

분말야금법에 의한 Ni-Al계 합금의 제조 Fabrication of Ni-Al alloys by P/M

한양대학교 이종일*, 이완재

1. 서론 : 최근 Ni_3Al , $NiAl$ 금속간화합물의 강도가 온도에 대하여 약 $800^{\circ}C$ 까지 정(+)의 관계를 나타내고 있어 고온재료로서 관심이 높아져 많은 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 금속간화합물은 경도가 높고 취약하며, 기계가공의 난삭재로 알려져 있다. 따라서 금속간화합물로 기계부품을 제조할 경우에는 분말야금법에 의하여 제조하는 것이 유리하다. $Ni-Al$ 금속간화합물은 고온에서 산화저항성, 내열충격성등이 우수한 기계적성질을 가지고 있으며, 비교적 안정한 결정구조를 가지고 있는 고용점금속이다⁽¹⁾. 특히 Ni_3Al 은 $L1_2$ 형 규칙상으로 온도상승에 따라 강도가 높아지는 우수한 특성을 가지고 있기 때문에 초내열 합금으로 많은 연구되고 진행되고 있다.^(2,3)

Ni_3Al , $NiAl$ 조성의 제품을 분말야금법으로 제조하는 경우에는 여러가지 방법이 가능하다. 첫째 방법은 Ni 분말과 Al 분말을 사용하여 상기조성으로 배합하여 혼합하고 제품형상으로 성형한 후 소결과정에서 치밀화와 합금화가 일어나 Ni_3Al 또는 $NiAl$ 조성의 제품을 만드는 공정이 있고, 둘째 방법은 Ni_3Al 또는 $NiAl$ 의 원료분말을 사용하여, 성형과 소결을 하는 공정이 있다. 첫째 방법은 성형성이 양호하고 소결온도가 $600^{\circ}C$ 정도로 낮아 에너지 소모가 적은 장점이 있으며, 둘째 방법은 원료분말이 고가이고 성형시 분말의 경도가 높기 때문에 금형의 마모가 심하고 성형성이 나쁘며, 소결온도가 $1400^{\circ}C$ 정도로 높은 단점이 있다. 본 연구는 제조공정에서 유리한 첫째방법에 의하여 Ni 과 Al 분말을 사용하여 Ni_3Al , $NiAl$ 합금제조과정중에 소결온도, 밀도, 조직, 상변화, 경도등에 대하여 조사 검토하였다.

2. 실험방법 : 원료분말로 Ni 분말(평균입도 $4\sim 7\mu m$, Kennametal사제)와 Al 분말(평균입도 $30\mu m$, 창성사제)을 사용하여 $Ni-(14\sim 32)wt\%Al$ 으로 칭량하여 배합하고 3차원혼합기에서 30분간 건식 혼합을 한 후 $100MPa$ 로 가압성형하여 $30(L)\times 10(W)\times 5(T)mm$ 의 성형체를 제조하였다. 이들 성형체를 $550^{\circ}C$, $600^{\circ}C$, $650^{\circ}C$ 에서 1시간동안 각각 질소기류와 진공분위기에서 승온속도 $10^{\circ}C/min$ 로 하여 소결하였다. 균일한 조성으로 하기위하여 $600^{\circ}C$ 에서 소결한 것을 $1100^{\circ}C$ 에서 1시간 균질화처리하였다. 소결체의 밀도를 측정하고 소결체의 조직을 광학현미경으로 관찰하고 X-ray diffractometer로 조직중의 상변화와 격자정수를 측정하고 Vickers경도기로 합금의 경도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰 : 소결체의 상대밀도 이론밀도의 90%에 이르고 있으며, 진공중에서 비교적 치밀한 소결체를 얻을 수 있었다. Al 의 예상량이 많은 $NiAl$ 조성영역에 해당하는 $Ni-(23,32)\%Al$ 에서 조밀하였고 $Ni-Al$ 상태도상의 $Ni_3Al+Ni_5Al_3$ 이상(Dual Phase)영역에 해당하는 $Ni-16\%Al$ 은 조직내 많은 기공으로 밀도가 떨어지고 있다. Ni_3Al 조성에 해당하는 $Ni-14\%Al$ 은 $1100^{\circ}C$ 로 균질화 처리함으로써 조밀해졌다. 소결체의 조직은 기공이 존재하였으며 Al 량이 16%까지는 전형적인 침상구조를 보이고 있으며 그 이상의 합금에서는 결정입계가 명확히 나타났다. German 등은 $Ni-16\%Al$ 경우 주된상이 Ni_3Al 이며 종된상은 Ni_5Al_3 상으로 보고하였다.⁽⁴⁾ 결정입계에 나타난 검은 점은 고상간의 상호확산에 의해 입계에 석출된 다른 조성의 금속간화합물로 보인다. $1100^{\circ}C$ 균질화 처리한 소결체의 조직은 $Ni-(14,16)\%Al$ 의 침상구조는 미세해졌으며 $Ni-(23,32)\%Al$ 은 입계의 석출물이 사라지고 있음을 볼 수 있다. 각각의 조성에서 X선 회절분석결과, $600^{\circ}C$ 에서 소결한 소결체와 $600^{\circ}C$ 소결후 $1100^{\circ}C$ 로 균질화처리한 소결체의 X선 회절패턴은 $Ni-(14,16)\%Al$ 조성에서 Ni_3Al 상이, $Ni-(23,32)\%Al$ 조성에서는 $NiAl$ 의 상이 명확하게 나타났다. 균질화처리한 경우 중간과정의 상들이 사라지고 Ni_3Al , $NiAl$ 의 상들만이 나타났다. 합금의 경도는 $Ni-(14,16)\%Al$ 에서보다 $NiAl$ 조성인 $Ni-(23,32)\%Al$ 에서 높게 나타났다. $600^{\circ}C$ 에서 소결한 $Ni-23\%Al$ 의 경우 Vickers경도가 약 $370Kgf/mm^2$ 정도의 값을 나타냈다.

4. 결 론 : Ni에 Al량을 14, 16, 23, 32wt%조성으로 변화시켜 혼합, 성형하여 550℃~650℃에서 소결하고, 1100℃에서 균질화처리하여 시편을 제조하여 조직과 상변화를 관찰하여 다음의 결론을 얻었다.

- 1) 소결체의 상대밀도는 Ni-16%Al조성이 가장 낮았으며 그 외의 조성은 온도가 600℃이고 Al량이 많을수록 증가하였다.
- 2) 소결체의 조직은 기공이 존재하였으며 Al량이 16%까지는 침상조직이 나타나고 그 이상의 합금에서는 결정립계가 명확히 나타났다.
- 3) X선 회절분석결과 Ni₃Al, NiAl등의 상들이 명확히 나타났고, Ni₅Al₃상들이 출현한 것으로 보아 완전합금화 되었음을 알 수 있었다.
- 4) 조직중의 상은 소결만 행하였을 경우는 중간과정상이 출현하였으나 균질화처리로 이들 상은 없어지고 평형상만이 나타났다.
- 5) 합금의 경도는 600℃에서, Ni₃Al과 NiAl의 이상영역조성에서 높은 값을 나타냈다.

5. 참고문헌

- 1) F. W. Glaser : Met. Progr.,67(1955), 77
- 2) L.M.Brown, R.K.Ham : *Strengthening Methods in Crystals*, Elsevier,Amsterdam,(1971), 9.
- 3) A.J. Ardell : Met. Trans. 16A(1985), 2131.
- 4) R.M. German, W.Misiolek : *Metarials Science and Engineering*, A144(1991), 1.