

技術資料

最近の熔接棒

三橋 鐵太郎*

THE RECENT ARC WELDING ELECTRODES

Tetsutaro Mitsuhashi

Synopsis: Since the end of the war, welding electrodes have become one of the most important special materials in Japan. However, the technical level of quality of welding electrodes in Japan seems to be much lower than that of in U. S. A. and England. Therefore, for general reference, the author collected here the various recent data of welding electrodes, such as the history of formation of Japanese standard specifications for arc-welding electrodes and its wires, American specifications of electrodes for mild steel, low alloy steel, and corrosion-resisting chromium and chromium-nickel steel, British specifications for mild steel electrodes and chemical compositions of some foreign electrode-wires of superior quality in order to introduce and explain them especially from a viewpoint of metallurgists.

I. 緒言

熔接棒をつぐ母材によつて分ければ、鐵鋼用、銅合金用、アルミニウム合金用の三種になるが、こゝでは鐵鋼関係のみを記す。又、最近輸入され注視をあびている低温熔接があるが、この記述は別の機会に譲る。

アメリカには、軟鋼用、ステンレス用、銅合金用、アルミニウム合金用の棒の規格がある。これらの規格の附録に詳細な説明があるので、それにより色々な點が明になる。又、電弧(アーク)熔接棒以外にガス熔接棒もあるが、これには一般鋼構造用棒をフラックスなしの裸棒にして用いている。

日本で JIS が制定される迄に一應きめられた電弧熔接棒心線規格には

- | | |
|----------------------|--------------|
| (1) 臨時 JES 第 40 號 | 1941 年 9 月改正 |
| (2) " 第 776 號 | 1945 年 1 月決定 |
| (3) 艦本造機工事用
熔接棒心線 | 1943 年 6 月制定 |

があり、熔着金屬強度規格は (1) には日本規格 9001 號が對應し、(2)、(3) にはそれぞれ對應するものがあつた。

今日、心線は JIS G 3523 できまり、熔着金屬強度フラックスは JIS G 3524 (1950) できめられる。即ち日本の規格は二本立になつている。後述の如く、アメリ

カでは心線には特に規格はきめてない。日本では心線の性質が非常に重大のように考え、それに就いて様々の規格が作られたが、フラックスに就いては暗中摸索の状態であつた。戦後、アメリカの事情が分つてみると、心線に比して、フラックス (covering) の方が重大であり、熔着金屬 (deposits) の性質を支配するものが實はフラックスであることが、一般に認識された。JES が JIS に改訂された最も大きな變化の原動力はこの點の認識であるといつて良いであろう。

又、熔接棒は、單に軟鋼をつぐのみでなく、各種の合金鋼、可鍛鑄鐵をもつがねばならない。この點に關して著者は特に注意して記述した。日本規格ではこの點を論ずる水準に至つていないので、アメリカ、イギリスの規格により、合金鋼に向くものを特に抽出して記述した。

なお、こゝでは、主として冶金學的視角から熔接棒をとりあげたので、フラックスの被覆偏心率とか、作業性とフラックスとの關係電氣的條件に關して記述を省いたことを御斷りしておく。

II. 一般鋼構造用電弧熔接棒心線の 日本規格の變遷

電弧熔接で、機梁、船舶、建築構造、機械をつぐ場合

* 工業技術廳機械試驗所

に廣く用いられる棒即ち一般鋼構造用電弧熔接棒の心線の規格は、今日迄以下の如き状況で来た。

戦時中のいはば間に合わせの規格として

昭和 14 年 11 月 20 日決定。昭和 16 年 9 月 20 日改正の臨時 JES 40 號がある。

第 1 表

	C	Si	Mn	P	S	Cu
甲	0.03 ~0.12	<0.04	0.25 ~0.40	<0.04	<0.04	<0.04
乙	<0.15	<0.04	0.25 ~0.45	<0.04	<0.04	<0.04

終戦後これを改正することになり、規格 JES 金屬 3523 (22年 10 月 22 日決定。23 年 6 月 25 日改正)が出來た。即ち

第 2 表

	C	Si	Mn	P & S
SWY 1	<0.10	<0.04	0.3~0.6	<0.030
SWY 2	0.10~0.15	<0.04	0.3~0.6	<0.030
SWY 3	<0.15	0.15~0.35	0.8~0.1.2	<0.035
SWY 4	<0.15	0.30~0.50	1.2~1.5	<0.035

その他、SWY 1 は Cu<0.20% 以下その他は Cu<0.3%、又各種共 Cr<0.2%、Ni<0.3%

この制定の経過に関しては、著者の報告¹⁾に詳しい。終戦後 3 種 4 種の Mn を多量に含有し、その爲に Si を増加した心線が新らしく設定された事に留意すべきである。

JES 金屬 3523 に就てのべると、これは一般鋼構造の熔接に用いる被覆電弧熔接棒で、心線の直径が 3.2~6.0mm の所謂中徑棒を主な對象として本案が作製され本來の使用目的は軟鋼、半硬鋼の熔接用であつて、差當つて特殊鋼や鑄鐵のことは考えていないが、勿論用いても差支へはない。

又、米國では最近大徑の方に移る傾向があるので、徑の範圍をひろげて、1.4、2.0、2.6、7.0、8.0mm を加えたので、通念による中徑棒よりも少し廣くなつてゐる。

JES 金屬 3523 の成分についてのべる。

1、# 2 はキルド鋼、# 3、# 4 はリムド鋼で作る。又、アメリカの最近の棒は C<0.15% なので、本案にもこれを採用した。使用者側の便利を考えて C<0.10%、C=0.10~0.15% の 2 種類に分けたが、例えば Cr-Mo 鋼や鑄鐵の熔接には C=0 即ち # 1 が適當している。

アメリカの棒は Si=0.01%、0.025% 邊のものが多く

平爐なら 0.025% 以下に押えられるが、アーク爐で作る便利を考えて、0.04% 以下ときめた。

Mn はアメリカのものでも 0.25~1.6% にわたり、嚴密な制限は不要の如くであるが、JES 40 號に Mn の高い棒の規定がないので、新しくこれを加えた。Mn の高い棒はアメリカで最近非常に用いられている。# 3、# 4 は高 Mn の棒であつて、Mn を高めた時に低 Si では具合がわるいので、Mn:Si=3:1 の比率でこれを加えた。これは名古屋大學關口教授のデータに基いたものである。又高 Mn の最高限界はアメリカで實用されている棒のデータによつた。

P.S は低い方がよいが、資材事情を考えて # 1、# 2 では 0.030% 以下、# 3、# 4 は Mn が入つてゐるので P.S の害を防止すると考えて、少しあげて 0.035% 以下と定めた。

又、規格には除いてあるが、リムド鋼では Al が入つてくるが、森氏のデータによると Al=0.4% 迄は害はないが、Al<0.030% 以下なら作るのに容易であると考え、それを限界とした。その他現下の製鋼事情では Cu、Ni、Cr、As が入りやすいが、それぞれの限界は Cu<0.3、Ni<0.3、Cr<0.2、As<0.3% にした。たゞし日鐵の研究によれば As は 0.5% までは無害である。As の害は被覆に左右されるが、安全をとり 0.3% 以下ときめた。

次に JES G 3523 が 25 年 6 月 9 日に JIS に切替へられ、JIS G 3523 (1950) になつたが SWY 4 に相當するものは除かれた。結局の所、現在用いてゐる JIS G 3523 中より成分のみを抜萃すると第 3 表の如くなる。

第 3 表 JIS G 3523 被覆電弧熔接棒心線

	C	Si	Mn	P	S	Cu
SWY 1	<0.10	<0.03	0.35 ~0.65	<0.020	>0.025	<0.20
SWY 2	<0.10	<0.03	0.30 ~0.60	<0.030	<0.030	<0.30
SWY 3	0.10 ~0.15	<0.03	0.30 ~0.60	<0.030	<0.030	<0.30

以上は一般構造用の心線であるが、日本でも高級なシビヤナーな要求に應ずる爲には、各種の社内規格がある。これらは JIS ではまだ取上げられていない。今日の見解では、フラックスを除外して單に心線成分のみを云々しても無意味であるという傾が強いのである。

第 4 表にその二、三の例をあげる。これらは外國の優秀な棒の分析値にその根據を求めているので、その二、三の例を第 5 表第 6 表に示す。これらは、JES 金屬

3523 制定の原案作製委員会に、委員各位の提出された資料に基づくものである。又ついでに述べるが、最近船舶を輸出することが多くなり、歴延鋼材も船用のものに重点をおいて考えられて来たが、熔接性の點で、

金屬の試験が嚴重な爲、心線には嚴重な規定は不要なのであろう。又、一面心線に比して、フラックスの重要な役割を示しているものと思われる。リムド鋼の方が良いと云う規定の理由としては、Si の低いことが考えられ、

第4表 高級熔接棒用心線化學成分 (規格及それと類似のもの)

	C	Si	Mn	P	S	Cu	制定者
熔接受壓槽規定案	0.06~0.08	<0.04	0.20~0.35	<0.04	<0.04	—	
高壓容器 (高級)	0.06~0.12	<0.02	0.25~0.40	<0.02	<0.02	<0.15	電氣機械統制會
第一級熔接棒	0.06~0.10	<0.04	0.25~0.40	<0.04	<0.04	<0.3	三菱神戸造船所
高壓容器用	<0.06	<0.02	0.25~0.5	<0.02	<0.04	<0.1	芝浦研究所
"	<0.10	tr	0.3~0.5	<0.02	<0.03	<0.1	石川島タービン
"	<0.10	<0.02	0.3~0.45	<0.02	<0.02	<0.15	三菱神戸造船所

第5表 高級熔接棒分析の例

心線名稱	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%	その他	分析場所
アルコース・スタビレンド	0.04	0.019	0.340	0.017	0.019	0.122		三菱長崎造船所
" "	0.07	tr	0.330	0.031	0.045			"
" "	0.09	tr	0.350	0.017	0.003			三菱神戸造船所
K. G	0.12	0.13	0.39	0.011	0.017	0.08	Al 0.02	日立製作所
リンコロン・フリートウエルフNo.5	0.02	tr	0.43	0.017	0.018	tr		三菱神戸造船所
" "	0.01	0.03	0.42	0.010	0.017			鐵道研究所
クルップ	0.10	0.03	0.48	0.017	0.0032	0.08	Cr 0.04	鐵 本
"	0.13	0.08	1.51	0.008	0.013	0.12	Cr 0.04	"
レクトロン	0.13	0.04	0.35	0.012	0.014	0.13	Ni 0.08	"
							Cr 0.07	"
							Ni 0.03	"

第6表 疲勞試験成績優良の代表的心線の化學成分

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
クルップ製	0.13	0.08	1.51	0.008	0.013	0.12	0.07	0.04
"	0.10	0.03	0.42	0.017	0.0032	0.08	—	0.04
ジメンス製	0.20	0.18	0.73	0.028	0.0034	0.07	0.09	0.05
レクトロン製	0.13	0.04	0.35	0.012	0.014	0.13	0.03	0.07

Mn% 對 C% の比率を 2.5 以上にせよとの指示がロイド協會より來ているとのことであるが、終戦後の JES 金屬 3523 に高マンガンの #3. #4 を加えたことと關聯を有する事柄として興味深いことである。

III. アメリカの心線

JES G 3523 をきめる當時、アメリカの規格をしらべてみたが、心線の規格はきめてない。たゞ附録に⁽²⁾

C Si Mn P & S

0.10~0.14 <0.025 0.40~0.60 <0.04

のリムド鋼を使用すると書いてある。アメリカでは熔着

直徑小なる棒であるから偏折は問題にしくなくてもよいのであろう。最近造船用鋼板の厚さ 1 吋以上のものはキルF鋼で作るべしとの指示が、American Bureau of Shipping から出たというので、造船用鋼板の熔接棒に關する見解に混亂がみられるが、厚板をリムドで作ると硫黄の偏折が問題の中心となるので、両者は全く別種の問題である。

IV. 日本のフラックス

熔接棒は心線とフラックス(被覆劑)とよりなる。日本工業規格軟鋼用被覆電弧熔接棒 JIS G 3524 (1950) で

種別をフラックスの系統によつて分けているが、それは次の5系統になる。

- a) 規定しない
- b) 高セルローズ系
- c) 高酸化チタン系
- d) 低水素系
- e) 高酸化鉄系

この分類は、アメリカの流儀によるものであるが (a) の無規定のフラックスは日本の現状にあわせる考で作つたもので、実際には砂鐵よりとつたイルミナイトが主成分のフラックスが多い。イルミナイトは日本に多量にある資源である點と、電弧の安定性がよいので廣く用いられるのであらう。日本の現状では (a) 以外は殆ど作られていないので、(b) 以下は今後大に發達すべきものである。

規格に溶接姿勢が規定してあり、以上の a. b. c. d は下向、立向、上向、横向のすべての姿勢で溶接可能であるが、e) の高酸化鉄系のみは下向、水平隅のみが出來て、上向、立向、横向は出來ないから、フラックスのえらび方で注意すべきである。これは酸化鉄系のフラックスの流動性がよすぎる點から來ている。

よく熔滓掩護式 (Slag shield) と瓦斯掩護式 (Gas shield) の溶接棒ということがいわれている。溶接棒がとけて、金屬が溶着する時に、スラグ又はガスが生じてその上を覆うことにより、酸化その他のガス浸入を防止するのである。実際上はいかなる棒でも、スラグとガスを兩方發生する様になつているのが、主たる機能によつて上の二種類に分類している。

ガス・シールド式の典型的なものは高セルローズ系のもので、スラグ・シールド式の典型は高酸化鉄系のものである。

各種の被覆剤配合の概略は、例へば米國規格²⁾ 附録及び佐々木氏の論文³⁾ にあるので、詳細はそれを参照されたい。日本規格では、米國規格を簡略化している。米國では更に添加物の曹達と加里の差で細別している。

V. アメリカの溶接棒³⁾

アメリカでは溶接棒を

- a) 作業特性
- b) 被覆の型
- c) 熔着金屬の特性

に關して大別している。まづ (c) で大別し E45 系列は熔着金屬が應力除去状態で 45000lb 以上のもの、E60 系列は60000lb以上の抗張力を有するものをきめてある。

即ちEの次に4桁乃至5桁の數字があり、前半が抗張力を示し、後半の記號はフラックスの形式を示す仕組になつている。E45 系列の

E4510	全姿勢用
E4520	下向用

の兩種は殆どフラックスはぬつてない。所謂裸棒である。E60 系列は次の如くで日本規格よりフラックスを詳しく分類してある。

E 6010	高セルローズ曹達
E 6011	高セルローズ加里
E 6012	高チタニア曹達
E 6013	高チタニア加里
E 6015	低水素曹達
E 6016	低水素加里
E 6020	高酸化鐵
E 6030	高酸化鐵

E45, E60 系列は主に軟鋼用であり、更に 70lbs 以上の所謂低合金用溶接棒⁴⁾がある。即ち E70 は 70000 lbs 以上 E 80 は 80000lbs 以上 E90 は 90000lb 以上 E100 は 100lbs 以上の抗張力ときめてある。

以上で、特に目立つことは、曹達と加里で大別していることで、加里鹽類はイオン化し易いので交流を用いたときに低電圧、低電流でアークが安定になるので、薄板の溶接に向く。曹達を加えるとスラグがとけ易くなるが電弧の安定性は加里より小さい。加里は曹達よりも著しく高價であるので、兩者を大きく別けている。日本では加里資源が少く、高いので、實用上殆ど使用していないので、規格にも唄つていない、イギリスも加里のことを大きく云つていない。アメリカでは大きく表面にうたつている。

VI. アメリカ棒の熔着金屬

アメリカ規格の附録によると、E6010 棒の熔着金屬の成分は、母材から影響を受けない時には、心線よりも C, Mn がさがり、P, S は 0.04% 以下となり、Si は心線より高くなり、ある銘柄の場合には 0.30% に及ぶかも知れない。

このように、熔着金屬中では心線よりも Si がますので心線がリムド鋼でない、Si が高くなりすぎるのではないかと思われる。

E6012 の熔着金屬は、E6011 のそれよりも、非金属介在物を多量に含有する。

E6013 は E6012 と似た熔着金屬を示すが、スラグ除去がよいので、スラグと酸化物の混入量が E6012 より

も少い。

E6015 は高 S ($S=0.15\sim 0.25\%$) の快削鋼用として適当しているが、そのビードの典型的な分析値は $C=0.08\%$, $Mn=0.56\%$, $Si=0.25\%$ である。

E6015 の低水素系棒の熔着金属は、応力除去を行っても、材質的に改善されないが、これ以外の棒の熔着金属では応力除去を行うと材質的に向上する。

VII. 軟鋼用溶接棒の用途

フラックスの種類により、姿勢、作業性、電気的特性が変化するので、用途が異ってくる。アメリカ規格の附録には用途が書いてあるので、第7表にこれを表示する。その理由は、原本について見られたい。日本ではこれらの特殊用途の棒は目下研究中の状況である。第7表のものは、アメリカ規格のうちで、軟鋼用溶接棒の規格より採つたものである。〔軟鋼用〕の規格²⁾であるが總則(1)をみると、この規格は、熔接可能な炭素鋼及び低合金鋼の熔接に適用されると書いてある。

別の低合金鋼用規³⁾に關する記述は次の項で行う。

第7表 軟鋼用溶接棒の使用適性

番 號	用 途
E 6012	低合金鋼, 高炭素鋼用
E 6013	薄 板 用
E 6015	高抗張力, 高炭素合金鋼用, 高硫黄の快削鋼防弾鋼, 合金鋼, 高炭素鋼, 可鍛鑄鐵, 發條鋼, 合せ板の軟鋼側の熔接, 後でエナメル仕上する鋼, 含セレンウム鋼.
E 6016	同 上
E 6020	厚板用. 高壓容器, 重機械の基礎構造物. 高電流を用いるから, 薄板には用いられない. 嚴重な X線寫眞検査を行はねばならない水平隅肉熔接, 下向熔接用に適す.
E 6030	同 上

VIII. アメリカ低合金鋼用溶接棒

EXX10 型の心線は、軟鋼用と同一のリムド鋼を用いる必要合金元素はフラックスによつて熔着金属に加えられる。EXX101 型, EXX13 型, EXX15 型, EXX16 型の心線も同一のものである。EXX20 型の心線も大體同一だが多少の例外はある。その例外に關しては規格には書いてない。EXX25, EXX26 は目下の所きまらない。EXX30 の心線は例外はあるが、主に $C 0.100\sim 14\%$ のリムド鋼を用いる。合金元素はフラックスから

入れる。これらはアメリカ規格の記述によつたが、これだけみると、低合金用溶接棒は軟鋼用とフラックスがことなることが分る。規格のⅢ部に、熔着金属に關し、注目すべきことがのべてある。即ち、E70XX 型の熔着金属には 0.50% Mo を含む。Mo は高温のクリープ抵抗をますから、高温、高壓の動力装置に用いる。更に高温で使用する装置には、熔着部に Cr-Mo 合金をのこす棒を用いる。Cr は C と結合するから、加熱される部分の黒鉛化を減少させる。低合金棒は応力除去をしてから使用することが多い。

記述の要點はこれだけであるから、E80XX 型, E90XX 型, E100XX 型のフラックスの詳細は、規格ではよく分らない。

要するに低合金鋼溶接棒の軟鋼溶接棒との差は、熔着金属の強度の相異にあり前者は後者よりも強い。それを齎らす爲に、フラックスが系統としては軟鋼棒と同様のものをすべて含んでいるが、各種の添加元素が加えられている。又、時としてはそれで間に合はないので、心線を変えているものがあるという程度であつて、一般的に云へば心線は軟鋼棒と同一のリムドの軟鋼である。

IX. イギリスの溶接棒⁵⁾

イギリスでは溶接棒を次の5項目により大別している。

- (a) 製造法
- (b) 被覆劑の型
- (c) 作業姿勢
- (d) 電 流
- (e) deep penetration の適性

被覆劑の型は次の6で、スラグの型も併記してある。

- No.1 高セルローズ
- No.2 高チタニア, fairly viscous スラグを生ず。
- No.3 高チタニア, 流動性(fluid)スラグを生ず。
- No.4 高酸化鐵, (及び又はマンガン及び又は硅酸)膨らんだ(inflated)スラグを生ず。
- No.5 高酸化鐵及び又は硅酸(マンガン酸化物を含み又は含まず)重い固つた (heavy solid) スラグを生ず。
- No.6 高炭酸カルシウム及び弗化物。

イギリスの No.6 は低水素系のことである。No.3 は No.2 よりもスラグが少ないので、X-線検査に適當している。No.4 は嚴重な X-線検査をうける厚板の熔接に適當している。

No.5 の熔着鐵は C と Mn が低いので, dead soft

第8表 低合金鋼用熔接棒

					フラックスの型式	姿	勢
E	7010	8010	9010	10010	高セルローズ	曹達	F.V.OH.H
E	7011	8011	9011	10011	高セルローズ	加里	F.V.OH.H
E	7013	8013	9013	10013	高チタニア	曹達	F.V.OH.H
E	7015	8015	9015	10015	高チタニア	加里	F.V.OH.H
E	7016	8016	9016	10016	低水素	加里	F.V.OH.H
E	7020	8020	9020	10020	高酸化	鐵	H-Fillets.F
E	7025	8025	9025	10025	低水素	曹達	H-Fillets.F
E	7026	8026	9026	10026	低水素	加里	H-Fillets.F
E	7030	8030	9030	10030	高酸化	鐵	F

の棒とよばれ、ある種の高抗張鋼と、高硫黄鋼の熔接は構造物をつけるよりも成功する。形の複雑なものは曲る恐れがある。

No.6 はフェライト棒とよばれ、高抗張力鋼（防弾鋼の如きもの）の熔接に用いられる。防弾鋼は以前はオーステナイト棒でつけていた。このフェライト棒はその代用として考えられたものであらう。

イギリスにも、この鉄鋼、軟鋼用熔接棒以外に各種の規格があると思うが、資料が入手出来ないので記述することが出来ない。

X. ステンレスの熔接棒⁶⁾

アメリカにステンレスの熔接棒の規格がある。要点を云えば、電氣的條件、作業姿勢による分類（第9表）と熔着金屬の性質による規定（第10表）の二つで決定されている。即ちステンレス用熔接棒の試験は（1）熔着金屬の化學分析、（2）隅肉熔接試験、（3）全熔着金屬の抗張試験の三つよりなる。

E308系（19-9）は19Cr-9Niが基準であるが、18Cr-8Ni、20Cr-10Niもこの系に入る。更にC%で低炭素（C<0.08）、高炭素（C<0.20%）の二系列に分けられる。用途は棒と同様の成分の母材の熔接である。E308、310、316、347、430、520のすべての棒と、その使用に適する母材との関係は同上規格⁶⁾の表Vにある。

E310系（25/20）は元來は25Cr-20Niのステンレスの熔接用であつたが、防弾鋼によく用いられ、熔着金屬が粘いので瞬間的衝撃に耐える。その他大型の高抗張力の調質鋼（Hardenable steel）の熔接に適當である。又、合板の熔接、18-8ステンレスを炭素鋼につぐのに用いられる。

E316系（18/12 Mo）は18Cr、12Ni、2Moは18-8 Moとも云われるが、18-12 Moという方が正しい。低合金の3~4% Mo合金とはちがう。二の系列は2% Moを含む共金の母材をつぐのに用いるが、時には

3% Moのものにも用いられる。又、特にMoがクリーブ抵抗をますので、耐熱鋼を熔接するのに用いられる。

E347系（19-9Cb）は、Cb又はTiで安定化（炭化物の析出を防止した）した同様の成分のNi-Crステンレスをつぐのに用いる。

E430系（16Cr）は、15~17% Crを含む。この棒でついで、熱処理を施さなくてはならない。主たる用途は棒と共金の母材をつぐことである。

E502系（4~6Cr Mo）は4~6% Crと0.5% Moを含み、一般に同一成分のパイプをつぐのに用いる。この合金は空気焼入性を有っているから、豫熱処理と、後熱処理は是非とも行はなくてはならない。

各々の系列中に、電氣條件と作業姿勢がことなるものが4種類づつ含まれているが、それらはフラックスの種類でコントロールするので、その規定は規格本文にはきまつていないが、附録に説明がある。即ち、Ni-Cr合金棒のフラックスは、軟鋼用の如くに標準化されていない。大體を云えば次の如くなる。

-15系統は、ライム型で、多量のカルシウム又は他アルカリ土金屬を含むフラックスのものである。

-16系統は、ライム型（又はチタニア型）で、イオン化が容易なように加里を含む。

-25系統はチタニア型のフラックス。

-26系統はチタニア型で加里を含むフラックス。

第9表

		分類	電流	作業姿勢
E308系 19Cr-9Ni	E308-15	D.C	} F.V.OH.H H-F.F	
	E308-16	A.C. or D.C		
	E308-25	D.C		
	E308-26	A.C. or D.C		
E310系 25Cr-20Ni	E310-15	D.C	} F.V.OH.H H.F.F.	
	E310-16	A.C. or D.C		
	E310-25	D.C		
	E310-26	A.C. or D.C		

E316 系 18Cr-12Ni +Mo	E316-15	D.C	} F.V.OH.H
	E316-16	A.C or D.C	
	E316-25	D.C	} H.F.F
	E316-26	A.C or D.C	
E347 系 19Cr-9Ni +Cb	E347-15	D.C	} F.V.OH.H
	E347-16	A.C or D.C	
	E347-25	D.C	} H.F.F
	E347-26	A.C or D.C	
E430 系 16Cr	E430-15	D.C	} F.V.OH.H
	E430-16	A.C or D.C	
	E430-25	D.C	} H.F.F
	E430-26	A.C or D.C	
E502 系 4-6 Cr +Mo	E502-15	D.C	} F.V.OH.H
	E502-16	A.C or D.C	
	E502-25	D.C	} H.F.H
	E502-26	A.C or D.C	

第 10 表 ステンレス溶接棒規格
(A.S.T.M. A-298-46T)

棒の 系列	熔着金属の化学成分						
	C (a)	Cr	Ni	Mn	Si	P	S
E308	≤0.08	>19.0	≤9.0	≤2.5	≤0.75	<0.040	<0.040
E310	≤0.20	>25.0	>20.0	≤2.5	≤0.75	〃	〃
E316	≤0.08	≥17.0	≥11.0	≤2.5	≤0.75	〃	〃
E347	≤0.08	≥18.0	≥9.0	≤2.5	≤0.80	〃	〃
E430	≤0.10	≥15.0	≤0.60	≤0.75	≤0.75	〃	〃
E502	≤0.10	40-6.0	≤0.90	≤0.75	≤0.75	〃	〃

- (a) C は 0.01% まで分析すること。
 (b) E316 系は Mo を 1.75~2.5% 含有すべし。
 (c) E47 系は Cb を C% の 10 倍以上、1.00% 以下含有すべし。
 (d) E502 系は Mo を 0.45~0.65% 含有すべし。

熔着金属の機械的性質

棒の系列	抗張力 Psi	伸% (2吋)	熱処理
E308	80000 以上	35 以上	なし
E310	80000	30	なし
E316	80000	30	なし
E347	80000	30	なし
E430	70000	20	a
E502	60000	20	b

- a) 試料を 1400~1450°F の間に加熱し、4 時間保持し、100°F/hr 以下の速度にて 1100°F 迄爐中冷却し、更に空气中冷却すべし。
 b) 試料を 1550~1600°F の間に加熱し、2 時間保持し、100°F/hr 以下の速度にて 1100°F 迄爐冷し、更に空气中冷却すべし。

XI. 低水素系フラックス

アメリカの E6015, E6016 の棒は低水素系といはれるが、その E6015 のフラックスは、炭酸ソーダ、炭酸カルシウムを含み、E6016 は硅酸加里等の加里鹽を含んでいる。

イギリスの No.6 の低水素棒は炭酸カルシウムと螢石を含むと書いてある。

低水素系は防弾鋼の如き合金鋼をつぐのに用いられる。面白い棒であるのでフラックスの説明を附記する。ステンレス用棒の EXXX-15 は軟鋼の EXX-15 に、EXXX-16 は EXX-16 と同一系統のフラックスを使用している譯である。

XII. 特殊ステンレス溶接棒

最近ビニール工業の發達に伴い、ステンレス容器の溶接部の腐蝕が問題となり、それを溶接する棒が問題となつた。著者たちは、日本金属と協力して、これに關して詳細な實驗を行つて發表している。最も激しく蝕れるアルデヒド、共硝、硫酸の混合液の沸騰液に對しては、Ni-Cr-Mo-Cu を含有した溶接棒が良いことが分り、溶接後の熱処理も効果のあることが認められた。

終りに臨み貴重な資料を貸與され、種々御教示を給はつた機械試験所の稻垣良穂、伊東裕光兩氏に感謝する。

(昭和 26 年 8 月寄稿)

文 献

- 1) 三橋：機械試験所所報，2 卷 2 號
- 2) 佐々木：溶接界，3 卷 1 號 (1951) 39
- 3) A. W. S. 及び A. S. T. M Tentative Specifications for mild steel arc-welding electrodes Appendix part II (1948)
- 4) A. W. S.; A. S. T. M.; Tentative specifications for low alloy steel arc-welding electrodes (1948)
- 5) The British electrical and allied manufacturers' association (INC): British electrode classification (1949)
- 6) A. S. T. M.: Tentative specification for corrosion-resisting chromium and chromium-nickel steel welding electrodes. (1946)
- 7) 三橋，上野，今井，荻原：「不銹鋼溶接部の腐蝕について」「機械試験所所報」5 卷 6 號