

액상 소결체(WC-Co 등)의 비정상 입자성장 (The Abnormal Grain Growth in the Liquid-Phase Sintered Materials)

한국과학기술원 박영준, 윤덕용*
한국표준과학연구원 황농문

액상 소결체와 같이 액상기지에 입자가 분포하는 경우, 화학 평형을 이룬 후에, 전체 계면에너지를 줄이기 위하여 입자 조대화가 발생한다. 액상기지에 분포하는 입자의 모양이 둥근 경우 입자표면의 원자구조는 rough하고 입자 조대화는 확산지배기구(diffusion controlled process)로 발생한다. 이 경우 비정상 입자성장은 발생하지 않는다. 이와는 달리, 입자모양이 각진 경우의 입자조대화는 계면반응지배기구(interface reaction controlled process)로 발생하고, 때때로 비정상 입자성장(abnormal grain growth)이 발생한다. 각진 입자표면의 원자구조는 singular하기 때문에 각진 입자는 나선전위같은 원자결함에 의해서나 2-D 핵생성(two dimensional nucleation)에 의하여 성장한다. 원자결함이나 2-D 핵생성에 의한 성장은 결정성장 분야에서 널리 연구되어 왔는데, 성장구동력에 따른 성장속도의 변화가 비선형적이다. 즉, 각진 입자가 나선전위에 의해서 성장하는 경우 성장속도는 성장구동력의 제곱에 비례하게 되고, 2-D 핵생성에 의한 경우에는 어느 임계 성장구동력에서 성장속도가 급격히 증가해서 이 이상의 성장구동력에서만 실질적인 성장이 가능하다. 이러한 성장기구들에 의한 입자 조대화는 비정상 입자성장의 특징과 일치한다. 2-D 핵생성 이론에 의하면, 비정상 성장을 할 수 있는 계의 문턱입자크기가 존재해서 이 보다 작은 임계반경을 갖는 계에서만 비정상 입자성장이 발생할 수 있다. 그리고 milling 등을 통하여 입자에 원자결함이 발생하는 경우, 2-D 핵생성을 할 수 없는 입자들도 성장할 수 있어서, 상대적으로 균일한 입자 조대화가 발생할 수 있다. 이러한 예견들은 미세하고(평균직경 $0.85\mu\text{m}$), 조대한(평균직경 $5.48\mu\text{m}$) 두 종류의 WC 입자와 이들의 혼합 분말을 이용한 WC-Co계의 실험에서 나타난 입자 크기, 온도 변화, 그리고 milling 등이 비정상 입자성장에 미친 효과를 잘 설명한다.