

Al₂O₃/304 스테인레스강 접합체 계면구조가 접합강도에 미치는 영향

김 병 무* · 한 원 진 · 강 정 운 · 이 상 래

(부산대학교 공과대학 금속공학과)

The Effect of interfacial structure on the Bonding strength in Al₂O₃/STS304 joint

1. 서론

세라믹스와 금속의 접합시 열팽창계수의 차이에 의해 열응력이 발생하기 때문에 접합효율을 증가시키기 위해서는 반드시 열응력 완화를 위한 대책을 마련해야만 한다. 이러한 관점에서 본 연구에 사용할 삽입금속은 접합부에서 발생하는 열응력의 완화효과를 얻기위해 연질금속인 Cu를 기지로 대표적 활성금속인 Ti와 Zr을 각각 첨가하여 자체 개발한 두 종류의 합금계 삽입금속을 사용하여 브레이징한 두 종류의 서로 다른 접합체의 접합부 계면에서 생성된 반응 생성물을 비교 분석하고 접합부의 계면구조를 정확히 파악한 후 계면구조가 접합강도에 미치는 영향을 검토하고자 하였으며 반응 생성물과 접합강도와의 상관 관계를 조사하여 적합한 접합조건 도출과 유효한 첨가원소를 밝혀 산화물계 세라믹스와 금속간의 접합기술을 확립하는데 그 목적을 두었다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 삽입금속의 제조를 위하여 순도 99.99% Cu와 Ti, Zr의 순금속을 Cu-10wt% Ti과 Cu-7.5wt% Zr 조성이 되게 정량한 다음 Ar 분위기 중에서 아아크 용해하였고 진공용 고주파 유도토에서 재용해 한 후 ϕ 10mm \times t 8mm인 봉상으로 주조하였다. 이후 200 μ m의 두께가 되게끔 절단 및 연마하여 삽입금속으로 접합에 이용하였다. 접합용 모재로는 상압소결방법에 의해 국내에서 제조된 순도가 99.9%의 알루미늄과 STS 304 스테인레스 봉재물 ϕ 10mm \times t 10mm의 크기로 하여 사용하였다. 접합은 자체 제작한 접합용 진공브레이징로 내에서 행하였으며 진공도는 10⁻³ ~ 10⁻⁴ torr로 유지하였다.

접합부 조직은 접합 시험편을 접합면에 수직으로 절단하여 연마한후 광학 및 주사식 전자현미경을 이용해서 관찰하였으며 EDX와 WDX 및 XRD 분석을 통해 생성상을 동정하였다. 접합강도시험을 위해 ASTM 규격으로 부터 설계한 치구에 끼워 인장시험기의 grip측과 치구의 중심축이 일치하도록 해준 후 전단시험을 행하였고 이때 접합강도 값은 파괴시 인장하중 값으로 측정되었으며 전단강도 값을 얻기위해 최대하중 값을 접합면적으로 나눈값의 1/2을 취하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 접합부 미세조직관찰

Cu-10wt% Ti 삽입금속과 Cu-7.5wt% Zr 삽입금속을 사용하여 알루미늄과 304 스테인

레스강을 접합한 경우 두 접합체의 접합강도에 미치는 요소는 무엇보다도 접합부 근방의 미세조직과 특성이다. 따라서 그 미세조직을 광학 현미경을 이용하여 조사하였고 Photo.1은 접합부의 대표적인 광학현미경조직을 나타낸다.

Photo.1 a)에서와 같이 Cu-10wt% Ti 삽입금속을 사용한 경우 304 스테인레스강측에 반응층이 폭넓게 형성되어 있는 것과 사진으로는 구별이 명확하지 않지만 광학 현미경으로 관찰하면 알루미늄과 삽입금속의 계면에서 매우 미세하긴 하나 색깔 및 빛의 반사정도가 뚜렷이 차이가 나는 반응층의 관찰이 가능하다는 것이다. 이와는 달리 Cu-7.5wt% Zr 삽입금속을 사용한 경우 Photo.1 b)에서와 같이 304 스테인레스강측에 비교적 폭좁은 반응층이 형성되어 있으며 알루미늄과 삽입금속의 계면에 형성된 반응층은 비교적 그 폭이 넓으며 광학 현미경으로 관찰하면 뚜렷이 두개의 서로 다른층으로 구별될 수 있다는 것이다. Fig.1은 Photo.1의 Morphology와 EDX, WDX 및 XRD를 이용해 상을 동정한 결과를 보여 준다.

3.2 계면구조가 Crack 발생에 미치는 영향

일반적으로 이종재료, 특히 세라믹스와 금속의 접합체에 있어서 냉각시 탄성계수와 열팽창계수의 차이로 인해 금속재료에서는 수축응력이 발생하고 세라믹스에서는 인장응력이 발생하며 계면의 가장자리에서 큰 응력이 집중하여 균열이 발생하게 된다. 이와 같은 이유로 Cu-10wt% Ti 삽입금속을 사용한 경우 접합계면의 가장자리에 육안으로 식별이 가능한 모서리 균열(Edge crack)을 관찰할 수 있었다. 하지만 Cu-7.5wt% Zr 삽입금속을 사용해 접합한 시험편에서는 특정 접합조건에서 균열이 관찰되지 않았다.

접합계면에서 crack이 발생하지 않은 원인을 검토하기 위해 광학 현미경을 이용해 접합부 미세조직을 관찰한 결과 균열이 발생하지 않은 접합 시험편은 알루미늄과 피상의 반응생성물층 사이에 적은 양의 Zr산화물 입자가 포함된 Cu 기지층이 존재하고 있음을 볼 수 있었으며 이 Cu 기지층이 냉각시 발생하는 응력집중현상을 소성변형을 통해 효과적으로 완화시켜 균열생성을 억제하고 있다고 판단할 수 있다. Fig.2는 이러한 점들을 고려하여 접합후 냉각시 탄성계수와 열팽창계수 차에 의해 두 접합체의 계면에서 발생하는 변형을 나타내는 모식도이다.

3.3 접합강도에 미치는 접합온도 및 시간의 영향

접합강도 시험은 모든 접합조건에서 crack이 관찰되었던 Cu-10wt% Ti 삽입금속을 이용한 접합체는 제외시키고 Cu-7.5wt% Zr 삽입금속을 이용한 접합체에 대해서만 행하였으며 이때 접합강도값은 최대 전단강도값으로 구해졌다. 본 실험에서 선택한 접합온도 구간중 1323K의 저온에서 가장 높은 접합강도를 나타냈으며 접합온도가 증가함에 따라 점차 그 값은 선형적으로 감소하였고 접합시간변화에 따른 접합부의 파괴 전단강도 값은 접합시간을 0.6ks 이상 유지시킬 때 접합체의 파괴 전단강도 값이 감소하는 경향을 보였다. 이는 접합온도가 증가하고 접합시간이 길어짐에 따라 계면반응 생성물량의 증가와 그에 따른 계면구조의 차이에 기인한 것이라 사료된다.

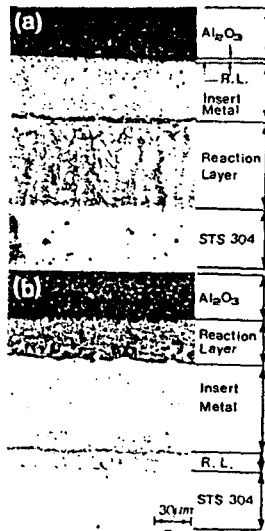


Photo.1 a) Microstructure of the Al₂O₃/Cu-10wt% Ti/STS304 joint brazed at 1423K for 3.6ks
 b) Microstructure of the Al₂O₃/Cu-7.5wt% Zr/STS304 joint brazed at 1373K for 1.8ks

Morphology	EDX	XRD
<p>(a)</p>	<p>A ; Ti, O, Cu B ; Ti, Fe C ; Cu</p>	<p>Ti₂O₃ Fe₂Ti Cu</p>
<p>(b)</p>	<p>A ; Zr, O B ; Cu, Al C ; Zr, O D ; Cu</p>	<p>ZrO₂ Cu</p>

Fig.1 Results of EDX and XRD analysis
 a) Al₂O₃/Cu-10wt% Ti/STS304 joint
 b) Al₂O₃/Cu-7.5wt% Zr/STS304 joint

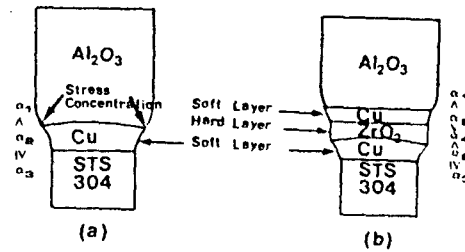


Fig.2 a) Deformation of Al₂O₃/Cu-10wt% Ti/STS304 joint by thermal stresses
 (α₁=Coefficient of Thermal Stress of Al₂O₃, α₂=C.T.S. of Cu, α₃=C.T.S. of STS 304)
 b) Deformation of Al₂O₃/Cu-7.5wt% Zr/STS304 joint by thermal stresses
 (α₄=Coefficient of Thermal Stress of Zr Oxide)