

사용후핵연료 분말의 균질화

1. 입도가 다른 UO₂ 분말

나상호, 한보영, 김연실, 송대용, 박세환, 신희성, 김호동, 김기홍, 유명준*

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

*한전원자력연료(주), 대전시 유성구 덕진동 493

shna@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료봉의 연소도 프로파일은 일반적으로 높낮이만 다를 뿐 연료봉마다 비슷하며, 동일한 연료봉에서도 축방향의 길이에 따라 연소도는 다르게 나타난다(Fig. 1 참조)[1]

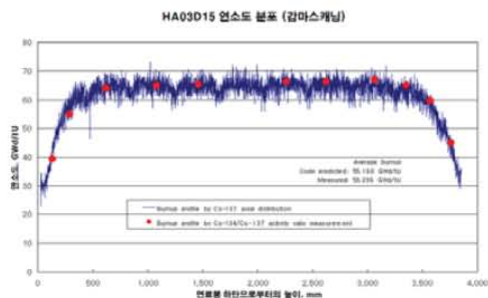


Fig. 1. Schematic burnup profile of spent fuel .

이와 같은 연소도 차이로 인하여 우라늄이나 플루토늄 같은 핵분열물질, 초우라늄물질(TRU) 그리고 핵분열생성물의 존재 분포비가 다르게 되며, 핵연료에도 결정립과 같은 미세구조에 변화를 야기한다.

따라서 사용후 UO₂를 산화시킬 경우, 이와 같은 결정립 크기에 따라서 산화되는 분말입자의 크기가 달라지므로, 혼합하지 않거나 입자크기가 다른 것을 적절히 혼합하지 않을 경우, 편석(segregation)의 가능성이 존재하여[2] 균질도를 샘플링에 의존할 때 분석값의 편차가 확대되어 물질량의 수치를 정확히 추적하기가 어려워지므로, 균질화는 매우 중요한 공정으로 사료된다.

여기에서는 연소도 차이로 인하여 일어나는 사용후 UO₂의 결정립 크기를 고려하여 입자크기가 다른 ex-AUC 천연 UO₂(NU)와 ex-ADU 감산 UO₂(DU) 분말을 사용하여 혼합과 밀링이 균질화에 미치는 영향을 조사하고자 한다.

2. 본론

2.1 시편 준비 및 실험 방법

NU와 DU의 혼합비를 3조건(2:8, 3:7 & 4:6)으로 각 조건당 무게는 40g으로 하였다. Fig. 2에 NU와 DU의 분말형태를 SEM 사진으로 나타내었다. NU와 DU의 분말입자크기는 각각 약 20um과 1um으로 측정되었다.

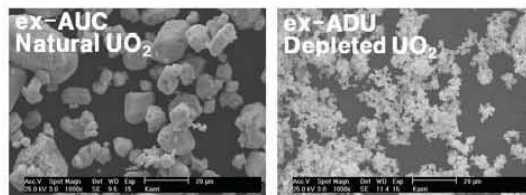


Fig. 2. Powder morphology of NU and DU.

DU의 분말혼합은 Tubular mixer(Fig. 3(a) 참조)를 사용하였고, 혼합시간은 3조건(30분, 60분 & 120분)으로 하였으며, 밀링은 본 연구원에서 개발한 다이내믹 밀(Fig. 3(b) 참조)[3]을 사용하였고, 10분 혼합한 후 밀링시간은 5조건(0, 10분, 20분, 30분 & 60분)으로 수행하여 샘플링한 것을 화학분석에 의한 농축도를 조사하였다.



Fig. 3. (a) Tubular mixer, (b) Dynamic mill.

2.2 실험 결과

Fig. 4에 NU와 DU의 혼합비에 따른 단순혼합하였을 경우, 혼합시간에 따른 농축도를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, 혼합비에 관계없이 혼합시간이 길어질수록(120분까지) 이론값에 접근하지만, 편차는 아직도 큰 것으로 사료된다. 또한 NU/DU 혼합비 즉 NU의 함량이 증가할수록 편

차는 큰 폭을 보이는데, 이는 NU의 입자크기가 DU에 비해 상당히 크기 때문에 기인된 것으로 판단된다.

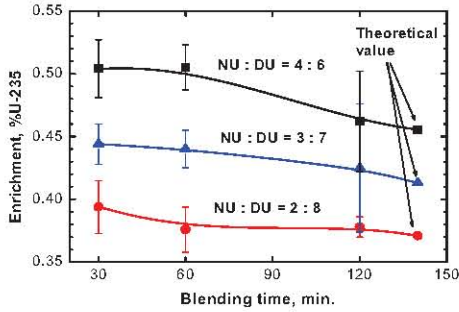


Fig. 4. Enrichment vs. blending time according to the mixing ratio of NU : DU.

Fig. 5에 NU와 DU의 혼합비에 따라 10분 혼합 후 밀링시간에 따른 혼합분말의 농축도를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, 혼합비와 밀링시간의 함수가 존재함을 보여준다. 즉 NU/DU의 혼합비가 2:8인 경우, 약 20분, 3:7인 경우, 약 30분 그리고 4:6인 경우 약 60분 이상 밀링할 때 편차가 거의 없는 이븐값에 접근함을 보여준다. 이는 NU의 함량이 증가할수록 NU의 분말입자크기를 분쇄하는데 소요되는 시간이 증가하기 때문인 것으로 사료된다.

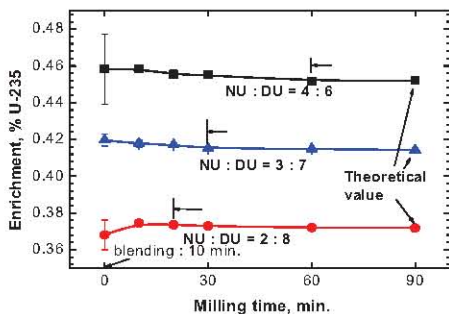


Fig. 5. Enrichment vs. milling time according to the mixing ratio of NU : DU.

결과적으로 입자크기가 다른 두 종류의 분말을 단순히 혼합할 경우, 혼합에 따른 균질도를 증대시키기 위해서는 장시간의 혼합시간이 요구되

지만, 혼합후 밀링을 하는 경우에는 보다 짧은 시간에 최대의 균질도를 확보할 것으로 사료된다. 이는 밀링에 의한 분말의 미세화가 균질도에 크게 영향을 미치지 때문이다.

3. 결론

분말 입자 크기가 다른 두 종류의 UO₂ 분말(천연 ex-AUC와 감손 ex-ADU)을 사용하여 혼합비에 따라 혼합과 밀링에 의한 농축도를 조사하여 균질화에 미치는 다음과 같은 결과를 구하였다.

- 입자크기가 다른 분말을 단순혼합하는 경우, 장시간이 요구되지만, 균질도 향상은 어려운 것으로 나타났다.
- 입자크기가 다른 분말을 혼합하는 경우에는 혼합분말의 균질도를 향상시키기 위해서는 분말을 미세화하는 밀링공정이 꼭 필요한 것으로 나타났다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력중장기과제의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] 나상호 외, 2009년 방사성폐기물학회 춘계학술대회, pp.283-284.
- [2] 김진환 외, 분체공학, 동화기술, 2005, p.254.
- [3] 나상호 외, 다이아몬드 밀, 일본특허, 특허제 3722789호(평성 14년).