

## 알루미나( $Al_2O_3$ ) 세라믹과 알루미늄(A1050)과의 대기중 브레이징 接合에 關한 研究

崔榮國\* · 朴星顯\*\* · 金允海\*\*\* · 金永植\*\*\*

A Study on the Brazed Bonding of Alumina Ceramic to Aluminum  
in the Air Atmosphere

Y. G. Choi · S. H. Park · Y. H. Kim · Y. S. Kim

**Key words** : Copper metallizing(동메탈라이징), Nickel plating(니켈도금), Kaolin(카오린),  
Brazing(브레이징), Firing(소성), Deoxidation(환원), Screen printing method(스  
크린 인쇄법), Shear strength(전단강도), Thermal shock(열충격)

### Abstract

In recent years, many ceramic researchers have discovered various methods of joining ceramic to metal. However, most of these joining methods are performed under vacuum and pressured circumstances. So, when we join ceramic to metal, the proceedings are very complicated and require a very high cost.

The purpose of this study is to develop a new joining method of an alumina ceramic to an aluminum metal in air atmosphere. The joining condition, such as copper metallizing, nickel plating, brazing, etc. was investigated through the shear strength test of the trial joint. The results obtained from the above experiments are summarized as follows :

1) In the case of the  $Al_2O_3/Al_2O_3$  joint, the shear strength of the joint was affected by the various factor such as kaolin content, copper metallizing thickness, firing temperature, firing time.

2) The better shear strength of the  $Al_2O_3/Al$  joint was obtained when Ni plating was conducted under higher current density than existing plating condition.

3) The shear strength of the  $Al_2O_3/Al$  joint increases with the Ni plating thickness is confined to the range of this paper.

\* 정희원, (주)종합 폴스타

\*\* 정희원, (주)대우자동차

\*\*\* 정희원, 한국해양대학교 재료공학과

4) The shear strength of the thermal - shocked specimen ( $Al_2O_3/Al$  joint) was far more deteriorated than that of the as - bonded specimen.

## 1. 서 론

각종기계의 효율향상과 내구성 및 신뢰성 향상을 도모하고, 생산원가를 절감하기 위하여 기계구조용 재료는 날로 가혹한 환경하에서 견딜수 있도록 요구되고 있다. 따라서 우수한 고온강도, 내마모성, 단열성, 내식성, 절연성 또는 도전성을 지닌 신소재로서 세라믹에 대한 기대가 증대하고 있다.

그러나 세라믹은 충격강도가 낮아 취약하며, 열악한 가공성과 같은 결점을 갖고 있다. 따라서 세라믹을 각종 열기관 부품, 일반 산업용 기기의 부품 및 전기, 전자용 부품으로 활용하기 위해서는 충격강도가 높고 인성이 풍부한 각종 금속재료와의 용접에 의한 일체화 또는 복합화 기술이 선행되어야 한다<sup>1)~5)</sup>. 이러한 관점에서 세라믹과 금속과의 접합연구는 다방면으로 전개되고 있다. 다음은 그 대표적인 예이다.

### 1. 1 진공 브레이징(활성금속법)

이 브레이징법은 접합하려고 하는 재료의 사이에, 고온에서 연화, 용융 또는 반응하는 활성금속기 브레이징 인서트재를 놓고, 적절한 분위기(진공) 중에서 가열하고, 경우에 따라서는 가압하여 접합하는 방법이다. 또한 세라믹 표면에 금속층을 형성시킨 후 금속재료와 브레이징하는 것도 포함된다. 이들의 방법에 의한 접합체는 상당히 가혹한 환경하에서 견디는 것이 많고, 세라믹의 접합, 접착법으로서 우수한 방법의 하나로 현재 세라믹/금속 접합법 연구의 주축을 이루고 있다<sup>6)~9)</sup>. 그리고 새로운 접합공정, 인서트재의 개발 및 접합부 강도를 향상시키기 위한 효율적인 열응력 제어법과 메탈라이징 재에 대한 다수의 연구가 이루어지고 있다<sup>10)~14)</sup>. 그러나 이 방법은 진공로 중이나 분위기로 중에서 브레이징을 실시하여야 하기 때문에 공정이 복잡하다는 문제점을 가지고 있다.

### 1. 2 고상접합법

이 방법은 접합하려고 하는 재료를 직접 맞붙여 접합하는 경우와 중간에 적당한 개재층(동재질의 분말인 경우도 있다)을 놓는 경우가 있다. 이러한 고상접합법은 내열성이 뛰어나고 또한 접합강도가 큰 접합부를 얻을수 있다. 그러나 이를 위해서는 재료의 용점 가까이 까지 가열할 필요가 있고, 압력을 가할 필요가 있기 때문에 현재로서는 많은 문제점이 있다<sup>15)~16)</sup>.

이상과 같이 위와 같은 방법들은 진공로 중이나 분위기로 중에서 브레이징을 실시하거나 가압할 필요가 있다.

따라서 기존의 진공로나 분위기로를 사용하지 않고 대기중에서 세라믹/금속 접합체를 얻을수 있는 새로운 접합방법이 확립되면, 매우 간편한 공정에 의해 이들 접합이 이루어져 대량생산의 경우 생산원가의 절감은 물론 이 분야의 응용분야도 매우 다양하게 전개되리라 기대되어 진다.

그러므로 본 연구에서는 기존의 진공로나 분위기로를 이용하지 않고 대기중에서 세라믹/금속 접합체를 얻을 수 있는 새로운 접합방법을 확립하고자 한다.

## 2. 실험방법

### 2. 1 실험재료 방법

알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ )/알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ ) 접합의 경우 실험에 사용된 재료는 상압소

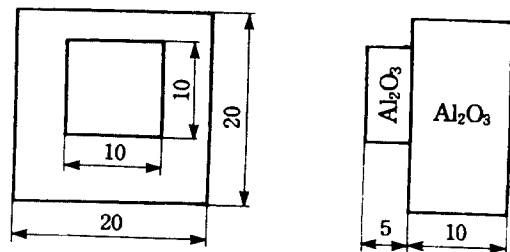


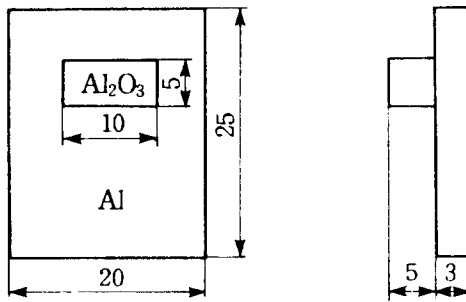
Fig. 1 Specimen configuration of bonding joint

**Table 1. Properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic**

	비 중 (g/cm <sup>3</sup> )	굽힘강도 (MPa)	압축강도 (MPa)	경 도 (R45M, Rockwell)	열팽창계수 (10 <sup>-6</sup> /°C)	최고 사용 온도(°C)
96.0%	3.60	320	2,000	80	7.8	1,600

**Table 2. 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. (%)		L.E (×10 <sup>-2</sup> /°C)			
100		28		23.5			



**Fig. 2 Specimen configuration of brazed joint**

결의 순도 96% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 세라믹((주) 창원사제)이다.

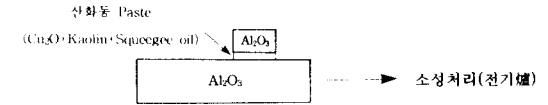
Table 1은 실험에 사용된 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 세라믹의 각종 물성치를 나타낸 것이다.

Fig. 1은 알루미늄 세라믹/알루미늄 세라믹 접합 시험편의 형상 및 치수를 나타낸 것이다. 접합면의 처리는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 세라믹 양쪽다 금강석 연마액(diamond paste)으로 연마한 후 초음파 세척기에서 아세톤으로 세척하였다.

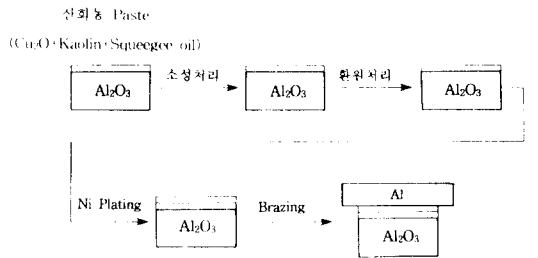
알루미늄 세라믹(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/알루미늄(A 1050) 접합의 경우 실험에 사용된 재료는 상압소결의 순도 96% 알루미늄 세라믹((주)창원사제)과 순도 99.5%인 A 1050 인 알루미늄이다.

Table 2는 A 1050 알루미늄의 화학조성과 기계적 성질을 나타낸 것이다. 세라믹 재료의 물성치는 Table 1과 같다.

Fig. 2는 시험편의 형상 및 치수 그리고 접합 형태를 나타낸 것이다. 접합에 사용한 알루미늄 세라믹



**Fig. 3 Copper metallizing process of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> joint**



**Fig. 4 Copper metallizing process of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/A1050 joint**

**Table 3. Chemical composition of brazing filler metal**

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

(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)은 10mm×5mm×5mm 의 것으로 하였고 알루미늄은 20mm×25mm×3mm 의 것으로 하였다. 시험편 표면의 유지성분 및 오염을 제거하기 위한 전처리로서 세라믹의 경우 금강석 연마액(diamond paste)으로 연마하였고 알루미늄은 에머리 페이퍼로 #1200까지 연마한 후 각각 초음파 세척기에서 아세톤으로 세척하였다.

Fig. 3은 알루미늄 세라믹(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/알루미늄 세라믹(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 접합의 경우 시험편의 접합공정을 나타낸 것이다.

Fig. 4는 알루미늄 세라믹(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/알루미늄(A 1050) 접합의 경우 시험편의 접합공정을 나타낸 것이다.

니켈도금(Ni Plating)은 Table 3에서 나타낸 것

**Table 4. Electro plating condition of Ni on Cu**

Plating bath	Anode	Current density (A/dm <sup>2</sup> )	Time (min)	Thickness (mm)
NiSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O (240g/l)	Ni	12	60	70
NiCl · 6H <sub>2</sub> O (45g/l)			120	150
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (30g/l)			180	225

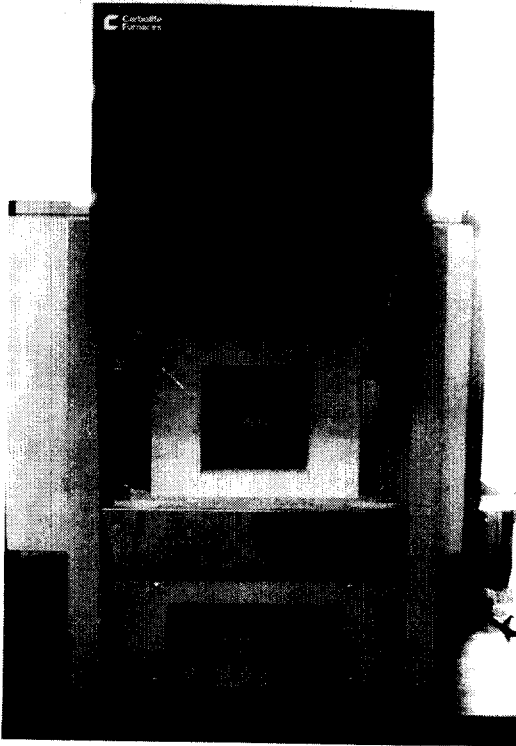
2.2 接合체 전단강도 시험방법 및 시험장치

세라믹 접합부의 전단시험법은 현시점에서는 아직 통일되어 있지 않고, 규격화를 위하여 관계자의 노력이 개시되고 있는 현상이다<sup>17)</sup>.

따라서 본 연구에서는 시험편에 적합한 전단시험용 지그(Jig)를 자체 설계 · 제작하였고, 이것을 이용하여 본 연구실에서 로드셀(Load cell)을 이용하여 제작한 전단시험기로 전단강도 테스트를 하였다.

Fig. 5는 알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ ) 끼리 접합의 경우 전단시험용 지그의 치수와 外形을 나타낸 그림이고 Fig. 6는 알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ )/알루미늄(A 1050) 접합의 경우 전단시험용 지그의 外形과 치수를 나타낸 그림이다. 두 경우 다 Photo. 2와 같은 전단시험기에 의해 전단강도 시험을 하였다.

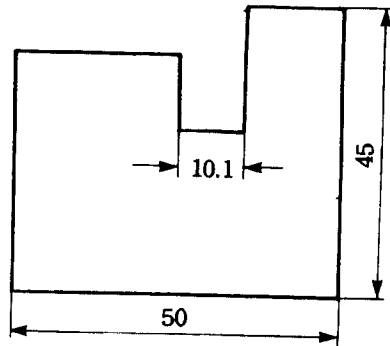
전단시험의 방법은 다음과 같다. 중간의 위치에 있는 레버를 오른쪽으로 일정한 속도로 돌리면 위



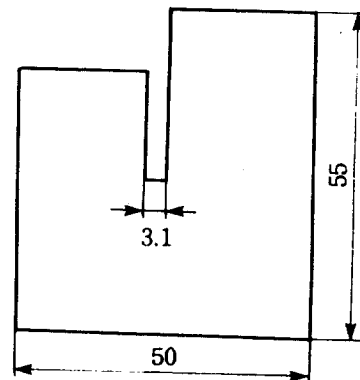
**Photo. 1 Firing equipment**

과 같은 조건으로 실시하여 세라믹 표면에 니켈 도금층을 형성시켰다.

Table 4는 브레이징 접합시 브레이징 필러메탈의 화학조성을 나타낸 것이다. 이상과 같은 공정에 있어서 동메탈라이징 후의 니켈 도금 조건, 브레이징 접합조건을 변화시켜가며 얻어진 세라믹/알루미늄 접합체에 대해 전단강도 시험을 실시하여 최적의 니켈 도금조건, 브레이징 접합조건을 구하였다. Photo. 1은 브레이징 爐의 外觀을 나타낸 것이다.



**Fig. 5 Shear test jig( $Al_2O_3/Al_2O_3$ )**



**Fig. 6 Shear test jig( $Al_2O_3/A1050$ )**

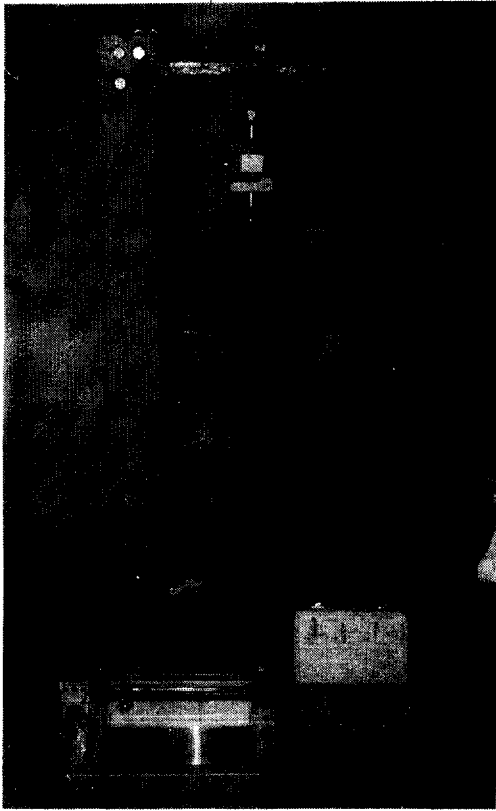


Photo. 2 Shear strength test apparatus

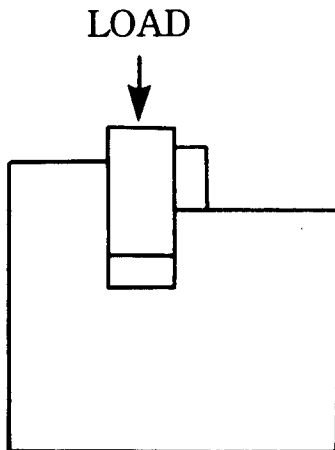


Fig. 7 Schematic diagram of shear test fixture ( $Al_2O_3/Al_2O_3$ )

쪽 부분에 보이는 로드셀과 지그가 일정한 속도로 올라가 결국 지그위의 시험편과 전단시험기의 윗면과 만나게 된다. 이때 시험편에 걸린 하중은 로

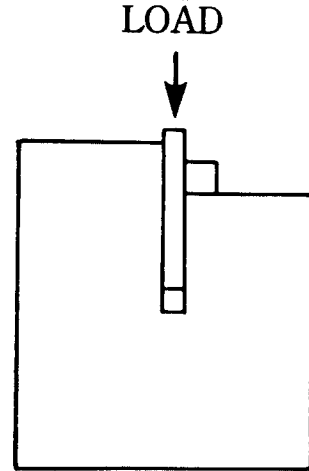


Fig. 8 Schematic diagram of shear test fixture ( $Al_2O_3/Al1050$ )

드셀에 전달되고 그값은 스트레인 미터(Strain meter)에 나타나게 된다. 이것을 다시 X-Y Plotter에 의해 출력시킴으로서 전단강도 시험을 행하였다. 이때 하중속도는 약 15kg/sec로 상온에서 행하였고 전단강도는 파단시까지 작용한 하중을 접합단면적으로 나누어 구하였다.

Fig. 7은 세라믹/세라믹 접합체의 경우 하중이 시험편에 걸리는 상황을 모식적으로 나타낸 그림이고, Fig. 8은 세라믹/알루미늄 접합체의 경우 하중이 시험편에 걸리는 상황을 모식적으로 나타낸 그림이다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3. 1 알루미늄 세라믹( $Al_2O_3$ ) /알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ ) 접합시 접합조건이 접합강도에 미치는 영향

Fig. 9는 알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ )끼리 접합시 산화동 페이스트( $Cu_2O$ +카오린의 혼합재)中 카오린 함량을 달리하였을 때의 접합부 전단강도의 변화를 나타낸 것이다. 이때 시험편 제작 조건은 산화동 페이스트의 두께를 약 50 $\mu m$ 로 하였고 소성온도는 1100 $^{\circ}C$ , 소성시간은 20분으로 하였다.

이 결과에 의하면  $Cu_2O$ 와 카오린 혼합재中 카오린 함량(Wt%)이 증가함에 따라 전단강도 값은

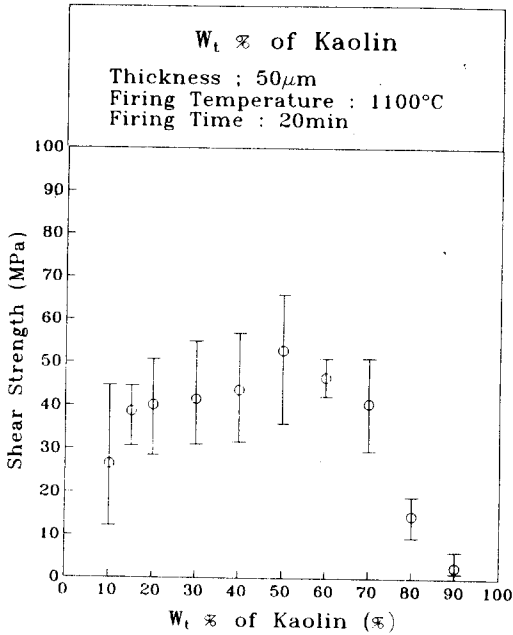


Fig. 9 Variation of joint shear strength with increasing the kaolin amount( $Al_2O_3/Al_2O_3$ )

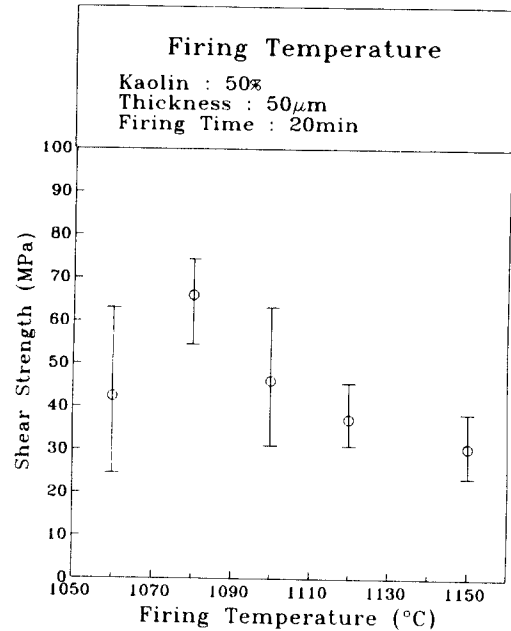


Fig. 11 Variation of joint shear strength with firing temperature( $Al_2O_3/Al_2O_3$ )

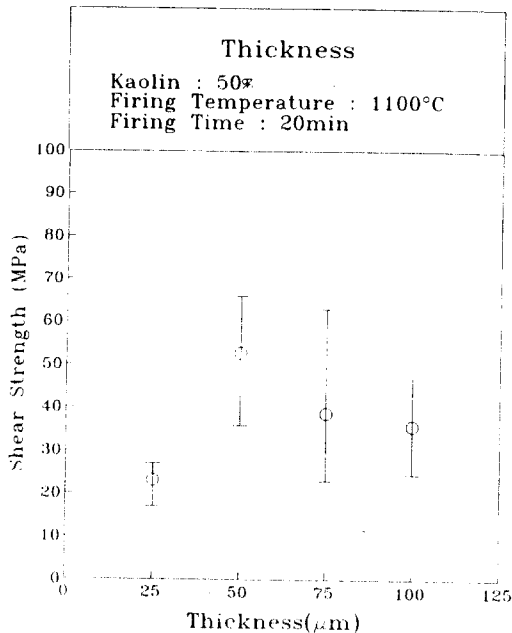


Fig. 10 Variation of joint shear strength with copper thickness( $Al_2O_3/Al_2O_3$ )

50%에서 최대 전단강도 값을 보이고 있으며, 그 이상에서는 감소함을 알 수 있다. 이것은 적량의 카오린을 함유하는 것에 의해 동메탈라이징의 젓

음성을 좋게 하기 때문이라 생각된다. 그러나 카오린의 양이 어느정도 이상 존재하면 동 메탈라이징 층내에 유리질상의 부분이 많아지기 때문에 전단강도가 저하했다고 사료된다.

Fig. 10은 알루미나 세라믹끼리 접합시 동메탈라이징 두께의 변화에 따른 접합부의 전단강도 변화를 나타낸 것이다. 이때 시험편의 제작조건은, 카오린함량(Wt%)의 경우, 앞의 실험에서 구한 전단강도의 최대조건인 50%로 하였고, 소성온도와 소성시간은 각각 1100°C, 20분으로 하였다.

이 결과에 의하면 동메탈라이징층의 두께가 50µm일때 전단강도가 가장 높고, 그 이하에서는 급격히 저하하는 것을 알 수 있다. 이것은 시험편의 파단면을 조사해 본 결과 두께가 50µm이하일 때는 동메탈라이징층이 충분하지 않아 접합면의 일부만이 접합되어 있었기 때문임을 알 수 있었다. 그리고 50µm이상에서 전단강도 값이 감소하는 이유는 두께가 증가할수록 소성구속의 효과가 감소하기 때문이라 사료된다.

Fig. 11은 알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ )끼리 동메탈라이징을 이용한 접합시 소성온도에 따른 접합부의 강도변화를 나타낸 것이다. 여기서 시험편의 제

작조건은 앞의 실험에서 구한 전단강도의 최대조건인 카오린 함량 50%, 동메탈라이징 층 두께 50  $\mu\text{m}$ 로 하였고, 소성시간은 20분으로 하였다.

이 결과에 의하면 1080  $^{\circ}\text{C}$ 에서 최대의 전단강도 값을 나타냄을 알 수 있다. 1060  $^{\circ}\text{C}$ 에서 낮은 전단강도 값을 보이는 것은 시험편의 파단면을 조사해 본 결과 산화동층이 충분히 녹지 않아 접합면에서 완전한 접합이 이루어 지지 않았기 때문임을 알 수 있었다.

Fig. 12는 알루미늄 세라믹( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )끼리 동메탈라이징을 이용한 접합시 소성시간에 따른 접합부의 전단강도 변화에 대하여 나타낸 그림이다. 시험편의 제작조건은 앞의 실험에서 구한 전단강도의 최대조건인 카오린함량 50%, 동메탈라이징 층 두께 50  $\mu\text{m}$ , 소성온도는 1080  $^{\circ}\text{C}$ 로 하였다.

그림으로 부터 알 수 있듯이 소성시간이 20분에서 최대의 전단강도 값을 보이는 것을 알 수 있고, 그 이후 부터는 대체로 일정한 값을 나타내고 있다. 이결과로 부터 알루미늄 세라믹( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )끼리 동메탈라이징 접합시 양호한 전단강도 값을 갖게 하기 위하여는 최소한 20분 이상의 시간이 소요됨을 알 수 있다.

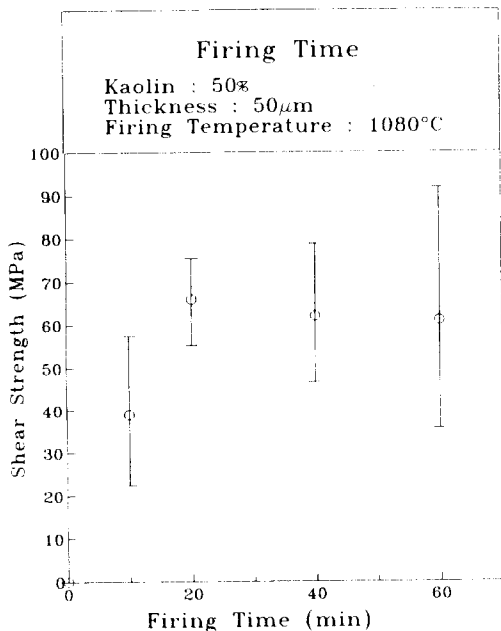


Fig. 12 Variation of joint shear strength with firing time( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ )

### 3.2 알루미늄 세라믹( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )/알루미늄(A1050) 접합시 접합조건이 접합강도에 미치는 영향

Photo. 3은 동표면에 Ni 도금을 할 때 전류밀도의 차이에 따른 Ni 도금면의 외관이다. 그림에서 (A)는 전류밀도를 6A/dm<sup>2</sup>(일반적인 도금의 전류밀도)로 한 225  $\mu\text{m}$  니켈도금면을 나타낸 것이고 그림(B)는 전류밀도를 12A/dm<sup>2</sup>(일반적인 도금과 비교하여 과전류)로 하였을 때 니켈 도금면에 Pitting이 생겨 다공성의 니켈도금층이 형성되는 것을 나타내고 있다. 이때 (A)와 같은 조건으로 도금 후 접합을 하면 가열도중에 Ni과 세라믹과의 계면에서 열팽창계수의 차로 인한 열응력의 발생에 의해 Ni 도금층이 박리하는 현상을 나타내어 접합이 이루어 지지 않았고, (B)와 같이 과전류밀도로 도금한 시험편은 세라믹과 Al 접합부에서 40Mpa 정



(A) Current density(6A/dm<sup>2</sup>)



(B) Current density(12A/dm<sup>2</sup>)

Photo. 3 Shape of Ni plating surface

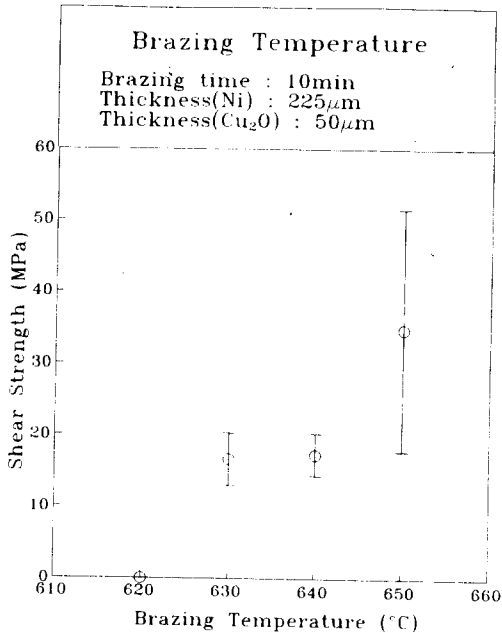


Fig. 13 Variation of joint shear strength with brazing temperature( $Al_2O_3/Al$  joint)

도의 접합강도를 나타내었는데, 이것은 세라믹과 Ni의 열응력을 다공질의 니켈도금층 부분에서 완화시켜 주기 때문이라 사료된다. 이하 모든 Ni 도금은 (B)의 방법으로 하였다.

Fig. 13는 알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ )과 알루미늄의 브레이징 접합시 접합온도에 따른 접합부의 강도변화를 나타낸 것이다. 여기서 세라믹 표면의銅 두께는  $50\mu m$ , Ni 도금 두께는  $225\mu m$ , 브레이징 시간은 10분으로 하였다.

이 결과에 의하면 브레이징 온도의 상승과 더불어 전단강도가 증가하고 있다( $660^\circ C$  이후 부터는 모재가 녹아 변형함). 시험후 파단면을 조사해 본 결과  $650^\circ C$  보다 낮은 온도에서는 필러메탈이 잘 녹지 않아서 파단부가 대부분 접합부인 Ni 도금층과 Al 사이였다. 따라서 브레이징 필러메탈은  $650^\circ C$  부근에서 젖음성이 가장 양호하게 되는 것으로 사료된다.

Fig. 14는 알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ )과 알루미늄과의 브레이징 접합시 접합시간에 따른 접합부의 강도변화를 나타낸 것이다. 이때 시험편의 제작조건은 앞의 실험에서 구한 전단강도 최대조건인銅 두께를  $50\mu m$ , 브레이징 온도를  $650^\circ C$ 로 하였고,

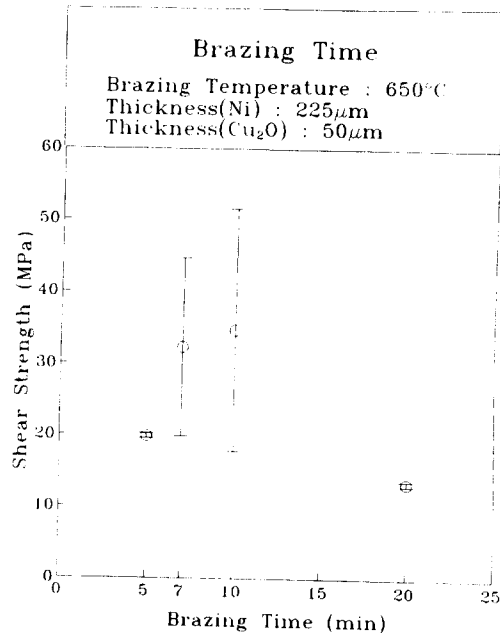


Fig. 14 Variation of joint shear strength with brazing time( $Al_2O_3$ /joint)

Ni 도금 두께는  $225\mu m$ 로 하였다.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 접합시간이 10분 정도까지는 전단강도가 증가하나 20분에서는 낮은 강도값을 보이고 있다. 이것은 10분 정도까지는 접합계면 근방에서만 브레이징 필러메탈이 녹아 들어가 완전한 접합을 이루지만 그 이상에서는 접합계면 근방에서 필러메탈속의 Si 성분이 모재속으로 확산되어 계면근방의 모재조직의 변화에 따른 내부응력의 증가로 인하여 접합강도의 저하가 일어나는 것으로 사료된다.

Fig. 15은 알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ )과 알루미늄과의 브레이징 접합시 Ni 도금층 두께의 변화에 따른 접합부의 전단강도 변화를 나타낸 것이다. 이때 시험편 제작조건은 앞의 실험에서 구한 전단강도 최대조건인銅 두께는  $50\mu m$ , 브레이징 온도는  $650^\circ C$ , 브레이징 시간은 10분으로 하였다.

이 결과에 의하면 Ni 도금층 두께의 증가와 더불어 접합강도가 증가하고 있다. 이것은 Ni 도금층이 두꺼울수록 응력완화층이 두꺼워져 브레이징 접합시 발생하는 내부응력이 작아지기 때문이라 사료된다.



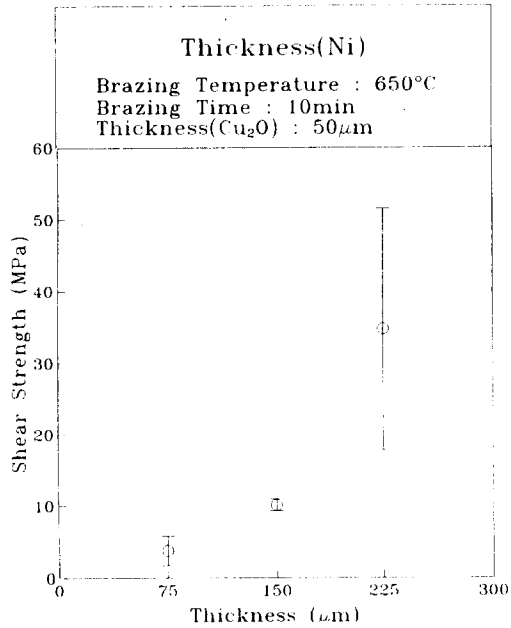


Fig. 15 Variation of joint shear strength with Ni plating thickness( $Al_2O_3/Al$  joint)

### 3.3 접합부의 미세조직 분석

Photo. 4는 알루미늄 세라믹( $Al_2O_3$ )끼리 접합의 경우 산화동( $Cu_2O$ )과 카오린의 혼합비율을 달리 하였을 때의 접합계면층을 광학현미경( $\times 1000$ )으로 관찰한 결과이다. 이때 산화동과 카오린의 혼합비율은 카오린 함량(Wt%)을 10%, 30%, 50%, 70%로 하였고, 각각의 혼합물은 유기바인더(Squeege oil)에 의해 페이스트(Paste)상으로 만들어져 세라믹 표면에 두께 약  $50\mu m$ 로 스크린 인쇄 후  $1100^\circ C$ , 20분의 소성처리로 시험편을 제작하였다.

이들의 결과에 의하면, 산화동과 카오린을 혼합시킨 동메탈라이징층(Cu Metallizing layer)과 알루미늄 세라믹( $Al_2O_3$ ) 사이의 계면에서는 반응층에 의한 완전한 결합이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 카오린 함량이 10%인 경우에는 조대한  $Cu_2O$  입자 주위에 용융된  $SiO_2$  것이 관찰되고 있으나 30%, 50%, 70%인 경우에는  $Cu_2O$ 의 경계가

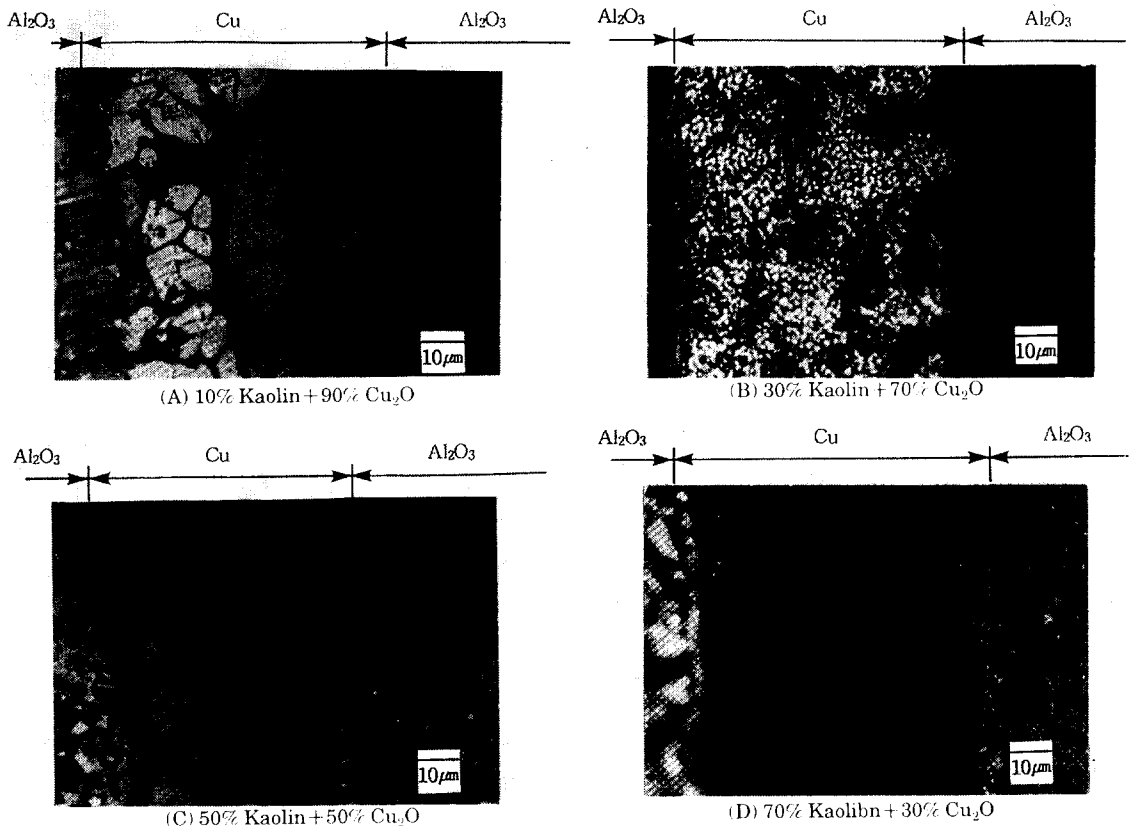


Photo. 4 Microstructure of  $Al_2O_3/Cu_2O/Al_2O_3$  interface with increasing the kaolin amount( $\times 1000$ )

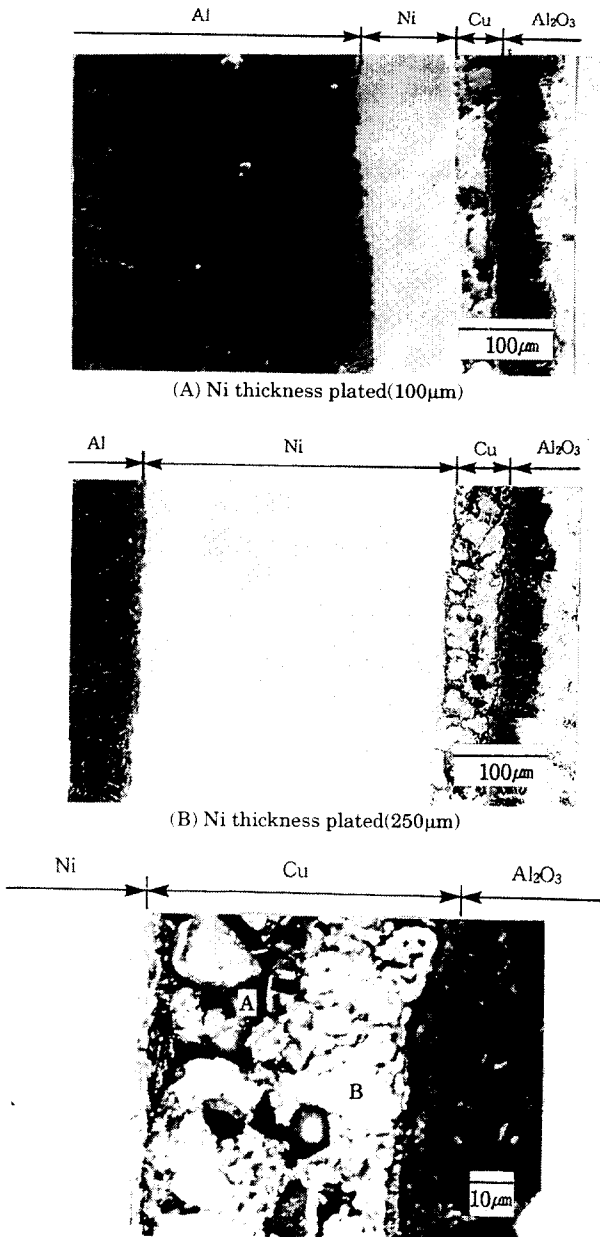
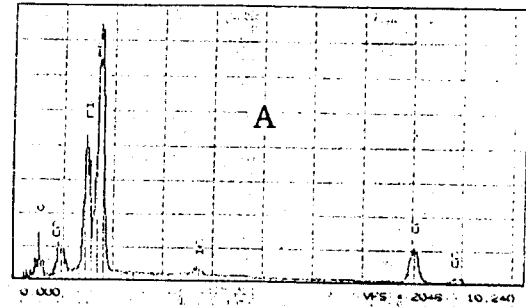


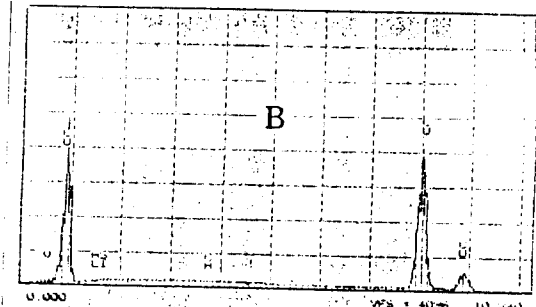
Photo. 5 Microstructure, SEM analysis of Al/Ni/Cu/ $Al_2O_3$  joint with increasing the Ni thickness plated(x200)

확실하지 않고 용해가 충분히 이루어 지고 있음을 알 수 있다.

Photo. 5는 세라믹/알루미늄 접합의 경우 니켈 도금층 두께를 달리한 시험편의 접합계면층을 전자현미경( $\times 100$ )으로 관찰한 조직사진이다. 이때



(A)



(B)

Photo. 6 Microstructure, SEM/EPMA analysis of Ni/Cu/ $Al_2O_3$  joint(x1000)

시험편 제작조건은 앞의 알루미나/알루미늄 접합 실험에서 구한 전단강도 최대조건인  $Cu$  두께를  $50\mu m$ , 브레이징 온도를  $650^\circ C$ , 브레이징 시간을 10분으로 하였다. (A)는 니켈 도금층 두께가  $100\mu m$ 이고 (B)는  $250\mu m$ 이다.

Photo. 6는 알루미나 세라믹( $Al_2O_3$ )과 알루미늄과의 접합시험편의 전단강도 시험시 거의  $Cu$  메탈라이징 층에서 파단이 일어났기 때문에 그부분을 확대한 전자현미경 조직사진과 EPMA 점분석의 결과이다. 이때 시험편의 제작조건은 앞의 알루미나/알루미늄 접합실험에서 구한 전단강도 최대조건인  $Cu$  층 두께는  $50\mu m$ , 브레이징 온도를  $650^\circ C$ , 브레이징 시간을 10분, 니켈도금 두께는  $225\mu m$ 로 하였다.

이 결과에 의하면 A부분은 카오린임을 알 수 있고, B부분은 순수  $Cu$ 부분임을 알 수 있다. 이와 같이 카오린과 동층이 분리가 되어 접합강도 시험시 대부분 취약한  $Cu$  메탈라이징 부분에서 파단이 일어난 것이라 사료된다.

### 3.4 접합부의 열충격 특성

세라믹이 갖는 우수한 특성중 특히 내열성을 유효하게 활용하기 위해서는 접합체의 열충격 특성의 검토가 매우 중요한 의미를 갖는다. Fig. 16은 알루미늄/알루미나 접합의 경우 반복열사이클이 접합부의 강도저하에 미치는 영향을 정량적으로 파악하기 위하여 Al-Si계 필러메탈을 이용하여 접합한 시험편에 대해 열충격 특성을 시험한 결과를 나타내고 있다.

실험방법은 앞의 실험에서 구한 최적의 접합조건인 브레이징 온도 650℃, 브레이징 시간 10분, Ni 도금 두께는 225μm로 하여 접합한 시험편을 각각 200, 400℃로 가열하여 공냉시키는 열충격을 4회씩 5분간 가한 후 상온에서 전단시험을 행하거나 200, 400℃로 가열한 후 수냉시키는 것에 의해 행하였다.

이 결과에 의하면 공냉의 열충격을 받은 브레이징 접합시험편의 전단강도는 20Mpa 이하로 나타

나 접합한 그대로(As-bonded) 시험편의 강도 35Mpa에 비해 훨씬 낮게 나타나고 있으며 수냉의 경우에는 현저히 저하하고 있다.

## 4. 결 론

알루미나 세라믹과 알루미늄간의 접합공정중 하나인銅메탈라이징의 최적조건을 찾기위해 알루미늄 세라믹(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)끼리 대기중에서 접합과 전단강도 테스트를 하였고, 이결과를 이용하여 알루미늄 세라믹(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)과 알루미늄과의 대기중 브레이징 접합과 전단강도 테스트를 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 알루미늄/알루미나 접합을 통하여 얻은銅메탈라이징 최적조건은 카오린 함량(Wt%) 50%, 동메탈라이징층 두께 50μm, 소성온도 1080℃, 소성시간 20분으로 할 때이다.
2. Ni 도금시 전류밀도를 높여 다공질성의 도금층을 형성시킴으로서 양호한 접합이 이루어 졌다.
3. 양호한 접합이 이루어지는 브레이징 온도와 시간 그리고 Ni 도금층 두께는 각각 650℃, 10분, 225μm 이었다.
4. Ni 도금층의 두께가 증가할수록 본 실험의 범위내에서 접합강도는 증가한다.
5. 열충격을 받은 접합부는 접합한 그대로의 그것에 비해 상당히 저하하였다.

## 참고문헌

- 1) 김영식, 박훈중, 김정일, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>세라믹과 Ni-Cr-Mo강과의 인서트 합금을 이용한 확산접합에 관한 연구, 대한용접학회, 10-3, pp. 63-72, 1992
- 2) 鈴村, 恩澤, セラミックスと金屬の複合化と接合技術, 日本機械學會誌 第8卷, 811號, pp. 590-591, 1986
- 3) 新居, 古原 外 2人, 鐵鋼とセラミックスの固相接合技術の開発, 鐵鋼界, 昭和 60年 2月號, pp. 28-29
- 4) 管沼 外 2人, セラミックスの固相接合, セラミックス, Vol. 18, No. 2, pp. 112-113, 1983
- 5) 管沼 外 2人, セラミックスの固相接合, 工業材料, 31-9, pp. 93-94
- 6) 김영식, 김정일, Al-Si계 필러메탈을 이용한

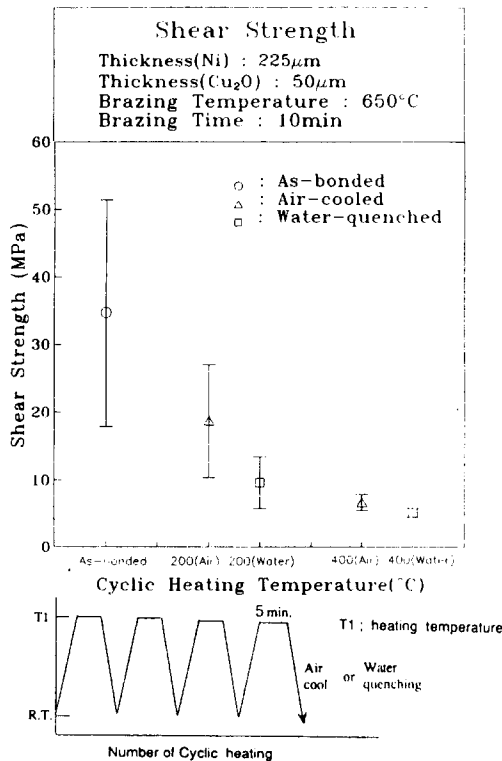


Fig. 16 Variation of joint shear strength with cooling condition(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al joint)

- A1050 알루미늄의 브레이징 접합조건에 관한 연구, 한국박용기관학회, 17-1, pp. 66-72, 1993
- 7) 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
  - 8) 山田, 金屬とセラミックスの接合, 金屬, Vol. 57, No. 11, pp. 13-14, 1987
  - 9) 溶接學會界面接合研究委員會編, 最近のろう接, 擴散接合技術, 溶接學會 技術資料 Vol.12, pp. 3-7, pp. 85-91, 1989
  - 10) Shich, Y. et al : Study of Joining Interface between Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and Metal by Active Metal. J. Ceram. Soc. Japan 96(9) : 930-934. (1988)
  - 11) Nakao, Y. et al : Microstructure Analysis on Bonding Interface in Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> to Metals Joints Bonded using Cu-Base Insert Metal. Quarterly J. Japan Welding Soc. 7(4) : 524-531. (1989)
  - 12) Nakahashi, M. et al : Characterization of Nitride Ceramic-Metal Joints Brazing with Ti Containing Alloys. J. Japan Insititute of Metal 53(11) : 1153-1160. (1989)
  - 13) Takashima. T. et al : Metallization of SiC Ceramic with Cr Vapor. J. Ceram. Soc. Japan 97(1) : 38-42, (1989)
  - 14) Okamura, H. et al : Silver Brazing of SiC Ceramics to Metal by using Chromium Metallization (report 1). Quarterly J. Japan Welding Soc. 6 (2) : 226-232. (1988)
  - 15) Hamada, K. et al : Diffusion Bonding of Alumina Ceramics to Carbon Steel. Quarterly J. Japan Welding Soc. 3 (3) : 483-490. (1985)
  - 16) Tosa, M. et al : Solid State Bonding of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SUS321 Stainless Steel using the Surface Precipitation Behavior of TiC. Hymen-kagaku 8 (4) : 254-260. (1987)
  - 17) (社)日本溶接協會編, 新エネルギー産業技術成果報告書, セラミックス 部材接合技術の試験・評價方法の研究, pp. 38, (1990)