

방전 플라즈마 소결법에 의한 구형 γ -TiAl 분말의 소결성 (Spark plasma sintering of spherical γ -TiAl powder)

한국자원연구소 최 국 선*, 이 강 인
연세대학교 이 동 회

서론

전기에너지를 직접 이용한 금속분말의 소결법 중, 1960년대에 일본의 Inoue에 의해 개발된 방전소결법(spark sintering)은 낮은 압력하에서 분말에 고밀도의 직류와 교류를 통전시켜 입자간에 미세한 방전을 유도하여 분말간의 결합을 촉진하고 재차 높은 압력을 가하여 고밀도의 소결체를 얻는 방법이다. 그후 실용화되어 몇몇 금속의 소결에 이용한 보고가 있다. γ -TiAl의 난가공성을 분말야금법(HIP, VHP, 분말압출 및 단조, 반응소결 등)으로 극복하려는 연구의 일환으로 상기의 방전소결법을 응용하여 단시간의 소결로써 치밀화를 극대화하려는 연구가 발표된 바 있다. 즉, 구형 TiAl분말의 성형·소결에 미치는 전류, 즉 직류 및 교류의 혼합통전 효과와 전류밀도가 소결성에 미치는 영향, 그리고 소결후의 미세조직 변화를 조사·분석한 바 효과를 분석하였으나 소결과정에 대해서는 상세하게 검토되지 않았다.

본 연구에서는 방전 플라즈마 소결법을 응용하여 금속간화합물 γ -TiAl 구형분말의 소결시 소결성에 미치는 가압력, 전류밀도, 통전시간의 변화에 따른 소결의 진행과정을 분석하였다.

실험방법

실험에 사용된 분말은 VIM과 PREP(Plasma Rotating Electrode Process)로 제조된 Ti-49.2%Al 조성이며 소결시 분말입도가 미치는 효과를 배제하기 위하여 단일 입도분포(180~210 μm)의 분말을 택하여 실험에 사용하였다. 미량으로 이 재료의 성질에 중요한 영향을 미치는 산소, 탄소 및 황의 함량은 각각 0.1, 0.03 및 0.01 wt% 였다. 분말의 형상은 구형이며 미세구조는 주로 수지상정 조직이었다.

본 연구에 사용된 방전 플라즈마 소결장치는 자체제작한 한 것으로서 전원공급장치(최대 직류 1000A, 교류 5kHz, 50 A/cm^2), 유압장치(최대 5 ton), 진공장치로 구성되어 있어 소결시 소결압력, 통전시간, 전류, 주파수를 가변할 수 있다.

소결시 나타나는 전형적인 전류, 전압, 압력 die의 온도 및 시편의 길이변화를 그림 1에 보였다. 소결은, die assembly 내에 2g의 분말을 채워 진공 분위기하에서 진행되었으며, 이때 사용된 die(내경 10 mm) 및 plunger의 재질은 흑연이었다. 통전시 교류전류(5kHz, 50 A/cm^2)전류와 1차압력(5MPa)는 일정하게 하고 직류전류밀도를 300~550 A/cm^2 , 2차압력을 16~MPa 로 달리하여 소결을 행하였다. 소결성의 평가를 위하여 수축율, 기공도가 측정되었으며 기공구조는 소결체의 종면 및 단면의 미세조직관찰에 의해 진행되었다.

결과 및 고찰

2차압력의 증가에 따라 소결의 치밀화 속도가 빨랐고 최종 상대밀도가 높았다. 즉, 최적의 전류밀도(DC 525 A/cm^2 + AC 50 A/cm^2)로 통전소결을 행하였을 때, 2차압력이 16, 26 및 36 MPa 로 증가함에 따라 최종 상대밀도는 91%, 96% 및 99.2% 로 증가하였다. 최적의 전류

밀도와 압력(36MPa) 하에서 통전소결시의 상대밀도는 2차압력이 가해지는 직전까지 완만하게 증가하여 71% 까지 도달한 후, 2차압력이 가해진 5초 후 89% 까지, 20초 후 95%까지 증가하였으며, 이후 서서히 증가하여 완료시 99.2 %를 나타냈다.

결론

γ -TiAl 구형분말의 방전 플라즈마 소결시 2분 이내의 짧은 시간 내에 이론밀도에 가까운 소결체를 얻을 수 있었으며, 이는 1차압력이 가해지기 전의 충분한 활성화 과정과 2차압력에 의한 소성변형, 전류에 의한 활발한 물질 이동에 기인된 급속한 치밀화과정에 의한 것이다.

참고문헌

- 1) K. Inoue; U.S. Patent No. 3,250,892 (1963)
- 2) R.W. Boesel, et al ; Mater. Eng., Oct. (1969) 31
- 3) 최국선, 김진영, 이동희; 대한금속학회지 30, (1992) 840

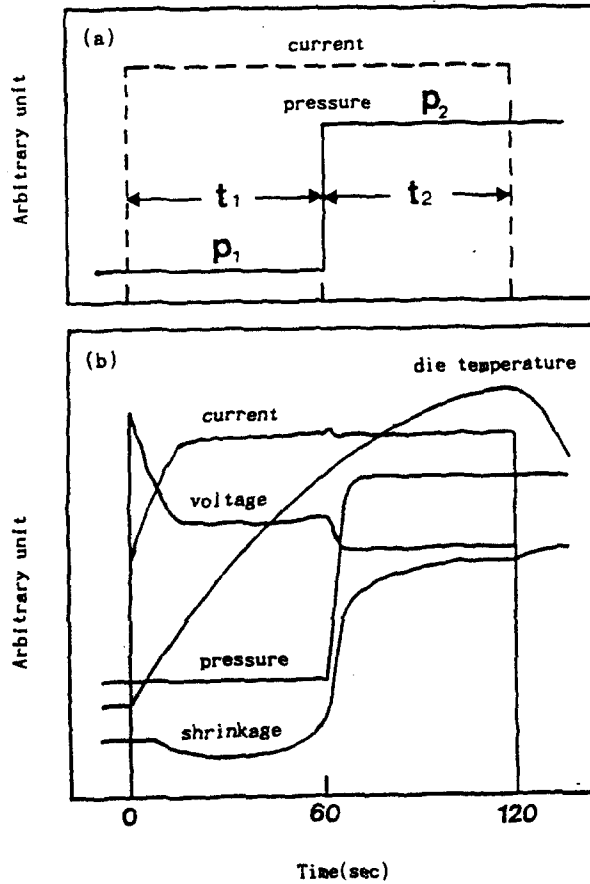


Fig. 1 Typical sintering cycle(a) and typical variations(schematic) of current, voltage, pressure, die temperature and shrinkage of compact measured during sintering cycle(b)