

우라늄제조 장치를 통한 잉곳시험

조춘호, 이윤상, 박성빈, 박기민, 이성호, 김정국
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 ex-kaeri@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후 핵연료의 건식처리공정에서는 전해정련 과정을 걸쳐서 생성된 우라늄 전착물을 잉곳 형태로 제조하는 주조공정이 있다.[1], [2] 본 잉곳제조 장치는 용해 도가니를 100도 기울여 주형에 잉곳을 제조하는 틸팅 방식으로 최대 20kg의 우라늄 용해가 가능하다. 따라서 본 실험실 규모의 잉곳제조 장치는 우라늄 전착물을 건전한 잉곳으로 만드는 것이 최대 목표이기 때문에 우선적으로 비우라늄 및 Du(Depleted Uranium)를 사용한 잉곳 제조 실험이 선행되었다.

2. 본론

2.1 장치 구성 및 특성

실험실 규모의 장치이지만 우라늄을 녹이기 위해서는 적어도 1300℃ 이상의 온도가 필요하기 때문에 고주파 유도가열 방식이 본 장비에 적용되었다. 미국의 INL에서는 Batch 형태로 전착물을 단일 도가니에 넣고 용해한 후, 도가니의 냉각공정을 걸쳐서 한 번에 우라늄 잉곳이 1개 생산되도록 되었으며, 도가니에 잉곳이 용착되는 단점도 갖고 있다. 그러나 본 잉곳 주조장비는 생산효율의 목적도 갖고 있기 때문에 일단 염증류 장치가 분리 되었을 뿐만 아니라, 원료 컵을 사용한 주입과 틸팅에 의한 용해 도가니의 출탕이 주형 도가니를 통해서 반복 조업이 가능토록 제작되었다. 또한 이중 챔버를 사용하여 챔버내 온도 상승에 대비하였으며, 잉곳의 산화 및 오염 방지를 위하여 글로브 박스가 도가니 챔버에 장착되었다.

Fig. 1은 잉곳주조장치의 개념도로서 크게 진공챔버, 글로브박스, Antecamber, 흑연도가니, 주형, 원료 컵 등으로 구성되었다.

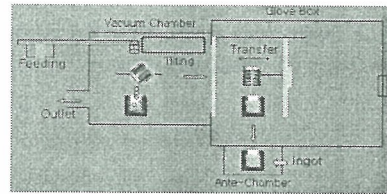


Fig. 1. Schematic diagram of an ingot casting equipment

2.2 잉곳제조 시험

Fig. 2는 비우라늄인 Cu의 온도 Profile로서 PID 제어에 의한 가열시험 결과이다. 목표온도인 1200℃까지 승온 시키기 위해서 350℃까지는 10분, 900℃까지는 20분, 1200℃까지는 10분으로 설정되어 실험이 수행되었다. 주형은 300℃까지 가열하였으며, Ar 가스를 분당 50L씩 주입하였을 때 챔버 내의 압력이 35 ~ 63 torr를 유지하였다. 이때 1200℃까지 승온시켜 Cu를 용해한 후 도가니를 기울여 용탕을 주형에 주입하였다.

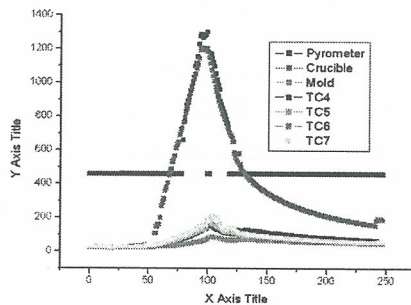


Fig. 2. Temperature profile of PID control with Cu

Fig. 3은 우라늄 전착물을 용해하기에 앞서 약 5kg의 Du를 1300℃까지 가열 및 용해한 후 잉곳이 제조되기까지의 온도 Profile을 나타낸 것이다. 챔버내 각각 4개의 TC들은 200℃미만의 온도를 유지하고 있을 뿐만 아니라, 제조된 주형의 형상대로 우라늄 잉곳이 잘 만들어졌다.

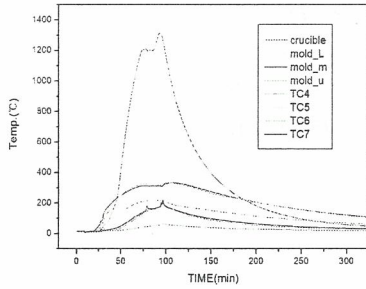


Fig. 3 Temperature profile of heating experiment with DU ingot

3. 결론

이와 같이 본 연구에서는 우라늄 전착물의 용해에 앞서 Cu용해를 통한 장치의 온도 Profile 등 성능 테스트가 수행되었으며, Du 용해를 통한 우라늄 전착물의 용해 가능성 및 잉곳제조 조건들도 확인할 수 있었다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부에서 주관하는 원자력 중장기개발 사업의 일환으로 수행하였습니다.

5. 참고문헌

- [1] 유재형, 이병직, 이한수, 김웅호, “고온전해분리 기술의 개요 및 기존 핵연료주기 대체 기술로서의 적합성 검토”, 한국방사성폐기물 학회지, 5(4), pp. 283-295 (2007).
- [2] 유재형, 홍권표, 이한수, “사용후핵연료 파이로 처리공정 실증시설의 개념설계 연구”, 한국방사성폐기물 학회지, 6(3), pp. 233-244 (2008).