

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. B22D 11/06 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년03월10일 10-0557823 2006년02월27일
---------------------------------------	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2003-0020274 2003년03월31일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2004-0085555 2004년10월08일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자

한국원자력연구소  
대전 유성구 덕진동 150번지

한국수력원자력 주식회사  
서울특별시 강남구 삼성동 167번지

(72) 발명자

김창규  
대전광역시유성구전민동엑스포아파트509동1102호

김기환  
대전광역시유성구신성동삼성한올아파트109동301호

오석진  
대전광역시서구월평동태영무궁화아파트104동405호

장세정  
대전광역시유성구어은동한빛아파트126동1102호

김응수  
대전광역시유성구전민동청구나래아파트102동1102호

(74) 대리인

특허법인 엘엔케이

심사관 : 김종혁

(54) 우라늄 박판의 제조방법 및 장치와 이에 의해 제조된우라늄 박판

요약

본 발명은 도가니 내부의 감압과 챔버 내부의 가압으로 용탕을 도가니 내에 유지하면서, 슬롯을 냉각롤 표면에 매우 근접한 상태에서 용탕을 슬롯을 통하여 냉각롤 표면에 배출하여 응고시킴으로 우라늄 결정립이 미세하고 불규칙적인 방향성을 가지는 우라늄 박판의 제조방법 및 장치와 이에 의해 제조된 우라늄 박판에 관한 것이다.

이와 같은 우라늄 박판의 제조방법 및 장치를 제공함으로써, 재질의 특성을 보다 향상시키고 두께가 균일하고 폭이 넓은 박판을 연속적으로 제조하도록 하여 우라늄 박판의 제조를 보다 용이하게 하는 것이다.

대표도

도 1

색인어

우라늄, 박판, 급속냉각, 역압

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 본 발명의 다른 제조공정을 보인 블록도,
- 도 2는 본 발명의 다른 제조장치를 보인 개략적인 종단면도,
- 도 3은 도 2에 따른 제조장치의 개략적인 측단면도,
- 도 4는 본 발명의 다른 제조장치의 작동상태를 보인 단면도,
- 도 4a는 진공 중에 가열되는 상태를 보인 요부 확대 단면도,
- 도 4b는 불활성가스가 충전되는 상태를 보인 요부 확대 단면도,
- 도 4c는 역압이 형성되는 상태를 보인 요부 확대 단면도,
- 도 4d는 슬롯이 근접하여 용탕이 분사되는 상태를 보인 요부 확대 단면도,
- 도 4e는 도 4d에 따른 A부분의 확대도,
- 도 4f는 용탕의 분사각도가 조절되는 것을 보인 요부 확대 단면도,
- 도 5는 실시예 1에 의해 제조된 우라늄 박판의 주사식 전자현미경 사진,
- 도 6은 실시예 1에 의해 제조된 우라늄 박판의 X선 회절패턴을 보인 그래프,
- 도 7은 실시예 2에 의해 제조된 우라늄 박판의 주사식 전자현미경 사진,
- 도 8은 실시예 2에 의해 제조된 우라늄 박판의 X선 회절패턴을 보인 그래프.

\* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

10a : 챔버진공부

11a : 챔버 12a : 배기펌프 13a : 배기관

20a : 용해 및 박판형성부

21a : 도가니 22a : 노즐 23a : 슬롯

24a : 고주파유도코일

30a : 접촉급냉부

31a : 냉각롤

40a : 슬롯근접부

41a : 슬라이딩봉 42a : 유압실린더 43a : 고정판

50a : 밀폐고정부

60a : 역압형성부

61a : 가스충진관 62a : 가스개폐밸브 63a : 도가니유통관

64a : 개폐밸브

70a : 용탕분사부

71a : 가스주입관 72a : 가스주입개폐밸브

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 도가니 내부의 감압과 챔버 내부의 가압으로 용탕을 도가니 내에 유지하면서, 슬롯을 냉각롤 표면에 매우 근접한 상태에서 용탕을 슬롯을 통하여 냉각롤 표면에 배출하여 응고시킴으로 우라늄 결정립이 미세하고 불규칙적인 방향성을 가지는 우라늄 박판의 제조방법 및 장치와 이에 의해 제조된 우라늄 박판에 관한 것이다.

일반적으로, 원자력 분야에서 알려진 기술의 하나인 우라늄 박판을 제조하는 방법은 우라늄 또는 우라늄합금을 제조한 후 주피를 절단하고, 열간압연하여 제조하는 것이다.

이 방법을 보다 상세히 설명하면, 우라늄 또는 우라늄합금 주피를 진공 유도용해로에서 1300℃ 정도에서 등온상태로 유지한 후에 판상으로 진공주조하거나, 봉 형태의 주피를 적당한 크기의 판상으로 절단하여 600℃ 이상의 고온이면서 불활성 분위기에서 열간압연 및 열처리를 반복적으로 수행하여 점차 주피의 두께를 얇게 함으로써 최종적으로 100~500 $\mu$ m의 얇은 우라늄 박판을 제조하는 것이다.

아울러, 제조된 우라늄 박판이 조사실험 중에 과다하게 팽윤되는 것을 방지하기 위해 미세한 등방적인 결정립 조직을 얻도록 진공 중 800℃ 정도에서 열처리 및 소입을 수행하여야 하는 것이다.

따라서, 상기와 같이 우라늄 박판의 제조공정은 매우 복잡하고 까다로운 문제점이 있다.

또한, 우라늄이나 우라늄합금은 강하고 연성이 부족하기 때문에 상기와 같은 열간압연공정은 매우 어려운 작업이다.

그리고, 상기의 압연공정 중에 우라늄에 내재해 있던 잔류응력으로 인해 우라늄 박판의 내부에 균열이 생겨 손상된 불량 박판이 제조됨으로, 회수율이 낮아지는 문제점이 있다.

아울러, 상기의 회수율의 저하는 고가인 우라늄에 있어서는 비경제적인 제조방법이다.

또한, 우라늄은 산화성 물질이므로 진공이나 불활성 분위기에서 가열하고 열간압연을 하여야 함으로, 주피의 두께를 조정하기 위해 수 차례 계속되는 열간 압연과정은 매우 번거로울 뿐 만 아니라 긴 시간이 소요되고, 그에 따라 우라늄 박판의 생산성이 현저히 낮아지는 요인이 된다.

또한, 우라늄박판은 우라늄 주피로부터 수회의 열간압연으로 인해 잔류응력을 가지고 있고 박판제조 중이나 조사과정 중의 열순환(thermal cycling)에 의한 변형이나 파손이 생길 수 있다.

또한, 열간압연에 의해 제조된 우라늄 박판은 압연 시에 혼입된 표면산화물 등 불순물을 제거하기 위한 부가적인 공정이 더 필요함으로, 공정의 복잡성이 증대되는 문제점이 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

이에 본 발명은 상기한 바와 같은 종래의 제반 문제점을 해소하기 위해서 안출된 것으로,

그 목적은 도가니 내부의 감압과 챔버 내부의 가압으로 용탕을 도가니 내에 유지하면서, 슬롯을 냉각롤 표면에 매우 근접한 상태에서 용탕을 슬롯을 통하여 냉각롤 표면에 배출하여 응고시킴으로 우라늄 결정립이 미세하고 불규칙적인 방향성을 가지도록 하여 재질의 특성을 보다 향상시키고 두께가 균일하고 폭이 넓은 박판을 연속적으로 제조하도록 하여 우라늄 박판의 제조를 보다 용이하게 하는 우라늄 박판의 제조방법 및 장치를 제공함에 있다.

또한, 본 발명의 다른 목적은 제조된 우라늄 박판이 압연을 하지 않고도 강인한 성질을 가지게 되는 우라늄 박판의 제조방법 및 장치를 제공함에 있다.

또한, 본 발명의 다른 목적은 우라늄의 회수율이 현저히 높아지면서 동시에 단시간 내에 양호한 성질의 우라늄 박판을 대량으로 생산하도록 하는 우라늄 박판의 제조방법 및 장치를 제공함에 있다.

또한, 본 발명의 다른 목적은 잔류응력이 박판의 내부로 형성되는 것을 방지하는 우라늄 박판의 제조방법 및 장치를 제공함에 있다.

또한, 본 발명의 다른 목적은 서로 다른 결정 방향을 갖는 결정립이 불규칙하게 분포되어 거시적으로 등방성을 갖는 우라늄 박판을 제공함에 있다.

상기와 같은 목적을 달성하기 위해서, 본 발명은 하부로 슬롯이 형성된 노즐을 갖는 도가니의 내부에 우라늄을 포함한 금속원소를 장입한 후에 진공상태에서 상기 도가니를 가열하는 진공가열단계와; 상기 금속원소가 용해되기 전에 챔버의 진공을 파기하고 불활성가스를 챔버와 도가니 내로 일정한 압력에 도달할 때까지 충전하는 불활성가스충진단계와; 상기 챔버의 내부로 불활성가스가 완전히 충전된 후에 도가니를 밀폐하고 상기 도가니의 내부보다 상기 챔버가 고압이 되도록 챔버의 내부에 추가로 불활성가스를 주입하여 상기 도가니에 역압이 형성되도록 하는 역압형성단계와; 상기 도가니의 역압형성이 지속되는 동안 금속원소를 계속 가열하고 완전히 용해시켜 일정한 온도의 용탕을 만든 후에 상기 도가니를 하향으로 이동시켜 일정한 속도로 회전하는 냉각롤의 외주면에 슬롯을 근접시키는 슬롯근접단계와; 상기 슬롯이 냉각롤에 근접한 다음에 도가니의 내부로 불활성가스를 더 주입하여 상기 도가니의 역압을 파기하면서 상기 냉각롤의 외주면에 일정한 분사압력으로 용탕을 슬롯에 의해 박판형태로 분사하는 용탕분사 및 박판형성단계와; 분사된 용탕의 일면이 냉각롤의 외주면과 접촉한 후에 상기 냉각롤과 함께 회전이동하면서 급속히 냉각되는 직접접촉급냉단계와; 냉각되어 응고된 박판은 냉각롤의 일측에 설치되는 회수용기로 이동되어 수집되는 박판수집단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조방법을 제공하는 것이다.

또한, 밀폐된 챔버와, 상기 챔버의 외부로 설치된 배기펌프와, 상기 챔버와 배기펌프를 연결하는 배기관으로 구성되어 상기 챔버의 내부를 진공상태로 만드는 챔버진공부와; 상기 챔버의 내부로 설치되는 도가니와, 상기 도가니의 하부에 일체로 형성되는 노즐과, 상기 노즐의 끝으로 형성되는 슬롯과, 상기 도가니의 외부에 감긴 고주파유도코일로 구성되는 용해 및 박판형성부와; 상기 슬롯에 의해 형성된 박판의 일면이 접촉되어 급냉되도록, 상기 슬롯의 하부로 챔버의 내부에 일정한 속도로 구동되도록 설치되는 냉각롤로 구성되는 접촉급냉부와; 상기 슬롯이 냉각롤에 근접하도록 도가니를 상하로 이동하는 슬롯근접부와; 상기 슬롯근접부와 도가니의 사이에 장착되어 상기 도가니의 상부를 밀폐하여 고정하는 밀폐고정부와; 상기 챔버의 내부와 유통되도록 구비되고 가스개폐밸브를 갖는 가스충진관과, 밀폐고정부를 통해 도가니의 내부와 유통되어 상기 챔버의 내부와 연결되고 개폐밸브를 갖는 도가니유통관으로 구성되는 역압형성부와; 상기 도가니유통관에 연결되고 가스주입개폐밸브를 갖는 가스주입관으로 구성되는 용탕분사부로 구성되는 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조장치를 제공하는 것이다.

**발명의 구성 및 작용**

이하, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다.

도 1에 도시한 바와 같이 본 발명의 다른 제조공정을 보인 블록도로 본 발명을 설명하면 다음과 같다.

본 제조방법은 근접거리세팅단계(S0)와, 진공가열단계(S10)와, 불활성가스충진단계(S20)와, 역압형성단계(S30)와, 슬롯근접단계(S40)와, 용탕분사 및 박판형성단계(S50)와, 직접접촉급냉단계(S60)와, 박판수집단계(S70)가 순차적으로 이루어져 우라늄 박판을 제조하도록 구성되는 것이다.

그리고, 상기한 우라늄 박판의 제조방법은 우라늄뿐만 아니라 우라늄을 포함한 금속원소에 대한 박판의 제조방법을 말하는 것이고, 특히 상기한 우라늄을 포함한 금속원소는 U-Q-X-Y의 관계를 가지되, Q와 X와 Y는 Al, Fe, Ni, Si, Cr, Zr, Mo, Nb로 구성된 군중에서 선택된 하나의 원소이고, Q ≠ X ≠ Y이며, Q는 0 내지 10 wt.%이고, X는 0 내지 1 wt.%이며, Y는 0 내지 1 wt.%인 것을 말하는 것이다.

보다 상세한 설명으로, 상기 근접거리세팅단계(S0)는 도가니를 하향으로 이동하여 슬롯이 냉각롤의 표면에 완전히 밀착되는 위치를 영점으로 만들고 이 영점의 위치에서 상기 도가니를 상향으로 이동하여 상기 슬롯이 상기 냉각롤에 근접되는 점을 미리 지정하도록 하는 단계를 말하는 것으로, 근접 위치의 지정으로 상기 슬롯이 상기 냉각롤에 보다 정확하게 자동으로 근접되도록 하는 것이다.

또한, 상기 진공가열단계(S10)는 하부로 노즐을 갖는 도가니의 내부에 우라늄을 포함한 금속원소를 장입한 후에 도가니가 수용되는 챔버를 밀폐하고 진공상태를 만들며, 상기 챔버가 일정한 진공도에 도달한 다음에 도가니를 고주파유도코일로 가열하는 단계를 말하는 것이다.

여기서, 상기 진공가열단계(S10)는 진공상태에서 도가니를 고주파유도코일로 가열하여 도가니에 장입된 우라늄을 포함한 금속원소가 탈가스 상태에서 용해되도록 하는 것이다.

그리고, 상기 진공가열단계(S10)에서 챔버 내부의 진공도는  $10^{-3} \sim 10^{-5}$  torr인 것이 바람직한 데, 상기 챔버의 진공도가  $\{10\}^{-3}$  torr보다 크면 탈가스가 적절히 이루어지지 않게 되고, 상기 챔버의 진공도가  $\{10\}^{-5}$  torr 보다 작으면 불필요하고 과도한 진공도로 불활성 가스의 충전과 역압의 형성에 어려움이 발생하기 때문이다.

또한, 상기 불활성가스충진단계(S20)는 진공가열단계(S10)에 의해 진공상태에서 도가니의 내부가 가열되어 장입된 금속원소가 용융되기 전에 챔버의 진공을 파괴하고 불활성가스를 챔버와 도가니 내로 일정한 압력에 도달할 때까지 충전하는 단계를 말하는 것이다.

그리고, 상기 불활성가스충진단계(S20)에서는 금속원소가 용융되기 전에 진공을 파괴하기 하는데, 이는 금속원소의 용융액이 도가니의 하부 노즐을 통해 누출되기 전에 역압을 형성하기 위한 것이다.

또한, 상기 역압형성단계(S30)는 불활성가스충진단계(S20)에 의해 챔버의 내부로 불활성가스가 완전히 충전된 후에 도가니를 밀폐하고 도가니의 내부보다 챔버가 고압이 되도록 챔버의 내부에 추가로 불활성가스를 주입하여 도가니에 역압이 형성되도록 하는 단계를 말하는 것이다.

여기서, 상기 역압형성단계(S30)는 도가니의 내부와 챔버의 내부의 압력차에 의해 우라늄을 포함한 금속원소가 용융 중에 도가니의 하부 개구된 노즐을 통해 누출되지 않도록 하는 것이다.

그리고, 상기 역압형성단계(S30)에서 도가니의 내부와 챔버의 내부의 압력차는 30torr 내지 300torr인 것이 바람직한 데, 이는 압력차가 30torr보다 낮으면 용탕이 그 중량에 의해 노즐을 통해 외부로 누출되고, 압력차가 300torr보다 높으면 도가니가 파손되거나 용탕이 도가니의 상부로 상승하게 되기 때문이다.

또한, 상기 슬롯근접단계(S40)는 역압형성단계(S30)가 지속되는 동안 금속원소를 계속 가열하여 일정한 온도의 용탕을 만든 후에 도가니를 하향으로 이동시켜 슬롯을 일정한 속도로 고속회전하는 냉각롤의 표면에 근접시키는 단계를 말하는 것이다.

상기 슬롯근접단계(S40)에서 용탕의 온도는 1150℃ 내지 1400℃인 것이 바람직한 데, 이는 1150℃보다 낮은 온도에서는 금속원소가 완전히 용해되지 않고, 1400℃보다 높으면 금속원소의 용탕이 필요이상으로 과열되기 때문이다.

그리고, 상기 슬롯근접단계(S40)에서 슬롯과 냉각롤 간의 간격은 0.3mm 내지 1.0mm인 것이 바람직한 데, 상기 슬롯과 냉각롤간의 간격이 0.3mm 보다 작으면 배출되는 용탕이 상기 슬롯의 외부를 둘러싼 상태로 응고되어 적절한 박판의 제조가 이루어지지 않게 되고, 상기 슬롯과 냉각롤 간의 간격이 1.0mm보다 크게 되면 용탕의 불규칙한 분사에 의해 용탕이 상기 냉각롤의 표면에 낙하하면서 응고된 후에 거친 표면을 갖는 박판으로 형성되기 때문이다.

또한, 상기 용탕분사 및 박판형성단계(S50)는 슬롯이 냉각롤에 근접한 다음에 도가니의 내부로 불활성가스를 더 주입하여 상기 도가니의 역압을 파기하면서 상기 냉각롤의 외주면에 일정한 분사압력으로 용탕을 슬롯에 의해 박판형태로 분사하는 단계를 말하는 것이다.

여기서, 상기 슬롯의 개구된 폭은 0.3mm 내지 1.0mm인 것이 바람직한 데, 이는 개구된 폭이 0.3mm보다 작으면 박판이 연속으로 만들어지지 않고 끊김과 이어짐이 반복되는 상태로 제조되고, 개구된 폭이 1.0mm보다 크면 박판의 상면에 굴곡이 형성되기 때문이다.

그리고, 상기 용탕분사 및 박판형성단계(S50)에서 노즐의 슬롯을 통한 용탕의 분사압력은 0.2kg/cm<sup>2</sup> 내지 2.5kg/cm<sup>2</sup>인 것이 바람직한 데, 분사압력이 0.2kg/cm<sup>2</sup>보다 작으면 슬롯을 통해 용탕이 적절히 배출되지 못하고, 분사압력이 2.5kg/cm<sup>2</sup>보다 크면 과도한 배출로 일정한 두께의 박판을 제조하지 못하기 때문이다.

또한, 상기 직접접촉급냉단계(S60)는 분사된 용탕의 일면이 냉각롤의 외주면과 접촉한 후에 상기 냉각롤과 함께 회전이동하면서 급속히 냉각되는 단계를 말하는 것이다.

여기서, 상기 냉각롤의 회전속도는 200rpm 내지 1200rpm인 것이 바람직한 데, 냉각롤의 회전속도가 200rpm보다 작으면 노즐로부터 슬롯을 통해 배출되는 용탕이 적층되어 박판의 두께가 일정하지 않게 되고, 상기 냉각롤의 회전속도가 1200rpm보다 크면 박판의 두께가 일정하지 않게 되는 것은 물론 끊김과 이어짐이 반복되는 상태로 박판이 제조되기 때문이다.

또한, 상기 박판수집단계(S70)는 냉각되어 응고된 박판이 냉각롤의 일측에 설치되는 회수용기로 이동되어 수집되는 단계를 말하는 것이다.

따라서, 본 제조방법은 진공상태에서 탈가스된 상태로 우라늄을 포함한 금속원소를 용해하고 불활성 가스를 사용하여 도가니와 챔버에 역압을 형성하여 용탕이 흘러내리지 않게 방지한 상태에서 완전히 용해시켜 용탕을 만들고 냉각롤에 슬롯을 근접한 상태에서 용탕을 분사하여 급속도로 냉각하여 순식간에 미세한 결정립을 가지는 우라늄 박판을 다량으로 제조하도록 구성되는 것이다.

한편, 도 2에 도시한 바와 같이 본 발명의 다른 제조장치를 보인 개략적인 종단면도로 본 제조장치의 구성을 설명하면 다음과 같다.

본 제조장치는 챔버(11a)의 내부로 진공을 형성하는 챔버진공부(10a)와, 상기 챔버(11a)의 내부로 구비되고 우라늄을 포함하는 금속원소를 용해하여 박판을 형성하는 용해 및 박판형성부(20a)와, 상기 용해 및 박판형성부(20a)에 의해 형성된 박판을 접촉하여 급속히 냉각하는 접촉급냉부(30a)와, 도가니(21a)를 하향으로 이동하여 슬롯(23a)을 냉각롤(31a)의 외주에 근접시키는 슬롯근접부(40a)와, 상기 챔버(11a)와 도가니(21a)에 역압을 형성하는 역압형성부(60a)와, 상기 슬롯(23a)을 통해 용탕이 분사되도록 하는 용탕분사부(70a)와, 형성된 박판을 회수하는 박판회수부(80a)와, 상기 도가니(21a)를 좌우로 이동하여 상기 냉각롤(31a)에 대한 용탕의 분사각도를 조절하는 분사각도조절부(90a)로 구성되는 것이다.

보다 상세한 설명으로, 상기 챔버진공부(10a)는 밀폐된 챔버(11a)가 구비되고, 상기 챔버(11a)의 외부로 배기관(13a)으로 연결된 배기펌프(12a)가 구비되어 구성되는 것으로, 상기 배기펌프(12a)의 작동으로 상기 챔버(11a)의 내부에 공기를 상기 배기관(13a)을 통해 외부로 배출하여 상기 챔버(11a)의 내부에 적절한 진공도가 형성되도록 하는 것이다.

또한, 상기 용해 및 박판형성부(20a)는 투명한 석영재질로 형성된 도가니(21a)가 구비되고, 상기 도가니(21a)의 하부로 슬롯(23a)을 갖는 노즐(22a)이 일체로 형성되며, 상기 도가니(21a)의 외부로 고주파유도코일(24a)이 감기어 구성되는 것으로, 상기 도가니(21a)의 내부에 우라늄을 포함하는 금속원소를 장입한 다음에 상기 고주파유도코일(24a)로 가열하여 이 금속원소를 용해한 후 용탕을 만들고, 이 용탕을 상기 슬롯(23a)을 통해 박판형태로 분사하여 박판이 형성되도록 하는 것이다.

또한, 상기 접촉급냉부(30a)는 슬롯(23a)의 하부로 챔버(11a)의 내부에 일정한 회전속도로 구동되도록 냉각롤(31a)이 구비되어 상기 슬롯(23a)을 통해 분사되는 박판형태의 용탕이 상기 냉각롤(31a)과 접촉하면서 급속히 냉각되도록 하는 것이다.

또한, 상기 슬롯근접부(40a)는 도가니(21a)의 상부에 연결된 슬라이딩봉(41a)을 하향으로 이동하도록 상기 슬라이딩봉(41a)의 상부로 고정판(43a)에 의해 고정된 유압실린더(42a)가 장착되고, 상기 고정판(43a)의 일측으로 나선축(44a)이 회전 가능하게 구비되며, 상기 나선축(44a)에 웜기어(45a)가 맞물리도록 구비되고, 상기 웜기어(45a)를 회전하는 회전손잡이(46a)가 구비되어 구성되는 것이다.

여기서, 상기 슬롯근접부(40a)는 유압실린더(42a)로 슬라이딩봉(41a)을 하향으로 이동하여 도가니(21a)의 슬롯(23a)이 냉각롤(31a)의 외주에 근접되도록 하는 것이다.

그리고, 상기 웜기어(45a)는 회전손잡이(46a)의 회전에 의해 슬라이딩봉(41a)을 하향으로 이동시켜 슬롯(23a)과 냉각롤(31a) 간의 간격을 사용자의 조작에 의해 수동조작으로 미리 정한 다음에 용탕이 분사되도록 상기 슬롯(23a)이 상기 냉각롤(31a)의 외주에 근접할 때 미리 정해진 거리만큼 유압실린더(42a)에 의해 자동으로 이동되도록 하는 것이다.

또한, 상기 밀폐고정부(50a)는 도가니(21a)의 상부를 밀폐하면서 고정하는 역할을 하는 것이다.

또한, 상기 역압형성부(60a)는 챔버(11a)에 가스개폐밸브(62a)를 갖는 가스충진관(61a)이 구비되고, 상기 챔버(11a)의 내부와 도가니(21a)의 내부가 연결되어 유통되도록 개폐밸브(64a)를 갖는 도가니유통관(63a)이 구비되어 구성되는 것이다.

여기서, 상기 역압형성부(60a)는 가스충진관(61a)을 통해 챔버(11a)와 도가니(21a)에 불활성 가스를 충전한 하여 동일한 압력이 되도록 한 다음에, 도가니유통관(63a)에 장착된 개폐밸브(64a)를 차단하고 상기 챔버(11a)의 내부로 상기 가스충진관(61a)을 통해 추가로 불활성 가스를 더 주입하여 상기 챔버(11a)와 도가니(21a)에 압력차가 형성되도록 함으로써, 상기 도가니(21a)의 내부로 고주파유도코일(24a)의 가열에 의해 형성된 용탕이 슬롯(23a)을 통해 배출되지 않도록 하는 것이다.

또한, 상기 용탕분사부(70a)는 도가니유통관(63a)에 분지된 가스주입관(71a)이 구비되고, 상기 가스주입관(71a)에 가스주입개폐밸브(72a)가 장착되어 구성되는 것으로, 역압의 형성으로 도가니(21a)의 내부에서 용탕이 적절히 형성되면 상기 가스주입개폐밸브(72a)를 개방하여 상기 가스주입관(71a)을 통해 불활성 가스가 주입되고, 이 주입된 불활성 가스가 상기 도가니유통관(63a)을 통해 상기 도가니(21a)의 내부로 주입되어 용탕이 슬롯(23a)을 통해 분사되도록 하는 것이다.

또한, 상기 박판회수부(80a)는 냉각롤(31a)에 의해 급속히 냉각되는 박판을 회수하도록 상기 냉각롤(31a)의 일측에 박판회수날(81a)이 맞닿아 구비되고, 상기 박판회수날(81a)을 지지하면서 회수된 박판이 이동되는 회수안내관(82a)이 구비되며, 상기 회수안내관(82a)의 일측으로 회수된 박판이 수집되는 회수용기(83a)가 구비되어 구성되는 것이다.

여기서, 상기 박판회수날(81a)은 태프론 재질로 형성되어 냉각롤(31a)의 표면에 손상을 주지 않으면서 냉각된 박판이 용이하게 상기 냉각롤(31a)의 표면에서 이탈되도록 하는 것이다.

또한, 상기 분사각도조절부(90a)는 밀폐고정부(50a)와 슬라이딩봉(41a)의 사이에 구비되어, 도가니(21a)를 전체적으로 좌우로 이동하도록 하여 슬롯(23a)을 통해 냉각롤(31a)의 외주로 분사되는 용탕의 분사각도를 조절하도록 하는 것이다.

그리고, 상기 분사각도조절부(90a)의 원활한 이동을 위해 도가니유통관(63a)은 유연성을 갖는 재질로 형성되는 것이 바람직한 것이다.

도 3에 도시한 바와 같이 도 2에 따른 제조장치의 개략적인 측면면도로 본 발명을 설명하면 다음과 같다.

본 제조장치는 유압실린더(42a)에 의해 상하로 이동 가능하게 챔버(11a)를 관통하여 구비되는 슬라이딩봉(41a)의 하단으로 분사각도조절부(90a)가 구비되고, 상기 분사각도조절부(90a)의 하단으로 밀폐고정부(50a)가 구비되며, 상기 밀폐고정부(50a)의 하단으로 상부가 개방된 도가니(21a)가 구비되고, 상기 도가니(21a)의 하부로 노즐(22a)과 슬롯(23a)이 형성되며, 상기 슬롯(23a)의 하부로 냉각롤(31a)이 모터에 의해 구동되도록 구비되어 구성되는 것이다.

그리고, 상기 챔버(11a)에는 그 전면으로 투시창(14a)이 구비되고, 후면으로 배기관(13a)과 연결된 배기펌프(12a)가 구비되어 구성되는 것이다.

여기서, 상기 분사각도조절부(90a)는 밀폐고정부(50a)가 좌우로 이동되도록 상기 밀폐고정부(50a)와 슬라이딩봉(41a)의 사이에 이송스크루(92a)를 갖는 가이드레일(91a)이 장착되고, 상기 가이드레일(91a)의 하면으로 구비되고 상기 이송스크루(92a)의 회전에 따라 이동되는 가이드블록(93a)이 장착되어 구성되는 것이다.

이와 같이 구성되는 상기 분사각도조절부(90a)는 이송스크루(92a)를 사용자가 회전하여 가이드레일(91a)을 따라 가이드블록(93a)이 전후로 이동되도록 함으로써, 냉각롤(31a)의 외주를 따라 슬롯(23a)이 수평으로 이동되어 상기 슬롯(23a)을 통해 수직으로 분사되는 용탕의 상기 냉각롤(31a)에 대한 분사각도를 적절히 조절하도록 하는 것이다.

또한, 상기 도가니(21a)와 노즐(22a) 및 슬롯(23a)은 일체로 형성되면서 동시에 투명한 석영재질로 형성되어 투시창(14a)을 통해 상기 도가니(21a)의 내부로 장입된 우라늄을 포함한 금속원소가 고주파유도코일(24a)에 의해 가열되어 용해되는 모습을 사용자가 볼 수 있도록 함으로써, 용탕이 상기 슬롯(23a)을 통해 배출되기 바로 직전에 상기 도가니(21a)와 챔버(11a) 간의 역압형성이 적절히 이루어지도록 하는 것이다.

한편, 도 4는 본 발명의 다른 제조장치의 작동상태를 보인 단면도로서,

도 4a는 진공 중에 가열되는 상태를 보인 요부 확대 단면도이고,

도 4b는 불활성가스가 충전되는 상태를 보인 요부 확대 단면도이며,

도 4c는 역압이 형성되는 상태를 보인 요부 확대 단면도이고,

도 4d는 슬롯이 근접하여 용탕이 분사되는 상태를 보인 요부 확대 단면도이며,

도 4e는 도 4d에 따른 A부분의 확대도이고,

도 4f는 용탕의 분사각도가 조절되는 것을 보인 요부 확대 단면도이다.

상기 도 4로 본 발명의 작동상태를 설명하면 다음과 같다.

상기 도 4a에 도시한 것처럼, 도가니(21a)의 내부에 우라늄을 포함한 금속원소를 장입한 후에 챔버(11a)를 밀폐하고, 배기펌프(12a)를 작동하여 배기관(13a)을 통해 상기 챔버(11a)의 내부를 공기를 외부로 배출하여 진공상태로 만든 후에 고주파유도코일(24a)로 상기 도가니(21a)를 가열하여 장입된 금속원소가 용해되도록 하는 것이다.

이때, 상기 도가니(21a)는 밀폐고정부(50a)에 구비되어 상기 도가니(21a)의 내부와 챔버(11a)의 내부가 유통되도록 구비되는 도가니유통관(63a)의 개폐밸브(64a)를 개방하여 상기 도가니(21a)와 챔버(11a)가 함께 일정한 진공도에 도달하여 용해되는 금속원소의 탈가스가 이루어지도록 하는 것이다.

상기와 같은 상태에서 도 4b에 도시한 것처럼, 도가니(21a)가 고주파유도코일(24a)에 의해 가열되어 장입된 금속원소가 완전히 용융되기 전에 배기펌프(12a)를 정지하여 챔버(11a)의 진공을 파괴하고, 가스개폐밸브(62a)를 개방하여 가스충진관(61a)을 통해 불활성 가스가 상기 챔버(11a)로 충전되도록 하면서 동시에 이 불활성가스가 도가니유통관(63a)을 통해 도가니(21a)의 내부로 유입되어 충전되도록 하여, 상기 챔버(11a)와 도가니(21a)가 동일한 압력을 가지게 하는 것이다.

상기와 같은 상태에서 도 4c에 도시한 것처럼, 도가니유통관(63a)의 개폐밸브(64a)를 폐쇄하여 챔버(11a)와 도가니(21a)가 밀폐되도록 하고, 상기 도가니(21a)보다 상기 챔버(11a)가 고압이 되도록 상기 챔버(11a)의 내부에 추가로 불활성 가스를 가스충진관(61a)을 통해 주입하여 상기 도가니(21a)에 압력차에 의한 역압이 형성되도록 하는 것이다.

상기와 같이 역압이 형성되어 지속되는 상태에서 도 4d도시한 것처럼, 고주파유도코일(24a)로 도가니(21a)를 계속 가열하여 일정한 온도의 용탕을 만든 후에 슬라이딩봉(41a)을 하향이동하여, 도가니(21a)의 끝에 형성되는 슬롯(23a)이 일정한 속도로 고속회전하는 냉각롤(31a)의 외주면에 근접되도록 하는 것이다.

이와 같이 상기 슬롯(23a)이 냉각롤(31a)의 외주면에 근접된 후에 가스주입개폐벨브(72a)를 개방하여 가스주입관(71a)을 통해 불활성 가스가 도가니유통관(63a)을 지나 도가니(21a)의 내부로 주입되도록 함으로써, 상기 도가니(21a)의 내부로 형성된 용탕이 일정한 압력으로 냉각롤(31a)의 외주면에 분사되도록 하는 것이다.

상기와 같이 슬롯(23a)이 냉각롤(31a)의 외주에 근접하여 용탕을 분사하면 상기 슬롯(23a)에 의해 박판형태의 용탕이 분사되어 상기 냉각롤(31a)의 회전과 함께 이동하면서 급속도로 냉각되어 미세한 결정립을 갖는 우라늄 박판이 형성되고, 이 우라늄 박판은 박판회수날(81a)에 의해 상기 냉각롤(31a)에서 분리되어 회수안내판(82a)에 의해 회수되는 것이다.

상기와 같은 상태를 확대 도시한 도 4e를 보면, 회전하는 냉각롤(31a)의 외주면으로 노즐(22a)의 슬롯(23a)을 통해 분사되는 박판형태의 용탕이 상기 냉각롤(31a)과 함께 회전하면서 급속도로 냉각되어 우라늄 박판을 형성하게 되는 것이다.

이때, 상기 슬롯(23a)이 냉각롤(31a)에 근접하여 일정한 압력으로 용탕이 분사됨으로써 우라늄 박판이 일정한 두께로 연속하여 제조되고, 상기 냉각롤(31a)에 의해 직접 접촉되어 급속도로 냉각됨으로써, 미세한 결정립을 갖고 결정방향이 불규칙하며 기계적 성질이 우수한 고순도 및 고품질의 우라늄 박판이 제조되는 것이다.

또한, 상기 도 4f에 도시한 것처럼, 사용자가 이송스크루(92a)를 회전하여 가이드레일(91a)을 따라 가이드블록(93a)이 이동하여 상기 가이드블록(93a)의 하부로 장착된 도가니(21a)가 냉각롤(31a)의 좌우로 이동하게 됨으로써, 상기 도가니(21a)의 하부로 형성되는 슬롯(23a)을 통해 수직으로 상기 냉각롤(31a)의 외주면에 분사되는 용탕의 분사각도가 적절히 조절되는 것이다.

상기와 같이 구성된 본 발명에 따라 제조된 우라늄 박판의 바람직한 실시예를 실시예1과 실시예2로 나누어 상세히 설명하면 다음과 같다.

#### <실시예1>

우라늄 박판의 제조 시에, 우라늄을 내경 50mm의 석영재질의 도가니 내에 500g을 장입한 다음에 배기펌프를 사용하여 챔버를 진공상태로 만든다.

상기 챔버의 진공도가  $10^{-5}$  torr 대에 도달함을 확인한 다음, 고주파 유도코일로 우라늄을 가열하여 승온시키고, 우라늄이 용융되기 전에 상기 챔버의 진공을 파기하고 그 내부에 고순도의 불활성가스를 600torr에 도달할 때까지 충전시킨다.

이때, 우라늄 용탕이 도가니의 하부에 일체로 형성되는 너비 45mm, 개구된 폭 0.6mm되는 노즐의 슬롯을 통해 누출되는 것으로 방지하기 위해, 상기 도가니를 밀폐시킨 후에 챔버에 650torr 도달하도록 불활성가스를 추가로 주입하여 상기 도가니의 내부와 상기 챔버의 내부 사이의 압력차를 50torr로 하여 역압을 부가한다.

상기와 같은 상태에서 도가니 내부의 용탕의 온도를 측정하기 위해 설치된 열전대를 통해 용탕의 온도가 1300℃에 도달한 것을 인지한 후에, 챔버의 상부에 설치된 유압실린더로 도가니를 하부방향으로 이동하여 노즐과 냉각롤 사이의 간격이 0.5mm로 근접하도록 하고, 이와 동시에  $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압력으로 우라늄의 용탕을 800rpm으로 고속 회전하는 냉각롤의 외주면에 분사하여 너비 45mm의 균일하고 연속적인 우라늄 박판을 제조한다.

상기와 같이 슬롯에 의해 얇게 분사된 박판형태의 용탕이 냉각롤의 외주면과 접촉하여 급속하게 응고되고, 그에 따라 박판은 곧바로 상온에서 미세하고 불규칙적인 방향성을 가지는 우라늄 결정립으로 형성되어, 우라늄 열간압연에 의한 박판 제조 시에 800℃ 정도에서 유지한 후에 소입시켜 미세한 결정립을 가지도록 하는 열처리공정이 불필요하게 된다.

이렇게 제조된 박판은 챔버의 일측에 설치된 회수용기 내로 수집되고, 박판의 두께는 100~150 $\mu\text{m}$ 이며, 적정한 두께 범위의 박판 회수율 99% 이상으로 제조된다.

상기와 같은 방법으로 제조된 우라늄 박판을 도 5와 도 6에 첨부된 주사식 전자현미경 사진과 X선 회절패턴 그래프를 통해 설명하면 다음과 같다.

상기 도 5와 도 6에 나타낸 바와 같이 우라늄 박판은 순수하게  $\alpha$ -U 상을 가지고, 결정립의 크기는 약 10 $\mu\text{m}$  이하로서 매우 미세하고 균일하며 결정방향이 불규칙하다.

그리고, 상기 우라늄 박판의 표면은 산화물 등 불순물이나 기공을 전혀 가지지 않고 있다.

#### <실시예2>

우라늄 U-7%Mo 합금 박판 제조 시에, 우라늄과 합금원소를 내경 75mm의 석영재질의 도가니 내에 1kg을 장입한 다음에 배기펌프를 사용하여 챔버를 진공상태로 만든다.

상기 챔버의 진공도가  $10^{-5}$  torr 대에 도달함을 확인한 다음, 고주파유도코일로 우라늄과 합금원소를 가열하여 승온시키고, 상기 우라늄과 합금원소가 용융되기 전에 상기 챔버의 진공을 파기하고 그 내부에 고순도의 불활성 가스를 600torr에 도달할 때까지 충전시킨다.

상기 우라늄과 합금원소의 용탕이 도가니의 하부에 일체로 구비되는 너비 70mm, 개구된 폭 0.3mm되는 노즐의 슬롯을 통해 외부로 누출되는 것으로 저지하기 위해, 상기 도가니를 밀폐하고 챔버의 내압이 700torr 도달하도록 불활성가스를 추가로 주입하여 상기 도가니의 내부와 상기 챔버의 내부 사이의 압력차를 100torr로 하여 역압을 부가한다.

상기 도가니의 내부에 설치된 열전대를 통해 용탕의 온도가 적당한 과열(superheating)을 가지는 1350℃에 도달한 것을 인지하면, 챔버의 상부에 설치된 유압실린더로 상기 도가니를 하부방향으로 이동하여 슬롯과 냉각물 사이의 간격이 0.8mm로 근접하도록 하고, 이와 동시에 상기 도가니의 내부로 불활성가스를 주입하여 슬롯을 통해  $1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압력으로 우라늄합금 용탕이 500rpm으로 고속 회전하는 냉각물의 외주면에 분사되도록 하고, 그에 따라 너비 70mm의 균일하고 연속적인 우라늄 박판이 제조된다.

상기와 같이 얇게 분사되는 박판형태의 용탕이 냉각물에 접촉하여 이동되면서 박판으로 응고될 때 급속한 응고가 일어나게 되고, 그에 따라 박판은 곧바로 상온에서 등방성의 감마 우라늄 상을 가지는 미세한 우라늄 결정립을 형성하기 때문에, 우라늄 열간압연에 의한 박판제조시 800℃ 정도에서 유지한 후에 소입시켜 주는 미세한 결정립을 가지기 위한 열처리공정이 불필요하게 된다.

이렇게 제조된 우라늄 박판은 챔버의 내부에 설치된 회수용기 내로 수집되고, 두께는 200~300  $\mu\text{m}$ 이며, 적절한 두께 범위의 박판 회수율 99% 이상으로 제조된다.

상기와 같은 방법으로 제조된 우라늄합금 박판을 도 7과 도 8에 첨부된 주사식 전자현미경 사진과 X선 회절패턴 그래프를 통해 설명하면 다음과 같다.

상기 도 7과 도 8에 나타낸 바와 같이 U-7wt.%Mo 우라늄 박판은 순수하게  $\gamma$ -U 상을 가지며, 결정립 크기는 약 10 $\mu\text{m}$  이하로서 매우 미세하며 균일하다.

그리고, U-7wt.%Mo 우라늄 박판의 표면에 산화물 등 불순물이나 기공을 전혀 가지지 않고 있다.

#### 발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명은 저농축 또는 고농축 우라늄을 포함한 금속원소의 주괴를 얻기 위한 진공유도용해공정, 얇은 박판을 얻기 위한 수회의 열간압연공정, 압연시에 혼입된 표면산화물 등의 불순물을 제거하기 위한 세척 및 건조공정, 미세한 등방적인 결정립조직을 얻기 위한 열처리공정을 제거할 수 있어 종래의 박판 제조방법에 비해 박판 제조공정이 훨씬 단축되는 효과를 갖는다.

또한, 본 발명은 우라늄 또는 우라늄합금을 용해하고, 그 용탕을 바로 급냉하여 직접 박판을 제조하므로, 강인한 성질을 가져서 압연이 힘든 우라늄에 대해 박판제조가 훨씬 용이해지는 효과를 갖는다.

또한, 본 발명은 우라늄 주괴 두께를 조정하기 위해 여러 차례 반복하여 수행되는 종래의 열간압연과정은 번거로울 뿐 만 아니라 긴 시간이 소요되나, 한번에 급냉하여 다량의 박판을 수 분내에 만들 수 있으므로 생산성이 매우 우수해지는 효과를 갖는다.

또한, 본 발명은 우라늄의 회수율이 99% 이상이고 수 분내에 수 kg의 박판을 바로 제조할 수 있으므로, 우라늄의 회수율과 경제성이 극대화되는 효과를 갖는다.

또한, 본 발명은 냉각물에 의해 합금 용탕으로부터 직접 냉각되어 제조된 박판은 우라늄 주괴로부터 수회의 열간압연으로 얻어진 박판에 비해 거의 잔류응력을 가지지 않아서 박판제조 중이나 조사과정 중의 열순환에 의한 변형이나 파손이 방지되는 효과를 갖는다.

또한, 본 발명은 우라늄 박판이 균일하고 미세하며 방향성을 가지는 미세한 결정립이 불규칙하게 구성되어 전체적으로 등방성을 나타내 조사중 우라늄박판이 크게 팽윤하는 것을 방지하는 효과를 갖는다.

또한, 본 발명은 우라늄합금 박판이 상온에서 준안정한 등방성의 감마 우라늄상을 가지므로, 연구로용 핵연료로서 미세한 핵분열 생성기포를 가지는 안정한 노내거동을 형성하는 효과를 갖는다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

삭제

청구항 2.

삭제

청구항 3.

하부로 슬롯이 형성된 노즐을 갖는 도가니의 내부에 우라늄을 포함한 금속원소를 장입한 후에 진공상태에서 상기 도가니를 가열하는 진공가열단계(S10)와; 상기 금속원소가 용해되기 전에 챔버의 진공을 파기하고 불활성가스를 챔버와 도가니 내로 일정한 압력에 도달할 때까지 충전하는 불활성가스충진단계(S20)와; 상기 챔버의 내부로 불활성가스가 완전히 충전된 후에 도가니를 밀폐하고 상기 도가니의 내부보다 상기 챔버가 고압이 되도록 챔버의 내부에 추가로 불활성가스를 주입하여 상기 도가니에 역압이 형성되도록 하는 역압형성단계(S30)와; 상기 도가니의 역압형성이 지속되는 동안 금속원소를 계속 가열하고 완전히 용해시켜 일정한 온도의 용탕을 만든 후에 상기 도가니를 하향으로 이동시켜 일정한 속도로 회전하는 냉각물의 외주면에 슬롯을 근접시키는 슬롯근접단계(S40)와; 상기 슬롯이 냉각물에 근접한 다음에 도가니의 내부로 불활성가스를 더 주입하여 상기 도가니의 역압을 과기하면서 상기 냉각물의 외주면에 일정한 분사압력으로 용탕을 슬롯에 의해 박판형태로 분사하는 용탕분사 및 박판형성단계(S50)와; 분사된 용탕의 일면이 냉각물의 외주면과 접촉한 후에 상기 냉각물과 함께 회전이동하면서 급속히 냉각되는 직접접촉급냉단계(S60)와; 냉각되어 응고된 박판은 냉각물의 일측에 설치되는 회수용기로 이동되어 수집되는 박판수집단계(S70)를 포함하는 우라늄 박판의 제조방법에 있어서;

상기 진공가열단계(S10)에서 챔버 내부의 진공도는  $10^{-3} \sim 10^{-5}$  torr이고, 불활성가스 충전단계에서 챔버의 내압은 600torr이며, 역압형성단계(S30)에서 챔버의 내압은 700torr이고, 노즐근접 및 용탕분사단계에서 용탕의 온도는 1150~1400℃이며, 노즐의 개구된 폭이 0.3~1.0mm이고, 노즐을 통한 용탕의 분사압력은 0.2~2.5kg/cm<sup>2</sup>이며, 노즐과 냉각물간의 간격은 0.4~1.0mm이고, 냉각물은 200~1200rpm인 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조방법.

청구항 4.

하부로 슬롯이 형성된 노즐을 갖는 도가니의 내부에 우라늄을 포함한 금속원소를 장입한 후에 진공상태에서 상기 도가니를 가열하는 진공가열단계(S10)와; 상기 금속원소가 용해되기 전에 챔버의 진공을 파기하고 불활성가스를 챔버와 도가니 내로 일정한 압력에 도달할 때까지 충전하는 불활성가스충진단계(S20)와; 상기 챔버의 내부로 불활성가스가 완전히 충전된 후에 도가니를 밀폐하고 상기 도가니의 내부보다 상기 챔버가 고압이 되도록 챔버의 내부에 추가로 불활성가스를 주입하여 상기 도가니에 역압이 형성되도록 하는 역압형성단계(S30)와; 상기 도가니의 역압형성이 지속되는 동안 금속원소를 계속 가열하고 완전히 용해시켜 일정한 온도의 용탕을 만든 후에 상기 도가니를 하향으로 이동시켜 일정한 속도로 회전하는 냉각물의 외주면에 슬롯을 근접시키는 슬롯근접단계(S40)와; 상기 슬롯이 냉각물에 근접한 다음에 도가니의 내부로 불활성가스를 더 주입하여 상기 도가니의 역압을 과기하면서 상기 냉각물의 외주면에 일정한 분사압력으로 용탕을 슬롯에

의해 박판형태로 분사하는 용탕분사 및 박판형성단계(S50)와; 분사된 용탕의 일면이 냉각롤의 외주면과 접촉한 후에 상기 냉각롤과 함께 회전이동하면서 급속히 냉각되는 직접접촉급냉단계(S60)와; 냉각되어 응고된 박판은 냉각롤의 일측에 설치되는 회수용기로 이동되어 수집되는 박판수집단계(S70)를 포함하는 우라늄 박판의 제조방법에 있어서;

상기 진공가열단계(S10)에서 챔버 내부의 진공도는  $10^{-3} \sim 10^{-5}$  torr이고, 불활성가스충진단계(S20)에서 챔버의 내압은 400~730torr이며, 역압형성단계(S30)에서 챔버의 내압은 430~760torr이고, 노즐근접 및 용탕분사단계에서 용탕의 온도는 1150~1400℃이며, 노즐의 개구된 폭이 0.3~1.0mm이고, 노즐을 통한 용탕의 분사압력은 0.2~2.5kg/cm<sup>2</sup>이며, 노즐과 냉각롤간의 간격은 0.4~1.0mm이고, 냉각롤은 200~1200rpm인 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조방법.

### 청구항 5.

하부로 슬롯이 형성된 노즐을 갖는 도가니의 내부에 우라늄을 포함한 금속원소를 장입한 후에 진공상태에서 상기 도가니를 가열하는 진공가열단계(S10)와; 상기 금속원소가 용해되기 전에 챔버의 진공을 파기하고 불활성가스를 챔버와 도가니 내로 일정한 압력에 도달할 때까지 충전하는 불활성가스충진단계(S20)와; 상기 챔버의 내부로 불활성가스가 완전히 충전된 후에 도가니를 밀폐하고 상기 도가니의 내부보다 상기 챔버가 고압이 되도록 챔버의 내부에 추가로 불활성가스를 주입하여 상기 도가니에 역압이 형성되도록 하는 역압형성단계(S30)와; 상기 도가니의 역압형성이 지속되는 동안 금속원소를 계속 가열하고 완전히 용해시켜 일정한 온도의 용탕을 만든 후에 상기 도가니를 하향으로 이동시켜 일정한 속도로 회전하는 냉각롤의 외주면에 슬롯을 근접시키는 슬롯근접단계(S40)와; 상기 슬롯이 냉각롤에 근접한 다음에 도가니의 내부로 불활성가스를 더 주입하여 상기 도가니의 역압을 파기하면서 상기 냉각롤의 외주면에 일정한 분사압력으로 용탕을 슬롯에 의해 박판형태로 분사하는 용탕분사 및 박판형성단계(S50)와; 분사된 용탕의 일면이 냉각롤의 외주면과 접촉한 후에 상기 냉각롤과 함께 회전이동하면서 급속히 냉각되는 직접접촉급냉단계(S60)와; 냉각되어 응고된 박판은 냉각롤의 일측에 설치되는 회수용기로 이동되어 수집되는 박판수집단계(S70)를 포함하는 우라늄 박판의 제조방법에 있어서;

상기 진공가열단계(S10)의 앞 단계로 도가니를 하향으로 이동하여 슬롯이 냉각롤의 표면에 완전히 밀착되는 위치를 영점으로 만들고 이 영점의 위치에서 상기 도가니를 상향으로 이동하여 상기 슬롯이 상기 냉각롤에 근접되는 점을 미리 지정하도록 하는 근접거리세팅단계(S0)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조방법.

### 청구항 6.

제 5항에 있어서;

상기 역압형성단계(S30)에서 챔버의 내부와 도가니의 내부의 압력차가 30 ~ 300torr인 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조방법.

### 청구항 7.

삭제

### 청구항 8.

제 5항에 있어서;

상기한 우라늄을 포함한 금속원소의 용탕 온도는 1150 ~ 1400℃인 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조방법.

### 청구항 9.

삭제

### 청구항 10.

제 5항에 있어서;

상기 슬롯을 통한 용탕의 분사압력은 0.2 ~ 2.5kg/cm<sup>2</sup>인 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조방법.

### 청구항 11.

제 5항에 있어서;

상기 슬롯과 냉각롤 사이의 간격은 0.3 ~ 1.0mm인 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조방법.

### 청구항 12.

제 5항에 있어서;

상기 냉각롤의 그 회전수가 200 ~ 1200rpm인 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조방법.

### 청구항 13.

상기 청구항 5의 제조방법에 의해 제조되고, 결정립의 크기가 10 $\mu$ m 이하의 미세한 결정립을 가지며 결정방향이 불규칙하게 형성되는 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조방법에 의해 제조된 우라늄 박판.

### 청구항 14.

삭제

### 청구항 15.

삭제

### 청구항 16.

밀폐된 챔버(11a)와, 상기 챔버(11a)의 외부로 설치된 배기펌프(12a)와, 상기 챔버(11a)와 배기펌프(12a)를 연결하는 배기관(13a)으로 구성되어 상기 챔버(11a)의 내부를 진공상태로 만드는 챔버진공부(10a)와; 상기 챔버(11a)의 내부로 설치되는 도가니(21a)와, 상기 도가니(21a)의 하부에 일체로 형성되는 노즐(22a)과, 상기 노즐(22a)의 끝으로 형성되는 슬롯(23a)과, 상기 도가니(21a)의 외부에 감긴 고주파유도코일(24a)로 구성되는 용해 및 박판형성부(20a)와; 상기 슬롯(23a)에 의해 형성된 박판의 일면이 접촉되어 급냉되도록, 상기 슬롯(23a)의 하부로 챔버(11a)의 내부에 일정한 속도로 구동되도록 설치되는 냉각롤(31a)로 구성되는 접촉급냉부(30a)와; 상기 슬롯(23a)이 냉각롤(31a)에 근접하도록 도가니(21a)를 상하로 이동하는 슬롯근접부(40a)와; 상기 슬롯근접부(40a)와 도가니(21a)의 사이에 장착되어 상기 도가니(21a)의 상부를 밀폐하여 고정하는 밀폐고정부(50a)와; 상기 챔버(11a)의 내부와 유통되도록 구비되고 가스개폐밸브(62a)를 갖는 가스충진관(61a)과, 밀폐고정부(50a)를 통해 도가니(21a)의 내부와 유통되어 상기 챔버(11a)의 내부와 연결되고 개폐밸브(64a)를 갖는 도가니유통관(63a)으로 구성되는 역압형성부(60a)와; 상기 도가니유통관(63a)에 연결되고 가스주입개폐밸브(72a)를 갖는 가스주입관(71a)으로 구성되는 용탕분사부(70a)로; 구성되고, 상기 슬롯근접부(40a)는, 밀폐고정부(50a)에서 수직으로 챔버(11a)를 관통하여 장착되는 슬라이딩봉(41a)과, 상기 슬라이딩봉(41a)의 끝에 장착되는 유압실린더(42a)와, 상기 유압실린더(42a)를 고정하도록 상기 챔버(11a)의 외부에 설치되는 고정판(43a)으로 구성되는 우라늄 박판의 제조장치에 있어서;

상기 도가니(21a)와 노즐(22a)이 투명한 석영재질로 형성되고, 상기 도가니(21a)에 대응되는 챔버(11a)에 투시창(14a)이 장착되는 것을 특징으로 하는 우라늄 박판의 제조장치.

### 청구항 17.

제 16항에 있어서;

상기 냉각롤(31a)의 외주면에 맞닿는 구비되는 테프론 재질의 박판회수날(81a)과, 상기 박판회수날(81a)이 장착되는 회수안내판(82a)과, 상기 회수안내판(82a)의 일측으로 챔버(11a)와 유통되면서 밀폐되도록 구비되는 회수용기(83a)로 구성되는 박판회수부(80a)가 구비되는 것을 특징으로 하는 우리나라 박판의 제조장치.

### 청구항 18.

제 16항에 있어서;

상기 밀폐고정부(50a)가 좌우로 이동되도록 상기 밀폐고정부(50a)와 슬롯근접부(40a)의 사이에 장착되고 이송스크루(92a)를 갖는 가이드레일(91a)과, 상기 가이드레일(91a)의 하면으로 구비되고 상기 이송스크루(92a)의 회전에 따라 이동되는 가이드블록(93a)으로 구성되는 분사각도조절부(90a)가 구비되는 것을 특징으로 하는 우리나라 박판의 제조장치.

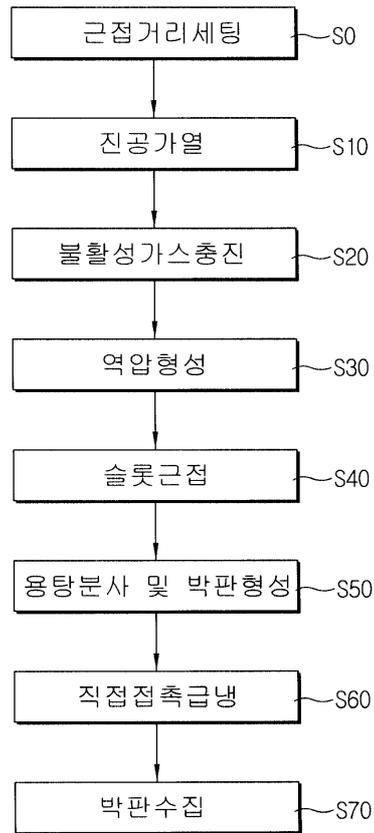
### 청구항 19.

제 16항에 있어서;

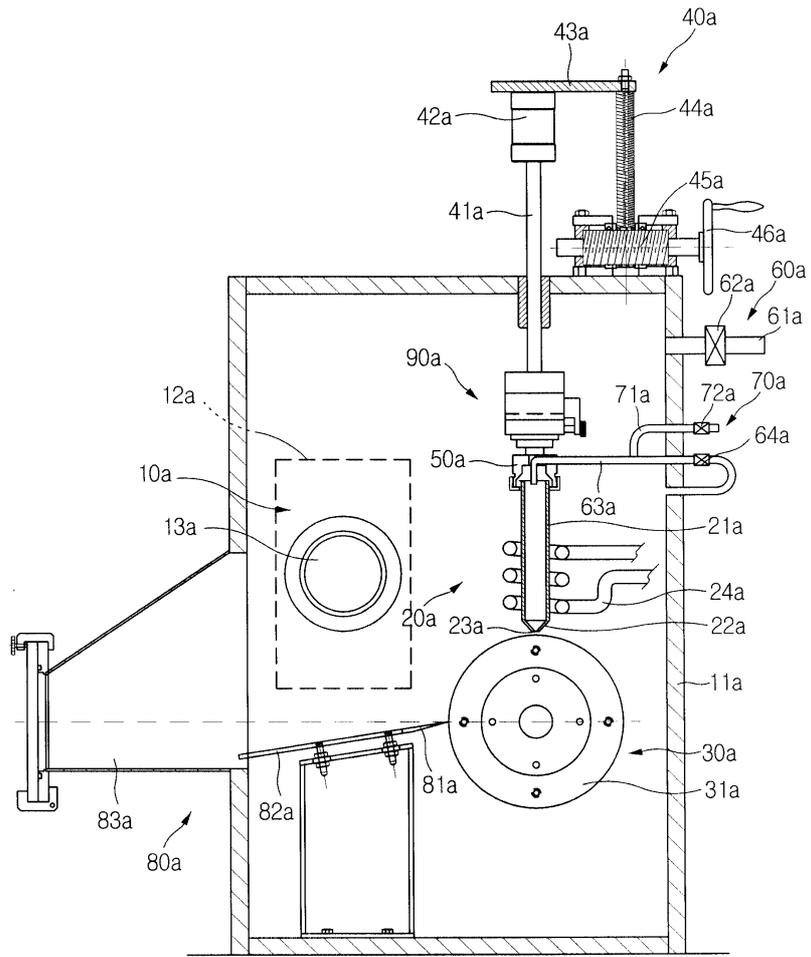
상기 슬라이딩봉(41a)이 정밀하게 이동되도록 고정판(43a)에 나선축(44a)이 회전 가능하게 장착되고, 상기 나선축(44a)과 맞물리도록 일측으로 회전 가능하게 웜기어(45a)가 장착되며, 상기 웜기어(45a)의 일측으로 회전손잡이(46a)가 장착되는 것을 특징으로 하는 우리나라 박판의 제조장치.

도면

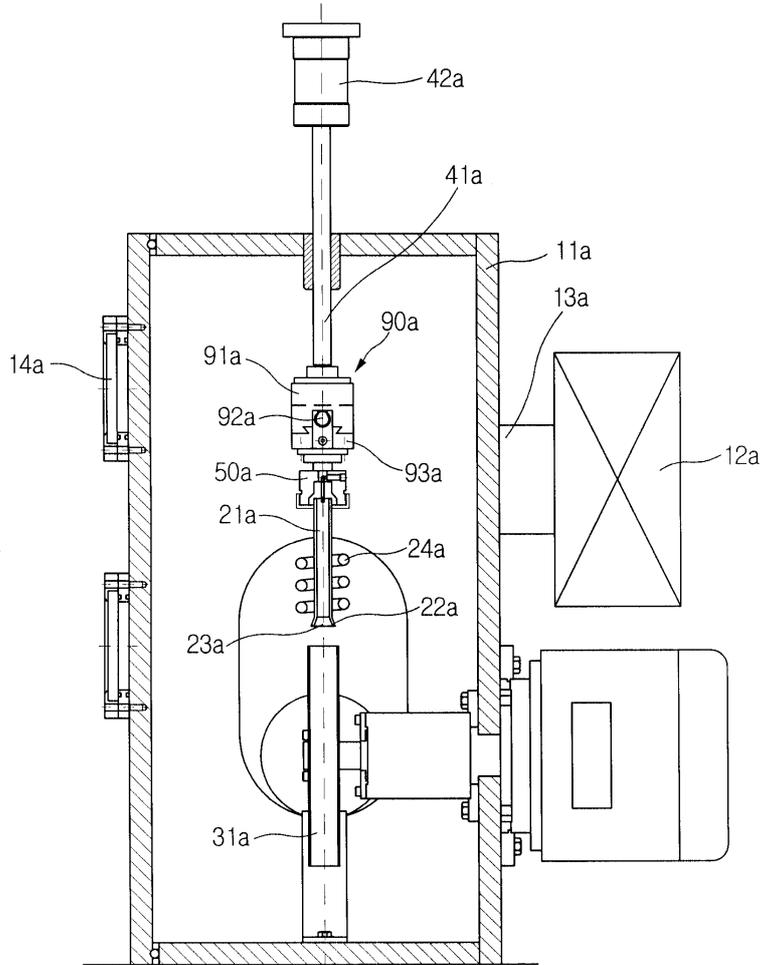
도면1



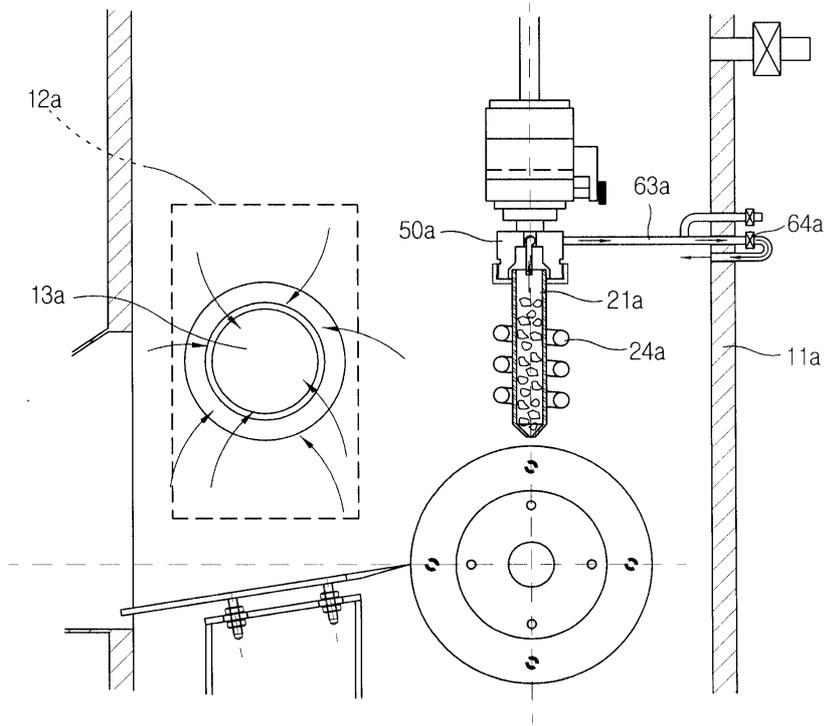
도면2



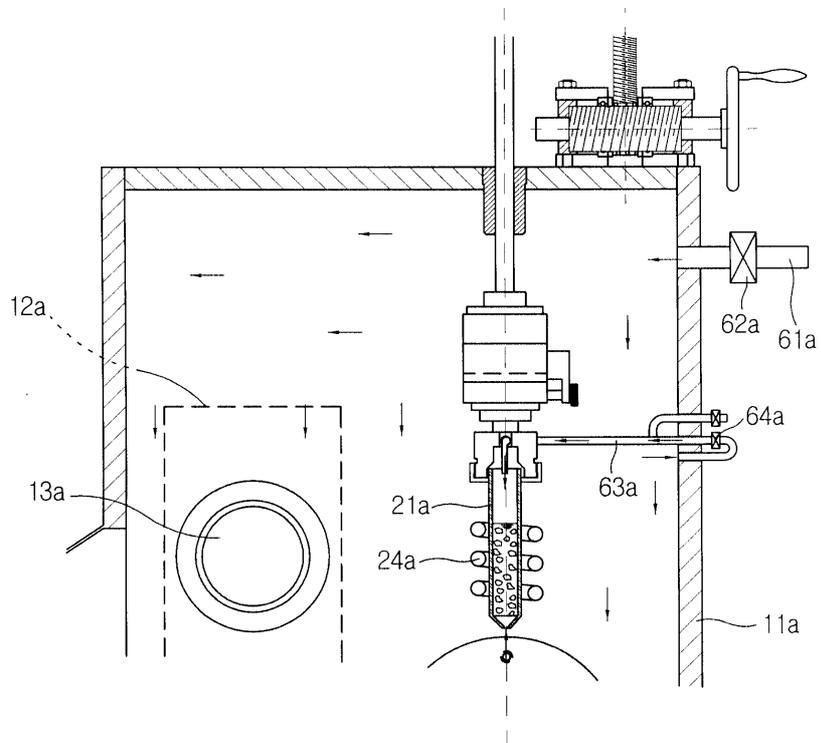
도면3



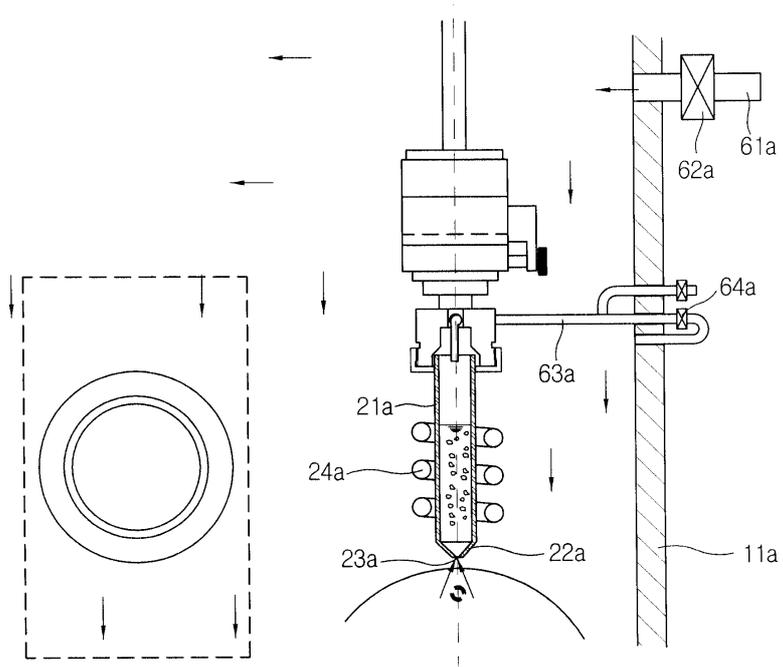
도면4a



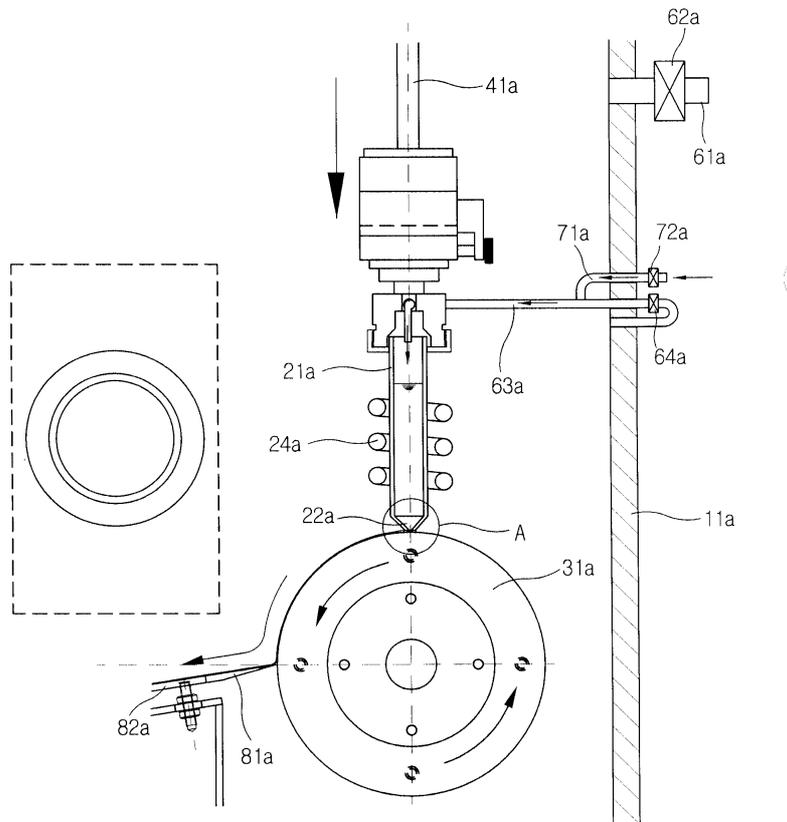
도면4b



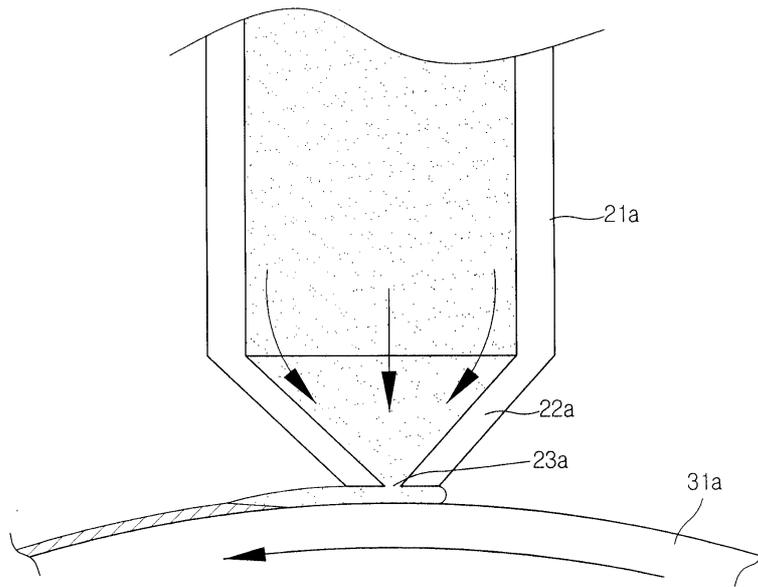
도면4c



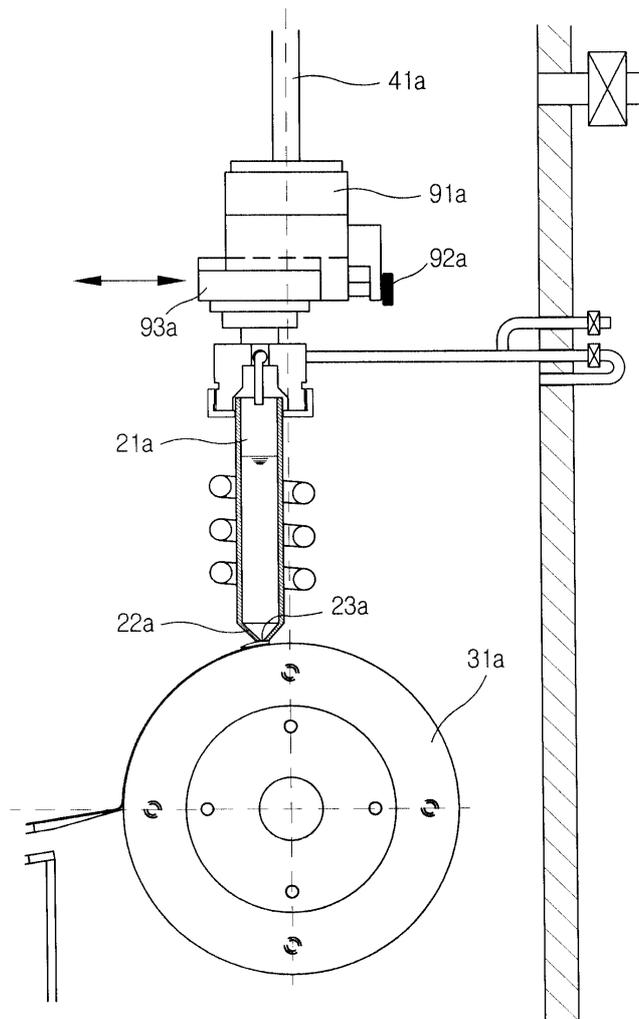
도면4d



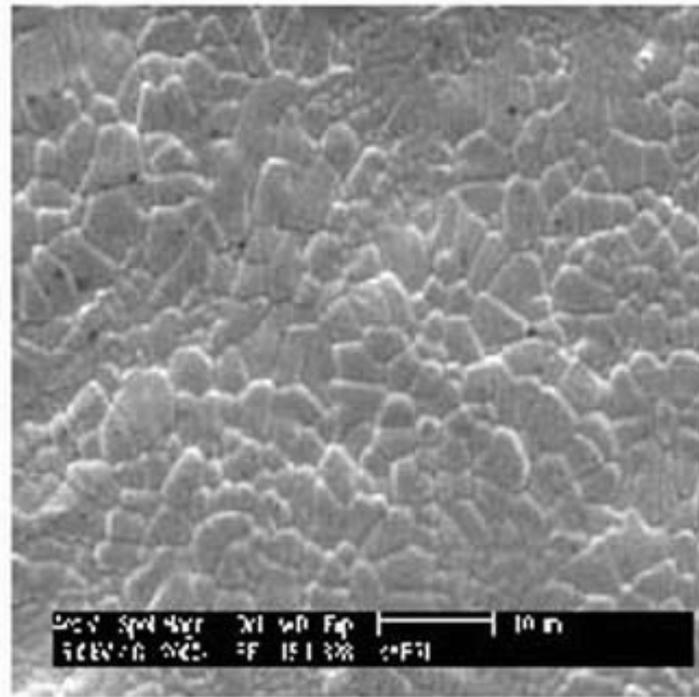
도면4e



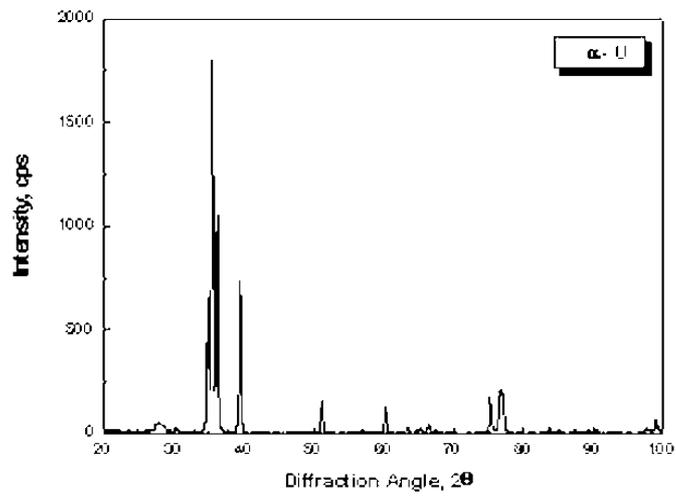
도면4f



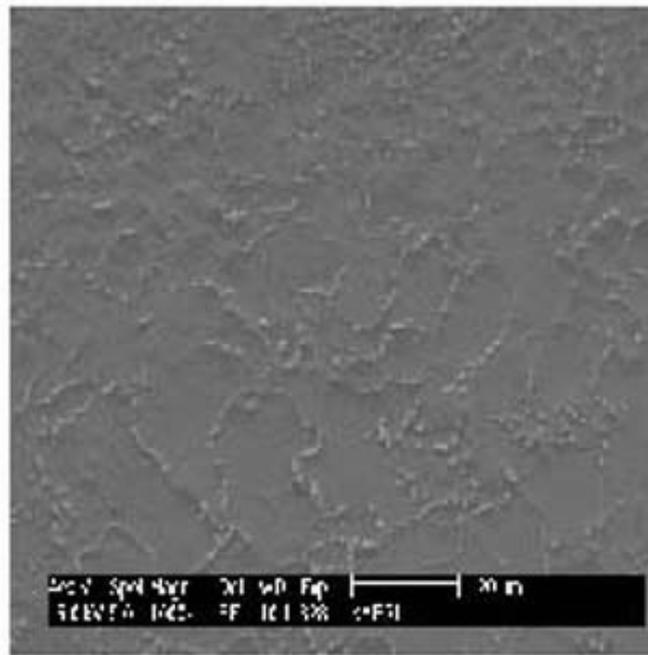
도면5



도면6



도면7



도면8

