

## 기계적 합금화 방법으로 제조된 Nanocrystalline NiAl 금속간 화합물의 플라즈마 활성화소결 거동에 관한 연구

(A Study on Plasma Activated Sintering Behavior of Nanocrystalline NiAl  
Intermetallic Compound Fabricated by Mechanical Alloying)

최재용, 강성균  
한양대학교 재료공학부

### 1. 서론

NiAl 금속간 화합물은 고온 구조용 재료로서 미래 항공 산업에 대한 잠재력을 지니고 있는 것으로 평가되고 있다. 이것은 매우 높은 용융 온도(1682°C), 낮은 밀도(5.9g/cm<sup>3</sup>)와 뛰어난 산화 저항성 등의 조합에서 기인된다. 그러나 NiAl 금속간 화합물의 경우 상온에서의 매우 낮은 ductility와 고온에서의 낮은 creep 강도 등의 단점을 가지고 있어 이러한 문제점의 해결을 위해 많은 연구가 시도되었으며 여기에는 합금 원소의 첨가, 적당한 세라믹 성분 첨가, 결정립 미세화 등이 포함된다. 그리하여 nano size화 NiAl의 제조를 통해 상온 취성을 해결할 수 있으며 이에 nanocrystalline의 제조를 위한 많은 방법들 중에서 기계적 합금화 방법이 가장 적당할 것으로 판단되었다. 그러나 기계적 합금화 방법으로 제조된 nano-size의 결정립을 갖는 nanocrystalline의 경우 소결중 오랜 시간동안 고온에 노출됨으로 인한 결정립의 급성장을 야기할 수 있다. Hot pressing이나 vacuum hot pressing과 같은 소결 방법은 치밀한 소결체를 제조할 수 있으나 소결 과정 중에 결정립의 성장이 일어나는 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서는 소결 과정 중, 고온에 노출되는 시간을 최소화하기 위해 플라즈마 활성화 소결(Plasma Activated Sintering)을 이용하여 기계적 합금화 방법을 통해 제조된 nanocrystalline NiAl 금속간 화합물을 소결하였다. 그리고 소결 온도에 따른 소결 거동 및 표면 조직과 결정립의 변화에 관한 조사가 실시되었다.

### 2. 실험방법

Nanocrystalline NiAl 금속간 화합물 분말 제조를 위해 Ni-50at.%Al 조성의 원료분말에 PCA로서 stearic acid 2wt.%를 첨가하여 볼 대 분말 장입비(중량비) 60 : 1로 30시간 기계적 합금화를 실시하였다. 기계적 합금화에는 Union process사에서 제조한 01-batch type attritor가 사용되었으며 milling media로는 3/16" stainless steel ball이 사용되었다. 또한 밀링 도중 산화 방지를 위해 Ar 가스를 미량 흘려 주었다. 플라즈마 활성화 소결은 Eltek사에서 제작된 장비를 사용하였으며 1000°C, 1100°C, 1200°C, 1300°C에서 120초간 30MPa의 압축응력하에서 각각 실시되었다.

### 3. 결과 및 고찰

30시간의 기계적 합금화를 통해 약 10nm 크기의 결정립을 갖는 nanocrystalline NiAl 금속간 화합물이 형성되었음을 TEM 분석을 통해 알 수 있었다. 기계적 합금화를 통해 제조된 NiAl 금속간 화합물은 1300°C에서 소결되었을 때 매우 균일한 표면을 얻을 수 있었으며 이때 이론밀도에 가까운(~96%) 소결체를 얻을 수 있었다. 1300°C에서 소결된 NiAl의 결정립 성장은 발생하지 않았으나 압축 응력에 의해 결정립이 plat form으로 변형되었음을 관찰할 수 있었다.