

のガスは熔剤の少量を含んでおり、鏝及び母材を加熱するに際し、火焰中に於てこれが燃焼するのである。熔剤はアルコールに可溶のものであり、メタルポーレイド等は周知の処である。

高亜鉛黄銅棒等には熔剤被覆を行っておくと便利である。一々棒端を熔剤中につける必要がない。この被覆熔剤は棒のみでなく、母材金属をも保護する役目を持つのであるから、優秀な鏝接部を得るためには矢張り母材の方へも熔剤を塗布しておく方がよい。

鏝接の利点の一は鏝自身の融点が低いことであり、熔剤はその鏝の融点に於て液化し、且酸化物を除去する化学作用の強いことが必要である。

熔剤が鏝接成績に影響する所は極めて多く、例えば同じ組成の鏝材でも熔剤の種類をかえることにより成績の著しく異なる場合がある。鏝接用熔剤に対する研究は単に自動車鏝接に止らず総ての鏝接作業に対して重要視されるべきである。

最近の熔接棒について

神戸製鋼所研究部次長 永 井 信 雄

神戸製鋼所日高工場研究課 矢 野 要

(岡田教授紹介)

緒 言

熔接の目的は接合した母材が完全に一つのものと見做し得る様にすることが理想とされていることは何人も疑う所がないであろう。我が国の状況では軟鋼母材に対して上の要求を最もよく満すのは被覆電弧熔接棒を用いる熔接であり、近年熔接の重要性が認められて来たのはそれ等の棒による熔着金属が漸次理想のものに接近しつつあるためであると断定しても差支えないであろう。従来我が国に於いて行われて来た電弧熔接は一種類の熔接棒を種々な軟鋼母材の種々な目的に対して使用しようとしたものであつた。勿論一種類の熔接棒があらゆる用途を満足させるのは理想であるけれども母材の性質が異なりその使用目的が異なれば熔接部に要求される性質も違つて来るから、このことは不可能である。例えば高压容器を熔接する場合は熔込の大きい高度の靱性を有する熔着金属が必要であり、薄板を熔接する場合は強度はさして問題なく、熔込の少い美麗な外観を必要とする。且つ用途によつては堅向上向の熔接を行わねばならない場合も生ずる。大体に於いて、これ等の目的を悉く満足させることは困難であるので、一つの要求を高度に満足させるためには他の要求をある程度犠牲にしなければならない。最近熔接棒の進歩と共に被覆に種々の工夫がなされて居り、それぞれの使用目的に適応する様に考えられて来た。使用者の方でも当然その使用目的によつて、異なる熔接棒を採用しなければならない。米国欧州に於いては戦時中既に異なる特性を有する多数の熔接棒が工夫さ

れて居り使用者がこれ等の棒をその使用目的によつて選択するのに便利を図るため熔接棒の分類の規格を定めた。これは、a) 作業性 b) 被覆の型 c) 熔着金属の性質の3点によつて、棒を分類しようとするものである。我が国に於いても棒の種類が増加するに従つて、戦後米国の規格に準えて熔接棒の分類が日本工業規格(J. I. S.) に規定された。又同時に熔接棒の芯線の規格も併せて規定された。こゝにおいて纏つて日本の市販の熔接棒の実態を眺めて現在の米国・欧州などの外国棒を参考にしながら最近の熔接棒について考えてみたいと思う。本報は主として日本において一番需要の大きい軟鋼用電弧熔接棒について述べ、低合金鋼用熔接棒、高合金鋼用熔接棒ならびに Hard Facing 用熔接棒については簡単な記述に留めることとする。

1. 軟鋼用電弧熔接棒の概観

1. 熔接棒の發達

われわれの住んでいる周囲には必ず空気が存在する。空気の組成は窒素が約その殆どを占め残部の殆どは酸素である。そもそも電弧熔接というものは空気の中のごく短い時間に電弧の高熱で芯線および母材の一部を熔かして鑄物のように鑄造する作業であるから、空気の影響が大で空気中の窒素や酸素が熔着金属に浸入してくる機会が多い。この浸入度を制限するために被覆電弧熔接棒なるものが発達し、裸熔接棒から薄被覆熔接棒、厚被覆熔接棒への段階を辿つた。最近内容的には強脱酸性のガスシールド熔接棒、スラグシールド熔接棒が考えられて酸素

窒素の点においては一応解決された。その結果第1表のごとく酸素窒素の点においてはリムド鋼の Gas-content に近づくことができた。こゝにおいて最近問題になつて

第1表 代表的なリムド鋼と熔着金属との gas-contents の比較

Gas content	H ₂ (c. c. / gr.)			
	O ₂ %	N ₂ %		
リムド鋼	0.020	0.005	0.005	
熔着金属	0.032	0.010	0.200	ガス・シールド型
	0.110	0.025	0.150	イルミナイト型
	0.053	0.018	0.225	チタニヤ型

きたのは熔着金属中の水素含有量がリムド鋼に比して非常に大なることで第1表に示せるごとくあまり急冷されない条件にて数十倍の大きさに達している。よつて軟鋼用の熔接棒においても1945年頃熔着金属に水素含有量が低い所謂低水素型熔接棒の出現が促され、一躍水素の問題が熔接部に Close up されてきたわけである。熔接部に起るすべての欠陥は多かれ少なかれ程度の差はあつても直接的間接的に水素がその原因の一翼を担つているといわれている。しかしながら真の低水素型熔接棒は作業性の点において従来の熔接棒に比して難点が多々あるので従来の熔接棒の中でも、特に水素含有量はあつてもその水素の害毒の少ないものを選択しなければならない現状である。最近作業性(特に熔接姿勢、ビード外観)に重きを置いた熔接棒が盛んにつくられ、市場に出ているが一般にこれらの棒は水素含有量が大きく、又その水素の熔着金属に及ぼす害毒は大である。特にこれらの棒を拘束された急冷され易い構造物に使用すると水素の影響は大となりビード割れ、線状組織などを生じ延伸率が低下する。この水素影響敏感度も後述する熔接棒規格の同

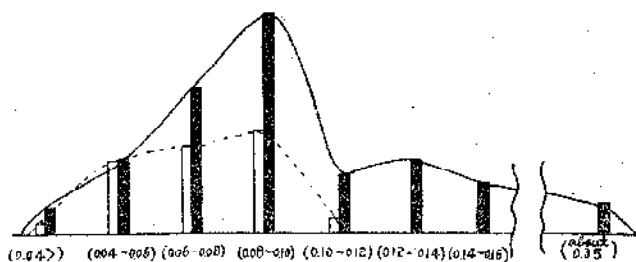
第2表 芯線のJ. I. S. 規格

種別	記号	化学成分%					
		C	Si	Mn	P	S	Cu
被覆電弧熔接棒芯線1種	SWY1	0.10 以下	0.03 以下	0.35 ~0.65	0.020 以下	0.025 以下	0.20 以下
"	2種	0.10 以下	0.03 以下	0.30 ~0.60	0.030 以下	0.030 以下	0.30 以下
"	3種	0.10 ~0.15	0.03 以下	0.30 ~0.60	0.030 以下	0.030 以下	0.030 以下

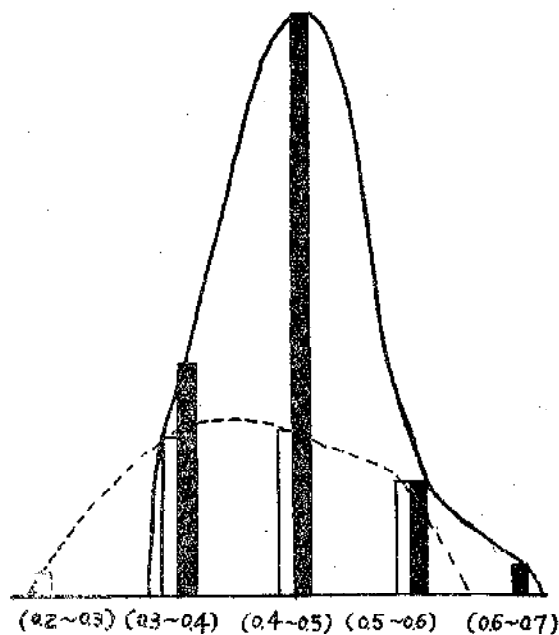
じ型にても相当なる差異が存在し表面的な規格分類では判別できないものが存在する。次に米欧州などの外国棒50種類、国内棒20種類ばかりについて調査した結果をまとめて現在の熔接棒規格を検討してみたいと思う。そして熔接作業に携わる技術者の参考に供し又熔接棒選択の指針としたい。

2. 熔接棒芯線

第2表は日本における熔接棒芯線の J. I. S. 規格である。外国においては芯線の規格は見当たらない。第1図

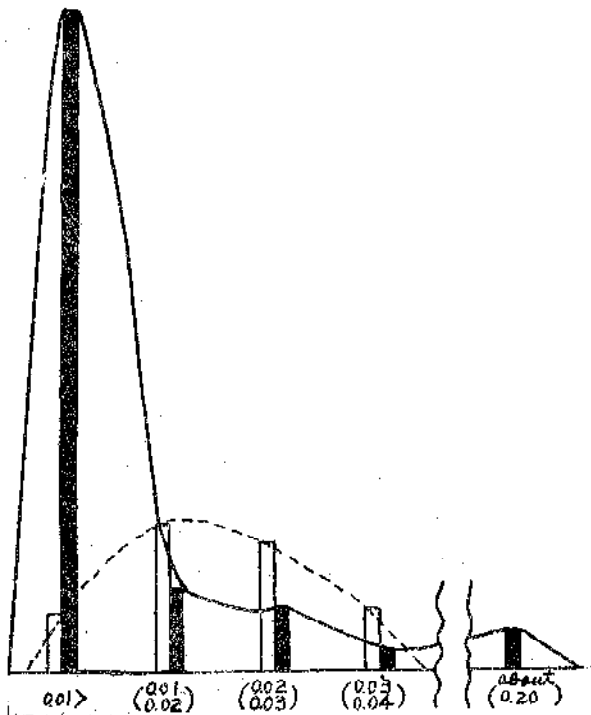


第1図 芯線中のC%分布状態

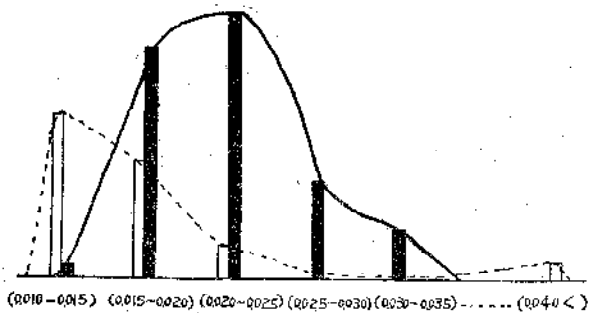


第2図 芯線中のMn%の分布状態

第2図、第3図、第4図および第5図はそれぞれ芯線中の C, Mn, Si, S および Cu の分布状態である。実線は外国棒、点線は国内棒の芯線の分布状態を示す。これらを眺めると日本規格の一種・二種にてはC量は一応0.10%以下に抑えているが外国棒は相当量0.1%を上廻っているものがある。Mn量は略外国棒と同様である。Si量は日本の芯線は相当低くなつている。この点は喜ばしいこと



第 3 図
芯線中の Si% の分布状態

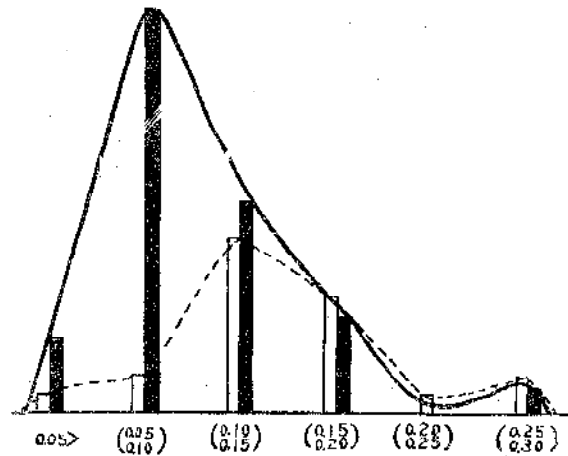


第 4 図
芯線中の S% の分布状態

である。Cu 量 については俄然日本の芯線が大となつて
いる。しかしながら最近の日本芯線は一応規格内に収つ
ている。そもそも溶接棒は芯線の物理的・化学的性質、機

第 3 表 芯線と溶着金属との間の化学成分の平衡関係

flux type		化 学 成 分 (%)				
		C	Mn	Si	S	Cu
E 6200	Rod	0.32	0.60	0.01	0.024	0.05
	depo.	0.07	0.29	0.17	0.023	0.06
D 4300	Rod	0.07	0.12	0.06	0.020	0.21
	depo.	0.11	0.32	0.10	0.019	0.22
D 4300	Rod	0.20	1.78	0.04	0.012	0.05
	depo.	0.10	0.61	0.09	0.014	0.06



第 5 図
芯線中の Cu% の分布状態

械的性質が必要であるのではなくしてその溶接棒を使用
した時の溶着金属のそれが問題となるのであるからその
溶接棒の溶着金属の性質のみを規定すればよいのであ
る。さて第 3 表に示せるごとく芯線中の C, Mn, Si など
の%はフラックスの型によつては溶着金属にそのまま移
行されないが、S, Cu などはフラックスの型によつて簡
単に移行を抑制することができないので大体芯線の成分
%のまま移行される。因つて芯線中の Cu, S, (P) など
は溶着金属の性質を規定する一つの因子になるが C, Mn,
Si などは因子とはならないので溶接棒の芯線規格とし
て挿入する必要がないことは外国棒の調査、実験デー
タから眺めてもうなづかれるであろう。

3. 被覆型の系統

第 4 表は現今における各国の溶接棒分類規格の比較で
ある。第 6 図、第 7 図および第 8 図はそれぞれ日本、米
国および欧州における溶接棒分類の需要の分割を示した
ものである。これ等を眺めて注目すべきことは米国にお
いてはガスシールド溶接棒が大半を占め日本においては
イルミナイト溶接棒が 90% 以上を占めていることであ
る。欧州においてはガスシールド溶接棒は少く日本とそ
の点はよく似通つているがスラグシールド溶接棒は
イルミナイト溶接棒のみではなくその他の種々な被
覆型の溶接棒を使い分けている。この日本の分類別
需要比率は又日本の溶接作業に携わる技術者の水準
を示しているものとも考えられる。云い換えれば日
本の溶接作業の合理化が未だしの域にあると考えら
れるわけである。そこで溶接技術者としては尠くとも
分類上に規定してある溶接棒の特性すなわち、作
業性、溶着金属の機械的性質は充分理解される必要
があるがこの分類上の詳細なる説明は本紙 1951—10

第 4 表 現今に於ける各國の熔接棒分類・規格の比較

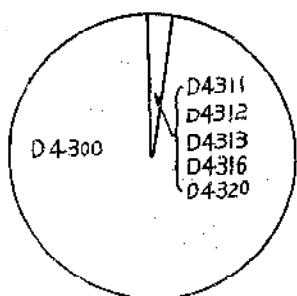
被覆の系統 (coating)	B. E. A. M. A. (英国) class No.	A. S. T. M. (米國) class No.	T. I. S. (G3523) (日本) class No.
高セルロース型 (High cellulose type)	E1XXP ▲ ●	E6010 ● E6011 ●	D4310 ● D4311 ●
高酸化チタン型 (High titania type)	E2XX ● E3XX ●	E6013 ● E6012 ●	D4313 ● D4312 ●
高酸化鉄型 (High iron oxide type)	E4XX ▲ ● E5XX ●	E6020 ● E6030 ●	D4320 ● D4330 ●
高石灰型 (High lime basic type)	E6XX ●	E6015 ● E6016 ●	D4315 ● D4316 ●
其の他の型 (etc. type)	E9XX ●	D4300 ●

●印は all position 用として全部若しくは一部の type のものが使用可能であることを示す。

▲印は Deep penetration 用として全部若しくは一部の type のものが使用可能であることを示す。

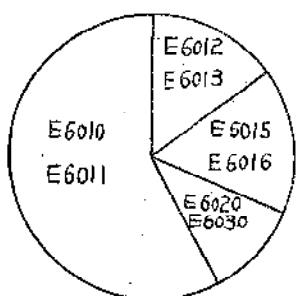
合市販の熔接棒は非常に range が廣く同じ規格のものでも優劣が存在する。何故ならば米國における titania 型と iron oxide 型とを併せ持つたような型であるからである。

一体理想的なる熔接棒とは要約すると最悪の熔接条件においても as weld において常に一定の強度を確保し、出来上つた熔接部に何等の欠陥をも残さないところの熔接棒の謂であると考えてよからう。熔接作業において最悪条件とは接手が拘束され而も冷却速度の大なる場合(例えば冬季、厚板の大きな構造物を熔接する場合)である。実際においてははかくのごとき理想的な熔接棒は考えられないが



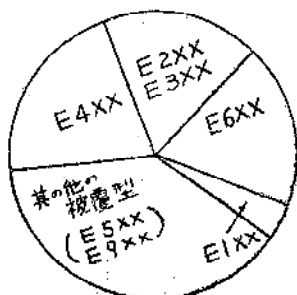
第 6 図

日本における熔接棒分類別需要比率



第 7 図

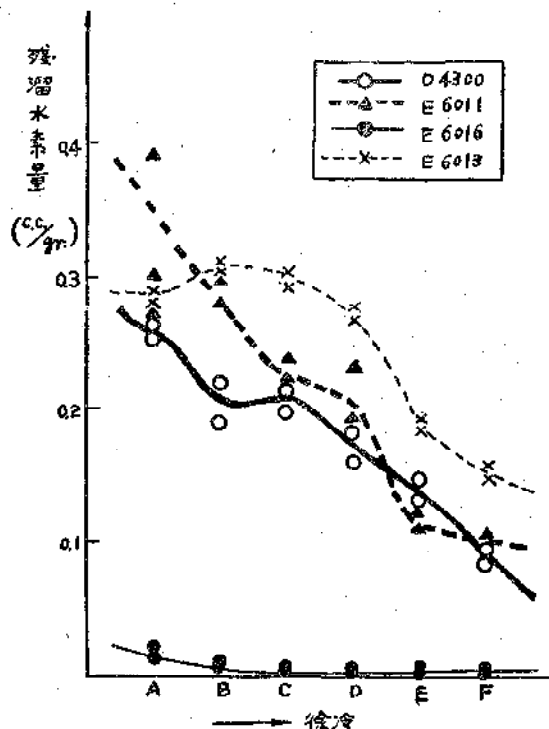
米國における熔接棒分類別需要比率



第 8 図

欧州における熔接棒分類別需要比率

D4300 のごとく被覆の型を規定しないものの分類には便利である。現実として D4300 はイルミナイト型の被覆型に限定しているがこの型は冶金的な熔接性よりみたる場



第 9 図

熔接方法と熔着金属の残溜水素との関係 (熔接方法)

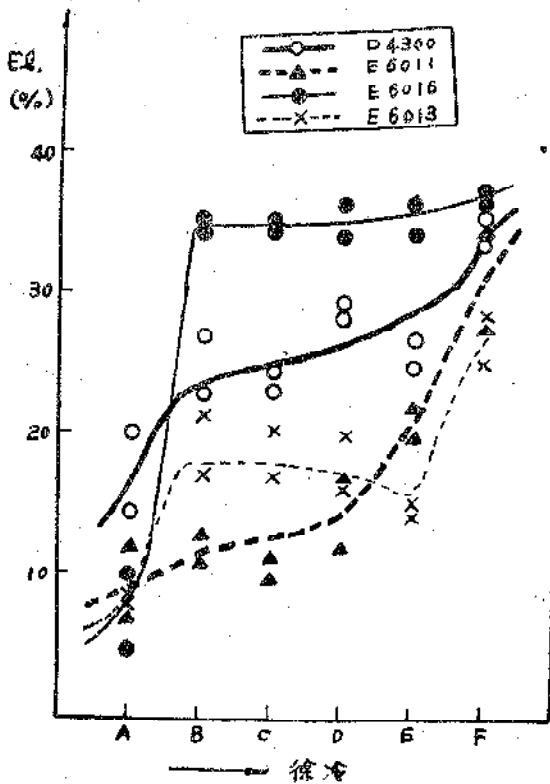
- A: 当金水冷熔接
- B: 一層熔接 5 秒後沸騰水に 5 分間冷却し繰返し熔接す
- C: // 20 秒後 //
- D: // 60 秒後 //
- E: // 5 秒後 //
- F: 連続熔接

第 5 表 熔着金属の急冷と徐冷とにおける諸因子の比較

		Deposit の化学分析値%						$\frac{(\text{O}_2) \text{ Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2}{\text{solid SiO}_2} \times 100$ $\frac{(\text{O}_2) \text{ weld metal}}{(\%)} (\%)$	Total O ₂ (%)	non-diffusible H ₂ (c.c./gr)
		C	Mn	Si	P	S	N			
D4300	A	0.09	0.42	0.07	0.025	0.014	0.012	2.15	0.133	0.283
	F	0.09	0.38	0.06	0.032	0.015	0.014	2.50	0.105	0.257
D4311	A	0.08	0.37	0.17	0.014	0.020	0.015	31.10	0.076	0.091
	F	0.09	0.36	0.15	0.016	0.020	0.019	41.85	0.060	0.088
D4313	A	0.10	0.70	0.43	0.014	0.016	0.012	24.00	0.063	0.288
	F	0.10	0.65	0.39	0.015	0.015	0.011	29.80	0.065	0.286
D4316	A	0.10	0.80	0.28	0.018	0.013	0.014	10.20	0.051	0.155
	F	0.09	0.75	0.26	0.017	0.014	0.014	14.80	0.041	0.163

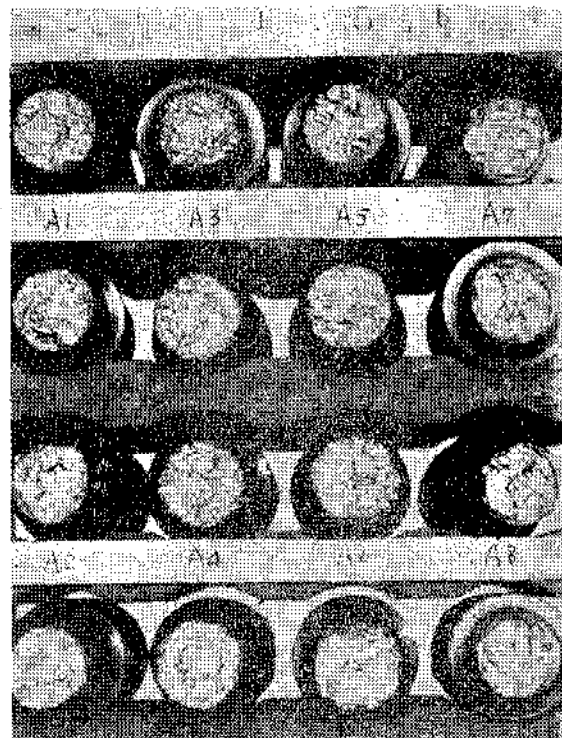
可及的にこのような熔接条件に対してもより安定なる熔接棒が撰択せられなければならない。この意味において現今の異なつた代表的な熔接棒4種について冷却速度の変化による熔着金属の性質を調査した結果は第9図、第10図および第5表のごとくである。A, B, C, D, E, Fは熔接方法の種類を示し順次冷却速度は遅くつて徐冷されている。熔着金属の残留水素量は第9図のごとく急冷される程大となつてゐる。それと対称的に熔着金属の伸びは水素量が大となるに従つて減少してゐる。四者共に

Fの連続熔接の場合は良好でありあまり差は認められない。すなわちFの条件とは熔接棒の良否の判定のためによく用いられる試験片の熔接の場合であつて、実際の現場の構造物の熔接においてはもつと急冷され易い条件にあるわけである。故に熔接棒の判定に連続熔接の結果を以て速断することは慎まなければならない。第10図において D6016 はAの場合を除いては伸びは急冷の如何に拘らず一定である。これは第9図のごとく低水素型であ



第 10 図

熔接方法と熔着金属の延伸率との関係

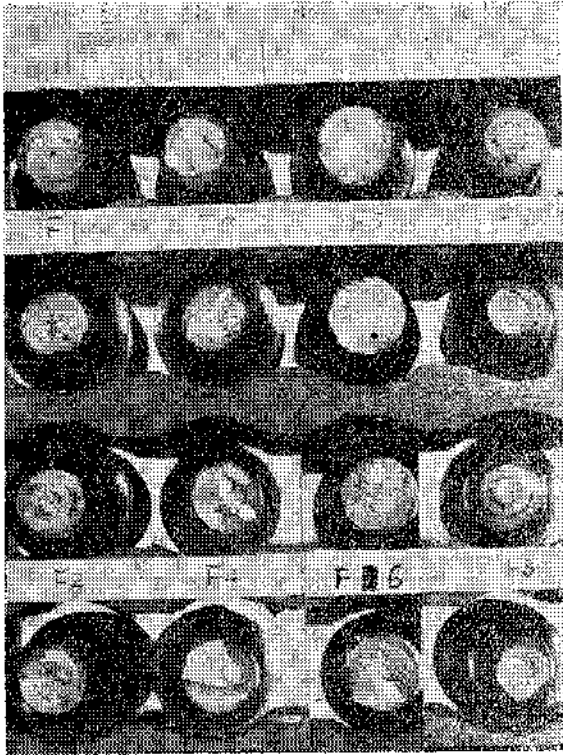


写 真 1

急冷による引張試験片の破断面

A...当金水冷熔接法
 { A 1, A 2 ... D4300
 { A 3, A 4 ... D4311
 { A 5, A 6 ... D4313
 { A 7, A 8 ... D4316

つて水素量の低いことによつて熔着金属中に水素による銀点、Fisheye などの欠陥を生じないためである写真 1、写真 2 はそれぞれ当金水冷、連続熔接の抗張力試片断

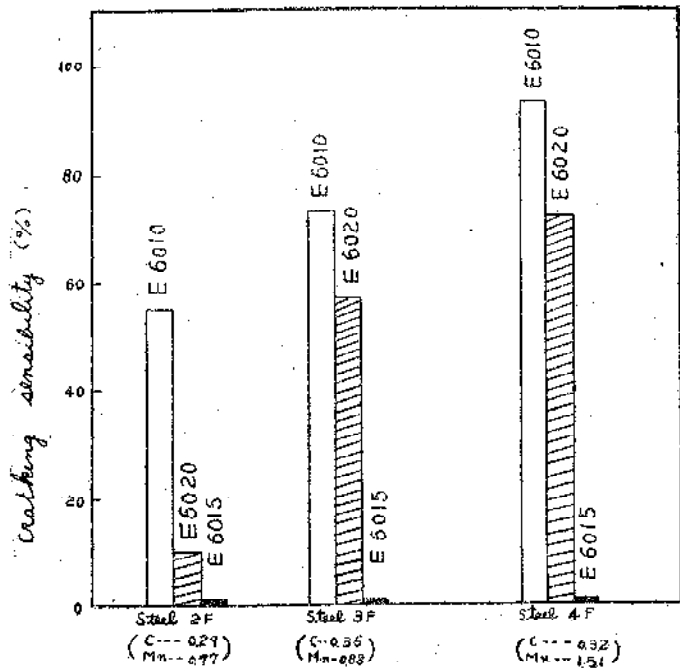


写 真 2

徐冷による引張試験片の破断面

F 連続熔接法

F 1, F 2 ... D4300
F 3, F 4 ... D4311
F 5, F 6 ... D4313
F 7, F 8 ... D4316



第 11 図

熔接棒種別による各種鋼板の龜裂敏感度

面を示す。明らかに A の場合には水素による欠陥が生じているのが窺われる。勿論水素量が大であればある程水素による欠陥が生じ易いことは考えられるが銀点、Fisheye の生成には水素量とともに非金属介在物の存在が必要であることが指摘されている。この核となるべき非金属介在物を第 5 表に徴して考えてみると著者等が熔接学会誌第 21 卷第 5、6、7 号において発表したごとく次の様に考察される。すなわち核となるべき非金属介在物は耐火性非金属介在物であり又その水素影響を助長せしめるものはその耐火性非金属介在物の絶対量でなくてその耐火性非金属介在物が Total oxide inclusion の中において占める % であると考えられる。このことを実験値と酸素量の型に換算して具体的に表示すると次のごとくである。

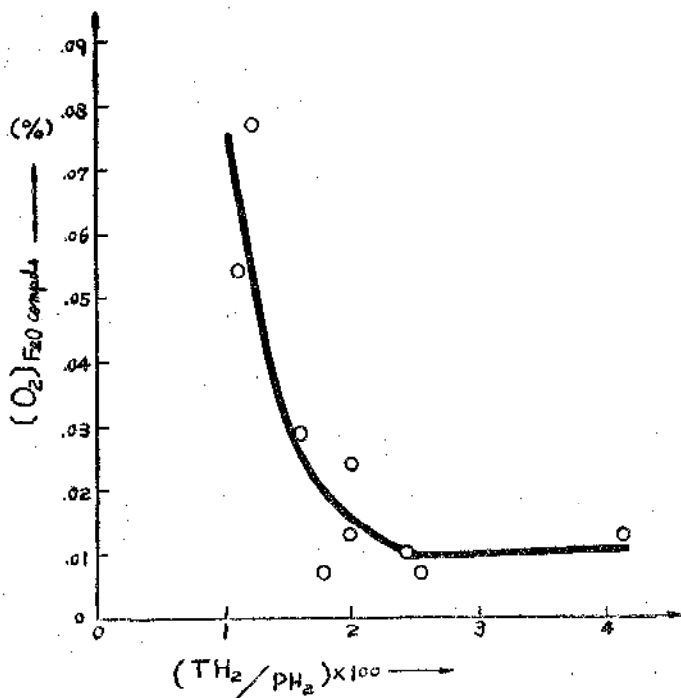
$$H\% = \frac{\left(\frac{\text{耐火性非金属介在物の酸素量}}{\text{熔着金属の酸素量}} \right) \times 100}{\left(\frac{[O_2] Al_2O_3 + TiO_2 + \text{solid SiO}_2}{[O_2] \text{weld metal}} \right) \times 100} \times 100 = H\%$$

この H% が大であれば水素の影響を助長せしめるように思われる。第 5 表によつてこの % の大なる順に並べると四者の順列は

ガスシールド型 > チタニヤ型 > (低水素型) > イルミナイト型

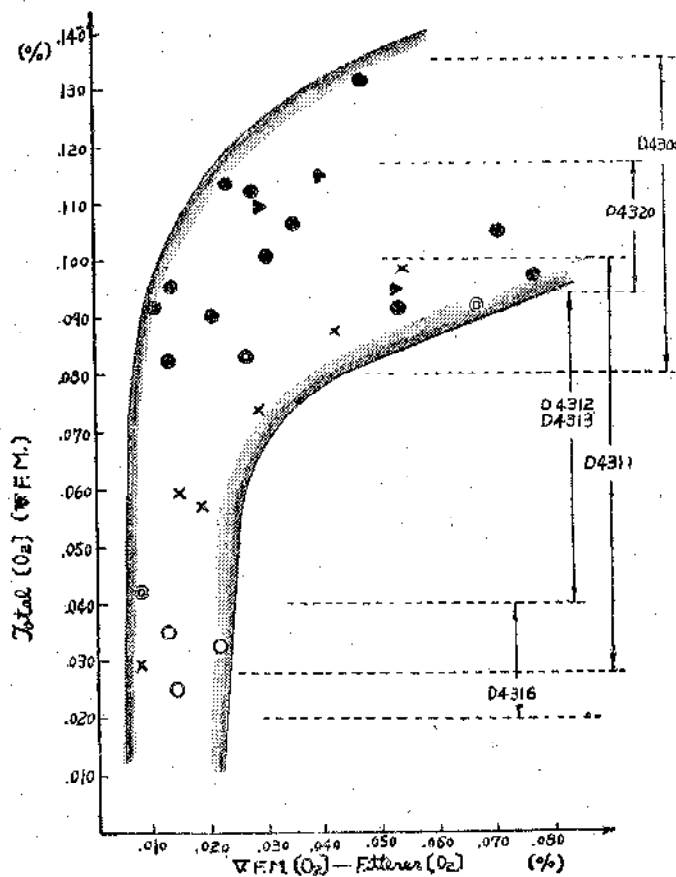
のごとくなる。この中で低水素型は低水素量であるから特別扱いをしなければならない。この H% は急冷時 (

A は除く) の延伸率と反比例している。又水素が関与する亀裂敏感度においてもこのことが言えると思う。第 11 図はその亀裂敏感度の試験の結果であるが、H% の理論を裏づけるデータである。因みに図中の E 6010 はガスシールド型であり E 6020 は第 9 図にて試験に供したイルミナイト型の熔接棒とよく似た型の熔接棒である。勿論低水素型のものであればこの H% の大なることはそれ程問題ではないが低水素型でなければ多かれ少なかれ相当量の水素が浸入するわけであるからこの場合可及的に水素溶解量を減少せしめるにはどのような型の熔接棒を選ぶべきであるかが問題であろう。一般に熔着金属中の水素溶解量を減少せしめるためには第 12 図に示せるごとく FeO 系の oxide inclusion を増大せしめることによつて得られる。然らば FeO 系の oxide inclusion を増大せしめるためには如何にすればよいか。それは第 13 図に示すように熔着金属中の Total O₂ を大にすれば得られることとなる。図中に示すごとく



第 12 図 熔着金属における酸素と水素との関係

$(\text{TH}_2/\text{PH}_2) \dots \frac{\text{Total Hydrogen (c.c./gr.)}}{\text{芯線 1 gr. 当りの Potential Hydrogen (c.c./gr.)}}$
 $(\text{O}_2) \text{FeO compds} \dots (\text{Total } [\text{O}_2] \dots \text{Fitterer residual method } [\text{O}_2])$



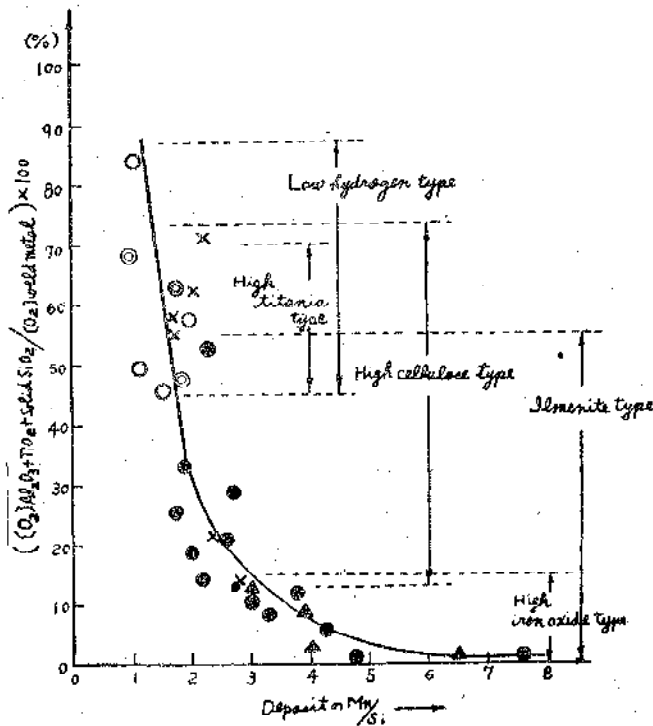
(FeO系 Oxide inclusion の O_2)

第 13 図 各種熔接棒の Total O_2 と FeO 系非金属介在物の O_2 との関係
 ●..... D4300 ▲..... D4320
 x..... D4311 ○..... D4316 ◎..... D4312, D4313

D4300, D4320 は FeO 系の oxide inclusion 含有量が割合に大で D4313, D4311 は比較的小である。

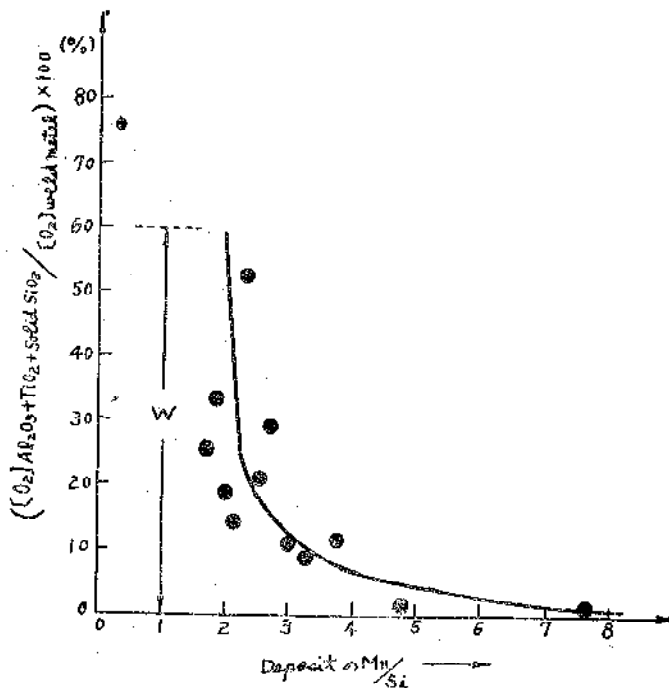
所でこの H% の値が大である低水素型以外の熔接棒であれば水素の影響を受け易いのであるが現在の市販の熔接棒はこの H% の値がどのような分布状態にあるかを check して第 14 図のごときものを得ることができた。横軸には熔着金属の Mn/Si の値を採用した。この結果を眺めると H% の値の分布状態は相当広い range に亘つて居り低水素型、高酸化チタン型および高セルローズ型は高く、イルミナイト型、高酸化鉄型は低くなっている。特に D4300 (イルミナイト型) について考えるために第 15 図にこの型のもののみを取録してみた。これを眺めると同じイルミナイト型の棒においても H% の値の range は相当異なることを示している。上限は高酸化鉄型の型の領域に侵入している。換言すれば同じイルミナイト型の熔接棒にしても高酸化チタン型のものあり、又高酸化鉄型のものありという風に考えられる。イルミナイト型の場合が一番 H% の値の range が大であるとはいふもののその他の型の場合にも多かれ少なかれ云えることである。故に前にも述べたように被覆型のタイプのみによつてその熔接棒の熔接性を決定するのは尙早であるといふことができる。尙 H% の値の大まかな線を決するためには第 14 図にみられるごとく熔着金属中の Mn/Si の値を計算すれば一応見当がつくわけである。第 16 図は市販の熔接棒の熔着金属中の Mn/Si の分布状態を示したものである。実線は外国産、点線は日本の国内産である。この値には相当の range があるので熔接棒の選択には特に注意しなければならない。

最近において熔接作業の高速化のため手熔接においても消金的な熔接性(特に亀裂感度)の問題には逆行する点もなきにしもあらずであるが大径棒、Deep penetration 用の熔接棒が close up されている。大径棒としては高酸化鉄型と高酸化チタン型との二種類の被覆型が用いられている。前者は機械的性質に重きを置き後者はビード外觀に重きを置いている。Deep penetration 用の熔接棒にはガスシールド型と高酸化鉄型とが挙げられる。



第 14 図 各種熔接棒の熔着金属の耐火性非金属
介在物と Mn/Si との関係

- x.....High cellulose type
- ⊙..... // titania //
-Low hydrogen //
-Ilmenite //
- ▲.....High iron oxide //



第 15 図 D4300 系熔接棒の熔着金属の耐火性非
金属介在物 (Ilmenite) と Mn/Si との関係

特に美国の規格は第 4 表のごとく規格番号の最後に P なる符号を付して認定している。美国規格における隅肉熔接の深熔込の認定試験の熔込の深さは $1/4''\phi$ の熔接棒を使用して第 17 図に示せるごとくである。特に高酸化鉄型の深熔込のための熔接電流、運棒法などは第 6 表のごとくで、出来上つた熔接部の熔込状態は写真 3 の (船) 300—D のごとくであり熔込の測定結果は第 6 表のごとくである。因

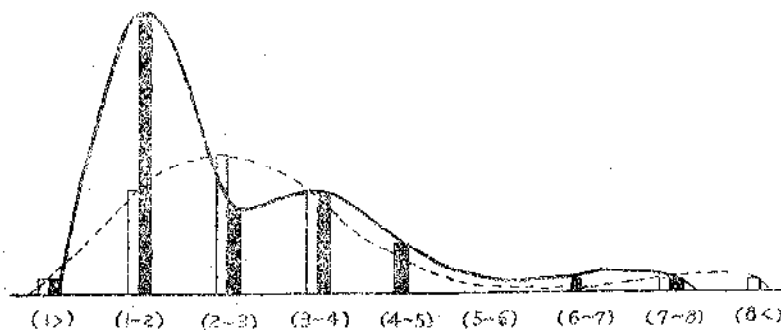
第 6 表 深熔込の熔接条件とその結果

符 号	電 流 (Amp)	保 持 角 度	
		熔 接 線 ニ 対 シ テ ($^{\circ}$)	母 材 ニ 対 シ テ ($^{\circ}$)
船 280	280	80	60
船 300	300	45	45
ビード長さ 消費棒の長さ 30 cm (cm)		喉 厚 (in.)	熔 込 (in.)
	22.4	17/64	0
	24.2	20/64	3.5/32

みに写真、第 6 表中の (船) 280 は現在まで一般に用いられてきた普通の運棒法の場合である。

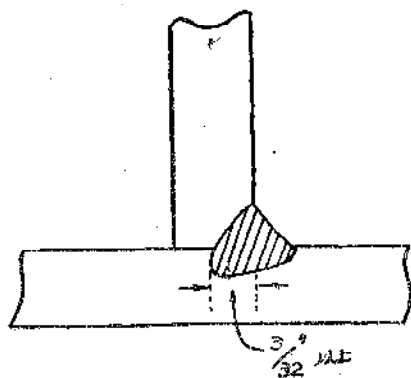
4. 冶金學的な Weldability

前にも述べたように日本においては D4300 (イルミナイト型) が約 90% 以上も使用され特にこの型の熔接棒の H% の range が大であるため同規格内の熔接棒にも著しい差異を生ずることがある。又一面このことは日本においては D4300 の棒にて all position の熔接を行うために作業性の点から考えて H% に相当の range を持たすことが熔接作業には好ましい場合があるがこれも次に示す規格私案によつて使い別けると尚一層効果的である。現今の熔接棒規格は被覆の系統、作業性に重点を置いた分類を試みているが、ここでは前にも説明したように熔着金属の内容的な一連の関係を被覆型に拘泥せず H% によつて分類することを提案する。第 7 表は冶金學的な weldability よりみたる熔接棒分類の私案である。



第 16 図

熔接金属中の Mn/Si の分布状態



第 17 図

深熔込： 閉肉熔接

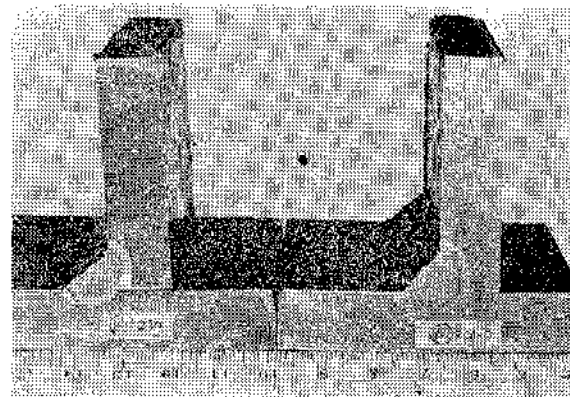


写真 3

閉肉熔接の比較

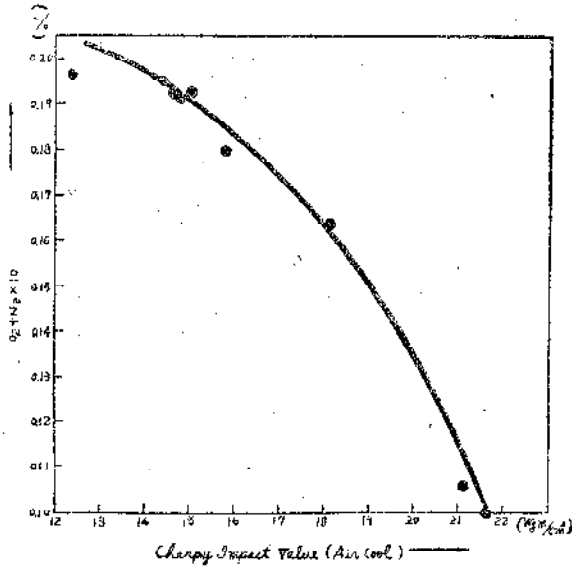
第 7 表 冶金学的な weldability よりみたる熔接棒の分類の私案

class No.	[O ₂] Al ₂ O ₃ + TiO ₂ + solid SiO ₂ × 100		Total [O ₂] (%)	水素含有程度	抗張力 (kg/mm ²)	降伏点 (kg/mm ²)	伸長率 (C.T. 2") (%)	シャルピー kgm/cm ²	備考	A. S. T. M., J. I. S. 並びに B. E. A. M. A. の規格における該当熔接棒
	[O ₂] total	(%)								
H01Xx	5 >	0.15 >	有	44	37	25	9			E 6020, E 4XX, E 6030, D 4320, D 4330
H02Xx	5 >	0.15~0.20	若しくは低水素	35	—	10	6	特殊棒		E 5XX, E 4520
H03Xx	5 >	0.20 <	有	35	—	5	—	特殊棒		E 4510, D 3500
H10Xx	5 ~ 10	—	有	44	37	25	9			E 6020, D 4320, E 4XX, D 4300
H20Xx	10 ~ 20	—	有	44	37	22	9			
H30Xx	20 ~ 30	—	有	44	37	22	9			
H40Xx	30 ~ 40	—	有	44	37	22	9			E 6XX, E 6010, E 6011, D 4310, D 4311
H50Xx	50 >	—	低水素	48	39	25	15	使用前の吸湿% < 1%		E 6XX, E 6015, D 4315, D 4316, E 2XX, E 3XX, E 6012, E 6013, D 4312, D 4313
H60Xx	40 ~ 60	—	有	48	39	17	9			
H70Xx	50 <	—	低水素	48	39	25	9	使用前の吸湿% < 0.5%		E 6XX, E 6015, D 4315, D 4316
H80Xx	60 ~ 80	—	有	48	39	17	9			
H90Xx	80 <	—	有	48	39	17	9			

X……熔接姿勢を表示する数字を代入する x……交流、直流および極性を表示する数字を代入する

●……低水素型熔接棒

となる時は低水素型ではなくなるので、6の数字が示す程度の熔接性の所にあることとなる。百位の数字は熔着金属の Total O₂ の%の小数点下一位の数字を示し0の数字は Total O₂ の% は規定しないことを示す。十位、一位の数字は夫々熔接姿勢、電流の極性を示すこととする。HOXXX において HO1XX, HO2XX および



第 18 図

熔着金属中の酸素窒素と衝撃値との関係

HO3XX の三種類に分類したのは Total O₂ を変化せしめるためである。三者共に熔接性の点においては別に問題はないのであるが HO2XX, HO3XX のごとく Total O₂ が増大してくると第18図の実験結果のように衝撃値が低下するので HO1XX と分離したわけである。勿論各規格番号に合格した熔接棒は左側に表示した機械的性質を具備しなければならない。このように分離すると D4300 の棒は相当多くの規格に分類され合理的に熔接性、作業性に依りて使用別けすることが可能性となり現今の市販のイルミナイト型の熔接棒の中においても使い別けすることができる。規格の最右翼に参考のために掲げたように勿論現在の軟鋼用の市販の熔接棒を全部科学的に網羅することができるわけである。

II 合金鋼用熔接棒の概観

1. 低合金鋼用熔接棒

構造用として使用され熔接される鋼材は軟鋼材ばかりではなく中炭素鋼、高炭素鋼、Ducol 鋼、Mn 鋼および Cr-Mo 鋼等々低合金鋼においても多種多様に亘つて居る。これ等の鋼材は物理化学的性質において軟鋼材に比して特別な性質を備えて居り従つてこれらの鋼材を熔接した場合、熔接部がそれらの母材と同様な性質を有せね

ばならないことは言を俟たない。これらの鋼材の熔接は熔着金属の性質が問題になるのは勿論であるが、熔接する場合の母材の熔接性など種々の問題が惹起するので熔接にあつては施工方法と熔接棒には十分なる注意を必要とするのである。

a. 低合金鋼用熔接棒の分類

低合金鋼用熔接棒にも軟鋼同様の被覆の型があり、その分類規格は米国では第8表のごとく定められている。

第8表 低合金鋼用熔接棒の分類 (A. S. T. M.)

分類番号	被覆型	熔接姿勢	電流, 極性
E X X 10	高セルローズ	F, V, OH, H	D.C., 逆 A.C., D.C., 逆
" 11			
" 13	酸化ナタン	F, V, OH, H	A.C., D.C., 正
" 15	低水素	F, V, OH, H	D.C., 逆 A.C., D.C., 逆
" 16			
" 20	高酸化鉄	F, H-fil	A.C., D.C., 正逆
" 25	低水素	F, H-fil	D.C., 逆 A.C., D.C., 逆
" 26			
" 30	高酸化鉄	F	A.C., D.C., 正逆

すなわち低合金鋼用熔接棒では抗張力と被覆型によつて分類し熔着金属の成分については何等規定をしていない。抗張力の方の分類としては 70000 lb/in², 80000 lb/in², 90000 lb/in² および 100000 lb/in² の4段階に分けている。

b. 二・三の低合金鋼とその熔接棒

① 中・高炭素鋼用の熔接棒

中高炭素鋼の熔接の場合 150°C 程度の予熱を行えば普通軟鋼熔接棒によつても熔接することができるが予熱を行うことのできない場合には E6015 又は F6016 の低水素型によらねばならない。特に熔着金属に母材に応じた抗張力が要求される場合にはその抗張力を有する低合金鋼用熔接棒を用いる。この場合にも勿論低水素型は亀裂に対して、より安定である。

② Cr-Mo 鋼用の熔接棒

Cr-Mo 鋼は高温強度を必要とするので熔着金属は母材の成分に近い Cr-Mo を含有することが必要である。従つて熔接棒は Cr-Mo の熔着金属をつくるものを用いなければならない。Cr-Mo 熔接棒にも現在市場に出されているのに高セルローズ型、高酸化ナタン型、低水素型の三つの型があり、この三つの型は軟鋼熔接棒の場合と同様にそれぞれ特長を有しているからその特長を生かして使用せねばならない。母材の C, Cr, Mo 含有量が低く且つ熱処理が充分できる場合は高セルローズ型、高

生産と技術

酸化チタン型を使用することも可能であるが、C、Cr、Mo含有量が高くなつた場合は低水素型を使用する必要が起つてくる。次にCr-Mo鋼の溶接施工法について簡

単に述べると先づ母材の成分を考へて溶接棒を撰定し、溶接に当つては適当な熱処理を施さねばならない。第9表にCr-Mo鋼溶接施工法の概略を示すことにする。

第9表 Cr-Mo鋼溶接施工法の概略

母材成分(%)	熔着金属成分(%)	被覆型	予熱温度(°F)	熱処理温度(°F)
0.5Cr 0.5Mo 1 Cr 0.5Mo	0.5~1.25Cr, 0.5Mo	セルローズ又は 低水素	400~500	1275~1300
2 1/4Cr 1 Mo	1.5Cr 0.5Mo 2 1/4Cr 1 Mo	低水素	400~600	1300~1325
4-6 Cr 0.5Mo	4~6Cr 0.5Mo	低水素	500~600	1300~1325 (900°まで冷却保持)

第10表 Cr及びCr-Ni不銹鋼溶接棒の分類(A. S. T. M.)

分類番号	溶接姿勢	電流(極性)	化学成分(%)																											
			Cmax	Cr	Ni	Mo	Cb	Mn max.	Si max.	P+S max.																				
E 308 { 15 16 25 26	F, V, OH, H H-Fil, F	D.C., 逆 A.C., D.C., 逆 D.C., 逆 A.C., D.C., 逆	0.08	>10.0	>9.0			2.50	0.75	0.030																				
											E 309 { 15 16 25 26	"	"	0.15	>22.0	>12.0		2.50	0.75	0.030										
																					E 310 { 15 16 25 26	"	"	0.20	>25.0	>20.0		2.50	0.75	0.030
E 317 { 15 16 25 26	"	"	0.08	>18.0	>12.0	3.00/4.00	2.50	0.75	0.030																					
										E 330 { 15 16 25 26	"	"	0.25	>14.0	>33.0		2.50	0.75	0.030											
E 347 { 15 16 25 26	"	"	0.08	>18.0	>9.0	10 x C <1.20	2.50	0.80	0.030																					
										E 410 { 15 16 25 26	"	"	0.12	>11.0	<0.60		0.60	0.75	0.030											
E 430 { 15 16 25 26	"	"	0.10	>15.0	<0.60		0.75	0.75	0.030																					
										E 502 { 15 16 25 26	"	"	0.10	4.0/ 76.0	<0.40		0.75	0.75	0.030											

③ その他の低合金鋼用の熔接棒

その他の低合金鋼、例えばDucos鋼、Cr-Mn-Si鋼などのような軟鋼より硬い合金鋼でも予熱を行えば普通軟鋼熔接棒で熔接を行うことができるが、予熱を行うことが困難な場合には低水素型 E6016 を用いる。熔接部に母材と同程度の抗張力が要求される場合にはそれに応じた低合金鋼用熔接棒を用いなければならない。

2. 高合金鋼用熔接棒

一般に廣く構造用として用いられ熔接される高合金鋼は所謂不銹鋼で Ni-Cr-Mo 鋼、Cr 鋼などがあり耐蝕性を要求される場所或いは耐熱性を要求される所に使用されている。これら高合金の熔接に当つては特に熔着金属の成分が使用目的よりして問題になるからこれら鋼材の熔接には熔接棒の吟味が肝要である。こゝでは特にCrおよび Ni-Cr 不銹鋼について簡単に説明する。

a. Cr および Cr-Ni 不銹鋼用熔接棒の分類

不銹鋼熔接棒は熔着金属の成分により分類を行つて居り、その分類規格は米国においては次の第10表のごとく定められている。

b. Ni-Cr 系不銹鋼および Cr 鋼用の熔接棒

① Ni-Cr 系不銹鋼の熔接棒

Ni-Cr 系不銹鋼は 18-8 (Cr-Ni) といわれるものが主体であつて耐蝕、耐熱を目的とするものであるが、これに2%程度の Mo の入つたもの Ch の入つたもの、或は 25-20 (Cr-Ni) というような種々のものがある。Ni-Cr-Mo のものおよび Ni-Cr-Ch のものは耐蝕性を特に重要視したものであるからこれらの鋼に対しては母材と同様な熔着金属をつくる熔接棒を使用しなければならない。

これらの熔接棒の被覆にもライム型とテタニヤ型があり、これらの鋼は急冷する程性質がよいので普通は予熱後熱を行わない。

② Cr 鋼用の熔接棒

Cr 鋼は 11Cr から 25Cr 位までのものがあつて一般に用いられるのは 18Cr、18Cr あるが、これらの鋼は熔接性は Ni-Cr 鋼に比して悪く、母材と同様な Cr 鋼熔接棒で熔接すると割れの発生の危険性があり殊に C の高い場合は亀裂が発生する。従つて普通は Ni-Cr の熔接棒を使用する。この場合は耐蝕性を重要視しないから Ni-Cr の代りに Mn-Cr (15-15) の熔接棒を用いて Ni-Cr と同様に熔接を行うことができる。

III Hard Facing の熔接棒の概観

Hard Facing とは磨耗にさらされる機械部品、例えばシャベルの dipper teeth, セメントミルのベッド、plow

Shear, バルブシートなどの表裏に肉盛を行ひ、その部分に耐摩耗性を與える一種の表面硬化法であり、その主眼とするところは維持費の低下および使用能力の増大にある。戦時中戦後を通じて米国においては“Hard Facing”の研究が盛んに行われ、Hard Facing 用の熔接棒の発達も著しく多くの熔接棒が製造されて居り、磨耗した部分の肉盛補修だけでなく新しい製品の設計にもとり入れられている。一般に磨耗現象自体は極めて複雑であり取扱われる範囲も又廣い。磨擦速度と圧力の少しの変化でも磨耗性は硬度と簡単な関係を有しない。例えば我が国においても炭素鋼の炭素含有量と組織の磨耗に及ぼす影響に関する実験が多くの入々によつて行われているが一致した結果は得られず、「何れの組織の炭素鋼においても磨耗量は炭素量に関係しない」という結果さえ得られている。このように磨耗現象は複雑であるから実際の工業および農業などの作業において遭遇する磨耗種類も非常に多く、あるものは土壤による磨耗、所謂 earth abrasion に耐えなければならない、あるものは強い圧力又は衝撃を伴う磨耗に耐えなければならない。又高温度での強い磨耗に耐えられなければならないものもある。それ故一種の熔接棒でこれらすべての条件を満足することができず、従つて多くの型の熔接棒が生まれるわけであり、そしてその利用に当つては充分その対象となる磨耗の性質を検討しそれに適合した熔接棒を選ばなければ充分なる効果を上げ得ないのである。現在米国においては電弧用、ガス用の Hard Facing 熔接棒は大体次の四つに分類されている。即ち

(1) 20%以下の合金成分を含むもの

これは High Carbon に 5~14% の Mn, Cr 等を含有し、それに少量の W, Mo, Ni, Si 等が添加されている Ferrous alloy の熔着金属をつくる型のものであり、組織的にみれば、マルテンサイト系、オーステナイト系のものである。前者はその硬度高く (RC. 45~55) 又時効性を有するものもあるが、後者は初期硬度は低いが (RC. 20~25) 所謂加工硬化現象を起し且又大きな靱性を有するから大なる Impact を伴う磨耗を受ける部分に使用されている。これに属する代表的な熔接棒としては Stoodly Co. の “Stoodly Self Hardening” 7%Cr, 3.5% Mn, 1.5%C; OK-18 (12%Mn, 1.2%C); Mir-o-Co! No. 3, No. 4; PII の “Harmomany” B: 神鋼製品 HF-11, HF-12 等がある。この型に属する棒は合金成分が比較的少ない関係上 Cost が低い。

(2) 20%以上の合金成分を含むもの

Cr, Ni, C, Mo, B, Si, Mn 等の合金成分を20%以上含有する。熔着金属の硬度は RC. 40~65 で赤熱状態の高温においてもその硬度を維持する特徴を有する。こ

の型は硬度は非常に高いが韌性において劣り耐衝撃性が充分でない。その代表的なものとしては、Stoody Co. の "Stoodite" (88% Cr, 7% Mn, 4% C) がある。

(3) 非鉄合金に属するもの

Cr, Co, Wを主成分とし少量の C, Si, Mn 等を含むもので工具鋼、高速度鋼等の肉盛によく用いられる。高温でも硬度を維持し、すぐれた耐熱、耐腐蝕性を示すのである。Mir-Col No. 5; Stoody 6. 等がこれに属する。

(4) W, Ti, B等の Carbide を主成分とするもの

これらは普通 Diamond の代用品として用いられているタイプのものである。W, Ti, B および Cr の硼化物を主成分に、韌性を與えるために少量の Co, Ni, Fe 等が添加されている。この型は極めて高い硬度を有し他のあらゆる熔接棒よりも Abrasion に対しては強いが耐衝撃性においては(1)、(2)の型のものには比較にならない程弱い。Stoody Co. の "Tube Borium" がこれに属する。この型は(3)のものと共に高価であり熔着金属が粗いのでおのづからその使用に限界があり肉盛した表面が滑らかでなければならない様なベアリング等の部分には使用され得ない。

猶 "Hard Facing" はその性質上熔接作業は材質の著しく異なる材料を母材として行うことが多いので熱膨脹係数、熱伝導度の相異等からくる割れの問題、一層目における母材による Dilution のため硬度および組織の変化等問題となる諸点が多い。これらの解決のためには熔接棒自体の品質改善は勿論であるが又同時に實際

の熔接作業の研究にも力を注がなければならない。

結 言

戦後軟鋼用熔接棒は使途の増大に伴つて新しい型の熔接棒が急激に増加してきた。これらの多くの熔接棒から熔接技術者はその構造物の用途目的に一番適合した熔接棒を理論的な根拠に基づき正確に判断しなければならない。一応この撰択は現在の被覆型による熔接棒分類規格により大過なく選ぶことは可能であるが、同規格内の熔接棒にしても内容的には相当異なるもので、その満たしきものはイルミナイト系の棒であるが、唯作業性のいい使い易い熔接棒のみに拘泥することは厳に慎まなければならない。往々にしてこの種の棒は冶金学的な weldability の見地よりみると良好でないことが多いからである。又かくのごとき熔接棒を重要熔接構造物に撰択使用することは延いては熔接の信頼度を低下せしめる結果となる。しかしながら強度的要求をあまり必要としない構造物或は最上の熔接条件にある構造物の熔接には作業性のいい使い易い熔接棒を撰択することがあらゆる意味において合理的であり、眞の熔接技術者の採るべき道であり、熔接棒分類規格を生かすものである。ここに著者が本文において提案し希望している眞の意味における内容的な熔接棒の分類が実現すれば熔接界の一大飛躍を促すことである。

一方合金鋼の熔接、表面硬化法の利用に際しては先づその熔接すべき母材を吟味調査して、その目的用途に応じた熔接棒を慎重に撰択しなければならない。

最近の酸素切断に関する二三の問題

帝国酸素KK技術応用部長 齊 藤 舜 人
(岡田教授紹介)

§ 1 酸素切断の機構一般について

酸素の噴流を以つて金属を連続的に切断する為には、

1. 酸素が金属と化合した場合に其の反応熱が充分に大きくて熱傳導、輻射等による熱損失を充分に補い得る事。
2. 此の酸化が活発になる温度が其の金属の熔融点以下であつて酸化が次々と連続的に行はれて行く事。
3. 発生した酸化物の熔融点は金属の熔解点以下で、酸化物は次々に流出し排除せられること。

4. 酸化物は液状に保持せられ是が酸素と金属の化学反応に触媒的作用をなし得ること。
 5. 金属中の不純物はそれ自身上述の反応を防げることがないと共に、含有されて居る他の元素に作用して酸化反応を防げることがないこと。
- 等の条件が必要である。

例えば純鉄や低炭素鋼を切断することは先づ加熱熔によつて金属の表面を酸化開始温度に達せしめ是に酸素を噴射するが、此の際酸素原子の反応毎に約 66 cal の熱