

Al-Ni계 접합계면에서의 금속간화합물 성장과 확산

Diffusion and Grain growth of Intermetallic Compounds in Al-Ni system joint

정 승 부 성균관대학교 금속재료공학부

1. 서론

실용재료로서 자주 사용되는 Ni기 초내열합금의 고온내산화성 및 기계적특성을 향상시키기 위하여 aluminizing 표면처리공정은 물론 기능적, 구조적 부품을 조합하는 접합공정이 자주 이용되고 있다. 이와 같이 실용재료로서 Ni기 초내열합금을 구성하기 위해서는 산화, 입계성장, 상변태와 같은 기본적인 이해가 필요하며 이들 현상을 응용하기 위해서는 확산현상(상호확산, 반응확산)을 근본적으로 이해하는 것이 무엇보다 중요하다. 또, Ni기 초내열합금은 여러가지 첨가원소를 포함하고 있으므로 조성적으로는 매우 복잡하지만 조직학적으로는 Ni_3Al , Ni_2Al_3 , $NiAl_3$ 상 과 같은 몇가지의 금속간화합물과 $M_xC_{(1-x)}$ 화합물로 구성되어 있으므로 상대적으로 간단하다. 그러나 Al과 Ni이 주성분인 Ni기 초내열합의 표면처리공정 시 의 계면과 접합계면에서는 금속간화합물이 형성되어 접합강도에 많은 영향을 미친다. 또한, 접합계면에 생성되는 금속간화합물의 성장과 생성은 확산에 의해서 제어되고 있으므로 정확한 확산data는 금속간화합물을 제어하기 위한 필수불가결한 정보이다. 한편 이들 접합계면에서 발생하는 금속간화합물은 서로 다른 결정구조를 가지고 있을 뿐만 아니라 이들 금속간화합물내의 Al 과 Ni의 확산계수는 농도 및 규칙구조에 따른 매우 큰 의존성을 가진다. 따라서 본 연구에서는 Ni과 NiAl, Ni_3Al 금속간화합물내의 확산계수를 Matano 법과 Hall 법으로서 Al의 확산계수를 구하고 이들 접합계면에 생성되는 Ni_3Al Ni_2Al_3 $NiAl_3$ 상의 생성과 성장에 필요한 활성화 에너지를 구하여 타 연구자가 보고한 결과와 비교. 검토한다.

2. 실험방법

실험에 사용되는 Ni과 NiAl은 Al(99.9993mass%)과 Ni(99.97mass%)을 사용하여 고주파 용해로를 이용하여 진공중에서 용해하였고, Al은 시중에서 사용되는 Al을 873K에서 36ks 동안 균질화 처리를 실시한 합금을 사용하였다.

용해주조한 Ni과 NiAl 잉곳은 Ar+5% H_2 분위기에서 108ks동안 열처리한 뒤 $5 \times 5 \times 2 \text{mm}^2$ 크기로 절단하여 $0.05 \mu\text{m}$ Al_2O_3 분말로서 연마한 뒤 SUS304로 제작한 Jig에 삽입한 뒤 확산대를 제작하였다. 금속간화합물의 성장방향에 수평으로 절단하여 화석계수를 Matano 법과 Hall법으로 확산계수를 결정하였다. Al-Ni계에 생성되는 금속간화합물(Ni_3Al , Ni_2Al_3 , $NiAl_3$)상은 광학현미경과 SEM을 이용하여 관찰하고 성장폭을 측정하였고, 이들의 상의 조성은 EPMA를 이용하여 확인하였다. 본 연구에서는 이들의 금속간화합물내의 Al, Ni의 확산계수를 측정하고 이들의 온도의존성으로부터 활성화에너지를 구하였다. 또 금속간화합물이 생성되고 성장될 때 접합의 형상 및 성장속도로서 성장기구를 검토하였다.

3. 실험결과

Al/AlNi 접합에 발생하는 Al_3Al 상과 Al_3Ni_2 상은 Fig.1 에 나타내었듯이 접합계면에서 금속간화합물이 성장하고 있었다. 그러나 접합계면에서 생성된 Al_3Al 상의 접합계면은 요철과 같은 형상을 나타내고 있고 $w=kt^n$ 식에 따라서 성장되고 있지 않으므로 입계확산에 주로 제어되어 성장되고 있다고 할 수 있다. 그러나 Al_3Ni_2 상은 접합계면은 직선으로 형성되어 있으며 $w=kt^n$ 식에 따라서 성장하고 있으므로 세적확산에 제어되어 성장되고 있다고 할 수 있다. 이때 Al_3Ni_2 상의 성장에 필요한 활성화에너지는 167kJ/mol 이었다. 또한, Ni/AlNi 접합계면에서는 Ni_3Al 상이 생성되어 성장하고 있으며 접합계면의 형상은 직선으로 나타나고 $w=kt^n$ 의 법칙에 따라서 성장되고 있었다.

Fig.2 에서 알 수 있듯이 Ni중 Al의 확산계수는 매우 큰 농도의존성을 가지고 있으며 Al의 증가와 더불어 Al의 확산계수는 급격히 증가하고 있다. 본 연구결과는 Yamamoto 등의 연구결과와 같은 경향으로 나타났다.

Fig.3 은 NiAl중 Al의 확산계수는 Ni:Al의 조성비가 50:50에 가까워질수록 급격히 감소하며 본 연구결과와 Shanker 등의 연구결과는 실험에 사용된 확산대와 확산계수의 결정방법에서 차이가 나므로 확산계수값을 직접적으로 비교할 수는 없지만 같은 경향으로 나타나고 있다.

Fig.4 는 Ni_3Al 중의 Al의 확산계수를 나타낸 것으로 Al의 첨가량이 증가할수록 Al의 확산계수는 증가하고 있고 활성화에너지도 약간 크게 나타났다.

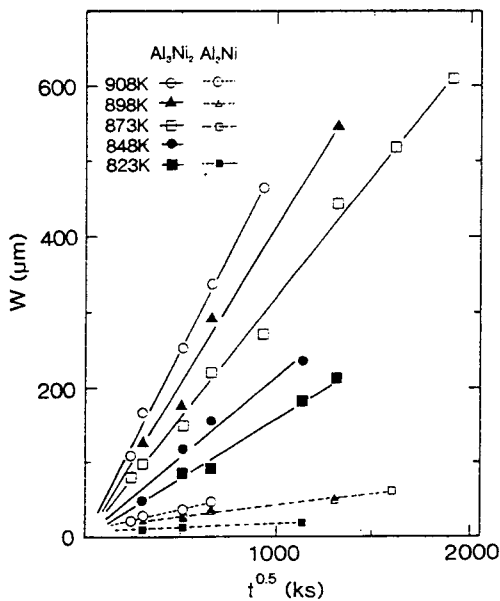


Fig.1 Variations of Al_3Ni and Al_3Ni_2 phase with diffusion times

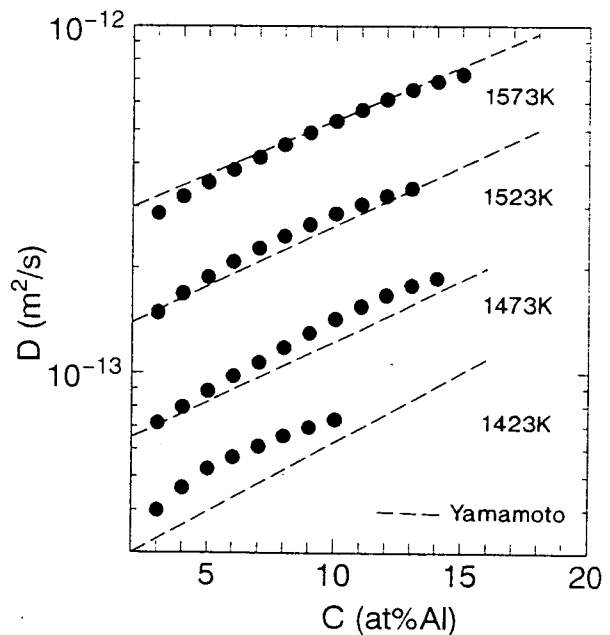


Fig.2 Variations of diffusion coefficient in Ni with Al concentration

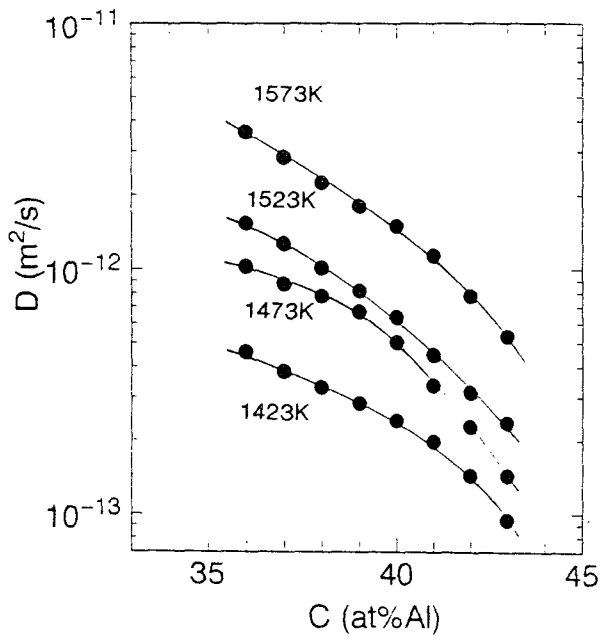


Fig.3 Variations of diffusion coefficient in NiAl with Al concentration

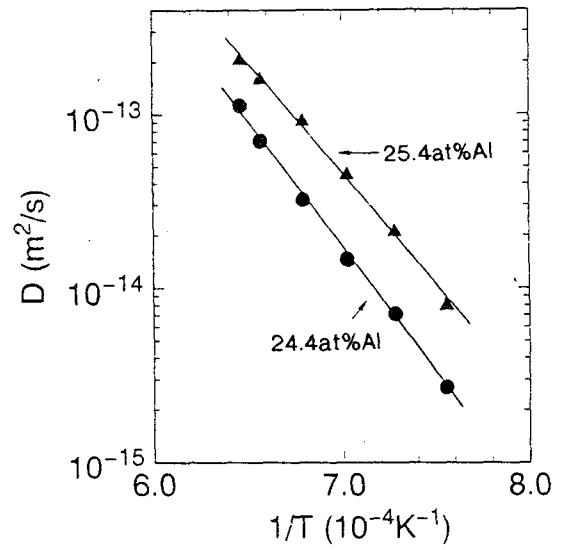


Fig.4 Temperature dependence of diffusion coefficient

4. 참고문헌

1. 정 승 부 : 오사카대학 박사학위 논문 (1992)
2. J. Burke : The kinetics of Phase Transformations in Metals, Robert Maxwell Press (1966)
3. T.Yamanoto, T.Takashima, K.Nihida : Trans. JIM, Vol.21(1980) 601
4. S.Shanker and L.L.Seigle : Metall. Trans. Vol.9A(1978) 1467