

## 활성 용가제를 이용한 알루미늄과 스테인레스강의 접합

산업과학기술연구소

김원배  
김숙환  
권영각  
장태용

### 1. 서론

산업구조가 고도화됨에 따라 최근 많은 소재들이 개발되고 있으나 이에 비하여 이러한 소재들의 가공기술 개발 및 평가기술은 상대적으로 미흡한 상태이다. 특히 최근에 각광받고 있는 세라믹등의 신소재는 그자체만으로 이용하기보다는 철강과 접합시켜 사용할 경우에 더욱 좋은 성능을 발휘할 수 있기 때문에 최근에 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다. 또한 내식성이 우수한 stainless강의 경우도 산업이 발달함에 따라 많은 종류의 강이 개발되어 사용되고 있으나 종류에 따라 각기 다른 고유의 성질을 가지고 있으며 따라서 접합을 행할때는 모재의 고유 성질에 영향을 주지 않는 결합법을 선정해야 한다. 이러한 측면에서 brazing 은 소재의 가열온도가 낮고 모재를 용융 시키지 않기 때문에 접합후 스테인레스 강의 고유성질 유지에 유리할 것으로 판단되며, 따라서 본 연구에서는 활성 용가제를 사용하여 알루미늄 세라믹과 스테인레스강의 접합을 행하고 접합부 조직 관찰과 굽힘강도 시험을 통하여 접합부 성능을 평가하여 보고자 하였다.

### 2. 실험 방법

본 실험에서 사용한 소재는 직경 6mm, 길이 30mm의 봉상 소재로, 세라믹재는 순도 99.8% 알루미늄(A1203)를 선정하였고, Stainless강은 오오스테나이트계인 SUS304와 페라이트계인 SUS430을 선정하였다. Table 1과 2에 SUS304와 SUS430의 열적, 기계적 성질을 나타내었다.

실험에 사용한 용가제는 Ag-base로 활성금속 Ti를 3 - 4% 함유한 두께 100 $\mu$ m 정도의 foil 상의 비정질 재료를 사용하였다.

실험방법은 먼저 시험편을 직경 6mm, 길이 30mm로 절단한후 시험편의 표면을 # 600 sand paper로 grinding 한뒤 아세톤과 초음파 세척기를 이용하여 접합 표면을 완전히 탈지후 시험하였다. 접합에 사용한 Brazing장치는 15kW 용량의 고주파

유도가열장치로 온도 조절은 R-type의 thermocouple을 이용하여 기기에 부착되어 있는 자동온도 조절장치에 의해 이루어진다. 접합분위기는 순도 99.999%의 아르곤(Argon)가스를 사용하였으며 접합 열 Cycle과 용가제를 변화시켜가며 접합을 행하였다.

광학 현미경을 통한 조사 및 SEM/EPMA를 통한 접합부 내에서의 상 해석과 성분분석 및 미소경도 측정을 행하였으며 굽힘강도시험을 통하여 각 접합부의 성능을 평가해 보았다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

Photo.1 은 용가제 B type을 이용하여 Heating rate와 cooling rate를 15°C/min으로 하고 A1203 와 SUS430 간의 접합을 행한 결과를 EPMA를 이용하여 관찰한 결과이다. 사진에서 보는바와 같이 용가제 중의 Ti가 A1203측으로 밀집되고 있음을 알 수 있으며(Photo.1.d,e), 이는 A1203의 표면에 존재하는 산화층중의 O2와 친화력이 높은 Ti가 서로 반응층을 형성한 결과로 생각된다. 또 접합부중의 조직이 중간을 경계로 서로 다르게 나타나고 있는데(Photo.1.a), 이는 SUS제의 표면층이 Brazing 중에 용융이 일어나고 용가제와 서로 alloying 됨으로서 나타난 결과로 생각되며 이는 성분분석 결과로 확인 할 수 있었으며(Photo.1.h,i,j,k), 미소 경도 측정 결과 A1203의 확산 반응층의 경도 Hv500-700(5g), 용가제의 A1203 측 Hv100-130(5g), 용가제의 SUS430측 Hv270-300(5g)으로 나타나는 결과와도 잘 일치하고 있었다.

Fig. 1은 filler metal B type을 사용했을 경우 Brazing temperature의 변화에 따른 접합부 4-point bending test 결과를 나타낸 것으로 대체적으로 용가제의 용융점 부분부터 Brazing temperature의 상승에 따라 bending strength는 증가하다가 점차 일정치에 수렴하는 경향을 보이고 있으며, 그 온도는 대략 용가제의 용융점보다 약 80-100°C 정도 높은 온도임을 알 수 있었다. 이는 용가제와 접합소재간의 반응도 및 용가제의 접합부에서의 유동성 등이 온도가 높을수록 활발히 일어나기 때문이며 따라서 Brazing에 의한 각종소재의 접합시 작업온도는 용가제의 용융온도보다 약 100°C 정도 높게 설정하여야 함을 알 수 있었다. 또 A1203/SUS430 접합부의 경우가 A1203/SUS304접합부의 경우보다 접합강도가 높게 나타나는 것은 접합소재에 대한

열적 특성의 차이가 가장 큰 원인이라 생각된다. 즉 Table 1에서 보는바와 같이 SUS430과 A1203간의 열팽창 계수의 차이는  $1.5 - 4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  정도인데 비하여 SUS304 와 A1203 사이의 열팽창 계수의 차이는  $8.2 - 11.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 로서 일반적으로 Brazing시 적절한 열팽창계수 차이보다 훨씬 큼을 알 수 있다. 따라서 접합강도가 A1203/SUS304의 경우 적게 나타난 것으로 생각되며, 부수적인 원인으로서는 접합소재 표면의 산화층이 SUS304의 경우 내식성과 내산화성이 우수한 Cr 산화물로 되어 있어 용가제의 젖음성이 SUS430에 비해 SUS304의 경우가 좋지않게 되고 이에 따라 강도가 SUS304의 경우가 SUS430의 경우보다 저하하는 것으로 생각된다.

#### 4. 결론

A1203와 SUS304, SUS430의 접합을 행한 결과 SUS430의 경우가 SUS304의 경우보다 약 5 - 6배 우수한 강도를 나타내었으며 이는 소재간의 열팽창 계수차이와 소재 표면의 Cr 산화층이 그 원인으로 생각된다. 또 이종재료 접합시 접합부에 나타나는 base metal 성분은 접합 소재의 표면층이 접합과정중 용융되어 용가제와 alloying 된 것으로 생각되며, 이 부분의 경도는 용가제의 경도 Hv50-60(5g)보다 높은 Hv250-350(5g) 을 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of stainless steel

	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Fe
SUS304	0.08	2.0	1.0	18.0-20.0	8.0-10.5	0.045	0.03	bal.
SUS430	0.12	1.0	1.0	16.0-18.0	-	0.04	0.03	bal.

Table 2 Physical and mechanical properties of stainless steel, (annealed condition)

Properties	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Elastic Modulus (x 10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup> )			Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Specific heat (cal/g·°C)
		100°C	315°C	538°C		
SUS304	8.0	1.97			63	0.12
SUS430	7.8	2.03			49	0.11
Properties	Mean coefficient of thermal expansion (20°C to, x 10 <sup>-6</sup> /°C)			Thermal conductivity (cal/sec·cm·°C)		
	100°C	315°C	538°C	20°C	100°C	500°C
SUS304	17.2	17.8	18.4	0.03	0.0387	0.0514
SUS430	10.4	11.0	11.4	0.0568	0.0624	0.0628

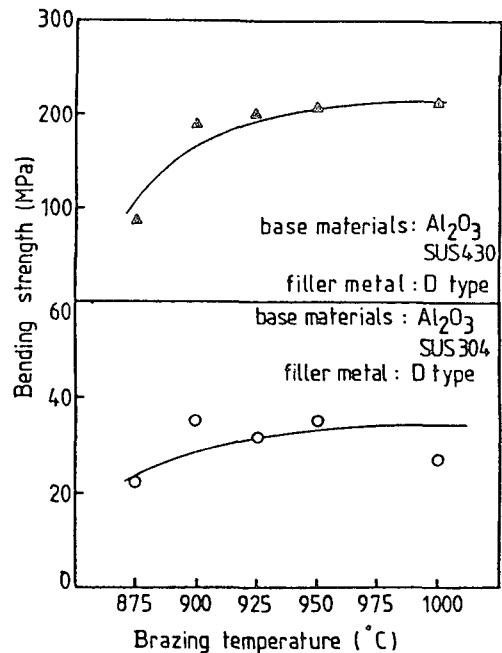


Fig.1 Bending strength of brazed joint with each condit

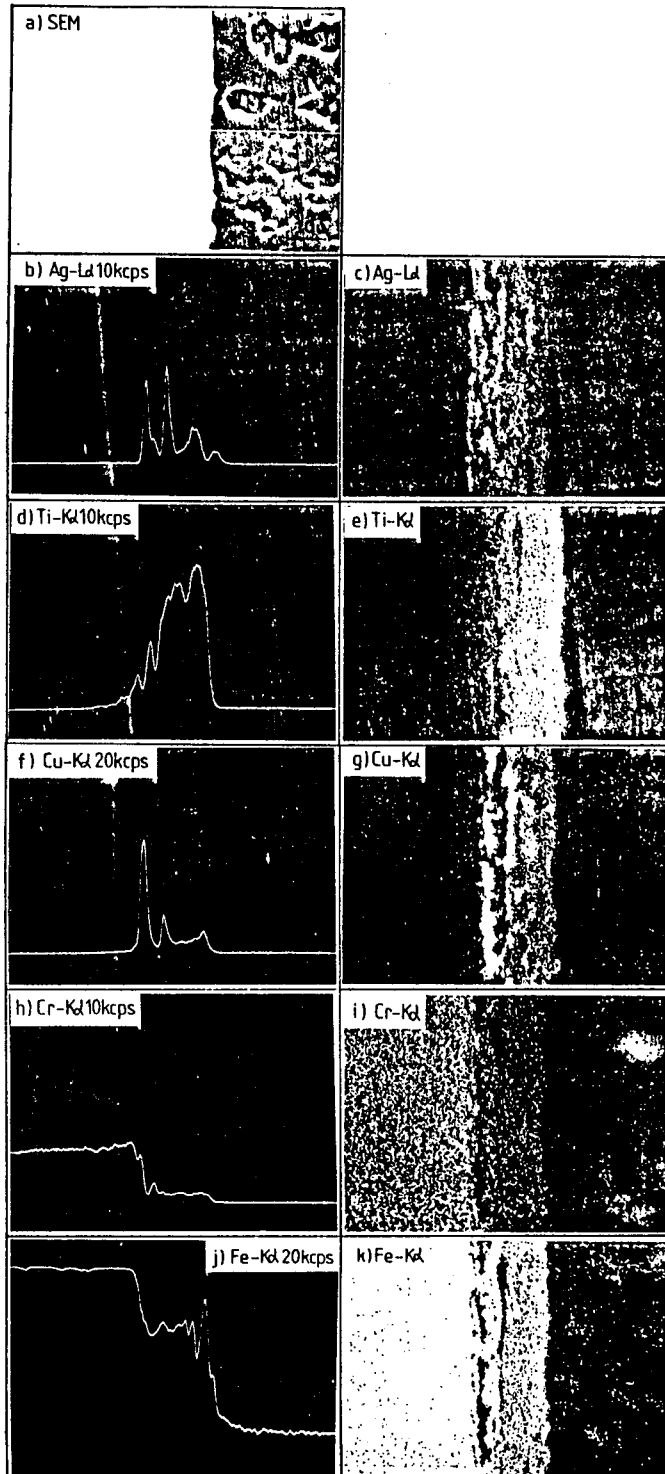


Photo.1 SEM photographs, line analysis and EPMA images on longitudinal section of brazed SUS430 to A1203 joint