

금속분말의 고압비틀림 성형시 나노결정화

윤승채¹, 김형섭[#]

Nanocrystallization of Metallic Powders during High Pressure Torsion Processing

Seung Chae Yoon, Hyoung Seop Kim

Abstract

Microstructure and hardness of metallic powder of Cu was studied after high pressure torsion (HPT) with 10 torsions and high pressure of 6 GPa. The size Cu grain decreases drastically after HPT and reaches the nano size range. During HPT, Cu powder increases hardness and Hall-Petch hardening, due to the decreasing grain size. In this study, effect of HPT on the hardness of Cu powders and consolidation with Nanocrystalline of the work reported here. The results indicated that Cu powder has a beneficial effect on homogeneous deformation, reducing grain size.

Key Words : Nanocrystallization, High pressure torsion, Severe plastic deformation, Metallic powders

1. 서론

최근 산업이 발달하면서 고밀도, 소형화 및 고강도의 소재에 대한 연구가 다양한 분야에서 진행되고 있다. 이는 기존에 사용되어 온 재료와 달리 차별화된 소재를 다양한 범위에 적용함으로써 고부가가치 산업을 창출할 수 있기 때문이다[1].

나노 미터 (10^{-9} m) 크기의 영역에서 거대한 분자구조의 수준에 이르기까지 소재, 장치, 시스템 제작 등에 활용되는 나노기술은 정보, 생명공학, 환경, 우주기술에까지 적용되며, 미래 국가산업을 선도할 첨단기술로서 국가의 주요 과학 정책으로 추진되고 있을 뿐만 아니라 거의 모든 과학영역에서 혁명적이라고 할 만큼이나 빠른 속도로 전개되고 있다. 이는 현 과학기술 중에 중요한 주제로 부각되고 있으며, 사회/경제적인 파급효과와 부가가치 창출에 엄청난 기여가 예상된다

금속재료에 있어서 결정립도는 재료의 여러 가지 물성들을 결정하는 중요한 인자 중의 하나인데, 최근 재료의 결정립도를 $1 \mu\text{m}$ 이하에서 작게는 수십 nm에 이르기까지 제어하여 재료의 물리적, 기계적 특성의 향상을 꾀하려는 시도들이 많이 이루어지고 있다[2-6]. 이러한 미세한 결정립 조직의 재료를 제조하기 위해서 기체응축법이나 불밀링법 등으로 미세한 분말을 제조한 후 분말 압출 혹은 소결 공정을 거치는 분말야금법이 많이 사용되고 있으나, 유효크기를 갖는 벌크재료를 만드는 과정에서 기공의 잔류, 결정립 성장, 또는 다른 물질로부터의 오염 등 문제가 있어 건전한 미세구조 결정립의 재료 제조에 어려움이 있다.

위와 같은 문제들을 해결하는 동시에 초미세 결정립 구조 재료를 제조하는 심한소성변형법 (Severe Plastic Deformation: SPD)이 개발되어,

1. 충남대학교 대학원 나노공학부
교신저자: 충남대학교 나노공학부, hskim@cnu.ac.kr

재료의 결정립 제어에 성공적인 많은 연구와 우수한 논문들이 발표되고 있다.

본 연구 발표에서는 High Pressure Torsion (HPT) 공정을 이용하여 재료에 심한 소성 변형을 줌으로 소재의 초미세화/나노결정화를 이루고자 한다.

2. 실험 방법

Fig. 1은 HPT 공정의 개략도로서, 압축력과 전단력을 가하는 변형 기구를 모식하고 있다. 초기 분말의 크기는 4~6 μm 를 가지고 있으며, 응집된 형태를 띠고 있다. 가압 압력은 6 GPa의 높은 가압을 하였으며, Torsion의 수는 10 회전으로 일정하게 하였다.

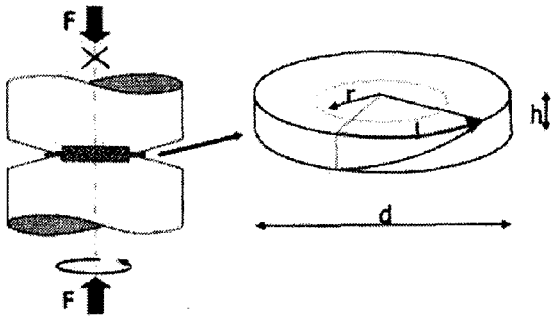


Fig. 1 Mechanics in HPT

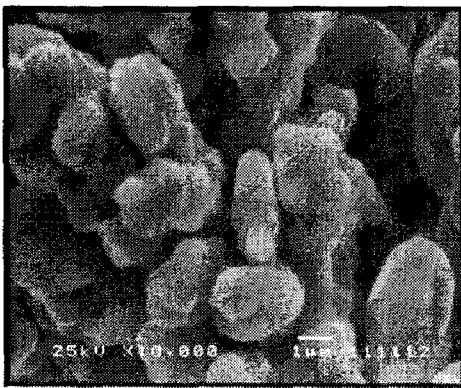


Fig. 2 Initial powder size and configuration

또한 HPT 공정 중 온도가 분말 고형화에 미치는 영향을 알아보기 위해 상온 및 200 $^{\circ}\text{C}$ 에서 가공 공정을 수행하였다. 가공 결과를 통해 얻을 수 있는 시편의 크기는 지름이 11mm, 두께가 0.8 mm에 해당하는 원형 디스크 타입이다[Fig. 3]. 수행 공정 후 물리적 특성을 평가하기 위해 압입 시험 및

인장 시험을 진행하였으며, 미세조직을 통해 결정립 효과를 관찰할 수 있었다.

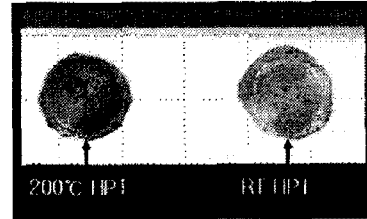


Fig. 3 Shape of HPT samples

3. 결과 및 결론

Fig. 2는 초기 상태의 Cu 분말이다. 그림 3은 HPT 가공된 디스크형 시편의 모습이다.

본 연구에서는 SPD 공정으로는 가장 많이 사용되는 등통로각압축 (Equal Channel Angular Pressing, ECAP) 방법이 아닌 고압비틀림 (High Pressure Torsion, HPT) 공정을 사용하였다.

HPT 공정의 사용하는 이유는 고압을 이용하여 치밀화를 이루고, 비틀림을 이용하여 분말 표면의 산화막 등의 이물질을 파괴시켜 분말의 건전한 결합을 유도하였다. 공정 수행 후 건전한 시편의 형상을 얻을 수 있었으며, 미세 Dimple의 발견됨을 통해 결정립 사이즈가 HPT 공정 이후 미세화된 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] R. Z. Valiev, R. K. Islamgaliev, I. V. Alexandrov, 2000, Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation, Prog. Mater. Sci., Vol. 45, pp. 103~189.
- [2] V. M. Segal, 1995, Materials processing by simple shear, Mater. Sci. Eng. A, Vol. 197, pp. 157~164.
- [3] M. Furukawa, Z. Horita, M. Nemoto, T. G. Langdon, 2002, The use of severe plastic deformation for microstructural control, Mater. Sci. Eng. A, Vol. 324, pp. 82~89.
- [4] T. C. Lowe, Y. T. Zhu, 2000, Observation and issues on mechanisms of grain refinement during ECAP process, Mater. Sci. Eng. A, Vol. 291, pp. 46~53.