

회전형 휘발성 산화장치 제작 및 그레놀형 원료입자 제조 기초 실험

이재원, 윤여완, 신진명, 박근일, 박장진, 이정원
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 niwlee@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로공정의 전처리공정인 휘발성 산화공정에서는 파이로공정의 부하 저감을 위해 휘발성 및 준휘발성 핵분열생성물의 휘발제거와 동시에 전해환원공정의 처리효율 증대를 위한 원료입자의 입도제어 관점에서 연구가 수행되고 있다. 전해환원공정의 처리효율을 증대시키기 위한 원료입자 조건으로는 전해질의 침투가 용이한 다공성 구조, 충전율을 높일 수 있는 형태, 그리고 mm 단위 정도의 크기가 요구되고 있다[1]. 현재 연구중인 원료입자의 형태는 그레놀형 및 펠렛형[2]으로 구분된다. 본 연구에서는 그레놀형 원료입자를 제조하기 위해서 1.5 kgHM/batch 규모의 회전형 휘발성 산화장치를 제작하였으며, SIMUEL을 이용하여 그레놀형 원료입자 제조실험을 수행하였다.

2. 회전형 휘발성 산화장치 제작

2.1 장치 설계 성능

휘발성 산화장치의 성능 설계기준 및 제작도면은 Table 1 및 Fig. 1과 같다. 배기체 처리장치와의 연결부는 특수 Rotary Joint를 설계하여 제작하였다. Tilting 시스템은 SIMFUEL 소결체 또는 분말을 장입하고 그레놀을 회수하기 위한 것으로 장입시는 +30°, 회수시에는 -40°로 하였다. 반응기 내벽에 Lifter와 Tumbler는 설치하지 않았다.

Table 1. Performance of Rotary Voloxidizer

Type	Cylinder
Material	INCONEL Alloy 601
Dimension of Reaction Cylinder	Φ200x200L mm
Max. Temperature	1200°C
Rotational Velocity	~12 rpm
Rotation System	G geared Motor, Sprocket and Chain, Double Roller
Tilting Angle	+30°, -40°

2.2 장치 성능시험

성능시험은 회전속도를 12 rpm으로 하여, Ar 분위기하에서 1200°C에서 5시간동안 수행하였으며, 설계사양에 적합한 성능을 보였다.

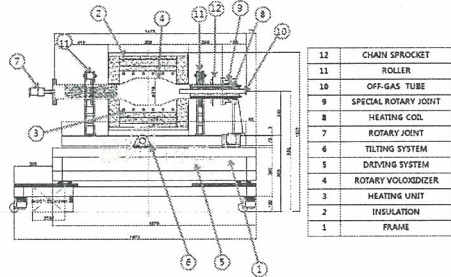


Fig. 1. General drawing of rotary voloxidizer

3. 그레놀형 원료입자 제조 기초 실험

3.1 실험

연소도 30,000 MWd/tU의 SIMFUEL을 이용하여 U₃O₈ SIMFUEL 분말을 제조하여 실험에 사용하였다. Table 2에는 그레놀 제조 조건을 나타내었다. 실험 1 및 2에서의 U₃O₈ 분말양을 200g 및 1000g로 하여 분말 충전량에 따른 그레놀 제조 특성을 조사하였다. CCTV 카메라로 상온에서 분말층의 운동모드를 관찰하였으며 Slumping 운동형상을 보이는 조건에서 그레놀을 제조하였다.

Table 2. Fabrication Conditions of Granules

Test No.	Charged Volume (%)	Atmosphere	Temp(°C)/Time(hrs)	Rotational Velocity (rpm)	Powder Bed Motion Mode
1	2	Ar	1150/5	2	Slumping
2	10	Ar	1150/5	3	Slumping

3.2 그레놀 특성

Tilting 시스템을 이용하여 열처리한 SIMFUEL 분말을 전량 회수할 수 있었다. SIMFUEL 분말 전량을 회전운동형 Sieve Shaker를 이용하여 입도분석을 하였으며, 그 결과를 Fig. 2 및 3에 나타내었다.

입자들은 실험 1에서는 대부분 0.5~5 mm, 실험 2에서는 1~10 mm 사이에 분포하였다(Fig. 2). 0.5 mm 이상이 되는 입자는 실험 1 및 2에서는 거의 동일하며 90%였으며, 1 mm 이상의 입자는 실험 1에서는 70%였으며 실험 2에서는 84%로 증가하였다.

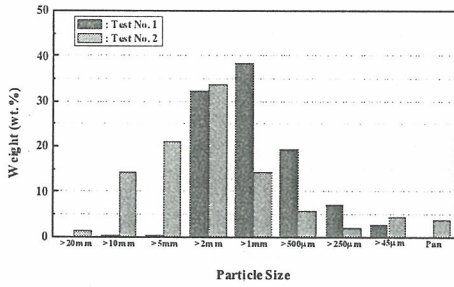


Fig. 2. Particle size distribution

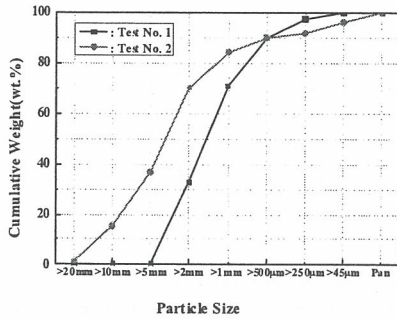


Fig. 3. Cumulative particle size distribution

그레놀의 원형도를 Stereoscopic Microscope을 이용하여 측정하였으며 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Circularity of Granules with Particle Size(P_s)

Test No.	$2 \leq P_s < 1 \text{ mm}$	$5 \leq P_s < 2 \text{ mm}$
1	0.63~0.95	0.57~0.90
2	0.80~0.93	0.70~0.85

4. 결론

회전형 휘발성 산화장치를 이용하여 Ar 분위기, 1150°C, 5시간 운전조건에서 1 mm이상의 입자를 84%까지 제조할 수 있었다. 1 mm이상의 그레놀 제조율을 높이기 위해서는 제조변수의 최적화가 요구된다.

5. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.(연구과제 고유번호: 2009-0062283)

6. 참고문헌

- [1] J.J. Park, J.M. Shin, G.I. Park, Jae W. Lee, J.W. Lee and K.C. Song, "An Advanced Voloxidation Process at KAERI", Global 2009, Paris, 2009
- [2] Y. Sakamura, et al., "Development of Oxide Reduction Process to Bridge Oxide Fuel Cycle and Metal Fuel Cycle", Global 2009, Paris, 2009