

Al6061/S15c의 진공 브레이징 접합특성에 관한 기초적연구

A basic study on the vacuum brazing joint properties of Al6061/S15c

서상용*, 안병진**, 정병호***, 이규용***

*부경대 대학원, **대구기능대학, ***부경대

1. 서 론

최근 고강도·경량화를 목적으로 자동차·선박·수송기기·전기전자부품등에 알루미늄합금을 이용하여 다른 금속과의 브레이징 접합이 많이 시도되고 있다. 그 중 알루미늄과 강의 접합체는 성형성·내식성·용접성등이 불량하여 현재로서는 운송기기류에 알루미늄을 대체하기가 극히 어려운 실정이다.

알루미늄과 강의 확산에 의한 접합부에는 취약한 금속간 화합물이 생성하여 신뢰성있는 접합부를 얻기가 어렵기 때문에 산화물방지와 젖음성을 향상시키기위해 강의 표면위에 Cu, Ni, Zn, Al, Ag 등을 도금이나 코팅처리를 하고 브레이징을 행하는 경우가 있다.^{1~2)} 그러나 접합공정의 복잡성과 시간및 비용이 현저하게 높아지는 문제점을 안고 있다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄/강의 브레이징 접합부에서의 금속간화합물상의 생성을 최대한 억제하고자 Al-12wt%Si 공정조성의 삼입금속을 사용하여 브레이징 접합하고 시간과 온도를 변수로 하여 접합부 반응층의 생성상 분석 및 접합강도시험등을 통하여 진공도에 따른 접합특성을 고찰하고, 산업현장에서 활용을 위하여 기초 자료를 얻고자 하였다.

2. 실험방법

실험에 사용된 브레이징 접합용 모재는 경량 고강도 재료인 알루미늄 6061과 산업현장에서 많이 쓰이는 S15C저탄소강이다. 알루미늄과 S15C 강은 두께 10mm, ϕ 16, 18로 가공 하였고 표면의 오염물을 제거하기위해 sand paper에서 #600번으로 연마후 아세톤에서 초음파 세척 후 사용하였으며, 삼입금속으로는 Al-12wt%Si 공정조성으로 두께 200 μ m인 sheet상을 사용하였다.

진공도에 따라 저진공(2×10^{-3} Torr), 고진공(3×10^{-6} Torr)으로 나누고, 시간과 온도를 변수로 브레이징 접합하였으며, 접합부의 분석을 위하여 SEM 및 전단강도 측정, 파단면 X-ray 회절 분석 및 미소경도 시험을 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 접합부 계면과 접합강도

Fig. 1는 진공도에 따라 브레이징 시간과 온도를 변수로 하여 접합부 전단강도값을 나타낸 것이다. 그림에서 알수있는바와 같이 저진공에서의 강도값은 고진공과 비교하여 대체적으로 감소하였으며, 온도가 높을수록 또한 시간이 길어질수록 증가하였으나, 620 $^{\circ}$ C와 50min을 경계로 하여 다시 감소하였다. 최고강도값은 620 $^{\circ}$ C, 10min의 경우로 25Mpa를 얻을수 있었다. 이와같은 강도값의 차이에 대한 Photo. 1은 고진공의 620 $^{\circ}$ C와 580 $^{\circ}$ C에 대한 SEM과 Mapping분석이다. 그림에서 접합부 반응층은 크게 두종류의 층(A층, B층)으로 나타났으며, Si상은 C상으로 나타났다. 접합온도가 높아질수록 A반응층의 간격이 늘어나는 경향이 있으며, 580 $^{\circ}$ C, 10min에서는 A반응층보다는 B반응층의 폭이 넓고 B반응층과 알루미늄모재의 계면에서는 C로 표시되는 Si상의 많은 영역이 생성된 것을 알 수 있다. 이는 브레이징온도가 Al-Si삼입금속의 공정온도와 유사하여 Si가 미처 용융되어 확산되지 못하고 남아있는 것으로 생각된다. 그러나 620 $^{\circ}$ C, 10min에서는 Si가 발견되지 못했는데 이것은 고진공과 높은 브레이징온도로 인하여 Si가 외부로 유출되었기 때문인 것으로 생각된다. 또한 Fe mapping에서도 580 $^{\circ}$ C와 620 $^{\circ}$ C와 비교할 때 Fe확산 정도에 큰 차이가 나타났는데 580 $^{\circ}$ C에서는 B층에서보다 A층에서 Fe가 많이 생성되었고, 620 $^{\circ}$ C에서는 A, B양층에 고루 분포된 것을 알수 있었다. 이로부터 A, B양층에는 FeAl₃, Fe₂Al₅ 또는 FeAl₂^{3~4)}로 추정되는 화합물이 형성된 것을 알 수 있었다. 이것은 XRD분석에서도 나타났다. 그리고 A, B반응층의 Fe, Al, Si의 확산정

도에 따른 반응층의 두께변화도 접합강도에 상당한 영향을 주는 것으로 나타났다. Fig. 2는 접합부 부근의 경도분포와 미시조직이다. A반응층의 경도가 제일높게 나타났고, B반응층, 그리고 S15c측과 Al6061순으로 나타났다. A반응층의 경도분포는 온도와 시간분포에 따라 거의 비슷하게 나타났으나 Fe와 Al의 확산정도에 따른 반응층의 두께 변화와 취성의 Si상의 생성여부에 따라 580℃에 비해 620℃가 접합강도가 높았다. 그러나 저진공에서의 경도값은 580~600℃까지는 감소하였는데 이것은 저진공브레이징 과정에서 S15c표면의 산화로 인하여 Al-Si 삽입금속의 젖음성이 좋지 못하였기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 610℃이상에서는 S15c와 삽입금속이 반응을 하여 A, B양반응층도 생기고 경도값 및 접합강도값이 고진공과 비교하여 최고로 높지는 않았으나 거의 유사하게 나타났다. 따라서 저진공에서도 610℃이상에서 시간, 온도, 분위기등을 조절하면 고진공과 유사한 강도값을 가질것으로 생각된다.

3-2. 접합부 파단면 및 XRD분석

Photo. 2와 Fig. 3은 접합부 전단강도 시험후의 파단면 SEM사진과 파단면의 Al측 및 S15c측의 XRD분석 결과이다. 그림에서 보듯이 (a)에서의 파단은 접합부에서 시작하여 층상모양으로 소성변형을 일으키면서 파단하여 경도값이 제일높은 A층과 S15c층 계면에서 파단이 된 것을 알수 있으며 (b)에서는 낮은 브레이징온도로 인하여 접합부와 Al6061계면에서 파단되어 미용해된 삽입금속의 결정이 나타났다. 이를 분석하고자 파단면의 Al측 및 S15c의 XRD분석 하였으며 결과로 부터 접합강도값이 높은 620℃ 10min에서는 $FeAl_3$, Fe_2Al_5 의 peak치가 검출되었으며 580℃, 10min 경우에는 $FeAl_3$, Fe_2Al_5 이외에 Al, SiC, Al_8Mn_5 및 Al_3Mg_2 peak치가 나타났으며, 이러한 상등이 접합강도값을 저하시키는 원인인 것으로 생각되어진다.

3. 결 론

알루미늄6061과 S15c의 진공도와 접합변수에 따른 브레이징을 행한후 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1). 최고강도값은 고진공 620℃, 10min의 조건에서 25Mpa의 전단강도값을 얻었다.
- 2). 접합강도값은 A반응층과 B반응층 그리고 취성의 Si상의 생성여부 및 접합부 폭의 변화에 따라 달라짐을 알수 있었고, 접합부폭이 작을수록 A반응층과 B반응층의 폭이 일정할수록 Si상이 존재하지 않을수록 접합강도 값이 증가함을 알 수 있었다.
- 3). A반응층과 B반응층은 $FeAl_3$, Fe_2Al_5 임을 알수 있었다.
- 4). 경도분포는 A반응층에서 높게 나타났고, 이것은 접합부강도와도 밀접한 관련이 있었다.

4. 참고문헌

- 1). 立川 逸郎, 石本 俊司郎, 溶接學會論文集, vol. 3, no. 2, 1985, pp. 335~341.
- 2). 迎 靜雄, 西尾一政, 加藤光昭, 井上季明, 畠中 望, 溶接學會論文集, vol. 9, no. 1, 1991, pp. 17~23.
- 3). 及川 初彦, 齊藤 亨, 吉村 尙, 永瀬 降夫, 鐵 & 鋼 vol. 83, 1997, no.10, pp. 25~30.
- 4). 及川 初彦, 齊藤 亨, 切山 忠夫, 永瀬 降夫, 鐵 & 鋼vol. 83, 1997, no.10, pp. 37~42.

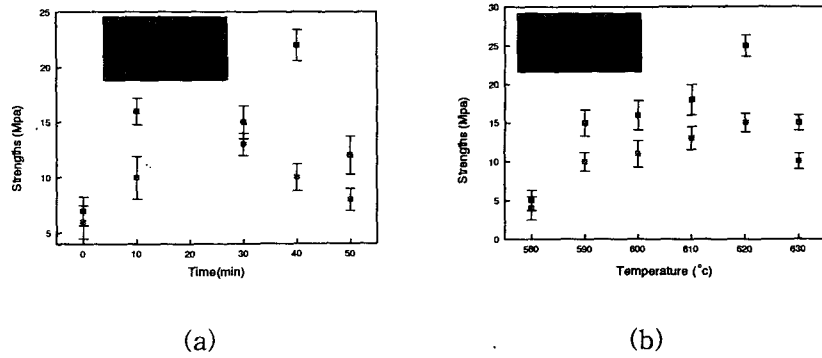


Fig. 1 Shear test of Al6061/S15c according to (a) time, (b) temperature factor

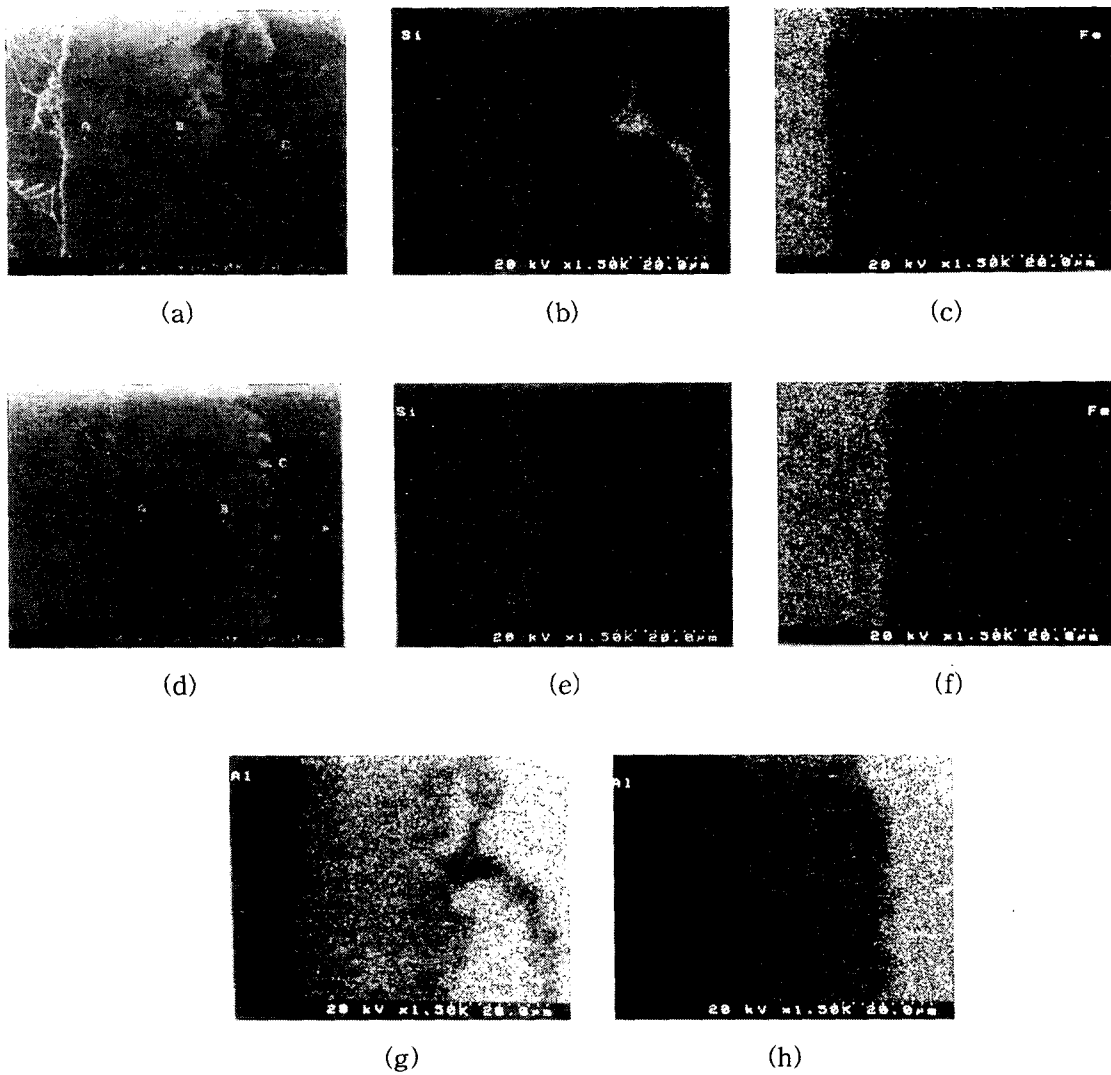
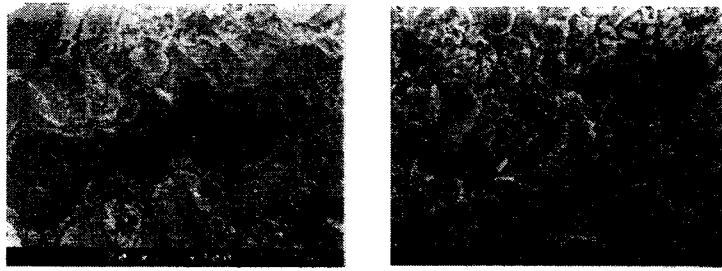


Photo. 1 Sem, Sem mapping brazing potographic on the Al6061/S15c, 580°C, 10min (a)Sem (b)Si, (c)Fe, (g)Almapping, 620°C, 10min (d)Sem, (e)Si, (f)Fe, (h)Almapping,



(a)

(b)

Photo. 2 Shear fractured surface of brazing joint on the S15c side.

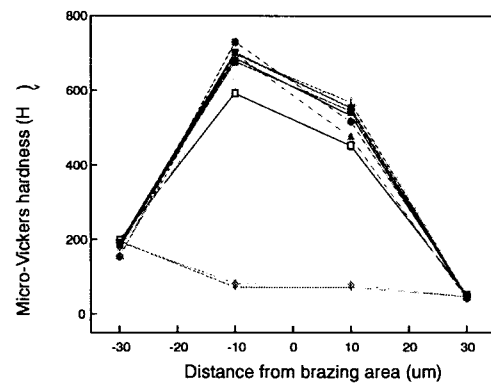
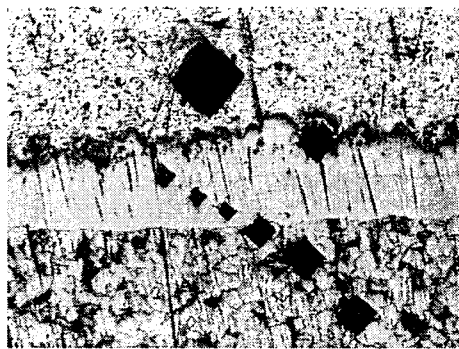
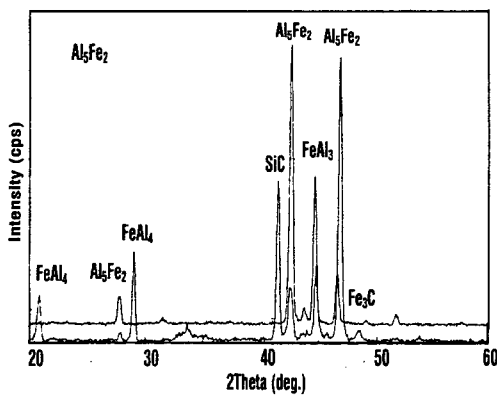
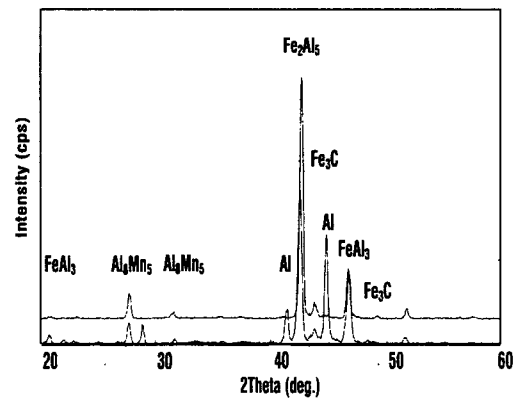


Fig. 2 Micro-vickers hardness distribution data and photograph, ■ 580 ● 590 ▲ 600 ▼ 610 * 620 - 630 for high vacuum, 10min, ◇ 580 +600 □ 610 for low vacuum, 10min, I 30 □ 40min for high vacuum, 600°C



(a)



(b)

Fig. 3 X-ray diffraction patterns for shear fractured surface, (a)580(lower), 620°C(upper), Al side, (b)580(lower), 620°C(upper) S15c side.