

## Gd 함량 및 소결시간이 $\text{UO}_2\text{-10wt}\%\text{CeO}_2$ 의 소결성에 미치는 영향

### Effect of Gd Content and Sintering Time on the Sinterability $\text{UO}_2\text{-10wt}\%\text{CeO}_2$

한국원자력연구소 나상호\*, 김연구, 김시형, 김한수  
한전원자력연료주식회사, 유명준

#### 1. 서론

현재 원자력 발전소의 핵연료의 주종은 이산화 우라늄( $\text{UO}_2$ )이지만, 향후 자원의 재활용 측면과 장주기·고연소도를 지향하기 위하여 혼합산화물로 대체되고 있는 실정이다. 장주기·고연소도를 지향하기 위해서는 비교적 높은 U-235 농축도 또는  $\text{PuO}_2$ 의 함량 증대가 요구된다. 높은 농축도 등으로 인해 초기의 잉여 반응도를 제어하기 위해 여러 가지 독물질이 사용되고 있으며, 이 중에서 산화 가돌리늄( $\text{Gd}_2\text{O}_3$ )이 많이 사용되고 있다[1]. 혼합산화물인 경우, 중공(annular) MOX 펠렛에 단원계( $\text{Gd}_2\text{O}_3$ ) 혹은 2원계 산화물, ( $(\text{Zr,Gd})\text{O}_2$ )을 사용하고 있다[2]. 산화물 수와 첨가량 증대에 따라 균질하게 혼합된 소결체를 제조하는 데 어려운 것으로 알려져 있으며, 조사 중에 생성된 핵분열가스를 초기에 가능한 한 소결체 내에 보유하기 위해서는 결정립은 가능한 한 커야 한다. 본 연구에서는  $\text{UO}_2\text{-10wt}\%\text{CeO}_2$ 에  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  첨가량(4~8 wt%)을 변화시켰다. 3 종류의 산화물을 다이내믹 밀로 분쇄·혼합하여 제조한 성형체를 수소 분위기,  $1750^\circ\text{C}$ 에서 소결시간(4~16시간)을 변화시켜 소결밀도와 미세구조를 조사하였다.

#### 2. 실험 방법

$\text{UO}_2$  분말에  $\text{CeO}_2$ 와  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 를 각각 10wt%와 4wt% 첨가하여, 총 50g의 분말을 1시간 동안 1차 혼합하였다. 1차 혼합된 분말을 다이내믹 밀에 장입하여 4시간 밀링하여 분쇄·혼합시켰다. 다이내믹 밀의 분말용기는 분당 25번 회전하며, 용기 안에는 직경 8 mm의 지르코니아 볼이 70 vol.% 들어있다. 분쇄·혼합된 분말은 프레스에서 성형압력 300 MPa로 성형되었으며, 제조된 성형체는 환원성 분위기( $\text{H}_2$ ),  $1750^\circ\text{C}$ 에서 소결시간을 4, 8, 12 그리고 16시간으로 변화시켰다.  $\text{UO}_2\text{-10wt}\%\text{CeO}_2$ 에  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  첨가량 각각 6wt%와 8wt% 첨가한 경우에도 위와 동일한 방법으로 수행하였다. 소결밀도는 수침법으로 측정하였으며, 결정립 크기는 intercept 방법으로 측정하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

Gd 첨가량 및 소결시간에 따른  $\text{UO}_2\text{-10wt}\%\text{CeO}_2\text{-}(4\sim 8)\text{wt}\%\text{Gd}_2\text{O}_3$ 인 경우 소결시간이 증가하면 소결밀도는 감소하는 경향을 보여준다. 반면에 Gd 첨가량이 증가하면 동일한 소결시간에서 소결밀도는 감소하는 경향을 보여주지만, 소결시간은 그다지 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보여준다.  $\text{UO}_2\text{-10wt}\%\text{CeO}_2\text{-}4\text{wt}\%\text{Gd}_2\text{O}_3$ 의 소결시간에 따른 결정립 크기는 소결시간이 증가하면 결정립 크기는 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 16시간 이상에서는 거의 포화되는 경향을 보여주고 있다. 소결시간(12시간)을 일정하게 하고 Gd 첨가량을 변화시킨 경우 결정립크기는 Gd 첨가량이 증가할수록 결정립 크기는 증가하는 경향을 보여준다.

#### Acknowledgement

본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] IAEA-TECDOC-844, "Characteristics and use of urania-gadolinia fuels"
- [2] M. Kato, S. Kohno and K. Kamimura, IAEA Tech. Committee Mtg on Advances in Pellet Technology for Improved Performance at High Burnup, paper No. 2-4 Tokyo, Japan, 28 Oct.-1 Nov., 1996