

Fe-Ni 나노합금분말 사출성형체의 소결거동 (Sintering Behavior of the PIMed Fe-Ni Nanoalloy Powder)

한양대학교 남희영*, 권상균, 이재성

1. 서론

분말사출성형(Powder Injection Molding, PIM) 공정은 난가공성 복잡형상의 부품을 실형상으로 제조함으로써, 고기능성 정밀제품의 대량생산을 가능하게 하는 신분말공정기술로 알려져 있다. 특히, 최근에는 나노분말을 이용할 경우 미세한 입도, 균일한 입도분포에 의한 최조제품의 등방수축과, 높은 치밀화율을 기대할 수 있다. 그러나, 탈지공정 후 유기결합제가 완전히 제거되지 않고 잔류하여 소결특성을 저하시키는 현상은 사출성형기술의 큰 문제점으로 지적되고 있다. 이에 본 연구에서는 나노분말을 이용하여 사출성형체(PIM)와 일반 분말야금 공정으로 제조한 성형체(PM)의 승온소결 중의 수축거동을 비교하여 탈지 후 잔류하는 불순물이 소결에 미치는 영향과 미세구조와의 관계를 규명하고자 하였다.

2. 실험방법

사출성형용 혼합체는 산화물 수소환원에 의해 제조된 Fe-50wt%Ni 나노합금분말을 복합수지결합제와 50:50의 부피비로 120°C에서 1시간 혼합하여 제조하였다. 이때, 결합제의 조성은 무게비로 30PE-45PW-15BW-10SA로 결정하였다. 혼합체를 90°C에서 12.5MPa로 성형한 다음, 수소분위기에서 melt wicking법과 열분해법에 의해 결합제를 제거함으로써 PIM 시편을 제조하였다. 또한 PM시편은 상기한 성형 및 열처리 조건을 통하여 제작하였다. 소결중 성형체의 부피변화는 laser photo dilatometer를 이용하여 1100°C까지 10°C/min의 승온속도조건에서 분석하였다. 소결시 방출되는 가스는 QMS(quadrupole mass spectrometry)와 humidity 측정을 통하여, 미세기공변화는 BET방법으로 분석하였다. 성형체 및 소결체의 미세구조는 광학현미경과 SEM으로 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

분말사출성형체(PIM)와 분말야금공정으로 제조한 성형체(PM)의 소결 거동 비교를 위하여 PIM시편은 탈지 공정 후, PM시편은 탈지 조건과 동일한 열처리 공정 후를 초기 시편으로 결정하였으며 이때, 초기 시편의 밀도는 약 52%T.D.로 유사하게 제작하였다. 소결 후에 PIM시편은 75%T.D., PM시편은 72%T.D.의 밀도를 나타내었다. 수축속도는 PM시편의 경우가 더 컸으며, 전체 수축거동은 두 시편 모두 2단계 거동을 나타내었다. 기존 연구 결과에서 Fe-Ni의 소결시 수축 속도가 2개의 피크로 나타났는데, 1차 피크는 응집체 내부 기공 수축에, 2차 피크는 응집체간 기공 수축에 기인하는 것으로 보고되었다. PM시편의 경우에는 1차피크와 2차피크가 연속적으로 발생하였다. PIM시편에서는 1차피크가 PM에 비해 더 낮은 값을 가졌지만, 더 넓은 영역에서 발생하였고, 2차 피크는 1차 피크가 완전히 끝난 후 발생하였다. PIM과 PM의 공정상 차이는 사출성형시 탈지 공정 후 잔류하는 결합제이다. 이에 대한 영향을 확인하기 위한 가스분석에서 승온소결 중 잔류 산화물과 탄소는 H₂O와 CO 가스상을 형성하며 제거되었다. H₂O는 200~1050°C의 온도 범위에서, CO는 700~1020°C에서 방출되었다. 이로부터 PIM시편에서 응집체 내부 기공 수축속도의 감소는 탈지 후 잔류하는 결합제가 초기소결을 억제하는 역할을 한 것으로 생각되며, 이후, 잔류 탄소가 산화물을 환원시키면서 CO 가스로 방출되며, 응집체간 소결에 영향을 준 것으로 나타났다.