

2002 추계학술발표회 논문집

한국원자력학회

UO₂-20wt%CeO₂ 소결체에서의 밀도와 개기공도 관계

Relation between Density and Open porosity

in Sintered UO₂-20wt%CeO₂ Pellet

나상호, 김시형, 이영우

한국원자력연구소

대전광역시 유성구 덕진동 150

유명준, 양창목, 조영호

한전원자력연료(주)

대전광역시 유성구 덕진동 493

요 약

UO₂-20wt%CeO₂ 모의 혼합핵연료의 소결밀도와 개기공도간의 상관관계를 조사하였다. 개기공도는 소결밀도가 증가할수록 감소하였으며, 94% 이상의 소결밀도이상에서는 개기공도는 거의 존재하지 않는 것으로 나타났다.

Abstract

The relation between sintered densities and open porosities in UO₂-20wt%CeO₂ simulated pellets is investigated. The open porosity decreases up to 94%T.D.(Theoretical Density) as sintered density increases. On the other hand, above 94%T.D., sintered UO₂-20wt%CeO₂ pellets do not have any open pores.

1. 서론

소결밀도는 핵연료의 특성을 좌우하는 인자중 하나이다. 복잡한 형태를 갖는 시료의 밀도는 일반적으로 액침법으로 측정되며, 통상적으로 UO₂ 소결체의 밀도도 액침법으로 측정된다. 액침법에 사용되는 용액은 일반적으로 물이나 메타 자일렌 등이 사용된다[1-3]. 또한 소결체에는 기공이

존재하며 이 기공은 개기공(open pore)과 폐기공(closed pore)로 구성된다. 개기공은 소결체가 대기 중에 노출되는 경우 수분 등을 흡수하며, 이러한 펠렛이 원자로에 장전되면 노내 거동에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 증류수를 사용하여 모의 혼합핵연료(UO₂-20wt%CeO₂)의 소결밀도와 개기공도를 측정하여 이들 상관관계를 조사하고자 하였다. UO₂-20wt%CeO₂를 사용한 이유는 원자력연구소에서 출원한 다이내믹 밀의 성능을 조사하기 위하여 거의 최대량 까지 첨가혼합하였다.

2. 실험 방법

시료는 ex-DC 감손 UO₂ 분말에 CeO₂ 함량을 20wt% 첨가하여 다이내믹 밀[4](분당 회전수 : 30, zirconia ball(직경 ; 8mm) 장입량 : 30vol.%, 시료 ; 100g)을 사용하여 밀링시간(0.5~6시간)과 성형압력(200~400MPa)을 변화시켜 성형체를 제조하였다. 성형체는 uniaxial compacting press 를 사용하여 다이벽 도포방법(die-wall lubrication)으로 제조하였으며, 제조된 성형체는 수소분위기하에서 1973K 에서 4 시간 소결하였다.

액침법에서 소결밀도, $\rho_{\%T.D.}$ 는 식(1), 그리고 개기공도, ϵ_o 은 식(2)를 사용하여 구하였다[2,3].

$$\rho_{\%T.D.} = \frac{W_{dry}}{W_{sat} - W_{susp.}} \times \rho_{sol} \times 100 \quad (1)$$

$$\epsilon_o(\%) = \frac{W_{sat} - W_{dry}}{W_{sat} - W_{susp} - W_{dry} \frac{\rho_{sol}}{\rho_{TD}}} \times 100 \quad (2)$$

여기서 W_{dry} , W_{susp} 그리고 W_{sat} 는 각각 UO₂-20wt%CeO₂ 펠렛의 건조무게(g), 현액 무게(g) 그리고 포액 무게(g) 이며, ρ_{TD} 와 ρ_{sol} 은 UO₂-20wt%CeO₂ 의 이론소결밀도와 증류수의 밀도이다. UO₂-20wt%CeO₂ 의 이론 소결밀도는 9.88(Mg/m³)이며, 증류수의 밀도는 측정온도에 따라 다르다.

3. 결과 및 토의

그림 1에 UO₂-20wt%CeO₂ 모의 혼합핵연료의 소결밀도와 개기공도를 증류수로 측정된 결과를 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 UO₂-20wt%CeO₂ 모의 혼합핵연료 소결체의 개기공도는 소결밀도가 증가할수록 감소하는 경향을 보여주며 약 94%T.D. 이상에서는 개기공도는 거의 존재하지 않는 것으로 나타났다. 그림에는 기존의 UO₂ 소결밀도 측정결과[1]도 함께 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 소결밀도 약 96% 이상에서는 두 시료 모두 개기공도가 존재하지 않으나 소

결밀도가 작을수록 개기공도의 차이는 크게 나타난다. 이는 운활제의 첨가방법 즉 - UO_2 의 경우 운활제를 첨가혼합, UO_2 -20wt% CeO_2 의 경우는 다이렉 도포- 에 기인되는 것으로도 판단되지만, CeO_2 도 영향을 미칠 것으로 사료된다. CeO_2 첨가량 변화에 따른 개기공도의 변화에 대한 추가실험이 필요할 것으로 사료된다.

4. 결론

액침법에 사용되는 용액을 증류수로 사용하여 UO_2 -20wt% CeO_2 소결체의 소결밀도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 소결밀도가 증가함에 따라 개기공도는 감소하는 경향을 보이며, 약 94%T.D. 이상에서는 개기공도는 거의 존재하지 않는 것으로 나타났다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Sang Ho Na et al., Journal of the Korean Nuclear Society, vol.34(5), 2002, to be published
- [2] W.Doerr, H. Assmann, G. Maier and J. Steven, Journal of Nuclear Materials, 81(1979)135
- [3] RBU Test and Examination Procedure, QW-C PA 0195, rev. 0, 1985
- [4] 나상호 외, 특허출원번호 10-2002-0043461

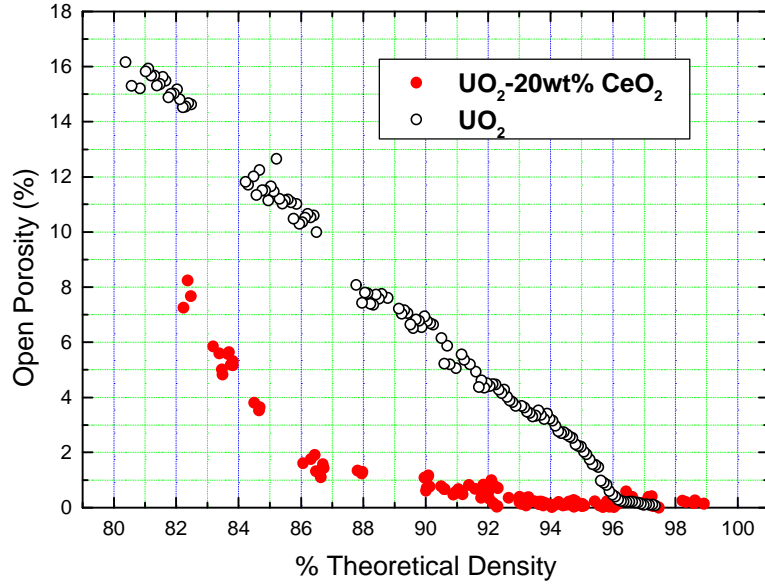


그림 1. %T.D. vs. open porosity(%)