

알루미나(Al_2O_3)세라믹과 알루미늄(A1050)과의 대기중 브레이징 접합 Brazed Bonding of Alumina Ceramic to Aluminum in the Air Atmosphere

김 영식 : 한국해양대학교 이공대학

김 윤해 : 한국해양대학교 이공대학

최 영국 : 종합폴스타

* 박 성현 : 한국해양대학교 대학원

1. 서언

Al과 세라믹간의 접합은 Al의 경량화, 내식성, 고열전도성등의 특성과 세라믹의 열차폐성, 베리스터(Varistor)특성, 써미스터특성등 특수기능성을 겸비케함으로써, 열교환기나 자동차부품등에 그 응용이 크게 기대되고 있다. 지금까지 세라믹/금속간의 접합연구는 활성 금속제 삼입금속을 이용한 진공 또는 분위기爐중의 브레이징 방법을 중심으로 많은 연구가 이루어져 왔으나,¹⁾⁻⁴⁾ Al과 Al_2O_3 세라믹의 접합에 대해서는 삼입금속이나 접합공정등에 관한 연구가 이루어지지 않아 이의 접합방법이 확립되어 있지 않는 현상에 있다. 본 연구에서는 세라믹表面을 동메탈라이징 처리를 실시하여 Al과의 대기중에서 직접 브레이징 하는 방법을 확립함을 목적으로 한다. 이를 위해서 브레이징 前공정인 동메탈라이징 공정, 메탈라이징 후의 Ni도금 공정 및 Al과의 브레이징 공정시의 여러가지 공정변수와 접합체의 강도특성과의 상관성을 밝혀 최적의 공정변수를 도출하였다.

2. 실험재료 및 실험방법

실험에 사용된 재료는 96% Al_2O_3 인 알루미나 세라믹과 공업용 순 알루미늄인 A1050 재를 이용하였다. 또한 브레이징 접합에 사용된 필러메탈은 Al-Si계 합금(BA4145)을 주 성분으로 한 Al 브레이징 페이스트를 사용하였다. Table 1과, Table 2는 이들 실험재와 브레이징 필러메탈의 화학성분을 각각 나타낸 것이다. 브레이징 前공정으로서 알루미나(Al_2O_3) 세라믹表面의 동메탈라이징 처리를 실시하였는데, 동메탈라이징 공정은 다음과 같다. 먼저 Al_2O_3 表面에 Cu_2O 와 카오린 분말을 8.5 : 1.5(Wt %)의 비율로 섞어 유기바인더에 의해 페이스트상으로 만들고 이것을 0.1mm 두께의 스크린 인쇄판(300 mesh) 위에 일정량을 올려 놓은 뒤 스크린 인쇄법으로 4회 인쇄를 실시하였다. 그 후 건조기로 충분히 건조시켜 대기분위기중의 전기로 안에서 1080℃, 10분간 가열한다.

그러면 세라믹 表面에 산화동(Cu_2O)층이 생기는데 이것을 알콜증기 중에서 약 5분간 처리하면 산화동층 表面이 환원되어 전기의 도체인 순동층이 세라믹表面에 형성된다. 이와 같이 형성된 순동층은 불안정하여 쉽게 산화되기 때문에 이 위에 다시 Ni도금을 실시하여 세라믹 表面에 Ni금속층을 형성시켰다. 이와 같이 처리된 세라믹과 Al사이에 Al-Si계 필러메탈을 삼입하여 전기로에서 여러가지 온도하에 브레이징처리를 실시하여 Al_2O_3/Al 접합체를 제작하였다. 이상과 같은 공정에 있어서 동메탈라이징 후의 Ni도금 조건, 브레이징 조건을 변화시켜가며 얻어진 Al_2O_3/Al 접합체에 대해 전단강도 시험을 실시하여 최적의 Ni도금 조건, 브레이징 조건을 구하였다. Fig. 1과 Fig. 2는 각각 접합 시험편의 형상, 치수, 접합체의 전단시험용 지그(Jig)의 형상을 보인 것이다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 브레이징 온도에 따른 접합부의 전단강도 특성

Fig. 3는 알루미늄 세라믹(Al_2O_3)과 알루미늄의 브레이징 접합시 접합온도에 따른 접합부의 강도변화를 나타낸 것이다. 여기서 세라믹 표면의 동두께는 $25\mu m$, Ni도금 두께는 $225\mu m$, 브레이징 시간은 10분으로 하였다. 이 결과에 의하면 브레이징 온도의 상승과 더불어 전단강도가 증가하고 있다($660^\circ C$ 부터는 모재가 녹아 변형함). 시험후 파단면을 관찰한 결과 $650^\circ C$ 보다 낮은 온도에서는 필러메탈이 잘 녹지않아서 파단부가 $銅$ 과 Ni도금층 또는 Ni도금층과 Al사이였다. 따라서 브레이징 필러메탈은 $650^\circ C$ 정도에서 젖음성이 가장 양호하다고 사료된다.

3.2 브레이징 시간에 따른 접합부의 전단강도 특성

Fig. 4는 Al_2O_3 세라믹과 알루미늄과의 브레이징 접합시 접합시간에 따른 접합부의 강도변화를 나타낸 것이다. 여기서 세라믹 표면의 동두께는 $25\mu m$, 브레이징 온도는 $650^\circ C$, Ni도금 두께는 $225\mu m$ 로 하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 10분 정도까지는 브레이징 시간에 따라 전단강도가 증가하나 20분에서는 낮은 강도값을 보이고 있다. 이것은 10분 정도까지는 브레이징 필러메탈이 녹아 들어가 완전한 접합을 이루지만 그 이후 부터는 과다한 열량으로 내부열응력이 증가되었기 때문에 강도값이 저하한 것으로 사료된다. 20분에서는 열에 의해 모재도 약간 변형한 것을 관찰을 통해 알 수 있었다.

3.3 Ni도금층 두께에 따른 접합부의 전단강도 특성

Fig. 5은 Al_2O_3 세라믹과 Al과의 브레이징 접합시 도금층 두께의 변화에 따른 접합부의 강도변화를 나타낸 것이다. 이 결과에 의하면 Ni도금층 두께의 증가와 더불어 접합강도가 증가하고 있다. 이것은 동메탈라이징된 부분에 Ni도금을 함으로써 브레이징시 발생하는 $銅$ 의 산화를 방지하여, $銅$ 과 Al간에 양호한 접합이 이루어졌다고 생각되고, Ni도금층이 두꺼울수록 응력완화층이 두꺼워져 접합시 발생하는 내부응력이 작아지기 때문이라 사료된다.

3.4 열사이클에 의한 접합부의 전단강도 특성

Fig. 6은 반복열사이클이 접합부의 강도저하에 미치는 영향을 정량적으로 파악하기 위하여 Al-Si계 필러메탈을 이용하여 접합한 시험편에 대해 열충격 특성을 시험한 결과를 나타내고 있다. 실험방법은 최적의 접합조건인 $650^\circ C$ 10분, Ni도금은 $225\mu m$ 로 하여 접합한 시험편을 각각 $200, 400^\circ C$ 로 가열하여 공냉시키는 열충격을 4회씩 5분간 가한 후 상온에서 전단시험을 행하거나 $200, 400^\circ C$ 로 가열한 후 수냉시키는 것에 의해 행하였다. 이 결과에 의하면 공냉의 열충격을 받은 브레이징 접합시험편의 전단강도는 20Mpa이하로 나타나 접합한 그대로(As-bonded)시험편의 강도 35Mpa에 비해 훨씬 낮게 나타나고 있으며 수냉의 경우에는 현저히 저하하고 있다.

4. 결론

1. Ni도금시 전류밀도를 높여 Pitting을 생기게 함으로써 양호한 접합이 이루어졌다.
2. 양호한 접합이 이루어지는 브레이징 온도와 시간 그리고 Ni도금층 두께는 각각 $650^\circ C$, 10분, $225\mu m$ 이었다.
3. Ni도금을 하지 않은 경우에는 $銅$ 의 산화로 인하여 접합이 이루어 지지 않았다.

4. Ni도금층 두께가 증가할 수록 본 실험의 범위내에서 접합강도는 증가한다.

5. 참고문헌

- (1) 김영식, 박훈중, 김정일, Al₂O₃세라믹과 Ni-Cr-Mo강과의 인서트 합금을 이용한 확산접합에 관한 연구, 대한용접학회, 10-3, pp. 63-72, 1992
- (2) 김영식, 김정일, Al-Si계 필러메탈을 이용한 A1050 알루미늄의 브레이징 접합조건에 관한 연구, 한국박용기관학회, 17-1, pp. 66-72, 1993
- (3) 菅沼 外 2人, セラミックスの固相擴散接合, セラミックス, Vol. 18, No. 2, pp. 112-113, 1983
- (4) 山田, 金屬とセラミックスの接合, 金屬, Vol. 57, No. 11, pp. 13-14, 1987

Table 1. Properties of Al₂O₃ ceramic

	비중 (g/cm ³)	굽힘강도 (Kg/cm ²)	압축강도 (Kg/cm ²)	경도 (R45M, Rockwell)	열팽창 계수 (10 ⁻⁶ /°C)	최고 사용 온도 (°C)	
	96.0%	3.60	3,200	20,000	80	7.8	1,600

Chemical composition and mechanical properties of Al(A1050)

Chemical composition(wt%)							
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Al
0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	Bal
Mechanical properties			T.S (Mpa)		El. (%)		LE (×10 ⁻⁶ /°C)
			100		28		23.5

Table 2. Chemical composition of brazing filler metal

Chemical composition(wt%)							
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Al
9.3-10.7	0.8	3.3-4.7	0.15	0.15	0.20	0.15	Bal
Liquidus temperature (°C)		Solidus temperature (°C)			Brazing temperature (°C)		
585		521			570-605		

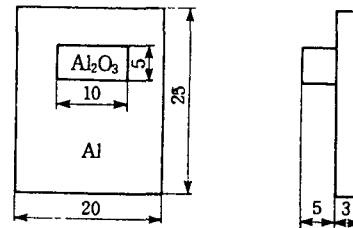


Fig. 1 Specimen configuration of brazed joint

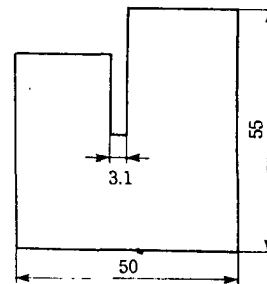


Fig. 2 Shear test jig

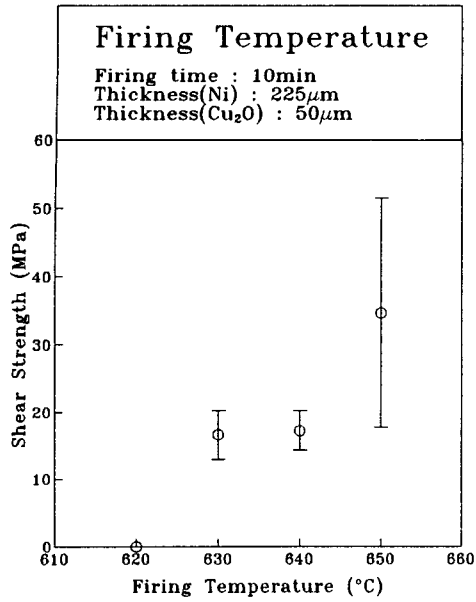


Fig. 3 Variation of joint shear strength with brazing temperature(Al_2O_3/Al joint)

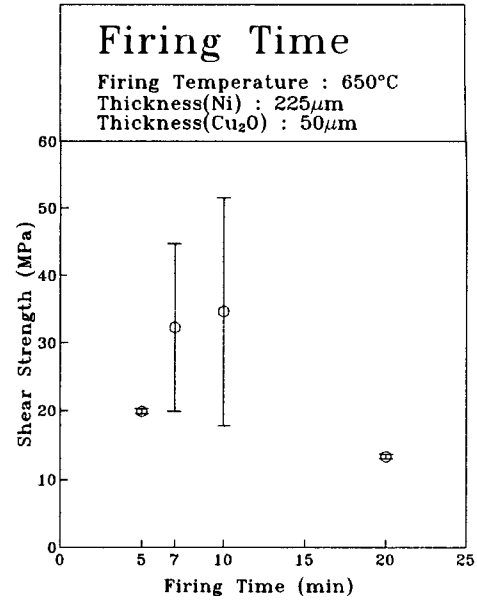


Fig. 4 Variation of joint shear strength with brazing time(Al_2O_3/Al joint)

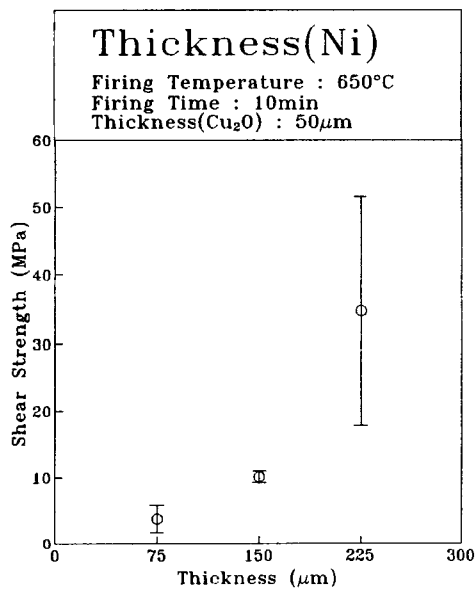


Fig. 5 Variation of joint shear strength with Ni thickness plated(Al_2O_3/Al joint)

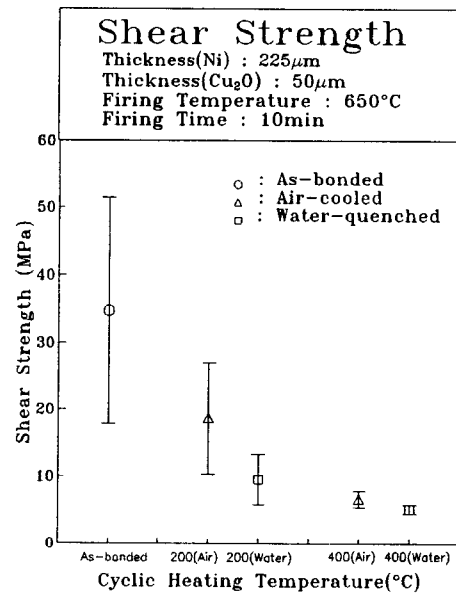


Fig. 6 Variation of joint shear strength with cooling condition(Al_2O_3/Al joint)