

## 연구로 2호기 해체 시 발생된 흑연폐기물의 고온 유동층 산화 특성 평가

이동규, 이근우, 정종현

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

[dglee@kaeri.re.kr](mailto:dglee@kaeri.re.kr)

흑연(Graphite)은 원자로(특히 기계냉각로 및 연구용원자로)에서 중성자 감속재나 반사체로 사용되고 있다. 오래된 흑연감속로들은 운전을 중지하고 해체를 하거나 준비중에 있는데, 이러한 흑연감속로를 해체할 경우 다량의 중성자 조사된(방사화된) 흑연폐기물이 발생한다. 흑연폐기물은 일반적인 해체폐기물과는 물리적, 화학적으로 상이한 특성을 가지고 있으며, 방사성 유해가스 뿐만 아니라 다양한 종류의 방사성 동위원소들의 생성으로 인하여 높은 방사능을 가지고 있어서 안전한 처리기술이 요구된다[1].

현재 국내에서는 연구로 1, 2호기의 해체가 1997년부터 진행되고 있으며, 약 13톤의 중성자 조사된 방사성 흑연폐기물이 발생할 것으로 추정되었다[2]. 연구로 1, 2호기 해체시 발생되는 방사성 흑연폐기물의 안전한 처리 및 관리 방안을 정립하여 방사성폐기물의 발생량을 최소화 하고 환경으로부터 격리시키는 것이 중요하다.

대부분의 기존 처리 기술들은 방사성 흑연을 환경으로부터 격리시키는 데 주안점을 두고 있으므로 부피 감소가 많이 이루어지지 않는다는[3]. 이러한 이유로 소각이나 열분해와 같은 고온 열처리 방법들은 부피를 획기적으로 감소시킬 수 있기 때문에 흑연처리 기술로서 고려되고 있다. 따라서 본 연구에서는 연구로 2호기에서 발생된 방사성 흑연폐기물을 대상으로 감용처리 공정 개발을 위하여 고온 유동층 산화 특성을 평가하였다.

### - 실험 장치 및 방법

고온 유동층 산화 특성평가 실험장치는 방사성기체의 외부 방출을 방지하기 위하여 전 계통에 부압이 유지되도록 설계하였으며, 불연소 분진의 포집을 위해 사이클론과 HEPA 필터를 장착하였다. 또한 방출된 배기체는 전량 기체처리 공정장치를 통과하도록 설계, 제작하였다. 특성평가 실험 장치의 기술사양은 다음과 같음.

- 전기가열방식 : Max. 1,000℃ (±2℃)
- 반응로 : 석영관 (φ100mm x 1,000mm)
- 진공펌프 : Dry type, 280L/min, 1,730rpm
- 배기체 냉각용 열교환기 : φ150mm SUS 이중관
- 기체분산판 : φ150mm, 삼각피치 형식으로 hole(φ1~3mm) 설치

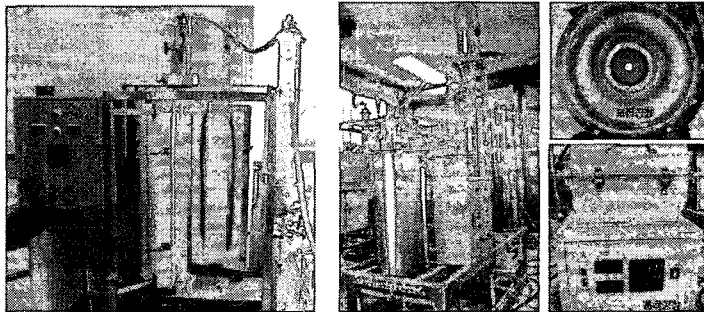


그림 1. 고온 유동층 산화 특성평가 실험장치

### - 실험 결과 및 고찰

일반적으로 유동층에서의 반응은 최소유동화속도와 입자의 종말속도사이에서 이루어지므로 조업전 이에 대한 정보를 계산한 후 실험을 통해 적정 유동화속도를 결정하게 된다. 그러므로 본 연

구에서도 이론식을 통하여 최소유동화속도와 종말속도를 계산하여 그 범위 내에서 적정 유동화 조건을 선정하였다.

연구로 2호기 흑연블럭을 5~15 mm로 분쇄하여 유동화 속도를 측정한 결과 그림 2와 같이 상온에서는 95 l/min(312.48 cm/s)이며, 900℃로 가열할 경우 50 l/min(164.46 cm/s)로 측정 되었다.

연구로 2호기 흑연의 고온 유동층 산화처리 조건을 선정하기 위하여 분말크기 2~15mm에 대하여 900℃로 가열한 결과 분말크기가 작을수록 효율이 좋은 것으로 평가되었다. 그러나 유동층 산화처리를 위해서는 블록 형태로 되어 있는 연구로 2호기 흑연을 분쇄하여야 하므로 분말크기를 작게 하기에는 경제성 및 안전성 측면에서 한계가 있기 때문에 5~10mm로 분쇄하는 것이 적절하며 이 때 연소효율은 99.8% 이상 이다.

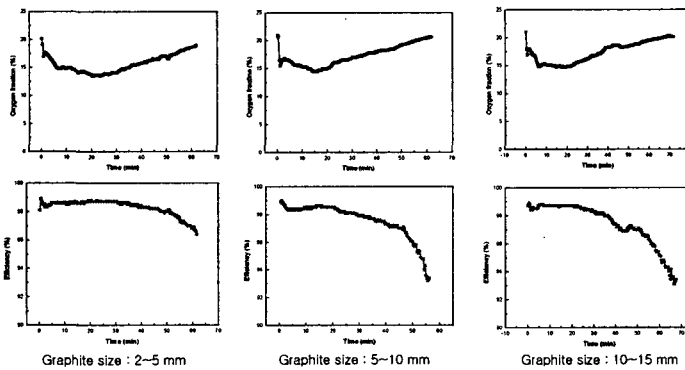


그림 2. 흑연 분말 크기별 연소 효율

- 결론

본 연구에서는 연구로 2호기 방사성 흑연의 감용처리 공정 개발을 위하여 다양한 조건에서의 유동층 산화 특성을 평가하였다. 유동층 산화 실험 결과 연구로 2호기 흑연블럭은 800℃에서 산화가 개시되어 900℃ 이상의 온도에서는 급격하게 산화가 진행된다. 연구로 2호기 방사성 흑연의 경우 유동층 산화에 의한 흑연은 98% 이상 감량이 가능하며, 이 때 적절한 유동층 산화 조건은 유동화 속도 30 L/min, 가열온도 900℃이다.

연구로 2호기 흑연블럭을 유동층 산화 방법으로 감용처리 할 경우 적절한 크기로 분쇄하여야 하는데 분쇄공정의 경제성과 방사성물질의 확산성 및 산화 조건 등을 고려할 때 약 5~10 mm 크기로 분쇄하는 것이 바람직하다.

원자력시설의 해체 시 중저준위 방사성폐기물의 처분비용이 매우 많이 소요되므로 가능한 한 폐기물량을 최소화 하여야 한다. 이러한 관점에서 연구로 2호기 방사성 흑연폐기물의 처분비용을 최소화하기 위해 고온 유동층 산화 공정은 효과적인 방법이다.

- 참고문헌

1. International Atomic Energy Agency, Summary. Proc. of the Technical Committee Meeting on the Nuclear Graphite Waste Management, IAEA, pp 1-2(1999).
2. 정기정 외, 연구로 1, 2호기 해체계획서, KAERI/TR-1654/2000(2000).
3. Siddhartha Gaur and Thomas B. Reed. An Atlas of Thermal Data for Biomass and Other Fuels, NREL/TP-433-7965, NREL, USDOE, pp 10-11(1995).