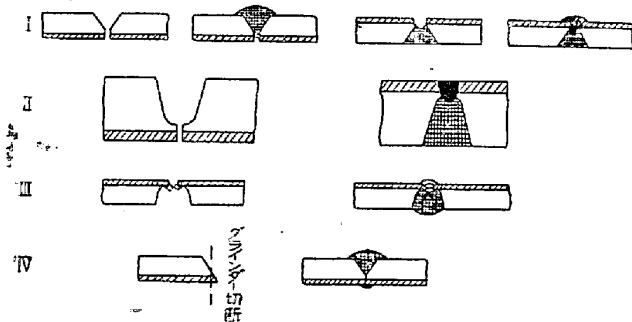


接法に注意すれば熔接歪を最小限に止めることも可能であることが報告されている³⁾。

近着の文献によつて合鉄の熔接に關して特に報告されている處を見ても合鉄の熔接には特殊の技術を要し、特に I Part を爲しているのが注目される⁴⁾。之も米國に於ける Clad steel の應用が盛んで廣く一般に應用されていることを示すものと云えよう。

1. 熔接法: 下銹鋼合せ鉄熔接の主眼とする點は耐蝕性構造物を目的とする爲表面に堅固な耐蝕鋼層を形成せしめるにある。従つて不銹鋼の熔接に於ける多くの注意事項は總て同様に適用される譯である。

衝合熔接の一般要領を圖示すれば第1圖の如くである。先づ I は薄鉄の場合で軟鋼側に V 型の開先を取り、軟鋼棒で軟鋼側を熔接した後不銹鋼側に溝を削つて不銹鋼棒で熔接して仕上げる。厚鉄の場合は II の如く U 型開先を取り I と同じ順序で熔接する。然し構造物では I, II の如く母材側の熔接後不銹鋼側に溝を削ることは出来ないので III, IV の方法が取られる。III は U 型開先であるが Clad の端部を内側に曲げて両側から熔接するもので、特に表面耐蝕層を堅牢ならしめる様注意している⁵⁾。此の方法は構造物の熔接に際して両側の鉄の中心線のズレを多少カバー出来る利點がある。IV は阪大西先生等の研究によるもので、酸素-アセチレン焰で斜に切斷した後グラインダーで Clad 端を削り落し、先づ不銹鋼側を熔接し次で軟鋼棒で母材側を熔接するのがよいとされている⁶⁾。此の方法は現場で手軽に開先を造つて熔接し得る利點がある。



第1圖 合鉄の熔接法

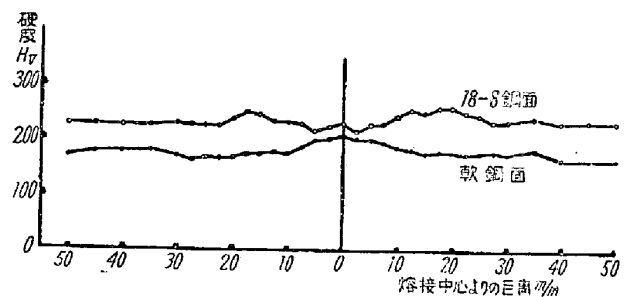
合鉄製品の熔接に際しては耐蝕性を考慮して合鉄、不銹鋼單獨鉄、軟鋼鉄とを適當に使い分け、堅牢な耐蝕表面を造る様にすればよい。之に應じて熔接棒も不銹鋼棒と軟鋼棒とを適宜に使い分けねばならぬ。

2. 熔接部の材力試験: 6mm 厚—1mm 18-8 Clad の合せ鉄の衝合熔接に於ける開先の種類、熔接法及び電流強度と材力との關係について試験した結果を第1表に掲げた。

先づ開先の種類では A~D4 種について行つたが、B 及 C がよい強度を示し D は少々強度が足りない。熔接法については V 型開先で 4 種を比較したが、C が最も強度が優れているのは層數の影響もあるであろう。不銹鋼棒だけで熔接した C-2 より、軟鋼棒を間に挿んだ C-3 の方が強度が大きいのは必ずしも高價な不銹鋼棒だけを使う必要もないことを示している。熔接電流では同一開先で同一要領により熔接し、その場合の電流を直流 1 種と交流 3 種に變化した。此の結果では直流を使用したものが最もよく、交流では低電流で先づ内側から熔接した DW がよかつた。

以上の開先では強度は充分あるが熔接部の耐蝕性の點で不確實なものもあり、使用条件を第一として作業性も考慮して適當な方法を選定すればよい。

合鉄熔接後の両面の硬度分布を Vickers 硬度計で測定した結果は第2圖の如くである。軟鋼面は熔着鐵が僅か硬度が高くなつてゐるが、不銹鋼面は熔接中心から約 15~20mm 離れた所謂二番が硬度上昇している。之は 18-8 不銹鋼に於ける炭化物の析出として知られて居り、此の部分が耐蝕性を低下して所謂熔接衰弱の現象を起す。



第2圖 不銹鋼合鉄熔接後の硬度分布
6mm 厚—1mm Clad

3. 熔接部の組織: 合鉄熔接部の各部の顯微鏡組織を寫眞第1に示した。18-8 鋼、軟鋼各々同一鋼種同志の境界部は熔込良好で明瞭な境界線は認められないが、18-8 鋼と軟鋼との境界は熔着鐵相互の場合にも寫眞に示された如く境界は明瞭である。軟鋼母材の場合は境界部に C の凝集が認められる。18-8 熔着鐵と軟鋼熔着鐵との境界には薄層の膜が認められるが、両者が熔融點以上の高温で接觸する爲擴散により特殊の合金層を造るものと思われる。

III. 合鉄の瓦斯切斷

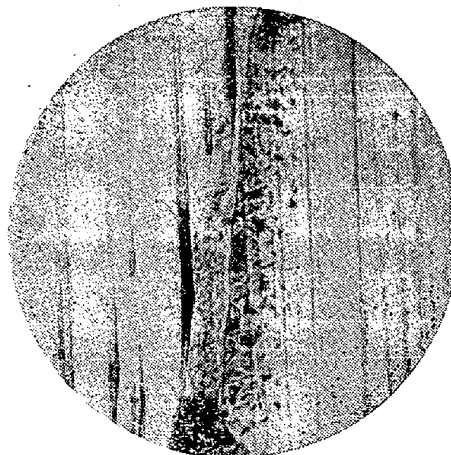
各種構造物製造上から合鉄の酸素-アセチレン焰切斷の難易は重要な問題となる。周知の如く不銹鋼は全然瓦斯切斷は不能であるから、合鉄の切斷は Clad の不銹鋼

閉先形状

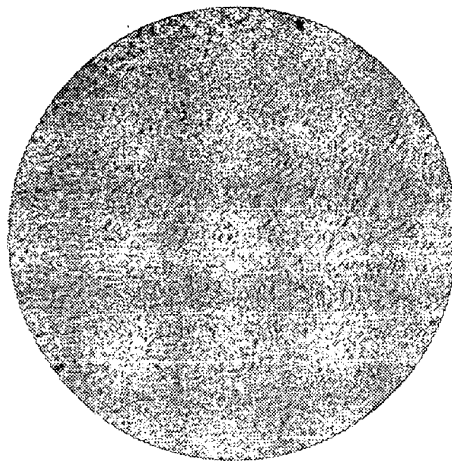
神鋼 B17



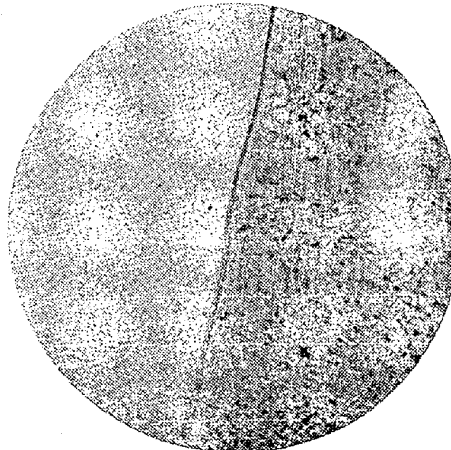
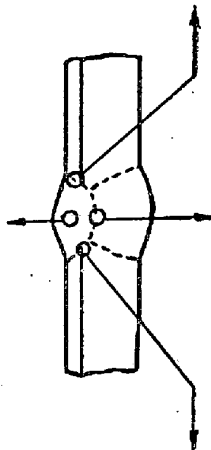
ズット 18-8



R25-78¹



R25-78¹



R25-78²

寫眞第 1

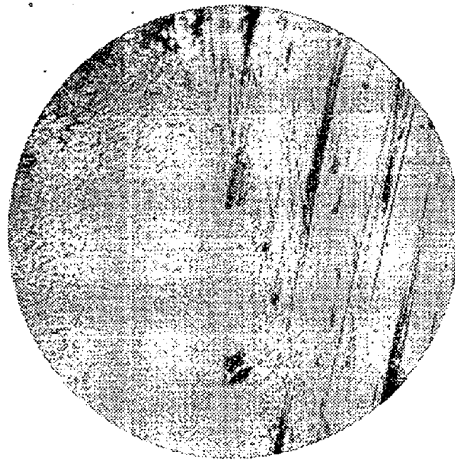
不銹鋼合鋼

熔接部顯微鏡組織

×100 (2/3 縮寫)

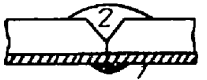







10% クロム酸電解腐蝕後

5% ピクラル腐蝕



R25-78²

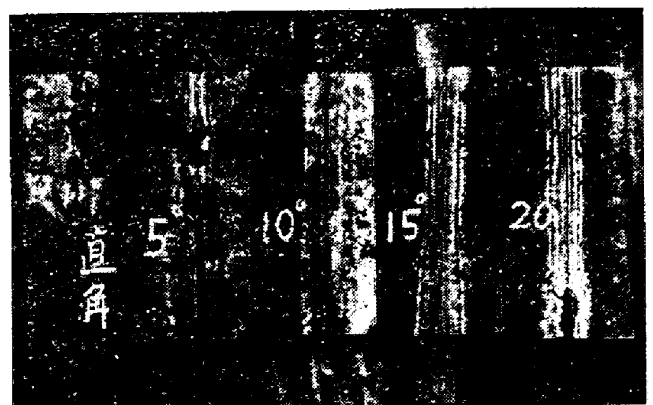
第1表 合鋼溶接法と材力との関係 6mm—1mm Clad 使用溶接棒 { 4mm タセト 18-8
" 神鋼 B17

試験種類	符號	開先及溶接法	電流	電流強度 A	抗張材力			破斷位置 標 示
					降伏點	抗張力	伸 破斷位置	
開先の影響	A	 上下各一層	AC	100~110	24.2	40.9	8.8	a
	B	 上下各一層	"	"	34.8	51.1	25.2	b
	C	 不銹鋼二層 軟鋼二層	"	"	34.2	52.6	60.4	d
	D	 不銹鋼二層 軟鋼一層	"	"	34.2	36.0	5.2	a
溶接法の影響	C-1	 各一層	"	"	35.2	39.2	8.0	a
	C-2	 不銹鋼だけ 三層	"	"	36.3	41.3	5.6	a
	C-3	 不銹鋼1.3層 軟鋼二層	"	"	33.5	43.4	8.8	a
電流の影響	DD	 不銹鋼二層 軟鋼一層	DC	110	32.6	44.2	7.2	a
	DS	全上	AC	120	—	34.2	6.0	b
	DW	全上	"	100	36.3	43.0	8.8	a

a: ビード内
b: ビードと
母鋼との熔
着部
c: 溶接2番
d: 母鋼



その1 不銹鋼合鋼の瓦斯切斷作業



その2 合鋼瓦斯切斷試験結果 (軟鋼側)
6mm 厚-1mm Clad

寫眞第2

を切斷線に沿つて削り取り、溝を造れば普通の作業と全く同じ條件で容易に切斷出来る理である。Stocker⁷⁾によれば不銹鋼合鋼の瓦斯切斷は母材鋼側から行い、同一厚さの普通鋼の切斷に用いるより1~2 サイズ大きなノ

ズルを使用し、トーチを5~20°切斷方向に傾斜せしめてスラグを後に吹き流す様にすればよいとしている。又大西博士、水野、大村氏等は自働瓦斯切斷器を使用して18-8 Clad 鋼の瓦斯切斷實驗を行つた結果、火口は軟

鋼切斷の場合よりも一廻り大きいものを選び、酸素壓力は15倍にして火口を15~20°前傾するのがよいことを報告されている⁶⁾。

6mm厚-1mm Clad 鋼について実験した結果は写真第2の如くで、普通鋼切斷の如く切斷トーチを鋼板に垂直にしたのでは全然切斷出来ないが、トーチに傾斜角をつければ切斷出来傾斜角15°の場合に最も整齊圓滑に切斷出来ることが判つた。

合鋼の不銹鋼 Clad が餘り厚くなければ切斷は愈々困難になり遂には瓦斯切斷は不可能になると思われるが、著者等の実験では鋼厚の約30%以下のCladではトーチの傾斜角を適當に選定すれば容易に切斷出来ることが判つた。

IV. 不銹鋼合鋼の耐蝕性試験

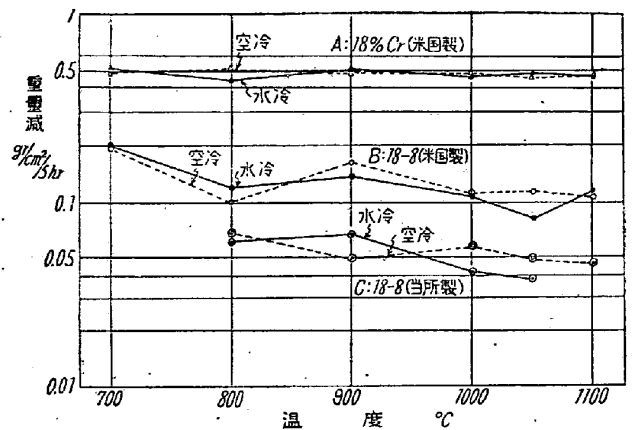
耐蝕性に関しては合鋼も單獨不銹鋼と何等根本的に變る處はなく、Clad材の不銹鋼の性質その儘であることは今更云う迄もない。従つて腐蝕性物質の性質の如何により最も耐蝕性の優れたCladを選定すればよく、又そのClad厚も單獨不銹鋼の腐蝕試験に於ける浸漬時間と腐蝕減量との關係から大體の壽命を推定出来る譯である。茲では單獨不銹鋼について行つた腐蝕試験の結果及び合鋼の耐蝕特性について二、三実験した結果を報告する。

1. 單獨不銹鋼の腐蝕試験：當所の不銹鋼合せ鋼のClad材として普通に使用する18-8不銹鋼の耐蝕性を知る一方法として、偶々入手した米國製18-8鋼、18Cr鋼との5%硫酸に對する耐蝕性の比較試験を行つた。試料は25×50×4mm厚の鋼板試験片に機削し、700~1100°Cの各温度から水冷及び空冷した後、エメリー000番迄表面を仕上げ洗滌後腐蝕試験を行つた。腐蝕試験は250cc還流装置付フラスコにより試験片1ヶ宛5%硫酸で5hr.煮沸して腐蝕減量を測定した。蝕腐量の測定結果は第3圖の如くである。

供試々料の分析結果は第3圖中に示した如くで成分的に見ると米國品は充分C量を低下せしめていることが窺われる。又米國製18-8鋼ではMnを含有せしめていない點が注目されるが製造履歴等詳細は不明である。

測定結果によると、18-Crは18-8に比べて腐蝕量の多いのは豫想した處であるが、焼入温度及冷却速度の影響は全然なく皆同様の腐蝕量が得られている。當所製の18-8は米國品に比べて腐蝕量少なく、よい結果を示して居る。兩者共焼入温度1050°C水冷が最も耐蝕性に優れて居り、炭化物析出温度に近い700°Cが耐蝕性は最も

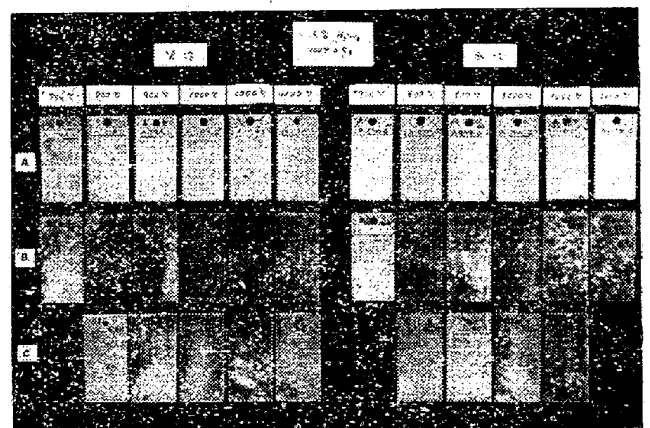
劣つている。



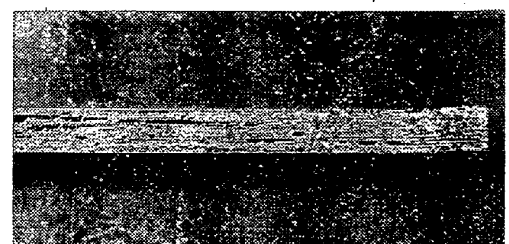
第3圖 不銹鋼腐蝕試験結果 5% H₂SO₄, 100°C×5hr.

符號	種類	鋼厚 mm	C	Si	Mn	P
A	米國製 18Cr	10	0.04	0.34	0.34	0.021
B	米國製 18-8	6	0.05	0.45	tr	0.028
C	當所製 18-8	6	0.07	0.43	0.29	0.020

符號	S	Ni	Cr	Cu	Mo	Al
A	0.048	tr	18.38	0.03	tr	tr
B	0.021	8.46	18.81	0.04	tr	tr
C	0.024	8.53	18.03	0.08	tr	tr



その1 腐蝕による表面の變化



その2 18-8鋼側面の層狀腐蝕
寫眞第3 腐蝕試験後の試験片の状態

第2表 非金属介在物測定結果

材 番 符 號	温硝酸法による Sand 分析						顯微鏡による測定			
	Total Sand %	示 性 分 析 %					粘性變形するもの		粘性變形しないもの	
		SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MnO	Cr ₂ O ₃	分布比	平均厚	分布比	平均厚
A	0.0244	45	8	24	9	13	0.6	3μ	9.7	5.3μ
B	0.0397	5	5	90	tr	tr	0	0	13.0	9.8
C	0.0392	50	7	24	4	15	0.1	3	4.3	7.1

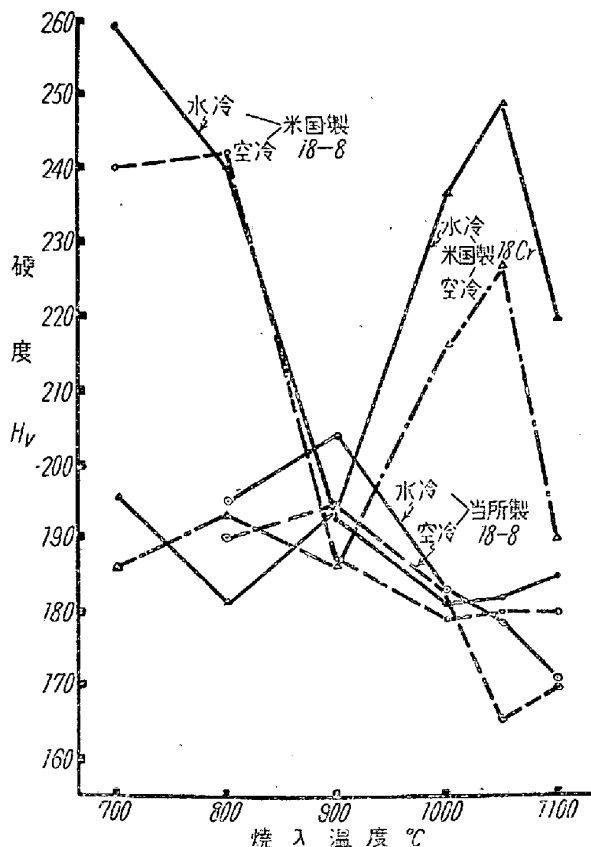
腐蝕試験後の試験片の表面状態は寫眞第3(1, 2)の如くである。18-Crは總て腐蝕著しく形状は小さくなり厚さも薄くなっている。米國製 18-8 鋼は當所製品より耐蝕性は劣っているが、腐蝕後の試験片を調べると寫眞に示した如く壓延方向に平行した層狀の深い腐蝕孔を生じていた。之は鋼の壓延により鋼中の非金属介在物が層狀を呈し、その附近が耐蝕性劣っている爲斯ゝる腐蝕形態を呈するのではないかと考える。顯微鏡により兩18-8 鋼を比較すると、米國品は當所製品に比べて規則的な形状を呈している酸化介在物が著しく多いのが認められる。顯微鏡及び温硝酸法による非金属介在物の測定結果は第2表の如くである。

此の測定結果によれば、米國品は當所品に比べて粘性變形しない介在物が多く粘性變形する介在物は全くない。サンド分析結果では全サンド量は略々等しいが、示性分析に示されたサンドの組成は全く相異して居り、米國品の大部分が Al₂O₃ であるのに對し當所品は SiO₂ が約半量有り Al₂O₃ はずつと低くなっている。従つて米國品の粘性變形しない介在物の大部分は Al₂O₃ と考えてよい。此の介在物組成の差は兩鋼の成分及脱酸法によるもので、當所品は Si, Mn で脱酸したのに對し米國品は Mn 量低く主として Al で脱酸したのではないかと推察する。

不銹鋼中の非金属介在物の影響については何等明らかにされていない様であるが、本實驗の如く同じ 18-8 不銹鋼でも耐蝕性が著しく異なる處からみて非金属介在物が著しい影響を有するのではないかと考える。

各試験片の硬度測定結果は第4圖の如くで、18-Crは焼入温度 1000°C から硬化し 1050°C で最高値を示すが、18-8 は之と逆に 1000~1100°C で最低値を示し 700°C で最も高い。

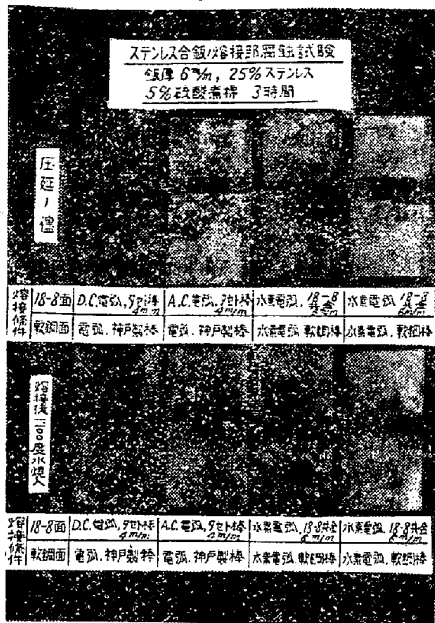
2. 不銹鋼合せ鋼の腐蝕試験: 18-8 鋼を軟鋼に Clad した合せ鋼の腐蝕特性は Clad 材たる 18-8 鋼單獨の特性と全く同様であるが、只茲で實用上問題となるのは構造物としての合せ鋼接部の耐蝕性だけである。従つて合せ鋼



第4圖 供試不銹鋼の焼入硬度

接部の腐蝕について試験した結果に基づいて考察することとする。

先づ軟鋼板の上に 18-8 棒で Single bead を置いた場合及 18-8 鋼板上に軟鋼棒で Single bead を置いた場合の断面を腐蝕して顯微鏡で調べると、前者の場合は 18-8 の bead が著しく腐蝕され易くなり 10% 硝酸でも軽く組織が判る程度になる。各後者の場合は軟鋼 bead が著しく耐蝕性を増し軟鋼の腐蝕液では僅かしか腐蝕されないことが判る。之は第2報でも述べた合金元素の相互の擴散から必然的に生ずる結果であつて、合せ鋼の熔接操作に之の事を頭に置いて計畫しないと熔接部の耐蝕性が劣る結果となる。従つて合せ鋼熔接用の不銹鋼熔接棒としては 18-8 鋼よりも合金成分の高い熔接棒を使用すべきであり、又出来るだけ合金成分の移動を防ぐ



寫真第 4

意味に於ても低電流で熔接することが望ましい。この点については Fitch⁹⁾ も特に強調している。

各種の方法で熔接した合鉄試験片を 5% 硫酸で 5hr. 煮沸し、不銹鋼熔接部の腐蝕を調べた結果は寫真第 4 の如くである。此の結果では原子水素熔接は熔着鉄の耐蝕性悪く、試料 1 の軟鋼側電弧、18-8 側直流電弧によつたものが最も耐蝕性はよいことが判つた。この点は前述した熔接強度の測定結果との兩者から、18-8 鋼側熔接は直流電弧によるべきであるとして差支えあるまい。

最後に寫真第 5 の如く 18-8 不銹鋼合鉄製の熔接容器を試作し、内部に硫酸銅溶液及び 5% 硫酸を入れて 8hr. 煮沸して試験した。寫真は腐蝕前後の容器の状態を示したが、A の硫酸銅溶液では腐蝕部は白色の綺麗な面となり熔接 2 番の腐蝕も僅に認められるが、曲げた箇處の應力腐蝕は更に明瞭に現われている。B の 5% 硫酸では 2 番の蝕腐も明瞭であるが應力腐蝕は更に著しく現われていた。之等の結果から耐蝕性構造物設計に際しては努めて鋭い彎曲は避けて出来るだけ應力腐蝕を少なくする様にすべきであることが明らかである。又熔接 2 番の腐蝕は従来から云われている如く Clad 材としての 18-8 鋼の 0% を出来るだけ低下すると共に、適量の Ti 又は Cb を含有せしめ一方熔接棒にも之等元素入りのものを使用することにより相當防止出来ると考える。

V. 總 括

不銹鋼特に 18-8 不銹鋼合せ鉄の實用化を目的として熔接、瓦斯切斷及び耐蝕性について二、三の試験を行つた結果について報告した。之等の結果を要約すると次の如くである。

1. 合鉄の熔接に於ては加熱による變形及び合金成分の擴散による耐蝕性の低下の爲特別の注意を必要とする。之の爲取るべき手段としては次の事が挙げられる。
 - i) 不銹鋼側熔接には直流電弧を使用し且出来るだけ低電流を使うこと。
 - ii) 熔接棒は Clad 材よりも合金成分の高い棒を使用



試 験 前



試 験 後

寫真第 5 不銹鋼合鉄製容器の腐蝕試験

A: 硫酸銅溶液 8hr. 煮沸
B: 5% 硫酸 8hr. 煮沸

すること。

iii) 溶接順序をよく考慮して計畫すること。

iv) 變形を嫌う場合は両側 Clad の鋼を使用する。

2. 合鋼の瓦斯切斷は鋼厚より少々大き目のトーチを使用し、酸素圧も僅か高くしてトーチを前方に約 15°C 傾斜すれば容易に切斷し得る。但し鋼厚に對し Clad 厚が 30% 以上になると困難性を増す。

3. 18-8 鋼を主とした腐蝕試験の結果から、不銹鋼中の非金屬介在物が耐蝕性に著るしい影響を及すのではないかと考える。

4. 合鋼構造物の設計に當つては 18-8 鋼の應力腐蝕も相當著るしいから鋭い彎曲は避ける様注意を要する。

最後に本研究の遂行に當り御指導と御鞭撻を賜つた株式会社日本製鋼所常務取締役小林佐三郎博士に厚く感謝すると共に、試作に當り種々御助力を頂いた中鋼工場及機械工場の諸氏並に御協力下さつた研究部の各位に厚く御禮申上げる次第である。(昭和 27 年 7 月寄稿)

文 献

1) 阿部, 木村, 齋藤: 不銹鋼合せ鋼の研究(第 1 報)

製造法の概要及び一般的性質, 鐵と鋼, 第 38 年 4 號, 40.

2) 阿部, 木村, 齋藤: 同上(第 2 報) 合鋼の諸性質に及す加熱の影響, 未掲載.

3) 大西: 溶接界, Vol. 2, No. 12, 1950, 1; Vol. 3, No. 1, 1951, 17.

4) Welding Handbook, Clad Steel, 802, Am. Weld. Soc. 3rd Edition.

5) Metal Handbook, Composite Steel. 542; Stainless Clad Steel. 545, 1948 Edition.

6) Armstrong: Welding J. Supplement, Feb. 1939. 39.

7) Strocker: American Machinist, Feb. 6. 1950. 89.

8) 大西, 水野, 大村: 昭和 26 年秋期溶接學會講演會講演.

9) Fitch: Ind. & Eng. Chem. vol. 33, No. 4, 1941. 502.

バネ材料に関する研究(IV)

(昭和 27 年 4 月本會春季講演大會にて講演)

堀 田 秀 次*・川 崎 獺 雄**・堀 一 夫**

STUDY ON THE SPRING MATERIALS (IV)

Hideji Hotta, Dr. Eng., Tatuo Kawasaki, Kazuo Hori

Synopsis:

Following the 3rd. report; die steel corresponding to No. 3 was studied as a specimen for the spring material at high temperature. In this study. the tests of microstructure, hardness and tensile strength were carried out on the one which treated by normal quenching-tempering method (martemper) and also by austemper method and the same tests were done on Si-Mn steel in comparison with above materials.

The results obtained were as follows:

1. Die steel was superior generally in spring properties than Si-Mn steel.
2. Austemper method was superior generally than martemper method in die steel.
3. In martemper method, about 1,100°C quench and 550°~600°C temper was effective and in austemper method about 1,100°C quench and 600°C hot bath treat was effective.
4. Die steel was excellent in toughness property than Si-Mn steel.

* 熊本大學工學部冶金學教室 工學博士 ** 熊本大學工學部冶金學教室