

산화물계 세라믹과 금속과의 Brazing 접합에 관한 연구  
A Study on the Brazing Bondings of Oxide Ceramics to Metal

한국해양대학 김 영 식  
한국해양대학원 최 영 국\*  
한국해양대학원 김 광 환

1. 서 론

오늘날 각종 기기류가 고효율화 및 다기능화 됨에 따라 사용기기부재에 대한 요구성능도 점차 가혹화 되기에 이르렀다. 이러한 요구성능을 충분히 만족시키는 기기부재의 개발을 위해서는 세라믹이 갖고 있는 내식성, 내열성 및 내마모성 등의 탁월한 특성을 살리는 동시에, 또한 이 재료의 결점인 성형성이나 취약성 등을 보완하기 위하여 금속과 세라믹간의 접합에 의한 일체화 또는 복합화 기술의 확립이 절실히 요구되고 있다. 본 연구실에서는 이미 활성 금속을 포함한 각종 Brazing 인서트 합금을 시험제작하여 산화물계 세라믹인 알루미늄산화물의 접합성 등을 조사함으로써 이들 합금의 Brazing 인서트 합금으로서의 적합성을 검토한 바 있다.

본 연구에서는 Ag-Cu계 인서트 금속을 이용한  $Al_2O_3$  세라믹과 SNCM 강재와의 Brazing 접합시, 이 합금의 성분중 접합기구에 가장 중요한 영향을 미치리라 생각되는 Ti 성분의 함량 변화에 따른 접합부의 강도 특성과 접합부에 생성되는 반응층의 성상을 조사하였다. 그리고 접합부의 강도 특성과 반응층의 성상과의 관계를 검토하였다.

2. 실험 방법

실험에 사용된 세라믹은 상압소결에 의해 국내에서 생산된 99.8%의 고순도  $Al_2O_3$  이며, 상대 접합금속은 내열강재인 SNCM21을 사용하였다. 이들 시험 재료의 형상은  $13\text{ mm}^2 \times 10\text{ mm}^2$  의 원주상으로 하였다.

Table 1은 실험에 사용된  $Al_2O_3$  세라믹과 SNCM21 내열강의 각종 특성을 나타낸 것이다. 접합에 사용된 인서트 합금은 Ag-Cu계로서 Ti 함량을 1% 와 3%로 변화시켜 불활성 Ar 가스 분위기중에서 Aro Melter에 의해 용융제작되었다. 또한 인서트합금의 형상은  $13\text{ mm}^2 \times 0.17\text{ mm}^2$  로 일정하게 하였으며, 접합부의 용력완화를 위한 중간층으로서 99.99 % 의 Cu층을 사용하였다.

접합실험은  $7 \times 10^{-5}$  Torr의 진공로 중에서 행하였으며, 간류 인서트층의 두께를 일정하게 하기위하여 0.15 mm $\phi$  의 SiC 와이어를 Spacer로 이용하였으며, 강도평가는 Instron 社 製 만능재료시험기를 이용하여 전단강도시험에 의해 평가하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 1XTI의 인서트 합금인 경우, 접합온도가 접합부의 전단강도에 미치는 영향을 조사한 결과를 나타낸 것이다. 이 결과에 의하면 인서트 합금의 용점보다 약 50℃ 정도 높은 820℃에서 최대값을 나타내고, 접합 온도가 상승함에 따라 전단강도는 완만하게 감소하고 있다. 그러나 940℃ 부근에서는 현저하게 전단강도가 감소하는 경향을 보이고 있다.

Fig.2는 3XTI의 인서트 합금의 경우를 나타낸 것으로 이 또한 합금의 용점보다 약 50℃ 정도 높은 곳에서 최대값을 나타내며, 접합온도가 상승함에 따라 전단강도는 점차 감소하고 있다.

Fig.1 과 Fig.2의 결과를 비교하면 1% Tl인 경우가 3% Tl인 경우에 비하여 같은 시험조건에서 전단강도가 약간 높게 나타나 있다.

Photo.1은 접합온도의 상승에 따른 세라믹과 금속의 접합계면에서 생성된 반응층의 성상을 나타내고 있다. 이 결과에 의하면 온도가 상승함에 따라 반응층의 두께가 증가하고 있음을 알 수 있다.

이상에서 접합온도가 과도하게 높게되면 접합계면에서의 반응층은 증가되고 또한 과도한 잔류응력이 발생하여 접합강도가 저하된다고 사료된다.

Fig.3은 1XTI의 인서트 합금에 대해서, 접합유지시간의 변화에 따른 전단강도의 변화를 나타내고 있다. 이 결과에 의하면 유지시간 약 10 분 정도에서 최대값을 나타내고 있으며, 시간이 더욱 증가하면 전단강도는 다소 완만하게 감소하고 있다.

Fig.4는 3XTI 인서트 합금의 접합유지시간 변화에 따른 전단강도의 변화를 나타내고 있다. 이 또한 유지시간 10-20 분 근처에서 전단강도가 최대로 되지만 약 30 분정도가 되면 급격하게 감소하고 있다.

Photo.2는 유지시간의 변화에 따른 접합부 반응층의 성상을 나타낸 것으로 어느것이나 30 분 정도에서는 과도한 반응층이 형성되어 있다.

따라서 접합시간이 과도하게 길어지면 접합계면에서 반응층 두께가 증가되고 이로 인해 접합 강도는 저하한다.

### 4. 결 론

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 세라믹과 SNCM21 내열강을 Brazing 접합시 Tl 함량을 1% 와 3%로 변화시킨 Ag-Cu계 인서트 합금을 이용하여 접합을 행하고 접합강도와 반응층 성상을 분석 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 접합온도에 있어서는 두 합금 모두 용점보다 약 50℃ 정도 높은 온도에서 전단강도는 최대로 되고, 온도가 더욱 상승함에 따라 전단강도는 점차 감소하고 있다.
2. 접합온도가 높아지거나, 접합유지시간이 과도하게 길어지면 반응층의 두께는 증가하고, 이러한 현상은 접합부의 강도를 저하시키는 요인으로 작용한다.
3. Ag-Cu 계 Brazing 인서트 합금으로 활성금속인 Tl의 함량이 1%인 경우가 3%인 경우에 비하여 계면에서의 반응층의 두께가 작아지고 접합강도가 높은 경향을 나타낸다.

Table 1. Various Properties of Test Materials

(a) Physical Properties of  $Al_2O_3$

Composition ( % )	$Al_2O_3$ 99.8 %
Bending strength (MPa)	372
Compressive strength (MPa)	245
Rockwell hardness (R45N)	82
Thermal expansion coefficient ( $10^{-6}/^{\circ}C$ )	8.0

(b) Chemical Composition and Mechanical Properties of SNM21

Chemical composition ( % )							Mechanical properties			
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Y.S. (Kg/mm <sup>2</sup> )	T.S. (Kg/mm <sup>2</sup> )	Elon ( % )	L.E. ( $\times 10^{-6}/^{\circ}C$ )
0.21	0.23	0.72	0.19	0.16	0.46	0.16	82	90	18	13.4

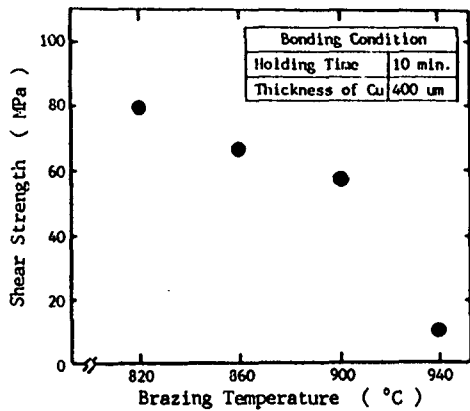


Fig.1 Dependence of Shear Strength of  $Al_2O_3$ /SNOM Joint on Brazing Temperature Using Ag - Cu - 1Ti Insert

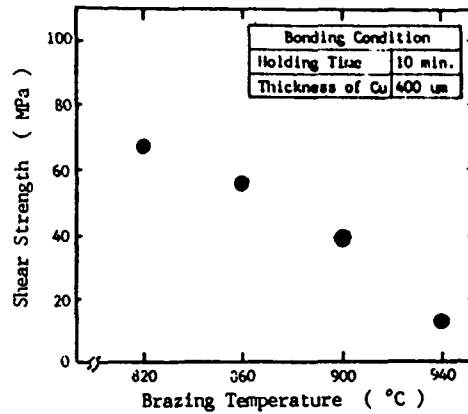


Fig.2 Dependence of Shear Strength of  $Al_2O_3$ /SNOM Joint on Brazing Temperature Using Ag - Cu - 3Ti Insert

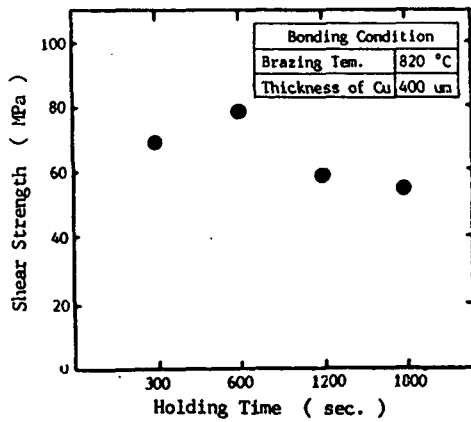


Fig.3 Dependence of Shear Strength of  $Al_2O_3$ /SNOM Joint on Holding Time Using Ag - Cu - 1Ti Insert

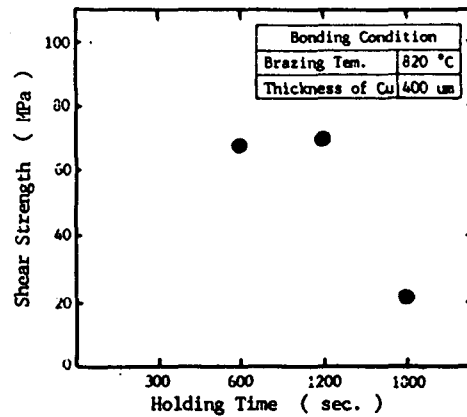


Fig.4 Dependence of Shear Strength of  $Al_2O_3$ /SNOM Joint on Holding Time Using Ag - Cu - 3Ti Insert



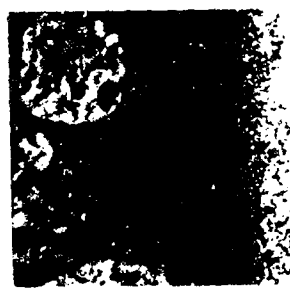
(a) 820 °C ( 1% Ti )



(b) 900 °C ( 1% Ti )



(c) 820 °C ( 3% Ti )



(d) 900 °C ( 3% Ti )

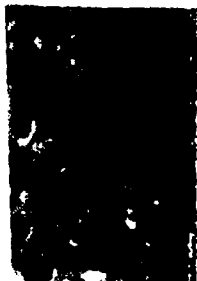
Photo.1 Microstructure of Reaction Layer with Increasing the Brazing Temperature  
( Holding Time ; 10 min. )



(a) 600 sec. ( 1% Ti )



(b) 1800 sec. ( 1% Ti )



(c) 600 sec ( 3% Ti )



(d) 1800 sec. ( 3% Ti )

Photo.2 Microstructure of Reaction Layer with Increasing the Holding Time  
( Brazing Temperature ; 820 °C )