

## 소결강의 기계가공성에 미치는 FeS첨가의 영향 Effects of FeS Addition on the Machinability of Sintered Steel

삼도분말야금(주) 정광철, 박동규\*, 이강률, 경상대학교 안인섭

### 1. 서론

분말야금(Powder Metallurgy, P/M)공법은 사용하고자 하는 형상(Near-net shape)으로 제조되어 기계가공을 거의 필요로 하지 않기 때문에 경제성이 뛰어나 자동차 부품 등으로 널리 사용되고 있다. 그러나 최근 자동차 부품을 중심으로 고객의 요구가 고기능화, 고성능화되고 있어 분말야금 제품도 점차 복잡해지고 있다. 이에 따라 분말야금 제품도 기계가공을 해야만 하는 제품이 늘어나고 있는 추세에 있으며, 소결제품에서 형상복잡도의 증가와 같은 이유로 인해 분말야금 재료 또한 고급화 추세에 있어 기계가공성(Machinability) 역시 나빠지는 추세에 있다.

분말야금 제품은 사용 원료와 공법 특성상 기공(Pore)이 내재되기 때문에 기계 가공시 절삭 저항이 커져 기계가공성이 단조 등 다른 공법으로 제조된 재질보다 떨어지는 것으로 보고되고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 현재까지는 소결재료에 단체 황(S), FeS, MnS, BN, CaF<sub>2</sub>, Enstatite 등을 첨가하여 가공 칩(chip)의 크기를 줄이고 칩과 공구(Tool)와의 윤활성을 증대시켜 기계가공성을 증가시키거나, 수지(resin)를 함침시켜 기공을 메움으로서 절삭 저항을 줄이는 수지함침공법을 적용해 왔다.

본 연구에서는 소결재료의 기계가공성을 향상시키기 위한 일련의 계획의 일환으로 황화철(FeS)을 Fe-2.0%Cu 조성의 소결재료에 첨가하여 소결특성과 기계가공성을 조사하였으며, 그 결과를 동일 조성의 재료에 황화망간(MnS)을 첨가한 경우와 비교하였다.

### 2. 실험 방법

실험은 Fe - 2wt%Cu - 0.8wt%lubricant의 조성을 기본으로 하여 0.4wt%, 0.8wt%, 1.2wt%, 1.6wt%의 FeS를 각각 첨가하였으며, 각각의 조성을 V-cone형 믹서(Mixer)에서 30분간 혼합한 후 기계식 프레스에서 밀도 6.80 g/cm<sup>3</sup>로 성형(Compacting)하고, 분해암모니아 분위기(DA), 1120℃의 온도로 메쉬벨트(Mesh belt)식 소결로에서 소결하여 경도(hardness), 압환강도(radial crushing strength) 및 치수변화율(dimensional change : D→S)의 소결 물성과 선반가공에 의한 기계가공성을 평가하였다. 또한 그 결과를 동일한 조성에 FeS 대신에 0.4wt%, 0.8wt%의 MnS가 각각 첨가되고 동일한 공정조건으로 제조된 시험편에서 얻어진 결과와 비교하였다. 이때 기계가공성의 평가는 통상적으로 기계가공에 사용되는 선반을 이용하여 회전수(rpm)=2000, 이송속도(f)=0.1mm, 절입량(a)=2.0 mm으로 하여 시험편에 대한 가공을 실시하였으며, 매 1개, 50개, 100개, 200개 가공시마다 샘플을 채취하여 피가공품의 조도(Surface roughness : Ra 단위로 측정), 절삭된 칩의 형상 및 색상변화, 사용 공구(tool)의 단면 마모량 등을 조사하였다. 사용한 공구는 샌드빅사의 UM 1025 재질이었다.

특성 차이에 대한 평가를 위해서 광학 및 전자현미경(SEM)을 이용한 소결조직과 성분 분석을 추가로 행했다. 이때 사용한 윤활제는 스테아린산 아연(Zinc stearate)이며, 시험편은  $\phi 27 \times \phi 19 \times 8 \ell$ 의 것을 사용하였다. 원재료는 철분은 스웨덴 회가내스사의 ASC100.29를, 동분은 (주)창성의 ACU-325를 사용하였다.

### 3. 시험 결과 및 고찰

#### 3.1. 소결특성

소결시의 치수는 FeS의 첨가량이 많을수록 증가하는 경향을 나타냈다. 외경기준으로 0.4wt% FeS일 때 0.58%에서 1.6wt% FeS 첨가 시 0.94%로 변화하였다. 그러나 MnS의 경우에는 0.4wt%에서 0.54%이고 0.8wt%에서 0.50%로 거의 변화가 없었다.

압환강도의 경우 FeS 첨가량의 차이에 불구하고 11-12kg/mm<sup>2</sup> 수준으로 거의 변화가 없었으나 MnS 첨가의 경우는 이보다 낮은 수준을 나타내었다.

소결경도는 FeS첨가의 경우 0.8wt%에서 최고치(HRF 78.5)를 나타내었고 나머지의 경우는 HRF 75-77사이로 비슷하였다. 그러나 MnS첨가의 경우는 0.8wt% 첨가시 다소 떨어지는(HRF 72) 현상을 나타내었다.

소결조직에 있어서 FeS의 경우에는 미세하고 균일하게 분산되어 있음을 알 수 있었으나 MnS의 경우는 FeS에 비하여 분산된 입자가 크게 나타내고 있다. 분산 형태에 있어서는 MnS의 경우는 단순 분산 형태를 하고 있으나 FeS의 경우는 일부 액상의 형태를 갖고 있어 액상소결로 소결을 촉진하는 효과가 있었음을 알 수 있다.

소결밀도의 경우는 첨가량 및 성분의 차이에 상관없이 동일한 수준을 나타내었다.

#### 3.2. 기계가공성

가공품의 조도변화 관찰에서 초기(1개 가공시)에는 0.4wt% FeS를 첨가한 경우를 제외하고는 Ra 2-3 사이로 비슷한 수준이었으며 0.4wt% MnS 첨가의 경우 가공수량이 50개, 100개, 200개로 증가할수록 조도가 거칠어져 0.4wt% FeS와 동일한 수준으로 증가되었다. 그러나 나머지의 경우는 실험수량 이내에서 조도 변화가 완만하게 증가하는 유사한 경향을 나타냈으며 특히 1.6wt% FeS를 첨가한 경우는 조도변화가 거의 없었다. 가공 칩의 변화관찰에서는 조도 변화와 경향이 비슷하였다.

가공공구인 팁의 전단면 마모량은 거의 없었다. 다만 SEM에 의한 관찰에서 표면 피막층이 변화된 것을 알 수 있었다.

### 4. 결론

Fe-2.0wt% Cu 재료에 FeS를 첨가하여 소결 특성과 기계가공성을 조사하고 MnS를 첨가했을 경우와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 소결특성 중 경도는 0.8wt% FeS 첨가시 가장 높은 HRF 78.5를 나타내었으나 대체로 비슷한 경향을 나타내었다. 강도는 FeS를 첨가한 경우가 MnS를 첨가한 경우보다 상대적으로 높은 경향을 나타냈다. 치수변화는 MnS 첨가의 안정된 경향을 나타냈으나 FeS첨가의 경우는 첨가량이 증가할수록 치수변화량도 증가되는 경향을 나타냈다.

- 소결밀도는 거의 변화가 없었으며, 소결조직은 FeS의 경우 미세하고 균일하게 분산되었고 MnS의 경우는 FeS에 비하여 분산된 입자가 크게 나타났다. 분산 형태도 MnS의 경우는 단순 분산 형태를 하고 있으나 FeS의 경우는 일부 액상의 형태를 갖고 있어 액상소결로 소결을 촉진하는 효과가 있었음을 알 수 있었다.

- 기계가공후 조도변화는 0.4wt% FeS 첨가의 경우를 제외하고는 초기 특성치가 유사하였으며 200개 가공 후의 경우도 가공 중에 급격하게 조도가 나빠진 0.4wt% MnS의 경우를 제외하고는 초기치와 유사한 경향을 나타냈다. 가공 칩의 변화에 있어서도 조도변화의 경우와 유사한 경향을 알 수 있었다.

- 가공공구의 전단부 마모량은 거의 없었다.