

## Ni/NiAl Diffusion Couple에서 EPMA 분석을 이용한

Ni<sub>3</sub>Al 상평형The phase equilibria of Ni<sub>3</sub>Al evaluated by EPMA  
in Ni/NiAl diffusion couple

한국기계연구원 \*유창중, 이종훈

창원대학교 김현철, 이재현

금속간 화합물에서 Ni<sub>3</sub>Al은 온도의 증가와 함께 강도도 증가되는 특성을 보이며 Ni기 초내열합금의 강도에 있어 중요한 역할을 하므로 이에 대한 관심은 계속되어 왔다. 그러나 Ni<sub>3</sub>Al은 상온 및 고온 연성이 부족하여 이를 개선하기 위한 연구가 진행되어 왔으나 아직 Ni<sub>3</sub>Al 조성 부근의 고온 상태 대한 정설이 없으며, 특히 Ni<sub>3</sub>Al상의 고온 상평형에서는 두가지의 상반되는 상태도가 알려져 있다. 본 연구는 Ni/Al의 확산쌍을 이용하여 1249이상-액상선 이하(1370°C)에서 온도에 따른 Ni<sub>3</sub>Al 확산층을 분석하여 Ni<sub>3</sub>Al 상평형을 평가 하였다. 또한 확산층 분석을 통하여 Ni<sub>3</sub>Al( $\gamma'$ ), Ni( $\gamma$ ), NiAl( $\beta$ )상의 확산 거동을 고찰하였다.

합금은 99.95% 순도의 Ni/Al을 310MPa의 압력으로 7시간동안 HIP을 하여 시편을 만들었다. 그후 시편에 B type thermocouple을 spot 용접으로 용접후 8mm 튜브에 장입후 상부에서 아르곤 gas를 주입하거나 진공을 뽑을 수 있게 하였다. 확산온도는 1249, 1340, 1355, 1365°C에서 확산 열처리 후 Mable's로 에칭후 SEM으로  $\gamma, \gamma', \beta$ 영역을 관찰하고 EPMA를 이용하여 성분분석 하였다.

Ni/NiAl 확산쌍 실험결과 Ni<sub>3</sub>Al( $\gamma'$ )상이 Ni( $\gamma$ )상과 NiAl( $\beta$ )상 사이에서 형성되었으며,  $\gamma'$  상 평형의 조성 범위가 온도가 증가함에 따라 Ni함량이 높은 방향으로 이동하였다(그림 1, 2). 이는 기존의 상태도인 Schramm의 상태도와 일치하며, 최초 일방향 응고 방법에 의해 평가된 상태도와 일관된 결과를 보여주고 있다. 또한 본 실험에서  $\gamma, \beta$ 상에서 확산계수 및 확산거동을 고찰하였으며,  $\beta$ 상에서 마르텐사이트 변태가 Ni 함량에 의존함을 확인 할 수 있었다(그림2). Ni/NiAl 확산쌍을 이용한 실험을 통하여 Ni/Al의 고온 영역의 명확한 상태도를 얻을 수 있었다(그림 3).

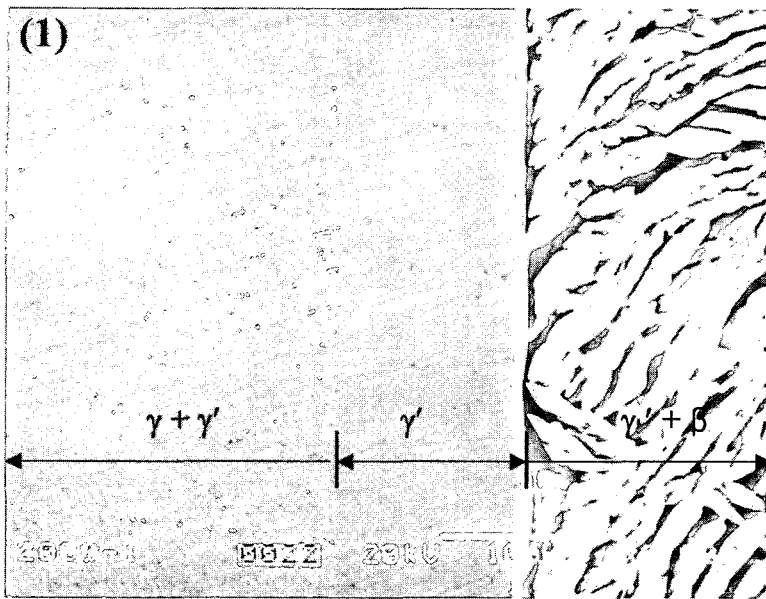
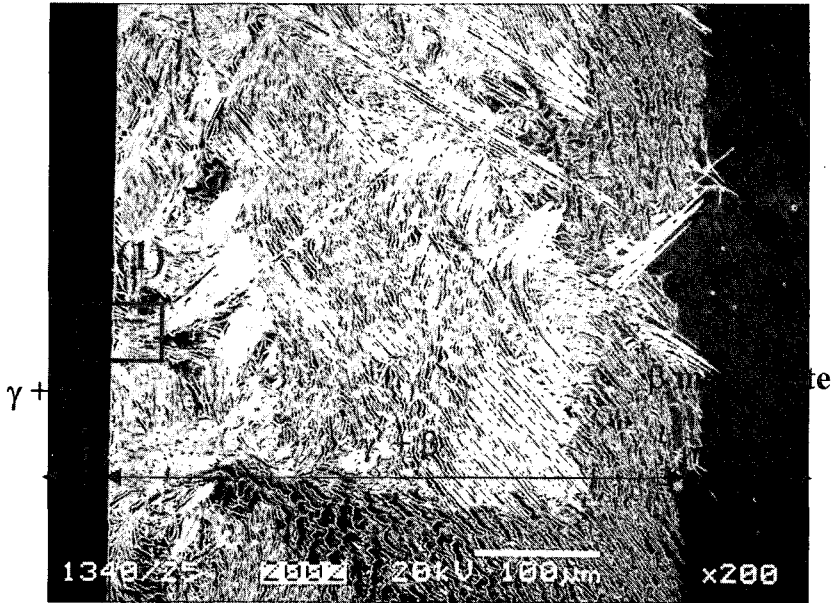


Fig. 1.  $\gamma + \gamma'$ ,  $\gamma'$ ,  $\gamma' + \beta$  and  $\beta$  martensite regions by Ni/NiAl diffusion couple

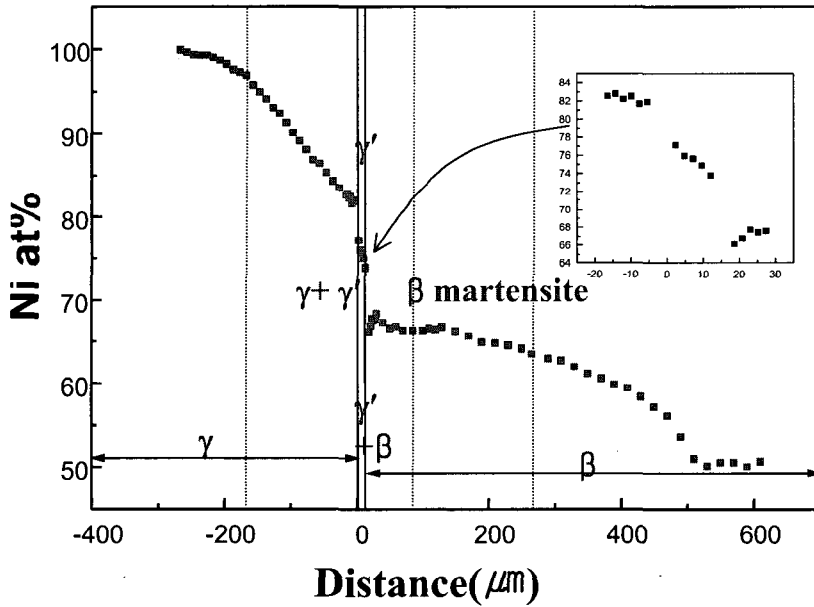
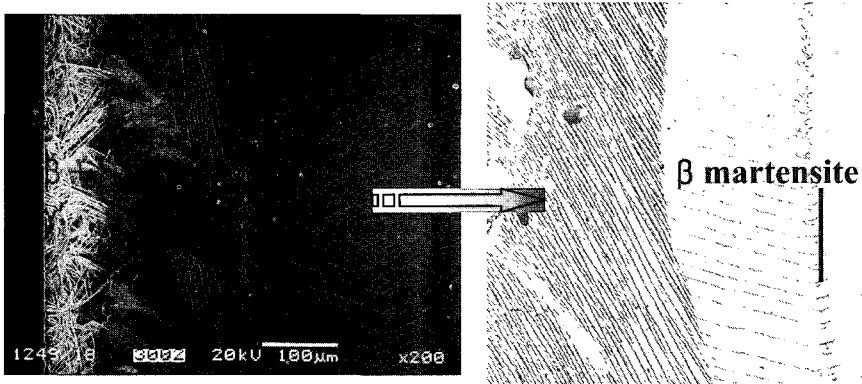


Fig. 2.  $\gamma$ ,  $\gamma+\gamma'$ ,  $\gamma'$ ,  $\gamma'+\beta$  and  $\beta$  martensite regions by EPMA analysis(Ni atomic %)

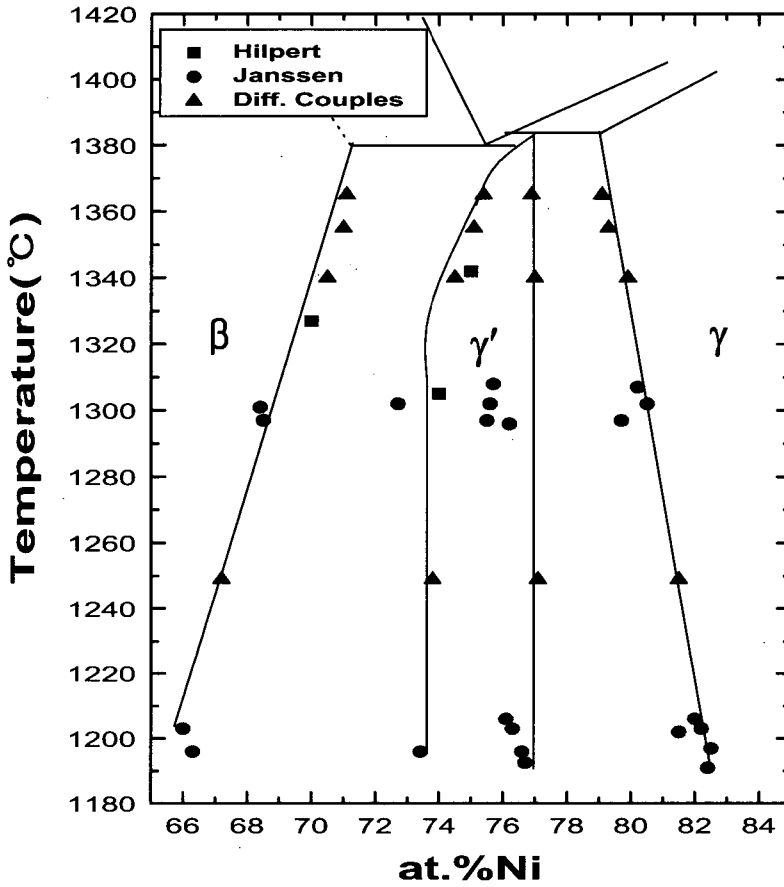


Fig. 3. Ni-Al phase diagram by Ni/NiAl diffusion couple experiment