

研究論文

大韓熔接學會誌  
第8卷第4號 1990年 12月  
Journal of the Korean  
Welding Society  
Vol. 8, No. 4, Dec., 1990

## Metal Bearing 摩擦熔接面の機械的性質에 관한 研究

오세욱\* · 이영호\*\* · 민택기\*\*

### A study on Mechanical Properties of Friction Weld Interface in Metal Bearing

S.W. Oh\*, Y.H. Lee\*, T.K. Min\*

**Key Words :** Preheating Pressure(예열압력), Heating Pressure(가열압력), Upset Pressure(가압압력), Preheating Time(예열시간), Heating Time(가열시간), Upset Time(가압시간), Heat-Affected Zone(열영향부)

#### Abstract

In this study, to make research on its optimum condition in friction weld when the heating pressure is change during 1.6 to 3.0 kgf/mm<sup>2</sup>, the experiment was performed with metal bearing under various condition ; 1600 r.p.m spindle speed, 0.6 kgf/mm<sup>2</sup> preheating pressure, upset pressure 2.6 kgf/mm<sup>2</sup>, 0.5 seconds preheating time, 1.7 seconds heating time, water and air was ejected 6 kgf/cm<sup>2</sup> into the bushing.

On the basis of the experimental results, the following conclusion are drawn ;

- 1) At the area of weld interface, the hardness is shown the maximum value and heat-affected zone about 0.5mm both sides.
- 2) Bending strength is shown the optimum heating pressure 2.4 kgf/mm.
- 3) With the approach of the flash, Sn is increased only 2mm in Al-alloy structure.

---

\* 정회원, 동아대학교 공과대학

\*\* 정회원, 충남대학교 공과대학

1. 序 論

材料를 切削加工 할때 被削面과 切削双部가 接觸하여 發生하는 摩擦熱에 依하여 高溫이 되어 材料가 원활한 切削이 되지 아니하고 늘어붙는 現象이 간혹 발생하게 된다. 이것을 逆으로 이용하여 双部대신 다른 材料를 回轉하거나 양쪽의 材料를 回轉시키면서 一定 壓力을 가하여 摩擦熱을 발생시켜 두 材料를 接合하는 方法을 摩擦熔接이라 한다.

이法은 接合하고자 하는 斷面에서만 摩擦熱이 發生하므로 母材의 熱影響이 적고 一定溫度에 達했을때 壓力을 加하여 接觸面에서 塑性流動이 일어나면서 接合하기 때문에 接合온도가 낮아 固相接合이 되므로 金屬 結晶의 粗大化나 金屬間化合物이 극히 적어 熔接部의 機械的性質이 우수하다<sup>1)</sup>. 또한 낮은 온도에서 接合되므로 接合時間이 짧아지고 熔接棒이나 熔劑가 필요치 않아 경제적이며 용접봉이나 熔劑에서 발생하는 가스나 異物質에 의한 熔接部의 機械的性質에 악영향이 없다.

回轉運動을 이용하여 摩擦熱을 발생시켜 接合하므로 熔接部의 附近에 介在된 不純物이 圓心力에 의해 flash部로 배출되어 좋은 氣空과 같은 용접의 缺陷이 없어 信賴性이 좋다. 또한 異質材料의 接合은 물론 복잡한 形狀의 接合도 가능하다.

本 研究는 自動車部品에 사용되는 metal bearing을 生産하는데 종래 CO<sub>2</sub> 熔接法으로 bushing部와 flange部를 용접하였으나 시간도 많이 걸리고 不良品이 많이나오며 製品의 信賴性도 좋지 않으므로 摩擦熔接法을 이용하여 좋은 品質의 metal bearing을 저렴한 價格으로 生産할 수 있도록 하였다.

摩擦熔接條件은 수차에 걸친 豫備實驗을 行하여 豫熱壓力과 加壓壓力을 일정하게 하고 加熱壓力을 變化시켰다. 또한 豫熱時間, 加熱時間, 加壓時間도 일정하게 하였고 摩擦熔接 霧圍氣는 일정壓의 물과 空氣를 nozzle을 통하여 bushing 內부에 噴射시킨 상태에서 摩擦熔接을 行하여 熔接部의 韌性強度와 硬度를 조사하고 bushing 內부의 Al合金層에 組織變化를 검토하

여 最適熔接條件을 구하여 産業현장에 직접 이용 되도록 하였다.

2. 실험재료 및 실험방법

2.1. 실험재료 및 실험기기

Metal bearing의 特殊한 目的을 위해서 순수한 Al 板에 Sn을 coating하여 billet를 만들어 두차례 rolling과 annealing한뒤 炭素鋼板을 먼저 roll에 집어넣고 바로 billet를 넣어 부착한후 다시 annealing하여 bushing材와 flange材를 만들었다. 그 工程은 Fig.1과 같으며 재료의 化學成分과 韌性強度는 Table 1과 같다.

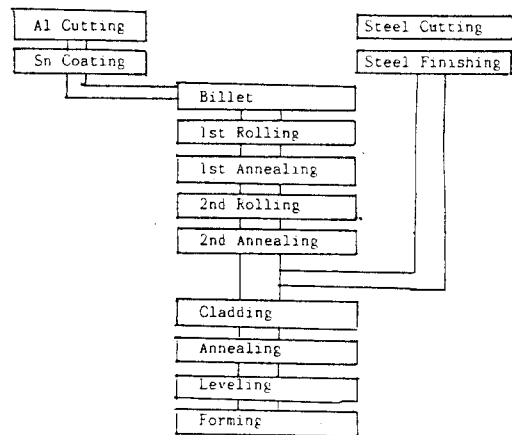


Fig. 1 Al strip flow chart

本 실험에 사용한 摩擦熔接機는 conventional brake type 인 NITTO Model FF 45 II (日製)로 회전수가 1600 r. p. m인 機械였다. metal bearing의 bushing內부에 균일한 냉각을 시켜야 熔接面이 뭉치는 現象이 없으므로 Fig.2와 같은 장치를 만들어 一定 壓의 물과 空氣를 bushing 內側に 噴射하도록 하였으며 Fig.3과 같은 nozzle을 제작하여 接觸面에서 2 mm 떨어진곳에 噴射되도록 하였다.

Table 1 Chemical compositions of materials(wt%) and mechanical properties of materials

Composite Materials	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Sn	Cu	Fe	Al	others	Bending strngth kgf/mm <sup>2</sup>
	Cabon steel	0.18	0.15	0.85	0.03	0.55	0.52				Bal.		
Al-Alloy								19.9	0.91		Bal.	1.0	

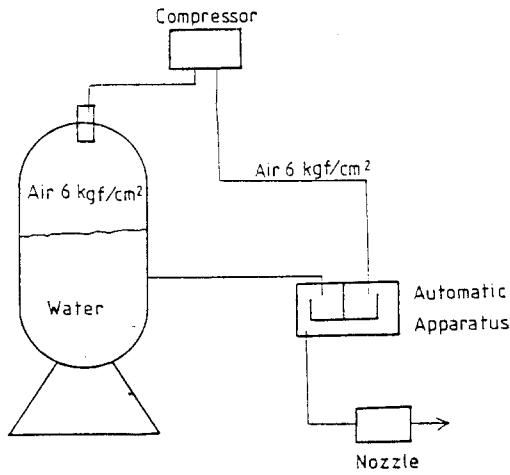


Fig. 2 Schematic diagram of spray apparatus

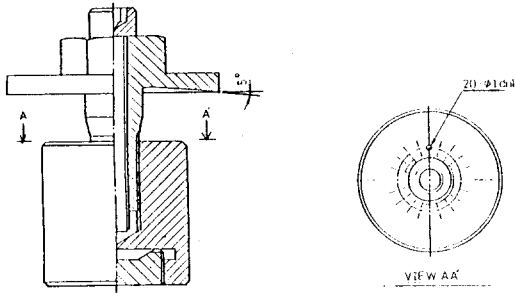


Fig. 3 Schematic diagram of nozzle

2.2. 실험방법

摩擦熔接法에는 시간을 規制하는 法과 길이를 規制하여 upset量을 조절하는 村法이 있는데 本 研究에서는 시간을 規制하고 製品의 不良을 없게하기 위하여 stop bar를 몸체에 설치하여 왕복대가 더이상 몸체에

오지 않도록 하여 村法을 응용하여 upset量을 조절하였다.

bushing 材를 回轉chuck에 설치하고 flange量 固定chuck에 設置 한뒤에 回轉chuck을 회전시키고 固定chuck을 豫熱壓力으로 壓力을 加하여 直進시켜 摩擦을 일으키도록하여 接觸面에 凹凸이 없이 원활하게 摩擦이 되도록 한뒤 加熱壓力을 加熱시간동안 加熱하여 接觸面의 溫度를 높인다음 加壓壓力을 加壓시간동안 가하여 接合하게 하였다.

摩擦熔接條件은 Table 2와 같이 豫熱壓力  $P_0=0.6$  kgf/mm<sup>2</sup>으로 豫熱시간은  $T_0=0.5$ sec 동안 加하고 加熱壓力을  $P_1=1.6, 2.0, 2.4, 3.0$  kgf/mm<sup>2</sup>으로 하고 물과 공기를 6kgf/cm<sup>2</sup>으로 噴射시킨 霧圍氣에서 1.7秒동안 加하여 摩擦熱을 발생시켜 bushing과 flange의 back steel에 接觸面을 高溫으로 상승시킨 다음 加壓壓力은  $P_2=2.6$ kgf/mm<sup>2</sup>으로 2.0秒동안 加壓하여 接合하였다.

실험材料의 形狀은 Fig. 4와 같이 接觸面積을 넓게 하여 짧은 시간에 高溫을 얻도록 bushing부 34°, flange부를 54°로 前加工 하였다. 또한 bushing의 內測에 Al合金層이 부풀어 오르는 것을 방지하기 위하여 Al合金層을 3.0mm 절삭해 주었다.

熔接面의 硬度測定은 斷面に 충분히 물을 공급하며 鏡面으로 만들어 micro Vickers hardness를 Fig. 5와 같이 3줄로 測定하여 平均하였고 flash部の 硬度는 가장자리에서 3-6곳을 측정하여 얻은값을 平均해서 Fig. 7에 나타냈으며 組織은 Al合金層에 영향을 미치지않도록 nital 5% 용액을 숨에 적신후 핀셋으로 집어 가볍게 18회 문지르어 腐蝕시킨후에 金屬顯微鏡으로 組織을 관찰하였고 Al合金層은 NaOH 20% 용액을 이용하여 5秒동안 腐蝕시켰다.

摩擦熔接面의 굽힘強度試驗片은 KS規格에 맞출수가

Table 2 Welding conditions

Work piece (No.)	Spindle speed (r. p. m)	Pressure (kgf/mm <sup>2</sup> )			Time(sec)			Remark
		$P_0$	$P_1$	$P_2$	$T_0$	$T_1$	$T_2$	
1	1,600	0.6	1.6	2.6	0.5	1.7	2.0	
2			2.0					
3			2.4					
4			3.0					

$P_0$ : Preheating pressure       $T_0$ : Preheating time  
 $P_1$ : Heating pressure         $T_1$ : Heating time  
 $P_2$ : Upset pressure            $T_2$ : Upset time

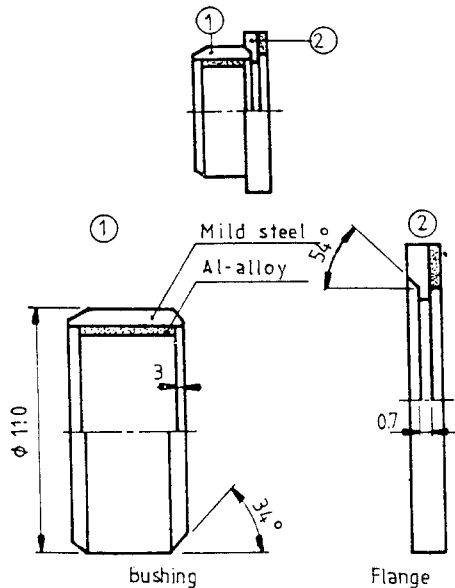


Fig. 4 Specimen for friction welding test

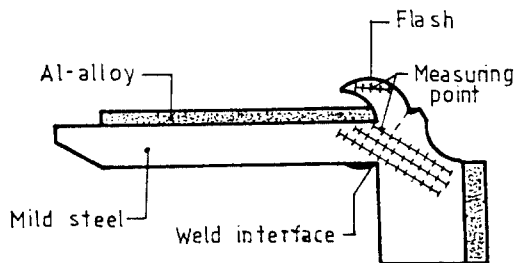


Fig. 5 Hardness test specimen of friction weld

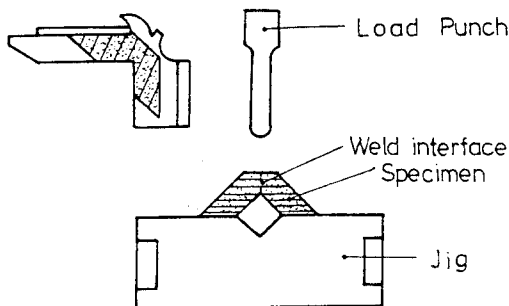


Fig. 6 Bending test specimen of friction weld and jig

없으므로 Fig. 6과 같이 flange의 길이와 bushing의 길이를 똑같이 하여 채취한후 load punch가 닿는 면과 jig에 닿는면이平行하도록 加工하여 weld interf-

ace가 notch효과가 발생하도록 하여 굽힘强度을 얻었다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1. 硬 度

室溫의 霧圍氣에서와 마찬가지로 熔接面の 硬도가 극히 높게 나타났다. 그것은 材料가 熔融되기 前의 固相材料 상태에서 加壓壓力을 加하여 固相接合이 되어 緻密한 組織을 형성하여 높은 硬도가 된것으로 思料되며<sup>2)</sup> 熔接面에서만 硬도가 높고 0.5mm 부터는 母材의 硬도와 비슷한 硬도가 되어있는 것은 熱影響을 적게 받았기 때문으로 思料된다.

加熱壓力 ( $P_1$ )이 높아질수록 硬도가 약간 높아지는 傾向을 나타내고 있는데 그것은 摩擦熱이 많이 발생된 것을 冷却시키었기 때문으로 思料된다.

室溫의 霧圍氣에서는 flange 部의 硬도가 bushing 部에 硬도보다 현저히 높게<sup>3)</sup> 나타났으나 본 실험에서는 거의 비슷한 硬도값을 나타냈다. 그것을 bushing 內測에 물과 空氣를 慣射시켜 摩擦熱의 轉導를 制止시키어 摩擦熱에 의한 影響을 熔接面에서만 받게 했기 때문으로 思料된다.

Flash 部의 硬도는 室溫에서와 마찬가지로 熔接面에 비해 낮고 다른곳보다는 높게 나타났것은 加熱壓力과 加壓壓力에 의해 밀려난 高溫部가 물과 空氣에 의하여 冷却되었기 때문에 固相接合된 熔接面보다는 낮고 摩擦熱의 轉導를 制止당한 다른곳 보다는 높은것으로 思料된다<sup>4)</sup>.

#### 3.2. 굽힘 强度

加熱壓力을 높여줌에 따라 굽힘强度가 높아지는 傾向을 나타냈고 특히 加熱壓力을 2.4kgf/mm<sup>2</sup>과 3.0 kgf/mm<sup>2</sup>을 주었을때는 母材의 굽힘强度와 비슷하게 나타났다. Metal bearing은 굽힘 强度가 좋아야 製品의 耐久性이 좋으므로 加熱壓力을 2.4kgf/mm<sup>2</sup>-3.0 kgf/mm<sup>2</sup>의 범위에서 加하는 것이 좋다고 생각된다. 그러나 3.0kgf/mm<sup>2</sup>에서는 bushing 內測의 Al合金層이 약간 부풀어 오르므로 그이상의 加熱壓力을 주면 굽힘强度는 좋을지 모르지만 Sn의 析出에 의해 製品으로 사용하기는 不適合하다.

加熱壓力을 높여주면 接融面에 많은 摩擦熱이 발생

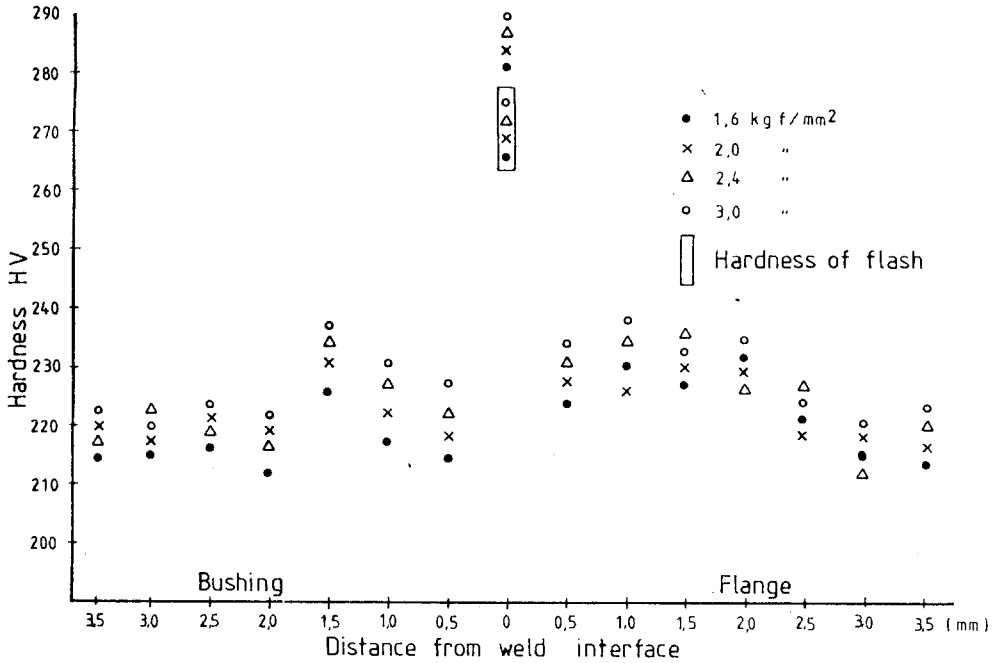


Fig. 7 Hardness distribution around the weld interface of friction welding

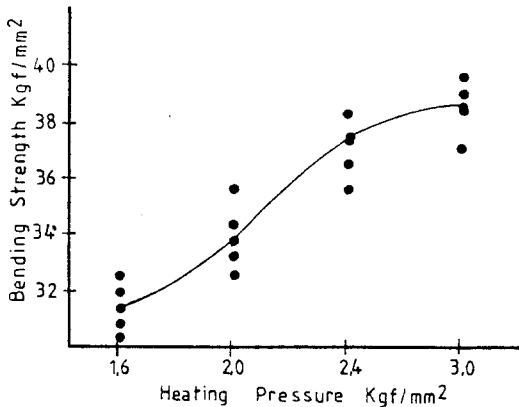


Fig. 8 Bending strength vs heating pressure

하여 高溫이되므로 接合될때 粒子의 원활한 運動으로 結晶粒子가 微細化<sup>5)</sup>되어 結合力이 높아지었기 때문에 굽힘強度가 높은것을 思料된다.

3.3. 組織

Photo. 1은 bushing 內測의 Al合金層이 부풀어 오르지 않고 굽힘強度가 높은 加熱壓力 2.4kgf/mm<sup>2</sup>을 加한 試驗片의 back steel의 顯微鏡組織이다. (a)는 母材로 白色部分은 Ar<sub>3</sub>에서 부터 Ar<sub>1</sub>까지의 析出한

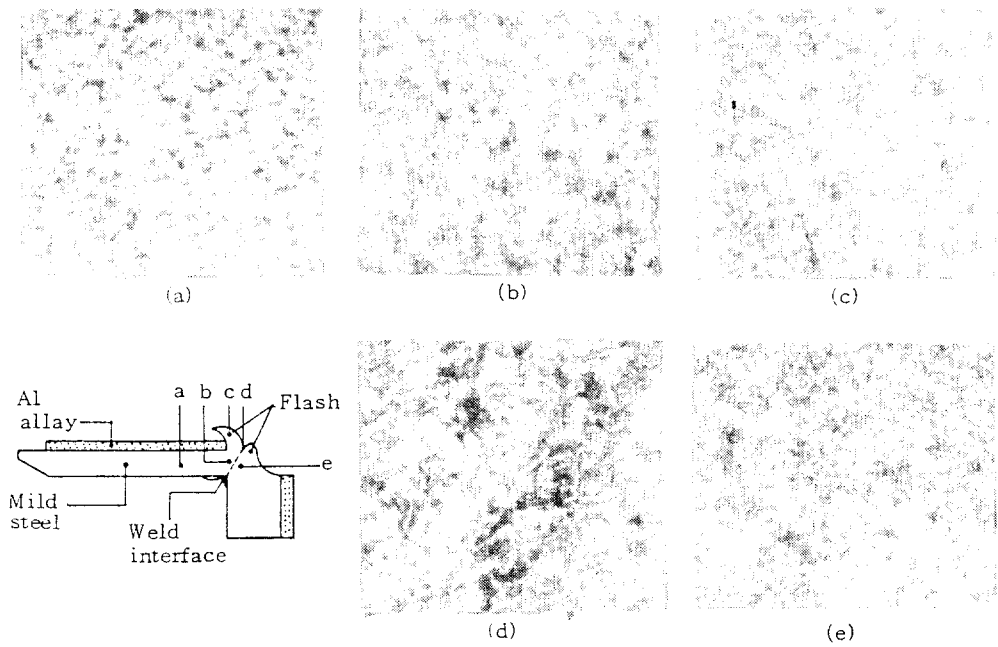
初析의 ferrite이며 黑色과 약간의 層狀으로 나타나있는 부분은 pearlite로 炭素鋼에 標準組織으로 되어있다<sup>6)</sup>.

熱影響部인 (b)와 (e)는 austenite로 變態한 후 結晶粒이 粗大化하기 전에 冷却되어 微細한 ferrite와 pearlite로 된것이며, pearlite가 ferrite에 많이 침투되어 있는것은 摩擦熱에 의하여 熔接面쪽으로 炭素의 擴散移動이 된것으로 思料된다<sup>5)</sup>.

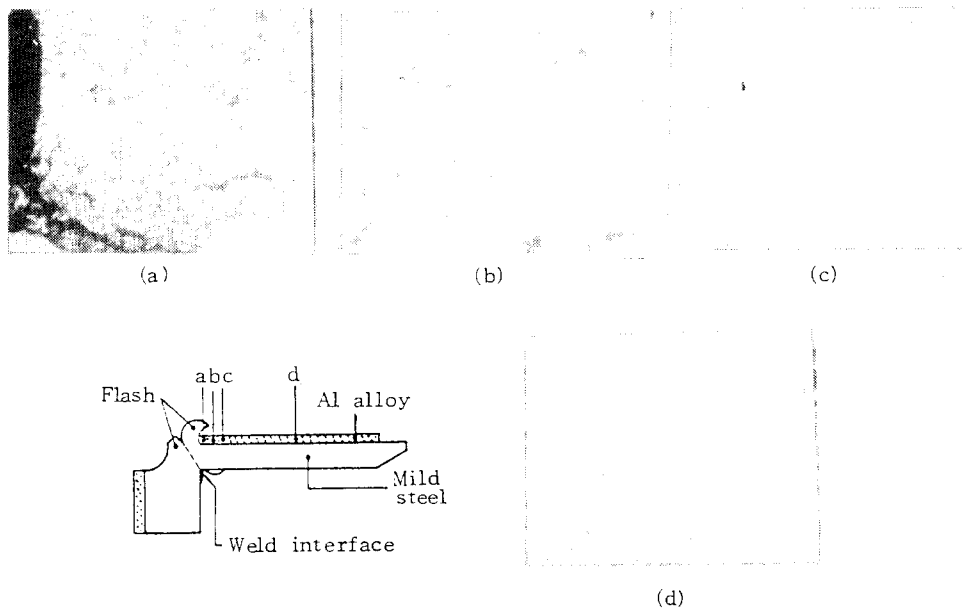
摩擦熔接面 (d)는 一般融接의 粗大結晶域과 비슷하게 粒子가 粗大한 austenite 結晶粒이 나타났으며 黑色의 pearlite 부분은 層狀의 cementite가 약간 나타나있다. 또한 接觸面에서는 組織이 잘 나타나지 않은 band가 형성되어 있는데 그것은 加壓壓力에 依해서 塑性變形을 이르기어 固相接合이 되었기 때문에 思料된다<sup>3)</sup>.

flash(c)는 摩擦熱에 의하여 接觸面이 高溫이 된후 加壓壓力에 依해 밖으로 밀리어 水冷이 되기 때문에 martensite 組織이 된것으로 思料된다. 가는 針狀과 葉狀의 組織이 나타나있으며 이 부분은 製品으로 필요하지 않는 것이므로 제거해 버린다.

Photo. 2는 bushing 內測의 Al合金層의 顯微鏡組



**Photo. 1** Microstructures of friction weld joint (low-carbon steel)  
(Mag.  $\times 100$ , heating pressure  $2.4\text{kgf/mm}^2$ )



**Photo. 2** Microstructures of friction weld joint (Al-Alloy)  
(Mag.  $\times 100$ , heating pressure  $2.4\text{kgf/mm}^2$ )

織이다. 이 시험도 Al合金層이 부풀어 오르지 않은 2.4kgf/mm<sup>2</sup>의 加熱壓力을 준 試片을 이용하였다.

(a)는 flash와 接觸된 Al合金層의 組織으로 flash의 밑부분인 back steel과 接着된 곳에서는 Sn析出에 의해 약간의 鑄造組織이 나타났다. 그것은 摩擦熱에 의하여 Sn이 熔融되었다가 冷却되었기 때문이다<sup>3)</sup>. 그러나 製品으로 사용할때에는 그 部分을 切削하기 때문에 큰 문제는 되지 않다고 생각한다. (b)는 flash로부터 2mm 떨어진곳의 Al合金層의 組織이다. 이곳에서도 약간의 Sn析出이 되었으나 母材組織(d)에 비해 월등하지 않다. (c)는 flash로부터 3mm 떨어진 곳인데 母材와 같은 組織을 나타냈다. 室溫에서는 6mm 떨어진곳까지 Sn이 析出<sup>3)</sup>되어 있었으나 물과 空氣를 噴射한 霧圍氣에서는 현저히 熱影響을 적게 받고 있음을 알 수 있다.

#### 4. 結 論

自動車 部品에 사용되는 metal bearing을 生産할때 bushing부와 flange부의 摩擦熔接時 6kgf/cm<sup>2</sup>의 正壓力으로 물과 空기를 噴射한 霧圍氣에서의 摩擦熔接 最適條件을 제시하였다.

回轉chuck의 回轉數는 1600 r.p.m, 豫熱壓力은 0.6kgf/mm<sup>2</sup>, 加壓壓力은 2.6kgf/mm<sup>2</sup>, 豫熱時間은 0.5sec, 加熱時間은 1.7sec, 加壓時間은 2.0sec로 一定하게 하고 加熱壓力을 1.6, 2.0, 2.4, 3.0 kgf/

mm<sup>2</sup>으로 變化 시켜올때 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 硬度는 摩擦熔接面에서 가장 높고 熱影響部가 대단히 좁아 熔接面에서 左右 0.5mm 附近까지 나타났다.
- 2) 韌性強度는 3.0kgf/mm<sup>2</sup>의 加熱壓力대가 가장 높다.
- 3) Al合金層이 2.4kgf/mm<sup>2</sup>의 加熱壓力을 加했을 때 불과 2mm 정도만 熱影響을 받았다.

#### 參考文獻

- 1) 摩擦壓接協會編：摩擦壓接, コロナ社, (1979), pp. 7.
- 2) 鹽谷敏祐 外 2人：摩擦熔接されたS 20 CおよびS 45 Cの機械的性質に関する検討, 日本熔接學會誌, 第34卷, 第11號, (1965), pp. 73-80.
- 3) 関宅基：Metal bearing 摩擦熔接面の 機械的性質에 관한 研究(I), 忠南大學校 工業教育研究所 論文集, 第11卷, 第1號, (1988), pp. 15-21.
- 4) 関宅基：炭素鋼에 있어서 摩擦熔接部の 機械的性質에 관한 研究, 大轉工業教育學會誌, 第8卷, 第2號, (1983), pp. 74-78.
- 5) Mehl, R.F: Metals Handbook, American Society for Mmetals, Vol.7(1972), pp.27-54.
- 6) 佐藤知雄：鐵鋼の顯微鏡寫眞と解説, 丸着株式會社, (1974), pp. 22-83.