

Stainless 鋼 熔接部의 熔接入熱과 機械的 性質에 關한 考察

朴 瑞 雲

金型設計科

<요 약>

오오스테나이트系 스테인레스강(STS 304)을 母材로 하여 熔接入熱을 1.7, 2.4, 3.2KJ/mm 로 變化시켜 熔接하고, 그에 따른 熔着金屬部の 機械的 性質을 파악하는 데 目的을 둔다.

그 結果 熔接入熱이 커질수록 引張強度는 減少하였다.

A Study on the Heat Input and Mechanical Property of the Stainless Steel Deposited Metal

Park, Seo Oun

Dept. of Metal Mold Design

<Abstract>

This study aims at the consideration of the mechanical property in austenite stainless steel deposited metal which is welded in heat input of 1.7, 2.4, 3.2KJ/mm.

As a result, in proportion as the heat input increase, the tensile strength is decreases.

I. 緒 論

熔接技術은 組立加工의 重要한 手段으로서 모든 工業分野에서 점차 그 重要性이 增大되고 있다. 特히 最近의 熔接技術의 開發로 인해 從前에는 熔接이 곤란했던 高合金鋼이나 各種 非鐵金屬, 形狀記憶合金의 熔接이 可能하게 되었다.

스테인레스鋼은 耐蝕性이 높고 高温強度가 커서 各種 構造物의 主要 材料로 使用되고 있음은 周知의 事實이다.

18%Cr-8%Ni을 含有하고 AISI 304를 基本 鋼種으로 하는 Austenite Stainless Steel은 機械的 性質 및 熔接性, 耐蝕性이 우수하여 各種 Plant, 特히 熱交換器나 石油化學 Plant 等に 광범위하게 使用되고 있다. 그러나 스테인레스鋼의 炭素固溶度는 溫度降下에 따라 急速하게 減少하므로, 이 合金은 서서히 冷却한다면 Cr 炭化物이 850~400°C 범위에서 結晶粒界에 析出된다. Cr 炭化物의 析出에 의해 結晶粒界 부근에서 없어진 Cr 原子를 補充하도록 結晶粒 素地로 부터 充分한 Cr 原子가 擴散되지 못하면 粒界에 인접한 區域은 耐蝕含量인 12% Cr보다 Cr含量이 낮게 되어 敏感化(Sensitized)되게 되어 機械的 性質에 영향을 미치게 된다.

또한 스테인레스鋼 熔接時 熔接入熱에 의해 용융된 용융금속은 高温에 노출되게 되는데, 이에 의해 熔着金屬部의 化學組成이 變化하게 되고, 이에 따라 機械的 特性이 變化하게 된다.

이에 관한 研究로는 Sawhill, J. M과 Bond, A.P¹⁾가 스테인레스鋼 構造物에서 延性和 파괴인성에 미치는 主要인에 對해 究명하였고, 吉武進也²⁾가 오오스테나이트系 스테인레스鋼의 熔接에 미치는 主要인에 究하여 究하였다.

本 研究에서는 오오스테나이트系 스테인레스鋼을 서브머지드 熔接하는 데 있어서 熔接入熱 變化에 따른 機械的 性質과 熔着金屬部의 化學組成 舉動을 究하여 그 變化추이를 찾아내고자 한다.

II. 實驗材料 및 實驗方法

1. 實驗에 使用한 材料

1) 試片

本 實驗에서 使用한 材料는 國內產 오오스테나이트系 스테인레스鋼(STS 304)이며 板두께는 12mm를 使用하였다.

Table 1과 Table 2에 機械的 性質 및 化學的 性質을 각각 나타내었다.

Table 1. Mechanical properties of the base metal

Base metal	Mechanical properties			
	Tensile strength (kgf/mm ²)	Yield stress (kgf/mm ²)	Elongation (%)	Bending test (180°)
STS 304	62	29.4	40	Good

Table 2. Chemical properties of the base metal

Base metal	Chemical compositions(%)									
	C	Ni	Cr	Mo	Si	Mn	P	S	Cu	Al
Sts 304	0.07	9.10	18.70	0.19	0.52	1.10	0.03	0.01	0.02	-

2) 熔接棒

本 實驗에 使用한 熔接棒은 日本 日鐵社 製品인 Y-309를 使用하였으며 化學的 性質은 Table 3과 같고, 機械的 性質은 Table 4와 같다.

Table 3. Chemical compositions of welding wire

Product name	Chemical compositions (%)							
	C	Ni	Cr	Si	Mn	P	S	
Y-309	0.06	13.5	24.0	0.45	1.64	0.02	0.01	

Table 4. Mechanical properties of welding wire

Product name	Mechanical properties	
	Tensile strength(kgf/mm ²)	Elongation(%)
Y-309	60	38

3) Flux

本 實驗에 使用한 Submerged welding 用 Flux는 日本 KOBE STEEL 社 製品인 AWS ER 309에 相當하는 燒結形 PFS-1을 使用하였으며 Table 5에 化學的 性質을 나타냈다.

Table 5. Chemical compositions of flux

Product name	Chemical compositions (%)						
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
PFS-1	0.07	1.61	0.61	0.021	0.012	24.05	12.68

2. 實驗方法

1) 試片 製作

本 實驗에 使用한 試片은 Fig. 1과 같이 開先加工하여 製作하였다.

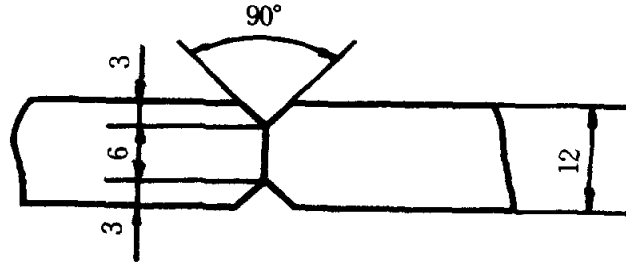


Fig. 1 Geometry of welding joint design

2) 試驗片 製作

熔着金屬의 機械的 性質을 파악하기 위하여 Fig. 2와 같이 KSB 0833 規格의 13號 A 引張試驗片을, 충격시험을 하기 위하여 V형 노치를 가진 KSB 0809 規格 4號 충격시험편을 Fig. 3과 같이 製作하였다.

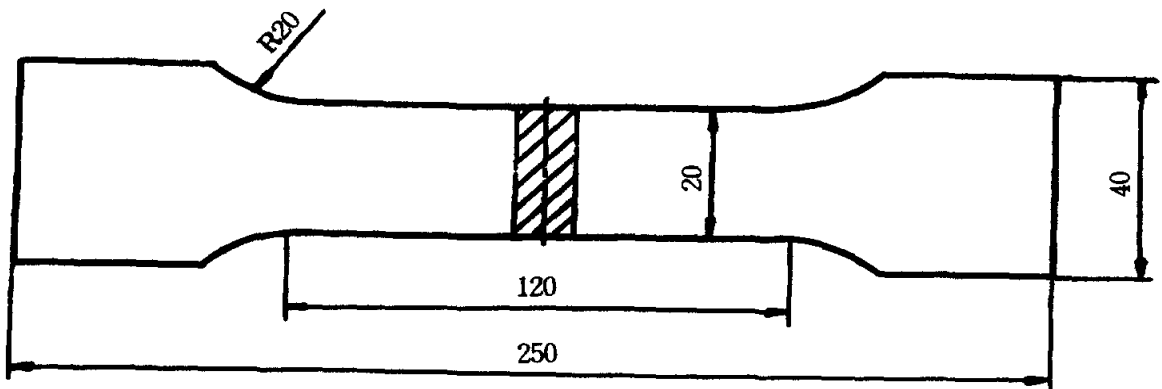


Fig. 2 Tensile test pieces

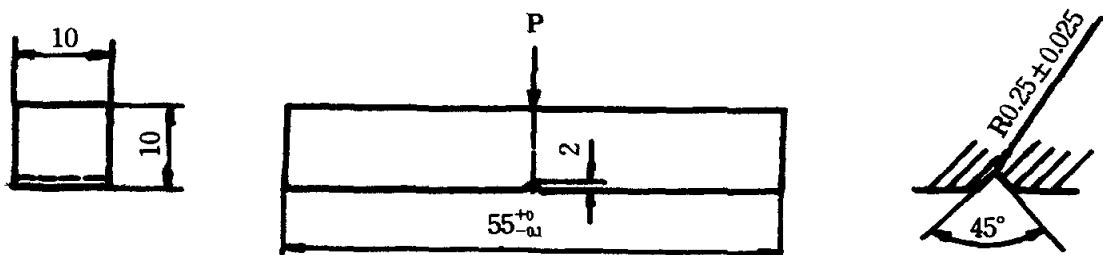


Fig. 3 Impact test pieces

3) 實驗機器

本 實驗에 使用한 熔接機는 電流 1200A, 電壓 120V 容量인 서브머지드 아크 熔接機를 使用하였다. 引張試驗은 Photo. 1과 같이 容量 20Ton인 Universal tensile testing machine을 使用하였으며, 熔接部の 충격치 分布를 파악하기 위한 충격시험은 容量 300J의 charpy's impact tester(pendulum type)을 使用하였으며, Photo. 2에 나타내었다.

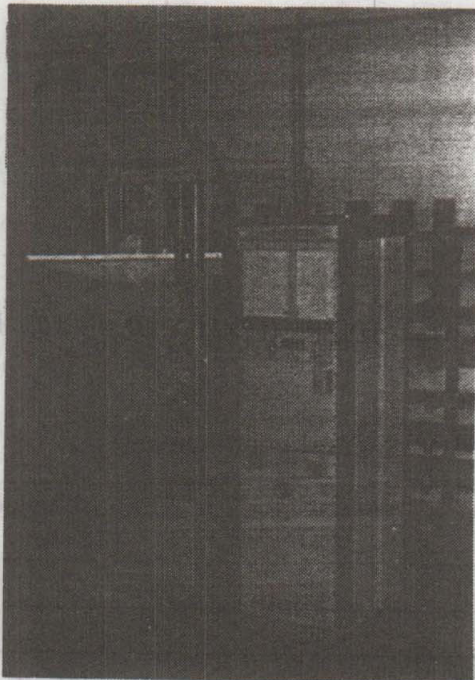


photo. 1 tensile tester

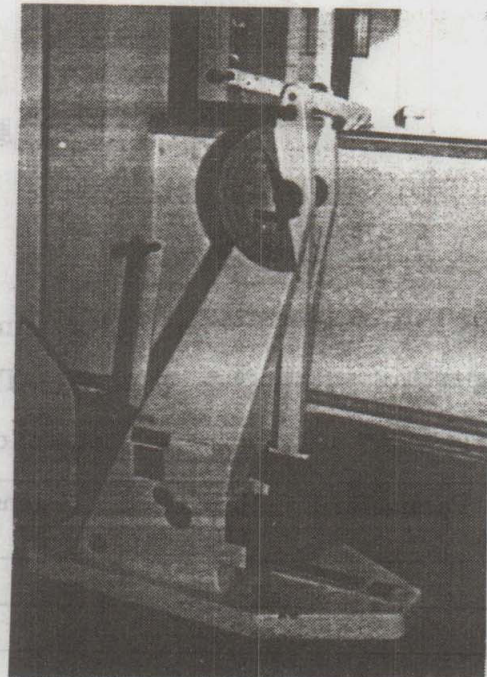


photo. 2 impact tester

4) 實驗方法

熔接時 入熱變化에 따른 熔着金屬의 機械的 特性을 파악하기 위하여 本 實驗에서 是 入熱의 變化를 熔接電流에 의해 調定하였으며, 電壓과 走行速度는 一定하게 유지하였다. 熔接條件의 選定은 수차례 熔接臨界速度의 上下限 區域에서 實驗하여 適定 Parameter를 設定하였다.³⁾

熔接條件은 Table 6과 같으며 Groove의 Built-up 順序는 試片의 한쪽면에 表面熔接을 하고 그 반대편에 裏面熔接을 하여 完成하였다.

Table 6. Welding condition.

No	Parameter	Heat input (KJ/cm)	Current (Amp)	Voltage (Volt)	Speed (cm/min)
1		1.7	350	33	40
2		2.5	500	33	40
3		3.2	650	33	40

여기에서 熔接入熱(Heat input)은 아래의 式에 의해서 計算된 값이다.

$$H=60EI/1000v^4)$$

H : Heat input(KJ/mm)

E : Are Voltage(V)

I : welding current(A)

v : welding speed(mm/min)

Ⅲ. 實驗結果 및 考察

1. 引張強度 舉動

熔接入熱을 1.7KJ/mm, 2.5KJ/mm, 3.2KJ/mm로 變化시키면서 서브머지드 熔接을 實施하여 引張試驗을 한 結果는 Table 7과 같다.

Table 7. Tensile test data for deposit welded at differant heat inputs.

Parameter No	Heat input (KJ/mm)	tensile strength (kg/mm ²)	elongation (%)	Impact value (J/cm ²)
1	1.7	69	36	79
2	2.5	65	39	70
3	3.2	63	41	63

熔接入熱이 增加함에 따라 引張強度는 減少하는 現象을 나타내었고, 이에 따라 延伸率은 增加하였다.

이러한 現象은 熔接入熱 變化에 따라 熔着金屬의 化學組成이 바뀌고, 入熱上昇에 따른 金屬組織 粗大化에 의해 나타나는 現象으로 생각된다.

그러나 本 實驗에서 設定한 熔接條件 中에서 引張強度값이 가장 크게 나타나는 1.7KJ/mm의 熔接入熱이 가장 적당한 조건이라고는 생각할 수 없으며 最適熔接條件은 기타 다른 要因을 複合적으로 감안하여 決定해야 할 것이다.

2. 衝擊強度 舉動

衝擊強度 舉動은 Table 7에서 보는바와 같이 引張強度 舉動과 비슷한 양상을 보이고 있다. 즉 熔接入熱이 增加함에 따라 衝擊值값은 減少하는 경향을 나타내고 있다. 이러한 現象도 熔着金屬部の 化學組成 變화와 結晶粒度 粒大化에 기인된다고 사료된다.

3. 熔着金屬의 化學組成 舉動

STS 304 熔接金屬의 入熱變化에 따른 化學組成은 分光檢査를 實施한 結果 Table 8과 같이 分析됐다.

Table 8. Chemical compositions for deposited welded at different heat input.

Heatinput (KJ/mm)	C	Ni	Cr	Si	Mn	P	S
1.7	0.063	9.54	18.92	0.522	0.92	0.02	0.004
2.5	0.059	9.69	19.30	0.489	0.81	0.02	0.005
3.2	0.051	10.0	19.50	0.412	0.72	0.02	0.004

C와 Si, Mn은 入熱 增加와 더불어 그 값이 다소 減少하였는 데, 이는 산화에 의한 영향으로 간주된다. Ni과 Cr은 그 값이 增加하였으며 熔接棒 및 flux의 영향으로 고려된다. 기타 다른 元素의 成分變化는 극히 적었다.

本 實驗과 같이 熔接入熱의 變化幅이 적은 경우는 成分元素의 變化도 적었으나, 入熱의 差가 클 경우에는 成分元素의 變化도 심하리라 추측된다.

II. 結 論

- 1) 熔接入熱의 增加에 따라 引張強度는 감소한다.
- 2) 熔接入熱의 增加에 따라 衝擊値는 減少한다.
- 3) C, Si, Mn은 熔接入熱 增加에 따라 그 값이 減少한다.

References

1. Sawhill, J. M. and Bond, A. P., Ductility and toughness of stainless steel welds, *Welding Journal*, vol 55, pp. 33-41, 1976
2. 吉武進也, 熔接技術, pp. 38-43, 1984
3. 崔善哲, 熔接解說, pp. 200-227, 省安當, 1978
4. 日本熔接學會編, 熔接便覽, pp. 10-38, 凡善出版社, 1979
5. 韓鳳熙, 金屬材料, pp. 291-300, 塔出版社, 1982
6. 田中 治, “ステンレス鋼の 熔接と 繼手性能”, 日本 熔接技術, 8月號, pp. 91-93, 1986.