

# 0.3wt%의 질소를 함유한 고질소 스테인레스강의 고상확산접합현상에 관한 연구

## Study on solid state diffusion bonding phenomenon of high nitrogen stainless steel containing 0.3wt% nitrogen

옥태희\*, 우인수\*\*, 송우현\*, 강정윤\*

\*부산대학교 공과대학 금속공학과

\*\*大阪大学接合科学研究所

### 1. 서 론

질소(N)는 오스테나이트 상을 안정화시키고, 강의 기계적 성질과 스테인리스강의 내식성을 향상시키는 합금 원소로 알려져 있다. 그 효과를 이용한 고질소 스테인리스강은 비자성이고, 기계적 성질, 내식성이 우수하여 유럽과 일본을 중심으로 합금개발과 특성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있지만, 고질소강의 고상확산접합에 대한 연구는 거의 전무한 상태이다. 확산 접합은 고질소 스테인리스강의 용융용접에서 문제가 되는 기공, 용접균열 등과 같은 결함이 발생하지 않으므로, 우수한 접합부를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 복잡한 형상을 가지는 부품을 고정밀도로 접합이 가능하기 때문에 부품 제조 공정으로서 많은 장점을 지닌 접합법이다. 따라서, 본 연구에서는 0.3wt% 질소를 함유한 고질소스테인레스강의 접합결함에 미치는 접합조건의 영향을 검토하고 접합조건에 따른 미세조직 변화를 관찰하여 접합현상을 파악하고자 하였다.

### 2. 실험방법

본 실험에 사용된 고질소강의 화학조성표를 Table1에 나타낸다. 시험편은  $\phi 9\text{mm}$ 로 가공하고, 조직 관찰을 위해 길이 10mm로 절단하여 사용하였다. 접합면은 Emery paper #1000까지 연마하여 사용하였다. 접합은  $5 \times 10^{-5}$  torr의 진공분위기 중에서 4MPa의 하중을 일정하게 가하면서 3K/sec 승온속도로 원하는 접합온도까지 고주파 가열을 행하고, 미세조직 변화를 관찰하기 위해 각 온도에서 유지시간 5min에서 240min으로 유지하여 접합시킨 후 로냉 시켰다. 이때의 로냉은 일반적인 로냉과 달리 급냉에 가깝다. 접합시 온도 계측은 접합계면 바로 직하에 열전대를 시험편에 퍼커션 용접으로 부착하여 직접 계측하였다.

접합부의 미세조직은 접합면을 수직으로 절단하고, 연마하여 광학현미경(O.M) 및 주사식 전자현미경(SEM)으로 관찰하였다. 부식은 보이드율 측정을 위해 HCl(10ml) + 증류수(90ml)의 용액에서 전해부식시켰으며, 미세조직 관찰과 결정립 측정용으로 HNO<sub>3</sub>(50ml) + 증류수(50ml)의 용액을 사용하여 전해부식하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 접합조건에 따른 접합결함의 변화

Fig. 1은 접합압력을 4MPa로 일정하게 하고, 1173K, 1223K, 1273K, 1323K에서 30min 동안 유지하여 접합한 경우, 접합온도에 따른 접합부를 SEM사진으로 나타낸 것이다. 접합계면에는 흰색의 미세한 석출물과 보이드가 존재하는 것을 알 수 있다. 흰색의 미세한 석출물은 고질소강에서 흔히 나타나는 Cr계 질화물로 생각되며, 이들은 온도가 높아질수록 점점 크기가 작아지고, 그 량은 감소하는 것을 볼 수 있다. 1173K에서 보이드가 주로 직선상으로 존재하고, 계면의 점유율이 아주 높지만, 온도가 증가할수록 계면에너지를 낮추기 위하여 구형으로 변화하고, 점유율도 아주 낮아지는 경향이 있다.

### 3.2 접합조건에 따른 미세조직의 변화

Fig. 2는 접합온도와 유지시간을 달리하였을 때 접합부 근방의 미세조직의 변화를 광학현미경 사진으로 나타낸 것이다. 1173K와 1223K의 온도에서는 유지시간이 증가하여도 직선상의 입계가 존재하고, 결정립의 크기가 비슷하지만, 1273K와 1323K에서는 짧은 유지시간에도 접합계면이 존재하던 흔적만 남게 되고, 결정립이 조대해지며 접합계면에는 결정립의 이동현상이 일어나는 것을 알 수 있다.

Fig. 3은 각 온도와 유지시간에 따른 접합계면의 입계이동률의 변화를 알아보기 위해 정량화 한 것이다. 1173K와 1273K에서는 유지시간을 길게 하여도 입계이동률이 낮지만, 1273K와 1323K에서는 짧은 유지시간에도 입계이동이 급격히 증가하는 경향을 보이고 있다. Fig. 4는 접합온도와 유지시간을 달리하였을 때 접합부와 모재부의 결정립 크기변화를 나타내었다. 접합온도가 높고, 유지시간이 증가할수록 접합부의 결정립은 모재와 비슷한 추세로 성장해 나가는 것을 알 수 있다.

Fig. 5에 각 접합온도에서의 접합부와 모재의 결정립 성장 지수(n)를 나타내었다. 1173K와 1223K의 접합온도에서는 1273K와 1323K에서보다 결정립 성장 지수가 약 2배 정도 차이 나는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 1173K~1223K의 접합온도에서는 보이드와 Cr계 질화물이 Fig 6에서처럼 접합계면에 필름상으로 존재하여, 결정립이 성장을 하는데 방해 작용을 하기 때문에, 접합 유지시간을 길게 하여도 직선상의 접합계면이 존재하게 되고, 결정립의 성장속도도 억제되지만 1273K이상의 접합온도에서는 보이드가 사라지고, 질화물의 고용이 많이 되어 결정립 성장 지수가 약 2배로 증가하여, 짧은 유지시간에도 입계이동률과 결정의 성장속도가 증가하는 것으로 생각된다.

## 4. 결 론

1173K와 1223K에서는 접합계면에 형성된 보이드와 입계에 석출된 질화물이 입계이동을 방해하여 유지시간이 길어져도 직선상의 접합계면이 관찰되며, 결정의 성장속도가 낮지만, 1227K와 1323K에서는 보이드가 사라지고, 질화물이 모재에 고용되어, 짧은 유지시간에도 입계이동이 활발히 일어나고 결정립의 성장속도는 증가하였다.

Table 1. Chemical composition of base metal

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	N	O	Al
0.011	0.21	1.46	0.019	0.0021	<0.01	8.96	22.09	<0.01	0.293	0.0147	<0.002

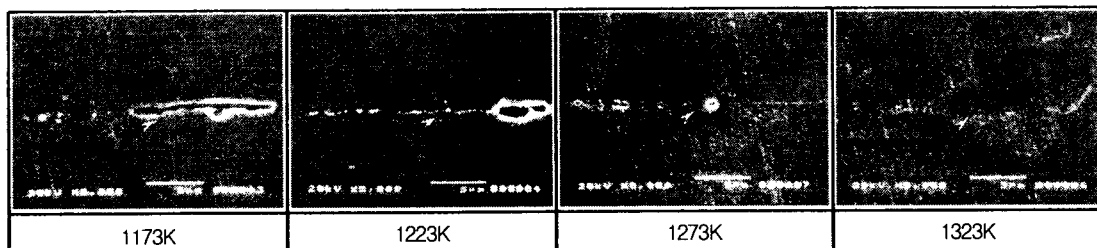


Fig.1 Appearance of void shape and precipitate in bonded interlayer with bonding temperature

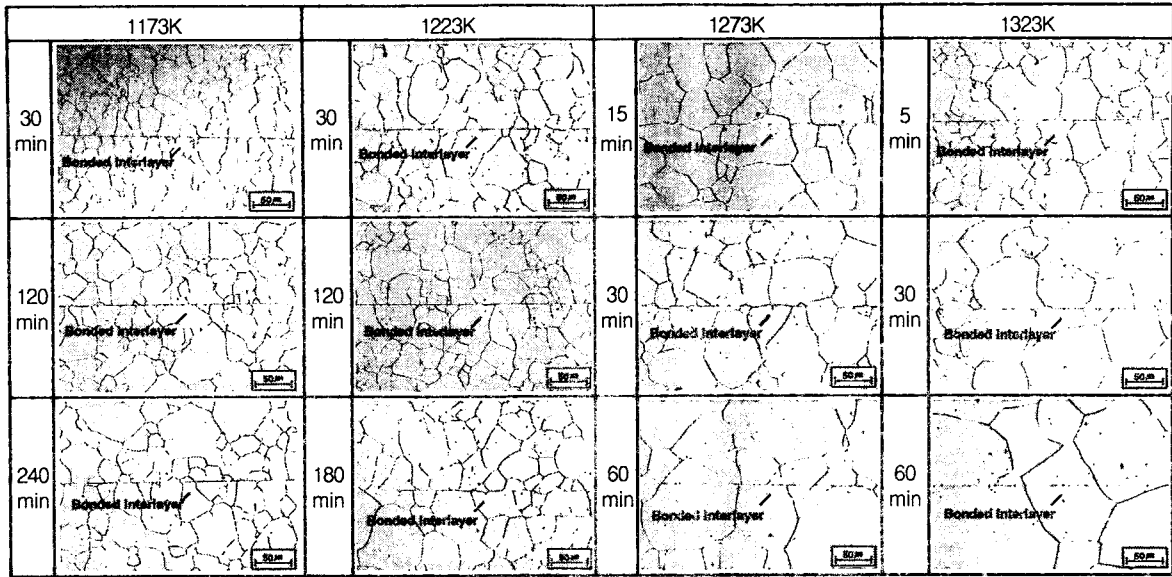


Fig 2. Change of microstructures of bonded interlayer

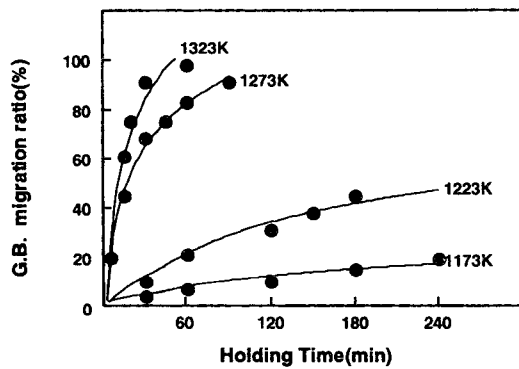


Fig. 3 Grain boundary migration ratio of bonded interlayer with bonding temperature and time

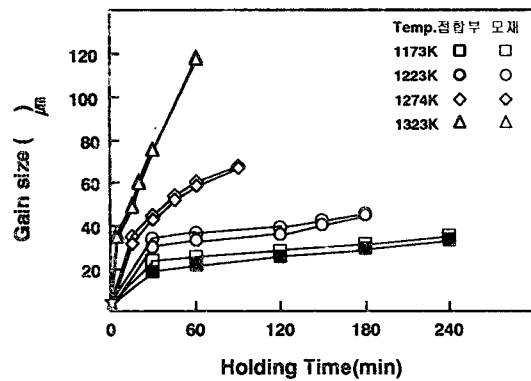


Fig. 4 Change of grain size of bonded interlayer and base metal with bonding temperature and time

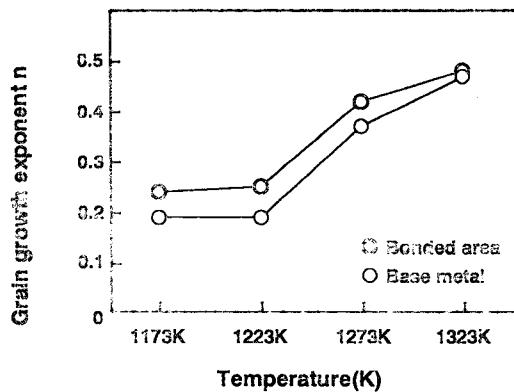


Fig. 5 Grain-growth exponent as a function of temperature

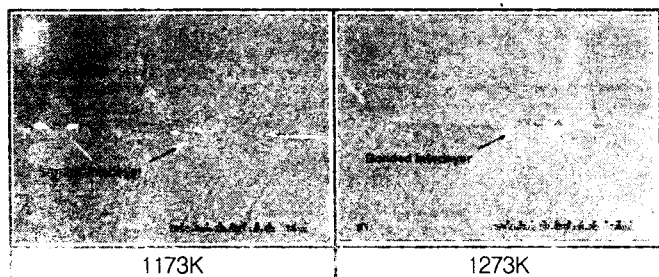


Fig. 6 Appearance of precipitate in bonded interlayer with bonding temperature