

# 습식분쇄기에서 베셀과 밀링핀 재질에 따른 마모도 분석

## Experimental analysis of the abrasion rate for materials of vessel and pin in wet ball mill

\*정태성<sup>1</sup>, 박병혁<sup>2</sup>, 박영식<sup>2</sup>

\*T. S. Jung(tsjung@inhac.ac.kr)<sup>1</sup>, B. H. Park<sup>2</sup>, Y. S. Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>인하공업전문대학 기계설계과, <sup>2</sup>(주)나노인텍

Key words : wet ball mill, abrasion, SUSJ2, AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZTA, ZrO<sub>2</sub>

### 1. 서론

나노 단위의 미립 소재에 대한 수요가 증가하면서, 볼 분쇄기, 디스크 분쇄기, 마멸분쇄기 등 다양한 분쇄기가 연구되어 지고 있다. 본 연구에서는 100nm 급 수직형 분쇄 분산기 개발을 위해 분쇄기의 수명과 오염도에 직접적인 영향을 미치는 분쇄부품의 마모에 대한 기초 실험을 수행하였다. 실험은 분쇄기에서 베셀(vessel)과 밀링핀(milling pin)의 재질로 가장 많이 사용되고 있는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZTA(Zirconia Toughened Alumina), SUJ2 강, ZrO<sub>2</sub>를 대상으로 하였으며, 냉간정수 가압 성형법(CIP: Cold Isostatic Pressing)과 주입성형법(Slip Casting) 이 ZrO<sub>2</sub> 재질 부품의 마모에 미치는 영향을 비교하였다.

### 2. 시험 방법

Table 1 Experiment Conditions

No.	Vessel	Milling Pin
Ex#1	SUJ-2	SUJ2
Ex#2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Ex#3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZTA
Ex#4	ZTA	ZrO <sub>2</sub> (Slip Casting)
Ex#5	ZTA	ZrO <sub>2</sub> (CIP)

Table 1 과 같이 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZTA, SUJ2 강, ZrO<sub>2</sub> 로 제작된 베셀과 밀링핀을 사용하여 수직식 습식 분쇄기에서 재질에 따른 마모도를 분석하기 위한 실험을 수행하였으며,, 실험 #4 와 실험 #5 에서 ZrO<sub>2</sub> 재질의 밀링핀은 각각 냉간정수

가압 성형법과 주입성형법으로 제작되었다.

실험장비는 Fig. 1 과 같이 나노인텍사에서 제작한 수직형 비드밀(bead mill) 형식 분쇄기를 이용하였으며, 실험용 핀과 베셀에 지워지지 않게 번호를 기입 후 내용적 0.6L 의 베셀에 지름 0.5mm 의 지르코니아 비드(zirconia beads)를 50% 충전하고, 밀링핀을 선속도 8 m/s (Ø60 Pin 기준 2546.5 rpm) 로 72 시간 작동한 한 다음 전자저울을 이용하여 실험 전후의 중량 변화를 측정하였다. 이때 용제(solvent)는 물을 사용하였다.

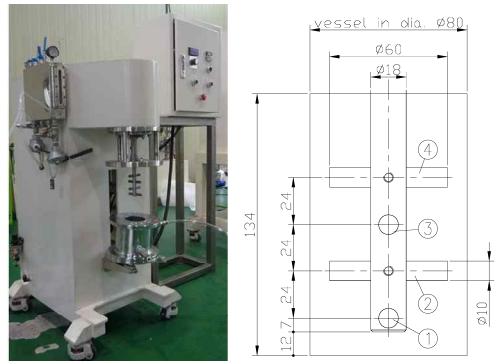


Fig. 1 Vertical bead mill and milling pin

### 3. 실험 결과

Table 2 는 본 연구에서 수행한 실험의 결과를 나타낸다.

핀의 재질이 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 인 경우 23.3g 으로 가장 높은 마모 정도를 나타내며, ZTA 는 두 번째로 높은 20g 의 중량을 보였다.(실험 #2, 실험 #3) 실험 #2 와 #3 는 모두 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 재질의 베셀을

사용하였으나, 베셀의 마모는 핀의 재질이  $Al_2O_3$  인 실험 #2 에서만 발생되었다. 실험 #2 는 모든 실험 중 유일한 게 베셀의 중량이 감소하였는데, 최상부의 4 번 핀과 최하부 1 번 핀의 중량변화 차이 또한 4.5g 으로 가장 많이 컸다. Fig. 2 는 실험 #2 에서 실험 전후 밀링핀 형상을 나타낸다.

SUJ-2 재질의 베셀과 핀을 사용한 실험 #1 의 결과에서 베셀의 중량 변화는 일어나지 않았고 핀의 중량에만 변화가 있었으며 0.4g 의 손실이 있었다. 최상부의 4 번 핀과 최하부 1 번 핀의 중량변화 차이는 없었다.

Table 2 Experiment Results(Weight Loss of Parts)

No.	Vessel	Milling Pin	Abrasion Rate
Ex#1	0 g	-0.4g	0.013%
Ex#2	-3g	-23.3g	1.683%
Ex#3	0 g	-20g	1.282%
Ex#4	0 g	0 g	0%
Ex#5	0 g	-0.7 g	0.046%

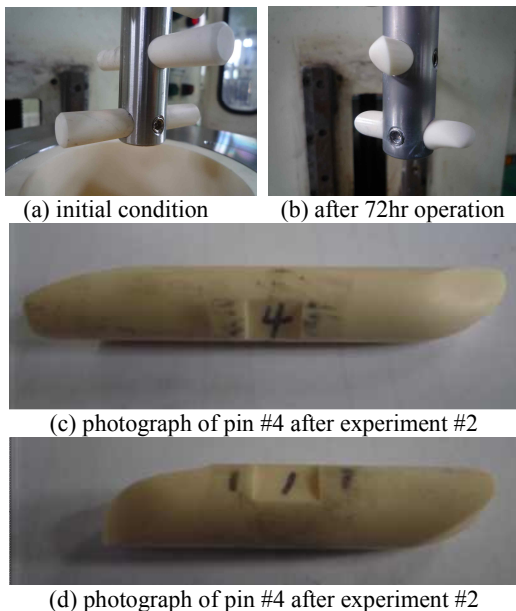


Fig. 2 Results of Experiment # 2

밀링핀의 성형방법에 따른 마모도 분석을

위해 ZTA 재질의 베셀과 각각 주입성형법 공법(실험 #4)과 냉간정수 가압 성형법(실험 #5)으로 제작한 핀을 사용하여 실험한 결과 CIP 공법으로 제작된  $ZrO_2$  핀을 사용한 실험 #5 의 경우 베셀의 손실은 없었고 핀은 은 0.7g 마모 되었다.

#### 4. 결론

본 연구의 베셀 및 밀링핀 재질에 따른 마모도 분석 결과를 종합하여 보면 가장 적은 마모도를 보인 경우는 주입성형법으로 제작한  $ZrO_2$  재질의 핀과 ZTA 재질의 베셀을 사용한 경우였다. 가장 많은 중량손실을 나타낸 실험은  $Al_2O_3$  로 제작된 베셀과 밀링 핀을 사용하는 경우였다. 따라서 실험 #4 의 결과를 바탕으로 베셀과 밀링핀의 재질을 선정하는 것이 분쇄기의 수명과 오염도 측면에서 적합하다고 판단된다.

#### 후기

본 연구는 2012 년 중소기업청 기술혁신 사업 글로벌강소기업 육성과제 ‘30  $\mu m$  비드를 이용한 100 nm 급 광물가공용 습식분쇄분산기 개발’ 과 제 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

#### 참고문헌

1. 문중훈, 김기화, 장영근, 김영만, "수직형 세라믹 분쇄기 개발 성능에 관한 연구," 한국기계기술학회논문집, 9(1), 1-7, 2007.
2. 엄영량, 김재우, 정진우, 이창규, "고에너지 볼밀을 이용한 PVA 고분자가 표면코팅된  $B_4C$  나노복합재 제조," 한국분말야금학회 논문집, 16(2), 21-38, 2009.
3. 고재천, 류명환, "NiCuZn Ferrite 분말제조에 있어서 Ball Mill 분쇄 공정 중에 혼입되는 불순물의 함량," 한국자기학회논문집, 9(4), 217-222, 1999.
4. 최희규, 왕림, "입자경과 부쇄소비동력의 고찰에 의한 교반볼밀 분쇄특성의 정량적 연구," 한국재료학회논문집, 17(10), 532-537, 2007.