

研 究 論 文

大韓 韓 熔 接 學 會 誌
第 5 卷, 第 3 號, 1987 年 9 月
Journal of the Korean
Welding Society
Vol. 5, No. 3, Sep., 1987

異種金屬의 常溫壓接에 關한 研究

嚴 基 元* · 李 喆 求**

A Study on the Cold Pressure Welding of Dissimilar Metals

K. W. Um*, C. K. Lee**

Key Words ; Cold Pressure Welding(상온압접), Surface Roughness(표면 거칠기)
Welding Pressure(용접압력), Welding Stage(용접단), Welding Time(용접시간)

Abstract

This paper presents the weldability for cold pressure butt welding method in junction of dissimilar metals each other. Although the weldability between the same aluminium metal plate welding has been studied, the study of it the rod of aluminium and copper has not fully been investigated.

The purpose is to suggest the optimal conditions on the rod of those under above method. To obtain the optimal conditions, associated experiments were performed in a various welding parameters.

Consequently, it was proved that the mechanical properties such as tensile strength, hardness and bending strength could be obtained excellent particularly under the welding conditions;

pressure is $(32 \sim 39) \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$,
time is beyond 70 seconds,
stage is higher than fifth stage.

1. 緒 論

熱을 利用한 融接은 熱에 의한 變形과 應力集中을 誘發시키기 때문에 이러한 熔接缺陷을 改善시키기 위하여 熱變形과 應力集中을 피할 수 있는 새로운 接合 方法을 必要로 하게 되었다.

이중에서 常溫壓接은 常溫에서 큰 壓力을 加하여 接合하는 方法으로 融接法에 比하여 脆化되지 않아 異種金屬의 熔接에 많이 利用되고 있다.

現在 메탈베어링 (metal bearing)이나 바이메탈

(bimetal) 등과 같이 異種金屬을 壓接하여 製品化한 것이 이미 生産되고 있으나 材料에 따른 壓接條件이 究明되어 있지 않은 실정이다. 그러므로 알루미늄에 대한 熔接條件¹⁾과 산화막의 영향²⁾ 등을 토대로 異種金屬(Al-Cu)의 壓接條件을 實驗으로 研究하여 腐蝕環境에서의 金屬의 클래딩(cladding)이나 더 나아가 피뢰침이나 送配電線과 같은 強도와 電氣電導도가 要求되는 製品의 生産에서 異種金屬으로 内外를 이 루게 하는 것은 材料原價의 節減으로 經濟的 效果를 거두리라고 보아 이 研究를 始作하였다.

또한 現在의 研究동향으로 電氣鐵道の 電線을 壓

1986년도 추계 학술 발표 대회 발표

* 한양대학교 정밀기계공학과, 정회원

** 경기공업개발대학 기계공학과, 정회원

接하는 技術³⁾이 개발되고 있으며 橋本은 同種金屬에 대한 固相熔接⁴⁾에서 표면처리나 接合溫度, 熔接時間等を 研究하였다. 이와같이 同種材의 壓接에서 壓接材의 機械的 性質이나 壓接過程에 대한 定量的 檢討⁵⁾ 등은 이루어지고 있으나 異種金屬에 대한 것은 아직도 미흡한 상태이다.

常溫壓接의 由來를 보면 A. B. Kinzel⁶⁾의 研究에서 本格的인 體系가 세워지기 始作했으며 이 研究에서는 壓接面에 存在하는 酸化물이 母材쪽으로 擴散되고 境界面에서는 粒子成長이 일어나며 溫度와의 差異에 따라 擴散의 程度가 다르다는 擴散說을 主張하였다. 또한 J. M. Parks⁷⁾는 두 接合面의 接合強度가 再結晶溫度에서 急激히 上昇하며 孔隙부가 작고 空洞이 없어야 良好한 接合이 이루어진다고 하였다. 이외에 L. Fine⁸⁾은 壓接過程을 表面張力 理論을 利用하여 空洞이 球狀으로 뒹을 立證했으며 橋本⁹⁾은 變形量의 增大는 空洞의 크기를 減少시키고 界面에 너지를 低下시켜 壓接面의 空洞을 收縮, 消滅시킴으로써 接合이 이루어진다고 하였다.

壓接에서는 材料의 表面狀態, 熔接時間, 接合表面에 加해지는 壓力 및 母材의 金屬物理學的 性質等 여러가지 條件들이 熔接性에 重要한 因子가 되고 있다. 本 研究에서는 알루미늄과 銅의 常溫壓接에 있어서 熔接段數와 熔接時間 및 熔接壓力의 變化에 따른 接合部의 狀態를 觀察하여 最適의 壓接條件을 究明하고자 하였다.

2. 實 驗

2.1. 實驗方法

2.1.1. 實驗材料

本 實驗에 使用된 材料는 市販되는 直徑 8mm의 알루미늄합금과 銅合金으로써 그 化學的 組成 및 機械的 性質을 Table 1에 表示하였다.

Table 1. Chemical composition and mechanical properties of aluminium and copper.

Material	Chemical compositions(%)							Tensile Strength (kg/mm ²)	Elongation (%)
	Cu	Fe	Zn	Si	Mn	Mg	Al		
Aluminium	0.31	0.41	0.00	0.18	0.61	1.80	96.69	65	6
Copper	99.70	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20	15

2.1.2. 壓 接

壓接할 材料의 接觸表面에 붙어있는 附着物은 表面에서의 原子擴散을 妨害하여 加壓後에도 片面의 完全密着을 妨害한다. 따라서 表面을 #1000의 사포(Sand paper)로써 完全히 加工한 後 메틸알콜로 洗淨하였다.

Fig. 1은 표면 조도계(Surface roughness tester)로 測定한 表面거칠기를 나타낸 것인데 이 거칠기의 程度가 大氣와 接觸하는 面積의 크기를 決定하고 또한 壓接後氣孔의 有無에 影響을 미치는 重要한 要素이다.¹⁾

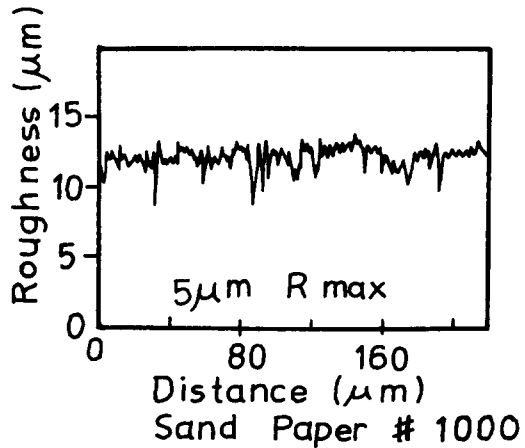


Fig. 1. The result of roughness test

壓接機는 Fig. 2에 보인바와 같은 유압회로로 構成되어 最大 $50 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ 의 壓力을 加할 수 있고 鋸口(Jaw)는 $\phi 8\text{mm}$ 를 熔接할 수 있는 것으로 製作하여 壓接을 實施하였다. 이때 熔接壓力을 $18 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$, $25 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$, $32 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$, $39 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$, $46 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ 로 하고 各各에 대한 熔接段을 3段, 4段, 5段, 6段으로 하고 加壓되어 지는 熔接時間을 50sec, 60sec, 70sec, 80sec, 90sec, 100sec로 하여 壓接하였다.

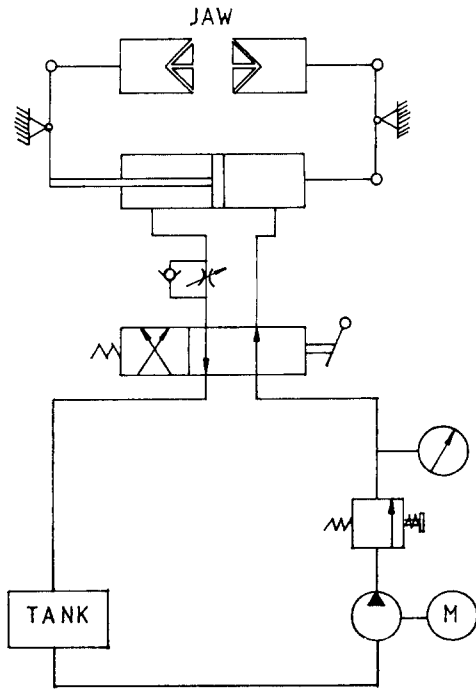


Fig. 2. Schematic of cold pressure welder.

2.2. 試驗 및 檢査

2.2.1. 機械的 性質 試驗

(1) 引張強度 試驗

壓接한 試片의 引張強度를 測定하기 위해 KS. B 0801에 準하여 引張試驗片을 製作하고 KS.B0802에 따라 U.T.M을 使用하여 常溫에서 5mm/min의 cross-head speed로 引張強度를 測定하였다.

(2) 硬度 試驗

試片의 硬度分布가 어떻게 되는가를 알아보기 위

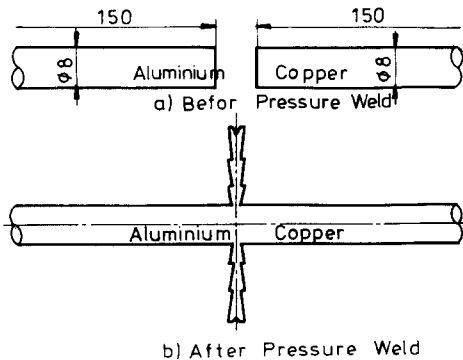


Fig. 3. Shape of pressure welding specimen.

하여 KS.B0811의 硬度試驗方法에 따라 KS.B5525의 精密度에 適合한 Micro Hardness Tester로 試片의 비커스(Vickers)硬度를 測定하였다.

(3) 굽힘 試驗

壓接部의 신뢰도를 평가하기 위하여 굽힘試驗片을 KS.B0803에 準하여 제작하고 KS.B0804에 따라 굴곡시험기를 사용하여 램(Ram)의 속도 5mm/min로 굽힘시험을 하였다.

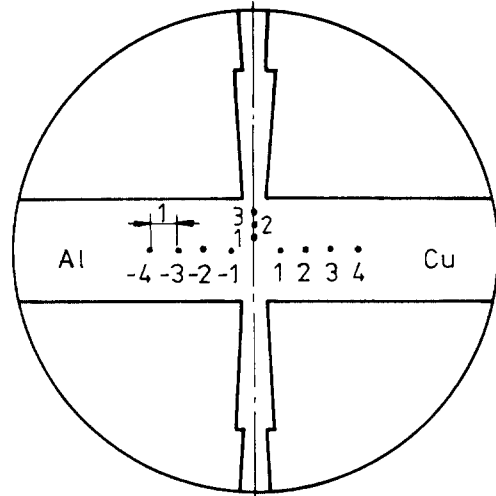


Fig. 4. Specimen of hardness test for cold pressure welded joint.

2.2.2. 顯微鏡 組織觀察試驗

압접부위의 組織이 어떻게 變하는가를 알아보기 위해 各各의 壓接條件에서 壓接한 試片을 壓接後 12 時間이 經過한 다음에 採取하여 檢査面을 研磨하였다. 研磨가 完了된 試片을 腐蝕液에 넣어 10秒間 腐蝕시켰다. 銅合金은 염화제2철 + HCl + H₂O를 알루미늄合金은 崩산을 사용하였다. 腐蝕後 乾燥하여 光學顯微鏡을 利用하여 압접부위를 撮影하였다.

3. 實驗結果 및 考察

3.1. 壓接條件과 引張強度의 關係

壓接은 두 母材가 塑性變形을 일으킬 수 있는 程度의 壓力을 加해서 接合面에 생기는 原子의 擴散을 利用, 固相狀態에서 接合하는 方法으로 먼저 接合하고저 하는 母材의 接合表面을 相互間에 原子間 引力이 作用할 때까지 接近시키는 것이 必要하다.

Fig.5는 原子間에 作用하는 힘과 原子間 距離와의

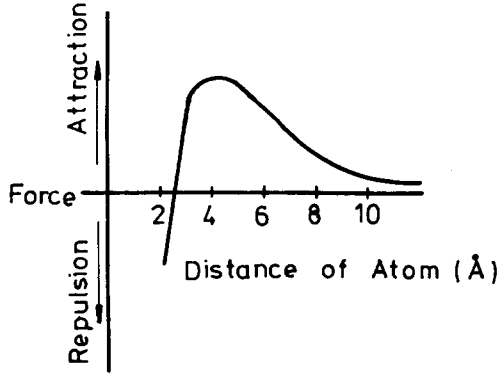


Fig. 5. Relation between force and distance.

關係를 나타낸 것으로 2개의 原子가 멀리 떨어져 있을 때에는 原子間에 作用하는 相互間的 引力은 거의 零이지만 서로 接近시킴에 따라 相互間的 引力은 增加하게 된다. 그리고 原子가 서로 接近하게 되면 引力과 斥力の 크기가 같아지게 되므로 原子相互間에 作用하는 힘은 零이되어 에너지적으로 매우 安定된 狀態가 된다. 이러한 狀態로 되면 自由電子가 共通化되어 結晶格子點의 金屬이온과 相互作用하여 金屬結合을 形成한다.¹⁰⁾

이러한 現象으로 接合된 試驗片을 壓接條件에 따라 引張強度가 어떻게 되는가를 考察하면 Fig. 6~ Fig. 8과 같은 引張特性이 나타나는데 여기서 어느 程度의 壓力과 壓接時間의 增加까지는 引張強度가 增加되나 그以上에서는 差異가 그다지 크지 않다.

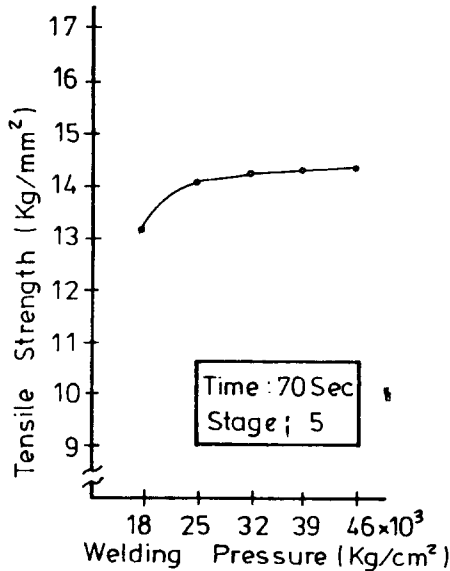


Fig. 6. Effect of welding pressure on tensile strength at pressure weld.

引張強度와 熔接壓力 사이의 關係에서 熔接壓力이 $32 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ 以上이 되면 引張強度의 增加는 별로 없다는 것을 알 수 있다. 그리고 熔接段과 引張強度와의 關係에서는 熔接段이 5段以上에서 引張強度가 거의 一定함을 볼 수 있다. 또한 熔接壓力이 一定할 때 熔接時間이 70秒 以上에서는 引張強度의 差異가 별로 없는 것으로 나타난다.

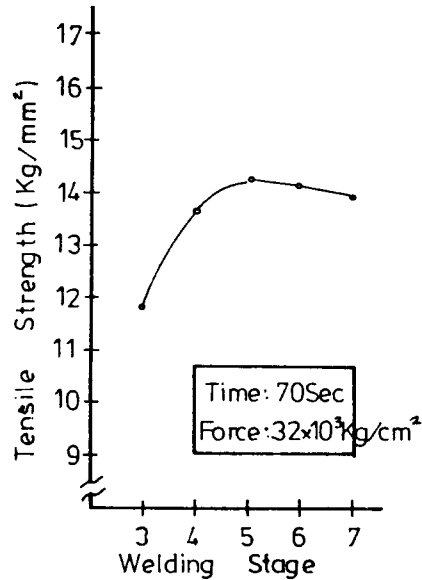


Fig. 7. Effect of welding stage on tensile strength at pressure weld.

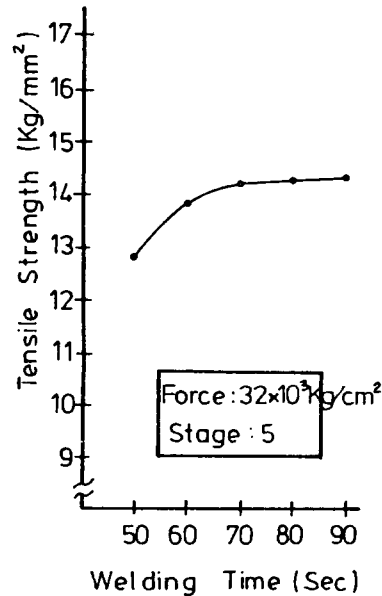


Fig. 8. Effect of welding time on tensile strength at pressure weld.

常溫壓接에 必要한 時間은 主로 壓力에 依하여 定하여 지는데 一定의 加壓下에서는 適正時間以上 壓接을 하여도 接合部分의 引張強度는 增加하지 않는다.

photo. 1에서 보는 바와 같이 母材의 破斷은 알루미늄쪽에서 壓接部位를 벗어나 切斷됨을 볼 수 있다. 이는 $32 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ 의 熔接壓力으로 壓接한 것인데 接合部의 強度가 優秀함을 보인다.

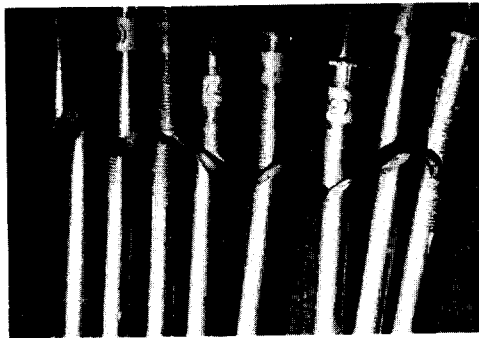


Photo. 1. Tension specimen of cold pressure welding.

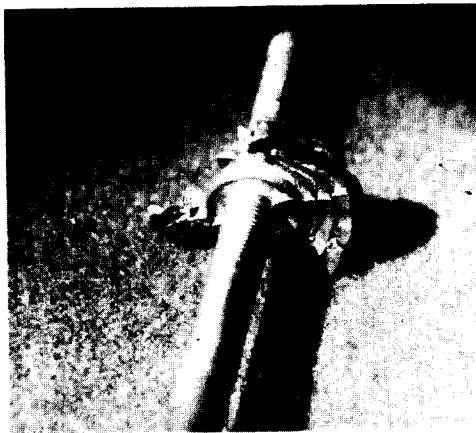


Photo. 2. Shape of specimen after cold pressure welding.

3.2. 壓接條件과 硬度와의 關係

各各의 壓接條件에서 壓接後 接合部의 硬度를 測定한 結果로서 Fig. 9~Fig. 13의 特性이 나타나는데 壓接部位의 硬度값이 上昇되는 것은 組織이 微細化되었기 때문이다. 그리고 橫方向의 硬度分布는 熔接壓力과 時間, 熔接段의 變化에 對하여 그다지 크게 相異하지 않게 나타나는데 이로서 硬度分布가 熔接

壓力이나 時間, 熔接段과 別로 關係가 없음을 알 수 있다. 또한 從方向의 硬度分布에서는 熔接段이 增加할수록 硬度값이 약간 上昇되는데 이것도 역시 組織이 弛密化 되었기 때문이라고 볼 수 있다.

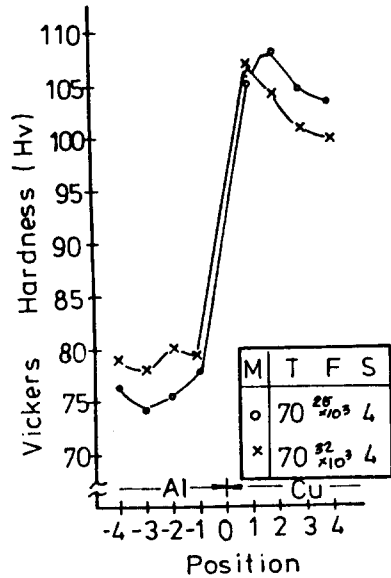


Fig. 9. Vickers Hardness of each position at various welding condition.

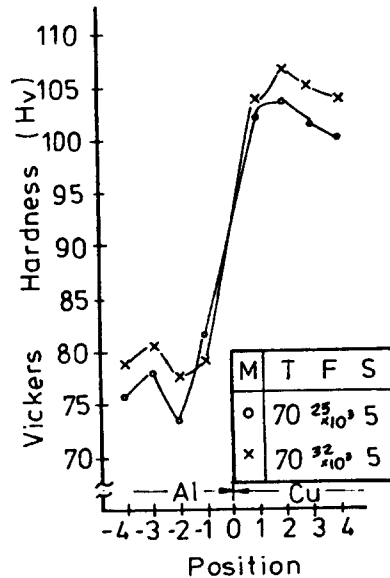


Fig. 10. Vickers Hardness of each position at various welding condition.

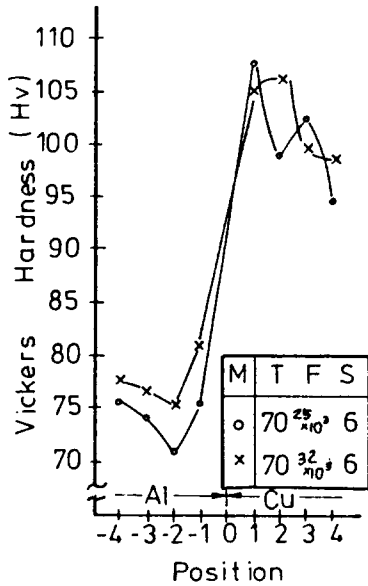


Fig. 11. Vickers Hardness of each position at various welding condition.

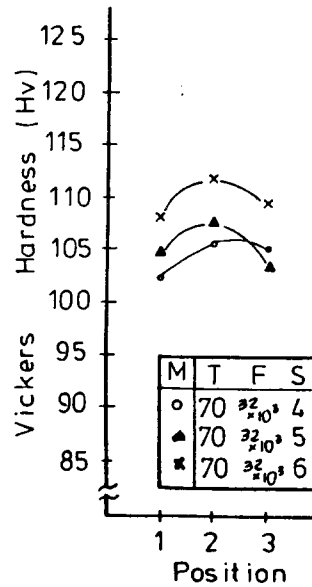


Fig. 13. Vickers Hardness of each position at various welding condition.

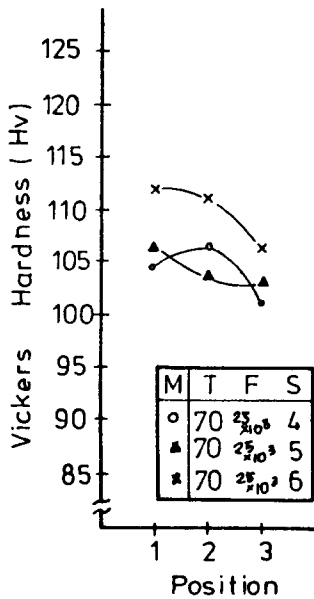


Fig. 12. Vickers Hardness of each position at various welding condition.

3.3. 壓接條件과 韌性試驗과의 關係

熔接壓力이 $32 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ 以上에서 熔接段이 5段 일때 韌性상태는 180° 정도까지 되었으나 接合部の 境界面에서 破斷이 되는 것은 硬度差異가 있는 異種

金屬의 壓接은 屈曲을 받는 構造物에 적합하지 않음을 나타낸다.

壓接에서 一般적으로 塑性變形을 일으킬 수 있는 壓力 以上을 接合面에 加하여도 接合部の 韌性강도와 충격치는 增加하지 않게 되고, 異種金屬間的 常溫

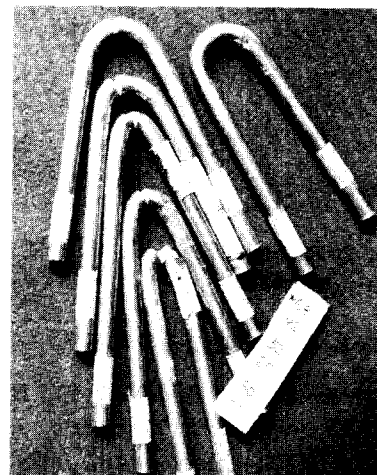


Photo. 3. Bending test specimen of cold pressure welding.

壓接에 있어서 金屬의 硬度差가 크면 軟材쪽의 母材 보다는 硬材쪽의 母材에 必要한 壓力이 加해지지 않기 때문에 熔接이 잘 되지 않는다.¹¹⁾

3.4. 壓接條件과 顯微鏡 組織觀察

photo. 4~photo. 6은 壓接條件의 變化에 따른 接合部 境界를 連續攝影하여 中心部에서 4mm 떨어진 지점에 組織을 比較한 것이다. 알루미늄과 銅과의 壓接表面에서 中心線쪽으로 crack closing現象과 같은 接合이 이루어지며 熔接壓力과 熔接段이 적을수록,

熔接時間이 짧을수록 熔接部に void가 나타나 壓接이 不完全하게 된다. 이러한 現象을 壓接過程으로 考察하면 微細한 金屬的 接觸面에서 壓力에 의해 母材 相互間에 原子의 擴散移動이 일어나고 이 擴散과 함께 高溫 크리이프(creep) 變形과 유사한 塑性變形이 나타나 時間이 경과함에 따라 接觸面의 面積이 增加하고 두 母材의 接合表面의 境界가 소실된다고 생각된다.

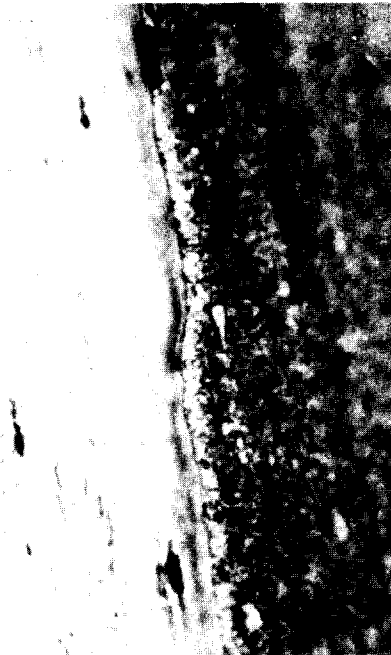
壓接部の 組織觀察에서도 熔接壓力은 $32 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ 이상과 熔接段이 5段以上, 熔接時間 70秒 以上에서 良好한 組織이 觀察된다.



Welding pressure: $18 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$
 Welding time : 50sec
 Welding stage : 4

Welding pressure: $25 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$
 Welding time : 60sec
 Welding stage : 5

Photo. 4. Microscopical feature of the pressure welding interface (X200)

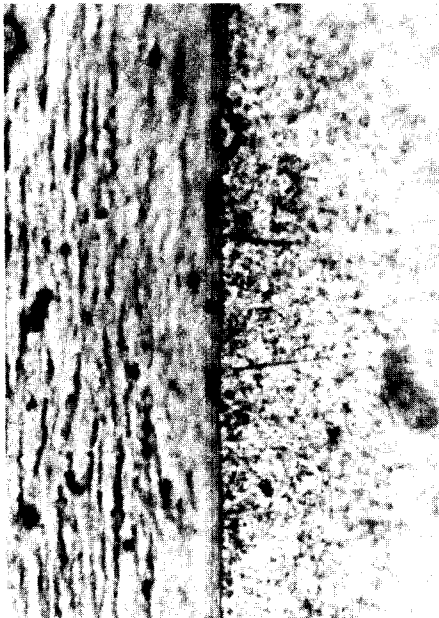


Welding pressure: $32 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$
 Welding time : 70sec
 Welding stage : 5



Welding pressure: $39 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$
 Welding time : 80sec
 Welding stage : 4

Photo. 5. Microscopical feature of pressure welding interface($\times 200$)



Welding pressure: $46 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$
 Welding time : 90sec
 Welding stage : 6

Photo. 6. Microscopical feature of the pressure welding interface ($\times 200$)

4. 結 論

직경 8mm의 알루미늄합금과銅合金의 常溫壓接에 있어서 熔接壓力, 熔接時間, 熔接段의 引張強度, 硬度, 韌性強度, 壓接部의 組織等に 미치는 影響을 實驗的으로 研究한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 壓接時 熔接壓力이 $32 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ 에서 $39 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ 일때 引張強度, 硬度 및 韌性強度가 優秀하다.

2) 熔接時間이 70秒以上이며 熔接段이 5段以上에서 接合強度가 優秀하다.

參 考 文 獻

- 1) 李喆求·嚴基元: 알루미늄의 常溫壓接에 관한 研究(I), 大韓熔接學會誌, Vol. 3, No. 2(1985),
- 2) 姜紋珍·李喆求·嚴基元: 알루미늄의 常溫壓接에 관한 研究(II), 大韓熔接學會誌. Vol. 4, No. 1, (1986).
- 3) 長瀬隆夫: 電車用架線の常溫壓接, 日本熔接學會誌, Vol. 55, No. 1.(1986), pp. 31~35.
- 4) 橋本達哉: Beryllium-銅合金의 固相熔接에 關する

- 研究, 日本熔接學會論文集, Vol.3, No.2(1985), pp.298-302.
- 5) 西口公之: 基本的な接合機構に基づく固相接合過程の定量的 検討, 日本熔接學會論文集 Vol.3, No.2(1985), pp.303-315.
 - 6) A.B. Kinzel: Pressure Welding of Metals. Welding J. Vol.23, No.12(1944), pp.1124~1143.
 - 7) J.M. Parks: Recrystallization Welding. Welding J. Vol.32, No.5(1953), pp.202-222.
 - 8) L. Fine, C.H. Mark, A.R. Ozanich: Fundamental Affecting the Bend in Pressure welds. W.J. Vol.25.(1946), pp.517-529.
 - 9) 橋本達哉・岡本郁男: 現代熔接技術大系. Vol.9 (1980), pp.19-156.
 - 10) 日本壓接協會, 壓接工學 핸드북(1983), pp.95-129.
 - 11) 圓城敏男: 固相熔接, 日本熔接學會誌, Vol.50, No.4(1981), pp.335-342.