

구리-알루미늄 이종재료의 브레이징 특성 향상에 관한 연구

정호신* · 배동수** · 고성우***

*부경대학교 재료공학부, **동의대학교 신소재공학과, ***울산기능대학 생산자동화과

Study on the Improvement of Brazeability for Copper-Aluminum Dissimilar Materials Joint

HO-SHIN JEONG*, DONG SU BAE** AND SUNG WOO KO***

*Division of Materials Sci. & Eng., Pukyong National Univ., Pusan 608-739

**Dept. of Advanced Materials Eng., Dong-eui University, Pusan 614-714

***Dept. of Factory Automation, Ulsan Polytechnic College, Ulsan 681-280

KEY WORDS: Brazing 브레이징, Filler metal 삽입재, Dissimilar materials 이종재료, Braze joint 집합부, Brazing temperature 브레이징 온도, Metallic compound 금속간 화합물, Solidus temperature 고상선 온도, Liquidus temperature 액상선 온도, Flux 플럭스

ABSTRACT: One of the most important considerations to braze Cu-Al dissimilar materials is control of brittle metallic compound which makes it difficult to obtain a sound brazed joint. Nowadays, several attempts were made to control the metallic compound. But effective method for controlling metallic compound was not established. In this point of view, commercially pure aluminum and copper were used as base metal and Al-Si-X and Zn-Al-X alloy systems were developed as filler metal. Brazing was carried out to find optimum conditions for Cu-Al dissimilar joint.

The results obtained in this study were summarized as follows:

- 1) The joint brazed by Al-Si-X filler metal showed good brazeability and mechanical properties. The tensile strength of the joint brazed over solidus temperature was more than 90% of Al base metal. Especially, the joint brazed at liquidus temperature was fractured in the Al base metal.
- 2) Fluorides fluxes(a mixture of potassium fluoro-aluminates) were used to improve surface cleanliness of base metal and wettability of Al-Si-X filler metal. It was melted at the temperature about 10℃ lower than that of the filler metal, and made appropriate brazing environment. Therefore, it could be a proper selection as flux.

1. 서 론

공학기술의 발달과 재료 사용 환경의 가혹화 및 원가 절감이라는 측면에서 비철재료의 적용 분야가 점점 확대되고 있고 또 각종 장치 및 부품의 소형화, 경질화됨에 따라 이종재료간의 브레이징의 필요성이 더욱 중요한 문제로 대두되고 있다. 특히, 최근에는 재료 사용의 효율성 제고 및 원가 절감 측면에서 구리-알루미늄 이종재 접합의 필요성이 절실하게 요구되고 있는 실정이다. 이러한 측면에서 공학적인 환경의 변화와 사회적인 요구 및 경제적 관점에서 종래에는 생각할 수 없던 이종재료의 접합이 필연적으로 요구되지만 이와 같은 목적과 용도에 적합한 접합 기술이 확립된 것은 아니어서, 각종 소재 및 완성품의 설계·제작에 여러 가지 어려움을 주고 있다.

특히 비철재료중에서 용도가 매우 넓은 동과 알루미늄은 각종 산업 분야에서 널리 사용되고 있지만 구리-알루미늄 이종재 접합의 경우에는 취약한 금속간 화합물 생성에 기인하여 건전한 접합부를 얻기가 어렵고, 이에 따라 이들 재료간의 브레이징은 거의 연구된 바가 없을 정도이다. 그러나 최근의 공학적인 환경

변화 즉 원가 절감과 중량 감소 및 이를 통한 운전·보수 비용의 절감이라는 시대적인 요구에 따라 구리-알루미늄 이종재료를 브레이징하므로써 효율을 극대화할 필요성이 대두되고 있다. 그러나 동과 알루미늄의 접합시의 문제점으로는 접합이 용이하지 않다는 점과 각종 물성에 큰 차이가 존재한다는 등의 물성적인 특성들을 충분히 고려하여야 접합조건을 설정하기가 쉽지 않고, 또한 이음부에서 취약한 금속간화합물이 생성되어 접합 자체가 어렵고, 접합이 가능하더라도 기계적 강도를 높이기 어렵다는 단점이 있다.

동과 알루미늄간의 이종재료 접합에 관한 연구가 그다지 활발히 이루어지지 않고 있다. 지금까지 보고된 동과 알루미늄 이종재료 접합에 관한 접합 형태는 폭발용접(AWS Welding Handbook, 1991; 伊坂, 1994)이나 상온압접(Cooke et al., 1978; 橋本과 大橋, 1978) 및 초음파(Oelschlagel, 1977) 등 주로 압접의 형태를 취하고 있다. 이것은 소재의 용융에 수반되어 필수적으로 생성된다고 할 수 있는 취약한 금속간화합물(metallic compound)의 생성을 억제할 수 있다는 점과 적당한 굽힘강도가 얻어진다는 점 때문이지만, 이 방법들은 고가의 장비를 필요로 하거나

공정이 매우 까다롭다. 이러한 측면에서 공정이 간단하고 단시간에 접합이 가능하며 경제적인 접합방법을 확립하기 위해 본 연구에서는 브레이징을 채택하여 동-알루미늄 이종재료의 접합에 관한 연구를 수행하였다.

본 연구의 수행에는 적절한 브레이징 재료의 개발과 브레이징에 부수적으로 요구되는 플럭스의 종류를 최적화하여 동-알루미늄 브레이징시의 각종 변수를 엄밀하게 조정하므로써 실제적으로 현장적용이 가능한 방법을 확립하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는, 동과 알루미늄의 이종재료 접합에 관한 기초적인 데이터를 정립하기 위하여 상용 플럭스의 적합성을 조사하고 또한 적합한 삽입재의 선정과 개발을 목적으로 연구를 수행하였다.

2. 실험재료 및 실험방법

2.1 모재 및 삽입재와 플럭스

접합에 사용한 모재는 상용 알루미늄과 무산소동의 파이프재로서 외경과 내경이 각각 8mm, 5mm이다. 이들 재료의 화학성분은 Table 1, 2와 같다.

이들 재료를 각각 10mm의 길이로 절단한 후 선반으로 30°의 홈을 가공한 뒤 접합하기 전에 아세톤으로 접합 대상면을 세척하였다. 홈 가공에 있어서 동을 암컷으로 알루미늄을 수컷으로 가공하였다. 그리고 접합시에 동과 알루미늄을 맞댄 후 삽입재와 플럭스를 정위치시킨 후 가스 토오치로 가열하였다.

그리고 삽입재는 용접을 고려하여 시판되고 있는 BAg-1, BAg-2 및 BCuP-4를 사용하여 브레이징 적합성을 조사함과 아울러 새로운 소재의 개발을 위하여 Al-Si 공정계를 기본 성분으로 하여 이에 소량의 합금원소를 첨가한 Al-Si-X계 및 Zn-Al 공정계를 기본으로 하고 각종 합금원소를 소량 첨가한 Zn-Al-X계를 개발하여 브레이징에 사용하였다. 이들 개발 소재는 용해 제조한 후 두께 50μm의 포일과 와이어로 가공하여 브레이징에 사용하였다. 이와 같이 새로이 개발한 소재의 합금 설계시에는 기본적으로 용접이 Al 모재보다 낮거나 비슷한 재료가 되도록 하였고 플럭스는 시판되고 있는 상용 플럭스를 이용하였다.

Table 1 Chemical composition of OFHC copper

Chemical composition, wt%				
Cu (%)	O	Pb	S	ELS
	×10000(%)			
99.99	2	7	7	15

Table 2 Chemical composition of Aluminum

Chemical composition, wt%							
Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
99.50	0.25	0.4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03

2.2 브레이징 방법 및 접합조건

Fig. 1은 본 실험에서 사용한 접합용의 지그로서, 브레이징시에는 시험편이 균일하게 가열되도록 하기 위해서 포지셔너 위에 위치시키고 회전하면서 브레이징하였으며, 이 때의 접합속도는 2mm/sec로 하였다. 이 그림과 같이 두 모재를 자중에 의해서 접촉하도록 하고 링 형태의 삽입재를 정위치시키고 플럭스를 도포한 후 지그에 설치하였다. 또 접합온도를 측정하기 위하여 Cu 시편 하부의 접합부 근방에 열전대를 부착하여 온도를 측정하였다.

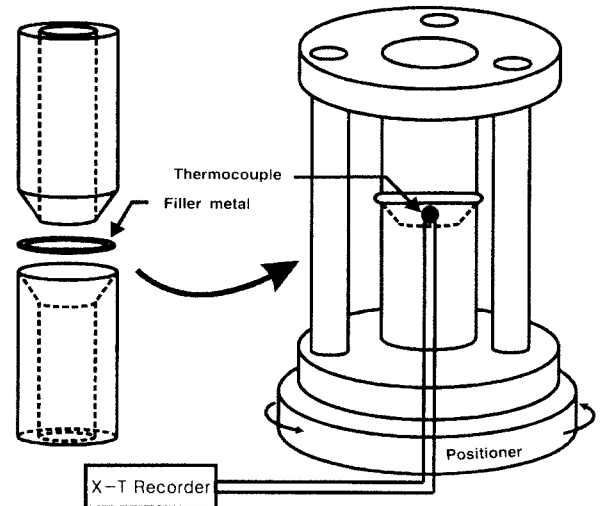


Fig. 1 Schematic diagram of jig

Table 3 Brazeability with braze filler metals and fluxes

Base metal	Braze filler	Flux	Brazeability	Ref.
Cu-Al	BAg-1	YC Flux	×	A
		low temp. Flux	×	B
		Flux for Cu	×	B
	BAg-2	YC Flux	×	A
		low temp. Flux	×	B
		Flux for Cu	×	B
	BCuP-4	YC Flux	×	A
		Flux for Al	×	C
		Flux for Al	○	C
	Al-Si-X	F19	○	D
		Nocolok Flux	○	E
		YC Flux	×	A
Flux for Al		○	C	
Zn-Al-X	F19	○	D	
	Nocolok Flux	○	E	

○: brazeable, ×: not brazeable, A,B,C,D,E :manufacturer

플럭스는 물과 1:1의 중량비가 되도록 혼합하여 브레이징에 사용하였다. Table 3은 접합조건을 나타낸 것이다. 조직관찰 및 경도측정을 위한 시험편은 Al-Si-X 삽입재를 사용하여 브레이징한 경우에는, 접합온도를 570°C, 590°C, 600°C 및 615°C로 하였고 Zn-Al-X 삽입재를 사용한 경우에는, 접합온도를 485°C, 520°C 및 585°C로 하였다.

2.3 접합부의 인장시험

인장시험은 Al-Si-X 삽입재를 사용하여 545°C, 565°C 및 582°C에서 접합한 브레이징부에 대하여 시험하였다. 그리고 인장시험용 시험편의 형상과 치수는 Fig. 2와 같이 총 길이를 200mm로 하여 스카프(scarf) 형태로 하고, 오른쪽 암컷을 둥, 왼쪽 수컷을 알루미늄으로 하여 시험편을 제작하였다. 그리고 인장시험시에는 시험편의 변형과 응력집중을 방지하기 위해 보강재를 사용하였다. 보강재는 직경이 모재의 내경과 같은 5mm로서 시험편의 양쪽 단부의 시험기 척(chuck)에 고정되는 부분에만 보강재를 넣었다. 또한 접합부가 인장시험편의 중앙부에 위치하도록 가공하였다. 평행부는 가공하지 않고 접합한 그대로를 사용하고 요철이 있는 경우에는 사포로 가능한 한 균일하게 연마하였다. 인장시험은 상온에서 1분, 하중 속도 5mm/min의 속도로 각 접합조건 별로 시험하여 인장강도와 연신율을 측정하였다.

2.4 조직의 검사 및 경도 측정

각 접합조건에서 접합한 시험편은 종방향으로 절단한 후, 2000번까지 사포로 연마하고 0.5µm의 알루미늄으로 최종 연마하였다.

접합부의 분석은 SEM-EDX를 이용, 주요 성분인 Al, Cu, Si 및 Zn을 선분석 및 점분석하였다. 한편 인장시험 후 파단된 표면의 조직과 파괴양상을 SEM으로 관찰하여 비교·조사하였다.

접합부의 경도는 마이크로 비커스 경도기를 사용하여 각 접합조건마다 접합부의 중심으로부터 0.6mm 간격으로 하중은 100g, 유지시간은 15초로 하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 삽입재와 플럭스의 선정

Table 4는 시험되고 있는 각종 삽입재와 각종 플럭스를 사용하여 Cu-Al 이종재료의 브레이징을 위한 예비 실험결과를 나타낸 것이다. 현재 널리 시험되고 있는 BAg 계통 및 BCuP의 계통 삽

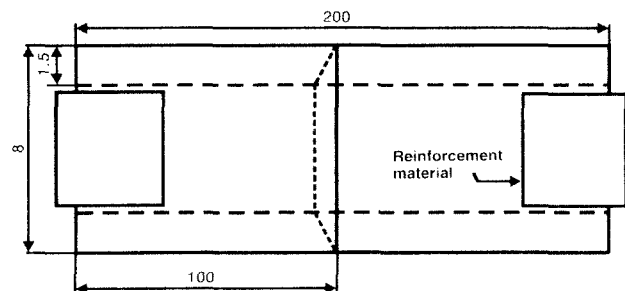


Fig. 2 Shape and dimension of tensile test specimen

입금속의 경우에는 어떠한 계통의 플럭스를 사용하더라도 젖음성이 나쁘거나 강도가 낮아 건전한 브레이징 접합부를 얻을 수 없었다. 그러나 Cu-Al 이종재 브레이징을 위하여 본 연구에서 개발한 삽입재인 Al-Si-X계 및 Zn-Al-X계인 경우에는, 거의 대부분의 경우 브레이징이 가능하였다. 따라서 이와 같은 삽입재를 사용한다면 적절하게 플럭스를 조합하므로써 브레이징이 가능할 것으로 사료된다.

이 표에서 알 수 있는 바와 같이 삽입재가 BAg-1인 경우 상용의 YC 플럭스, 저온 플럭스와 동용 플럭스의 어느 경우에도 접합성이 좋지 않았다. 또한 BAg-2의 경우에도 BAg-1과 같은 결과를 나타내었다. 한편 BCuP-4 삽입재의 경우에도 YC 플럭스와 Al용의 플럭스 모두 접합성이 양호하지 못하였다. 이와 반대로 Al-Si-X계 삽입재와 사용해서 Al용 플럭스, F19(염화물계), Nocolok 플럭스(불화물계)를 조합시킨 경우에는 양호한 접합부가 얻어진 반면 YC 플럭스의 경우에는 접합성이 불량하였다. Zn-Al-X계의 경우에는 각종의 플럭스와 조합하여 브레이징한 결과 접합성이 우수함을 알 수 있었다.

이와 같은 예비실험 결과를 토대로 하여 본 실험을 실시하였고, 본 실험에서 사용한 플럭스로는 부식성인 염화물계 플럭스에 비해 비부식 특성을 가지며 후처리가 필요하지 않은 불화물계 플럭스를 주로 사용하였다.

Al-Si-X계와 Zn-Al-X계의 삽입재를 열분석한 결과, 두 삽입재의 용점은 Al-Si-X계의 경우는 약 580°C이고 Zn-Al-X계의 경우에는 거의 공정온도에 가까운 382°C임을 알 수 있었다. 또 본 실험에서 사용한 불화물계 플럭스를 열분석한 결과, 용점이 572°C임을 알 수 있었으며, 이 온도는 Al-Si-X계 삽입재의 용점보다 10°C 낮은 것이다. 삽입재와 플럭스의 용융온도에 큰 차이가 없으므로 브레이징중 플럭스가 먼저 572°C에서 녹아 모재를 침정하게 해 젖음성을 개선시킨 후, 580°C에서 Al-Si-X계 삽입재의

Table 4 Brazing condition of specimens

Braze Filler	Specimen	Peak temperature	Ref.	
Al-Si-X	S 1	570°C		
	S 2	590°C	580°C → 590°C for 12.6sec	
	Hardness Test	S 3	590°C	590°C → 582°C for 15sec
		S 4	600°C	
		S 5	600°C	570°C → 600°C for 30sec
		S 6	615°C	
Tensile Test	T 1	545°C		
	T 2	565°C		
	T 3	582°C		
Zn-Al-X	Hardness Test	Z 1	485°C	
		Z 2	520°C	
		Z 3	585°C	

용해와 함께, 모세관현상에 의해 원활하게 브레이징된 것으로 사료된다.

3.2 미시조직 관찰

Photo 1은 각각 Al-Si-X계 삽입재와 Zn-Al-X계 삽입재를 사용하여 브레이징한 경우의 광학현미경 조직사진이다. 이 사진의 (a)는 570℃에서 브레이징한 경우의 접합부로서 접합부에 Al-Si-X 공정조직이 형성되어 있음을 알 수 있고, Cu측 계면에서 모재와의 희석에 의해 생성된 것으로 추정되는 조직을 확인할 수 있다. 또한 접합부 내부는 Al-Si-X계 공정조직과 상이한 이질적인 상이 관찰된다. (b)는 브레이징시의 가열온도가 580℃에서 590℃로 상승되기까지의 시간이 12.6초인 경우의 접합부로서 접합계면에 모재와 삽입재 사이에는 확산층이 뚜렷하게 관찰되지 않고 있다. (c)는 590℃에서 582℃까지의 냉각시간이 15초인 경우의 접합부로서, Cu측과 Al측의 모재에서 접합부 쪽으로 주상정이 성장되고 있음을 알 수 있다. 또한 이 접합부에는 Al-Si-X 공정조직과 더불어 초정 Si도 관찰되고 있다. (d)는 60

0℃에서 접합한 경우의 현미경조직으로 접합온도가 높아짐에 따라 접합부의 폭이 넓어져 있음을 알 수 있고, Al측 모재측에서 주상정이 성장되어 있음을 알 수 있다. 그리고 Cu측 모재에서부터 접합부 중심으로 다각형상 조직이 형성되어 있는 데, 이 다각형상의 조직의 화학성분을 분석한 결과를 Table 5에서 나타낸다. 이와 같은 분석결과, 이 상은 Al₂Cu의 금속간화합물로 추정되며, 이와 같은 금속간화합물이 존재하면 접합부가 매우 취약하게 된다. (e)는 브레이징시의 온도가 570℃에서 600℃로 상승될 때까지의 경과시간이 30초인 경우의 접합부로서, 접합부의 폭이 넓고 Cu측 모재에서 접합부 쪽으로 확산층이 생성되어 있음을 알 수 있다. (f)는 615℃에서 접합한 것으로서 접합부의 폭이 작고 접합부에서 이상(異相)과 초정 Si가 존재함을 알 수 있다. 이 경우 접합부의 폭이 좁은 것은 짧은 시간에 접합온도까지 도달하여 삽입금속이 접합부에 충전된 후 냉각되었기 때문으로 사료되며, 이질적인 상이 생성된 것은 접합온도가 높았기 때문인 것으로 생각된다. 이와 같은 사항은 공정접합법에 의해 Cu-Al 이종재료를 접합한 연구 결과(Watanabe, 2000; 宮

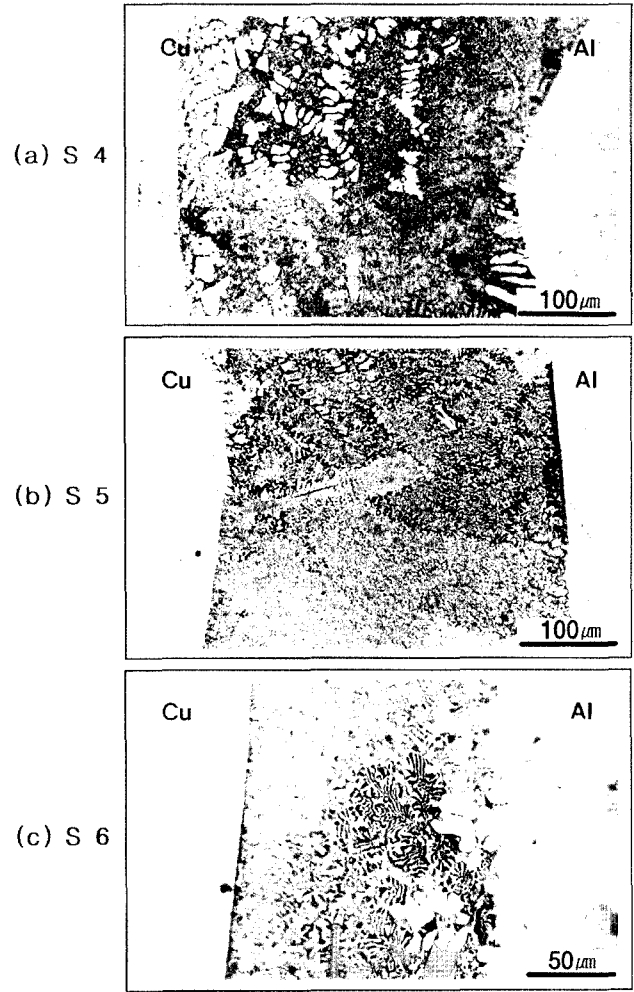
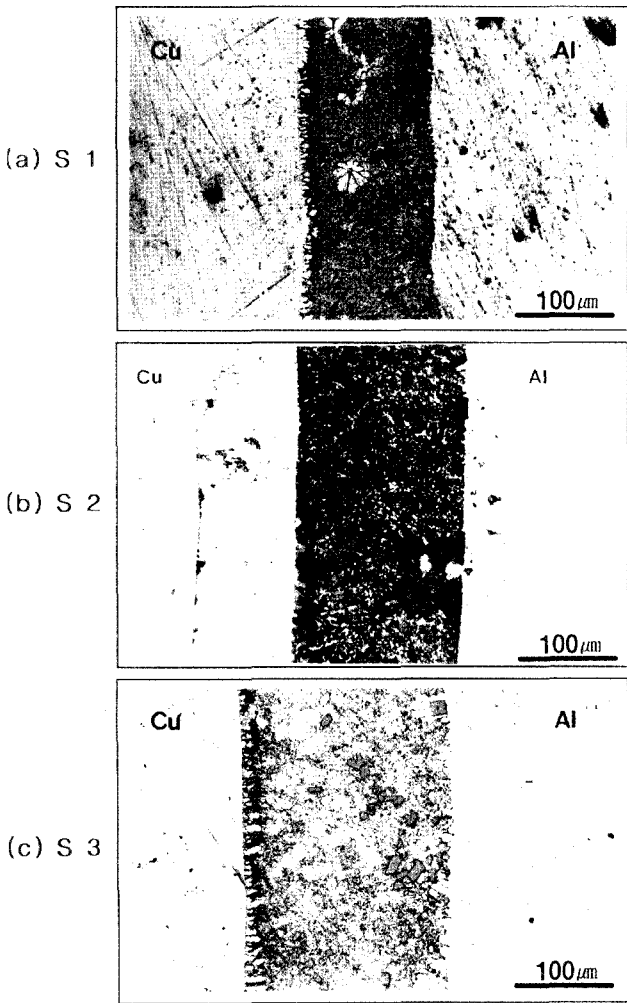


Photo 1 Optical microstructures of brazed joints by Al-Si-X filler metal with temperature change

Photo 1 (continued)

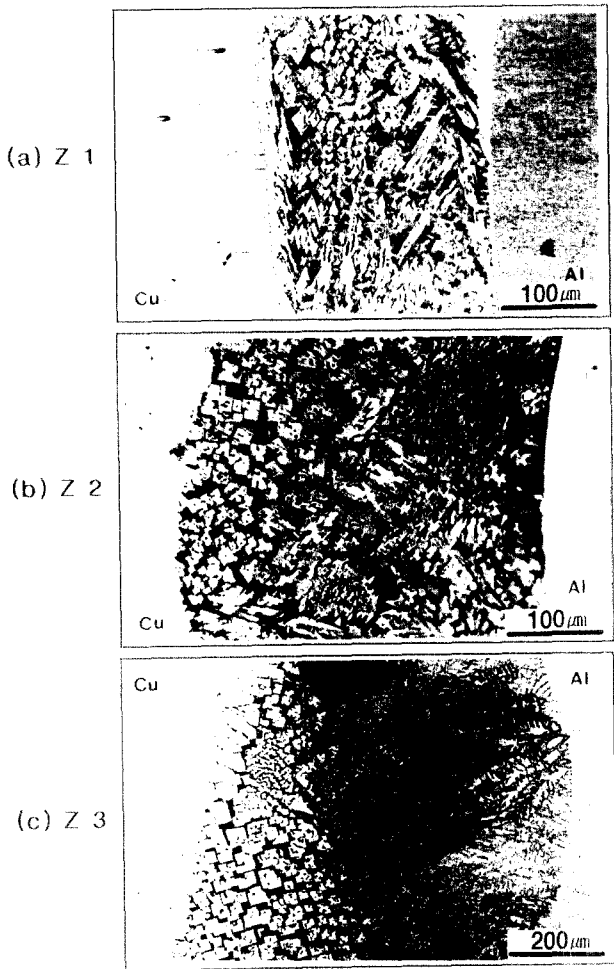


Photo 2 Optical microstructures of brazed joints by Zn-Al-X filler metal with temperature change

崎, 1988; 富崎, 1989)와도 일치하는 것으로 접합온도에는 차이가 있지만 접합온도가 지나치게 높아지면 금속간 화합물이 생성되어 강도가 낮아지는 결과를 초래하게 되는 것으로 사료된다.

Photo 2는 Zn-Al-X계 삽입재를 사용하여 브레이징한 경우의 현미경조직으로서 이 경우에는 접합시의 가열온도가 삽입금속의 용점보다 훨씬 높았다. 이 경우 플럭스의 용점이 높아 삽입재의 유동성과 젖음성의 향상에 효과가 없고, 그 결과 접합시의 온도가 높아질 수 밖에 없다. 따라서 삽입재가 과열되어 모재와의 반응이 촉진된 것으로 사료된다. (a)는 485°C에서 접합한 경우의 접합부로서 Cu측에서 다각형상의 조직이 접합부 내부로 성장되어 있음을 알 수 있다. 또한 (b)와 (c)의 경우에도 다각형상의 조직이 Cu측에서 접합부의 중심부 쪽으로 성장되어 있음을 알 수 있다. 이와 같은 다각형상의 조직을 SEM으로 집분석하여 정성적으로 동성(同定)한 결과, Photo 1(d)의 S4와 같은 계통의 Al₂Cu의 금속간화합물로 추정된다.

Zn-Al-X계 삽입재를 사용하여 브레이징한 경우도 Al-Si-X계 삽입재를 사용하여 브레이징한 경우와 마찬가지로 접합온도 상승과 접합부의 폭이 넓어지는 경향을 나타냄을 알 수 있었다.

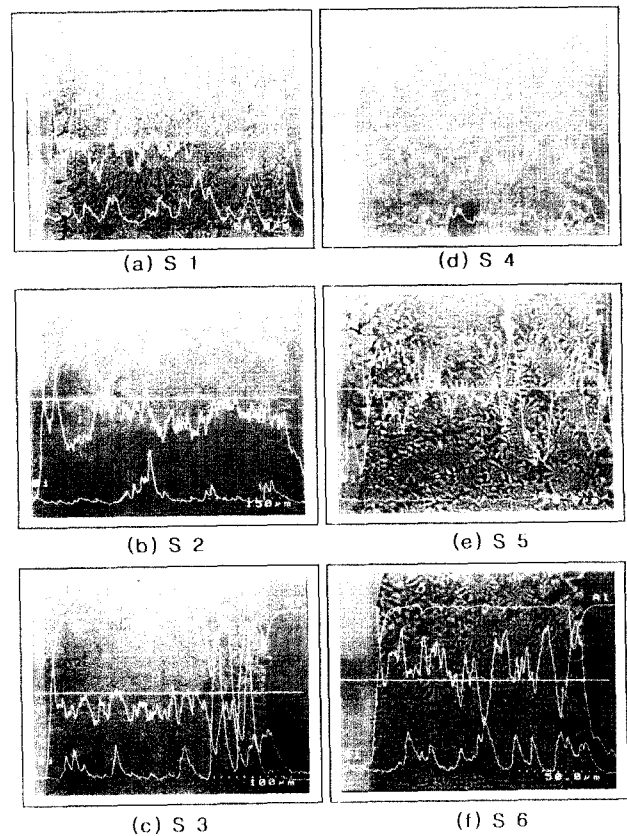


Photo 3 EDX line analysis of brazed joints by Al-Si-X filler metal

Photo 3은 Al-Si-X계 삽입재를 사용하여 접합한 경우의 접합부를 EDX 선분석한 것이다. 이 결과로부터 알 수 있는 바와 같이 접합부 전반에 걸쳐 Al과 Cu가 상호확산되어 있음을 확인할 수 있다. 그리고 공통적으로 Al과 삽입재와의 계면부분 및 Cu와 삽입재와의 계면 근방에서는 Al과 Cu의 양이 약간 감소하는 경향이 있음을 알 수 있다.

Photo 4는 Zn-Al-X계 삽입재를 사용하여 접합한 경우의 접합부를 EDX 선분석한 것이다. 모든 접합부에 걸쳐 Al과 Cu가 상호확산되어 있음을 확인할 수 있고, 특히 삽입재의 과열에 기인하여 접합부에서는 Zn 함량이 현저하게 감소됨을 알 수 있다. 이것은 Zn의 용점이 420°C이고 비등점이 911°C로서 용점과 비등점이 낮기 때문에 브레이징중에 Zn이 증기화되어 소실되기 쉽기 때문으로 사료된다.

3.3 접합부의 기계적특성

Fig. 3은 Al-Si-X계 삽입재를 사용한 경우, 접합온도에 따른 접합부의 경도값의 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 모재의 경도에 비해 접합부의 경도가 매우 높으며, 접합 계면에서의 경도는 Al측 계면보다 Cu측 계면에서의 경도가 더 높은 경향을 나타내고 있다. 또한 S1의 경우, 접합부 내부의 경도는 Cu측에서 124.4 Hv로 최고값을 나타내었고, Al측으로 갈수록 경도가 감소

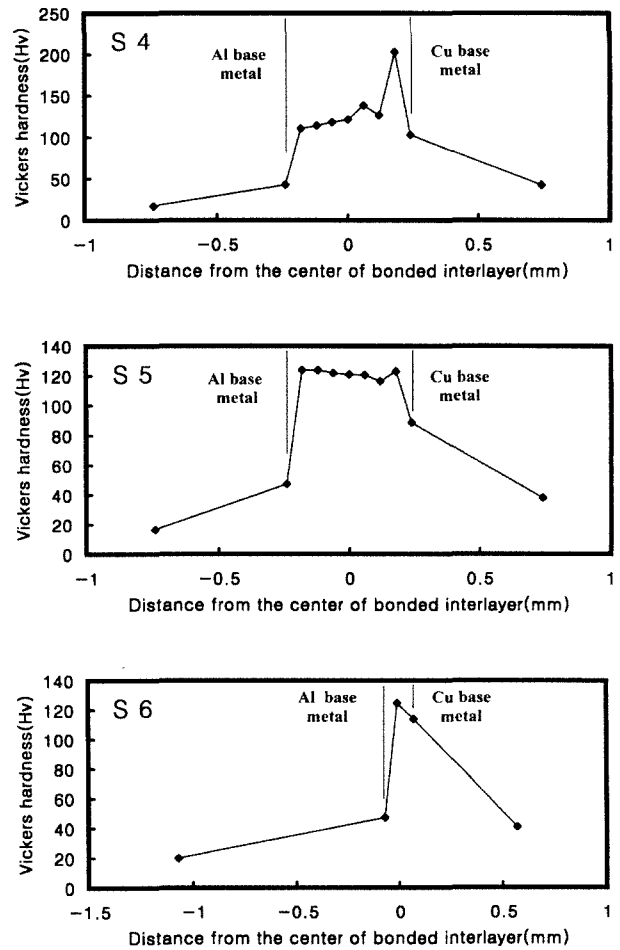
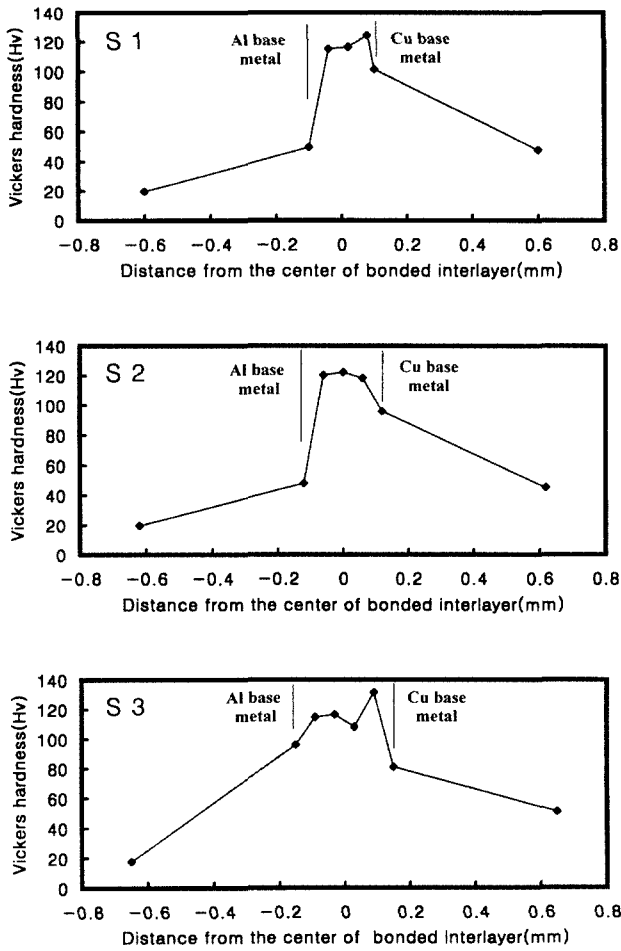


Fig. 3 Change of hardness with change of brazed temperature (Al-Si-X filler metal)

Fig. 3 (continued)

하는 경향을 나타낸다. 또한 S2의 경우 접합부 내부에서의 경도에는 거의 변화가 없고 Hv 120 정도로 일정하다. 이것은 Photo 1 (b)에서 언급한 바와 같이 접합부 내부의 조직이 비교적 균일하고, 모재와의 확산이 거의 없기 때문인 것으로 사료된다. S3의 경우에는 Cu측에서의 경도가 Hv 131.5로 최고값을 나타내었고 Al측으로 갈수록 Hv 115 정도로 일정하게 된다. 그리고 S4의 경우에는 Photo 1의 미세조직 사진의 다각형상 조직의 경도가 최고값을 나타내었다. 이 경우의 경도는 Hv 202.6로서 다른 접합부의 경도에 비해 Hv 70~80 정도 높았다. 그리고 Al측으로 갈수록 경도가 Hv 115 정도로 일정하게 되는 경향이다. S5의 경우에는 경도가 Hv 120 정도로 거의 일정하며, S6의 경우에도 경도는 Hv 125 정도이다. 따라서 Al-Si-X계 삽입재를 사용한 경우의 접합부 경도는 거의 Hv 110~130 인 반면, S4와 같이 다각형상의 조직이 존재할 경우에는 경도가 Hv 200 이상으로 높은 값을 가지는 경향을 나타내었다.

Table 5 Chemical composition by EDX point analysis at A of Photo. 7 (b)

Chemical composition, wt%			
Al	Cr	Sc	Cu
43.35	0.13	0.18	56.36

Fig. 4는 Zn-Al-X계 삽입재를 사용한 경우의 접합온도 변화에 따른 접합부의 경도 변화를 나타낸 것이다. Z1의 경우에는 접합부의 경도가 Hv 165 정도로 전체적으로 거의 일정한 편이지만, 접합부 중앙부에서는 경도가 Hv 130으로 낮은 부분도 존재한다.

Z2의 경우에는 Cu측 접합부에서 Hv 210로서 경도가 높았으며, Z3의 경우에도 Cu측 접합부에서 경도가 높아 Hv 183에 이르는 부분도 있다. 이것은 Photo 2의 미세조직 사진의 다각형상 조직의 경도에 대응하는 값이다. 전체적으로 경도 분포를 비교해보면, Z2의 경우에 Cu측에서 경도가 가장 높으며, Photo 2 (b)와 같이 다각형상 조직의 경도가 최고값을 나타내었다.

Fig. 5는 Al-Si-X계 삽입금속을 사용하여 545°C, 565°C 및 582°C의 온도에서 접합한 시편의 브레이징 온도변화에 따른 인장강도를 나타낸 것이다. T1은 접합시의 온도가 545°C로서 삽입금속의 용점보다 낮은 온도에서 접합한 경우에 상당하는 것이다. 이 경우의 인장강도는 18.91MPa이고 이 온도에서는 삽입금속의 용융보다는 확산에 의해 접합된 결과, 취약한 금속간화합물이

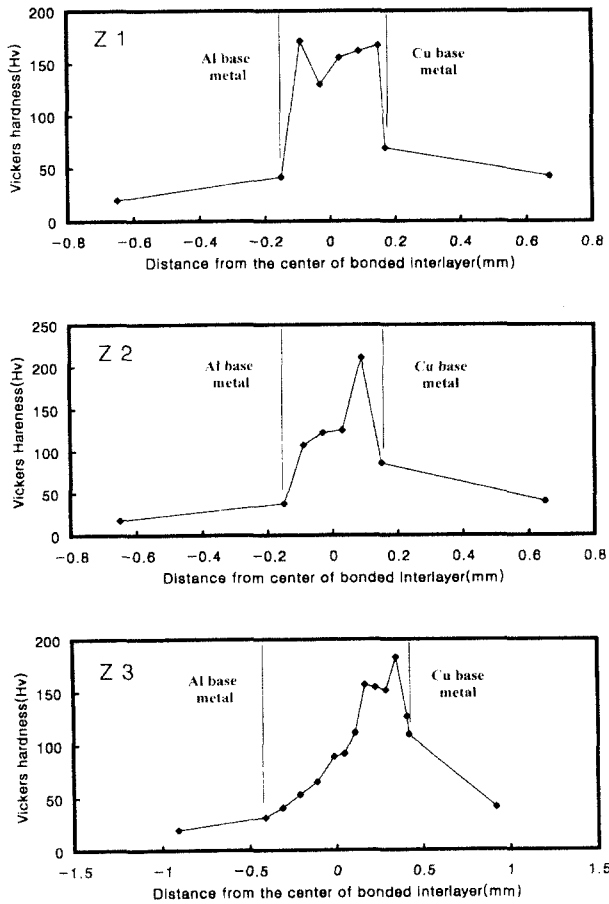


Fig. 4 Change of hardness with change of brazed temperature (Zn-Al-X filler metal)

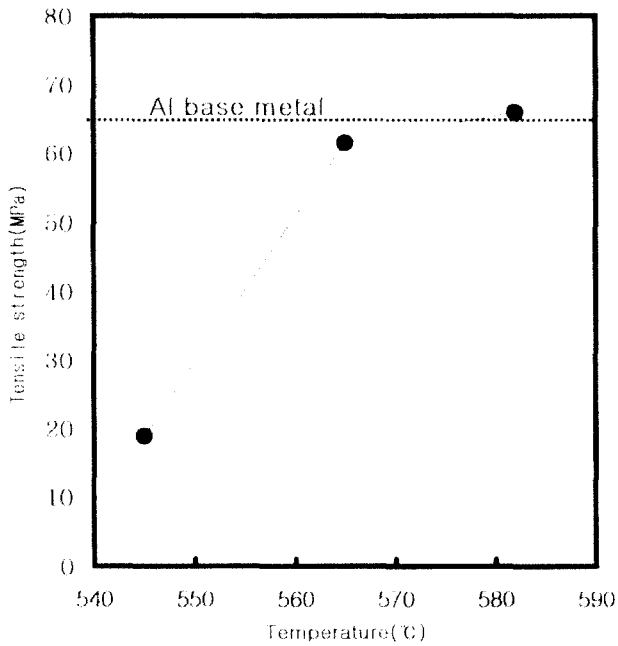


Fig. 5 Relationship between tensile strength and brazed temperature (Al-Si-X filler metal)

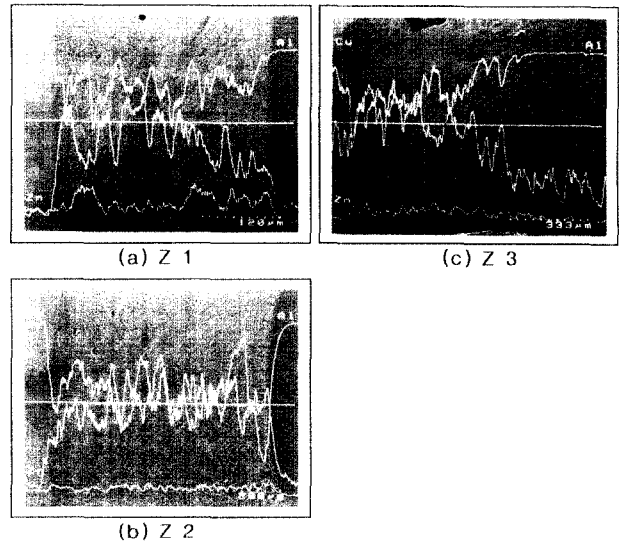


Photo 4 EDX line analysis of brazed joints by Zn-Al-X filler metal

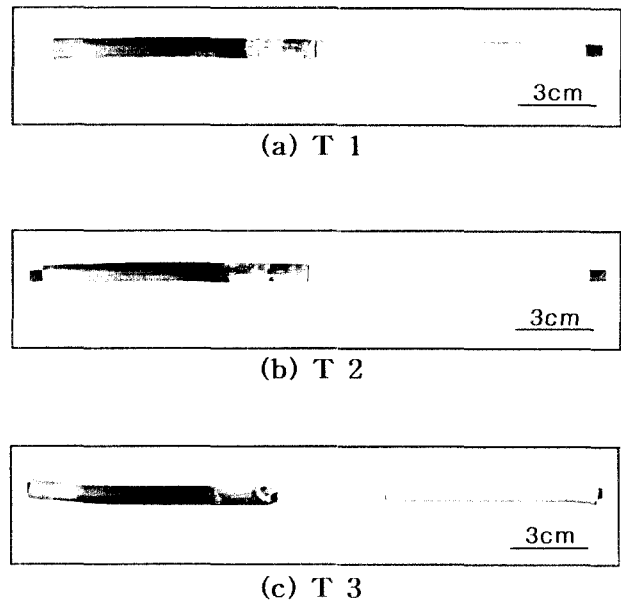


Photo 5 Appearance of specimens fractured after tensile test

생성되어 강도가 낮아진 것으로 사료된다.

삼입금속의 고상선 온도 근방에서 접합된 T2의 경우의 인장 강도는 61.45MPa로서 Al 기재의 인장강도의 93%에 이르고 있으며, 액상선 온도보다 높은 온도에서 접합된 T3의 경우에는 인장 강도가 65.95MPa로서 Al 기재부에서 파단되었다.

Photo 5는 인장시험 후의 시편의 외관을 나타낸 것으로 T1, T2는 접합부 파단, T3은 알루미늄 기재부 파단을 알 수 있다.

Photo 6은 접합부 파단면의 SEM 사진이다. 이 그림중의 (a), (b)는 Al측의 파단면, (c), (d)는 Cu측의 파단면을 나타낸다. 접합부의 파면을 보면 Cu측 접합부에서 파단된 것을 알 수 있다. 그리고 Photo 7은 Photo 6의 파면의 조직을 나타낸 것이다. Photo 7의 (a),

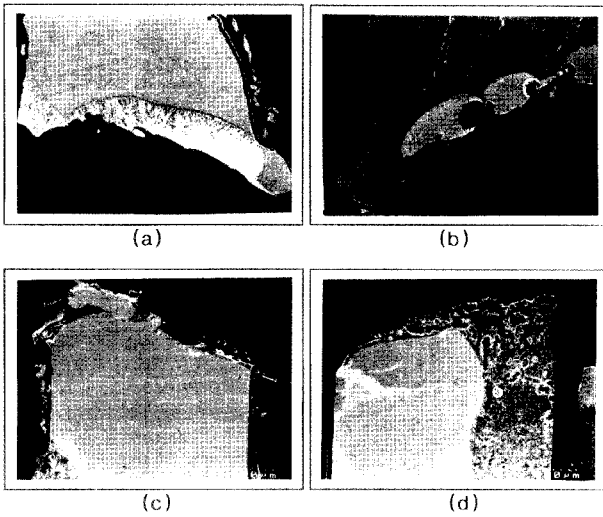


Photo 6 SEM microstructure for fracture plane of brazed joints by Al-Si-X filler metal
(a),(b) : Al side (c),(d) : Cu side

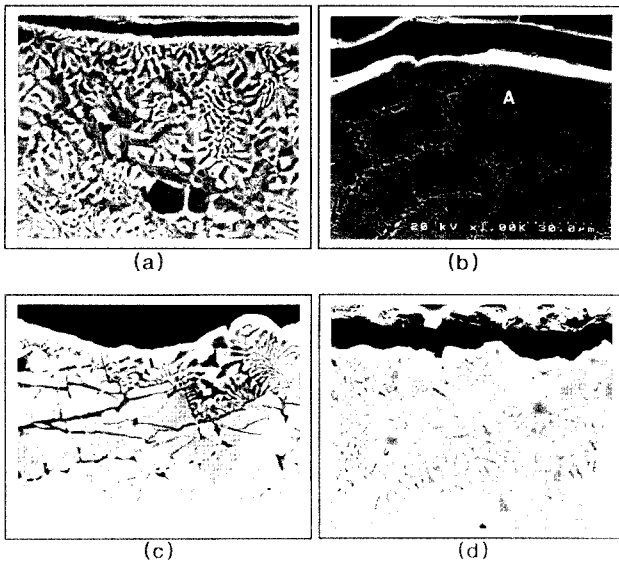


Photo 7 SEM microstructure for fracture plane of brazed joints by Al-Si-X filler metal

(c)와 (b), (d)로부터 파단이 A와 Cu쪽의 삽입재 공정상을 거쳐 파단에 이르게 된 것임을 알 수 있다. 그리고 A는 Photo 1 (d) S4의 다각형상 조직임을 알 수 있다. A를 EDX로 집분석한 결과를 Table 5에 나타내었다. 이 분석 결과로부터 동과 알루미늄의 원자량비는 거의 1 : 2의 정수비의 관계에 있음을 알 수 있다.

동과 알루미늄의 이원계 상태도에서 원자량비가 1 : 2 인 부분은 θ 상에 상당하며, 따라서 이 상은 금속간 화합물인 Al_2Cu 로 사료된다(Massalski, 1986). 이와 같이 Al_2Cu 계의 금속간 화합물의 형성이 강도를 저하시키는 주원인으로 사료되므로 브레이

징 과정에서 이와 같은 금속간 화합물의 생성을 방지하여야만 브레이징부의 강도 상승 및 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

동과 알루미늄 이종재 접합부를 얻기 위해서는 접합부에 취약한 금속간화합물의 생성을 억제하여야 하는 어려운 문제가 선결되어야 할 과제이며, 금속간화합물의 생성을 억제하여 건전한 접합방법의 개발이 절실하게 요구되고 있다. 본 연구에서는 동과 알루미늄 이종재료의 경제적이고 신뢰성이 높은 접합부를 얻기 위한 연구를 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 동과 알루미늄의 접합시 Al-Si-X계 삽입재를 사용한 경우 접합특성이 양호하고, 기계적 특성도 우수하였다. 특히 삽입재의 고상선 온도보다 높은 온도에서 접합한 경우 Al 모재의 인장강도의 90% 이상의 강도가 얻어지며, 접합한 경우 Al 모재부에서 파단되는 등 접합부의 특성이 양호하고 건전한 이음부를 얻을 수 있었다.
- (2) 모재의 청정과 Al-Si-X계 삽입재의 유동성 및 젖음성을 개선하기 위해 불화물계 플럭스를 사용하면 삽입금속보다 10°C 정도 낮은 온도에서 용융이 되어 접합성이 양호하였다. 따라서 동과 알루미늄의 이종재 접합의 플럭스로서는 적당한 것으로 사료된다.
- (3) Zn-Al-X계 삽입재의 경우에는 접합온도에 비해 Zn의 용점이 매우 낮을 뿐만 아니라, 비등점이 낮은 금속에 속하기 때문에 브레이징중에 증발, Zn이 소실되어 접합부의 조직이 Cu-Al의 이원계합금화 되기 쉽고, 이에 따라 취약한 금속간화합물이 생성되는 것으로 사료되며, Zn-Al-X계 삽입재의 용점과 비슷한 플럭스의 필요성을 확인할 수 있었다. 따라서 Cu-Al 이종재의 접합 시에는 삽입재의 선정과 적절한 플럭스를 조합하는 것이 중요하다는 것을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 1998년도 부경대학교의 기성희 연구비 지원에 의해 수행된 과제로서 부경대학교의 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

AWS(1991), Welding Handbook Vol. 2, 8th ed., pp 776~778.
 D. Oelschlagel(1977). "Ultrasonic soldering method for Cu-Al pipe Joint", Welding Journal, Vol. 22, No. 1, pp 21~27.
 W. E. Cooke, T. E. Wright and J. A. Hirschfield(1978). "Furnace brazing of Al with a non-corrosive flux", Welding Journal, Vol.57, No. 12, pp 23~28.
 ASM(1986). Binary alloy phase diagrams, ASM, Vol. 1, pp 106~108.
 T. Watanabe(2000). "Eutectic bonding of Al pipe to Cu pipe", The 1st Korea/Japan workshop on joining technology, pp 63~72.

伊藤猛志(1994). “Cu中間材を用いた同時壓接法によるAl/Cu異材
 継手の接合強度の改善”, 日本溶接學會論文集, Vol. 12, No.
 1, pp 77~81.
 大橋, 橋本(1978). “アルミニウム, アルミニウムと銅との常溫壓
 接でのすべりおよびアノード酸化處理の効果について”, 日本
 溶接學會誌, 47-5, pp 294~299.
 宮崎邦夫(1988). “Al部材の壓接に関する研究(第1報)”, 日本溶接學

會論文集, Vol. 6, No. 4, pp 486~492.
 宮崎邦夫(1989). Al部材の壓接に関する研究(第2報), 日本溶接學
 會論文集, Vol. 7, No. 2, pp 175~181.

2000년 12월 22일 원고 접수

2001년 3월 7일 수정본 채택