

**볼밀링된 (Ni+Al) 혼합분말과 기계적합금화법으로
제조된 NiAl 분말의 방전플라즈마소결
(Spark-Plasma Sintering of Ball-Milled (Ni+Al) Powder Mixture and
Mechanically Alloyed NiAl Powder)**

울산대학교 재료금속공학부 장영일*, 이도현
울산대학교 지역협력연구센터 김지순, 권영순
경상대학교 금속재료공학과 안인섭
한양대학교 재료공학부 김영도

1. 서론

NiAl은 B2구조의 간단한 결정구조를 가진 금속간화합물로서 용점이 높고, 밀도가 낮으며 열전도도가 높을 뿐 아니라, 내산화성과 고온변형 저항성이 높은 장점을 가지고 있다. 또한 34~38at.%Al 조성에서는 열탄성 마르텐사이트 변태에 따른 형상기억효과도 나타낸다. 그러나 NiAl은 슬립계의 수가 적기 때문에 상온에서의 인성이 낮아 취성파괴가 일어나기 쉬워 제조가 공 및 응용 시 큰 문제가 되고 있다. 이러한 문제의 해결 방안으로 Microalloying, Macroalloying, Fiber Strengthening 등 다양한 방법이 시도되어 왔으며, 결정립을 임계크기 이하로 미세화시킬 경우 연성이 크게 개선될 수 있다고 보고된 이후로 급냉 또는 분말야금법 등의 방법이 시도되었다. 본 연구에서는 보다 미세한 결정립 크기와 제 2상을 고루 분산시킬 수 있다는 장점을 지닌 기계적합금화법을 사용하여 제조한 NiAl 분말과 볼밀링을 이용하여 단순 혼합한 분말을 방전플라즈마소결(Spark-Plasma Sintering, SPS)법으로 소결하여 그 거동을 비교, 분석 하였다.

2. 실험방법

평균입도 $5\mu\text{m}$ 의 Ni(99.9%, CERAC)분말과 평균입도 $45\mu\text{m}$ 의 Al(99.9%, 창성)분말을 사용하였다. 기계적합금화는 볼과 분말의 비율 40:1, 회전속도 600rpm으로 20시간 행하였으며, Ball Milling에 의한 혼합은 회전속도 120rpm, 볼과 분말의 비 40:1의 조건으로 1, 10시간 동안 각각 행하였다. 준비된 분말은 방전플라즈마소결장치(SPS-515S, 스미토모)를 사용하여 승온속도 $100^\circ\text{C}/\text{min.}$, 50MPa의 소결 압력으로 1150°C 에서 5분간 유지하여 소결하였다. SEM, XRD, EPMA, DSC를 통하여 원료분말과 소결체의 미세조직 관찰과 상변화 및 소결체의 조성을 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

최종 소결체의 상대밀도는 볼밀링 단순혼합된 분말이 각각 98.9%(1시간 B.M.)와 99.6%(10시간 B.M.)의 소결밀도를 보였으며, 기계적합금화법으로 제조된 분말은 97%이었다. 소결체에 대한 XRD 상분석 결과, 모든 시편들에서 Ni_3Al 상과 NiAl상이 공존하고 있었으며, NiAl상은 B2(Cubic)구조의 모상이었다. DSC 결과에서 냉각시 peak이 존재하지 않아 마르텐사이트상은 존재하지 않으며, XRD결과와 일치함을 확인하였다. 볼밀링 단순혼합 분말의 경우, 승온과정의 300°C 부근에서 기계적합금화된 분말과는 상이한 조밀화 거동을 보였으며, 이는 Ni와 Al분말간의 반응 때문이라 사료된다.