論文 한국정밀공학회지 제 3 권 제 3 호 1986. 9
Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 3, No. 3 Sept., 1986

# 熔接部의 旋削特性에 關한 實驗的 硏究

張 福 得,* 咸 慶 春*

# An Experimental Study on the Turning Property of Welded Material

Bok Deuk, Jang * Kyoung Chun, Ham*

## ABSTRACT

Turning property of metal is affected by the cutting condition, tool geometry and cutting material. But the turning property of welded material is not wellknown. Welded structures usually contain nonhomogeneity, defects and residual stresses due to differential contraction between welded metal and base metal.

In this paper, authors conducted the experimental test on the turning property, by changing turning condition and welding electrodes of the welded specimens.

The results obtained in these experimental tests are as follows;

(1) Within the limit of this experimental test, the cutting force of the weld zone is bigger than that of base metal, and this phenomena is caused by the different mechanical property of the weld zone. The range of the variation of cutting force in the weld zone is caused by the nonhomogeneity of the weld zone, respectively.

(2) The surface roughness follows the general characteristic of the effect of cutting condition on the surface roughness and the surface roughness of the weld zone shows coarse surface comparing with that of the base metal.

(3) The specimen welded by the electrode E4301, shows worse cutting property than that of E4316 and E4313.

## 1. 序 論

旋削에 있어서 單刃工具로 一般金屬材料를 切削할 때 切削性에 影響을 주는 要素로는 被削材의 材質, 切削面積의 모양, 工具의 材質 및 工具角과 切削條件, 即, 切削速度, 移送 및 切削깊이의 影響등이 있음이 잘 알려져 있다.[1~4]

그러나, 熔接部材의 切削性에 關한 硏究는 거의 찾아볼 수가 없다. 熔接部의 機械的 性質은 熔接金屬이 凝固할때 發生되는 熔着部와 이에 接하고 있는 母材部 사이의 局部的인 溫度勾配에 따르는 材料의 變化 및 殘留應力의 發生에서 그 主要原因을 찾아볼 수 있다. 따라서 熔接部材의 종류나 熔接후의 熱處理 등은 熔接强度 및

*仁荷工業專門大學

材料의 變形에 直接的인 影響을 미친다.

熔接部의 機械的 性質에 關한 硏究의 動向을 살펴보면 熔接部의 變形 및 殘留應力에 미치는 熔接條件에 關한 硏究[5~7] 熔接部의 結晶成長에 關한 硏究[8] 熔接色裂의 發生要因[9]및 殘留應力과 波勞에 關한 硏究[10,11] 등 많은 硏究들을 찾아볼 수 있다.

本 硏究에서는 熔接部材를 單刃工具로 旋削하였을 때 切削條件이 熔接部에 미치는 影響을 實驗的으로 檢討하여 보았다.

## 2. 實驗方法

### 2.1 試驗片 및 熔接方法

試驗片은 軟鋼( SM25 C )을 母材로 선택하였으며 熔接棒으로서는 中性 E4301, 鹽基性 E 4316 및 酸性 E4313(조선선제 제품)을 사용하였다.

Table 1에 母材 및 熔接棒의 機械的 性質을, Table 2에 化學的 成分을 各各 표시하였다.

Table 1. Mechanical Properties

| | Yield strength ($kg/mm^2$) | Ultimate strength ($kg/mm^2$) | Elongation (%) | Impact value ($kg-m$) |
|---|---|---|---|---|
| SM25C | 48 | 59 | 23 | 24.7 |
| E4301 | 43.1 | 49.3 | 30 | 10.2 |
| E4316 | 46.4 | 54.7 | 33.6 | 23.2 |
| E4313 | 41.1 | 47.3 | 29.2 | 7.8 |

Table 2. Chemical Composition (Wt. %)

| | C | Si | Mn | P | S |
|---|---|---|---|---|---|
| SM25C | 0.25 | 0.32 | 0.33 | 0.021 | 0.016 |
| E 4301 | 0.06 | 0.11 | 0.54 | 0.016 | 0.012 |
| E 4316 | 0.07 | 0.48 | 0.68 | 0.012 | 0.010 |
| E 4313 | 0.08 | 0.11 | 0.43 | 0.015 | 0.013 |

熔接試驗片의 크기는 道經 50 ㎜의 환봉을 Fig. 1과 같이 60°로 加工하여 手動熔接하였다. 또한 本 實驗에서 使用된 熔接作業條件은 Arc電流 140 A, 常溫度 15 ± 2°C, 습도 60 ± 5 %를 유지하였으며, 지름 4 ㎜의 熔接棒으로 8pass 熔接하였다.

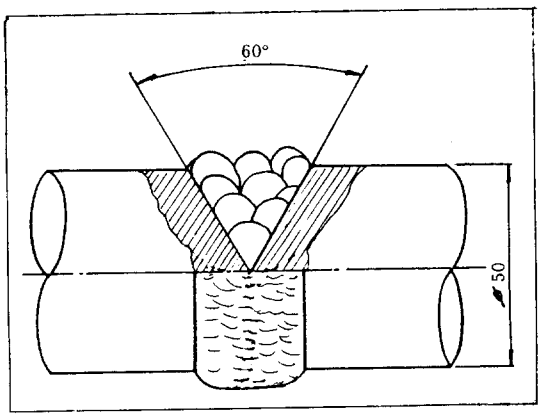


Fig. 1 Configuration of weld joint.

### 2.2 實驗方法

本 切削實驗에 使用된 熔接試片의 材料는 軟鋼( SM25 C )을 母材로 하여 熔接棒을 E4301, E4316 및 E 4311로 熔接한 試片을 加工하여 使用하였고, 切削工具는 超硬燒結合金工具 P20 (KSB-33 - 3, Holder ; KOLLOY, PSBNR /L2525 - 4, TW Insert ; SNMG43 )을 使用하였다.

切削實驗時의 切削條件은 Table 3에 表示된 바와 같이 선택하였고, 切削力의 測定은 工具動方計( Strain gage type, KYOWA, TD type, Japan )를 使用하여 스트레인增幅器(Dynamic strain amplifier, DPM310A, KYOWA , Japan )로 增幅하여, oscillograph( San D-ensi, Japan )에 記錄하여 主分力 背分力 및 移送分力을 測定하였다. 또한, 實驗中의 切削速度를 測定하기 위하여 stroboscope를 設置하여 負荷狀態에 있어서의 切削速度를 測定하였다. 工具磨耗에 의한 切削力의 增加를 피하기 위하여 매 1회 切削實驗한 후에 工具를 교환하여 切削實驗을 하였고, 切削油는 使用하지 않았다.

Fig. 2에 本 切削實驗에서 使用되었던 實驗裝置들의 系統圖를 表示하여 놓았다.

切削加工 後의 切削條件이 加工表面粗度에 미치는 影響을 檢討하기 위하여 加工表面粗度工아울러 測定하였다.

Table 3. Experimental cutting condition

| cutting speed (m/min) | feed (mm/rev.) | depth of cut (mm) |
|---|---|---|
| 78 | 0.31 | 0.25<br>0.50<br>0.75<br>1.00<br>1.25<br>1.50 |
| 78 | 0.13<br>0.27<br>0.31<br>0.42<br>0.69 | 1.00 |
| 12<br>21<br>36<br>72<br>126<br>204 | 0.31 | 1.00 |

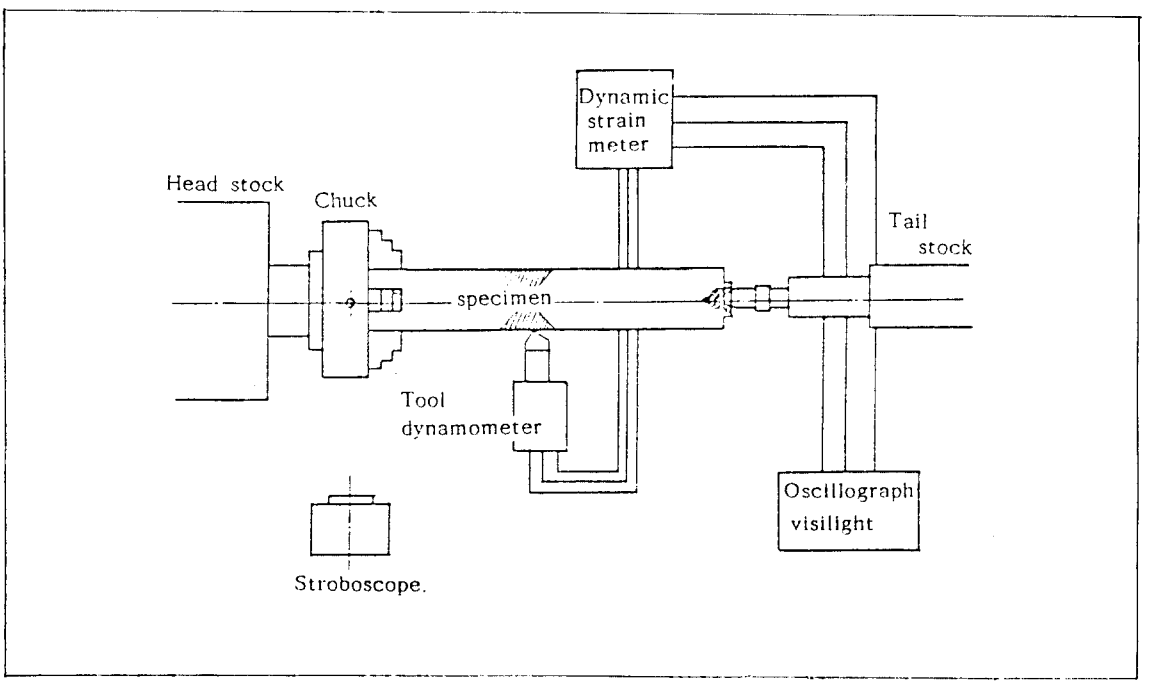


Fig. 2 Schematic diagram of experimental setup

## 3. 實驗結果 및 考察

### 3.1 熔接部의 切削抵抗

熔接部의 機械的 性質은 母材와는 많은 差異가 있으며 이에 따르는 切削抵抗도 그 特性이 많을 것으로 기대된다. 그리고 이러한 切削抵抗의 變化는 加工時의 加工條件에 따라서 그 特性도 달라진다. Fig. 3에 熔接部를 旋削하였을 때의 切削抵抗 變化의 一例를 보였다. 이 그림에서, 熔接部의 切削抵抗이 增加되는것을 볼 수 있는데, 이것은 熔接部의 機械的 性質이 變化하여 發生되는것에 그 原因이 있는 것으로 보여지며, 切削力의 變動幅이 큰것은 熔接部 內의 材質의 不均質性에도 그 原因이 있는것으로 생각된다.

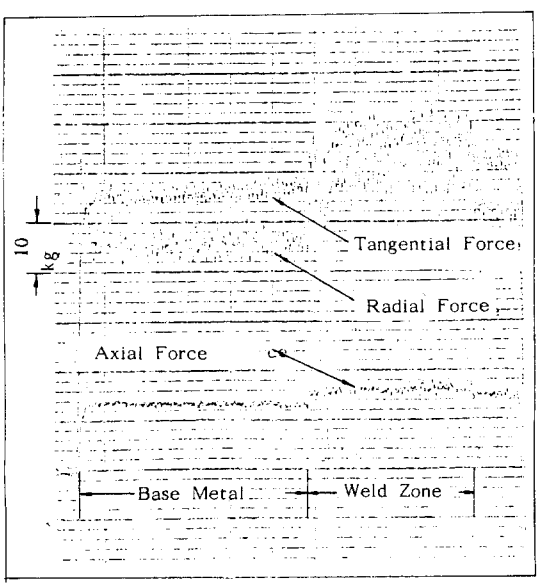


Fig. 3 Recording of cutting force (Electrode ; E 4313, Depth of cut ; 1mm, Feed ; 0.69mm/rev., Cutting speed ; 1.19 m/sec)

이렇게하여 測定된 切削力을 加工條件의 變化에 대하여 比較하여 보기위하여, 母材와 熔接部에서의 切削力을 各各의 加工條件, 即, 切削깊이, 移送速度 및 切削速度別로 整理하여 Fig. 4(a), Fig.4(b) 및 Fig 4(c)에 表示하여 놓았다. 이때 試片加工에 使用하였던 熔接棒은 E4301의 中性熔接棒이었다. 그림에서, F1은 主分力, F2는 背分力, F3는 移送分力 그리고 F는 切削抵抗力을 表示하고 있다. Fig.4(a)에서는 切削깊이의 變化에 따르는 切削力의 變化를 보이고 있는데, 大體的으로 切削깊이가 增加하여감에 따라서 切削力이 增加되는 一般的인 傾向을 보이고 있으며, 熔接部에서의 切削力이 母材에서의 切削力 보다 거의 一定한 比率로 컸던것을 나타내고 있다. 또한, Fig. 4(b)에서는 移送速度의 變化에 대한 切削力의 變化를 보이고 있다. 이 그림에서도, 工具의 移送速度가 增加되어감에 따라서 切削力이 增加되어가는 一般的인 傾向을 보이고 있으며, 熔接部에서의 切削力이 母材에서의 切削力보다 크게 나타남을 알 수 있다. 한편, Fig.4(c)에는 切削速度의 變化에 따르는 切削力의 變化를 보이고 있는데, 여기서는 母材를 加工할때의 切削力은 切削速度에 대하여 큰 變化가 없으나, 熔接部를 加工할 때에는 切削速度의 增加에 따라서 切削力이 若干增加한 後에 減少되어감을 볼 수 있다.

熔接棒의 種類에 따른 切削特性을 살펴보기 위하여 鹽基性E4316熔接棒을 使用한 試片을 加工하였을 때의 實驗結果를 Fig.5(a)에 表示하였고 酸性 E4311熔接棒을 使用하였을 때의 實驗結果를 Fig.5(b)에 表示하였다. 이들 結果들을 中性熔接棒 E4301을 使用한 試片을 加工하였을 때의 實驗結果 Fig.4(a)와 比較하여 보기로 한다. Fig.5(a) 및 Fig.5(b)에 보인바와 같이 切削力은 切削깊이의 增加에 따라서 大體的으로 增加하며, 熔接部를 加工할때의 切削力이 母材를 加工할때의 切削力보다 크게 나타났으나, 使用된 熔接棒의 種類에 따라 若干 다른 傾向을 보이고 있다. 即, 母材를 加工할때의 切削力에 대한 熔接部를 加工할때의 切削力의 增加比率을 살펴보면, 中性熔接棒을 使用하여 試片을 加工하였을 때의 切削力의 增加比率이 鹽基性 및 酸性熔接棒을 使用하여 熔接한 試片을 加工하였을 때의 切削力의 增加比率보다 큰 것을 알 수 있다.

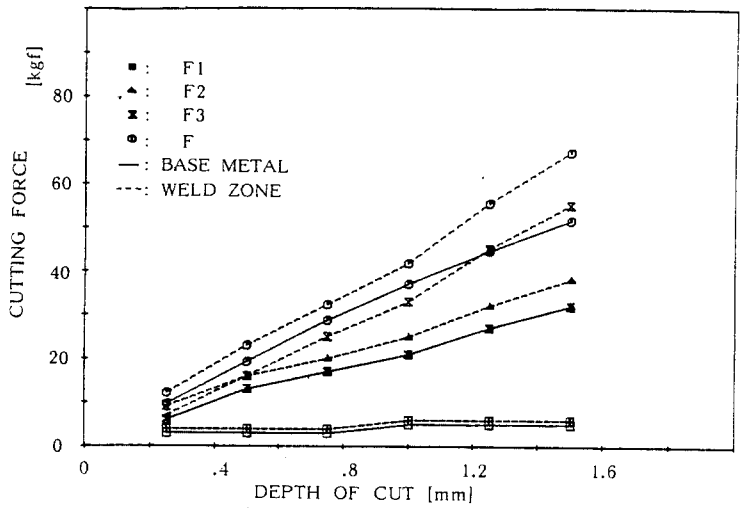


Fig. 4(a) Cutting force VS. depth of cut. (Welding electrode : E 4301, Feed ; 0.31mm/rev., Cutting speed ; 78m / min.)

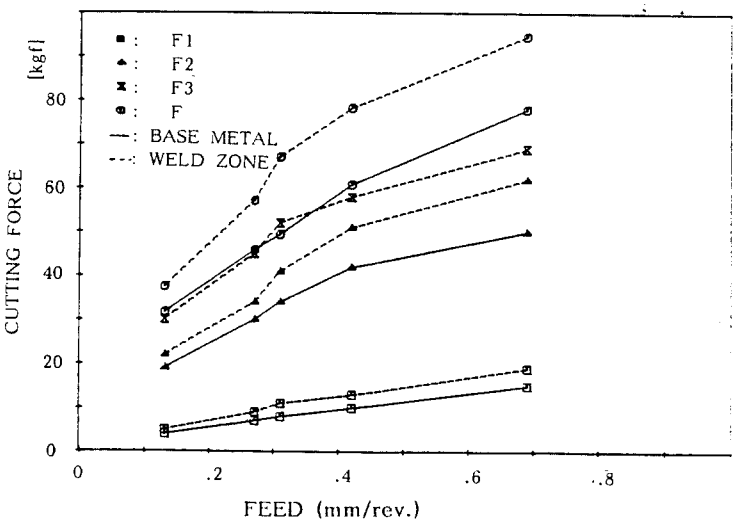


Fig. 4(b) Cutting force VS. feed. (Welding electrode ; E4301, Depth of cut ; 1.0mm, Cutting speed ; 78m/min.)

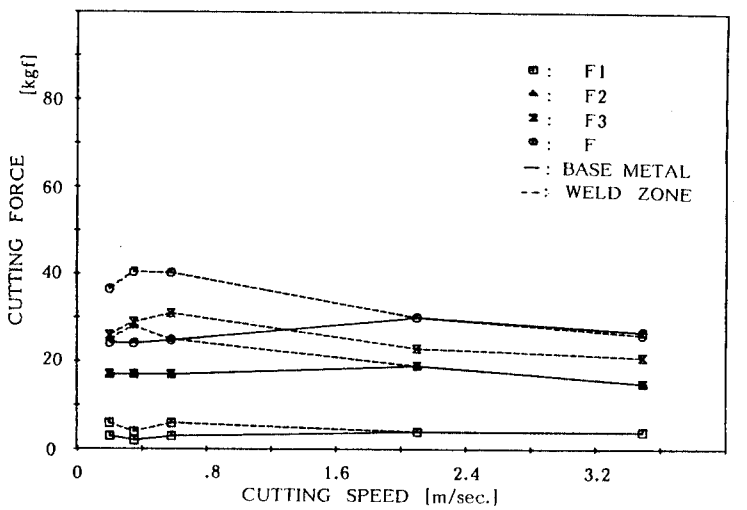


Fig. 4(c) Cutting force VS. Cutting speed. (Welding electrode ; E4301. Feed ; 0.31 mm/rev., Depth of cut ; 1.0mm)

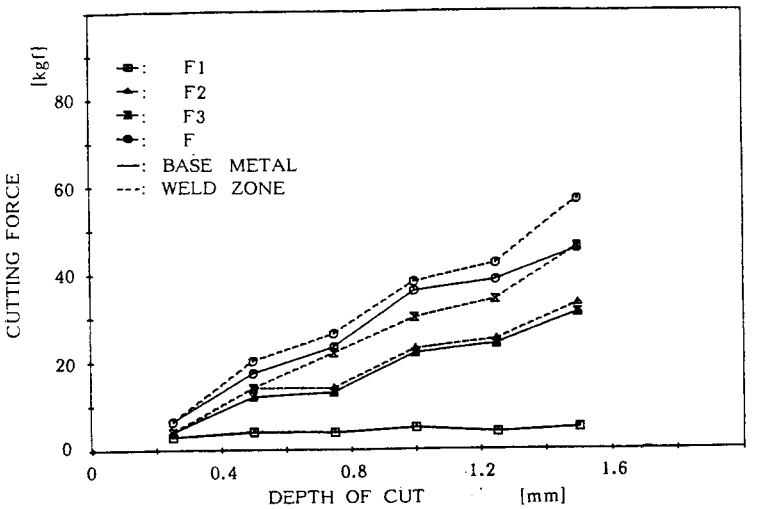


Fig. 5(a) Cutting force VS. Cutting speed. (Welding electrode ; E4316, Feed ; 0.31mm/rev., Cutting Speed ; 78m/min)

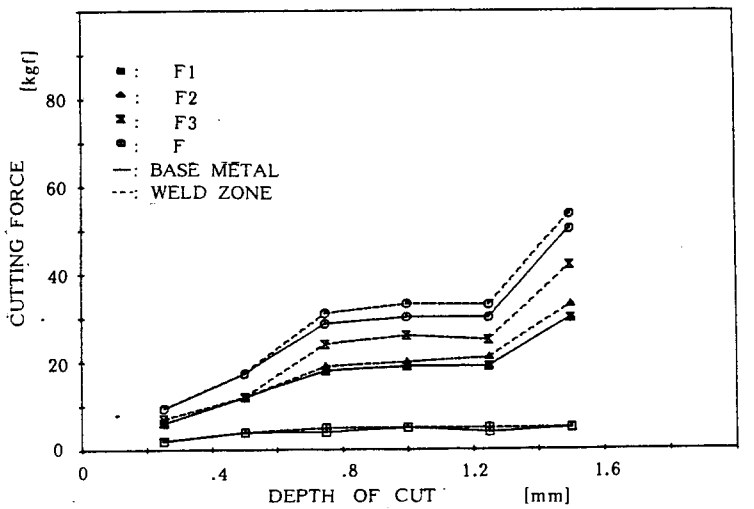


Fig. 5(b) Cutting force vs. Cutting speed. (Welding electrode ; E4313, Feed ; 0.31mm/rev., Cutting Speed ; 78m/min)

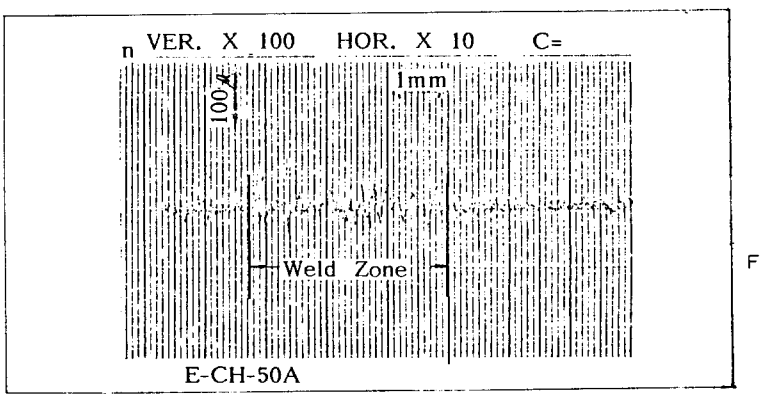


Fig. 6 Recording of surface roughness. (vertical magnification : 100X, Horizontal magnofication : 10X, Welding electrode ; E4301, Feed ; 0.31mm/rev., Depth of cut ; 1.0mm, Cutting Speed ; 78mm/min.)

### 3.2 熔接部의 加工表面精度

熔接試片을 切削加工한 後의 加工表面粗度를 測定하여 各各의 切削條件 및 熔接棒의 種類別로 比較하여 보았다. 加工表面粗度의 測定은 表面粗度測定器( Surfcom 200B, R-1213D, Tokyo Seimitsu Co. Japan )를 使用하였고 Pick-up은 diamond 5 $\mu$mR의 stylus, stylus force는 4 mN, stylus weight는 100 gr의 것을 使用하여 Pick-up이 tracing할 때의 速度가 0.3 mm/sec, Chart의 速度는 6 mm/sec가 되도록하여 측정하였다. Fig.6에 母材와 熔接部를 加工한 後의 加工表面粗度記錄의 一例를 보였다. 이때 使用된 熔接棒은 酸性 E 4313 熔接棒이었고, 切削條件은 切削깊이가 1.25 mm, 移送速度가 0.31 mm/rev., 그리고, 切削速度가 1.19m/sec이었다. Fig.6을 자세히 살펴보면, 母材를 加工하였을 때의 加工表面粗度가 熔接部를 加工하였을 때의 加工表面粗度보다 좋은것을 알 수 있고, 熔接部加工時의 表面粗度의 變動幅이 큰 것을 알 수 있으며, 이것은 熔接部의 不均質特質 등에 影響이 큰 것으로 생각된다.

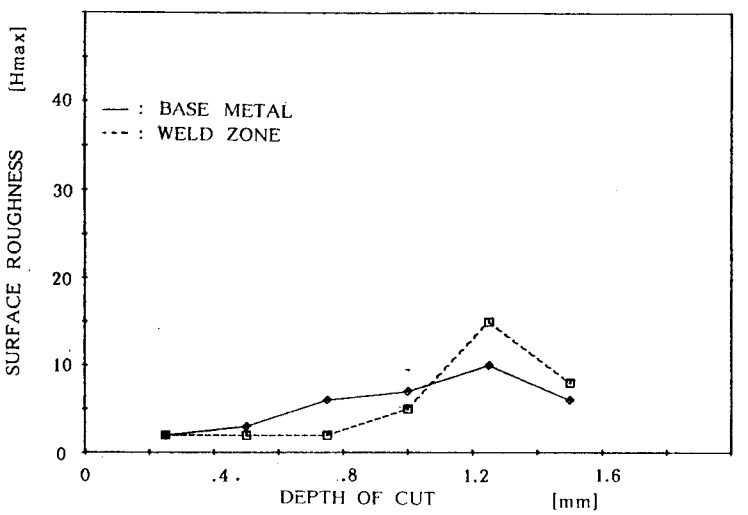


Fig. 7(a) Surface roughness vs. depth of cut. (Welding electrode ; E4301, Cutting speed ; 78m/min, Feed; 0.31mm/rev.)

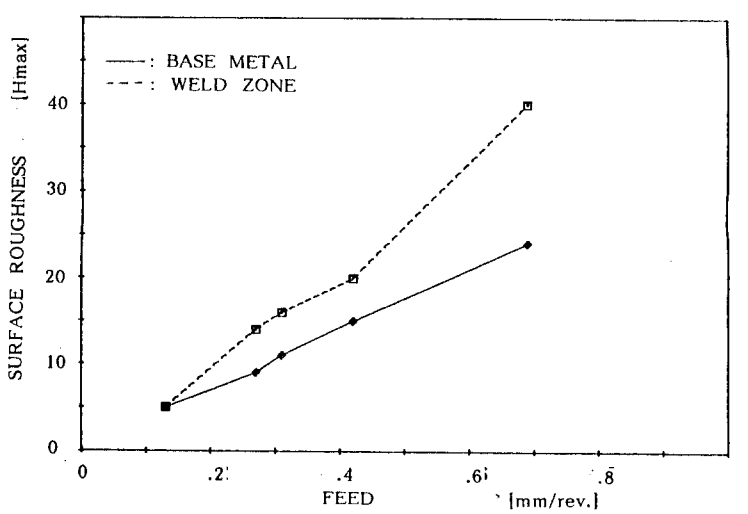


Fig. 7(b) Surface roughness vs. Feed. (Welding electrode ; E4301, Cutting speed ; 78m/min, Depth of cut ; 1.0mm)

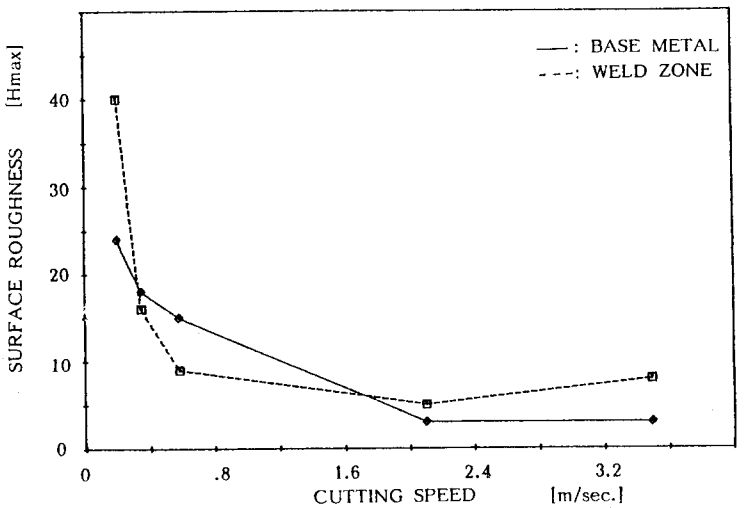


Fig. 7(c) Surface roughness vs. cutting speed. (Feed ; 0.31mm/rev., Depth of cut ; 1.0mm)

이렇게 測定된 母材와 熔接部의 加工表面粗度를 切削條件에 대하여 整理하여 Fig.7(a), Fig.7(b) 및 Fig.7(c)에 表示하였다. Fig. 7(a)에서는 切削깊이의 增加에 따르는 母材와 熔接部의 加工表面粗度의 變化를 表示하였는데, 熔接部의 加工表面粗度는 母材部의 加工表面粗度보다 큰幅으로 增加되어감을 볼 수 있다. 또한, Fig.7(b)에는 移送速度의 變化에 따르는 加工表面粗度의 變化를 보였는데, 大體的으로 加工表面粗度는 移送速度의 增加에 따라서 線型的으로 增加되어가고 있으며,加工表面粗度의 增加率은 熔接部의 加工表面粗度가 母材部의 加工表面粗度보다 더 큰幅으로 增加하고 있음을 알 수 있다. 한편, Fig.7(c)에는 切削速度의 變化에 따르는 加工表面粗度의 變化를 보였는데, 切削速度가 약 1.2㎜/sec 以上이 되어감에 따라 加工表面粗度는 거의 一定하게 됨을 알 수 있었다. 이때에도 熔接部의 加工表面粗度가 母材部의 加工表面粗度보다 더 거칠었고, 切削速度 1.2m/sec 以下의 범위에서 큰 變化를 보이고 있음을 알 수 있다.

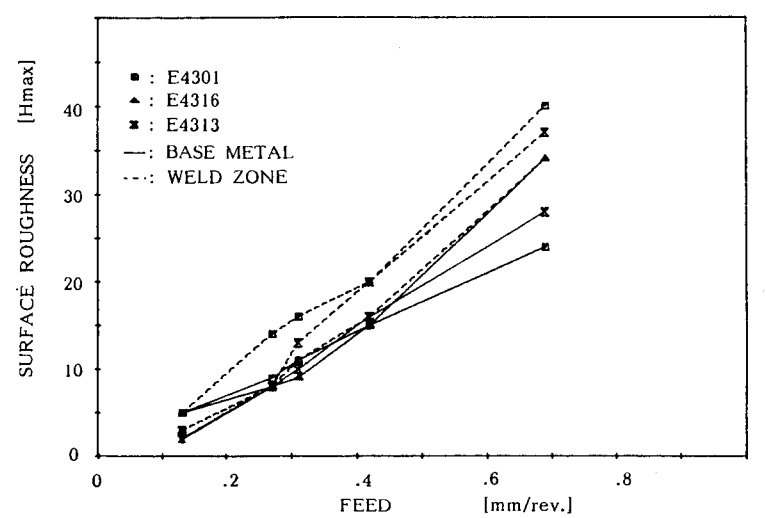


Fig. 8 Surface roughness (Hmax) vs. feed. (Depth of cut ; 1.0mm, Cutting speed ; 78mm/min.)

熔接加工에 使用한 熔接棒의 種類에 따르는 加工表面粗度의 變化를 살펴보기 위하여 各各의 熔接棒의 種類에 따르는 加工表面粗度를 移送의 變化에 대하여 整理하여 보았다. 이들의 結果를 Fig.8에 一括하여 表示하였는데, 移送速度의 增加에 따르는 加工表面粗度는 全般的으로 增加하며, 母材보다 比較的 不均質性이 큰 熔接部의 加工表面粗度의 增加하는 傾向이 線型的인 變化를 벗어나고 있음을 알 수 있다.

## 4. 結 論

本 實驗에서는 熔接棒材料를 달리하여 환봉을 熔接한 後 이 試片을 使用하여 切削條件을 달리하였을 때의 切削抵抗特性을 觀察하였고, 切削加工 後의 加工表面粗度를 測定하여 熔接材料의 加工性을 檢討하여 보았다.

本 實驗에서 얻어진 結論을 要約하면 다음과 같다.

1) 本 實驗의 범위내에서 切削力은 熔接部를 加工할때가 母材部를 加工할 때 보다 크며 이러한 現象은 熔接部의 機械的 特性이 母材部와 서로 다르기 때문이며, 熔接部의 材質의 不均質性 때문에 切削力의 變動의 幅도 相對的으로 크게 나타났다.

2) 切削加工 後의 加工表面粗度는 切削條件이 加工表面粗度에 미치는 一般的인 特性에 잘 맞고 있으나, 熔接部의 加工表面粗度는 母材部의 加工表面粗度보다 大體的으로 거칠게 나타났다.

3) 熔接棒이 切削加工特性에 미치는 影響은 中性熔接棒을 使用한 試片이 監基性熔接棒 및 酸性熔接棒을 使用한 試片보다 良好으로 못한것으로 나타났다.

## 5. 參考文献


1. Cumming, J.D., "A New Analysis of the Force in Orthogonal Metal Cutting." Journal of Engineering for Industry, Trans, ASME, 480-486, Nov. 1965.
2. Kobayasi, S. and Thomsen, E.G., "Metal Cutting Analysis-1." Journal of Engineering for Industry, Trans, ASNE, 63-70, Feb. 1962.
3. Oxley, p.1. b. "Rate of Strain Effect in Metal Cutting." Journal of Engineering for Industry, Trans, ASME, 335-338, Nov. 1963.
4. Merchant, M.E., "Mechanics of Metal Cutting." Journal of Applied Physics, 16, 207-318, 1945.
5. Satoh, Teraski "Effect of Transformation Expansion on Welding Residual Stress Distributions and Welding Deformations." Welding Journal, 45, 7, 560, 1976.
6. 佐藤邦彦, 寺崎俊夫 ; 熔接學會誌, 45-1, 42, 1976.
7. 佐藤邦彦, 寺崎俊夫 ; 熔接學會誌, 45-4, 302, 1976.
8. 井川博, 大重光明, 野井申悟 ; 熔接學會誌, 46-7, 17, 1977.
9. Petro Shajerko, "Effect of Magnetic Field on Transfer Characteristic of Particles in an Electric Arc." Welding Research Supplement. 83-2 Feb. 1960.
10. "Welding Rods Electrodes and Filler Metals." ASME Boiler and Pressure Vessel Code. SFA-5.20, 236, 1977.
11. In Chan, Kang and Kyoung Chun, Ham, "A Study on the Weld Zone Crack Resistivity of Low Carbon Steel." Journal of the Korean Institute of Metals, 19-8, 624-630, 1981.