

# Al-Si系 필러메탈을 이용한 알루미늄과銅의 브레이징접합

(Brazed Bonding of Aluminum to Copper using Al-Si Series Filler Metal)

\* 김 정일: 목포해양대학

최 영국: 종합폴스타

김 영식: 한국해양대학교

## 1. 序 論

異種材料間的 接合에 擴散接合法의 適用이 넓게 試圖되어 왔으나 알루미늄과 銅間에는 接合의 例는 적으며, 더우기 브레이징 接合法에 의한 알루미늄과 銅間的 接合의 試圖는 더욱 희소하다. 異種材料의 接合時 界面에 形成되는 合金이 層上의 金屬間化合物로 形成되는 境遇가 많으며 이런 境遇에는 이음부의 強度가 母材의 強度에 比하여 매우 낮아지게 되고, 一般적으로 金屬間化合物의 두께가 두꺼울수록 이음부의 強度는 低下하게 된다. 特히 알루미늄과 銅間的 接合時는  $CuAl_2$  등의 金屬間化合物이 많이 생기게 되어 強度低下가 顯著히 나타난다. 따라서 本 研究에서는 이러한 問題點을 解決하기 위해 金屬間化合物의 量을 줄이기 위한 手段으로 銅의 表面에 Ni鍍金을 行한 後 Al-Si系 필러메탈을 利用하여 알루미늄과 銅間的 브레이징 接合을 行하였다. 그리고 이러한 接合時 接合部의 金屬學的 特性 및 強度評價를 통해 接合部의 形狀設計條件 및 接合條件을 確立 하고자 하였다.

## 2. 實驗材料 및 試驗片

實驗에 使用된 材料는 工業用 純 알루미늄인 A 1050과 工業用 純 銅이며, 브레이징 接合에 使用한 필러메탈은 Al-Si系 合金(BA 4145)을 主成分으로 한 알루미늄 브레이징 페이스트를 使用하였다. Table 1은 實驗에 使用된 알루미늄과 銅의 化學成分과 機械的 特性值를, Table 2는 브레이징 필러메탈의 化學成分을 나타낸 것이다. Fig. 1은 試驗片의 形狀, 치수 및 接合狀態를 나타낸 것이다. 銅 試驗片의 表面에 Ni鍍金을 하였으며 그 條件은 Table 3과 같다. 接合은 브레이징 페이스트를 兩 母材에 도포후 大氣中에서 부탄가스 토치를 利用한 加熱工程(570-605°C)을 통해 實施하였으며, 試驗片은 接合部의 겹침比와 Ni鍍金 두께를 變化(10, 20, 40  $\mu m$ )시켜 製作하였으며, 겹침比와 鍍金 두께에 따른 이음부의 強度와 鍍金 두께에 따른 接合部의 微視的 組織과 硬도를 調查하였다.

## 3. 實驗結果 및 考察

### 3.1 Ni鍍金層의 두께에 따른 接合部의 強度特性

Fig. 2는 알루미늄과 銅의 브레이징 接合時 鍍金層의 두께 變化에 따른 接合部의 強度變化를 나타낸 것이다. 여기서 試驗片의 겹침比는 2로 하였다. 이 結果에 의하면 Ni鍍金層 두께의 增加와 더불어 接合強度가 增加하고있다. 이것은 銅側에 Ni鍍金을 함으로 해서 銅의 알루미늄側으로의 擴散을 抑制하여, 銅과 알루미늄間的 脆弱한 性質의  $CuAl_2$  등과 같은 金屬間化合物

물을 형성하지 않기 때문으로 생각된다.

### 3.2 Ni鍍金層의 두께의變化에 따른 接合部의 微視的 組織 및 硬度分布

Photo.1은 銅에 Ni鍍金을 하지 않고 直接 알루미늄과 브레이징 接合한 試驗片 接合部의 銅側 界面組織 寫眞으로 알루미늄과 銅이 共晶狀을 形成한 알루미늄-銅의 合金이 알루미늄側으로 浸透하여, 넓은 範圍에 걸쳐 形成되고 있다. 이러한 알루미늄-銅의 金屬間化合物이 脆弱하여 接合部の 強度를 低下시키는 原因으로 된다.

Photo.2는 銅에  $10\mu\text{m}$  두께의 Ni을 鍍金한후 알루미늄과 브레이징 接合한 試驗片 接合部の 界面組織 寫眞으로 Ni을 鍍金하지 않은 境遇와는 다른 Al-Si系 필러메탈의 組織만 보인다. 알루미늄側에 필러메탈의 熔融에 의한 알루미늄 基地內에 Si가 散在한 狀態로 나타나고 있다.

Photo.3은 銅에  $20\mu\text{m}$  두께의 Ni鍍金한 後 알루미늄과 브레이징 接合한 試驗片 接合部の 界面組織 寫眞으로 Ni鍍金을 하지않은 境遇와 달리 脆弱한 Al-Cu系 金屬間 化合物은 나타나지 않고 Al-Si系 필러메탈의 組織만 보이고 있다. 銅 內部에는 組織의 變化는 없고 알루미늄側의 界面부근에서 필러메탈의 熔融에 의해 알루미늄 基地內에 Si가 散在한 組織이 나타나고 있다.

Fig.3은 銅側에 Ni鍍金을 하지않은 境遇와  $10\mu\text{m}$ ,  $20\mu\text{m}$ ,  $40\mu\text{m}$  두께의 Ni鍍金을 한 境遇의 接合部 界面근방의 微小硬度分布를 나타낸 것이다. Ni鍍金을 하지 않은 境遇에는 알루미늄側으로  $800\mu\text{m}$ 의 範圍까지 약 180HV程度의 높은 값을 보이고 있으며 이것은 알루미늄-銅의 脆弱한 金屬間化合物層이 넓게 形成되고 있음을 알 수 있다. 또한 Ni鍍金을 하였을 境遇에는 알루미늄側 界面근방의 硬度 값은 銅의 母材 값과 비슷한 程度의 硬度分布를 가짐을 알 수 있다.  $40\mu\text{m}$  Ni鍍金 두께의 境遇에 界面근방에서 높은 硬度 값을 갖는 것은 硬質 Ni鍍金 自體의 硬度이다.

### 3.3 接合比에 따른 接合部の 強度特性

Fig.4는 Ni鍍金의 두께를  $40\mu\text{m}$ 로 했을 境遇의 接合比의 變化에 따른 이음부의 剪斷強度(破斷荷重/接合部の面積)와 引張強度(破斷荷重/母材의斷面積)의 變化를 나타낸 것이다.

여기서 接合比 3以下 에서 引張強度가 低下하고 있는 것은 이러한 領域에서는 接合이음부에서 剪斷形으로 破斷이 일어나기 때문이며, 그 以上에서는 母材에서 引張形 破斷이 일어나기 때문이다. 따라서 Ni鍍金의 두께를  $40\mu\text{m}$ 했을 境遇는 接合比가 3以上 이어야 良好한 接合部를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

## 4. 結 論

1. Ni鍍金을 하지않은 境遇에는 알루미늄側으로 넓은層의 脆弱한 金屬間化合物이 形成되어 接合強度가 낮다.
2. Ni鍍金의 두께가 두꺼울 수록 接合強度는 增加한다.
3. Ni鍍金을 한 境遇 接合比가 3以下에서는 接合部에서 破斷되나 그 以上에서는 母材에서 破斷된다.

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of test materials

Al	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 ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )			
100		28			23.5			

Cu	Chemical composition(wt%)							
	Pb	Fe	Ni	S	Mg	O <sub>2</sub>	P	Cu
	0.0004	0.0007	0.0005	0.0019	0.0011	0.0415	-	Bal
	Mechanical properties							
T.S (MPa)		El. (%)			L.E ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )			
240		55			16.8			

Table 2<sup>a</sup> 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 ( $^{\circ}\text{C}$ )		Solidus temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )			Brazing temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )		
585		521			570-605		

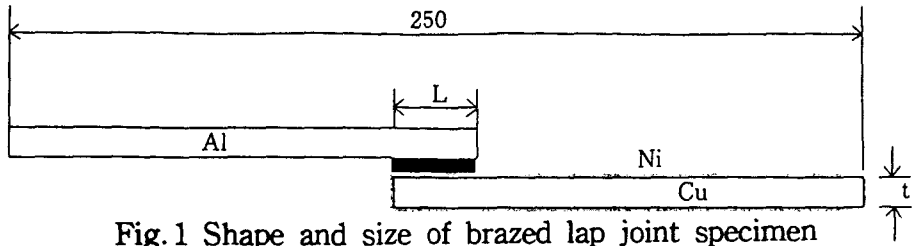


Fig.1 Shape and size of brazed lap joint specimen

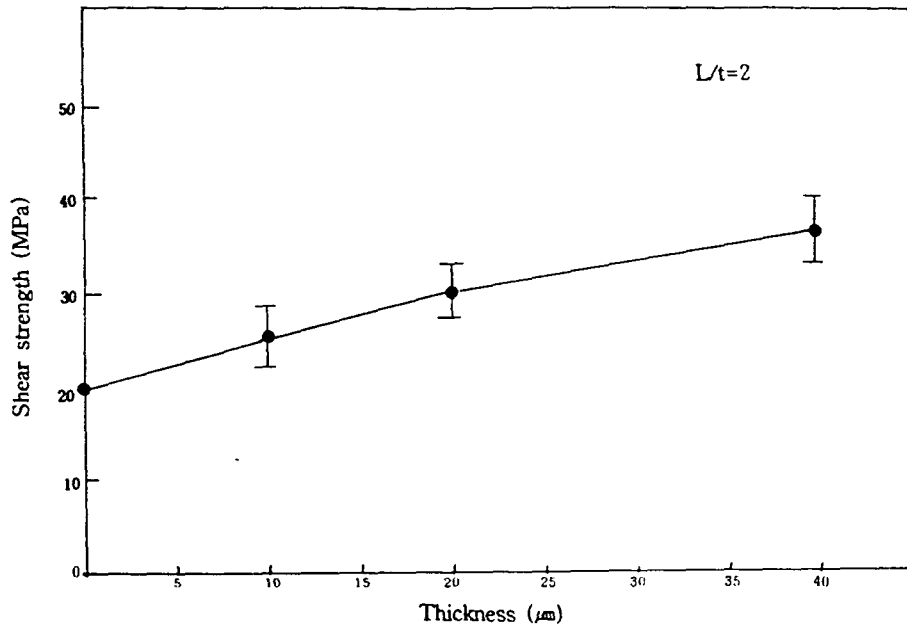


Fig.2 Variation of joint shear strength with Ni plating thickness (Al/Cu joint)

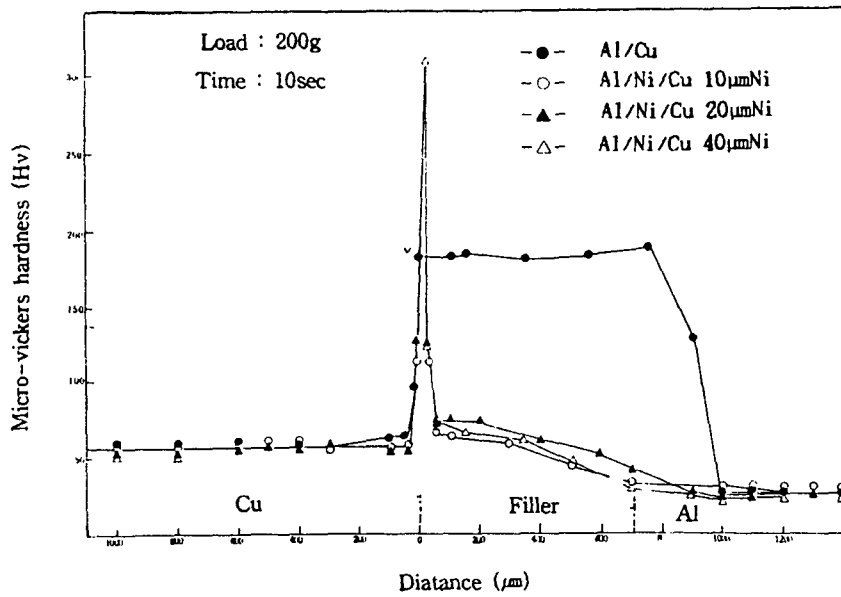
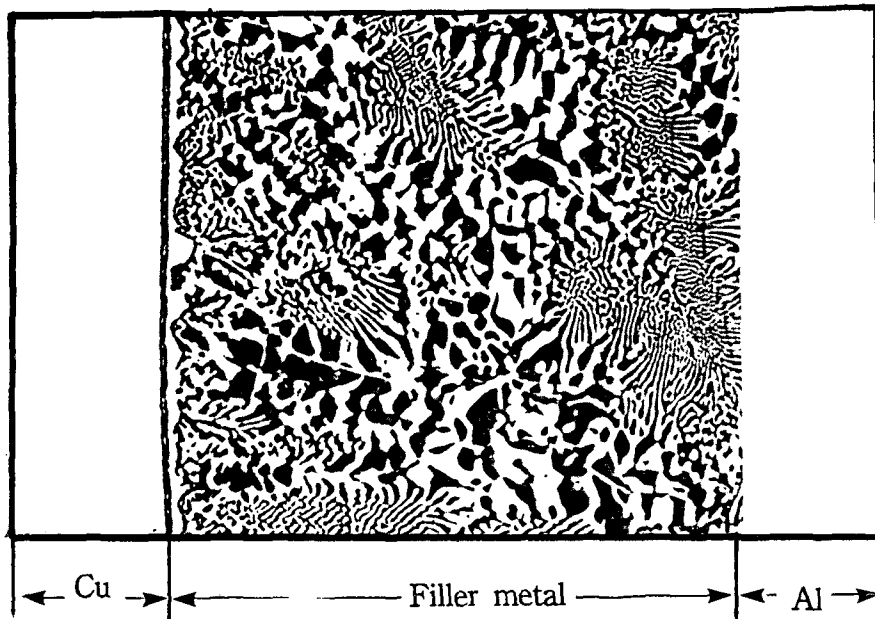
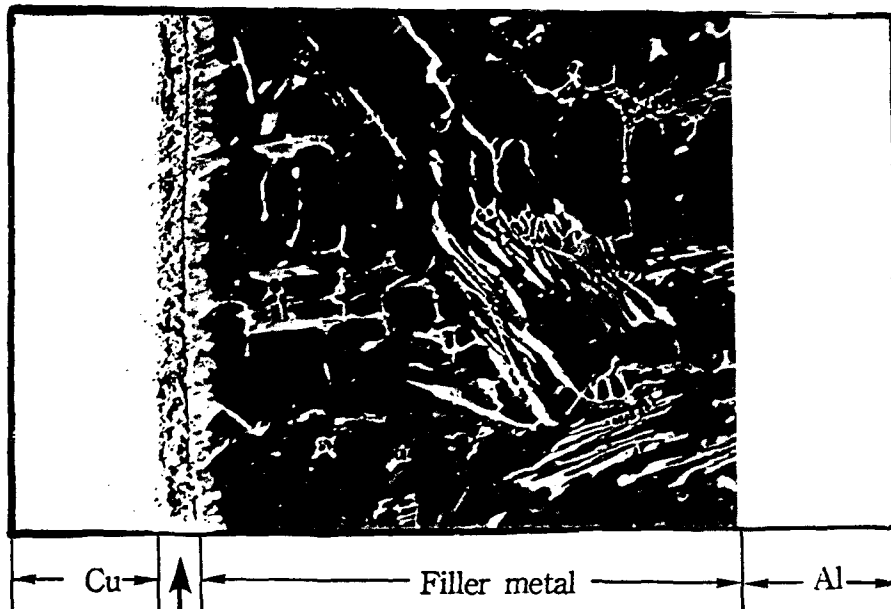


Fig.3 Micro-vickers hardness distribution of Al/Cu joint with Ni plating thickness



100μm

Photo. 1 SEM microscopic appearance of reaction layer in case of non Ni plating (Al/Cu joint)



Ni plating layer

Photo. 2 SEM microscopic appearance of reaction layer in case of 10 $\mu$ m Ni plating (Al/Cu joint)

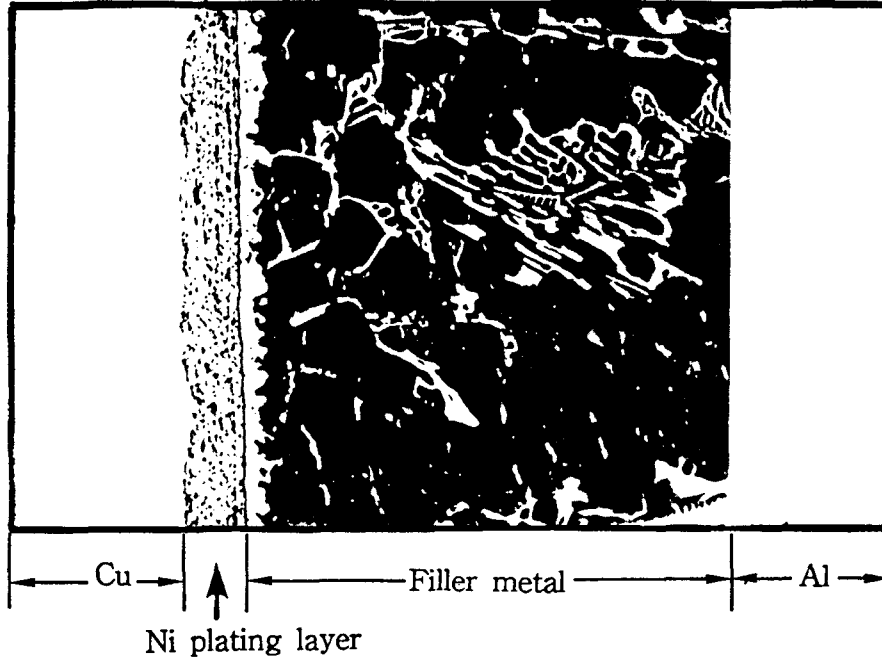


Photo.3 SEM microscopic appearance of reaction layer in case of  $20\mu\text{m}$  Ni plating (Al/Cu joint)

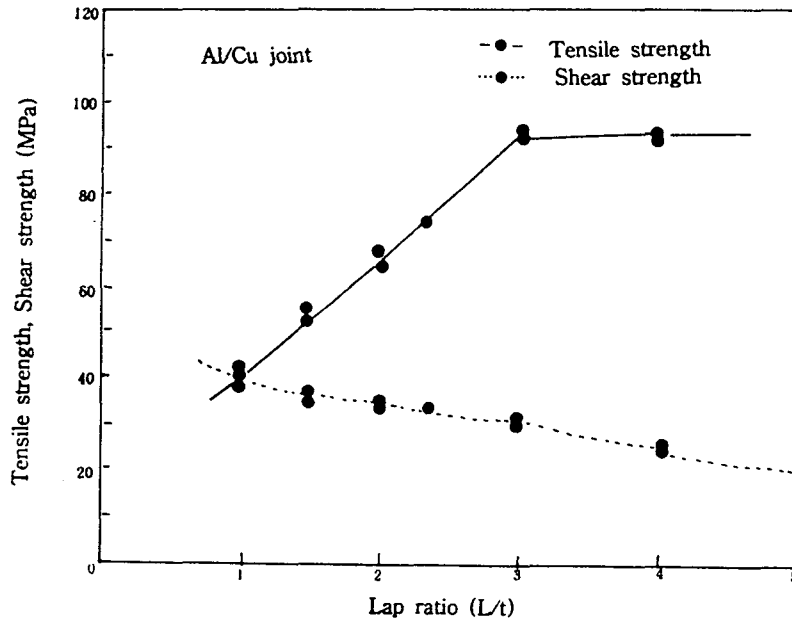


Fig. 4 The relationship between lap ratio and tensile, shear strength