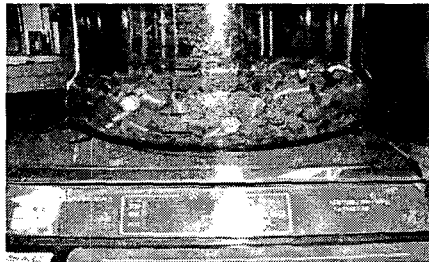


20 kgHM/batch용 분말화 장치 설계를 위한 UO₂ Pellet 의 산화반응 연구

김영환, 윤지섭, 정재후, 홍동희, 임재범
 한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

20 kgHM/batch용 분말화 장치는 차세대관리 공정의 금속전환로에 균질화된 분말을 공급하기 위하여 UO₂ Pellet을 산화하여 U₃O₈으로 분말화하는 장치이다. 본 연구에는 실증용 분말화 장치 상세설계를 위하여 산화반응 및 산화반응 후 분말투과율 실험을 수행하였으며, 실험결과를 상세설계에 반영하였다. 실험방법으로는 20kg의 UO₂ Pellet과 산화 후 U₃O₈ 체적을 조사하여 장치크기를 결정하였으며, Mesh의 구조 및 형상 설계를 위하여 산화분말에 대하여 진동 후 Mesh의 U₃O₈ 분말 투과율 시험을 수행하였다. 최적설계와 운전조건을 결정하기 위하여 장치 부위별 온도 분포 측정 실험(Heating Zone 설계)과 UO₂ Pellet의 산화 실험을 수행하여 분석을 하였다. 이러한 실험을 토대로 실증용 장치 설계에 필요한 데이터를 확보하여 실증용 분말화 장치를 제작 하였다.

실험결과는 다음과 같다. 사용후핵연료 20 kgHM/batch를 처리할 수 있는 실증용 분말화 장치를 설계하기위하여 실험 대상핵연료는 UO₂ Pellet(14x14, J23, φ9.2, L15mm) 을 사용하였다. Fig. 1-a 와같이 20kg의 UO₂ Pellet에 대한 반응 전 체적 과 반응 후 U₃O₈의 체적을 측정한 결과 Pellet은 3.7L, 135개, U₃O₈은 10~13L로 조사되어 장치내부의 상부Mesh 공간과 가열로 크기를 결정하였다. 진동 후 Mesh에 대한 분말투과율을 조사하기위하여 1kg, 20kg의 U₃O₈ 으로 투과 실험을 한 결과, Fig. 1-b와 같이 1kg의 UO₂ Pellet 투입 시 잔여분말이 남아있었으며, Fig. 1-c와 같이 20kg의 U₃O₈은 Mesh를 전혀 통과하지 못하였다. 따라서 U₃O₈분말이 잘 투과 될 수 있도록 Mesh의 형상구조 설계에 반영하였다.



(a)



(b)

(c)

Fig. 1. Volume of 20kg UO₂ Pellet(a) and permeability test of U₃O₈(b, c)

실증용 분말화 장치의 Heating Zone을 결정하기위하여 기존의 시험용 분말화 장치내부의 온도 분포를 측정하였다(Fig. 2-a). 그 결과 가열로 장치내부의 중심부분이 500~510℃, 하부가 390~400℃, 내부 가장자리는 540~550℃로 조사되었다.

기존 시험 장치를 이용하여 산화반응특성과 운전조건에 대한 문제점을 검토하고 처리용량 20kg HB/batch의 실증용 장치설계에 반영하였다. Fig. 2-b에서와 같이 20kg UO₂ Pellet를 산화할 경우 반응종료까지 12시간의 장시간이 소요되었다. 따라서 반응 효율을 높일 수 있는 가열로 구조로 설계를 고려하였다. Fig. 2-c 는 UO₂ Pellet(500g, 1kg, 20kg)에 대한 농도, 유량, 온도 변화에 대한 U₃O₈분말의 TGA(Thermal Gravity Analyser)분석결과이다. 여기서 보면 대부분 무게변화가 없고 99%이상 β-type U₃O₈임이 판명되었다.

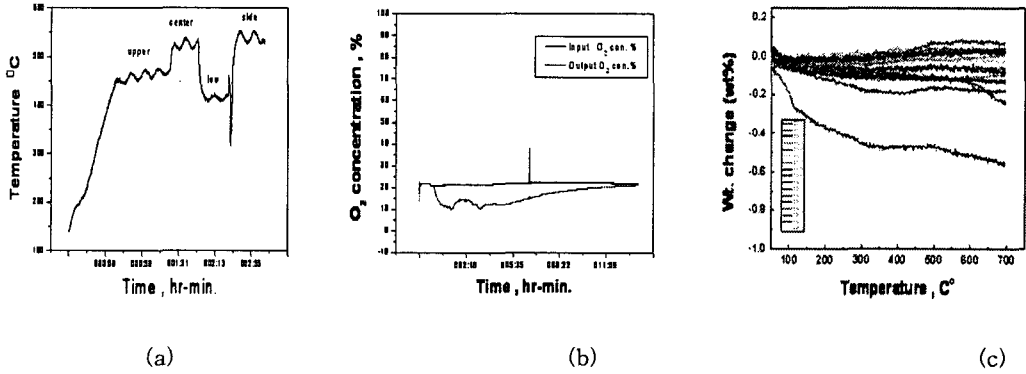


Fig. 2. Temp. distribution in the furnace (a), oxidation of 20 kg UO₂ Pellet(b), and TGA(c)

실증용 분말화 장치 제작을 위하여 위와 같은 산화반응 실험결과를 토대로 다음과 같이 고안, 개발하여 상세설계(Fig. 3-a)에 반영하였다. 기존시험 장치 내 Mesh의 U₃O₈ 투과효율을 높이기 위해서 Cone Type Mesh를 고안하였고, U₃O₈의 산화/배출/혼합효율을 증가하기위하여 Rotation Part에 Mechanical Seal 과 Knife Blade를 설계하였으며, 분말의 원활한 흐름조절을 위한 Shaft Valve를 개발하여 20 kgHM/batch용 분말화 장치(Fig. 3-b) 제작에 반영하였다.

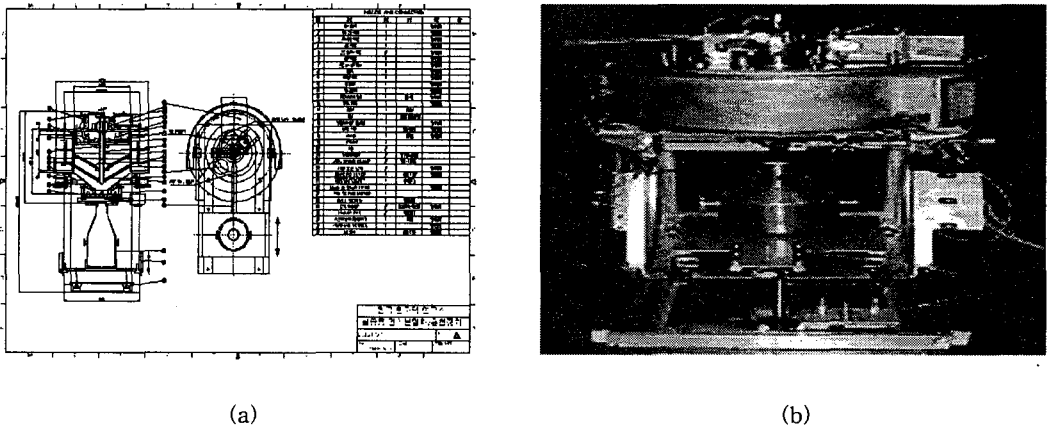


Fig. 3. A design(a) and voloxidizer(b) for demonstration.