF₆ heel을 기화하기 위한 UF₆ heel 전용 기화기(71), 상기 UF₆ heel 전용 기화기(71)와 연결되어 기화기(71)에서 생성된 UF₆ 가스를 이용하여 UO₂F₂를 제조하는 반응기(72), 상기 반응기(72)와 연결되어 반응기(72)에서 생성된 고상의 UO₂F₂를 부산가스와 분리하는 고·기상 분리기(73), 상기 고·기상 분리기(73)와 연결되어 고·기상 분리기(73)에서 공급된 부산가스를 통과시켜 액체를 응축시키는 열교환기(741) 및 상기 열교환기(741)에서 응축된 불화수소 수용액과 가스로 분리하는 액·기상 분리기(74)를 포함할 수 있다.
- [0029] 바람직하게는, 도 3에 도시된 바와 같이 UF₆ heel을 처리하기 위해 재변환 공정과 독립적인 UF₆ heel 처리장치에서, UF₆ heel 전용 기화기(71)를 이용하여 상기 처리방법에 따라 UF₆ 실린더 내부에 불활성 가스를 공급하여 승압하거나 삼중점 이상으로 온도를 올려 기화를 시키기 위해 별도의 장치를 구비할 수 있다.
- [0030] UF₆ heel 전용 기화기(71)에서 생성된 UF₆ 가스를 과열증기와 바람직한 비율의 질소를 포함하는 불활성 가스와 함께 고상의 UO₂F₂를 제조하는 UO₂F₂ 반응기(72)에 공급한다. 이때 UO₂F₂ 반응기(72)는 필요에 따라 계측기(721)와 제어밸브(722A, 722B, 722C)를 포함할 수 있는데, UF₆ 가스의 공급량은 구비된 계측기(721)와 제어밸브(722A)에 의해 조절할 수 있다. 과열증기는 과열증기 제어밸브(722B), 질소가스는 질소가스 제어밸브(722C)에 의해 조절된다.
- [0031] UO₂F₂ 반응기(72)는 도 4에 자세히 나타나 있는데, UF₆ 가스를 균일하게 공급하기 위한 UF₆ 가스의 기상분배기(723A)와 질소가스 혹은 과열증기의 분배기(723B)에 의하여 반응식 1에 따라 고상의 UO₂F₂가 제조된다. 생성된 고상의 UO₂F₂ 일부는 UO₂F₂ 반응기(72) 하부로 배출될 수 있지만, 바람직하게는 상부로 고상의 UO₂F₂가 배출될 수 있도록 UO₂F₂ 반응기(72) 내부 유속을 UO₂F₂ 분말의 최소 유동화 속도보다 높게 제어한다.
- [0032] UO₂F₂ 반응기(72)의 상부에서 유출된 고상의 UO₂F₂와 부산가스를 각각 분리하기 위해 고·기상 분리기(73)로 공급된다. 이곳에서 대부분의 고상의 UO₂F₂가 분리기(73)의 하부로 배출되는데 이를 용이하게 하기 위하여 고·기상 분리기(73)의 내부 유속을 UO₂F₂ 분말의 최소 유동화 속도보다 낮게 제어한다. 이렇게 분리된 고상 UO₂F₂는 이전의 UO₂F₂ 반응기(72)의 하부에서 배출된 고상의 UO₂F₂와 함께 UO₂ 변환로(2)로 공급된다. 이 때 고·기상 분리기(73)의 형태는 한정되지 않으며, 부산가스가 내부에서 응축되지 않도록 장치 조건을 설정하여야 한다.
- [0033] 액·기상 분리기(74)는 전단에 열교환기(741), 후단의 상부에는 팬(742), 하부에는 펌프(743)를 포함할 수 있는데, 고·기상 분리기(73)에서 배출된 부산 가스는 열교환기(741)를 통과하며 일부 가스가 저농도 불화수소 수용

액으로 응축될 수 있다. 응축된 수용액과 부산가스를 분리하기 위하여 액·기상 분리기(74)로 공급되며, 액·기상 분리기(74)의 하부에서 저농도의 불화수소 수용액이 분리될 수 있고 이는 액·기상 분리기(74)와 연결된 펌프(743)에 의해 처리된다. 불화수소가 제거된 부산가스는 대부분이 질소가스로 구성될 수 있으며 액·기상 분리기(74)의 상부에 연결된 팬(742)에 의해 배출된다. 액·기상 분리기(74)의 상부에 연결된 팬(742)은 본 발명의 대부분 공정을 적절한 부압으로 유지하고 방사성 물질이 외부로 누출되는 것을 방지하는 역할에 기여할 수 있다.

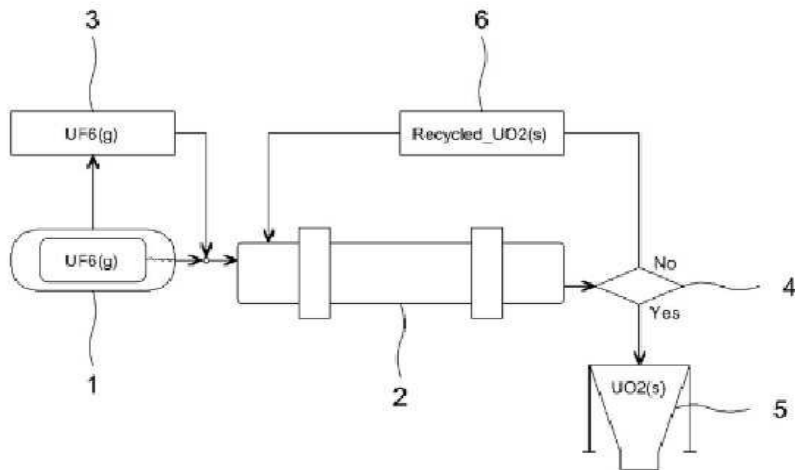
[0034] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

부호의 설명

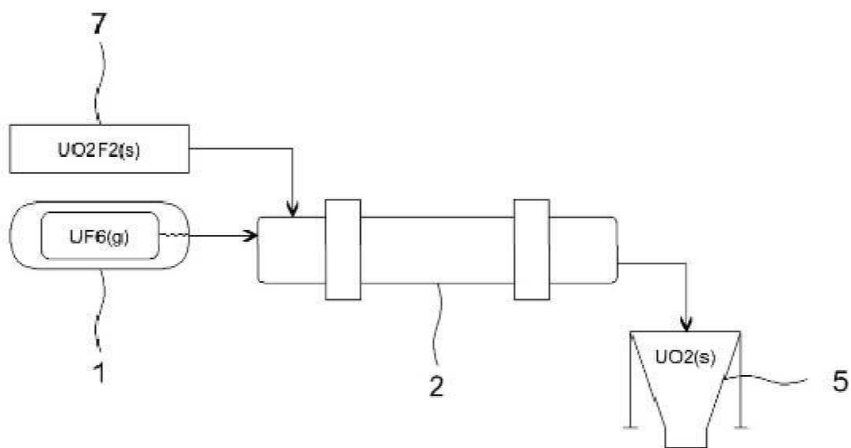
- [0036]
- 1 : 기화기
 - 2 : UO_2 변환로
 - 3 : 콜드트랩
 - 4 : UO_2 분말품질평가
 - 5 : UO_2 컨테이너
 - 6 : UO_2 분말재순환
 - 71 : UF_6 heel 전용기화기
 - 72 : UO_2F_2 반응기
 - 721 : 계측기
 - 722A : UF_6 제어밸브
 - 722B : 과열증기 제어밸브
 - 722C : 질소 가스 제어밸브
 - 723A : UF_6 가스의 기상분배기
 - 723B : 질소가스와 과열증기의 기상분배기
 - 73 : 고·기상분리기
 - 74 : 액·기상분리기
 - 741 : 열교환기
 - 742 : 팬
 - 743 : 펌프

도면

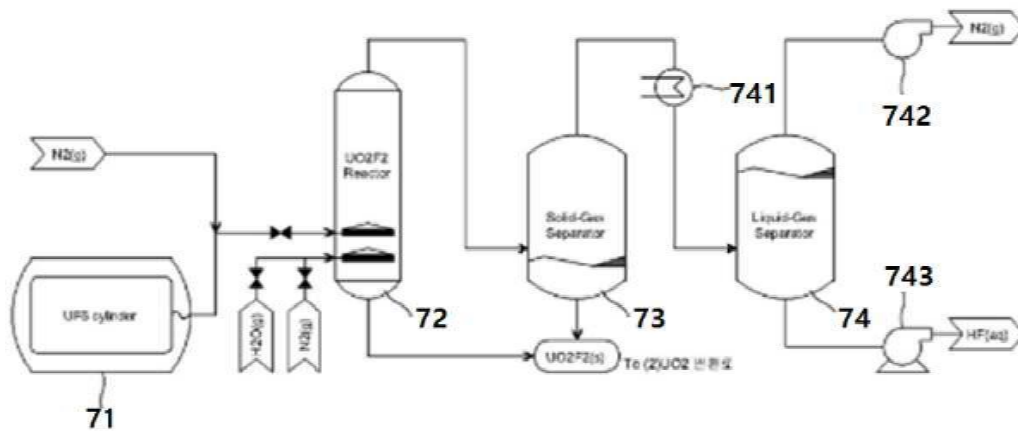
도면1



도면2



도면3



도면4

