

금속전환 공정물질 Ingot 제조 및 특성 분석

주준식, 유길성, 조일제, 국동학, 이은표, 김호동, 정기정

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150

사용후핵연료를 안전하고 경제적으로 저장 관리하기 위하여 기존의 세라믹형 사용후핵연료를 금속전환하여 관리부피를 줄이고 고방열성핵종들을 선별적으로 분리하여 냉각부하를 줄일 수 있는 사용후핵연료 차세대관리 종합공정개발(ACP) 과제를 수행하고 있다. 이 공정에서 발생하는 사용후핵연료 금속전환체는 상온에서도 표면산화가 진행될 정도로 매우 불안정한 상태이다.

본 연구에서는 사용후핵연료 차세대관리 종합공정의 최종 단계인 Smelting 공정을 거치지 않은 금속우라늄분말을 방사성동위원소(RI)실험실에서 금속우라늄 산화실험실(R&D KMP)로 이송하였다. 이송된 금속전환체의 성분 및 재료특성 분석을 위해 Arc melting furnace(Fig. 1)를 이용하여 Ingot으로 주조하였으며, 다이아몬드 절단기를 이용하여 절단 및 가공한 후 산화특성 및 미세구조를 분석하였다.

금속분말의 Ingot 제작은 반응로(Fig. 2) 내부의 온도가 2000 °C 이상의 고온으로 상승하면서 NU 금속분말 표면이 급속하게 세라믹 형태로 전환되어 용융점이 높아지기 때문에 이러한 표면 산화현상을 줄이기 위해 10^{-4} Torr 이하의 고진공상태에서 Ar gas 분위기로 수행하였다. 주조된 Ingot(Fig. 3)은 다이아몬드 절단기를 이용하여 470 ~ 550 mg 정도로 절단 및 가공하였으며, 아세톤에 세척한 후 건조하여 준비하였다.

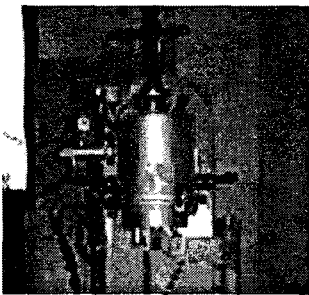


Fig. 1. Arc furnace.

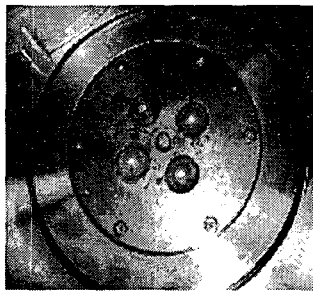


Fig. 2. Copper hearth.

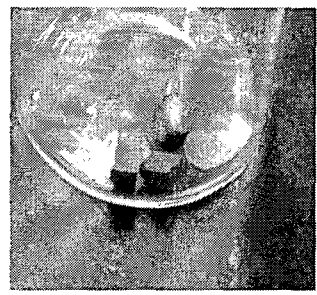


Fig. 3. NU Ingot.

시료에 대한 실험은 순도 99.999 %의 순수 산소분위기로 150 °C ~ 250 °C 온도구간에서 실험 장비는 TA-2050 TGA를 사용하여 산화거동 시험을 수행하였다. 실험시간은 각 시편당 48시간 동안 수행하였으며, 산화율은 시편의 초기 무게에 대한 무게증가율로 정의하였다.

NU 시료의 실험 결과 150 °C에서는 시료의 모양은 변화가 없고 표면 산화만 진행되었고, 200 °C에서는 시료의 원형은 유지되었으나, 시료 외부에서 약간의 산화분말이 생성되었으며, 250 °C에서는 시료 표면으로부터 산화막이 떨어지고 산화분말이 형성되었다.

시험 후 시편에 대한 미세성분 및 조직을 SEM, EPMA, XRD 등을 통해 시료에 대한 Point(점) 분석 결과(Fig. 4) U의 분포는 64 ~ 66wt% 정도로 고르게 산화가 진행되었으며, XRD 분석(Fig. 5)결과 Mockup 공정에서 발생된 NU Ingot의 실험결과 보다 산화율이 높게 나타났다.

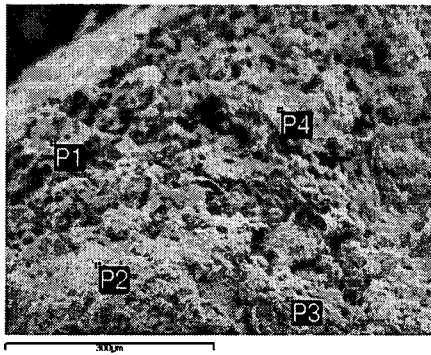


Fig. 4. EPMA micrographs of NU.

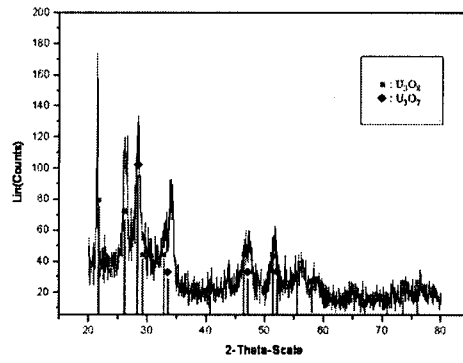


Fig. 5. XRD pattern.