

활성금속법에 의한 산화물계 세라믹과 금속과의 접합에 관한 연구 (I)

한국해양대학 김 영 식
한국해양대학원 최 영 국
한국해양대학원 김 광 환^{*}

1. 서 론

최근, 우주항공산업, 원자력산업, 석유화학산업등의 산업분야에 있어서 각종 기기의 사용환경이 가혹하게 되어, 耐熱性기능이나 耐蝕性기능이 탁월한 재료의 개발이 절실히 요구되고 있다. 이러한 요구에 부응하여, 세라믹은 그 탁월한 耐熱性이나 耐蝕性 때문에 앞으로 응용범위가 확대되어져 갈 것으로 기대된다.

그러나, 이들 세라믹은 충격강도가 낮아 취약하며, 열악한 가공성과 같은 치명적인 결점을 갖고있다. 따라서, 이들 세라믹을 각종산업용 기계의 부품으로 활용하기 위해서는 세라믹과 세라믹, 금속과 세라믹간의 접합에 의한 一體化, 또는 複合化 기술이 확립되어야 한다.

본 연구에서는 산화물계 세라믹인 알루미늄이나 세라믹을 대상으로 세라믹과 세라믹간 또는 세라믹과 금속과를 접합하는데 필요한 Insert재의 개발을 목표로, Ti, Zr 등의 활성금속을 포함한 합금을 試作하여 이들 합금에 대한 세라믹과의 젖음성, 접합계면에서의 반응생성물 및 접합부의 강도특성을 조사하여 Insert제로서의 적합성 여부를 검토하였다.

2. 실험 방법

2.1 시험 재료

접합에 이용된 세라믹은 국내생산의 99.8%의 고순도 알루미늄산화물로서 직경 13mm, 길이 10mm인 시험편을 이용하였다. 試作的 Insert제로서는 활성금속인 Ti계 합금으로서, 저융점 공경합금 조성의 20Ti-80Cu, 44Ti-56Cu, 25Cu-15Ni-60Ti, 75Ti-25Ni, 72Ag-27Cu-1Ti의 5 종류와 Zr계 합금으로서 52Cu-48Zr 합금을 Aro Welter 에 의해 試作하였다. 이들 각 합금의 용점을 Table.1 에 나타내었다.

2.2 실험 방법

(1) 젖음성(wettability)의 평가

試作的 합금 50mg씩을 球狀으로 하여 직경 13.4mm의 원판상의 세라믹 표면에 올려놓고 이것을 진공로(Carbon 발열체) 중에 넣어 3×10^{-5} Torr의 분위기에서 각각의 용융점 이상 3230K까지 상승시킨 후 5분간 유지한 후 냉각시켜 상온에서 퍼짐각을 관찰하여 평가하였다.

(2) 접합 실험

試作的 Insert합금을 500 μm 의 薄片으로 제작후 세라믹과 세라믹 사이에 삽입 후 0.4Mpa의 압력하에서 각 합금의 용점이상 323 OK까지 상승시킨 후 그 상태에서 10분간 유지하여 브레이징 방법으로 접합하였다.

(3) 접합부의 강도평가 및 조직관찰

각각의 Insert합금재를 이용하여 접합시험편을 제작한 후 자체 제작한 전단시험용 지그(Jig)에 고정된 상태로 만능재료시험기(Instron社 製)에 의해 접합부의 전단강도를 평가하였다. 또한, 접합면의 금속현미경적 고찰 및 SEM/EDX 관찰을 통해 접합면의 반응층과 원소확산 거동을 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Table 2는 본 연구에서 試作한 Insert 제 합금의 젖음성 실험결과이다. 이에 의하면 세라믹 표면상에서 가장 젖음성이 양호하게 나타난 것은 44Ti-56Cu 합금이며, 25Cu-15Ni-60Ti, 75Ti-25Ni, 20Ti-80Cu, 72Ag-27Cu-1Ti합금의 順으로 나타나 있다. 그러나, 52Cu-48Zr의 경우는 Insert합금과 세라믹표면사이에 접착이 이루어지지 못하고 분리되어 Insert합금으로써는 부적합함을 확인하였다. 또한, Fig.1은 각 Insert합금재료를 세라믹과 세라믹 사이에 삽입하여 접합한 시험편에 대한 전단강도를 시험한 결과이다. 이에 의하면, 44Ti-56Cu 합금의 전단강도는 168.0 Mpa로 가장 높으며, 75Ti-25Ni합금의 경우가 가장 낮다. 이러한 결과를 Table 2의 젖음성 실험결과와 비교해 보면, 44Ti-56Cu의 경우는 젖음성도 가장 양호하고 전단강도도 가장 높으나, 72Ag-27Cu-1Ti 합금의 경우는 젖음성은 양호하지 못하나 전단강도는 높은 결과를 보이고 있다. 따라서, 젖음성과 전단강도와의 관계는 반드시 一應의으로 비례하지 않음을 알수 있다.

Fig.2 와 Fig.3은 전단강도가 가장높은 44Ti-56Cu 합금을 이용한 세라믹 접합부와 전단강도가 가장 낮은 75Ti-25Ni 합금을 이용한 세라믹 접합부에 대해 각각 현미경 조직과 SEM/EDX 분석결과 및 각 부위의 micro-vickers 경도 시험 결과를 보인 것이다.

이에 의하면, 두합금의 경우 다같이 Insert 합금과 세라믹 접합계면 사이에 뚜렷한 반응층의 생성은 인정되지 않는다. 또한 Insert 합금층의 경도분포를 고찰하면 전단강도가 높은 44Ti-56Cu 합금의 경우는 경계층에서 Hv358, 합금층 중앙에서 335로 경도가 비교적 낮고, 경계층과 합금층 내부에서 경도분포가 균일한 양상을 보이고 있다. 이에 비해 전단강도가 낮은 75Ti-25Ni 합금의 경우는 경계층에서 Hv931, 합금층 내부에서 723으로 매우 높고 불균일한 결과를 보이고 있다. 이러한 결과로부터 Insert합금층의 경도가 너무 높으면 취약하게 되어 전단강도가 현저히 낮아짐을 알수 있다.

4. 결과

본 연구에서는 세라믹과 세라믹 또는 세라믹과 금속간의 접합에 필요한 Insert 합금의 개발을 목표로 Ti계와 Zr계의 합금을 試作하여 이들 합금에 대한 세라믹상의 젖음성, 세라믹간의 접합성 및 접합계면에서의 야금학적 거동변화에 대해 고찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Ti-Cu계 합금은 세라믹과 세라믹 접합용 Insert합금으로서 탁월한 특성을 지닌다.
2. Insert합금의 세라믹상에서의 젖음성과 세라믹 접합부의 전단강도는 一應的으로 비례하지는 않는다.
3. Insert합금층의 경도분포가 과도하게 높으면 접합부의 전단강도는 현저하게 낮아진다.

Table 2 각 Insert 재의 젖음성 평가 결과

Insert Metal	온도 (°C)	유지시간 (min)	젖음상태
80 Ti - 80 Cu	830	5	B
44 Ti - 56 Cu	1010	5	A
25 Cu - 15 Ni - 60Ti	830	5	B
72 Ag - 27 Cu - 1Ti	830	5	C
25 Ti - 75 Ni	1010	5	B

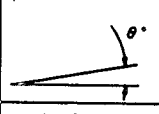
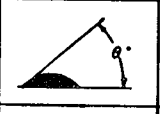
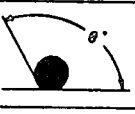
		
A (n.d.)	B ($\theta < 90^\circ$)	C ($\theta < 90^\circ$)

Table 1 각 Insert 재의 용점

Insert Metal	용점 (°C)
20 Ti - 80 Cu	880
44 Ti - 56 Cu	960
25 Cu - 15 Ni - 60Ti	880
72 Ag - 27 Cu - 1Ti	780
75 Ti - 25 Ni	960

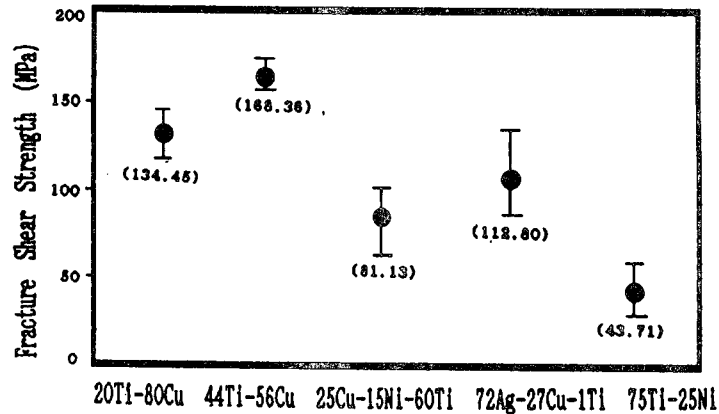


Fig.1 접합부의 전단강도 실험결과

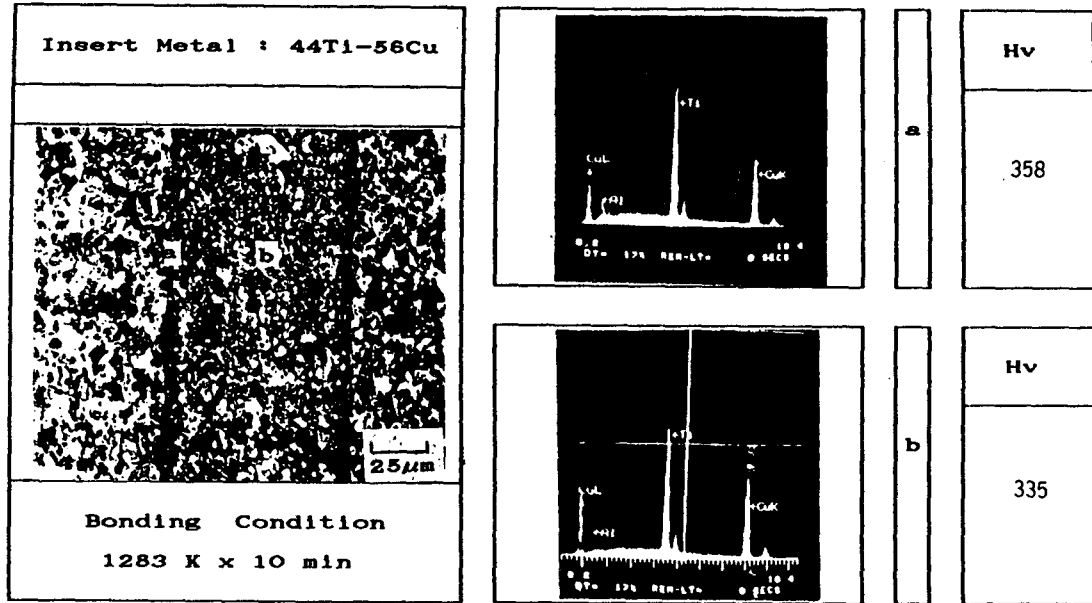


Fig.2 44Ti-56Cu의 현미경 조직과 SEM/EDX 분석결과

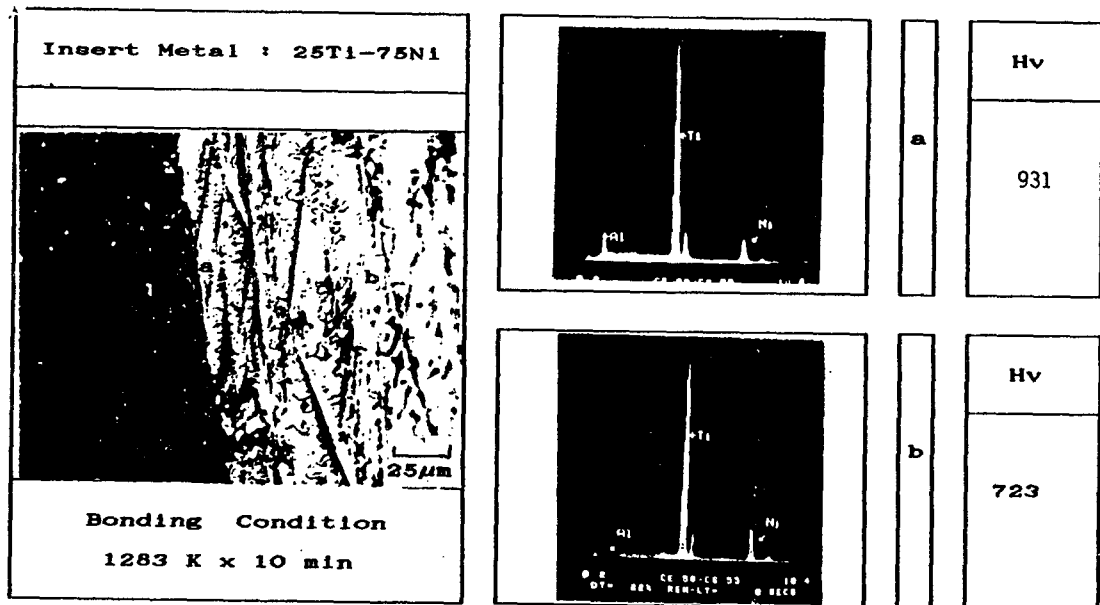


Fig.3 75Ti-25Cu의 현미경 조직과 SEM/EDX 분석결과