

Mechanical Alloying and Milling

저자: C Suryanarayana

서지정보: Marcel Dekker 출판, New York, NY 10016, USA, 2004, 488쪽, hard cover(ISBN: 0-8247-4103-X)

안 인 섭

경상대학교 나노·신소재공학부

기계적합금화(mechanical alloying)는 1960년대 중반에 John Benjamin에 의해서 처음으로 재료공학자들에게 소개된 고부가가치 분말의 제조 공정 기술이다. 이 기계적합금화공정이 연구분야에 관심을 불러 일으키기에는 시간이 좀 오래 걸리기는 했는데, 그 이유는 1960년대 초반에 Pol Duwez에 의해 소개된 급냉응고법(rapid solidification processing: RSP)이란 비평형상 제조기술이 널리 새롭게 알려지고 연구분야에 적용되었기 때문이다. 그러나 1980년대 중반 이후에는 기계적합금화방법이 비평형상 제조방법으로 매우 중요하게 여겨지면서 기계적합금화공정의 다양한 기술이 받아들여지고 보편화되기 시작하였다. 이 책의 서문에 언급되어 있듯이, 기계적합금화방법은 원래 산화물 분산강화(ODS)된 니켈기지 초합금을 제조하기 위해 개발되었지만, 지금은 고용체, 금속간화합물, 준결정, 나노구조재료, 비정질합금, 수소저장합금, 벌크 metallic glass제조 등 다양한 평형상 및 비평형상제조에 까지 그 영역이 확대되었다. 기계적합금화에 의해 제조된 재료 또는 공정이 지금은 매우 보편화되었고 년간 학회지나 proceeding에 게재되는 논문 편수의 통계를 보면 거의 500-600편정도가 발표되고 있다. 최근 들어 기계적합금화에 대한 연구가 날로 증가되어지고 있는 추세로, 기계적합금화공정이 주된 주제로 다루어지고 있는 국제학술대회도 대표적인 것이 2가지가 있는데 그 하나는 ‘Annual International Symposia on Metastable, Mechanically Alloyed and Nanocrystalline Materials(ISMANAM)’ 이고, 다른 하나는 ‘Triennial International Conference on Rapidly Quenched and Metastable Materials (RQMM)’ 이다.

다음에 리뷰하는 이 도서는 C. Suryanarayana 교수가 지은 것으로, 그는 기계적합금화와 급냉응고 분야

두 영역 모두에 대한 연구 활동을 활발히 하고 있으며, 우수한 연구논문과 리뷰 article의 저자로서도 유명하다. 2001년에는 국제적인 리뷰저널인 “Progress in Materials Science”에 기계적합금화에 대한 리뷰논문을 게재하였으며 이 논문은 인용편수가 470편으로 최다인 article로 선정된 바 있다.

그의 저서인 “Mechanical Alloying and Milling”은 학문과 기술적인 관점에서 광범위하게 기계적합금화영역을 다루었다. 이 책은 19개의 장으로 구성되어 있는데, 공정 묘사, 각기 다른 형태의 준 안정상 형성, 준 안정상의 형성기구, 기계적합금화제품의 응용 등의 내용으로 기술의 역사적인 관점에서 체계적이고 논리적으로 전개시켜 나갔다. 먼저 1장에서는 첨단재료의 제조에 유용한 여러 가지 비평형상 제조 기술을 총괄적으로 소개하고, 2장에서는 기계적합금화 기술의 역사적인 발전과정을 내용으로 담고 있다. 3장에서 명명법의 세밀한 표현과 여러 가지 기계적합금화공정들을 소개하고 있고, 4, 5장에서는 기계적합금화 장비와 합금화과정중 공정변수의 영향 등을 다루었다. 또한 여러 가지 다른 특성의 분말을 조합하여 합금화할 때 형성되는 합금상 형성기구를 6장에서 취급하였고, 7장에서 분말 및 성형체의 미세조직, 합금상 조성, 격자변형과 입자측정기술등을 언급하였다. 그리고 기계적합금화과정 중에 온도변화에 대한 내용을 8장에서 다루었고, 9장부터 12장까지는 여러 가지 합금계 분말을 밀링할 때 얻어지는 고용체, 금속간화합물, 중간상의 disorder, 비정질 등의 준 안정상 형성에 대한 내용이 담겨져 있다. 또한 나노구조재료 및 나노복합소재의 제조 및 이들의 특성에 관한 내용을 13장에서 다루고 있으며, 14장에는 기계화학적반응에 의한 재료의 고순도화, 희토류금속화합물형성, 연소반응에 대한 내용을 수록하였다. 그리

고 15장에서 각종 분말의 오염에 관한 문제를 상세하게 다루었으며, 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안까지도 자세히 제시되었다. 16장에서는 밀링공정을 이해하는데 도움을 주는 모델링연구와 17장에서는 기계적합금화방법의 응용분야, 마지막으로 18장에서는 초미분말의 취급에 있어서 위험물의 안전 취급요령 등의 내용이 담겨져 있다. 이상과 같이 이 책에는 최신 연구자들이 관심을 갖는 모든 주제가 상세하게 소개되었다.

이전에 출판된 책들과 본 저서가 크게 다른 점은 기존의 책들은 기계적합금화공정과 이와 관련된 모든 주제를 다 상세히 다루지는 못했던 것에 비해서 이 책은 기계적합금화와 이와 관련된 모든 양상을 상세히 표현했다는 것이고 각 장의 주제는 명확하고 이해하기 쉬운 형식으로 기술이 되었다. 그의 한 예로, 먼저 그 주제의 배경이 되는 정보를 제시하고, 다음으로 기계적합금화에 의해 얻어지는 결과를 기술하였다. 그리고 이러한 결과를 가져오는 방법이 설명되고, 다음으로 다른 비평형상공정기술(RSP)과의 관계가 논의되었다. 기계적합금화와 급냉응고는 모두 비평형상 제조공정을 다루는 방법이므로, 몇 가지 다른 차이점이 존재한다고 해도, 이 두 방법으로 얻은 결과는 거의 비슷한 것이라고 기대된다. 이 내용은 9장 ‘Solid Solubility Extensions’과 12장 ‘Solid-state Amorphization’에서 기계적합금화법과 급냉응고법 그리고 다른 비평형공정기술로 얻어지는 결과를 비교하고 있다. 그 외에도, 이 책의 독특한 점은 내용을 좀 더 확대할 수 있는 많은 리스트들을 수록하고 있다는 것이다. 즉, 상이한 합금계에서 여러 가지 다른

방법으로 얻은 비정질상들의 결과에 대한 리스트와 장마다 끝부분에 매우 많은 참고문헌들을 수록하였다. 이러한 특별한 형식 때문에, 이 책은 이미 문헌상에 나타난 데이터들이나 기계적합금법의 참고문헌에 대한 데이터소스로 매우 중요하게 활용될 수 있다. 이 책은 현재의 기계적합금화의 역량과 앞으로의 기계적 합금분말응용분야나 제품에의 적용가능성에 대해 합리적 분석으로 상세히 설명해주고 있고, 또한 어느 분야에서나 다 적용될 수 없다는 점도 간결하게 정리하여 제시하였다.

저자가 제시했듯이, 이 책은 주로 대학원생과 분말공정기술개발에 종사하는 연구진들을 위해 편찬되었다고 볼 수 있다. 즉, 각 장에서 제공하고 있는 연구배경에 대한 정보와 각각의 주제가 포함하고 있는 학문적인 깊이 때문에 이 책은 실제로 대학원과정의 교과서로 안성맞춤이다. 부언하면, 이 책은 이미 기계적합금화공정과 관련된 회사나 분말관련 기초학문적의 습득과 이 기술의 적용능력을 좀 더 이해하고자하는 모든 사람들에게 매우 유용한 책이며, 이 분야에 연구를 시작하려고 하는 사람들에게도 아주 좋은 길라잡이가 될 것이라고 생각된다.

종합적으로 정리하면, 이 책은 독자들에게 보다 더 친밀하게 다가갈 수 있도록 기술되었으며, 이해력 중심으로 스스로 학습할 수 있게 그리고 기계적합금화 기술의 다양한 면과 적용분야를 이해하기 쉬운 표현으로 서술되었다. 더 나아가서 이 책은 물리학자, 화학자, 재료과학자 외에 산업현장의 기술자들에게도 꼭 필요한 견인차적인 장서라고 생각된다.