

## 알루미늄 경납땜용 용제의 개발

강성개\* · 이봉원\* · 이철구\*\*

### Development of Flux for Aluminium Brazing

S. G. Kang\*, B. W. Lee\*, C. K. Lee\*\*

**Key Words** : Brazing(경납땜), Flux(용제), Filler Metal(용가재), Brazeability(경납땜성), Melting Point(용융점), Composition Ratio(성분비)

#### Abstract

The object of the research is to develop the flux for aluminium brazing. Five kinds of flux were applied to brazing joint with fin and tube structure using same filler metal.

To estimate the performance of the developed flux, products analysis, differential thermal test, grain size test, observation of crystalline structure, tensile test, corrosion test were made.

From the results of experiment, the following conclusions were obtained.

1. The optimum composition ratio(Wt) of  $AlF_3$  and KF was 50~60% : 40~50%.
2. The optimum melting point of the flux was 567~578°C.

#### 1. 序 論

硬납땜(Brazing)이란 融點이 450°C이상이고 母材의 固相線 보다 낮은 溶加材(Filler Metal)를 사용해

적절한 온도로 이를 가열하여 母材를 接合하는 용접 공정으로써, 이때 溶加材는 母材表面에 젖음(Wetting)과 毛細管 現像을 일으켜 接합부 간극에 충전되며, 확산, 응고의 과정을 거쳐 接合된다.<sup>1,2)</sup>

어떤 종류의 金屬을 硬납땜 할때 택할 수 있는 溶加材의 수는 매우 많으나 통상 자주 이용되고 있는

\*정회원, (주) 만도기계

\*\*정회원, 서울산업대학 기계공학과

溶加材들을 분류해 보면 니켈(Ni)계, 금(Au)계, 구리(Cu)계, 은(Ag)계, 인동계(CuP), 알루미늄(Al)계 등이 있다.

硬납땜에 사용되는 가열원에 따라 硬납땜법을 분류하면 가스硬납땜(Gas Brazing), 노내硬납땜(Furnace Brazing), 유도가열硬납땜(Induction Brazing), 저항硬납땜(Resistance Brazing), 침적硬납땜(Dip Brazing), 적외선硬납땜(Infrared brazing)法 등이 있다.

硬납땜의 特徵으로는 낮은 接合온도를 가지므로 母材의 열화, 열변형, 잔류응력등을 감소할 수 있고, 母材와 유사한 강도, 인성, 내식성을 가질수 있으며, 용접이 서로 다른 異種 金屬의 接合이나, 세라믹스와 金屬간의 接合에 유용하다. 또한 모세관 현상을 이용하여 接合하므로 높은 氣密성을 가지며, 경제성이 우수하다<sup>3)</sup>.

硬납땜의 이러한 長點들에 대한 인식이 확대되어, 재래의 接合 技術이 아닌 새로운 接合 技術로 각광 받고 있는데, 母材의 기능을 그대로 유지 하면서 接合하는 이음이나, 컴퓨터의 두뇌라 하는 고밀도 집적회로(LSI)의 接合, 원자로의 핵심 구성재인 흑연(Graphite)의 接合, 항공기 및 로켓의 엔진 부품이나 우주선(Space Shuttle)의 배관, 세라믹스의 接合등 그 用途와 接合 영역이 계속 증대되고 있다<sup>4-6)</sup>.

國內에서도 최근 생활용품의 硬납땜에서부터 라디에이터(Radiator), 초경공구류, 정밀계측기부품, 전자회로판(PCB), 자동차부품, 항공기부품, 세라믹스와 금속 接合 등에 이르기까지 硬납땜에 관한 수요가 폭발적으로 증가하고 있다.

특히 1970年代 初부터 先進國에서는 자동차용 에어컨(Aircon), 히터(Heater), 라디에타 등이 輕量化되어 구리형(Cu-Brass Type)에서 알루미늄형(Al-Type)으로 됨에 따라 알루미늄 硬납땜재와 溶劑 등에 대해 많은 研究가 이루어 지고 있다.

종래에는 鹽化物系 溶劑(NaCl계)를 많이 사용하여 왔는데 이 鹽化物系 溶劑는 납땜後 腐蝕性 및 吸濕性이 강하므로 제품의 성능을 저하 시킬뿐 아니라

強度에도 문제가 되어 왔다. 그러므로 납땜後 세척 공정이 필요하며 大量生産에도 부적합해 1976년 영국의 Eric Robert Wallace<sup>7)</sup>는 非腐蝕性 및 非吸濕性 溶劑 和合物中 테트라 불화알루미늄산칼륨(KAlF<sub>4</sub>)과 헥사불화알루미늄산칼륨(K<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>)의 거동에 관한 研究를 하게 되었다.

1983년 캐나다의 Aien Thomas Tailor<sup>8)</sup>는 불화칼륨(KF)과 불화알루미늄(AlF<sub>3</sub>)의 適正 組成比가 接合性에 미치는 影響을 研究하여 실용화 시켰으며 또한 1986년 日本의 Hiroshi Kawase<sup>9)</sup>에 의해 非腐蝕性 溶劑의 주요 구성인자인 칼륨(K), 알루미늄(Al), 불소(F)가 接合性에 미치는 영향에 관하여 研究되었다.

그러나 이러한 需要 增加에 비해 알루미늄 硬납땜材의 開發과 生産, 適用에 관해서는 국내 수준이 매우 낮은 상태이다. 그러므로 本 研究는 알루미늄 硬납땜用으로 사용할 수 있는 非腐蝕性 溶劑를 開發하여 용접 분야의 기술 선진화에 기여 하고자 한다.

## 2. 實 驗

### 2.1. 實驗材料

#### 2.1.1 母材(Base Metal)

本 實驗에 사용한 實驗材는 KS-D-6705, KS-D-6759 규격의 알루미늄(Al) 튜브(Tube)와 핀(Fin)으로 Fig. 1과 같다.

母材의 化學的 成分과 기계적 성질은 Table 1에 표시하였다.

#### 2.1.2 溶加材(Filler Metal)

本 實驗에 사용된 溶加材는 핀에 입혀진 것으로 JIS-Z 3263 규격이며 용가재의 化學的 成分과 용접은 Table 2에 표시하였다.

Table 1. Chemical Compositions of the Material

Base Metal	Chemical Compositions Wt(%)									Tensile Strength	Melting Point(°C)
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Al	Others		
A1070P TUBE	0.04	0.06	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	99.7	0.03	5.6 kgf/mm <sup>2</sup>	651
A3003P FIN	0.6	0.7	0.1	1.25	-	0.1	-	97.1	0.15	9.7 kgf/mm <sup>2</sup>	648

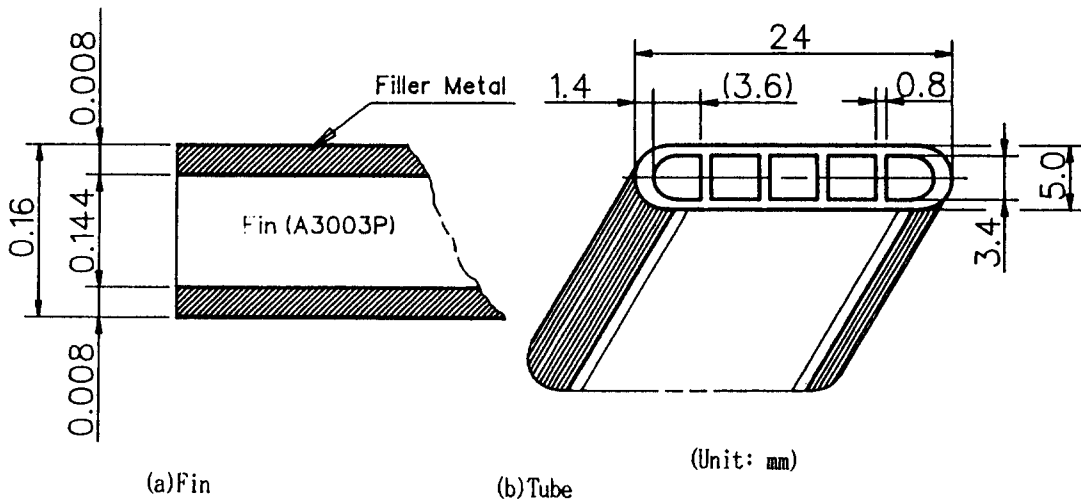


Fig. 1 Brazing Joint Specimen for Flux Application

Table 2. Chemical Compositions of the Filler Metal

Filler Metal	Chemical Compositions Wt(%)										Melting Point(°C)
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Ca	Al	Others	
BA4045	10	0.3	0.3	0.05	0.07	0.1	0.2	0.001	88.829	0.15	582

2.1.3 溶劑(Flux)

本 研究에서는 溶劑를 開發하기 위해 Table 3과 같은 原料 조성비율을 달리한 5종의 試驗溶劑를 製造 하였다.

Table 3. Chemical Compositions of Flux Material

Specimen Number	Material Wt(%)		Mean Grain Size (μm)
	AlF <sub>3</sub>	KF	
No. 1	70	30	20.4
No. 2	60	40	20.4
No. 3	56	44	20.4
No. 4	50	50	20.4
No. 5	40	60	20.4

2.2. 實驗方法

2.2.1 溶劑(Flux)의 製造工程

용제의 제조 공정은 Fig. 2에 나타냈다.

AlF<sub>3</sub>, KF 반응 및 회석.....두 성분의 중량비(Wt. %) 조성을 달리하여  
 ↓  
 1kg씩 反應 및 稀釋  
 乾燥 및 溶融.....乾燥 : 210°C에서 2시간  
 ↓  
 溶融 : 620°C에서 3시간  
 冷却.....액화질소가스를 사용하여 5시간 냉각  
 ↓  
 粉碎.....입자 크기는 균일하게 粉碎

Fig. 2 Preparation Process of Testing Flux

2.2.2 溶劑의 生成物 測定試驗

開發 溶劑의 生成物 組成을 X-선 회절분석기(X-Ray Diffraction Analyzer)를 이용하여 測定 하였다.

2.2.3 溶劑의 融點(Melting Point) 試驗

開發 溶劑의 溶融狀態 및 溶融點을 알아보기 위해 熱分析 試驗(Differential-Thermal Analyzer : D. T. A)을 하였다.

2.2.4 溶劑(Flux)의 塗布된 量 測定

開發 溶劑를 粒度 分析機(Micro Photo Sizer : M. P. S)로 溶劑의 粒子 크기를 분석하고 5%(溶劑 5%, 물 95%)의 濃度로 試驗片에 噴射(Spary)하여 乾燥 시킨 후 試驗片에 塗布된 溶劑의 量을 전자 저울을 이용하여 測定 試驗 하였다. 溶劑 塗布量은 1m<sup>2</sup>의 表面積에 塗布된 溶劑量으로 나타낸다.

2.2.5 溶劑(Flux)의 構造

開發된 試驗 溶劑의 組織을 알아보기 위해 주사 전자현미경(Scanning Electron Microscopy : SEM)을 이용하여 분석 하였다.

2.2.6 硬납땜性(Brazeability)試驗

開發 溶劑試片(5種)을 사용하여 동일한 條件(산소 100ppm, 시료 온도 증가율 25°C/min, 이송속도 1100 mm/min, 塗布量 5g/m<sup>2</sup>, 硬납땜 온도 605°C)하에서 硬납땜한 後 Fig. 3과 같이 試片을 채취하여 필렛 길이를 測定 하였다.

또한 試驗片은 접합성능을 알아보기 위해 接着率을 測定 하였다. 接着率(%)은 [(전 접착 개소-불량 접착 개소)/전 접착 개소]×100(%)이다.

2.2.7 引張 試驗

開發 溶劑 試片을 사용하여 위 6)과 동일한 조건 하에서 硬납땜 한後 Fig. 3과 같은 인장시험편을 제작

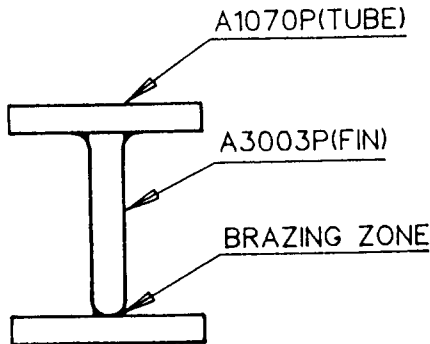


Fig. 3 Specimen of Tension Test

하여 引張強度 측정 및 과단 부위를 관찰하였다.

2.2.8 硬납땜(Brazing)部 腐蝕 試驗

開發 溶劑 試片을 사용하여 위 6)과 동일한 조건 하에서 硬납땜 한후 시험온도 35°C, 염분 5%, 부식 시간 720시간으로 監水 噴霧 試驗을 하여 腐蝕性 여부를 조사하였다.

3. 實驗結果 및 考察

3.1. 原料 組成 比率에 따른 溶解後 生成物

Table 4는 溶融後 溶劑의 生成物을 나타내고 있다.

Table 4. Products of Flux After Melting

Specimen Number	Composition of Raw Material(Wt.%)		Composition of Products(Wt.%)		
	AlF <sub>3</sub>	KF	K <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	AlF <sub>3</sub>	KAlF <sub>4</sub>
No. 1	70	30	-	26.4	73.6
No. 2	60	40	-	2.1	97.9
No. 3	56	44	14.8	-	85.2
No. 4	50	50	34.4	-	65.6
No. 5	40	60	72.1	-	27.9
Nocolok	57.5	42.5	15.9	-	84.1

Table 4에서 溶劑原料인 불화알루미늄(AlF<sub>3</sub>)과 불화칼륨(KF)의 組成比에 따라 溶融後 生成物이 다르게 나타나는 것을 알 수 있으며 溶劑 역할을 하는 주생성물은 테트라불화알루민산칼륨(KAlF<sub>4</sub>)임을 알 수 있다. Fig. 4는 용융후 생성물의 X선 회절분석 결과로서 테트라불화알루민산칼륨(KAlF<sub>4</sub>)의 현저한 생성을 확인 할 수 있다. 또한 현재 사용중인 外産(Nocolok Flux)의 溶融後 生成物과 開發 용제 생성물을 비교하여 불매 生成物中 불화알루미늄(AlF<sub>3</sub>)과 헥사불화알루민산칼륨(K<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>)은 溶劑로서 主成分이 아니라 보조 역할을 해주는 것으로 생각된다.

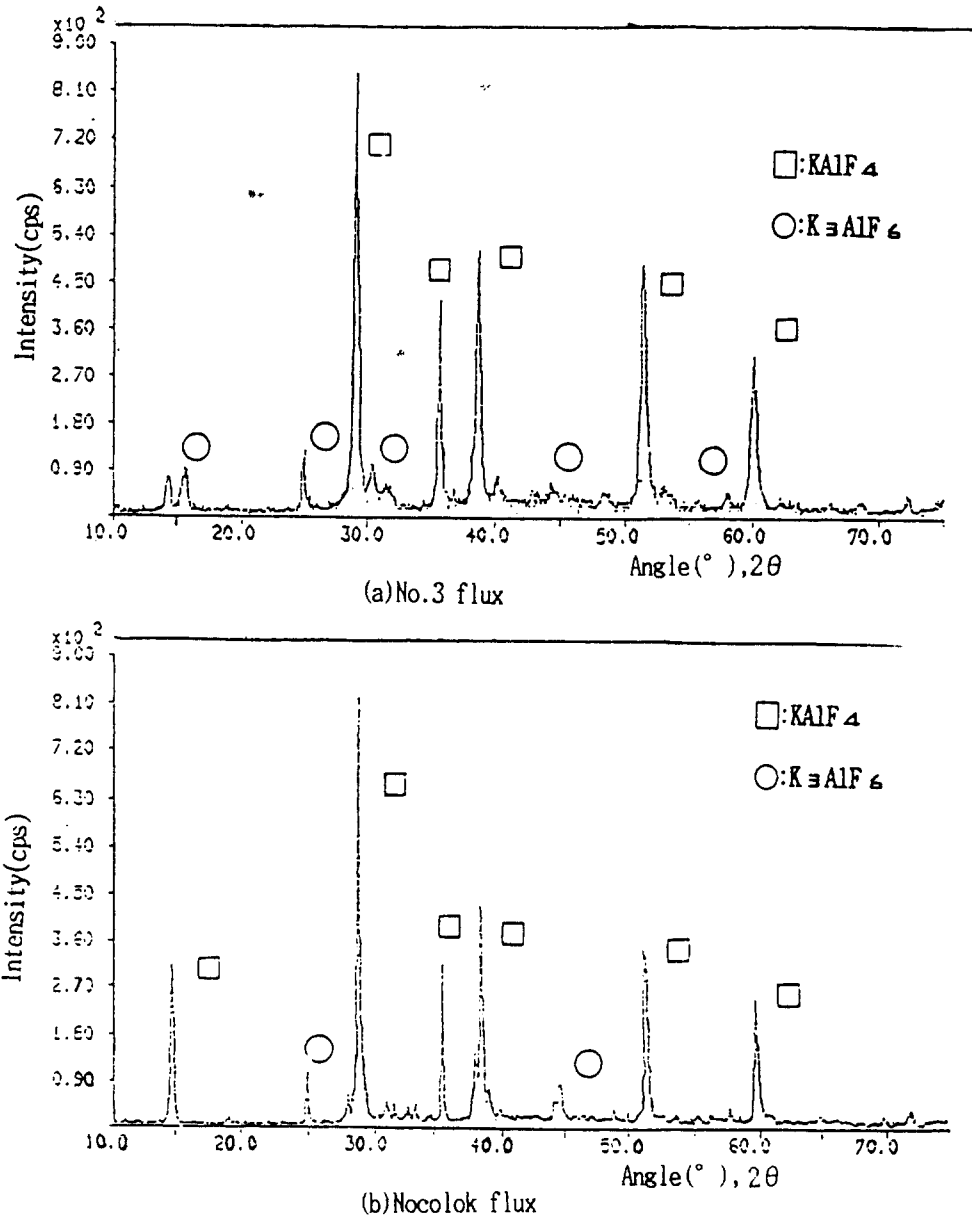


Fig. 4 Composition Analysis of Products After Melting.

3.2. 生成物 組成 比率에 따른 融點(Melting Point)

Table 5에 生成物 組成 比率에 따른 融點 變化를

나타냈으며 Fig. 5에 熱分析試驗(Differential Thermal Analyzer : DTA) 結果를 나타냈다.

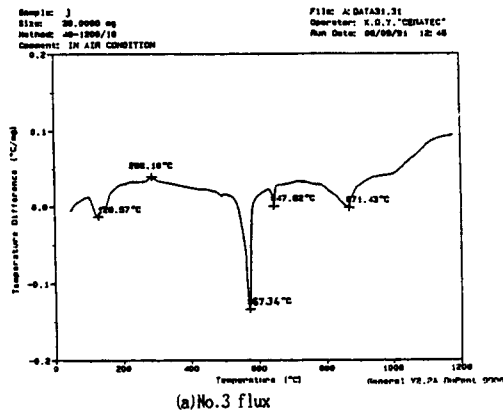
生成物 組成변화에 따라 融點이 다르게 나타났으며 生成物중 불화알루미늄( $AlF_3$ )과 헥사불화알루미늄산 칼륨( $K_3AlF_6$ )의 함유 比率이 커짐에 따라 용점이

**Table 5. Products and Melting Point**

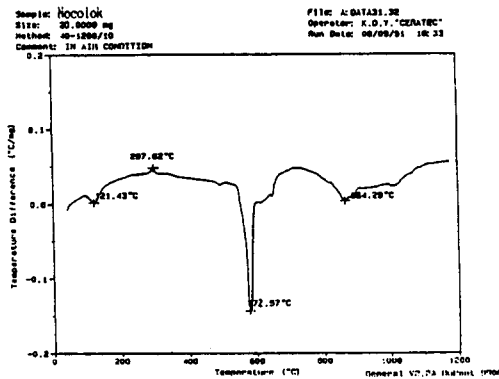
Specimen Number	Products WT(%)			Melting Point (°C)
	K <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	AlF <sub>3</sub>	KAlF <sub>4</sub>	
No. 1	—	26.4	73.6	585.25
No. 2	—	2.1	97.9	578.24
No. 3	14.8	—	85.2	567.34
No. 4	34.4	—	65.6	576.45
No. 5	72.1	—	27.9	590.62
Nocolok	159	—	84.1	572.57

높아졌다.

그리고 헥사플화알루미늄산칼륨(K<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>)과 테트라플화알루미늄산칼륨(KAlF<sub>4</sub>)의 共晶點이 562°C이고 溶加材의 溶融點이 582°C이므로 溶劑로 사용할 수 있는 용제의 溶融點은 562°C이상 582°C이하가 되는 것이 바람직하다<sup>7)</sup>



(a)No.3 flux



(b)Nocolok flux

**Fig. 5** Result of Differential Thermal Analysis

따라서 試片 No. 1,5는 溶劑로서 融點이 높아 否適合하고 試片 No. 2, 3, 4는 용제로서 適合하다고 사료된다.

Fig. 5는 열분석시험 결과로서 試片 No. 3의 융점(567.34°C)이 외산(Nocolok)의 융점(572.57°C)보다 다소 낮게 나타났다.

### 3.3. 溶劑(Flux) 塗布量

Table 6에 溶劑 塗布量 關係를 표시했다.

**Table 6. Grain Size of Flux and Coating Quantity**

Specimen Number	Mean Grain Size	Amount of Coated Flux (g/m <sup>2</sup> )
	Max. Size(μm)/Min.Size	
No. 1	60/20.4	1.38
No. 2	60/20.4	1.38
No. 3	60/20.4	1.39
No. 4	60/20.4	1.39
No. 5	60/20.4	1.39
Nocolok	80/24.7	1.31

溶劑가 塗布되는 量은 溶劑原料 化合物 比率에는 거의 무관하고 외산용제시료와 試片 No. 1~5 시료를 비교해 볼때 溶劑의 최대 및 최소 입경의 크기에 따라 도포되는 量이 변화되는 것을 알 수 있었다.

### 3.4. 溶劑(Flux)의 結晶 觀察

Photo. 1은 開發 試片 No. 3 溶劑의 決定을 나타낸 것이다.

開發 試片 No. 3 溶劑와 外産 溶劑의 決定 化合物은 테트라플화알루미늄산칼륨(KAlF<sub>4</sub>)과 헥사플화알루미늄산칼륨(K<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>)으로 구성되어 있으며 그외의 成分은 觀察할 수 없었다. 단지 試片 No. 3 溶劑의 結晶 分布가 外産 溶劑 結晶 分布보다 均일한 分포를 이루고 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 외산용제 시료는 제조한지 오래되어 약간의 水分을 함유하고 있어 용제입자가 서로 부착되어 있는 것으로 생각된다.

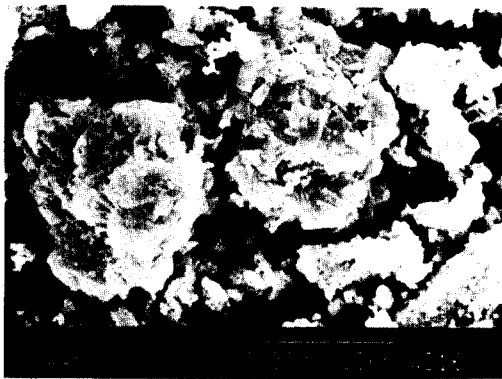
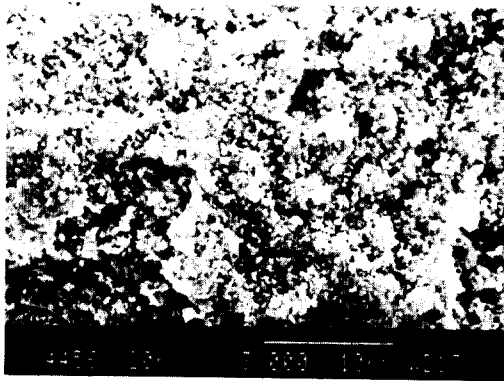


Photo. 1 Crystalline Structure of Flux by Scanning Electron Microscopy

### 3.5. 生成物 組成 比率에 따른 硬납땜性

Table 7은 질소가스 분위기에서 시험용제를 사용하여 硬납땜 하는 경우 生成物 組成 比率에 따른 硬납땜 特性을 나타낸 것이다.

Table 7. Result of Brazeability Test

Specimen Number	Brazeability	
	Adhesive Ratio(%)	Fillet Length(mm)
No. 1	76	0.56
No. 2	99.3	1.31
No. 3	100	1.39
No. 4	100	1.38
No. 5	74.3	0.6
Nocolok	100	1.38

溶劑 No. 2, 3 및 4로 硬납땜한 시료의 접착율이 양호하게 나타났으며 필렛길이는 No. 2를 사용하여 硬납땜한 시료만 No. 3, 4에 비해 약간 작게 나타났다. 그러나 No. 1, 5를 사용하여 硬납땜한 시료는 접착율 및 필렛 길이가 불량하게 나타났다.

따라서 접착율 및 필렛(Fillet) 길이가 불량한 溶劑 No. 1, 5는 접합강도가 부족하고 溶劑 No. 2, 3 및 4는 接合強度가 우수할 것으로 판단된다.

### 3.6. 生成物 組成 比率에 따른 引張 強度

Table 8은 시험용제를 사용하여 경납땜한 접합부의 인장강도 변화를 나타낸 것이다.

Table 8. Test Result of Tensile Strength

Specimen Number	Tensile Strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	Failure Zone
No. 1	2.8	Brazed Zone
No. 2	4.7	Base Metal(A1070P)
No. 3	4.9	Base Metal(A1070P)
No. 4	4.9	Base Metal(A1070P)
No. 5	2.7	Brazed Zone
Nocolok	4.8	Base Metal(A1070P)

生成物 比率에 따라 硬납땜부의 引張強度 및 파단 부위가 다르게 나타난다. 試片 No. 3, 4 溶劑를 사용한 試料의 引張強度는 母材와 거의 동일한 強度를 유지하고 파단 부위도 硬납땜부가 아니라 母材에서 파단 되었다.

그러나 試片 No. 1, 5 溶劑를 사용한 시료의 引張強度는 극히 낮고 파단 부위가 硬납땜부에서 파단 됨을 알수 있었다.

### 3.7. 生成物 組成 比率에 따른 腐蝕

試片 No. 1, 2, 3, 4, 5 溶劑와 外産 溶劑(Nocolok)를 사용해서 監水噴霧試驗으로 부식 여부를 觀察한 結果 硬납땜한 試片 모두가 腐蝕性이 없는 것으로 나타났다.

따라서 테트라불화알루미늄산칼륨(KAIF<sub>6</sub>)과 헥사불화알루미늄산칼륨(KAIF<sub>3</sub>) 組成比率과 腐蝕關係는 전혀 무관하고 테트라불화 알루미늄산칼륨(KAIF<sub>3</sub>)과

헥사불화알루미늄산칼륨( $K_3AlF_6$ )으로 구성된 용액은 비부식성으로 판단된다.

#### 4. 結 論

本 研究에서는 불화알루미늄( $AlF_3$ )과 불화칼륨(KF)의 成分을 原料로 한 알루미늄 硬납땜용 비부식성 용액을 製造하여 그 性能을 검토하였다.

이를 위해 原料 組成比에 따른 溶融後 生成物試驗, 熱分析試驗, 粒度試驗, 結晶構造觀察, 接合成試驗, 引張試驗, 腐蝕試驗 등을 하여 얻어진 結果는 아래와 같다.

- 1) 용액原料인 불화알루미늄( $AlF_3$ )과 불화칼륨(KF)의 組成重量比는 50~60%對 40~50%가 적당하였다.
- 2) 용액의 粘着 溶融點은  $567^{\circ}C - 578^{\circ}C$ 이었다.

#### 參 考 文 獻

- 1) AWS, Brazing Manual, AWS, (1963), pp. 33-S-54-S
- 2) ASM, "Welding and Brazing Soldering", ASM, Metals Handbook, Vol. 6, (1984), pp. 927-S-1032-S
- 3) 堀仁, "るう付의 特徵とその應用", 溶接技術, No. 4, (1979), pP. 21-S-27-S
- 4) 吉田, "最適의 内外國의 るう付의 話題", 溶接技術, No. 4, (1985), PP. 31-33
- 5) 三井, "赤外線 加熱 はんた"付法", 溶接技術, No. 4, (1985), PP. 40~43
- 6) 岡本, はんた"付, るう付 技術의 動向", 溶接技術, No. 9, (1986), PP. 25~26
- 7) Eric Robert Wallace, "Joining of Metal Surfaces", Us Patent No.(3951328), (1976), PP. 1-S-14-S
- 8) Aien Thomas Tailor, "Bonding Method of Aluminium" Japan Patent No(昭 56-27037), (1983), PP. 1-S-12-S
- 9) Hiroshi Kawase, Flux for Brazing the Aluminium parts and preparing Method of the same, Us Patent No. 4579605.(1986), PP. 1-S-10-S

- 1) AWS, Brazing Manual, AWS, (1963), pp. 33-S-