

U₃O₈ 분말의 밀링시간에 따른 특성 변화

나상호^{1*}, 신진명¹, 이기원¹, 황두성¹, 최종원¹, 유명준²

¹한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

²한전원자력연료(주), 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 242

*shna@kaeri.re.kr

1. 서론

UO₂ 소결체를 대기분위기에서 약 350°C~700°C로 산화시키면 밀도감소에 의한 부피팽창으로 인하여 U₃O₈ 분말이 된다. U₃O₈ 분말의 입자 크기는 산화온도 및 소결체의 결정립 크기에 영향을 받는다. UO₂ 소결체를 원자로에서 연소시키면 연소도 또는 선출력에 따라 소결체의 결정립의 크기가 달라진다. 즉 연소도에 따라 UO₂ 소결체에는 가장자리부터 중심으로 갈수록 결정립 크기는 증가한다. 또한 연료봉의 축방향으로의 연소도 차이에 따라 소결체 내의 TRU의 분포가 불균질하다.

이러한 불균일한 입자 크기와 TRU의 불균질 분포는 재활용 공정 및 핵투명성에 기여할 수 있는 핵연료물질의 정확한 계량 측정에 영향을 줄 수 있다. 따라서 핵연료물질의 재활용 공정 확립 및 정확한 계량을 위해서는 입자크기의 균일화와 TRU의 균질화가 요구된다. 이를 위해 분말을 미세화하는 밀링공정이 적용되며, 또한 분말의 미세화는 성형성 및 소결성에 영향을 미친다[1].

여기에서는 U₃O₈ 분말의 밀링시간에 따른 분말 특성을 조사하였다.

2. 본론

2.1 시편 준비 및 실험 방법

UO₂ 소결체(소결밀도 ; 96%T.D., 결정립 크기 ; 약 9 μ m)를 대기분위기, 450°C에서 4 시간 산화시켜 U₃O₈ 분말로 제조하였다. 제조된 U₃O₈ 분말을 분쇄하는 밀링장치는 본원에서 개발한 다이내믹밀[2]을 사용하였다. 밀링시간은 0~8 시간(0, 1, 2, 4 그리고 8)으로 하였다. 밀링시간에 따른 분말의 비표면적은 Micromeritics ASAP 2400으로, 분말의 겉보기밀도는 ASTM B212 방법으로, 그리고 분말의 입자크기는 레이저형 입도분석기(Malvern Mastersize/E)로 측정하였다. 밀링시간에 따른 입자 형상은 SEM으로 나타내었다.

2.2 실험 결과

2.2.1 밀링시간에 따른 분말의 비표면적

밀링시간에 따른 U₃O₈ 분말의 비표면적을 Fig. 1에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, 분말의 비표면적은 밀링시간에 따라 증가하다가 감소하는 경향을 보여준다. 즉 밀링시간 2 시간까지 분말의 비표면적이 급격하게 증가하여 최대값을 보이다가 완만하게 감소하는 경향을 보여준다. 이는 밀링시간 2 시간을 초과하는 경우 미세화된 분말이 재응집되어 비표면적이 감소하는 것으로 판단된다.

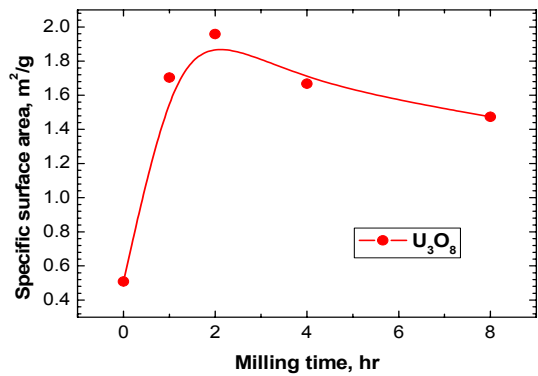


Fig. 1. Milling time vs. specific surface area.

2.2.2 밀링시간에 따른 분말의 겉보기 밀도

밀링시간에 따른 U₃O₈ 분말의 겉보기 밀도를 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, 밀링시간에 따른 U₃O₈ 분말의 겉보기 밀도는 증가하다가

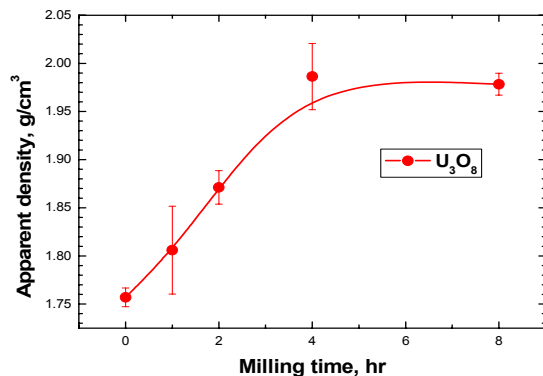


Fig. 2. Milling time vs. apparent density.

4 시간 이상에서는 거의 포화되는 경향을 보여준다. 이는 밀링시간이 4 시간을 초과하는 경우 겉보기 밀도에 거의 영향을 미치지 않는 것은 분말의 재응집이 더 이상 일어나지 않는 것으로 판단된다.

2.2.3 밀링시간에 따른 입자크기

밀링시간에 따른 U_3O_8 분말의 입자크기를 Fig. 3에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, U_3O_8 분말의 입자크기는 밀링시간 2 시간까지 급격히 감소하다가 그 이상의 밀링시간에서는 포화되는 경향을 보여준다. 밀링의 효과가 2 시간이 최대인 것으로 판단된다.

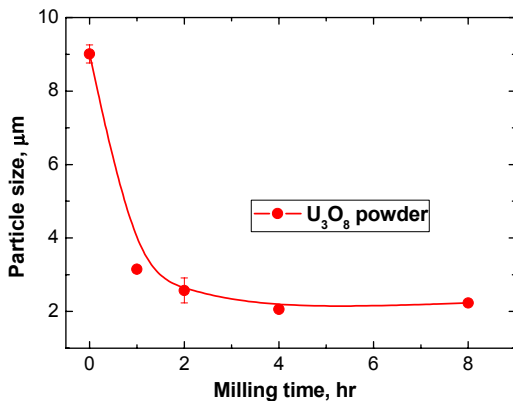


Fig. 3. Milling time vs. particle size.

2.2.4 밀링시간에 따른 입자 형상

밀링시간에 따른 U_3O_8 분말의 입자 형상을 SEM 사진으로 Fig. 4에 나타내었다.

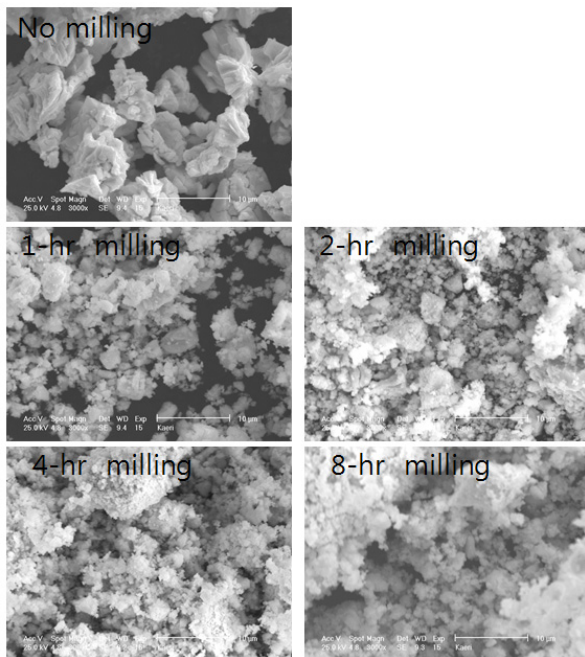


Fig. 4. SEM powder morphology.

SEM 사진에 나타난 바와 같이 밀링시간 2 시간까지는 입자크기가 감소하나 그 이상의 밀링시간에서는 재응집되는 것으로 사료된다.

3. 결론

밀링시간에 따른 U_3O_8 분말의 특성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 분말의 비표면적과 입자크기는 밀링시간 2 시간이 최대인 것으로 나타났다.
- 분말의 겉보기 밀도는 밀링시간 4 시간에서 최대인 것으로 나타났다.

4. 참고문헌

- [1] Sang Ho Na et al., "Effect of Ball-mill treatment on powder characteristics, compaction and sintering behaviors of ex-AUC and ex-ADU UO_2 powder, Journal of the Korean Nuclear Society, Vol. 34(1), pp.60~67, February, 2002.
- [2] 나상호 등, 다이내믹밀, 특허 제0484537호.