大韓機械學會論文集 第3卷 第2號 pp. 43~47, 1979.

<論 文>

맞대기이음熔接의 強度向上을 위한 어니일링效果에 關한 硏究

宋 森 弘*·辛 根 夏**

(1979. 2. 9 接受)

Effect of Annealing on the Improvement of Strength of Butt Welded Joint

Sam-Hong Song and Keun-Ha Shin

Abstract

This paper presents the effect of stress relief annealing on mechanical properties in single Vee-groove welding joint.

In this experiment, the investigation of annealing effect on mechanical properties of test material carried out by changing the annealing temperature from 600°C to 900°C under the given conditions.

The results obtained by this study are as follows:

(1) Under the constant welding conditions, the tensile strength of test welded joint decrease in accordance with the increase of annealing temperature.

The experimental results show that the reduction rate of tensile strength is about 35.09% of base metal strength.

(2) Microhardness distribution of welded joint bring about the maximum hardness near the bended line of welding joint.

(3) Izod impact energy of welded joint is increase in according to the rise of annealing temperature and the peak energy of impact test occurs at 800°C

Ⅰ. 序 論

最近 橋梁, 船舶, 壓力容器, 發電所設備 等의 鋼構造物이 大形化하고 厚板材料의 利用度가 急增함에 따라 熔接殘留應力과 變形은 熔接構造物의 製作에 있어서 가장 重要한 問題로 되고 있다.

熔接構造物의 變形은 熔接金屬의 溶融凝固時에 생기는 局部的인 塑性變形과 融着金屬部와 이것에 接하고 있는 部分의 溫度와 物理定數가 急激히 變化하메 그 原因이 있으므로 部材의 種類나 熔接後의 熱處理 등은 熔接强度 및 變形에 直接的인 影響을 미치는 因子로 되고 있다.

軟鋼의 機械的 性質은 高溫에서 크게 變化하므로 熔接變形 및 殘留應力除去를 위한 應力除去어니일링은 厚板材料의 경우 特히 그 效果가 큰 것으로 알려져 있다.

熔接部는 높은 아아크熱에 依하여 材質의 變化를 가져오며 特히 衝擊特性에 미치는 影響이 큰 것으로 指摘되어 왔다.[1]

熔接變形과 殘留應力에 關한 硏究動向을 살펴보면 佐藤[2]의 熔接變形과 殘留應力에 影響을 미

*正會員; 高麗大學校 工科大學 機械工學科
**正會員, 亞洲工科大學 機械工學科

치는 相變態에 關한 硏究를 비롯하여 構造用材料의 熔接變形에 미치는 熔接條件에 關한 硏究[3] 熔接殘留應力에 影響을 주는 熔接條件에 關한 硏究[4] 등이 있다.

特히 佐藤은 殘留應力分布에 影響을 미치는 諸要因을 檢討하고, 軟鋼, Al合金, 스테인리스鋼 등에 대한 殘留應力分布를 熱傳導論과 熱彈塑性理論에 바탕을 두고 整理하여 比較檢討하였다. 이 밖에도 井川[5]의 熔接熱影響部 오오스테나이트 結晶組大化에 關한 硏究, 益本[6], Chadwick[7]의 熔接이음部의 疲勞强度改善을 위한 熔接接合部의 合成樹脂被膜에 의한 應力分擔效果를 實驗的으로 報告한 바 있다.

또한 廣松[8]은 高張力鋼厚板材料의 應力除去熱處理가 强度 및 靭性에 미치는 影響을 檢討하고 應力除去熱處理가 母材特性 및 熔接部의 材質變化를 冶金學的觀點에서 考察한 바 있다.

本實驗硏究에서는 熔接이음部의 强度擧動을 分析하기 위하여 國產構造用鋼材中에서 우선 軟鋼의 引張强度, 硬度, 衝擊特性 등의 機械的性質에 對한 擧動을 어니일링條件과 結付시켜 살펴보았다.

Ⅱ. 試驗片 및 實驗方法

2-1 試驗片

本實驗에 使用한 材料는 板두께 12mm의 熱間壓延鋼板으로서 材料의 化學成分 및 機械的性質의 實驗値는 Table 1과 같다.

여기서 引張强度 64kg/mm²은 高張力鋼으로 볼 수 있으나 軟鋼의 規格品에 對한 强度는 最低引張强度를 나타내므로 本實驗의 경우는 實驗値인 64kg/mm²를 그대로 表記한 것이다.

熔接試驗片의 크기는 12mm×100mm×150mm로 製作하였으며 熔接方法은 手動熔接과 서브머지드熔接의 强度를 比較하기 위하여 手動熔接과 서브머지드熔接의 2種으로 하였다.

Fig.1은 熔接이음部의 開先모양과 試驗片치수를 나타낸 것으로서 루우트 간격은 3mm로 하였다. 熔接部의 機械的性質을 알아보기 위한 引張試驗片은 熔接鋼板을 切斷하여 지름 $d=10$mm, 標點距離 50mm의 크기로 製作하였으며 衝擊試驗片은 熔接中心部에 깊이 2mm의 V-노치를 가공한 規格試驗片으로 製作하였다. 여기서 引張試驗片의 지름 $d=10$mm는 規格試驗片은 아니나 $d=12$mm로 製作하여 實驗한 結果 그 平均値가 各各 同一한 값으로 나타나므로 試驗片의 지름을 10mm로 取하였다.

本實驗에 使用된 熔接作業件은 아아크 電流 400A, 아아크 電壓을 35V, 熔接速度는 90cm/min로 하였으며, 熔接와이어의 지름은 5mm로 하였다.

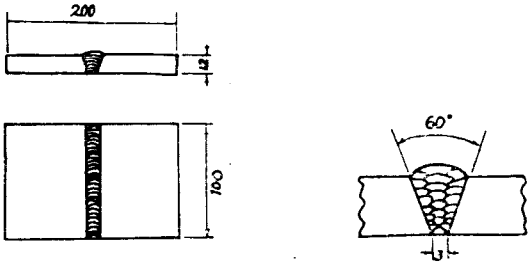

Fig. 1. Shape and dimension of welded joint

Table 1. Chemical composition and mechanical properties of test material

Chemical Composition	Wt%	C	Mn	P	Si	Cu	Ni	Mo	Al	S
	Base metal	0.140	0.649	0.010	0.015	0.017	0.015	0.015	0.056	0.015
	Weldingwire	0.130	1.950	0.010	0.030	0.110	0.025	—	—	0.010

Mechanical Properties of base metal	Yield strength	40kg/mm²
	Tensile strength	64kg/mm²
	Izod impact value	10.15 kg·m

2-2. 實驗方法

熔接試驗片에 對한 應力除去熱處理는 어니일링 効果가 最適인 溫度條件을 알아보기 위하여 常溫의 경우와 600°C, 700°C, 800°C, 900°C의 4段階로 變化시켜 試驗하였다.

어니일링時間은 軟鋼板두께 $\frac{1}{2}$~1in에 대한 풀 어니일링時間인 1時間으로 하였으며 가열속도는 100°C/hr 정도로 하였다. 어니일링후의 冷却은 現場에서 實際로 施行되고 있는 大形構造物의 熔接條件과 殘留應力除去를 目的으로 하기 위하여 空冷과 爐冷의 2種으로 하였다.

어니일링후의 熔接部의 機械的性質을 比較하기 위하여 引張强度, 衝擊値, 硬度 등을 어니일링溫度條件과 結付시켜 比較하였다.

Ⅲ. 實驗結果 및 考察

3-1. 引張强度에 미치는 어니일링溫度의 影響

Fig.2는 本實驗에 使用된 熔接材料의 引張强度와 어니일링溫度와의 關係를 나타낸 것이다.

그림에서 橫軸의 B는 母材의 常溫强度를 나타낸 것이고, R은 熔接한 材料를 어니일링하지 않은 경우, 即 常溫에서 冷却한 경우를 나타낸 것이다.

어니일링溫度變化에 따른 引張强度의 變化傾向을 살펴보면 母材의 引張强度가 64kg/mm²로 가장 높았고, 熔接後의 熱處理効果는 현저하지 않으나 700°C에서 比較的 높은 값을 나타내었다

어니일링溫度가 700°C의 경우 引張强度는 38.50kg/mm²로 母材强度보다 約 25.50kg/mm² 낮은 값을 나타내었다.

引張强度에 對한 어니일링効果는 크지 않으나 引張試驗片의 熔接部와 熱影響部强度擧動을 살펴보기 위하여 試驗片의 네킹部位를 比較하여 본 結果 大部分이 溶着金屬境界를 지난 部分에서 發生하고 있는 것으로 보아 熔接部材의 强度는 熔接熱影響部의 結晶粗大化[9]에 依하여 크게 떨어지는 것으로 생각된다.

本實驗에서 얻은 引張强度의 減少傾向은 田材[9]의 實驗結果의 引張强度低下傾向과 거의 一致하는 傾向을 나타내었다.

한편 特定溫度範圍인 700°C와 800°C에서 同一條件下에서 手動熔接한 材料를 어니일링한 結果 引張强度는 서브머지드熔接보다 약간 낮으나 큰 差는 나타나지 않았다. 따라서 熟練된 技能을 保有한 경우 手動熔接强度는 서브미지드熔接의 경우와 거의 같은 强度를 가질 수 있음을 指摘할 수 있다.

以上에 살펴본 바와 같이 熔接部의 引張强度는 熔接熱影響部의 結晶組織이 粗大化하기 때문에 母材强度보다 크게 低下하는 것으로 생각된다.

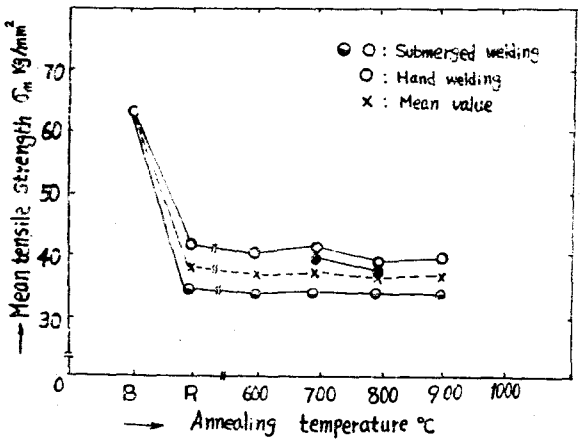

Fig. 2. Relation between mean tensile strength and annealing temperature

3-2. 熔接部의 硬度分布와 어니일링溫度와의 關係

Fig. 3은 熔接이음部의 硬度分布를 알아보기 위하여 本實驗에서 얻은 硬度 H_v와 어니일링溫度와의 關係를 나타낸 것이다. 熔接비이드部의 硬度分布를 살펴보면 溶着金屬中央部에서 熔接이음接合部로 갈수록 漸次 증가하는 경향을 보이다가 接合部附近에서 硬度 H_v는 最大로 되었다. 또한 最大硬度값을 지난 母材의 熱影響部附近으로 갈수록 硬度는 急激히 低下하는 傾向을 나타내었다.

어니일링溫度變化에 對한 硬度分布는 部分的인 起伏이 甚하고 特히 溫度에 따라서는 相當한 差異를 보이고 있는데 이것은 試驗에 使用한 材

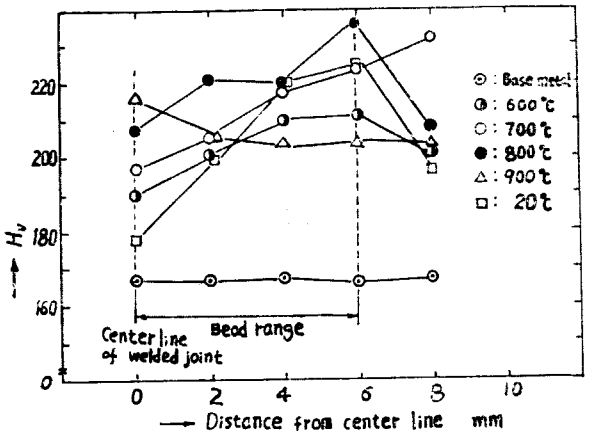

Fig. 3. Relation between Vickers hardness and distance from center line of welding joint.

料의 金屬材質의 不均一함에 그 原因이 있다고 생각된다.

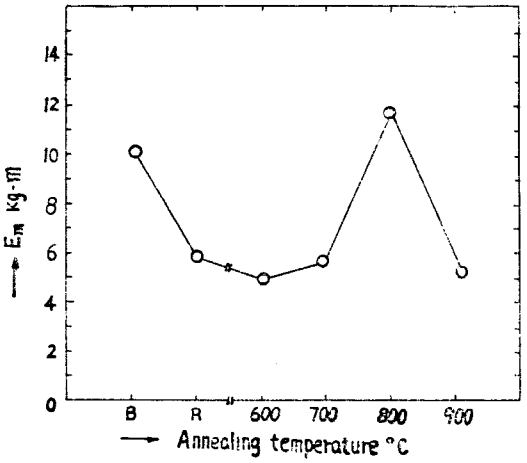

Fig. 4. Relation between impact characteristics and annealing temperature.

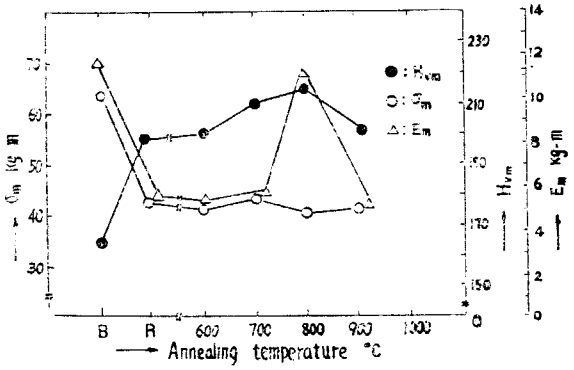

Fig. 5. Relation between mechanical properties and annealing temperature.

3-3. 衝擊强度와 어니일링溫度와의 關係

Fig.4는 熔接部의 衝擊値變化와 어니일링溫度와의 關係를 나타낸 것이다.

熔接部材의 衝擊試驗結果는 母材의 경우가 9.85kg·m이었고 熔接部를 어니일링熱處理하지 않은 경우인 室溫에서는 5.90kg·m로 母材의 경우보다 3.95kg·m만큼 감소하였다.

한편 600°C로 어니일링한 경우에는 4.72kg·m, 700°C에서는 5.45kg·m이었고, 800°C에서는 11.37kg·m로 급격히 증가하였다.

어니일링溫度에 對한 衝擊値의 變化傾向은 溫度가 上昇함에 따라 漸次 증가하다가 800°C에서 衝擊値는 最大로 되었다. 常溫일 때의 衝擊値와 比較하여 보면 常溫일 경우 5.90kg·m에서 11.37kg·m로 증가하였으며 增加率은 92.71%程度이었다. Fig.5는 어니일링溫度條件과 引張强度 $\sigma_m$kg/m², 硬度 H_v, 衝擊値 Ekg·m와의 關係를 圖示한 것이다.

앞에서 記述한 바와 같이 熔接材料의 引張强度는 어니일링溫度의 增加와 더불어 緩慢한 變化를 보이나, 硬度는 700°C에서는 H_v=213, 800°C에서는 H_v=216, 으로 증가하였으나 900°C에서는 H_v=206으로 減少하는 경향을 나타내었다.

衝擊에너지의 變化는 600°C부터 漸次 증가하다가 800°C에서 最大로 되었다.

熔接部材의 어니일링溫度變化의 傾向을 綜合하여 보면 引張强度는 700°C에서 最大로 되었고 衝擊値와 硬度는 800°C에서 最大로 되었다.

V. 結 論

熱間壓延鋼板의 맞대기 이음熔接部의 機械的特性의 擧動을 알아 보기 위하여 熔接이음部의 引張强度, 硬度分布 및 衝擊値 등의 機械的性質에 影響을 미치는 어니일링效果를 어니일링溫度條件을 室溫, 600°C, 700°C, 800°C 및 900°C로 實驗한 結果 얻은 結論은 다음과 같다.

(1) 熔接條件이 同一할 경우 熔接材料의 어니

일링溫度가 높아지면 引張强度의 變化의 幅은 작으나 減少하는 傾向을 나타내었다. 또한 熔接部의 引張强度는 母材强度의 約 2/3에 가까운 값을 나타내었다.

(2) 熔接이음部의 硬度分布는 溶着金屬의 接合境界部附近에서 最大値로 되었다가 熔接中心線으로부터의 距離가 增加함에 따라 낮아지는 傾向을 나타내었다.

(3) 熔接이음部의 衝擊値는 어니일링溫度가 上昇함에 따라 增加하는 傾向을 가지며 衝擊에 너지는 어니일링溫度가 800°C일 때 가장 높았다

參 考 文 獻

1. 田中："80kg/mm²級 高張力鋼의 應力除去燒鈍" 日本鋼管技報 NO. 55(1971.) pp. 671～680.
2. Satoh, Terasaki, "Effect of Transformation Expansion on Welding Residual Stresses Distributions and Welding Deformations" *Welding Journal* vol 45, No.7 pp. 560～566.
3. 佐藤邦彦, 寺崎俊夫："構造用材料の熔接殘留應力·熔接變形におよぼす熔接條件の影響" 熔接學會誌 第45卷 第1號 pp. 42～50.
4. 佐藤彦寺, 崎俊夫構··"造用材料の熔接變形に およぼす熔接諸條件の影響" 熔接學會誌 第45卷 4 pp. 302～308.
5. 井川博, 大重光明, 野井伸悟："熔接熱影響部の結晶粗大化に關する硏究(第5報)" 熔接學會誌 第46卷 第7號 pp. 17～23.
6. 益本功, 篠田剛, 渡部芳人, 田島直之："合成樹脂による鋼材熔接繼手の疲れ弘さ改善について" 熔接學會誌 第46卷 第11號 pp. 814～818.
7. M.D. Chadwick, "Influence of Low-modulus Weld-toe Overlays on Fatigue Life" *Metal. Construction and British Welding Journal* 5(1973) No. p. pp. 334～335.
8. 廣松, 笠松, 役藤, 堀川, 金尾："應力除去燒なましによ材質變化" 熔接學會誌 第46卷 第11號 pp. 803～808.
9. Tamura, Kato, "Effect of Tensile Strain Rate on Hot Ductility of Synthetic Cycles" *Welding Journal* vol. 41 No. 10. pp. 1162～1171.