

알루미늄과 鐵(炭素鋼)과의 電子비임 熔接

黃 昌 奎

<韓國에너지研究所 工作室長>

1. 序 論

産業이 發達되고 工業構造가 多邊化되면 製品을 生産하는데 使用되는 材料도 多樣化될뿐 아니라 同種金屬의 熔接作業에부터 異種金屬의 熔接作業에 이르기까지 그 範圍가 擴大되어 간다는 것은 당연한 事實이라 하겠다.

오늘날 우리들은 여러가지 熔接法 中에서도 알루미늄과 鐵(炭素鋼)과의 熔接을 간절히 必要로 하면서도 그것은 지금까지 熔接이 不可能한 金屬材料라 生覺해 왔다. 그런데 알루미늄 重量이 가벼운 材料이고 耐蝕성이 좋은 長點을 가지고 있으며 또 鐵이나 炭素鋼도 價格이 싸고 強度는 좋은 長點을 가지고 있기 때문에 이 兩材料가 簡單하게 融接이 되어 좋은 熔接이음만 얻을 수 있다면 航空機, Rocket, 低溫壓力容器, 電子部品, 快速艇등을 비롯해서 其他 各分野에서 널리 利用되리라하는 것을 生覺할 수가 있다.

그렇다고 해서 지금까지 알루미늄과 鐵사이의 熔接을 그저 放置되어온 分野만은 아니다. 그간 生産者는 生産者대로, 研究者는 研究者대로 꾸준히 努力을 해서 爆發壓接(두장의 金屬板을 火藥의 폭발에 依해서 생기는 순간적인 큰 壓力을 利用한 壓接方法), 硬납땜(接合하려는 金屬보다 熔融溫度가 낮은 蠟납을 녹여서 母材사이에 스며들게 하여 耗細管現狀에 依해서 빈틈에 들어 가게 하여 冷却해서 接合하는 方法), 擴散熔接(接合面に 壓力을 주어서 마찰시키고 溫度를 올려 擴散으로 熔接하는 方法)등이 一部에서 行해 왔으나 이 方法등의 熔接이음은 再現性, 簡便性, 價格등의 難點이 많이 있는 것으로 알려졌다.

그러면 알루미늄과 鐵과의 融接이 困難한 理由를 한번 生覺해보자. Table 1은 알루미늄과 鐵의 物理的인 定數를 表示한 것인데 먼저 融點을 比較해 보면 鐵은 알루미늄의 約 2.5倍이고 熱傳導度는 알루미늄이 鐵의 約 4倍이며 線膨脹係數는 알루미늄이 鐵의 約 3.5倍가 되는등 알루

Table 1 Physical properties of Al and Fe.

Physical properties	Al	Fe
Melting poing [°C]	660	1530
Thermal conductivity [cal/cm·sec·°C]	0.53	0.14
Coefficient of linear thermal expansion [$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$] (20°C)	23.6	6.8
Heat of fusion [cal/g]	94.5	65.5
Specific resistance [$\times 10^{-8}\Omega\text{cm}$] (20°C)	2.66	5.3
Density [g/cm ³] (20°C)	2.7	7.9
Specitic heat [cal/g °C] (20°C)	0.22	0.11

미늄과 철과의 物理定數는 상당한 차이가 있다. 더우기 알루미늄은 熔融이 되면 安定한 高融點의 酸化被膜(Al₂O₃)을 形成한다. 이와같이 物理定數가 다르고 酸化被膜을 形成할뿐 아니라 알루미늄과 철사이에 形成하는 合金에는 脆화된 金屬間化合物을 多數 生成하는 것등이 兩金屬의 融接을 어렵게 하고 있는 原因이 되고 있다.

그러기 때문에 兩金屬이 熔融이 되어 接합이 되었다 하더라도 凝固되어 冷却하는 過程에서 收縮應力에 依해서 熔接이음 部分의 金屬間化合物層은 균열이 發生한다는 것을 알 수가 있다. 그런데 이 化合物의 層과 量은 에너지密度가 높아서 眞空中에서 熔接이 잘 되며 兩金屬의 熔融量을 變化시킬 수 있음을 알 수 있기 때문에 insert metal을 손쉽게 使用할 수 있는 電子비임 熔接法을 利用할 때 以上條件을 잘 制御할 수 있다는 것을 生覺하게 된다. 이와같은 많은 利點을 가지고 있는 電子비임 熔接法을 利用하게 될 때 알루미늄과 철과의 熔接이 可能하다는 것을 알 수 있는데 그러면 다음은 알루미늄과 철과의 融接이 困難한 理由와 原因을 說明하고 그 原因을 除去하는 方法을 檢討하여 끝으로 良好한 熔接이음을 얻을 수 있는 熔接法을 記述하기로 한다.

2. 균열 發生部の 組成的 檢討

알루미늄과 철과의 熔接部는 脆화된 層이 形成되고 熔接後에는 바로 균열이 發生하는데 本章에서는 균열이 發生한 部分의 組成的 檢討와 兩金屬 熔接部의 問題點을 알아보기로 한다.

2.1. 균열 發生部の 組成

알루미늄과 철의 組成變化에 依해서 熔接部가 어떻게 變化하는가를 보기 위해서 Fig. 1에서 보는바와 같이 두께 10mm의 알루미늄板 위에 두께 3.1mm의 純鐵板을 올려놓고 熔込깊이를 變化하면서 接合熔接을 했다. 이때 熔込깊이의 變化는 電流의 값을 12mA에서 31.5mA까지 變化해서 얻은 것이다.

Table 2는 試料 No.1~5의 接接條件을 表示

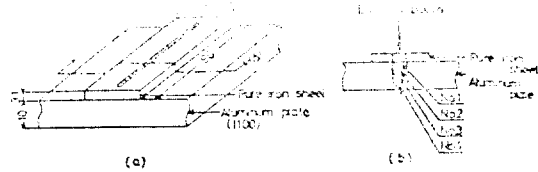


Fig. 1 Joint profile.

Table 2 Welding condition.

Specimen No	Beam current (mA)	Accelerating voltage(kV)	Welding speed(cm/min)
1	12.0	150	20
2	20.0	150	20
3	24.0	150	20
4	31.5	150	20
※ 5	90	150	20

※ Beam oscilation

한 것인데 試料 No.5는 試料 No.1~4의 경우와는 반대로 두께 3.1mm의 純鐵板위에 두께 2.0mm의 알루미늄板을 接合熔接한 條件이 되겠다.

Fig. 2에서는 試料 No.4의 條件으로 알루미늄과 철과를 熔接한 것인데 熔接部는 脆化部分이 많이 存在하기 때문에 熔接後의 熱收縮力에 依해서 많은 균열이 發生한 것을 알 수 있다. 이러한 現象은 試料 No.1~4가 모두 同一한 結果

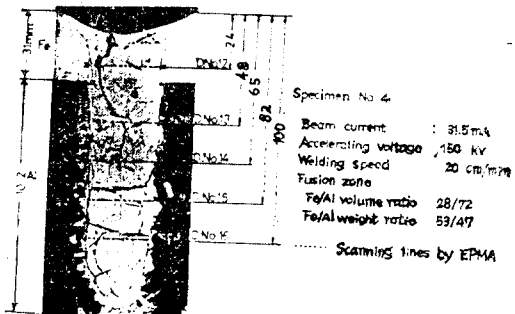


Fig. 2 Spanning lines by EPMA on specimen No.4.

로 되어있다. 다시 말해서 알루미늄의 熔融比率(重量比率)이 2%에서 47%까지 增加함에 따라 현저하게 나타난다고 한다. 또 試料 No.5에서는 알루미늄의 熔融比率이 70%로 될때 균열 發生

□ 解 說

이 逆으로 減少되었다. 여기서 試料 No.2~5의 熔接條件으로 電子비임 熔接한 結果를 X線分析圖에 依해서 表示된 것이 Fig. 3에서 보는바와 같다. 그림에서 \circ — \circ 의 表示는 균열이 兩金屬에 依한 組成이 틀린 경우로 兩側의 組成을 $^{\circ}$ 로 나타내고 그 사이를 線으로 이었다. 또 $^{\circ}$ 表示만은 균열이 兩側에 依한 組成이 같은 경우를 말한다. 그런데 試料 No.1의 條件에서의 熔接에서도 작은 균열이 1個所 나타났으나 組成은 檢出되지 않았다.

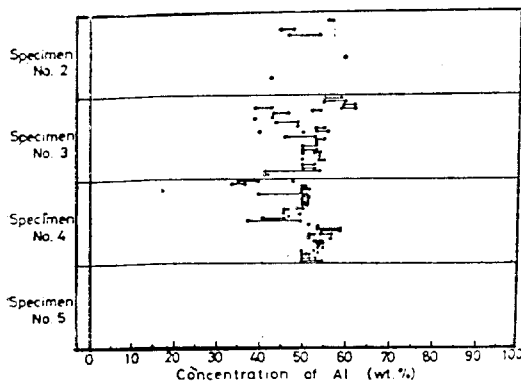


Fig. 3 Concentration of Al at each crack in weld metals.

그런데 우리는 Fig. 3에 依해서 다음과 같은 것을 알 수 있겠다.

(1) 試料 No.1~5까지의 條件으로 熔接을 했을 때 알루미늄 組成을 0~100%까지 分析해 보았으나 균열은 33~62% 範圍에서 發生되었고 특히 45~55% 範圍에서는 균열發生이 아주 현저함을 알 수가 있다.

(2) 알루미늄 組成 33% 以下の 部分에서는 균열이 전혀 發生되지 않음을 알 수가 있다.

(3) 알루미늄 組成 62% 以上の 部分에서도 균열이 전혀 發生되지 않음을 알 수가 있다.

以上 (1)에서 보는바와 같이 알루미늄 組成 33~62%에서는 $FeAl_2$, Fe_2Al_5 , $FeAl_3$ 등의 金屬間化合物 또는 거기에는 鐵이 없이 알루미늄이 固溶한 ξ 相, η 相 그리고 θ 相이 存在하고 여기에 金屬間化合物과 알루미늄없이 鐵만 固溶된 相이 脆化가 심하기 때문에 이들의 範圍에서 균열

이 發生된 것이라고 生覺이 된다. 또 알루미늄 組成 45~55%의 範圍 안에서 균열이 현저하게 나타난 것은 $FeAl_2$, Fe_2Al_5 등이 더욱 脆化되기 때문이라고 말할 수 있다.

(2)에 관해서는 Fig. 4에서 보는바와 같이 Al-Fe 平衡狀態圖를 表示한 것인데 알루미늄 組成 33% 以下에서는 α 相 固溶體를 形成하고 균열이 發生치 않음을 알 수 있다.

(3)에 관해서도 Fig. 4에서 보는바와 같이 알루미늄 組成 62% 以上の 部分에서 共晶組織으로 되어 있다. Photo 1은 試料 No.5의 條件으로 熔接을 할 部分에 대한 Micro 組織을 나타

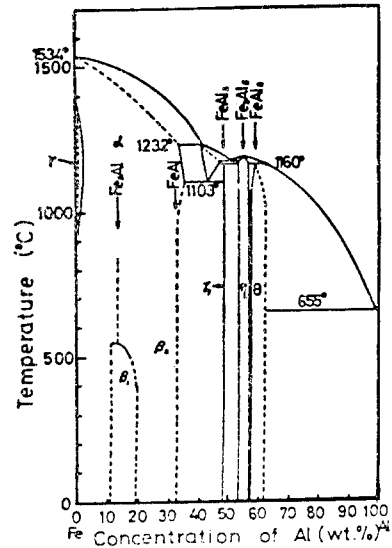


Fig. 4 Al-Fe phase diagram.

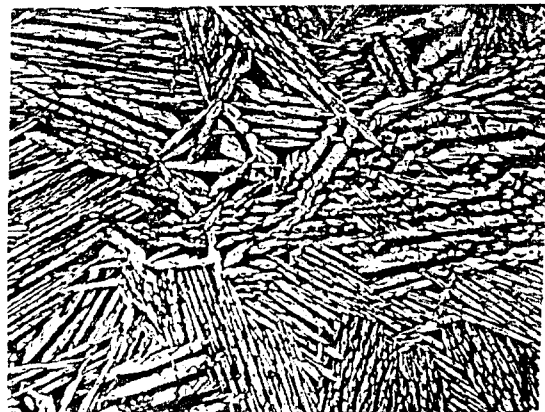


Photo 1 Eutectic structure in specimen No.5 ($\times 70$).

낸 것인데 共晶組織으로 되어 있다. 다시말해서 共晶組織의 部分에서는 균열이 전혀 發生하지 않기 때문에 알루미늄 組成 62% 以上이 되면 共晶組織이 되고 균열이 發生하지 않는다는 것을 알 수 있다.

Fig. 4의 Al-Fe 平衡狀態圖에 나타난 것처럼 알루미늄 組成 33%의 點線에서 62%의 點線범위 안에서 균열이 많이 發生한다.

2.2. 熔接部の Macro 偏析

알루미늄과 철과의 熔接部는 材質이 均質하게 되어 있지 않고 반드시 Macro 偏析이 있음을 알 수 있다. Fig. 5와 Fig. 6은 熔接部에 나타난 Macro 偏析에 대한 X線分析圖인데 Fig. 5 (試料 No.2)에서 보는바와 같이 熔接部 上部에는 Macro 偏析이 작게 나타나 있으나 Fig. 5 (試料 No.3)에서 보는바와 같이 熔接部 下部에서는 Ripple Line에 걸쳐 Macro 偏析이 일어나고 있다. 다시말해서 알루미늄과 철과의 熔接部는 熔接條件이 다른 狀態에서도 同一한 Macro 偏析이 일어나서 그 材質이 均質하게 되지 않고

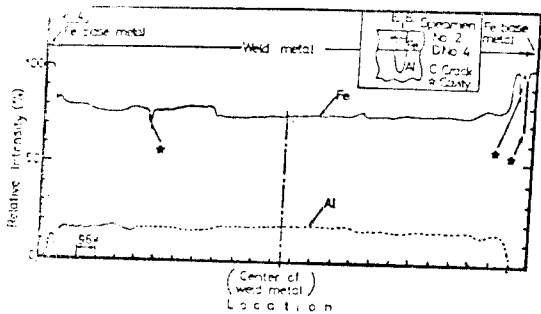


Fig. 5 Distributions of Fe and Al in weld metal.

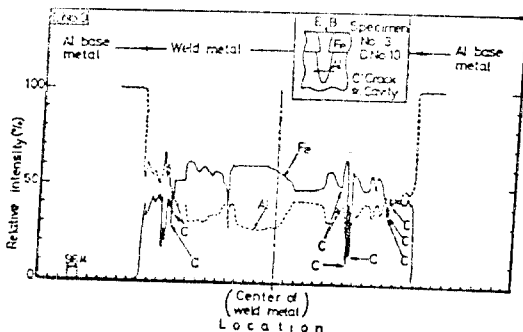


Fig. 6 Distributions of Fe and Al in weld metal.

또한 균열이 發生하는 危險性이 있는 領域 (Al 組成 33~62%; 危險領域)의 偏析帶가 생기게 되는데 여기서 균열을 發生할 수 있는 可能性이 높다고 본다. 그러나 이러한 偏析이 일어나더라도 熔接部를 α相固熔體로 되게 해서 철을 많이 熔融시킴에 따라 危險領域을 덜게 할 수 있음을 生覺하게 된다.

2.3. 境界層의 濃度變化

Fig. 2에서 보는바와 같이 알루미늄 母材와 熔融合屬의 境界附近에는 많은 균열이 發生되어 있다. Fig. 6에서 보는바와 같이 中央部는 α相固熔體를 形成하고 있지만 母材가 알루미늄이기 때문에 母材와 熔融部와의 境界附近에는 반드시 危險領域이 存在하고 이 部分에서 균열이 發生하고 있다.

이것은 熔融部가 共晶組織으로 될 경우도 철 側에서 같은 모양으로 나타난다.

Photo 2는 철 母材와 共晶組織과의 境界에서 균열이 發生한 典型的인 例가 되겠다. 이와같이 알루미늄 母材와 α相固熔體 熔融部와, 철 母材와 共晶組織의 境界部에서는 틀림없이 危險領域이 存在하고 이 危險領域의 存在가 알루미늄-철의 熔接에 대한 問題點으로 되어 있다.



Photo 2 Typical example of crack near fusion boundary between weld metal and Fe base metal.

3. 균열防止의 檢討

前章에서 說明한 바와 같이 母材와 熔融部 사이에는 危險領域의 存在로 알루미늄-철 熔接의 問題點을 지적 했는데 本章에서는 이에 대한 防止策을 한번 檢討해 보기로 한다.

3.1. 電子비임 振動의 效果

電子비임을 熔接線 方向으로 振動을 하면서 熔接한 것과 振動을 안한 것을 比較해 보면 비임을 振動할 경우 Macro 偏析이 작아진 傾向을 보였다고 한다. 이것은 비임의 직경이 달라져도 같은 結果를 얻을 수 있다. 비임을 振動시킬 경우 60Hz라는 빠른 周波數로 振動을 하기 때문에 비임이 振動하는 幅이 熔接한 狀態라고 生覺할 수 있다. 다시 말해서 熔接線方向에 있는 一定한 길이를 가진 帶狀의 熱源에 依해서 熔接할 경우와 같은 結果로 된다. 그렇기 때문에 熔接部의 任意의 一點을 生覺할 때 그 部分에 있어서의 熔接時間은 길게 되어 알루미늄과 鐵이 混合되는 時間도 길게 되고 비임의 振動에 依해서 熔接部가 잘 混合이 된다는 것을 알 수 있으며 이와같은 두개의 效果에 依해서 Macro 偏析이 적어졌다고 生覺한다.

비임을 振動할 경우와 振動을 하지 않을 경우를 比較 해보면 前者인 쪽이 後者인 쪽에 比較 境界層의 危險領域이 두꺼워진 것으로 되어있다. 비임을 振動을 하면서 熔接을 할 경우 熔接部 任意의 部分에서 熔接時間이 길게 되기 때문에 熔融金屬에 依해서 알루미늄의 質은 層이 생기게 되는데 다시말해서 危險領域의 幅이 두꺼워진다고 말할 수 있다.

以上的 結果에 依해서 비임을 振動을 하면서 熔接을 할 경우 Macro 偏析은 적어지지만 境界層에 있어서 危險領域의 幅은 반대로 增大되고 있음을 알 수 있다. 그런데 危險領域이 存在하고 있으면서도 均열은 과히 發生하지 않았는데 이에 對해서는 後述하기로 한다.

3.2. Insert Metal과 Backing Metal의 效果

Insert Metal에는 工業用 純銅(Cu), 工業用 純니켈(Ni), Monel Metal, 工業用 純銀(Ag) 등을, Backing Metal에는 工業用 純銅(Cu), 工業用 純니켈(Ni), 工業用 純銀(Ag), Monel Metal, 純鐵등을 使用하고 있는데 電子비임 熔接에서 니켈(Ni), 銅(Cu), Monel Metal등을 Insert Metal 또는 Backing Metal로 使用할

때 均열이 많이 發生한다는 것이 實驗結果 나타났다. 이러한 金屬을 使用하면 均열이 한층 현저하게 發生한다는 것은 알루미늄과 鐵의 熔接에 利用하는 것이 不適하다는 뜻이 되겠다. 그런데 銀(Ag)을 使用할 경우에는 鐵의 質은 部分에 작은 均열의 發生이 보이기는 하나 全般的으로는 良好한 熔接部를 얻을 수 있다는 것이다.

Fig. 7의 (a)와 (b)는 Insert Metal과 Backing Metal을 使用하여 알루미늄과 鐵의 熔接을 나타낸 것인데 Fig. 7의 (a)는 두께 2.0mm의 알루미늄板과 두께 3.0mm의 構造用炭素鋼 SS41 (JIS)板 사이에 Insert Metal을 使用한 것이고 Fig. 7의 (b)는 두께 3.0mm의 Backing Metal을 제일 밑에, 그위에 알루미늄板과 3.0mm의 構造用炭素鋼板을 올려놓고 熔接한 것이다. 바꾸어 말하면 銀은 알루미늄 熔接部의 境界層에서 上昇하는데 이 熔融金屬은 高溫이기 때문에 低

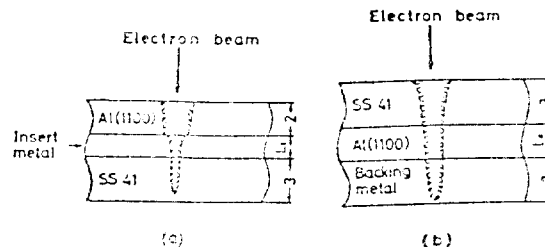


Fig. 7 Welding method for insert metal welding.

融點의 알루미늄이 熔融되어 熔接部의 幅이 넓어진다. 이때문에 境界層에 依해서 銀이 上昇되리라는 처음 生覺 같이는 되지 않았지만 熔融部의 銀의 添加는 알루미늄 母材와의 境界層에서 均열을 防止하는 데는 有效했다. 이것은 알루미늄과 銀이 共晶組織을 形成하기 때문이라 生覺된다. 그리고 알루미늄과 鐵의 熔接部에 銀의 添加에 關해서는 아직도 研究課題가 많이 남아 있다고 말할 수 있다.

純鐵을 Backing Metal로 使用해서 熔接할 경우에는 均열은 發生하지 않았지만 鐵의 熔融量이 많아져서 境界層의 危險領域의 幅이 80 μ m 정도가 적어졌다고 하는 資料가 있는데 이것으로 因해서 均열發生이 없지 않았나 하는 生覺을 하

게 된다. 이에 대한 記述은 다음 항으로 미루기로 한다.

3.3. 境界層의 危險領域과 균열과의 關係

비임을 振動하면서 熔接할 때와 純鐵을 Backing Metal로 使用해서 熔接할 때는 熔接部에 균열이 發生하지 않음을 알았다. 이것은 鐵의 熔融量이 많아지기 때문에 境界層에서 危險領域의 幅이 적게 되어 균열이 發生하지 않는다고 이미 記述한 바 있다.

Fig. 8은 境界層에 있어서 危險領域의 幅과 균열 發生과의 關係를 表示한 그림인데 이 그림에서 危險領域의 幅이 어느程度 以下가 되면 균열의 發生이 거이 없어짐을 알 수 있다. Fig. 9와 Fig. 10은 알루미늄과의 境界에 凹凸이 심할 때의 X線分析圖인데 Fig. 9에서 보는바와 같이 그림 (a)의 경우는 危險領域의 幅이 10 μ m, 그림 (b)의 경우는 12 μ m로 熔接部の 靨인 部分과 튀

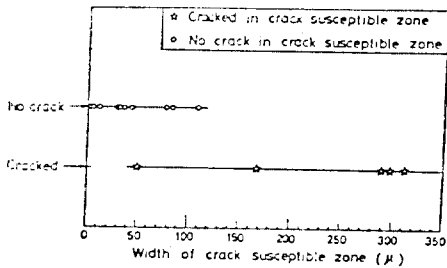


Fig. 8 Relationship between occurrence of crack and width of crack susceptible zone near fusion boundary between Al base metal and weld metal.

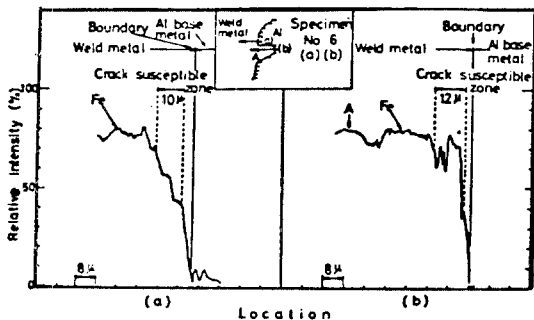


Fig. 9 Distribution of Fe near fusion boundary.

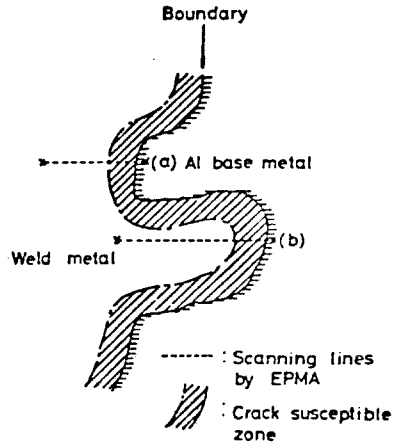


Fig. 10 Distribution of crack susceptible zone along fusion boundary.

어나온 部分의 差가 별로 없음을 알 수 있다. Fig. 10의 斜線部는 Fig. 9에서 危險領域의 分布를 想像한 것이다. 이와같이 境界部에 凹凸이 심하고 危險領域의 幅이 좁을 경우에는 酸化層이 直線의으로 나란히 되어서 들어가기 때문에 균열의 發生이 어렵다고 보고, 境界部의 凹凸이 심하더라도 危險領域의 幅이 튀어나온 部分에서 넓게되면 境界部에 酸化層이 直線의으로 나란히 되어 균열의 發生이 쉽게 된다.

알루미늄側의 境界部는 밑에서부터 熔融金屬의 흐름에 依해서 아주 凹凸이 심하게 되기 때문에 鐵을 많이 熔融시켜 危險領域의 幅을 좁게 하면 균열은 發生하지 않는다.

3.4 맞대기 이음의 特性

資料에 依하면 Insert Metal로 銀(Ag)을 맞대고 있는 母材 사이에 넣고 熔接할 경우 알루미늄側의 熱影響部에서는 반드시 塑性變形을 한後에 破壞되었는데 이때 引張強度는 12.1~15.7 kg/mm²의 값을 얻어 아주 良好한 熔接部를 얻었다고 되어있다. Fig. 11은 두께 0.3mm의 銀(Ag)을 Insert Metal 板으로 使用해서 母材 사이에 넣고 맞대기 熔接을 한 斷面圖인데 熔接部가 3個의 部分으로 나누어져 있음을 알 수 있다.

Fig. 11에서 보는바와 같이 斜線으로 된 部分

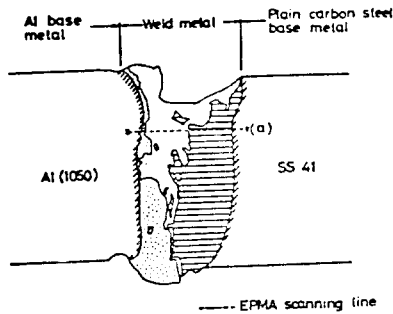


Fig. 11 Crosssectional illustration of butt welded joint of Al and SS41 sheets with 0.3mm width Ag insert metal.

은 알루미늄과 은이 각각 1~2%씩 고용되어 있는데 대개가 철의 구성으로 되어 있는 것을 알 수 있다. 이 그림의 흰색 부분은 은이 약 90%이고 그속에 알루미늄이 10% 고용된 것으로 되어 있어 대부분 철이 고용되어 있지 않다. 그리고 점점으로 되어 있는 부분은 알루미늄과 은의 농도가 차츰 변화되어 있는 부분으로 알루미늄이 약 10%에서 알루미늄 모체에 가까워 오면서 100%로 변화되는 부분이 되겠다. 여기에도 철은 거의 고용되어 있지 않다.

이상과 같은 결과에서 은을 Insert Metal로 사용할 경우 은을 매질로 해서 알루미늄 모체와 은-알루미늄 합금, 은-알루미늄 합금과 철 합금(알루미늄과 은이 조금은 고용되어 있음) 그리고 철 합금과 구조용 탄소강 SS41 모체를 접합한 것이 되겠다. 은과 철은 고용 상태로 되지 않으면 접합이 안되는데 그림에서 흰색 부분에 알루미늄이 10% 정도 존재하고 있기 때문에 은과 철의 접합이 이루어졌다고 생략된다.

4. 結 論

알루미늄과 철(탄소강)과의 용융용접은 옛날부터各方面에서 기대되어 왔음에도 불구하고 일반적으로는 불가능한 것으로 생각되어 왔다. 그것은 용접後 熱收縮에 의해서 용접이음 부분에 균열이 발생하기 때문이다. 그런데 새로운 용접법의 개발은 오늘날 용접技術者는 물론 용

접과 關聯된 分野에서 종사하는 모든 사람들의 중요한 課題가 아닐수 없다.

이러한 問題는 단지 生覺만으로는 實現될 수 없고 꾸준히 努力해서 용접方法은 勿論이고 용접機器와 材料面에서도 推進이 되어서 새로운 용접方法이 開發되어 알루미늄과 철과의 용접은 序論에서 언급한 바와 같이 爆發壓接, 硬납땜, 擴散용접등이 이미 實用化되었으며 이들 용접의 缺點을 補完해서 새로 開發한 것이 電子비임 용접法인데 그러면 지금까지 記述한 資料를 통해서 알루미늄과 철(탄소강)과의 용융용접의 可能性에 대한 檢討結果를 다음과 같이 적어보기로 한다.

(1) 용접部位의 알루미늄 組成이 33% 以下の 部分에서는 α相용체를 形成하고 용접이음에 균열이 發生하지 않는다.

(2) 용접部位의 알루미늄 組成이 62% 以上の 部分에서는 共晶組織을 形成하고 균열發生이 없다.

(3) 알루미늄 組成이 33~62%의 部分(危險領域)에서는 균열이 현저하게 發生하고 이 組成 안에서는 FeAl₂, Fe₂Al₃, FeAl₃ 등의 金屬間化合物 및 거기에 알루미늄 없이 철이 고용된 δ相, η相, θ相이 存在한 部分은 酸化되어 있기 때문에 균열이 發生한다고 生覺된다.

(4) 용접부를 α相용체로 할 경우에는 알루미늄 모체와의 境界부에, 용접부를 共晶組織으로 할 경우에는 철 모체와의 境界부에 각각 危險領域이 殘留한다. 그리고 그의 幅이 넓을(約 200μm 以上) 경우에는 이 部分에 균열이 發生한다.

(5) 電子비임을 용접線方向으로 1.0mm, 3.0mm 또는 5.0mm가 되게 60Hz로 振動을 하면서 용접을 한 結果 용접부의 Macro 偏析은 조금 減少되었으나 境界層의 危險領域의 幅은 增大되었다. 이 振動의 條件은 용접이음의 균열의 면에서 보면 오히려 逆效果라 볼 수 있다.

(6) Insert Metal과 Backing Metal을 사용하여 용접한 結果 銅(Cu), 니켈(Ni) 및 모넬(Monel)을 사용할 경우 균열發生이 현저하기

때문에 不適하다. 그러나 銀(Ag)을 Insert Metal로 使用할 경우 鐵의 組成이 많은 部分에서 작은 균열이 發生할 危險性이 보였으나 대개는 良好한 熔接部를 얻을 수 있음을 알았다.

(7) 鐵을 Backing Metal로 使用할 경우에는 균열 發生이 없었다. 이것으로 熔接의 境界層에 危險領域의 幅이 어느 程度 작게 될 때 熔接後의 收縮力에 依한 균열 發生을 防止할 수 있는 可能性을 生覺할 수 있다.

(8) 鐵을 上下面에 연해서 맞대기 이음熔接을 한 結果 境界層 危險領域의 幅이 좁아졌을 때 熔接後의 收縮力에 依한 균열 發生은 防止되지만 무거운 荷重 또는 충격력이 걸렸을 경우 그 部分에서 破壞되는 것을 알았다. 그러나 熔接이음의 靜的 引張強度는 約 5~8kg/mm²가 되었다고 한다.

(9) 銀(Ag)을 Insert Metal로 使用하여 맞대기이음 熔接을 한 結果 銀을 媒體로 하여 알루미늄과 銀, 鐵과 銀은 아주 잘 接합이 되어 良好한 熔接部를 얻을 수 있다. 이 경우 引張強度는 12.1~15.7kg/mm²로 결국 알루미늄 母材가 破壞되었다고 되어있다.

結論으로 말해서 알루미늄과 鐵(炭素鋼)과의 熔融熔接은 銀(Ag)을 Insert Metal로 使用하면 아주 良好한 熔接部를 얻을 수 있음을 알았다. 또 鐵을 Backing Metal로 使用해서 熔接을 한

다른가 鐵을 上下面에 連해서 맞대기이음 熔接을 할 경우도 계속해서 改善方法을 펴 나간다면 좋은 結果를 얻을 수 있다고 본다.

電子비임 熔接의 特性을 한번 살펴보면

첫째로 眞空속에서 熔接하기 때문에 아주 좋은 品質의 熔接部를 얻을 수 있는 점.

둘째로 1패스의 熔接이 可能하고 熔接入熱이 작기 때문에 熔着金屬 附近의 열영향으로 인한 母材의 變形이 다른 熔接法에 비해 아주 작은 점.

셋째로 두꺼운 母材라도 1패스 熔接으로 처리되기 때문에 全熔接 時間을 짧게 할 수 있는 점.

넷째로 熔接時에 熔接棒이나 熔接와이어를 使用하지 않는 점.

다섯째로 高速熔接과 精密熔接이 可能한 점.

여섯째로 깊은 熔込熔接이 可能한 것은 勿論 異種金屬間의 熔接範圍가 넓다는 점.

등을 들 수 있겠다. 그러므로 앞으로의 알루미늄과 鐵과의 熔接은 航空機, 宇宙機器, 低溫 壓力容器, 電子部品, 快速艇등의 熔接分野 利用은 勿論 各種 工業材料의 熔接分野에도 더욱 擴大되어 實用化되리라 生覺이 된다.

끝으로 本稿는 福井, 難波, 杉山, 荒田, 松田, 塚本 諸氏와 V.N. Eremenko, N.D. Lesnik, Ya. V. Natanzon, B.A. Shutov, A.A. Erokhin 諸氏의 論文을 參考로 해서 作成했다.

科學技術人的 信條

우리科學技術人은 科學技術의 暢達과 振興을 通하여 國家發展과 人類福祉社會가 이룩될 수 있음을 確信하고 다음과 같이 다짐한다.

- 一. 우리는 創造의 精神으로 眞理를 探究하고 技術을 革新함으로써 國家發展에 積極 寄與한다.
- 一. 우리는 奉仕하는 姿勢로 科學技術 振興의 風土를 造成함으로써 온國民의 科學的 精神을 振作한다.
- 一. 우리는 높은 理想을 指向하여 自我를 確立하고 相互 協力함으로써 우리의 社會的 地位와 權益을 伸張한다.
- 一. 우리는 人間의 尊嚴性이 崇尚되고 그 價値가 保障되는 福祉社會의 具現에 獻身한다.
- 一. 우리는 科學技術을 善用함으로써 人類의 繁榮과 世界의 平和에 貢獻한다.