

2002 추계학술발표회 논문집

한국원자력학회

다이나믹 밀 처리효과에 따른
 $UO_2-5wt\%CeO_2$ 의 성형성 및 소결성 연구
Study of Effect of Dynamic mill Treatment
on the compaction and sintering of $UO_2-5wt\%CeO_2$

나상호, 김시형, 김연구, 이영우

한국원자력연구소

대전광역시 유성구 덕진동 150

유명준

한전원자력연료(주)

대전광역시 유성구 덕진동 493

요 약

새로운 방법의 분말처리 방법인 다이나믹 밀을 개발, 사용하여 분말처리된 모의 혼합핵연료 분말($UO_2-5wt\%CeO_2$)의 겉보기밀도, 성형밀도, 소결밀도 그리고 미세구조를 조사하였다. 다이나믹 밀링 시간에 따라 겉보기밀도, 성형밀도, 소결밀도 그리고 결정립크기는 증가하였으며, 소결밀도는 2시간 이상에서, 결정립 크기는 4시간 이상에서 포화되는 경향을 보여주었다. 다이나믹 밀의 성능은 다른 분쇄방법의 분말처리에서와 유사한 것으로 나타났다. 즉 원하는 특성을 갖는 펠렛을 제조하고자 할 때 다이나믹 밀링 시간을 조정하면 가능한 것으로 나타났다.

Abstract

Some properties(apparent density, green density, sintered density and grain size) of the simulated mixed oxide($UO_2-5wt\%CeO_2$) prepared by using the dynamic mill newly developed were investigated. As the dynamic milling time increases, these properties increase. However, the increases of sintered density and grain size were saturated above 2 hrs and 4 hrs of dynamic milling treatment, respectively. It appeared that the dynamic mill has a similar

capability to that of other milling methods, and hence can manufacture the pellets having desired properties by controlling milling time.

1. 서론

최근에 개량핵연료 개발의 일환으로, 중성자조사에 의한 핵연료성능을 보다 향상시키기 위하여 핵분열기체의 방출을 억제시킬 수 있는 미세구조를 갖는 소결체 가공방법의 개발이 꾸준히 연구되고 있다. 이와 같은 미세구조의 제어 및 소결성 향상 방법의 하나로 소결체 제조에 사용되는 원료분말의 특성을 적절히 조절하고, 이에 따른 분말의 성형거동이나 소결성을 적절히 제어하는 방법이 있다. 특히 혼합핵연료 소결체 제조의 경우, 혼합분말의 기계적인 분쇄는 필수적일 뿐만 아니라, 분쇄방법 및 사용기기에 따라 혼합된 분말의 특성, 분말의 성형성 및 소결성에 크게 변한다. 위와 같은 기술을 개발하기 위해서는 분말처리 방법에 따른 분말의 특성변화, 그리고 이들이 성형이나 소결성에 미치는 영향에 대하여 상세히 연구되어야 한다.

일반적으로 분말의 특성, 특히 분말입자 크기 및 형태는 분말의 성형성이나 소결성에 크게 영향을 미치는 것으로 잘 알려져 있다[1,2]. 분말입자 크기를 기계적으로 미분쇄시키는 방법에는 여러 가지가 보고되고 있으나[3,4], 본 실험에서는 감손 UO_2 (ex-DC)분말에 CeO_2 분말을 5wt% 첨가혼합된 분말을 한국원자력연구소에서 개발한 다이내믹 밀[5]로 분말처리하여 성형 및 소결에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

2. 실험 방법

시료는 ex-DC 감손 UO_2 분말에 CeO_2 함량을 5wt% 첨가하였다. 그림 1에 다이내믹 밀(분당 회전수 : 30, zirconia ball(직경 ; 8mm) 장입량 : 30vol.%, 시료 ; 100g)을 이용한 펠렛 제조공정을 도시하였다. 다이내믹 밀의 처리효과를 보기 위하여 일반적으로 소결체 제조공정에 포함되는 혼합공정을 생략하였다. 또한 그림 2에는 본 연구에서 사용된 다이내믹 밀의 개념적인 개략도를 도시하였다. 성형체는 uniaxial compacting press 를 사용하여 제조하였으며, 제조된 성형체는 수소분위기하에서 1973K 에서 4 시간 소결하였다.

다이내믹 밀 처리된 분말의 성형성 및 소결성을 조사하기 위하여 다이내믹 밀 처리된 분말을 복동식 유압프레스에서 성형압력 300MPa 로 성형하였으며, 제조된 성형체의 소결은 수소분위기하에서 온도 1700°C에서 4시간 유지하였다.

시료분말의 bulk density 는 ASTM-B329 에 기술된 측정기기를 사용하여 측정하였으며 성형밀도와 소결밀도는 기하학적 방법과 수침법(water immersion method)으로 각각 측정하였다.

입자크기는 linear intercept method를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 토의

그림 3에 다이내믹 밀링 시간에 시료분말의 겉보기 밀도를 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 다이내믹 밀링 시간이 증가할수록 시료분말의 겉보기 밀도는 증가하는 경향을 보여준다. 이는 다이내믹 밀의 충격과 마찰 메카니즘에 의해 분말이 미분쇄 및 혼합되고, 미분쇄된 분말이 다시 균집화되면서 분말의 겉보기 밀도가 증가한 것으로 사료된다.

그림 4에 다이내믹 밀링 시간에 따른 성형밀도와 소결밀도를 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 다이내믹 밀링 시간에 따라 성형밀도 및 소결밀도는 증가하는 경향을 보여주지만 증가하는 속도는 감소하므로 일정시간 지나면 거의 포화되는 것으로 판단된다. 특히 소결밀도인 경우 다이내믹 밀링 2 시간 이상에서는 거의 포화되는 것으로 보여진다. 즉 2시간 이상에서는 성형밀도가 증가하여도 소결밀도에는 그다지 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 그리고 소결체의 결정립 크기를 측정한 결과 다이내믹 밀링 시간에 따라 결정립 크기가 증가하는 경향을 보여주지만 4시간 이상에서는 거의 포화되는 것으로 보여진다. 반면에 다이내믹 밀링 시간이 0.5 시간인 경우 미세구조는 cored structure 즉 외부는 기공 분포가 적으면서 결정립이 크고, 내부는 기공분포가 많으면서 결정립이 미세한 구조를 보여준다. 이는 다이내믹 밀링 시간이 1시간 미만에서는 혼합이 잘 안되는 것으로 판단된다. 그렇지만 다이내믹 밀링 시간이 1시간 이상에서는 다이내믹 밀에 의한 분말의 분쇄 및 혼합은 매우 양호한 것으로 나타났다. 또한 이 기기의 장점은 취급이 간단하여 특히 혼합핵연료 제조시에 매우 유용한 것으로 사료된다.

4. 결론

원자력연구소에서 개발한 다이내믹 밀 기기의 성능을 조사하기 위하여 모의 혼합핵연료 분말을 사용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 다이내믹 밀링 시간이 증가할수록 분말의 겉보기 밀도, 성형밀도 그리고 소결밀도가 증가하였다. 또한 이에 따라 결정립 크기도 증가하는 경향을 보여주었다.

2) 다이내믹 밀의 성능은 양호한 것으로 나타났다. 즉 소결밀도 그리고 결정립크기를 구하고자 할 때 다이내믹 밀링 시간을 조정하며는 가능한 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] 나상호 외, 2000년 추계학술대회, 한국원자력학회
- [2] Joel S. Hirshhorn, Introduction to Powder Metallurgy, 1st ed., p.46, American Powder Metallurgy Institute, USA, (1969)
- [3] 나상호 외, 2001년 추계학술대회, 한국원자력학회, p.272
- [4] Sang Ho Na et al., Journal of the Korean Nuclear Society, vol.34, 2002, pp.60-67
- [5] 나상호 외, 특허출원번호 10-2002-0043461

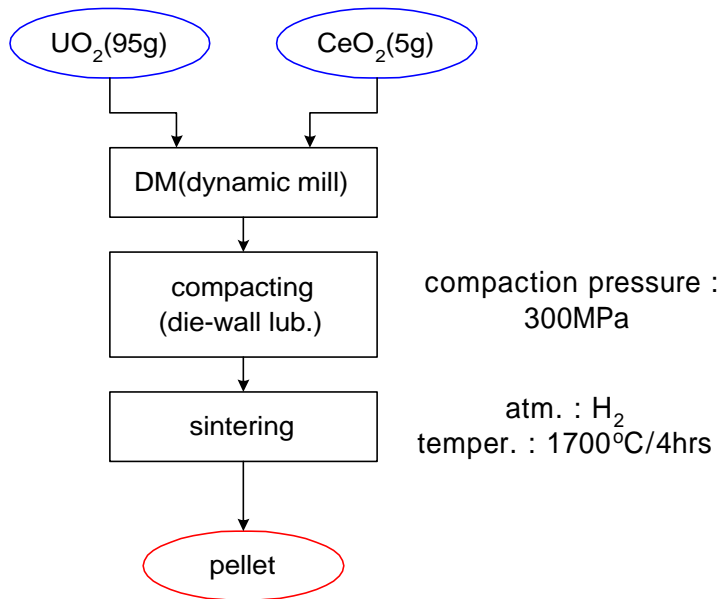


그림 1. 다이내믹 밀 이용 혼합핵연료 펠렛 제조공정도

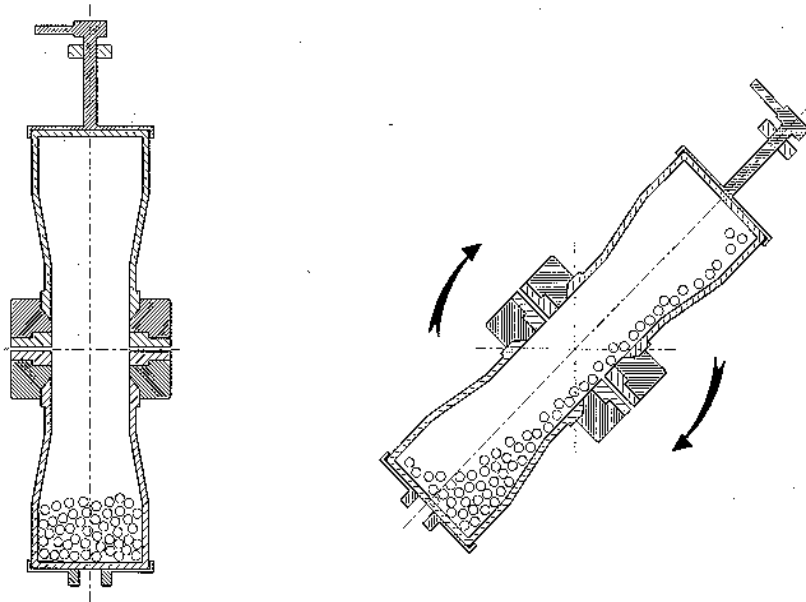


그림 2. 다이내믹 밀

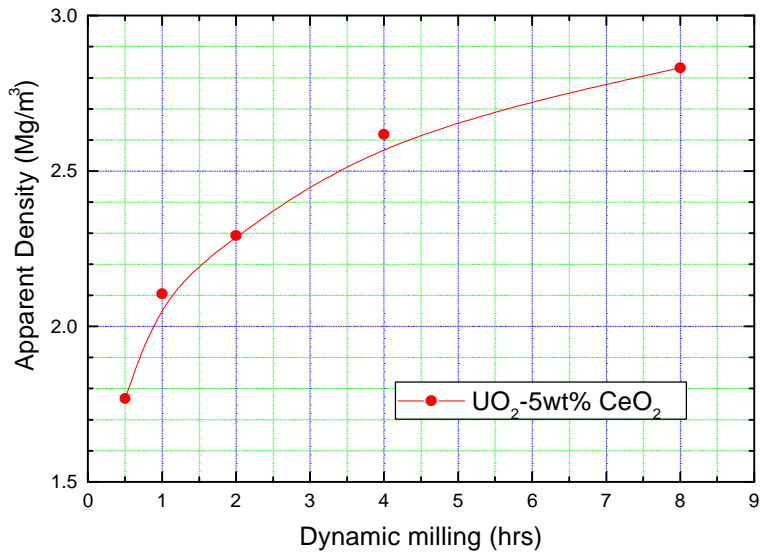


그림 3. 다이내믹 밀링 시간에 따른 분말의 겉보기 밀도

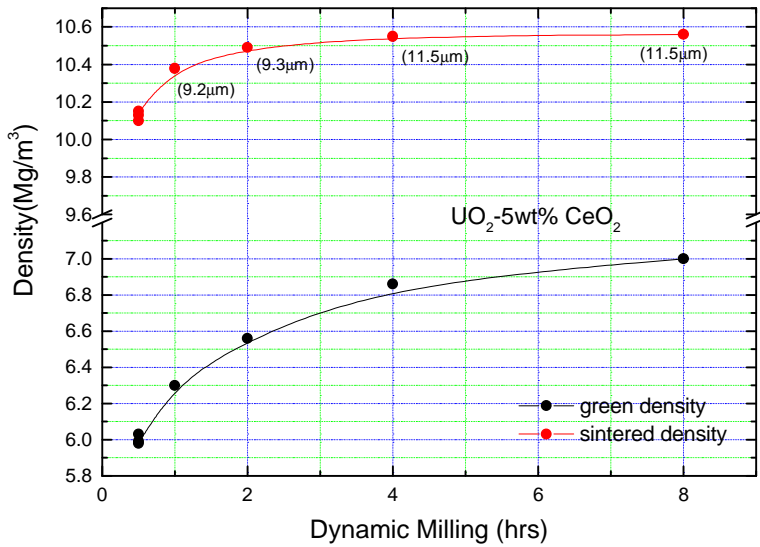


그림 4. 다이내믹 밀링 시간에 따른 성형밀도 및 소결밀도
(() 안은 평균 결정립 크기)