

자기펄스 성형 온도와 압력이 나노 알루미늄 성형체의
기공에 미치는 영향에 관한 중성자 소각 산란 분석

Small-angle neutron scattering(SANS) analysis

for the effect of temperature and pressure on pores in magnetic pulsed compacted nano-Al

이근희, 이창규, 김홍희

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150 원자력 재료기술개발부

1. 서론

금속 나노 분말의 경우 분말 자체로의 이용이 가능함과 동시에 적절한 성형법을 통해 벌크 재료로 성형한 후 나노구조를 갖는 재료로의 이용이 가능하다. 이러한 나노 구조를 갖는 금속 성형체의 물리적 성질에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 성형 이후의 미세구조, 즉 결정입도와 기공도이다. 본 연구에서는 분말의 동적성형법인 자기펄스 성형법(Magnetic pulsed compaction)¹⁾으로 나노 Al 분말을 일축 압축한 후 미세구조를 분석하고, 분말 성형체 내의 기공을 중성자 소각산란²⁾(Small angle neutron scattering)으로 분석하였다. 성형체는 20~300°C까지의 성형온도에서, 0.3~1.8GPa 간의 성형압력에서 제조되었다. 각각의 성형 온도와 압력이 기공에 미치는 영향을 고찰하였다.

2. 실험방법

직경 15mm의 Al 디스크 시편을 자기펄스 성형장치를 이용하여 20~300°C, 0.3~1.8GPa의 성형 온도, 압력 하에서 각각 제조하였다. 압축 후 시편을 가열로 안에서 냉각한 후 꺼내어 아르키메데스 법으로 밀도를 측정하였다. 이후 0.05µm까지 미세 연마하고 주사 전자현미경(SEM)으로 미세구조를 관찰하였다. 중성자 소각 산란 실험은 원자력연구소 하나로 연구동의 중성자 소각 산란 장치를 이용하였다. 파장 5.08 Å의 중성자를 약 2mm 두께의 시편에 2시간 동안 조사하고, 산란되는 중성자를 산란각에 따라 카운팅하여 산란강도를 얻은 후 이를 처리하여 기공의 크기 및 분포를 얻었다.

3. 실험결과

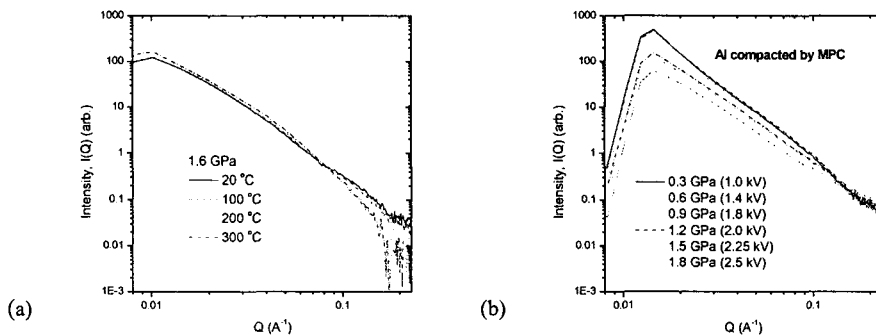


Fig.1 The effect of (a) temperature and (b) pressure of magnetic pulse compaction on the pores.

자기펄스 성형법을 통해 나노 알루미늄 분말을 압축하는 경우, 압축 밀도는 300°C, 1.8GPa에서 가장 높았다. 위의 그림에서 보는 바와 같이 분말 성형 압력은 초기의 수십 nm 크기의 기공을 효과적으로 줄여주는 것을 확인하였다. 한편 1.6GPa로 압축력을 일정하게 한 상태에서 분말 성형 온도를 증가시키면 따라 수 nm 크기의 작은 기공들을 효과적으로 제거함을 알 수 있었다. 한편 Al 나노 성형에는 성형 온도가 300°C까지 증가하더라도 입자성장이 거의 일어나지 않고 미세한 구조를 유지하였다. 성형체의 내부에는 수 nm의 매우 미세한 기공들이 분포하는 것으로 분석되었다.

4. 참고문헌

- (1) V.Ivanov, Y.A.Kotov, O.H.Samatov : Nanostructured Materials, 6 (1995) 2871
- (2) R.J.Roe : Methods of X-ray and Neutron scattering in polymer science, Oxford university press (2000)