

參 考 文 獻

- 1) 屋上: 渦流檢査概論, 伸銅技術研究會 vol 9, No. 1 (1970) p. 20~35
- 2) H. D. Hughes: Phil Mag 5-8 p. 50(1879)
- 3) F. Förster: Nondestructive Testing Handbook, Vol. II, Section 36-42(The Ronald Press Co New York, 1959)
- 4) F. Förster: Proc, 8th World Conf, NDT, (1976), IB-1
- 5) G. Labbe, et, al : Proc. 8th World Conf. NDT (1976), IB-1
- 6) J. J. Davis: Materials Evaluation, 38-1 (1980), p.62
- 7) J. C. Coachman, et. al., : British J. NDT. 20-3 (1978), p. 128
- 8) N. Nielsen: Proc. 9th World Conf. NDT (1979), 2A-3
- 9) W. Stam : British J. NDT. 20-2 (1978), p. 76
- 10) 屋上: 導體に近接した有限長ソレノイドコイルの解析, 電氣學會誌 88(1968), 1894~1902
- 11) C. V. Dodd, et. al : J. Applied Physics, 36-6 (1968), p. 28, 29

鑄鐵의 아아크 熔接時 熔接條件이 熔接部의 組織 및 切削性에 미치는 影響에 關한 研究

車 道 鉉

Study on the Effect of Welding Condition on
the Micro-Structure and Cuttability of Welded
Part in Arc Welding for Gray Cast Iron.

Cha Do-hyun

〈目 次〉

- Abstract
1. 序 論
 2. 實驗方法
 - 2.1 熔接材料 및 試驗片
 - 2.2 實驗裝置 및 實驗方法
 - 2.2.1 熔接方法
 - 2.2.2 切削抵抗의 測定
 - 2.2.3 切削面粗度 測定法
 - 2.2.4 熔接部位의 顯微鏡 組織
 3. 實驗結果 및 考察
 - 3.1 熔接條件에 따른 顯微鏡 組織變化
 - 3.2 熔接條件에 따른 硬度變化
 - 3.3 熔接條件에 따른 切削面 粗度の 變化
 - 3.4 熔接條件에 따른 切削抵抗의 變化
 4. 結 論
- 參考文獻

**Study on the Effect of Welding Condition on the Micro - Structure and
cuttability of Welded Part in Arc Welding for Gray Cast Iron**

Do - Hyun Cha

Department of Marine Engineering, Graduate School Korea Maritime University.

Abstract

The gray cast iron is very difficult to weld without special precautions because of the graphite flakes which acts as discontinuities in welding process.

Moreover the welded part of gray cast iron, has a very low cuttability due to the local high hardness caused by welding heat cycle.

In this paper, the effect welding condition on the microstructure and cuttability of welded part in electric arc welding using the coated Ni electrode for the gray cast iron was quantitatively investigated. Moreover, the experiments were carried out for the purpose of the clarifying the optimum welding conditions, such as arc current, and preheating temperature.

Main results obtained are as follows ;

- 1) The optimum aspects in cutting resistance and surface roughness are gained at the conditions of preheating temperature 200°C, and welding current 90 Amp.
- 2) The hardness of boundary surface in welded part increased with the welding current.
- 3) The hardness of boundary surface in welded part increased with decreasing the preheating temperature.
- 4) The Nickel layer of the boundary surface in welded part appeared to be wider at the conditions of preheating temperature 200°C and welding current 90 Amp. than at other conditions.

1. 序 論

鑄鐵의 熔接은 거의 鑄物의 部分的인 補修熔接에 利用되고 鑄鋼에서와 같이 組立熔接을 施行하는 境遇는 極히 드물다.

鑄鐵이 成分上으로 高炭素, 高珪素로 因하여 그 熔接性이 他 材料보다 極히 나쁜 理由로는 첫째, 鑄鐵 組織中에 多量 含有된 上述한 化合炭素(Fe_3C) 및 유리炭素인 黑鉛(graphite)이 熔接中에 酸化되어 炭酸가스 또는 一酸化炭素 가스를 發生시켜서 作業을 妨害할 뿐만 아니라 熔接 金屬中에 Pin hole 및 Blow hole을 惹起하게 된다. 둘째, 熔接部는 急冷에 依해 白銹化 하여 硬化되어 龜裂이 發生한다. 셋째, 鑄鐵은 母材 自體의 延性이 작기 때문에 熔接時의 熱應力에 依해 母材中에 龜裂을 일으키기 쉽다. 넷째, 鑄鐵中의 세멘타이트(Fe_3C)는 熔接熱에 依해 加熱時는 分解하여 體積膨脹을 일으키고 冷却時에는 急冷에 依해 白銹化하여 큰 收縮을 일으키므로 이러한 急激하고도 큰 體積變化에 依해서 龜裂을 일으키기 쉽다.²⁾

以上과 같은 理由로서 鑄鐵 熔接時에는 氣孔 및 龜裂의 發生이 쉬워 健實한 熔接部를 얻기 어렵기 때문에 熔接條件을 嚴格하게 制御할 必要가 있다.

한편 鑄鐵熔接 箇所는 熔接後 熔接한 그대로 使用하는 例는 드물고 大概是 熔接部를 平滑하게 切削하여 使用한다. 또한 機械要素의 補修目的으로 熔接이 行하여 질 境遇에는 熔接後 精密한 表面粗度가 切削加工面에 要求되는 境遇가 많다.

그러나 鑄鐵熔接部에는 一般的으로 局部的인 硬度變化가 甚하게 나타나므로 切削加工時 切削抵抗의 變動이 甚하고 切削加工面이 粗惡하게 되기 쉽다.

따라서 鑄鐵熔接時는, 熔接後의 切削加工 過程까지를 充分히 考慮하여 熔接條件을 選定할 必要가 있다.

本 研究에서는 以上과 같은 事實에 着眼하여 鑄鐵에 純Ni 被覆 熔接棒을 利用한 아아크 熔接時 熔接條件이 熔接部의 組織에 미치는 影響을 實驗을 通하여 檢討하고 또한 熔接後 切削加工時 熔接條件에 따른 切削抵抗, 表面粗度 特性을 調査하여 組織 및 被削性 面에서 最適의 熔接條件을 本 研究에서 糾明하고자 努力하였다.

2. 實 驗 方 法

2.1 熔接材料 및 試驗片

本 實驗에서 使用한 熔接材料는 FC-10의 片狀黑鉛의 灰鑄鐵을 使用하였고 또한 熔接棒은 熔接部의 白銹化를 防止하고 化合炭素의 黑鉛化를 促進함으로써 龜裂 發生이 抑制되는 Ni心線 被覆 아아크 熔接棒(DFC-Ni-TOKTEN 社)을 使用하였다. Table 1은 母材 및 熔接棒의 化學組

成 및 機械的 性質을 表示하고 試驗片의 形狀 및 寸수를 Photo.1 과 Fig. 1에 表示하였다.
 Photo. 2는 本 實驗에 使用된 FC-10 鑄鐵棒 母材의 顯微鏡 組織을 나타낸 것이다.

Table.1 Chemical compositions & mechanical properties

Materials	Chemical composition (Wt %)								Mech. prop.	
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cu	Fe	Ts $\frac{kg}{mm^2}$	H _B
FC 10	3.51	2.52	0.69	0.31	0.08	-	-	-	12.50	170
DFC NiWt	0.72	0.32	0.21	0.010	0.009	Bal	-	1.56	-	-



Photo.1 Shape of specimens

母材는 Photo. 2에서 알수 있듯이 一部 ferrite 組織과 層狀組織인 pearlite($\alpha + Fe_3C$)가 섞여 있는 基地에 片狀의 黑鉛이 散在하는 典型的인 軟質의 Ferrite 普通 鑄鐵의 組織을 나타내고 있다. 따라서 母材의 組織은 Ferrite, Pearlite, Graphite 의 混合組織이다.³⁾

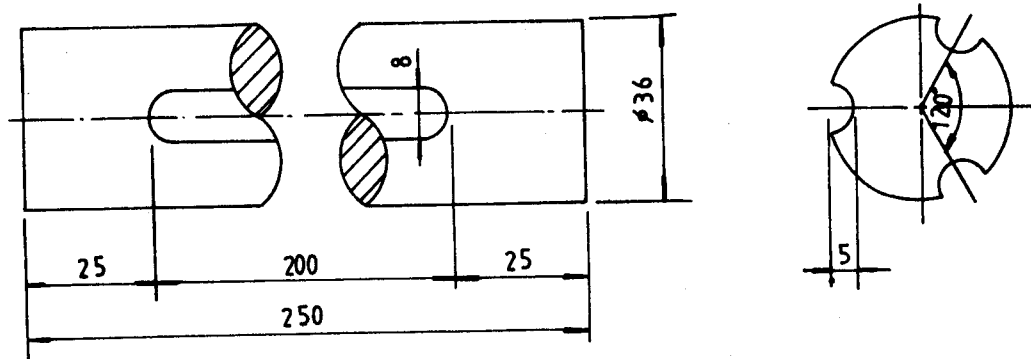


Fig.1 Dimension of welding test pieces



Photo. 2 Microstructure of specimen ($\times 400$)

2.2 實驗裝置 및 實驗方法

2.2.1 熔接方法

本實驗에서 熔接裝備로는 交流 아아크 熔接機 (NAW type 27 KVA) 를 使用하였으며, 母材를 豫熱爐 (DY-DO 5) 에서 常溫, 200°C, 300°C 로 各各 豫熱한 後 熔接하였다. 이때 豫熱을 實施하지 않고 常溫에서 熔接한, 試驗片의 境遇에는 當初의 常溫보다 70°C 以上 超過하지 않도록 留意하여 熔接을 하였고, 200°C, 300°C 의 低溫豫熱 熔接試驗片의 境遇에는 역시 當初의 豫熱溫度보다

40°C 以上 超過하지 않도록 維持하여 熔接을 實施하였다.

그리고 本 實驗의 目的인 各 豫熱溫度에서의 熔接電流 變化에 따른 熔接組織과 熔接部位의 硬度變化 및 切削性, 切削面 粗度の 變化狀態를 調查하기 爲하여, 各 溫度에서 豫熱한 試驗片을 60 Amp, 90 Amp, 120 Amp로 變化시켜 熔接을 實施하였다. 이때에 熱應力을 最小限으로 줄이기 爲하여 15~20 mm비이드, 6cm/min 速度로 斷續 熔接을 實施하였다.

2.2.2 切削抵抗의 測定

各 熔接條件에서 熔接된 試驗片의 被削特性을 調查하기 爲하여 高速精密旋盤으로 切削速度를 5 個 區間으로 變化시켜 가면서 各各의 切削速度에서 試驗片의 切削抵抗値를 測定하였다.

이때 切削工具는 超硬合金工具(M 20)을 使用하였으며 切削抵抗의 測定은 切削工具動力計 (AST type 三保電氣裝作)를 使用하여 主分力, 背分力, 移送分力の 3 個 分力으로 나누어 測定하였다.

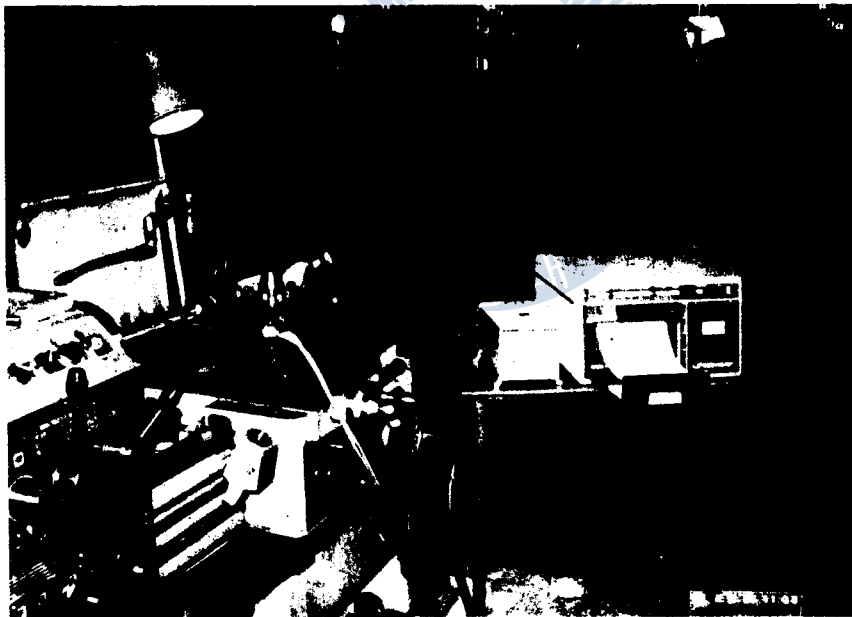


Photo. 3 Apparatus of measuring cutting force

切削工具動力計에 變形率增幅器(Strain Amplifiers: 6 M 52 type, showa measuring instrument Co.) 와 라이트 빔 오시스코 그래프(Light beam Oscillo graph) 인 VISIGRAPH (5L 30 type SAN-E1 Co.)를 Photo. 3 과 같이 連結하였다. Fig. 2 는 切削工具動力計 内部의 主分力, 背分

力, 送分力を測定하는 變形率計器(strain gage)의 回路圖를 表示하고 動力計와 超硬 合金工具와의 裝着圖는 Fig. 3에 나타내었다.

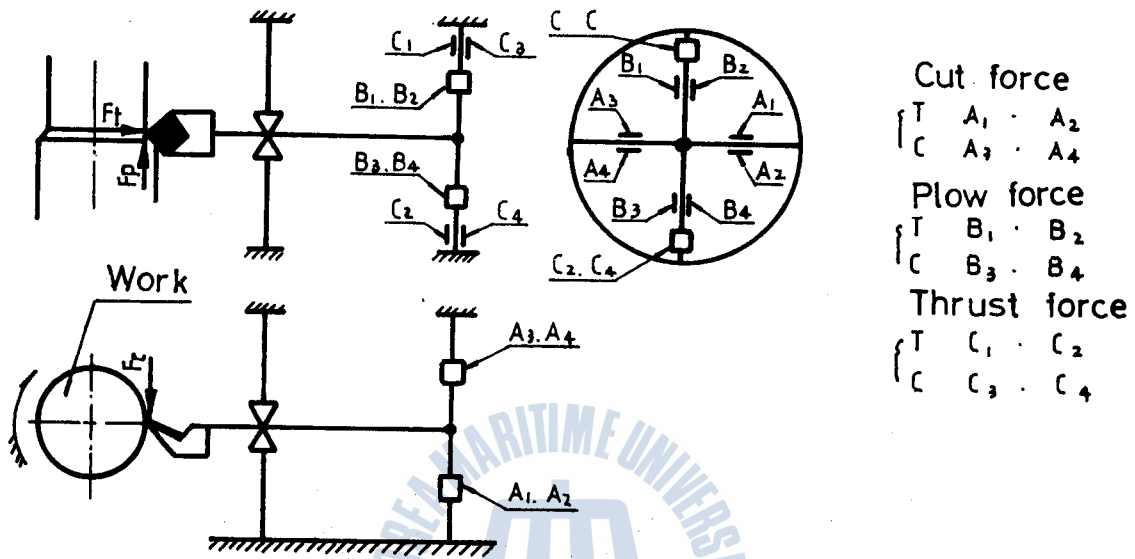


Fig. 2 Schematic diagram of strain gauge connection in dynamometer

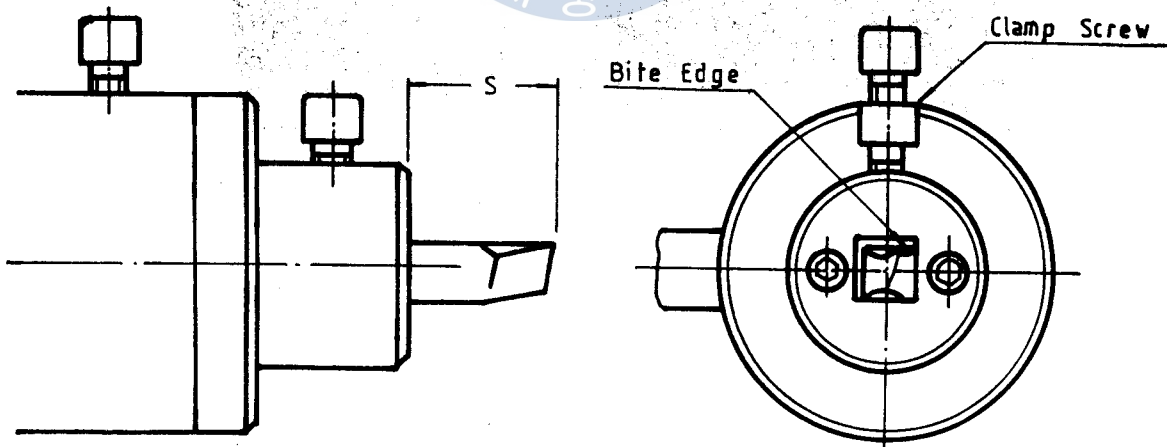


Fig. 3 Bite holding in dynamometer

切削抵抗을 測定하기 爲하여 標準變形值 較正裝置로 基準變形值를 正確하게 指示하도록 感度를 微細調整한 後 Fig. 4에 나타나 있듯이 (1) 標準變形值를 그래프紙에 B와 같이 記錄한 다음

(2) 切削始作點에서 切削을 開始토록 하면 切削抵抗에 따라 記錄幅 A가 記錄된다.

이렇게 하여 求해진 scale로 부터 A값을 變形值의 判讀式 (1-1)에 代入하여 低抗值를 求한다.

$$\begin{aligned}
 \text{主分力} \quad W_1 &= 0.547 \times S_1 \\
 \text{送分力} \quad W_2 &= 0.579 \times S_2 \\
 \text{背分力} \quad W_3 &= 0.251 \times S_2 \quad \dots\dots\dots(1-1)
 \end{aligned}$$

(3) 또 分力間 相互干涉을 補正하기 爲하여 앞에서 求한 抵抗值를 分力間 相互 干涉補正式 (1-2) 式에 代入하여 補正된 主分力, 背分力, 送分力을 求한다.

$$\begin{aligned}
 \text{主分力} \quad W_1 &= W_1 + 0.006 W_2 - 0.017 W_3 \\
 \text{送分力} \quad W_2 &= -0.018 W_1 + W_2 + 0.0011 W_3 \\
 \text{背分力} \quad W_3 &= 0.001 W_1 + 0.0 W_2 + W_3 \quad \dots\dots\dots(1-2)
 \end{aligned}$$

Fig. 4는 本 實驗에서 測定한 主分力의 한 例이다.

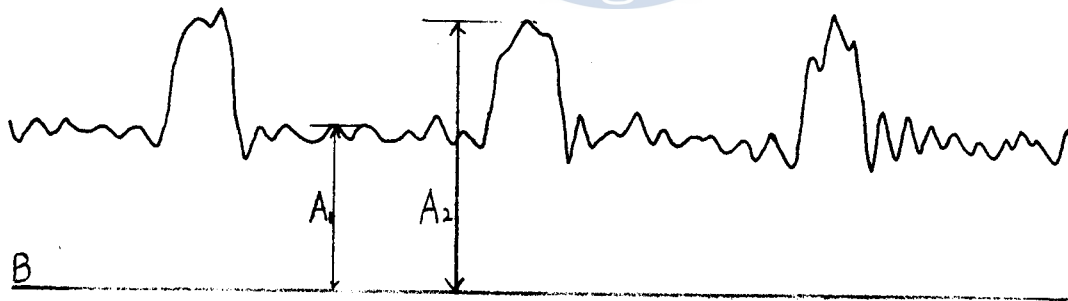


Fig. 4 Example of measuring cutting force

2.2.3 切削面 粗度 測定法

熔接試驗片의 切削面 粗度 測定에는 表面粗度測定裝置(SURFCOM 300 B type: Tokyo Seimitsu Co.)를 使用하였으며 各 切削速度에 따라 表面粗度の 變化를 測定하였다.

수 있다. 또한 300°C 로 豫熱熔接한 組織에서는 片狀黑鉛의 一部分解에 依한 球形化를 찾아 볼 수 있으며 冷却時에 Austenite 組織中 一部가 lath 狀의 炭化物을 內在한 martensite 組織으로 變態하여 넓은 領域에 나타나 있는 것을 볼 수 있다. 또한 豫熱을 하지 않을 境遇에는 低電流인 60 Amp. 로 熔接時 充分한 融着部가 形成되지 않는 것을 顯微鏡 組織에서 알 수 있다.

Photo. 5는 常溫 및 豫熱溫度를 200°C 및 300°C 로 하고 熔接電流를 90 Amp. 로 하여 熔接하였을 때 熔接部의 顯微鏡 組織을 나타낸다.

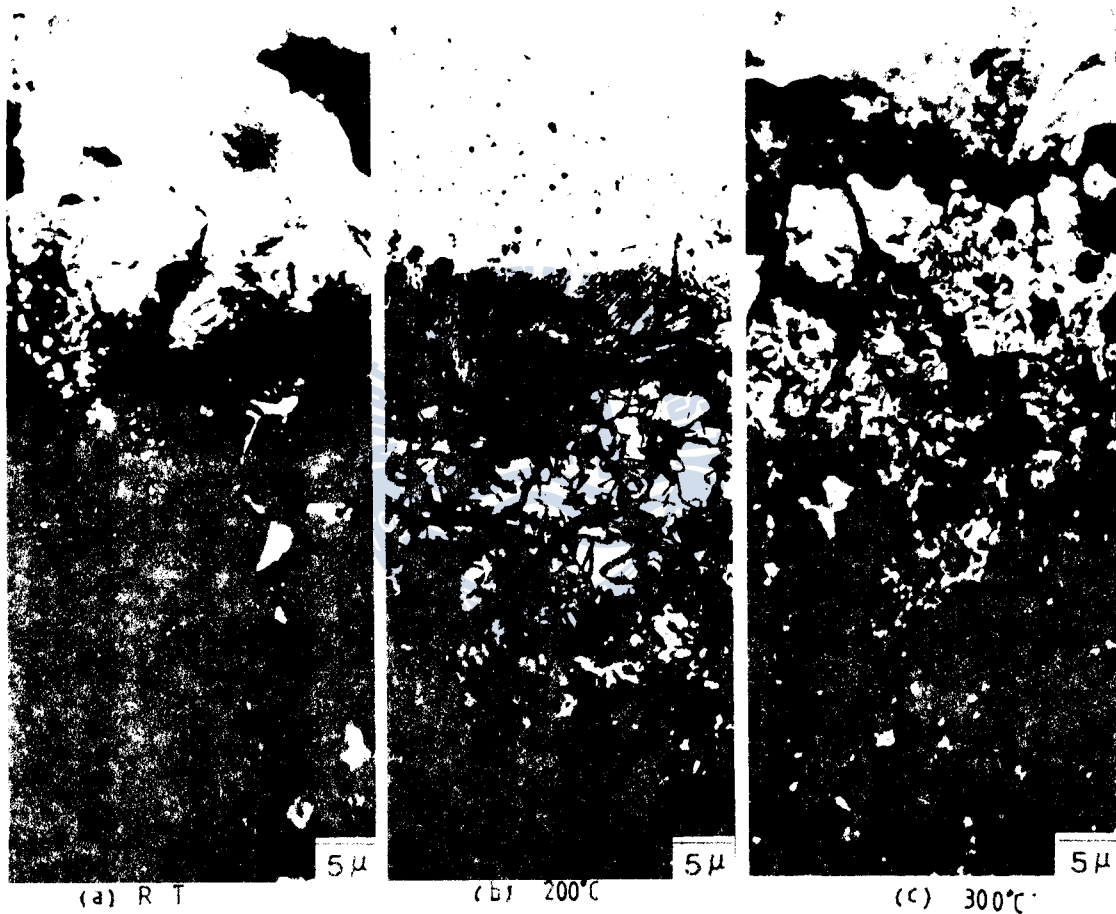


Photo. 5 Appearance of microstructure following the preheating temperature (welding current: 90Amp.)

Photo. 4 에서와 같이 常溫에서 豫熱을 하지 않고 熔接을 行한 境遇에는 急熱에 依해 Ni의 擴散速度가 늦어지는 理由로 해서 Ni 擴散層을 볼 수 없다.

그러나 豫熱溫度를 200°C 및 300°C 로 높여 熔接을 實施하였을 境遇에는 母材에 Ni의 擴散

層이 뚜렷이 나타나며, 靱성이 높은 針狀의 炭化物을 內在한 martensite 組織이 넓은 領域에 걸쳐 뚜렷이 나타나 있다. 이 中 特히 200°C로 豫熱하여 熔接한 組織에서는 熔接 Bond 部に 微細한 Sorbite 組織이 形成되어 있는 것을 觀察할 수 있다. 一般적으로 熔接部는 單一相인 martensite 組織만으로 形成되어 있는 境遇보다 Photo. 4의 (b)에서와 같이 martensite, sorbite의 混合組織으로 形成되어 있는 境遇가 靱성이 優秀한 것으로 알려져 있다.^{3,4)} 따라서 顯微鏡 組織上으로 볼때 豫熱條件이 200°C이고 90 Amp. 로 熔接한 組織에서 接合성이 가장 우수한 것으로 생각된다.

Photo. 6은 熔接電流를 120 Amp. 로 높여서 (a) 常溫, (b) 200°C, (c) 300°C로 變化시켜 熔接한 境遇의 顯微鏡 組織을 나타낸 것이다.

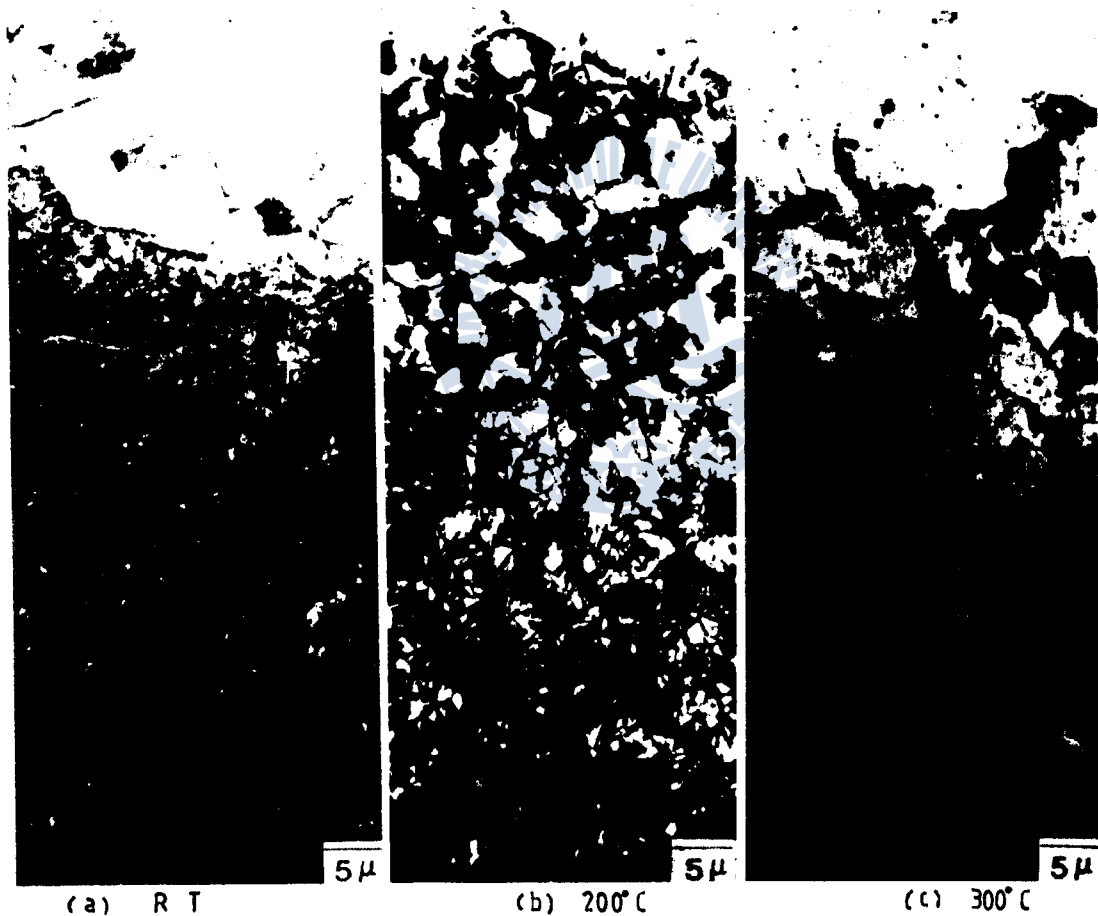


Photo.6 Appearance of microstructure following the preheating temperature (welding current:120Amp.)

常溫에서는 母材인 鑄鐵部가 急熱, 急冷하기 때문에 熔接部の Ni 擴散層을 찾아 볼 수 없고,

片狀黑鉛의 一部分이 分解되어 層狀의 pearlite 共析 炭化物層을 形成하고 있는 것이 觀察된다.

또한 豫熱溫度를 200°C 로 높여 熔接한 熔接部의 組織에서는 廣範圍한 Ni 擴散層을 觀察할 수 있고 또 熔接熱 影響部에는 Ni Base 에 微細한 炭化物이 內在한 層狀의 Ni-Base martensite 組織을 나타내고 있다. 그리고 熔接 本드部에는 片狀의 黑鉛이 網狀 및 球狀에 가까운 黑鉛(유리 炭素)으로 分解되어 分布하여 있는 것을 알 수 있다.

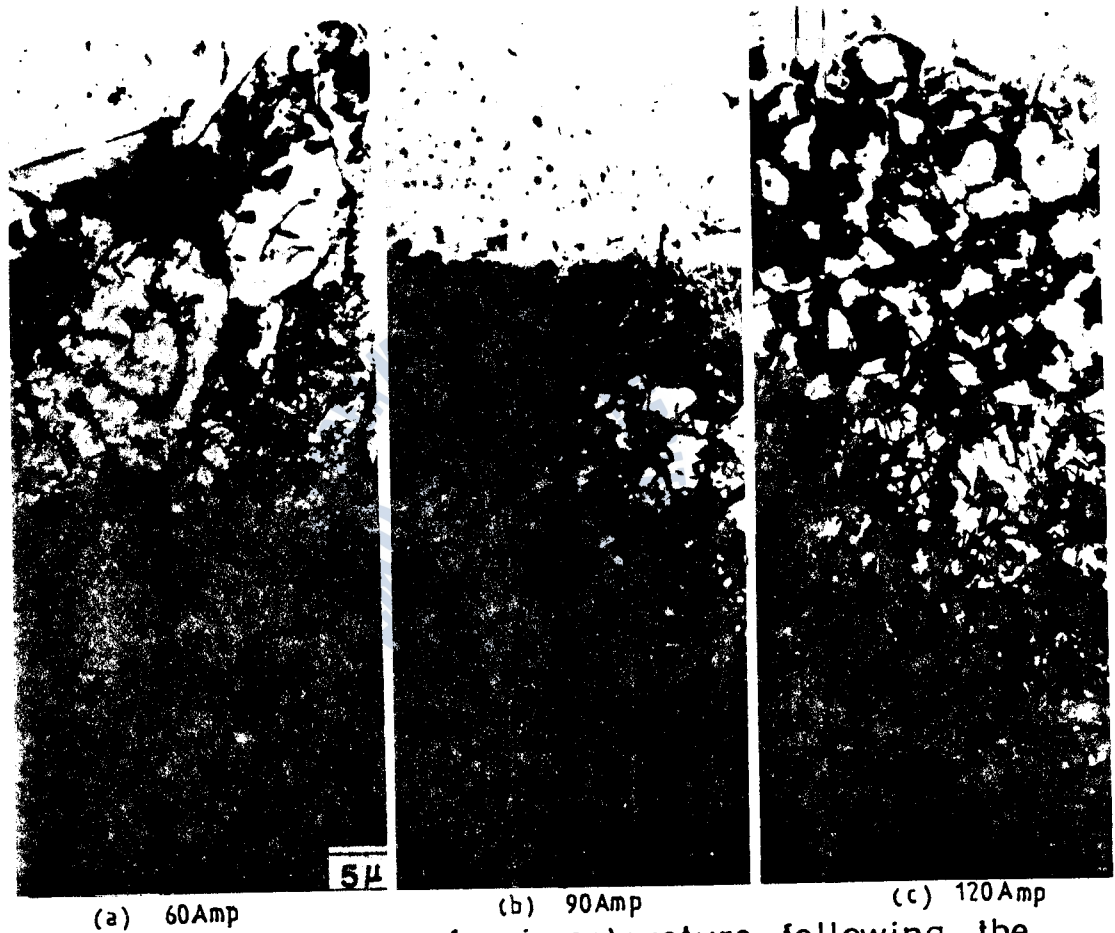


Photo.7 Appearance of microstructure following the welding current (preheating temperature: 200°C)

豫熱溫度를 300°C 로 높였을 境遇는 200°C 의 境遇보다 組織이 微細하지 못하고, 層狀의 組織도 나타나지 않았다. 따라서 熔接電流를 120 Amp. 로 하였을 境遇에도 200°C 의 豫熱條件이 熔接部의 組織을 가장 微細하고 良好하게 하는 것을 알 수 있었다.

Photo. 7은 以上과 같은 3種類의 熔接電流 條件 卽, 60 Amp., 90 Amp., 120 Amp. 에 있어서 그 組織 特性이 가장 優秀하게 나타난, 200°C의 豫熱條件으로 熔接한 試驗片의 組織들을 比較한 것이다.

이에 依하면 熔接電流 90 Amp.로 熔接한 試驗片의 경우가 그 組織이 가장 微細하고 層狀의 組織이 가장 넓게 分布되어 있음을 나타낸다.

以上과 같은 事實에서 豫熱溫度 200°C, 熔接電流 90 Amp.의 條件下에서 熔接을 實施 하였을 때, 가장 微細하고 靱성이 豊富한 組織이 나타나는 것을 알 수 있다.

3.2 熔接條件에 따른 硬度變化

熔接條件에 따른 熔接部의 硬度變化는 두가지 側面에서 考察하였다. 卽, 熔接電流를 適正值인 90 Amp.로 一定하게 維持하고 豫熱 溫度를, 常溫, 200°C, 300°C로 變化하였을 때 各 條件에 따른 硬度變化를 考察하였다. 또 豫熱溫度를 適正值인 200°C로 一定하게 維持하고 熔接電流를 60 Amp., 90 Amp., 120 Amp.로 變化시켰을 때 硬度變化를 調査하였다.

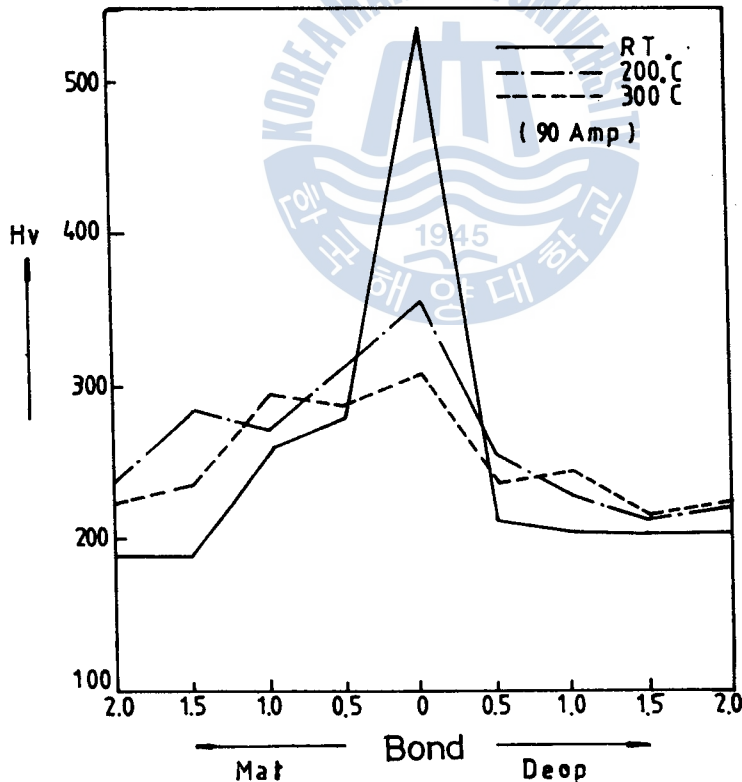


Fig. 6 Change of continuous micro-vickers hardness in various preheating condition

Fig. 6은 熔接電流을 90 Amp. 로 一定하게 維持하고 豫熱溫度를 變化시켜 熔接하였을 때의 熔接部位의 硬度 分布를 表示한 것이고 Photo. 8에는 이들의 實測 組織을 나타낸 것이다.

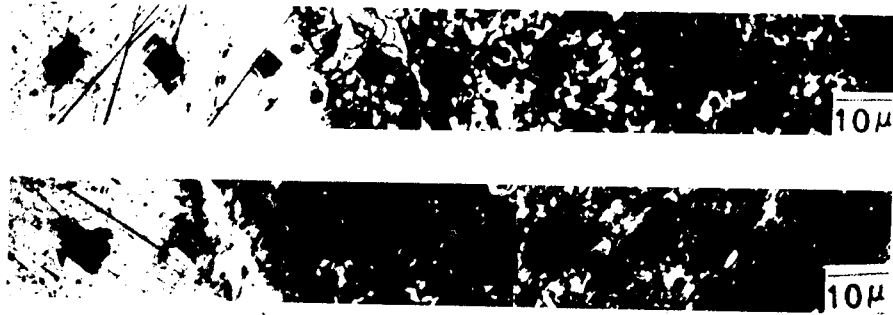


Photo. 8 Indenter marks of hardness on welding structure

母材인 鑄鐵을 豫熱하지 않고 常溫에서 熔接하였을 때의 熔接 본드부의 硬度는 Fig. 6 에서와 같이 急熱 싸이클에 依하여 高炭素 鐵炭化物 組織인 針狀 Cementite 組織의 出現으로 因하여 高硬度를 나타내고 있다. 또한 豫熱溫度를 200°C, 300°C 로한 熔接部の 硬度는 常溫 熔接部에서 보다는 Ni 擴散層이 넓게 存在할 뿐만 아니라 Ni의 濃度가 높게 되므로 高炭素 鐵炭化物 組織은 消失되고 韌性이 높은 Ni Base의 lath martensite 組織의 出現으로 熔接部の 硬度는 낮게 됨을 알 수 있다.

즉 熔接部の 硬度는 豫熱溫度가 낮을수록 높게 나타난다.

Fig. 7은 熔接部の 組織이 가장 良好하게 나타나는 條件인 豫熱溫度 200°C를 一定하게 維持하고 熔接電流의 變化에 따른 熔接部の 硬度分布를 나타낸 것이다.

30 Amp.의 低電流로 熔接時는 熔接部の 硬度는 Hv 315로 낮은 값을 나타내고 120 Amp.의 高電流 熔接時의 熔接部の 硬度는 Hv 475로 높은 硬度를 나타내고 있다.

따라서 熔接電流가 높을수록 熔接部の 硬度는 높게 나타나고 母材部の 硬度는 비교적 낮게 나타나는 것을 알 수 있다.

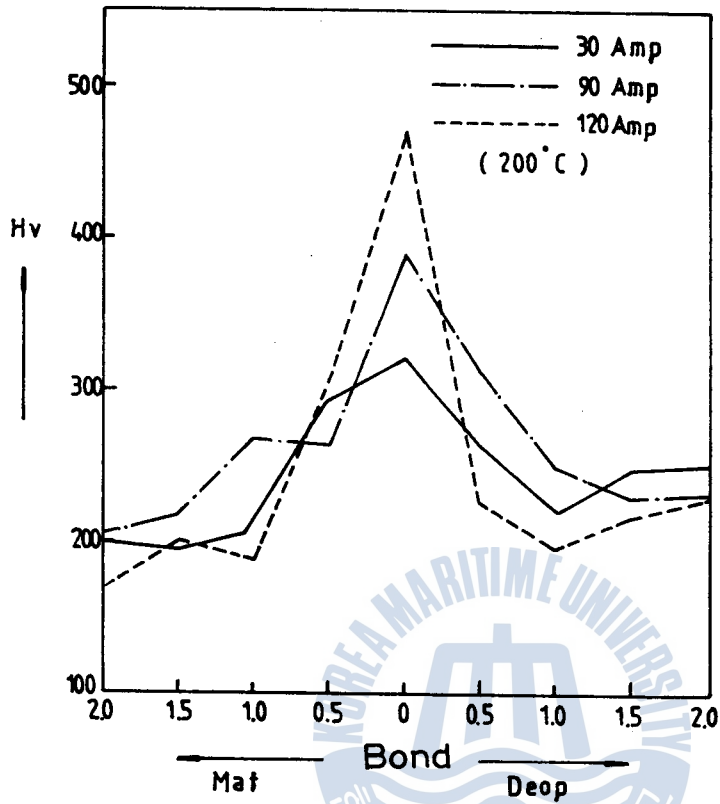


Fig. 7 Change of continuous micro-vickers hardness in various welding current

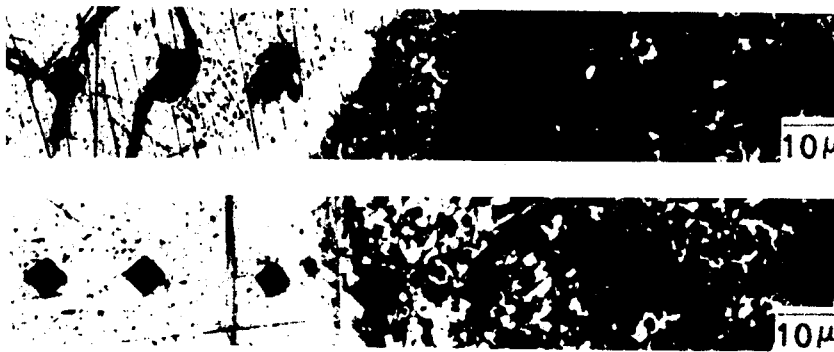


Photo.9 Indenter marks of hardness on welding structure

3-3 熔接條件에 따른 切削面 粗度の 變化

熔接電流와 豫熱溫度를 變化시켜 熔接한 試驗片을 切削速度 40~80 m/min 으로 各各 切削한 後, 粗度測定器(Surfcom 300 B type) 에 依해서 10 點 平均 粗度 測定法으로 測定한 結果 切削面 粗度は Table 2 및 Fig. 8 과 같이 나타났다. Fig. 8 은 熔接電流를 60 Amp. 로 一定하게 하고, 豫熱溫度를 여러 가지로 變化시켜, 熔接한 試驗片을 切削깊이 1.0 mm, 이송속도 0.2 mm/rev, 그리고 切削速度는 40 m/min ~ 80 m/min 로 變化시켜 切削하였을 때의 粗度變化를 나타낸 것이다. 이 에 依하면 常溫 熔接의 경우에 切削面 粗度 測定值(R_z) 가 가장 높고 200°C 로 豫熱熔接한 경 우가 가장 낮은 값을 나타내고 있다. 그리고 切削速度가 增加함에 따라 切削面 粗度 測定值 (R_z) 가 낮아짐을 알 수 있다.

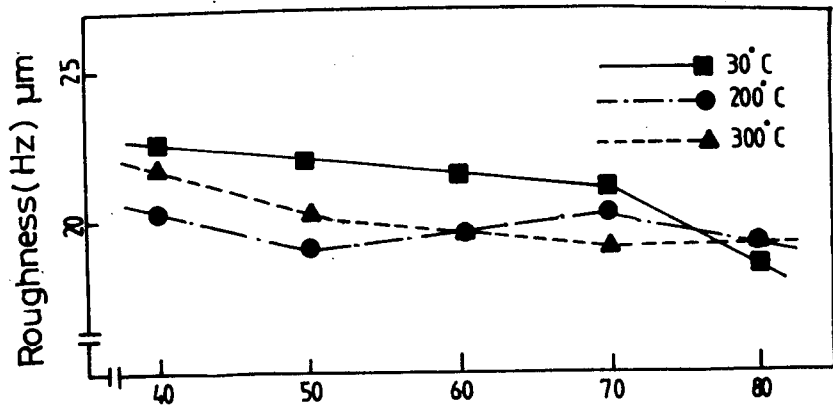
Table. 2 Roughness following the welding condition

Item	Roughness (μ mm)					
	PT CS	40m/min	50	60	70	80
60 Amp	30 C	22.60	22.00	21.25	21.00	18.65
	200	20.25	19.00	19.65	20.25	19.25
	300	21.65	20.25	19.75	19.25	19.15
90	30	21.25	18.73	18.65	18.60	18.55
	200	18.63	18.00	17.15	16.25	16.25
	300	20.65	19.60	19.30	19.25	18.75
120	30	22.65	20.60	20.00	19.25	18.75
	200	20.65	19.40	18.85	18.25	15.30
	300	20.65	20.00	19.65	19.25	18.38

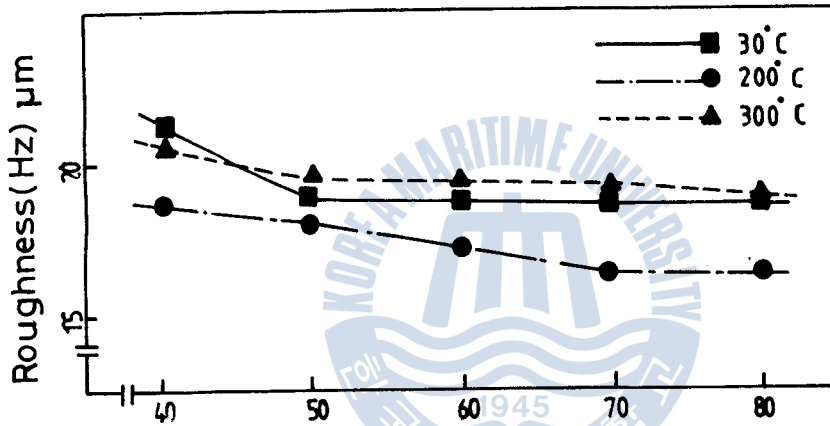
常溫 熔接의 경우 切削面 粗度 測定值가 높은 理由는 急冷, 急熱의 熱싸이클에 依해 Photo. 5 에 서와 같이 粗大한 鐵炭化物인 cementite 組織이 形成되기 때문인 것으로 생각된다.

熔接電流를 90 Amp., 120 Amp. 로 높여 熔接한 試驗片에서도 粗度は 역시 同一한 傾向을 보 이고 있다. 또한 豫熱溫度를 200°C, 300°C 로 上昇시킨 試驗片에서는 常溫에서 熔接한 試驗片의 경우보다 낮은 測定值(R_z) 를 나타내고 있다.

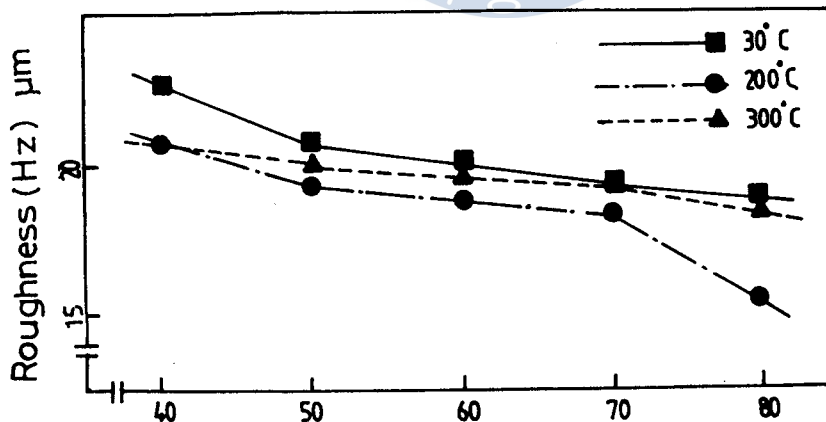
이것은 Ni 擴散層이 넓게 分布되어 있으므로 因하여 片狀의 黑鉛組織과 急熱, 急冷에 依한 白 銑部 組織이 形成되지 않아 Ni-C 基地의 切削面 粗度が 優秀하게 나타난다고 생각된다.



(a) Welding condition Cur.=60 Amp.



(b) Welding condition Cur.=90 Amp.

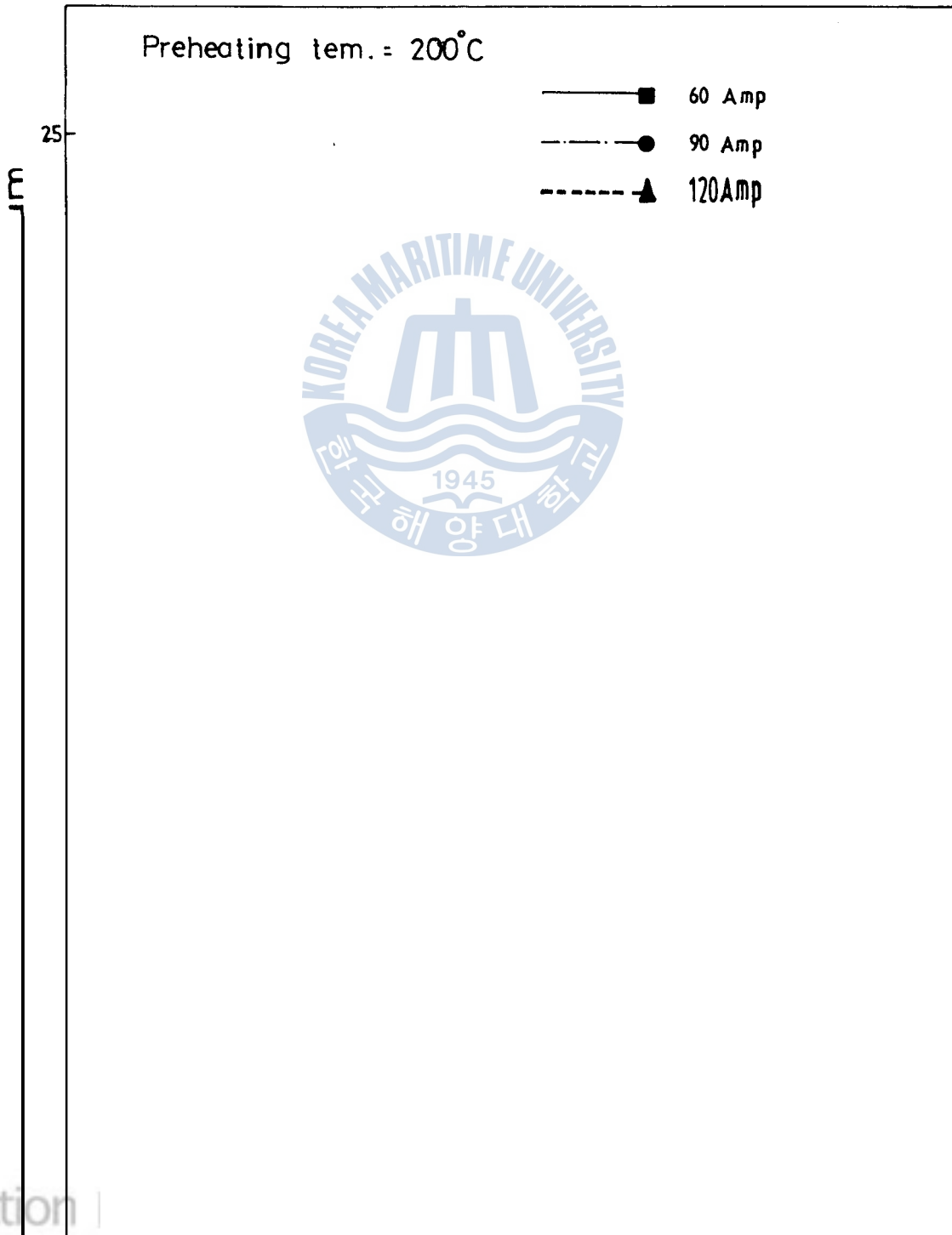


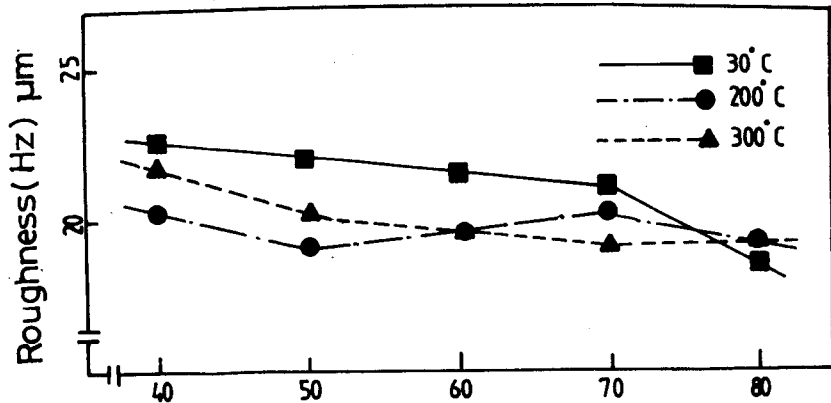
(c) Welding condition Cur.=120 Amp.
Cutting speed (m/min)

Fig.8 Relationship between roughness and cutting speed

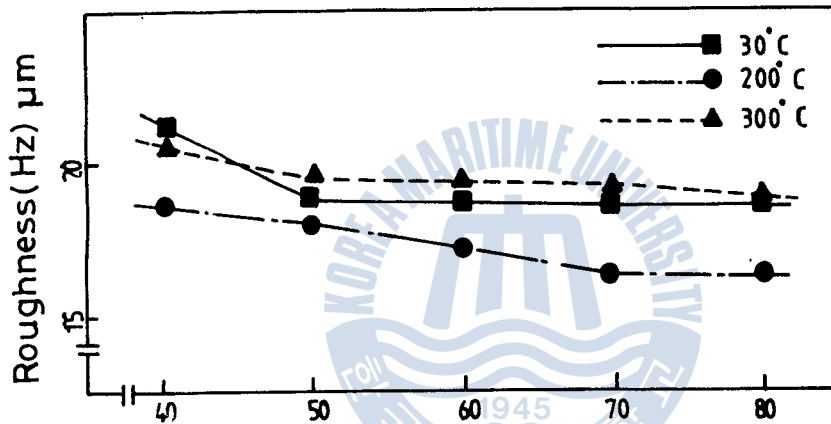


Fig. 9는 豫熱溫度를 200°C로 一定하게 維持하여 熔接한 試驗片을 熔接電流別로 區分하여 切削速度 變化에 따른 粗度測定值(R_z)를 나타낸 것이다. 이에 依하면 熔接電流 90 Amp.의 경우가 表面粗度값이 가장 작게 나타나고 熔接電流 및 切削速度가 增加할수록 精密度는 向上되고 있음을 알 수 있다.

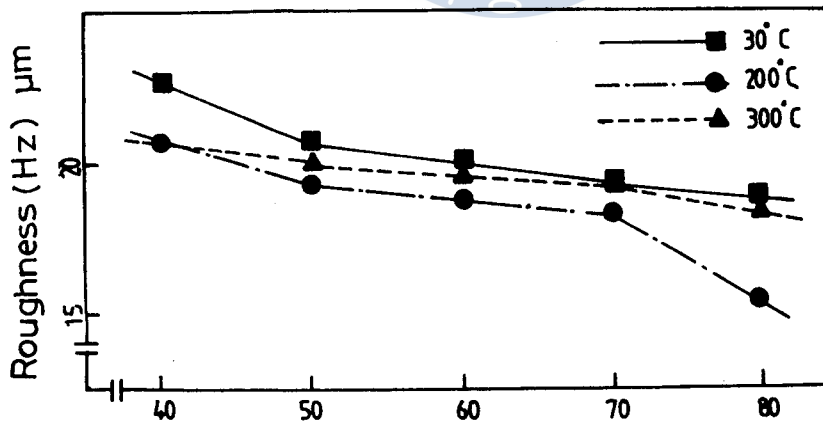




(a) Welding condition Cur.=60 Amp.



(b) Welding condition Cur.=90 Amp.



(c) Welding condition Cur.=120 Amp.
Cutting speed (m/min)

Fig.8 Relationship between roughness and cutting speed according to the change of preheating temperature (Depth of cut : $t=1.0$ mm, Feed : $f=0.2$ mm/rev)

Fig. 9는 豫熱溫度를 200°C로 一定하게 維持하여 熔接한 試驗片을 熔接電流別로 區分하여 切削速度 變化에 따른 粗度測定值(R_z)를 나타낸 것이다. 이에 依하면 熔接電流 90 Amp.의 경우가 表面粗度값이 가장 작게 나타나고 熔接電流 및 切削速度가 增加할수록 精密度는 向上되고 있음을 알 수 있다.

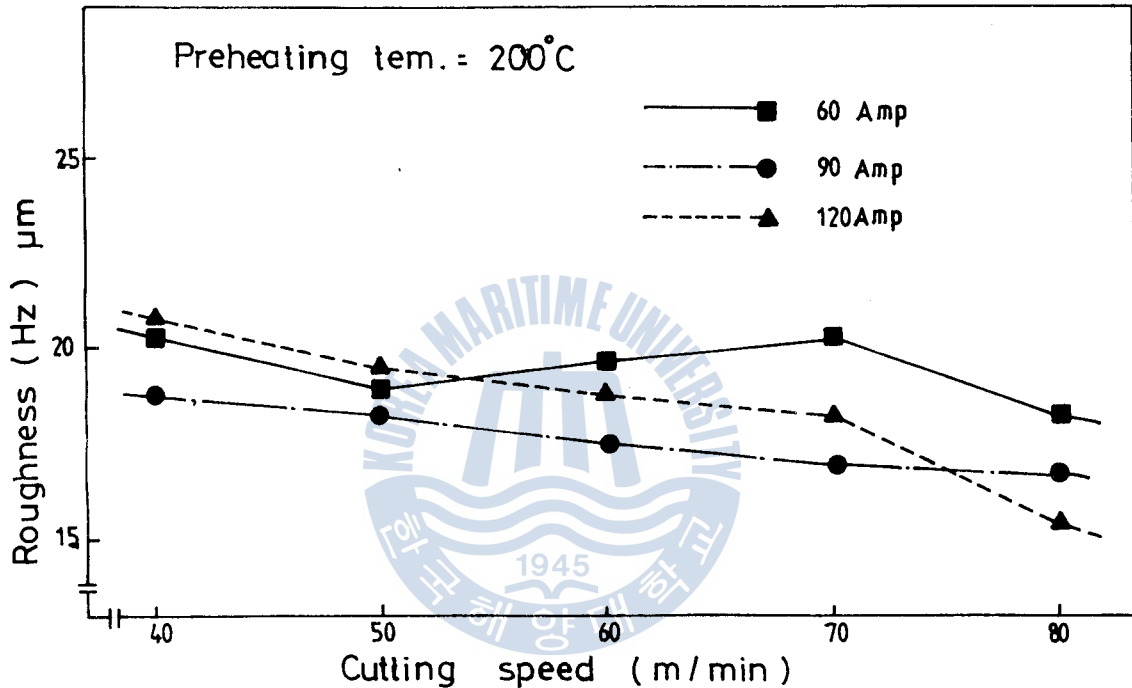


Fig. 9 Relationship between roughness and cutting speed according to the change of welding current (Depth of cut: $t=10\text{mm}$, Feed: $f=0.2\text{mm/rev}$)

3.4 熔接條件에 따른 切削抵抗의 變化

Table 3은 熔接條件 및 切削速度에 따른 切削抵抗值의 變化를 主分力(cutting force), 背分力(thrust force), 送分力(plowing force)으로 나누어 測定하여 그 結果를 나타낸 것이다.

Table.3 Change of cutting force following the welding condition

Item			Cutting force (Kg)				
C·f	Current	$\frac{PT}{CS}$	40m/min	50	60	70	80
Cutting force	60 Amp	30°C	31.65	29.75	29.45	29.20	28.55
		200	35.70	33.65	33.00	32.60	31.25
		300	33.65	32.30	31.25	30.95	30.75
	90	30	28.95	27.85	27.55	27.15	26.35
		200	32.95	30.80	30.20	29.55	29.15
		300	30.75	29.35	28.85	28.55	27.75
	120	30	33.55	32.60	31.35	29.65	29.25
		200	38.15	35.25	34.05	32.95	30.55
		300	36.20	33.75	32.55	31.95	31.45
Thrust force	60	30	22.65	21.75	21.45	21.15	20.25
		200	28.75	25.85	25.30	24.70	23.25
		300	25.75	24.40	23.55	23.30	21.85
	90	30	20.50	19.35	19.05	18.55	17.55
		200	23.65	22.15	21.70	21.65	21.15
		300	21.45	20.75	20.45	20.20	18.70
	120	30	23.75	22.80	22.35	22.25	20.35
		200	29.15	26.40	26.05	25.55	22.45
		300	27.35	24.85	24.15	24.00	23.25
Plowing force	60	30	16.80	16.35	16.15	15.70	14.95
		200	19.65	19.05	18.80	18.25	16.25
		300	18.35	18.25	17.55	16.85	15.45
	90	30	15.75	14.15	13.85	13.45	12.80
		200	18.25	16.80	16.60	16.15	15.45
		300	16.55	15.35	14.85	14.60	13.75
	120	30	17.60	15.05	14.20	13.45	12.10
		200	20.15	17.50	16.75	16.05	15.15
		300	18.85	16.00	15.40	14.95	13.55

Fig. 10은 熔接電流을 60 Amp. 로 一定하게 維持하고 豫熱溫度를, 常溫, 200°C 및 300°C 로 變化시켜 熔接한 試驗片에 대해 切削速度에 따른 切削抵抗值(kg)의 變化를 나타낸 것이다.

이에 따르면 常溫 熔接 試驗片에서는 主分力, 背分力, 送分力 모두가 낮은 切削抵抗值를 나타

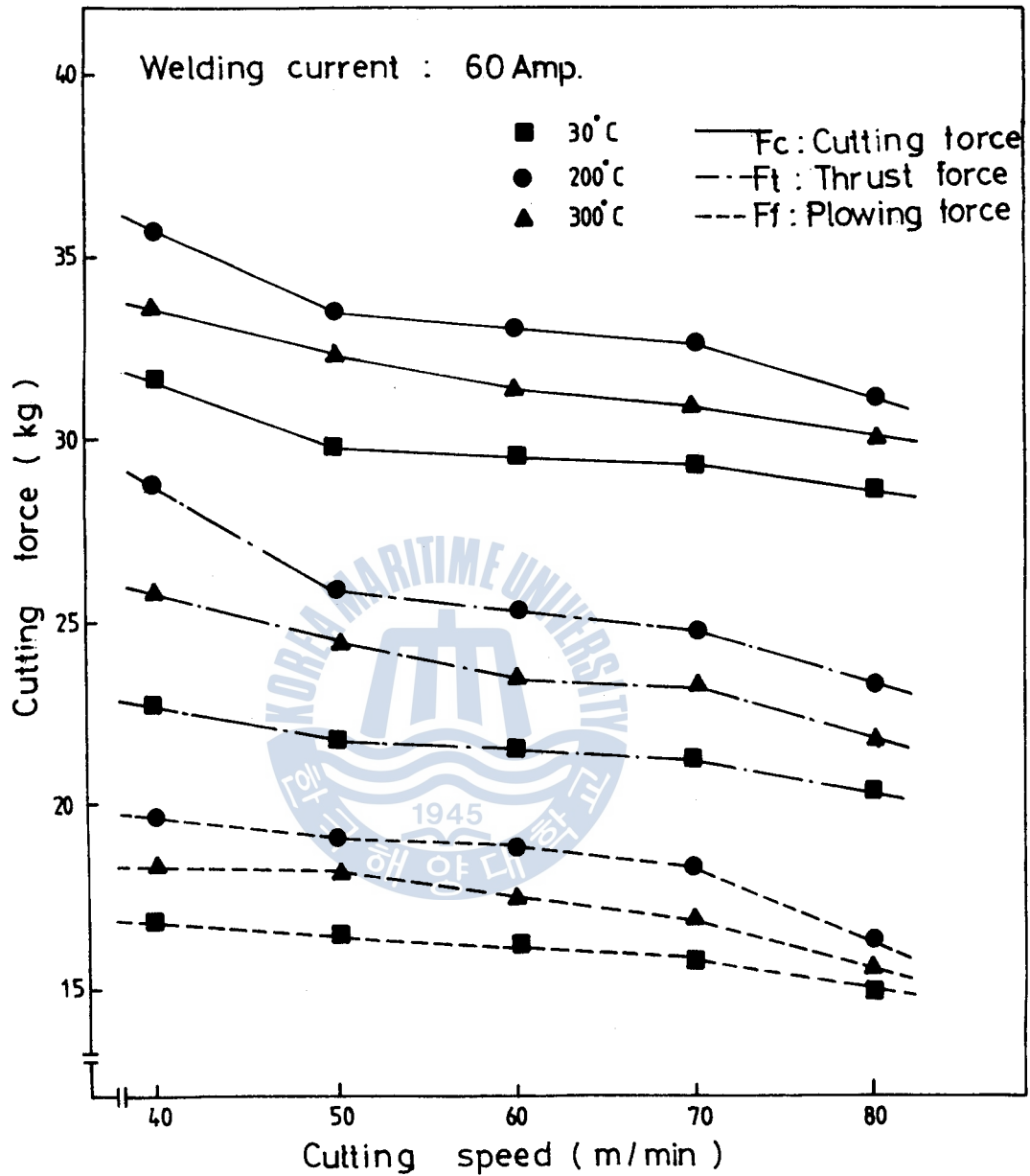


Fig.10 Relationship between cutting force and cutting speed according to the change of preheating temperature (Depth of cut : $t=10$ mm, Feed : $f=0.2$ mm/rev)

내고 있으며, 200°C로 豫熱하여 熔接한 試驗片의 경우가 가장 높은 抵抗値를 나타내고 있다.

Fig. 11은 熔接電流를 90 Amp. 로 一定하게 維持하고 豫熱溫度를, 常溫, 200°C, 300°C로 變化

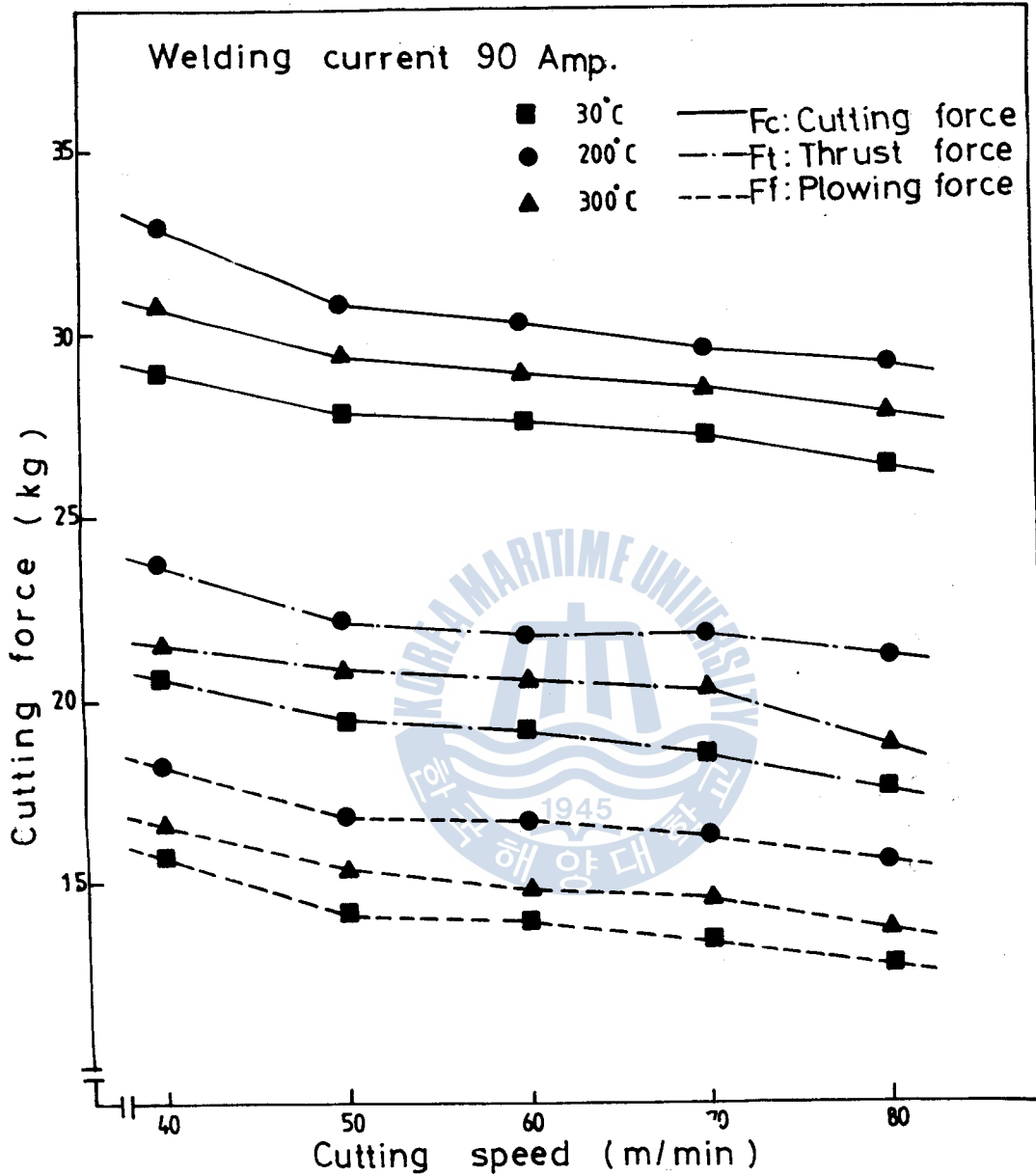
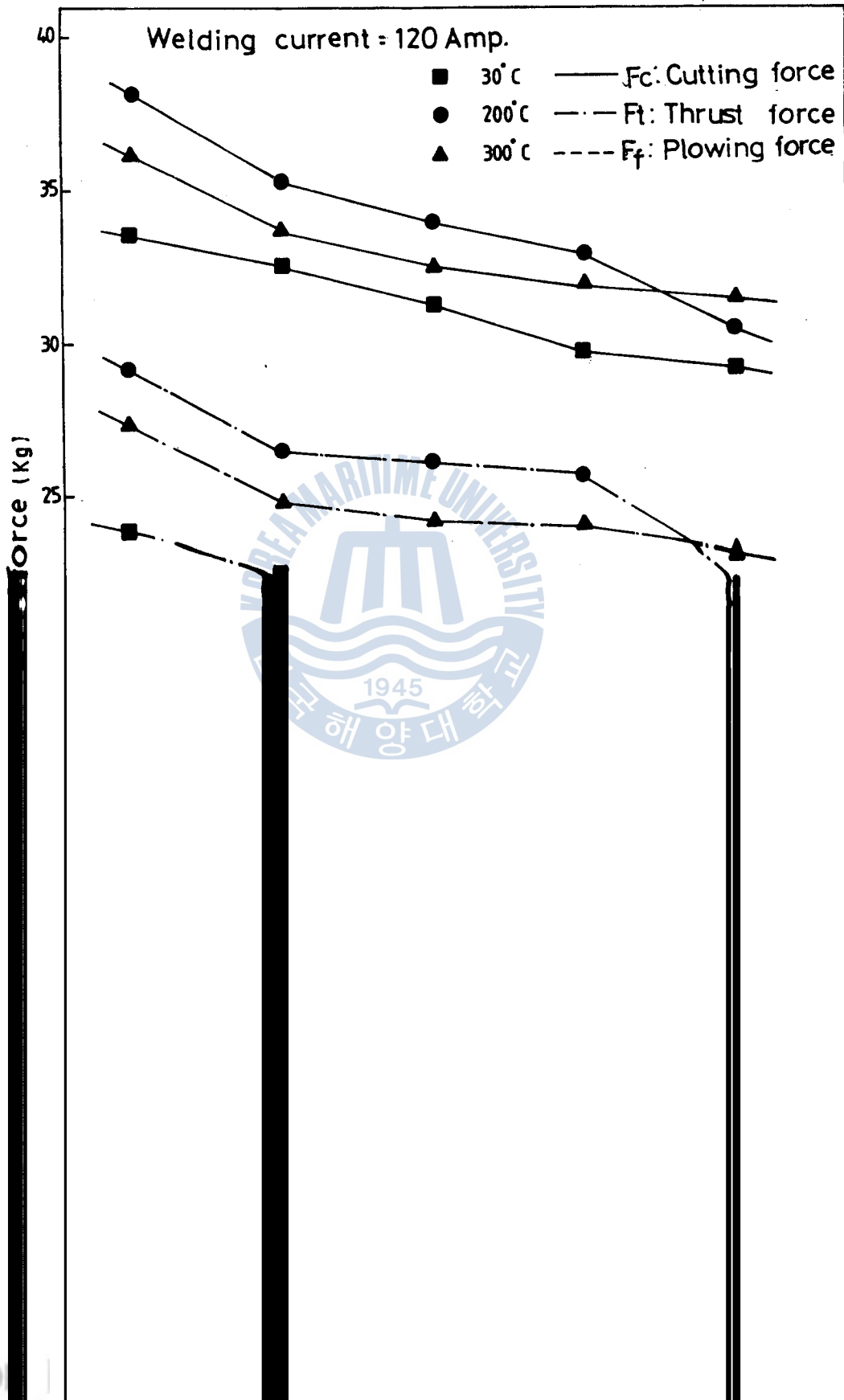


Fig.11 Relationship between cutting force and cutting speed according to the change of preheating temperature (Depth of cut : $t=10$ mm Feed : $f=0.2$ mm/rev)

시켜 熔接한 試驗片에 대해서 切削速度에 따른 主分力, 背分力, 送分力の 變化를 나타내고, Fig. 12는 熔接電流를 120 Amp. 로 一定하게 維持하고 豫熱溫度를 同一하게 變化시켜 熔接한 試驗片에 대해서, 切削抵抗値의 變化를 나타낸 것이다.



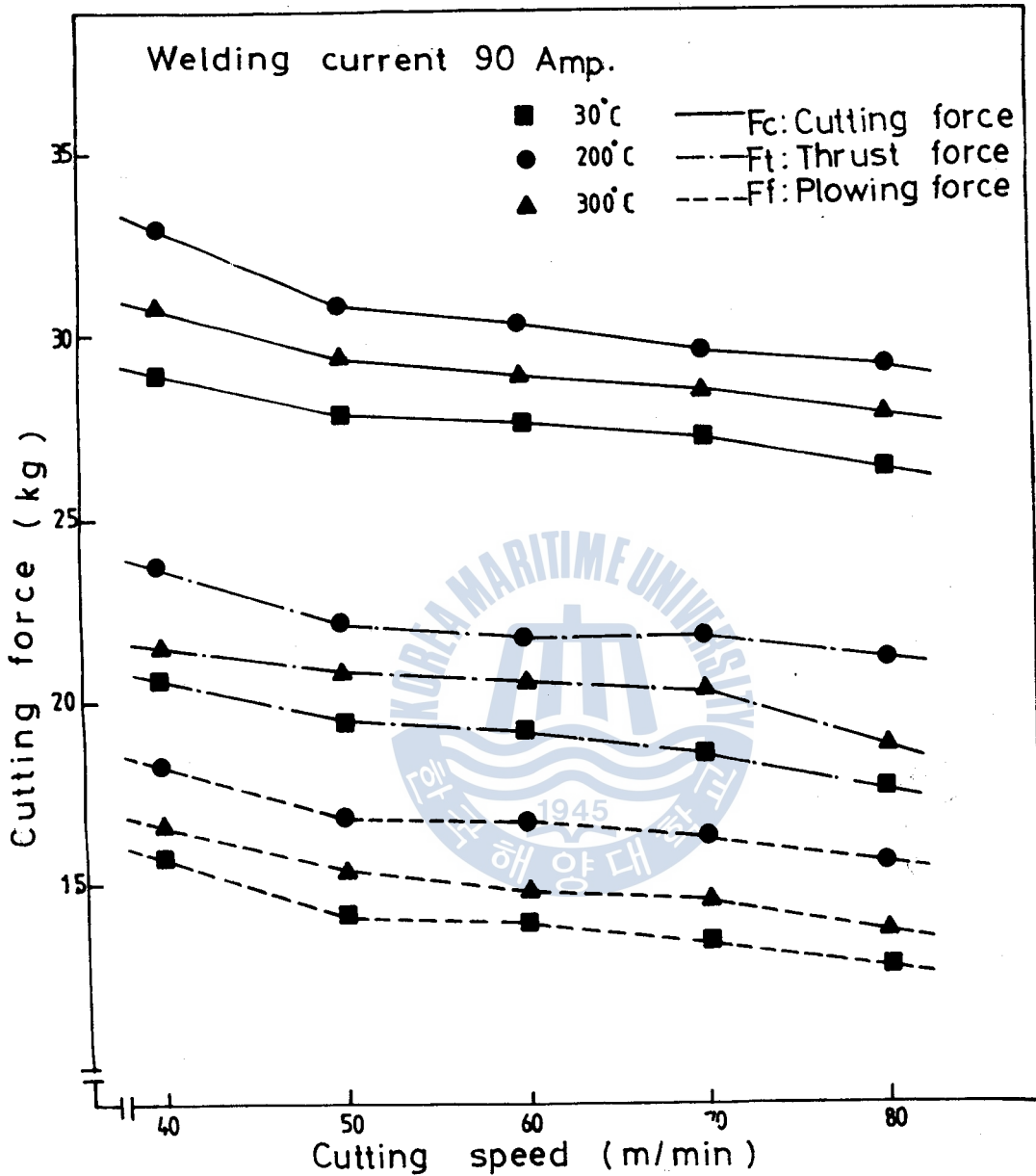


Fig.11 Relationship between cutting force and cutting speed according to the change of preheating temperature (Depth of cut : $t=10$ mm Feed : $f=0.2$ mm/rev)

시커 熔接한 試驗片에 대해서 切削速度에 따른 主分力, 背分力, 送分力の 變化를 나타내고, Fig. 12는 熔接電流를 120 Amp. 로 一定하게 維持하고 豫熱溫度를 同一하게 變化시켜 熔接한 試驗片에 대해서, 切削抵抗値의 變化를 나타낸 것이다.

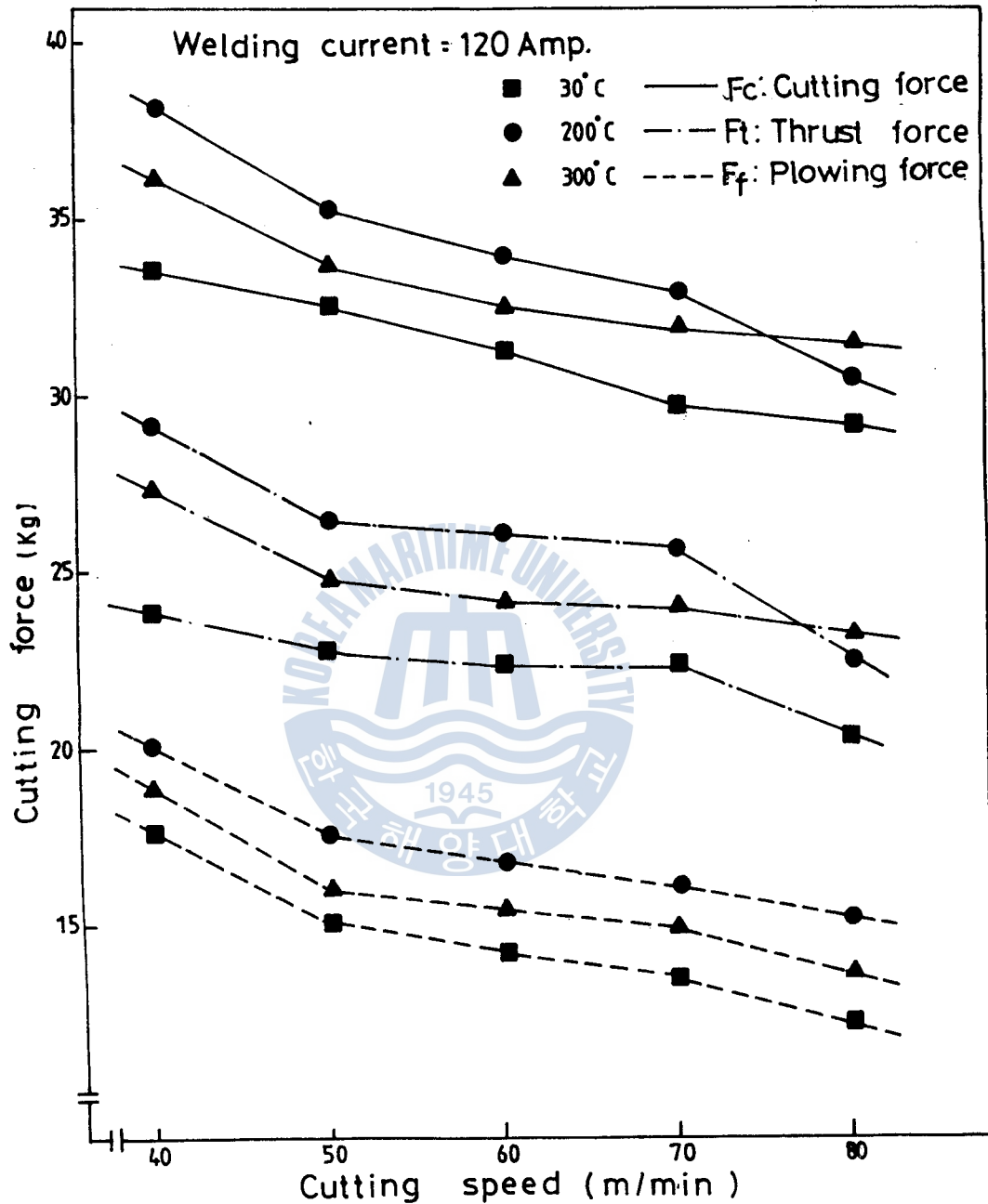


Fig.12 Relationship between cutting force and cutting speed according to the change of preheating temperature (Depth of cut : $t = 10$ mm , Feed: $f = 0.2$ mm/rev)

Fig. 11, Fig. 12 에서도 常溫에서 熔接한 試驗片에서 抵抗値가 가장 낮게 나타나고 있다.

그 理由는 豫熱溫度가 낮을수록 熱影響部가 넓고 硬度가 높게 되지만, 常溫 및 低電流일 경우 Ni 融着部가 거의 나타나지 않으므로 因하여 切削抵抗力이 낮아 진다고 생각된다.

豫熱溫度를 200°C, 300°C 로 하였을 境遇에는 200°C 에서 熔接하였을 때가 대체적으로 높은 測定値를 나타내고 있다.

이것은 豫熱溫度를 200°C 로 하였을 때의 顯微鏡組織이 가장 理想的으로 나타나기 때문으로 생각된다.

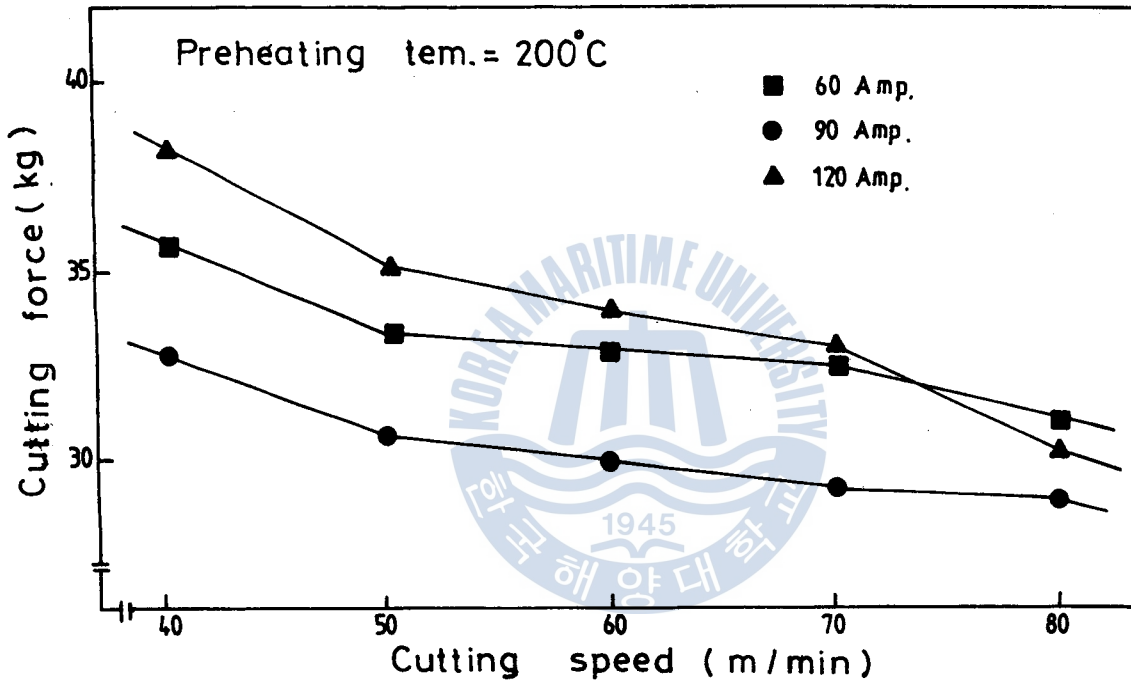


Fig.13 Relationship between cutting force and cutting speed according to the change of welding current (Amp.) (Depth of cut : $t = 1.0 \text{ mm}$, Feed: $f = 0.2 \text{ mm/rev}$)

Fig. 13 은 豫熱溫度를 200°C 로 하고 切削速度와 熔接電流를 變化시켰을 때의 切削抵抗의 測定値를 나타낸 것이다. 이에 依하면 熔接電流는 120 Amp. 로 熔接하였을 때가 測定値가 가장 높고 熔接電流는 90 Amp. 에서 가장 낮은 測定値를 나타내고 있다.

앞서 說明한 組織과 粗度와를 比較하여 考察하면 200°C, 90 Amp. 일때가 理想的인 組織形成과 가장 優秀한 粗度測定値를 나타내고 있었다.

4. 結 論

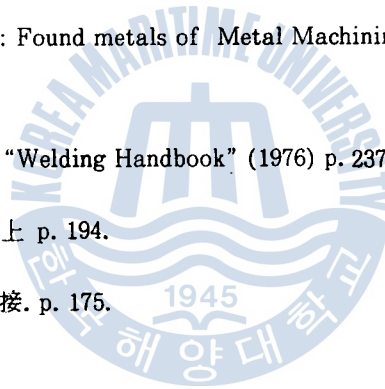
熔接성이 極히 좋지 않는 灰鑄鐵에 대해 Ni-Arc 被覆 熔接棒(DFC Ni)을 使用하여 豫熱溫度 및 熔接電流를 여러가지로 變化시켜 熔接하였을 때, 熔接條件에 따른 熔接部の 顯微鏡 組織, 硬度, 切削面 粗度 및 切削抵抗을 調査한 結果 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

- 1) 豫熱溫度 200°C, 熔接電流 90 Amp.의 條件下에서 切削抵抗과 表面粗度は 가장 良好한 것으로 나타났다.
- 2) 熔接部の 境界面 硬度는 熔接電流가 높을수록 높게 나타났다.
- 3) 熔接部の 境界面 硬度는 豫熱溫度가 낮을수록 높게 나타났다.
- 4) 豫熱溫度 200°C, 熔接電流 90 Amp.의 熔接條件下에서 Ni 擴散層이 가장 넓게 나타나고, 韌성이 높은 마르텐사이트(martensite)와 微細한 層狀의 베이나이트(Bainite) 混合組織이 얻어졌다.



參 考 文 獻

- 1) Metal Handbook : “Arc welding of cast iron” American Society for metals (NOV 1984) 30-31.
- 2) 日本熔接學會編: 熔接便覽 “鑄鐵의 熔接性” p.864.
- 3) Metal Handbook, “metallograpy structures and phase diagram” American Society for metals vol 8 (1973) p. 87.
- 4) 仁態賢次·副島一雄共著: 現代熔接技術大系 “鑄鋼·鑄鐵熔接のかんどころ. 冷間 arc 熔接 p. 145.
- 5) GEOFFREY BOOTHROYD: Found metals of Metal Machining and Machine Tools(1981) p. 226.
- 6) American welding society, “Welding Handbook” (1976) p. 237
- 7) 臼井英治: 切削, 研削加工學上 p. 194.
- 8) 荒木透, 金子秀夫: 鐵鋼の熔接. p. 175.



水平管内 R-113 冷媒의 強制對流 沸騰熱傳達에 關한 研究

崔 炳 喆

Study on the R-113 Boiling Heat Transfer of the Convective Flow in a Horizontal Tube

Choi Byeong-chul

〈目 次〉

使用記號	
Abstract	
第1章 序 論	
1.1 研究의 目的	
1.2 從來의 研究	
第2章 實驗裝置 및 實驗方法	
2.1 實驗裝置의 概要	
2.2 實驗裝置의 各部 設計	
2.3 實驗部의 構造	
2.4 實驗方法	
第3章 實驗結果	
3.1 壓力損失	
3.2 液單相流의 傳熱實驗	
3.3 沸騰二相流의 傳熱實驗	
3.4 沸騰二相流의 局所熱傳達率의 整理	
第4章 實驗結果의 檢討	
4.1 流動樣式	
4.2 二相流의 熱傳達率에 關한 他研究 結果와의 比較	
第5章 結 論	
參考文獻	