

볼 밀링과 로드 밀링에 의한 구리의 분쇄 Grinding of Cu by ball milling and rod milling

한국기계연구원 김진선*, 홍성현
상인정밀 심창영

1. 서론

구리 분말은 황동색 색상 및 특유한 광택을 가진 금속으로 전성·연성·가공성이 뛰어날 뿐만 아니라 강도도 가지고 있으므로 열 및 전기의 전도율은 은에 이어 2번째로 큰 성질을 나타낸다. 구리 분말은 전 기장 차폐, 도전성 도료, 철계 소결합금의 첨가제, 방전가공용 전극 등에 사용되고 있다.

본 실험에서는 산업현장에서 사용한 구리 스크랩을 원료로 하여 볼 밀링과 로드 밀링법으로 분말을 제조하는 것에 관하여 주로 연구하였다. 밀링시간에 따른 볼 밀링과 로드 밀링의 밀링거동 및 구리 분말의 특성을 조사하여 비교하였다.

2. 실험방법

2.1 로드 밀링에 의한 구리 밀링

로드 밀링에 사용한 시편은 윤활유가 함유된 구리 스크랩 148g을 길이 170mm, 내경 약 86mm의 플라스틱 밀링 자에 178mmL × 10mmD인 Cu rod 25개, 구리 148g을 넣고 헥산을 가득 채운 뒤 수평식 회전방식으로 밀링하였다. 밀 용기 회전 속도는 134 rpm으로 일정히 하였고 최대 120 시간까지 밀링을 하였다.

2.2 볼 밀링에 의한 구리 밀링

윤활유가 함유된 구리스크랩 141g을 내경 85.14mm × 높이 153.16mm의 0.83liter 내용적의 Cu 전용 알루미늄 밀링 자에 넣고 초경 볼을 2846g 넣었다. 수평식 회전 방식으로 밀 용기 회전 속도는 130rpm에서 60시간까지 밀링하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 로드 밀링 및 볼 밀링 시 볼의 운동 거동 관찰

플라스틱 밀링 자(170L × 내경 약 86mm)에 Cu rod(178mmL × 10mmD)만을 25개를 넣고 0 rpm에서 천천히 속도를 높여가며 rpm이 변화됨에 따른 rod의 운동거동을 관찰하였다. 50 rpm에서 대부분 sliding이 발생하고 일부 rod는 dropping 현상을 나타내기도 했다. 88~158rpm까지는 대부분의 dropping 현상이 잘 일어나며, 134rpm이 최적의 dropping 거동을 보였다. 160rpm의 속도에서는 dropping이 활발히 일어나나 원심력으로 인한 회전운동이 시작하려 하는 것이 관찰되었다. 180rpm 이상은 원심회전으로 인해 분말을 분쇄시키는 충격이 없으며, 240rpm의 속도에서는 외부에서는 원심회전이 일어나나 내부에서는 dropping이 발생하였다. 282rpm 이후부터는 원심회전만 일어났다.

3.2 로드 밀링 구리 분쇄 관찰

스크랩을 6시간과 12시간 동안 밀링한 분말은 거의 비슷한 크기로 분쇄되었으며 작고 큰 칩 형상의 분말들이 관찰되었다. 24시간과 36시간 동안 밀링한 분말은 조대한 칩 형상으로 1~3mm 정도의 크기로 분쇄되었으며, 48시간 밀링 분말은 얇은 동박판 형태 이었다. 밀링 시간이 120시간까지 증가시켜도 얇고 작은 판상으로까지 분쇄되었으나 분말화는 불가능하였다.



[Fig. 1] Variations of behaviours of rods during rod milling with rpm of milling jar.

3.3 볼 밀링에 의한 구리 분쇄 거동

6시간동안 밀링 후 초기 형태가 그대로 유지되었으며 24시간 밀링 분말은 얇은 1~3mm 정도의 크기를 나타내었다. 36시간 밀링 분말은 일부 분쇄되지 않은 칩 형태의 분말을 포함한 미세한 분말의 형태로 분쇄되기 시작하는 형태를 나타내었다. 48시간 밀링한 분말의 형태는 작은 칩을 포함하고 있으나 채질 결과, 약 $75\mu\text{m}$ ~ $46\mu\text{m}$ 의 입자 분포가 가장 많이 나타났다. 60시간 밀링 후 분말은 미세한 분말로 분쇄되었음을 관찰할 수 있었다. 36시간 볼 밀링한 분말은 +100 mesh 79%, -100+200 mesh 21%의 입도분포를 나타내었다. 반면 48시간 볼 밀링한 분말은 +100 mesh 72.6%, -100+200 mesh 27.6%의 입도분포를 나타내었다.

4. 결론

Rod milling시 rpm의 증가에 따라 Rod의 거동은 Sliding, Cascading, Centrifugal motion을 나타내었으며 Cu 스크랩의 분쇄에는 비효율적이었다. 수평식 볼 밀링시 Cu 스크랩이 보다 용이하게 분쇄되었으며 -100mesh의 분말들을 얻을 수 있었다.

< 본 연구는 산업자원부의 부품소재 종합기술지원사업에 의하여 지원되었습니다.>