

분말사출성형 PH 17-4 STS 기계적특성 (Mechanical Properties of Powder Injection Molded PH 17-4 STS)

포항산업과학연구원 하태권*, 성환진, 안상호
포항공대 장영원

1. 서론

부품을 제조하는 공정으로는 주조, 기계가공, 단조 및 분말야금 등을 들수 있는데, 그 중 분말야금은 고품위 부품을 제조하기 위해 사용되는 공정이고 특히 분말사출성형 공정은 난가공성 복잡형상의 부품을 net-shape으로 제조가능한 기술이다. 분말사출성형 (Powder Injection Molding, 이하 PIM) 기술은 분말야금 기술과 정밀한 플라스틱 부품의 대량생산 기술인 사출성형법이 접목된 신 분말야금 성형 공정으로서 최근 연구 개발이 가장 활발한 분말야금 기술의 중의 하나이다.¹⁾ 주요 특징으로는 금속, 세라믹, 초경, 금속간 화합물 등 모든 분말재료에 의한 3차원 정밀부품을 정형(net shape)로 대량생산이 가능하므로 경제적인 효과도 매우크다.²⁾ 특히 금속분말 사출성형의 경우 고상소결만으로도 이론밀도의 95-100% 를 달성 가능하므로 기존의 성형 및 소결법보다 기계적 특성이 크게 향상되어 난가공재와 주조불가재를 주축으로 기계가공과 정밀주조 부품을 대체하여 가고 있다. 17-4PH STS은 마르텐사이트계 석출경화형 합금으로 고강도 합금중 가장 내부식성이 뛰어난 재료중의 하나이다. 본 연구에서는 분말사출성형체의 기계적 특성에 미치는 기공율의 영향 뿐만 아니라 기존 연구들의 한계를 극복하기 위해 분말사출성형된 17-4 PH STS의 기계적 특성에 미치는 순수 기공율의 영향에 관한 연구의 일환으로, 분말사출성형으로 직접 인장시험편의 형태로 17-4 PH STS를 성형하고, 소결조건에 따른 기공율의 변화와 기공의 형상 변화를 조사한 후 그에 따른 기초 기계적 물성의 변화를 규명하고자 하였다.

2. 실험 방법

실험에 사용된 분말은 고압수 분무법(high pressure water atomization)으로 제조된 미쯔비시금속사의 17-4 PH STS (10 μ m grade)를 사용하였다. 입자의 크기 및 분포는 laser scattering 법으로 측정하였으며, 입자의 크기는 입도 분석 결과 10 μ m 정도였다. 실험에 사용된 결합제는 자체적으로 개발된 열가소성 다성분계 고분자였다. 사출성형용 혼합체의 분말 충전율은 60 vol%이었고 혼합체는 사출성형이 용이하도록 냉각 후 파쇄하여 금형 체결력이 47톤인 사출성형기에서 표점 거리가 40mm인 평판형 인장시험편으로 성형하였다. 용매추출은 용매에 시험편을 담그는 방식(immersion method)으로 행하였으며 용매로는 지방족계 석유 용제를 사용하였다. 용매추출 조건은 사출성형체를 온도 및 시간에 따른 용매추출 거동을 조사하여 결합 없이 가장 단시간에 추출성분을 제거 할 수 있는 조건을 사용하였다. 용매추출 후 사출성형체는 수소 분위기에서 열 분해 공정을 행하였다. 열 분해에 의한 결합제의 제거는 수평 관상로에서 알루미늄 기판에 올려놓고 상압에서 처리하였다.

소결은 순수한 수소 분위기에서 행하였다. 소결은 탈지체를 900 $^{\circ}$ C - 1350 $^{\circ}$ C의 온도 범위에서 1시간 행하여 소결 거동을 조사하였으며, 소결체의 상대밀도, 미세구조 및 인장 특성을 평가 하였다. 인장 시험은 Instron 8501을 사용하여 상온에서 행하였으며, 인장강도 및 연신율을 측정하였다. 아울러 파단면을 주사전자현미경으로 관찰함으로써 소결조건에 따른 하중지탱영역 특성을 규명하여 인장 강도의 변화를 설명하고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

소결온도가 900°C인 경우에는 상대밀도가 약 61% 였으나 1350°C에서 한 시간 소결한 경우에는 이론 밀도에 거의 가까워 졌다. 소결체의 주사전자현미경 관찰결과 900°C 소결체의 경우에는 거의 소결이 일어나지 않았음을 알 수 있고 소결온도가 높아짐에 따라 기공의 형상이 전체적으로 길게 연결된 형태에서 구형으로 독립적으로 존재하게 되는 것을 알 수 있었다.

그림 1은 소결온도를 달리하여 얻은 소결체의 상온에서의 인장시험 결과를 정리한 것이다. 900°C에서 소결한 경우에는 소결이 거의 진행되지 않았기 때문에 연신율과 강도가 거의 나타나지 않고 기공이 구형으로 독립된 분포를 가지기 시작하는 1200°C에서부터 강도와 연신율의 현저한 증가를 관찰할 수 있다. 소결온도에 따른 인장강도의 변화를 기공율과 관련하여 그림 2에 나타내었는데 거의 직선적으로 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 이전의 기공체에 대해 보고되고 있는 기공율과 인장강도와의 관계^{3, 4)}와 전혀 다른 경향으로 본 연구에서 사용하고 있는 분말사출성형을 통해 얻어진 소결체 내의 기공의 형태와 분포가 전통적인 분말야금법으로 얻어진 재료와는 전혀 다르다는 것을 의미한다.

인장시험 후의 파단면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 소결온도가 높아질수록 파면의 형태는 연성파괴를 대표하는 딩플(dimple)로 대표되고 있으며, 소결온도가 낮아질수록 기공율이 매우 높으며 이 경우에는 직경 1 μ m정도로 미세한 분말이 상대적으로 직경이 큰 분말입자들 사이에서 접촉제 역할을 하게되고 하중이 가해질 경우 주된 하중지탱영역으로 작용하게 됨을 알 수 있었다.

4. 결 론

분말사출성형을 통해 17-4 PH STS 분말을 이용하여 판상의 인장시험편을 제조할 수 있었다. 소결온도를 900°C에서 1350°C까지 변화시킴으로써 상대밀도를 60%에서 99%까지 얻을 수 있었다. 소결온도가 높아질수록 기공의 형태는 구형으로 분포는 개별적인 양상을 띠는 것으로 나타났다. 분말사출성형한 17-4 PH STS에서는 상대밀도와 인장강도 사이에 직선적인 관계가 얻어졌는데 이는 일반적인 분말야금을 통해 얻어진 기공체에서는 보고된 바 없는 것으로 기공의 형태 및 분포의 변화에서 기인하는 것으로 판단된다. 상대밀도가 매우 낮은 경우에는 상대적으로 직경이 작은 분말입자가 소결후에 주된 하중지탱 영역으로 작용함을 알 수 있었다.

참고문헌

- (1) Cornwall, R., 1998, "PIM Continues Its March to Maturity," *MPR*, 53(7/8), pp. 32-33.
- (2) Bose, A., 1995, "The Technology and Commercial Status of Powder-Injection Molding," *JOM*, 47(8), pp.24-30.
- (3) Haynes, R., *The Mechanical Behaviour of Sintered of Sintered Metals*, 1981, Freund Publ., London, UK.
- (4) Bocchini, G.F., "The Influences of Porosity on the Characteristics of Sintered Materials," 1986, *Int.J. Powder Metall.*, vol. 22(3), pp.185-202.

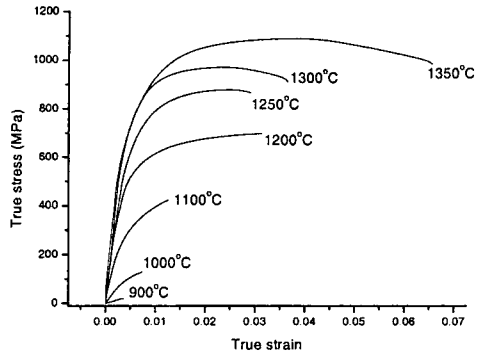


Fig. 1. Stress-strain curves of PIMed 17-4 PH STS at room temperature.

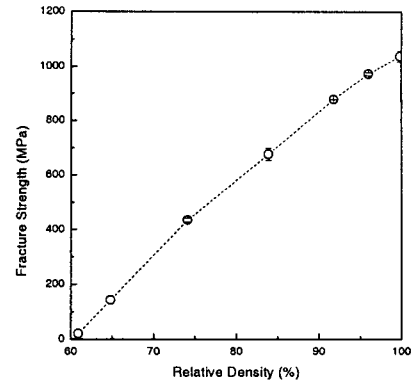


Fig. 2. Tensile strength of PIMed 17-4 PH STS as a function of relative density.