

SIMOLOYER*의 분말 분쇄효과 연구(II)
 (A Study of the Comminution in the SIMOLOYER*)
 (*Zoz-horizontal rotary ball mill)

한국원자력연구소 이정원*, 정인하, 양명승, 박현수
 한국자원연구소 김동진, 정현생

1. 서론

사용후 핵연료 소결체를 직접 산화 및 환원처리를 반복하여 분말화한 후 다시 핵연료 소결체로 만들고자 하는 경.중수로 연계핵연료(DUPIC; Direct Use of Spent PWR fuel in CANDU reactors) 제조기술 개발연구가 진행중에 있다[1]. 고밀도의 핵연료 소결체 제조를 위해서는 산화/환원 처리후 나온 분말을 미분쇄하여 그 분말 특성의 향상과 균질화를 피해야 하며 이를 위해 분말의 분쇄작업이 필수적이다. 한편 이러한 분쇄작업을 위한 분쇄 기기는 고 방사성의 사용후 핵연료 취급에 따른 접근성의 제한으로 원격조작이 가능해야 하고, 유지 및 보수성이 고려되어야 한다. 이러한 특수한 요구조건을 충족시킬 수 있는 동시에 분쇄 효율이 우수한 분쇄 방법으로 여러 분쇄 기기중 simoloyer가 채택되었다. 본 연구에서는 simoloyer의 분쇄 효율성 확인을 위해 기존 분쇄방법중 하나인 planetary ball milling과 대비해 그 분쇄 효과를 분석하였다.

2. 실험 방법

분쇄실험을 위한 시료로 제철용 슬러그 형성제인 MgO원으로서 사용되고 있는 사문암(Serpentine, $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$) 광석을 사용하였으며, 사문암 광석은 경북 안동에서 채취되었다. 분쇄 및 분급(-200mesh) 과정을 거친 후 자성물질을 자력선별로 제거한 다음 실험용 시료로 사용하였으며, 그 화학 조성은 Table 1과 같다. 시료의 평균 입도는 약 20.6 μm 이다. 시료의 분쇄는 planetary ball mill(Fritsch, Pulverisset-5)과 simoloyer를 이용하여 대기 분위기에서 건식으로 행하였다. 분쇄 효과 분석을 위해 분쇄된 분말은 laser light scattering method(U.K., Malvern Co. Model: Mastersize/E)로 측정하여 입도를 분석하였으며, 또한 황산용액을 사용한 침출실험에서 침출용액중 성분원소의 함유 비율로 그 분쇄 효율성을 살펴보았다. 침출 실험은 4구 1000ml 플라스크 반응조에서 침출시킨 후 일정 시간 간격으로 10ml 반응용액을 취하여 Mg 함량을 정량분석하였다.

3. 결과 및 고찰

Planetary ball mill의 경우 300rpm으로 분쇄시간 약 120분이 경과해야 한계 입도(약 7 μm)에 도달하나, simoloyer의 경우 분쇄 개시후 수 분 이내에 한계 입도(약 7 μm)까지 쉽게 미립화 되는 것을 알 수 있었다. 일정(450rpm) 이상의 회전수에서는 회전수에 따른 입도 변화는 없었으며, 450rpm의 경우 20분 경과후 한계 입도에 도달하였다. 그리고 분쇄시간에 따른 시료의 X-선 회절분석 결과 사문암 시료의 피크강도가 분쇄시간이 증가함에 따라 감소하며, planetary ball mill의 경우 120분 이상 분쇄시 사문암 주성분인 antigorite의 피크는 전혀 나타나지 않았으나, magnetite와 diopside의 피크는 여전히 존재하고 있었다. 따라서 분쇄시간이 길어짐에 따라 사문암의 결정구조가 결정상에서 비정질상으로 변화하였음을 알 수 있다. Fig. 1은 분쇄 기기별 분쇄 효율성을 비교하기 위해 planetary ball mill로 300rpm에서 60분간 분쇄한 분말과 simoloyer로 450rpm에서 60분간 분쇄한 분말을 황산용액으로 상온에서 침출한 결과를 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 simoloyer로 분쇄한 분말을 침출한 용액의 Mg

함량이 planetary ball mill로 분쇄한 분말로 침출한 용액보다 약 2배 정도 높아 simoloyer로 분쇄하는 것이 침출이 잘 되는 것을 알 수 있다. 일반적으로 침출거동은 반응온도가 높을수록, 반응표면적이 클수록 즉, 입자가 미세할수록 침출이 잘 된다는 일반적 이론에 따라서 simoloye에 의한 분쇄 효율성이 더욱 우수한 것을 알 수 있다[2].

4. 결론

1. Simoloyer에 의한 분말 분쇄는 기기의 원격 취급 및 조작, 그리고 유지 및 보수에 관한 점에서 planetary ball mill보다 적절하였다.
2. Planetary ball mill보다 simoloyer에 의한 분쇄가 단 시간에 한계 입도에 도달해 분쇄 효율성이 우수하였다.
3. 침출실험 결과 planetary ball mill로 분쇄한 분말 보다 simoloyer로 분쇄한 분말로 침출한 용액이 약 2배 정도 Mg 함량이 높아 미립화에 적합하였다.

참고문헌

1. 양명승 외, 경.중수로 연계핵연료 주기기술개발, 한국원자력연구소, KAERI/RR-1744/96 (1997)
2. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, p.357, Wiley International Edition, (1972)

Table 1. Chemical composition of the samples used in the experiments(% by weight).

| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | MgO | Fe ₂ O ₃ | CaO | K ₂ O | Na ₂ O | NiO | Cr ₂ O ₃ | Ig.loss |
|-------------|------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|------|------------------|-------------------|-------|--------------------------------|---------|
| Raw mineral | 37.48 | 5.30 | 33.10 | 11.42 | 3.66 | 0.01 | 0.09 | 0.13 | 0.14 | 8.90 |
| Samples | 37.64 | 7.42 | 29.43 | 8.56 | 5.57 | 0.01 | 0.13 | 0.095 | 0.11 | 11.32 |

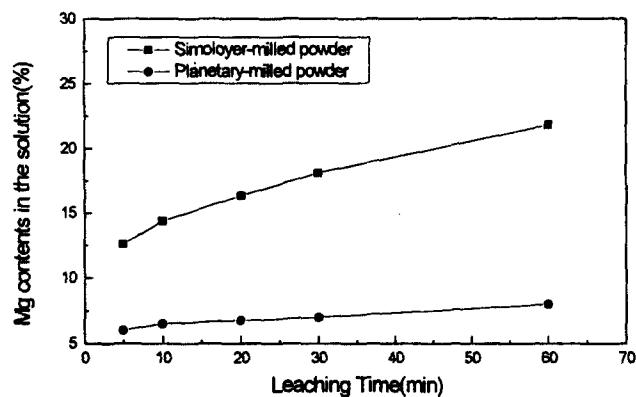


Fig. 1 Leaching behavior of the powders prepared by simoloyer and planetary mill.