

공학규모 우라늄 전착물 잉곳주조장치 개념 설계

이윤상, 조춘호, 이성호, 이한수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

vslee@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료의 건식처리 공정은 금속상의 사용후핵연료를 전해 정련하여 순수한 우라늄을 회수하는 공정으로서, 전해 정련 시 음극에 생성되는 우라늄은 수지상 형태이다. 따라서 우라늄의 중간 저장 혹은 재활용을 위해서는 회수된 우라늄 전착물을 잉곳형태로 제조할 필요가 있다. 이 연구에서는 이러한 우라늄 전착물을 잉곳형태로 제조하기 위한 공학규모의 잉곳주조 장치의 설계 개념을 소개하고자 한다.

2. 잉곳주조 장치의 개념 설계

우라늄잉곳 주조장치는 염 증류장치에서 회수된 금속우라늄 전착물을 녹여 잉곳 형태로 제조하는 장치이다. 우라늄의 용점은 1132 °C로서 유도가열 방식으로 도가니에 장입된 전착물의 온도를 1132 °C 온도보다 높은 약 1300 °C로 승온시켜 용탕이 주형으로 주입 중 충분한 열을 가지고 흐를수 있도록 가열한 후 주형에 주입하여 원하는 형태의 잉곳으로 주조하게 된다.[1] 공학규모의 잉곳주조장치는 하루에 50 kgU의 전착물을 잉곳으로 제조할 수 있는 규모의 크기이다.

미국에서는 Batch 형태로 전착물을 한 도가니에 넣고 용해 후 도가니 냉각으로 한번에 우라늄 잉곳을 1개 생산하고 있으나, 우리가 제안한 연속식 우라늄 잉곳 주조 장치는 도가니에 연속하여 전착물을 장입할 수 있으며, 도가니에서 전착물을 용해한 후, 도가니를 기울여(Tilting), 주형에 출탕하여 우라늄 잉곳을 연속적으로 생산하며, 잉곳 생산 효율이 높은 장치이다.

그림 1은 공학규모 잉곳주조장치의 개념도로서 원료공급장치는 원료공급 용기에 전착물을 장입한 후 진동을 가하면, 스파이럴 형태의 엘리베이터를 타고 위쪽으로 전착물이 일정한 속도로 이송되어 편벨을 통하여 도가니에 전착물이 공급된다.

용융가열부에는 단열재로 쌓여진 도가니 주위에 고주파 유도가열 코일을 설치하고, 고주파전류에 의하여 도가니에 와전류가 발생하여 도가니 저항에 의한 줄열에 의하여 1300°C 정도까지 발열되어 도가니에 담긴 우라늄 전착물이 용융된다. 코일의 외측에는 지지대를 설치하고, 도가니를 기울이는 거치암과 구동모터에 의해 도가니를 기울여 용탕을 주형에 주입하게 된다.

잉곳형성부에는 주형가열장치와 턴테이블로 구성되어 있는데, 주형가열장치 역시 고주파가열방식을 채택하고, 비수냉코일을 사용한다. 턴테이블에는 8개의 주형을 놓을 수 있는데 일정한 각도를 회전할 수 있도록 제어하며, 주형을 승강장치를 사용하여 고주파가열코일 쪽으로 상승시켜 주형을 500 °C로 예열한 후 턴테이블 위에 놓고, 틸팅 위치로 회전시키게 된다. 한 개의 주형에는 원격 취급이 용이하도록 약 7 kg의 잉곳을 만들 수 있다.

주형에 주입한 용탕이 냉각되어 잉곳이 되면, 도가니와 주형이 매달려 있는 진공 챔버 문을, 글로브 박스 내로 이송시킨 후, 주형에서 잉곳을 꺼낸 후 Antechamber를 통해 꺼내면 조업이 완료된다.

이러한 연속원료 주입 및 용해 방법을 채택하면, 종래에 batch type에서 한번에 부피가 큰 전착물을 장입하여 용해하는 것보다 작은 부피의 도가니를 채택하여도 같은 양을 처리할 수 있기 때문에 장치를 작게 만들어도 batch type보다 상대적으로 큰 용량을 처리할 수 있다.

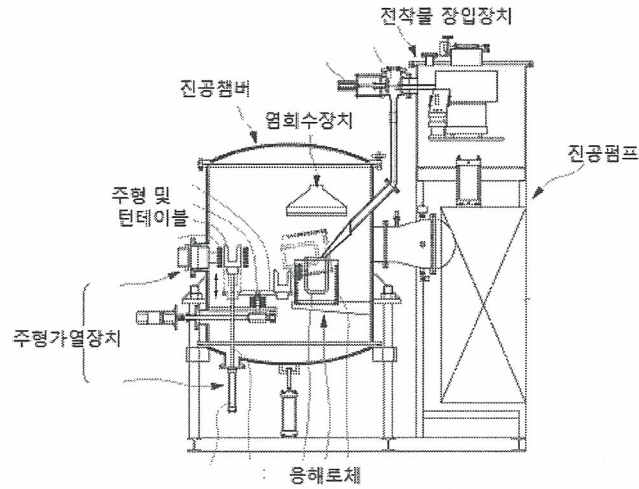


Fig. 1. Schematic diagram of Eng. scale ingot casting equipment.

3. 결론

이와 같이 공학규모의 우라늄 잉곳장치는 연속장입, 연속 용해, 주형가열 장치 및 8개의 주형을 가진 턴테이블 방식을 사용한 연속 주조의 개념을 도입하여 비중이 작은 수지상 형태의 전착물을 비중이 큰 우라늄 용탕으로 용해하면서, 추가 장입이 가능하므로, 도가니를 batch type에 비해 상대적으로 작게 할 수 있으며, 장치 크기를 줄일 수 있으며, 이러한 개념으로 제작된 공학규모 우라늄 잉곳제조장치를 사용하면, 잉곳을 효율적으로 제조할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 이윤상, 외 “Lab. scale 우라늄 전착물 잉곳제조 장치 제작 및 시운전 경험”, 2009년 한국방사성폐기물학회 춘계학술발표회