

## 電弧銲接用被覆劑の電弧現象に及ぼす二三の特性

(日本鐵鋼協會第 11 回講演大會講演)

柴 田 晴 彦\*  
鯉 淵 正 夫\*

## SOME CHARACTERISTICS OF THE WELDING FLUX AFFECTING THE WELDING ARC.

By H. Shibata and M. Koibuchi.

**SYNOPSIS:**—In the metallic arc welding, the welding rod, as well as the welder and welding operator, is one of the most important factors on which success of the welding depends. But the rod is directly and greatly influenced by the welding flux with which it is coated.

The writers made an investigation of the effects of welding fluxes on the characteristics of the electric arc, using about 30 kinds of ordinary compounds. The result is summarized as follows:

i) When a metallic oxide was used as welding flux, there was observed a definite relation of the atomic weight of the metal to the arc voltage and melting ratio, which varied according to the group of metals as established by the periodic law.

ii) There was a definite relation between the arc voltage and melting ratio irrespective of the property of the welding flux.

iii) Some kinds of welding flux caused a great difference between the values of the arc voltage and melting ratio obtained by connecting the welding rod with the anode and those obtained by connecting it with the cathode.

iv) The arc voltage and melting ratio varied according to the chemical composition and physical property of the welding rods. When the rods were coated with a definite kind of welding flux, however, the arc voltage and melting ratio had values which were dependent upon the flux.

Any welding flux which was applied separately showed a definite arc voltage, which was dependent upon its polarity. The value of arc voltage, varying only with the flux, was quite free from the influences of the properties of the welding rod, amount of arc current, thickness of the coating of flux, etc., and was a factor having the greatest effect on the characteristics of the welding arc. This is a specially noticeable fact which has been confirmed by the experiment.

## I. 緒 言 (研究の目的)

電弧銲接法の經濟的效果と其の信頼性が深く認識せられて來た爲め工業上各方面に應用せられる様になつたが、是に依つて満足す可き結果を得る爲には設計並に施行上に於て、此の銲接法の本質を良く理解した細心の注意が必要な事は論を俟たない。併し乍ら實際作業を行ふに當つて其の結果に重大な影響を及ぼすものは銲接棒と銲接機及銲接工の三つのものであつて、是等の三者は金屬電弧銲接法の良否を左右する決定的要素とも言ふ可きものである。殊に最近の如く銲接部に對して種々な物理的性質を要求せられる様になると、之に適應する優秀な銲接棒を得る事は此の内でも最も大切な第一義的な事柄であると考へられる。而も銲接棒は夫自身の材質が優秀でなければならぬ事は勿論であるが、之に塗布する被覆劑により直接影響を受ける事は極めて大であつて、其の良否は直に作業の難易に關係ある

のみならず銲着金屬の性質を左右する結果となる。

然るに被覆劑に關する研究は從來は全く冶金學上の知識經驗を基として、夫々の目的に應じて種々な配合に依るものを作り之を實際使用して見た結果を云々するものが多かつた。斯の如き研究は一つ一つの問題の解決上勿論必要ではあるが、茲に複雑微妙を極むる個々の被覆劑の機能を其の根本から徹底的に研究して其の機能を闡明しておく事は、今後の銲接技術の發達に貢獻する所極めて大であると言はねばならない。

依て本研究は電弧銲接用被覆劑に關する總合的にして而も基礎的な事實を究明せんとする目的を以て、先づ其の第一歩として現在被覆劑として使用せらるる約 30 種の化合物が、夫々電弧現象に如何なる影響を及ぼすものなるかを實驗的に研究したものである。電弧現象に及ぼす影響を取扱ふ以上は電弧の安定度に對する問題をも研究す可きであるが、是等は第二次の研究事項とし本報告に於ては先づ各種の化合物の各々が電弧電壓及銲接棒の銲解速度に及ぼす

\* 鐵道大臣官房研究所

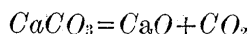
影響を主として研究した。電弧電圧の値が無機化合物等により著しく變化される事は炭素電弧の場合に就ては J. J. Thomson,<sup>1)</sup> C. D. Child<sup>2)</sup> 及び A. Hagenbach<sup>3)</sup> 等により研究されてをり、金屬電弧の場合に就ては佐藤俊一氏<sup>4)</sup> により發表されたものがあるが、孰れも可成り以前の研究結果で現在の銲接技術に多少則しない憾がある。

諸本研究に用いた被覆劑は潮解性のもの及び有毒なもの又は特別に高價なものを除き第1表に掲げた24種の金屬化合物と其の他にセメント、粘土、硼砂、石綿、珪素鐵及

第 1 表

週期律の族	原子價による分類	供試金屬化合物の種類			
I	A	{	$Li_2CO_3$	$Na_2CO_3$	
	B		$CuO$	$Ag_2O$	
II	A	{	$CaCO_3$	$SrCO_3$	$BaCO_3$
	B		$MgCO_3$	$ZnCO_3$	$CdCO_3$
III	A		$B_2O_3$	$Al_2O_3$	
IV	A	{	$TiO_2$		
	B		$C$	$SiO_2$	$SnO_2$
VI	A		$Cr_2O_3$	$W_2O_3$	$U_2O_3$
VII	A		$MnO_2$		
VIII			$Fe_2O_3$	$Ni_2O_3$	$Co_2O_3$

びマンガン鐵等電弧銲接用として現在使用せらるる無機化合物の殆ど總てのものを撰んだ。尙第1表に掲げた金屬化合物に於て酸化物と炭酸鹽とを混用してゐるが、之は其の金屬酸化物の都合が付かなかつたものか又は夫が潮解性を有するものは炭酸鹽を以て代用した。併し乍ら炭酸鹽も電弧を發生した場合炭酸瓦斯と其の金屬酸化物とに分解するものと考へれば何等の不都合は認められない。例へば炭酸石灰は電弧中に於て先づ第一次反應として



なる Calcination 反應を起す故に炭酸鹽を使用しても酸化物と同一結果となるからである。

## II. 實驗方法

本實驗に使用せる銲接棒は次に示す如き成分を有する東京製鋼株式會社製白印で直径 4mm、長さ 355mm のものである。

C	Mn	Si	P	S
0.07%	0.38%	0.02%	0.03%	0.013%

銲接棒の表面には往々にして石灰又は錆が附着してゐる

事があるが、是等は此の實驗の供試被覆劑成分の内のものに屬し當然實驗結果に影響を及ぼすものであるからエメリー紙にて充分研磨除去した。斯くして表面を清淨にせる銲接棒に供試被覆劑の各々を 200 メツシュの篩を通し、更に同一時間石川式播潰機により攪拌したものを布海苔を糊着劑として個々別々に塗布して單一成分の被覆銲接棒を作つた。此の場合被覆劑の厚さは各供試劑とも大體 0.5mm 程度であるが、之を塗布した後銲接棒の芯線が水分に依り酸化せられるのを防ぐため扇風機により可及的早く一様に乾燥せしめる様に努めた。尙本實驗中特に注意した事は週期律上同一族に屬する金屬化合物は其の塗布及實驗は各々皆同日中に行ひ、塗布状態及び銲接作業等の條件を出来るだけ一定にした事である。

斯の如くして作つた各供試被覆劑を個々別々に塗布した銲接棒を用ひ、差動複捲式直流電弧銲接機により常に電弧電流を 100ap に保つて銲接を行つた。而して母材としては 300×300×10mm の軟鋼板を用ひビイドは重ねずに一定の間隔を置く様にして電弧電壓と銲解時間とを測定した。只此の場合銲接の進行に伴ひ母材が熱せられると 1~2V の範圍で電弧電壓が低下する傾向があるので、電流の調整其の他の目的を兼ねて豫め數本の銲接棒を以て準備的銲接を行ひ母材が適當に加熱せらるるを待つて測定を行つた。電弧電壓の測定は普通の精密級の直流電壓計を以て行ひ、銲解時間は 355mm の銲接棒 300mm を中途電弧を中斷する事なしに母材に銲着し終る迄の時間をストップウオッチを以て測定した。勿論銲接棒 300mm を正確に銲着する事は實際には仲々困難な事であるから多少の相違は計算に依つて補正した値を取る事にした。

銲接方法は手銲接に依つたのであるが、是は現在未だ被覆棒の自動銲接には多少の無理があるのと、自動銲接機は電弧電壓により棒の送りを制御してゐる關係上此の實驗の目的に對し不向の點が多いので使用を見合せた。手銲接によると電弧長の加減が困難の様に思はれるが、電弧長の變化即ち電弧電壓の變化が生じ始めて制御裝置が起動して電弧長を加減する自動銲接機によるより、電弧長を一定に保つ上には手銲接に依る方が遙かに正確を期する事が出来る。此の點に就ては次に述べる各項の實驗結果が相當一致した結果を得てゐる事からも明に説明出来ると思はれる。

1) J. J. Thomson ; Conduction of Electricity through Gases.

2) C. D. Child ; Electric Arc.

3) A. Hagenbach ; Der Elektrische Lichtbogen.

4) 佐藤俊一 ; 元素の電弧現象に於ける特性、鐵と鋼、第15年第5號、385頁

### III. 實驗結果

以上述べた方法に依り各供試被覆銲接棒を銲接機の陰極側及陽極側に接続した二つの場合に就て、電弧電壓及銲解時間を夫々數回實驗を繰返して測定し得た結果は、第2表及第3表に示した通りであるが、是等の實驗結果よりして次の三つの事實を指摘することが出来る。即ち

1) 被覆劑として金屬化合物を使用する時は其の金屬の屬する週期律の各族に於て、是等の金屬の原子量と電弧電

第 2 表

週期律の族	原子價による分類	被覆劑の種類	被覆劑の金屬元素の原子量	銲接棒の極性	電弧電壓 (V)	銲解時間 (秒)	被覆劑の金屬酸化物の電子親和力 (V)
I	A	$Li_2CO_3$	69	-	20	89	
				+	21	74	
		$Na_2CO_3$	229	+	17	118	
	B	$CuO$	63.5	-	24	73	
				+	21	73	
		$Ag_2O_3$	107.8	+	19	93	
II	A	$CaCO_3$	40.0	-	16	154	2.45
				+	17	80	
		$SrCO_3$	87.6	-	13	206	2.27
				+	15	98	
	B	$BaCO_3$	137.3	-	11	250	1.69
				+	14	160	
		$MgCO_3$	24.3	-	18	110	3.40
				+	21	76	
	B	$ZnCO_3$	65.4	-	16	114	3.02
				+	22	66	
		$CaCO_3$	112.4	-	14	133	2.60
				+	22	65	
III	A	$B_2O_3$	10.8	-	41	46	
				+	30	59	
		$Al_2O_3$	26.9	-	37	59	
IV	A	$TiO_2$	47.9	-	15	158	
				+	19	71	
		C	12.0	-	35	66	
	B	$SiO_2$	28.0	-	31	68	
				+	26	87	
		$SnO_2$	118.7	-	22	77	
VI	A	$PtO_2$	207.2	+	19	82	
		$Cr_2O_3$	52.0	-	19	111	
				+	23	88	
		$W_2O_3$	184.0	-	20	89	
				+	20	70	
VII	A	$U_2O_3$	238.2	-	18	99	
				+	20	79	
		$MnO_2$	54.9	-	17	133	
VIII	A			+	20	72	
		$Fl_2O_3$	55.8	-	20	84	
				+	20	69	
		$Ni_2O_3$	58.7	-	20	89	
		+	20	83			
		-	20	101			
		+	20	74			

註：電弧電流：100 ap

銲接棒の芯線：東京製鋼株式會社白印直徑 4mm

糊着劑：布海苔 2%

第 3 表

被覆劑の種類	銲接棒の極性	電弧電壓 (V)	銲解時間 (秒)
セメント	-	15	143
	+	19	93
粘土	-	30	62
	+	23	93
硼砂	-	38	52
	+	30	56
石綿(粉末)	-	25	63
	+	24	77
珪素鐵	-	29	50
	+	24	53
マンガン鐵	-	24	60
	+	22	70

註：電弧電流：100 アンペア

銲接棒の芯線：東京製鋼株式會社白印直徑 4mm

糊着劑：布海苔 2%

電弧電壓及銲解時間との間には一定の関係があること。

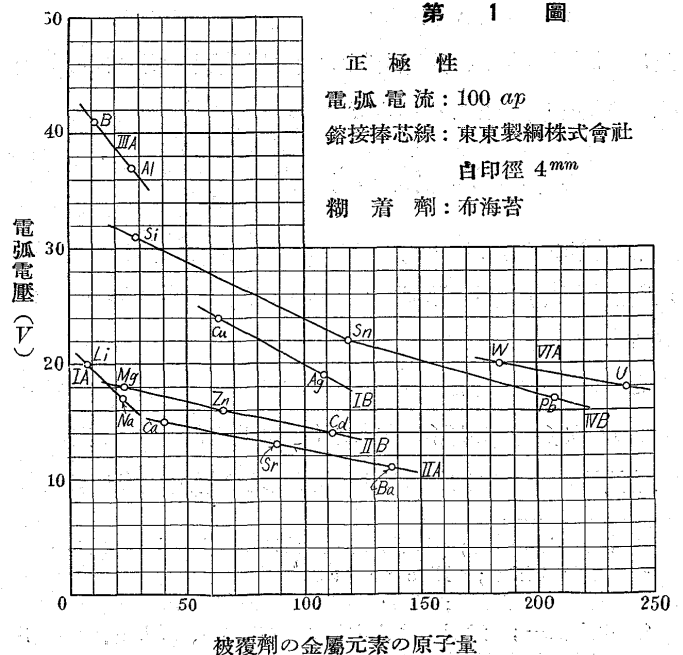
2) 如何なる被覆劑を使用するとも其の被覆劑の種類に無関係に電弧電壓と銲解時間との間には一定の関係があること。

3) 被覆劑の種類によつては銲接棒を陰極側に接続した場合と陽極側に接続した場合とでは著しく電弧電壓と銲解時間の値に相違の生ずること。

依て次に項を分けて是等の事實に就き實驗結果に對する種々の考察を行つて見やう。

1) 週期律と電弧電壓及銲解時間との關係 第1圖及び第2圖は第2表の數値に依り被覆劑として使用した種々の金屬化合物の金屬原子量と、電弧電壓及銲解時間との夫々の關係を該金屬の屬する週期律の各族毎に分類して示したものである。此の兩圖に於て各線の右端にあるアラビア數

第 1 圖



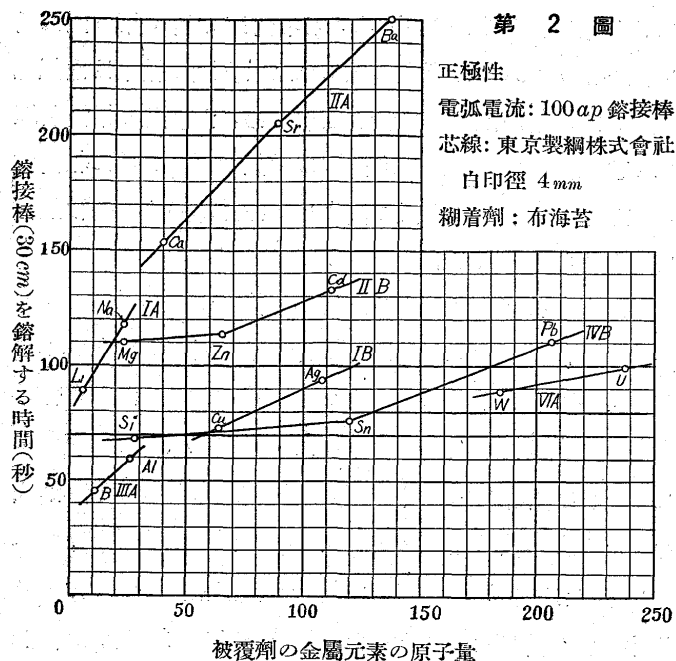
正極性

電弧電流：100 ap

銲接棒芯線：東京製鋼株式會社

白印直徑 4mm

糊着劑：布海苔



字及び A, B の文字は週期律上の各族を示すものであるが、同圖により明かなる如く週期律の各族に於て各金屬化合物は其の金屬原子量の増加すると共に電弧電圧を減少し逆に銲解時間が長くなつてゐる。<sup>\*</sup>

即ち第 1 族 A (IA) に於ける *Li*, *Na* の炭酸類、第 1 族 B (IB) に於ける *Cu*, *Ag* の酸化物、第 2 族 A (IIA) に於ける *Ca*, *Sr*, *Ba* の炭酸鹽類、第 2 族 B (IIB) に於ける *Mg*, *Zn*, *Cd* の炭酸鹽類、第 3 族 A (IIIA) に於ける *B*, *Al*, の酸化物、第 4 族 B (IVB) に於ける *Si*, *Sn*, *Pb* の酸化物、第 6 族 A (VIA) に於ける *W*, *U* の酸化物等は、孰も金屬の原子量の増加と共に電弧電圧は減少し銲解時間は大となつてゐる。即ち斯の如く化學的性質が類似してゐる金屬は各族毎に同様な關係の成立する事は興味ある事實である。

本實驗に供した東京製綱株式會社製白印徑 4mm の裸銲接棒は電弧電流 100ap の場合は電弧電圧 17V 銲解時間 1 分 30 秒であるが、以上の結果より適當な金屬化合物を被覆する事により電弧電圧を 10V 乃至 40V、銲解時間を 50 秒乃至 4 分 10 秒と云ふ非常に廣い範圍に互り適當に變化し得らるる事が明瞭である。斯の如く同一芯線を用ひて電弧電圧乃至銲解時間を變化せしむる事は空氣中に於ける電弧では被覆劑による以外に適當な方法がないのであるが、此の事實は後に述べる如く鑄鐵及特殊鋼等を始め種々のものの銲接作業に當つて極めて重要な意義を有するも

\* 是等の圖は週期律の長週期型により分類したが短週期型に於ても同様整然たる關係が成立する。

のである (電流や電弧長を甚しく變化せしむる事は電弧の安定を害するからして適當な方法ではない)。

以上は銲接棒を陰極側に接続した場合の關係であるが、陽極側に接続した場合にも同様な結果が得られる筈である。然し此の場合は第 2 族 A のアルカリ土金屬即ち *Ca*, *Sr*, *Ba* の炭酸鹽に於てのみ整然たる關係が得られ他のものに就ては同様な結果は見られない。斯の如く銲接棒を陽極側に接続した場合實驗結果が不規則になりがちな原因は、銲接棒が陽極であると銲接棒より母材に向ふ *W. Strelow*<sup>6)</sup> 氏の所謂 *Elektronenstrom* が小となる爲め、此の場合の銲着現象を詳細に觀察すると、棒の尖端に大なる銲粒が生じ是が花火線香の玉の如くなつて母材に銲着するので、電弧長が時々變化し電弧電圧の測定上に困難を伴ふ事に依るものと思はれる。

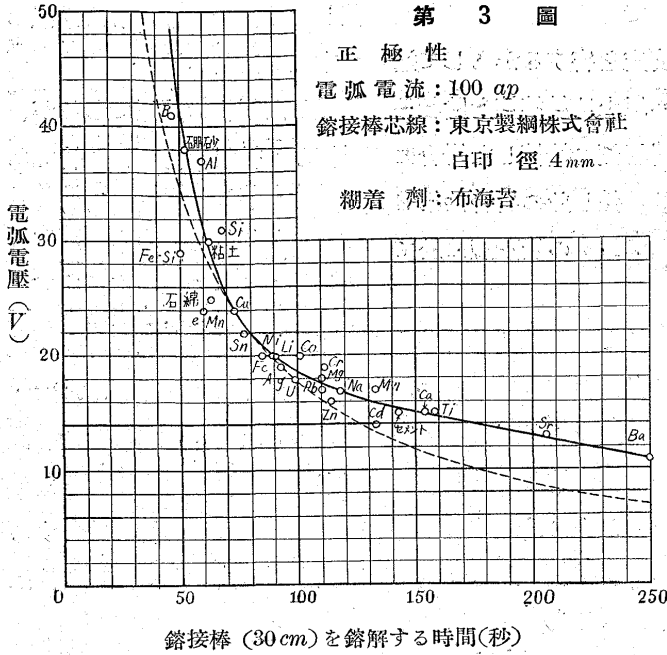
週期律上同一族に屬する金屬化合物は孰も其の金屬原子量が増加するに伴ひ、電弧電圧が低減する事實の適確なる理論的説明は目下のところ充分ではないが、金屬酸化物の電子親和力 (*Electron affinity*) を考へると相當説明を下す事が出来る。只此の電子親和力の値の實測されてゐるものが餘り多くない事は遺憾であるが、第 2 族 A, B に屬する金屬酸化物に就ての値は第 2 表に示した通り原子量の大きいもの程小となつてゐる。即ち電子親和力は其の物質の電離電圧を電子 1 個の電荷にて除した値をボルトで示したものであつて、此の値の小なるものは低い電弧電圧で充分電弧の維持が出来るものと考えられるから是を以て本項の事實の説明と見做す事が出来る。

尙第 2 表及第 3 表より明かなる如く總ての被覆劑に就て電弧電圧の値と銲解時間の値とは逆比例してゐるが、是は電弧電流が一定である以上當然の事實であつて、電弧電圧に對する説明が付けば、銲解時間に關する種々の關係は自ら明瞭であらうと考へられる。

2) 電弧電圧と銲解時間との關係 前項に於ては種々の被覆劑を塗布した場合其の被覆劑の金屬原子量と電弧電圧及び銲解時間との間の關係に就て述べたのであるが、第 2 表及び第 3 表に掲げた數値を被覆劑の種類に無關係に電弧電圧の値を縦軸に銲解時間を横軸に取つて見ると第 3 圖に示す如き曲線が得られる。

<sup>6)</sup> *W. Strelow; Die Vorgänge im Schweisslichtbogen und ihr Einfluss auf die Schweissungen bei blanken und umhüllten Elektroden, Die Elektroschweissung, Mai 1932, S. 81.*

第 3 圖

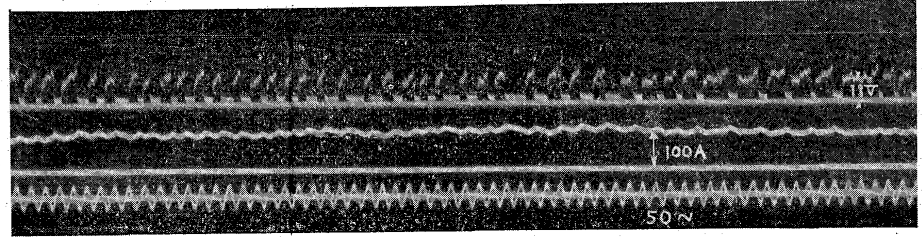


今電弧電壓と電弧電流とを夫々 E 及 I とし且つ一定長の銲接棒を銲着するに要する銲解時間を T を以て表し、實驗に供した各被覆劑を電弧中に於て分解氣化せしむるに要するエネルギーを孰も銲接棒を銲解せしむるエネルギーに對して省略し得るものと見做せば EIT なるエネルギーは或る一定の値を取る可きである。然るに電弧電流は實驗中常に 100 ap に保ちたるを以て  $ET = \text{const.}$  なる關係より、電弧電壓と銲解時間との關係は第 3 圖の點線にて示したる如き正双曲線で表はさる可き事がわかる。依て此の兩曲線を比較すると實驗上の値と理論上の値とに於ては特に電弧電壓の低き場合即ち銲解時間の長き場合に於て相當の差違ある事が認められる。此の事實は W. Strelow<sup>5)</sup> 氏及び A. Hilpert<sup>6)</sup> 氏の述べてゐる如く電弧電流、電弧電壓及銲解時間の三者の積が直に電弧中に於て消費されたエネルギーに等しきものとならないので、銲接中銲接棒が瞬間的に短絡する時間を考ふれば此の時間の間だけ電弧は消滅してゐると考へられるから、此の時間の總和だけ理論上の値より銲解時間が延び

てゐる事に依るものと考へる事が出来る。即ち第 3 圖に於て例へば  $BaCO_3$  の場合に就て見れば實驗の結果は電弧電壓 11 V 銲解時間 250 秒となつてゐるが、此の推測を以てすれば點線で示した正双曲線の電弧電壓 11 V に相當する點を見れば實際に電弧の發生してゐた時間は 160 秒前後であると推定される。

依て此の推測の妥當なるか否かを檢する爲め  $BaCO_3$  を塗布した銲接棒を以て、同一條件の下に於て實驗を行ひオツシログラムを取つて見たところ第 4 圖に示すが如き結果を得た。此の圖に於て最上部の曲線は電弧電壓を示すものであるが、非常に數多くの瞬間的短絡現象を認むる事が出来る。只此の瞬間的短絡時に於ては電弧電壓は零となるべきであるが、實驗に使用した銲接電纜が相當長かつた爲め途中の電壓降下により完全に零線に一致してゐない。併し乍ら此のオツシログラムの全長 231 mm (時間に換算すれば 1.32 秒) に對し此の瞬間的短絡時間の總和を求むれば 93 mm (時間に換算すれば 0.53 秒) となるから、300 mm の銲接

第 4 圖



棒を銲着するに要した全時間 25 秒中電弧の消滅せりと考へらるる短絡時間の總和は 10 秒となる。依て此の時間の差 15 秒は實際に電弧の消滅せざる時間と考へられるから理論上の銲接時間 160 秒と殆ど一致するものと見做し得る故に、前述の推測は正しく妥當なりと認めらるると共に實驗の誤差に非ざる事を證し得たものと信ずる。

次に是と反對の電弧電壓の高き場合即ち銲解時間の短き例として  $Al_2O_3$  を塗布せる場合のオツシログラムは第 5 圖に示すが如く瞬間的短絡現象は極めて少ない事が認められる。

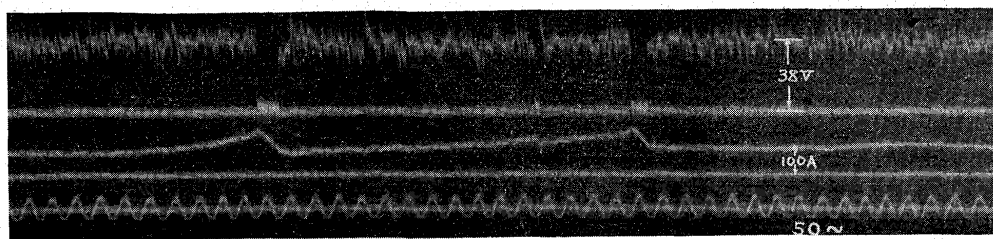
偕第 3 圖は被覆銲接棒の銲解時間は電弧電流が同一なる時、被覆劑の種類に如何に關せず其の電弧電壓の値と双曲線的關係を以て變化する事を示すものであるから、實際作業上の上から例へば厚物の銲接とか盛金作業等の場合の如く可及的早く一定の銲着鐵を得たい時は、電弧の安定を害さない範圍に於て電弧電壓の成る可く高い被覆劑を多く使

\* 徑 4 mm の銲接棒 355 mm の長さは重量約 35 g にして實驗に使用した各被覆劑の重量は平均にして約 17 g であるから前者に對し省略し得る程度のものと考へらる。

5) 前 掲

6) A. Hilpert; Investigation on Phenomena of Arc Welding and Gas Cutting by Slow Motion Pictures, J. of A. W. S., July 1933, p. 4.

## 第 5 圖



用して銲接速度を出来るだけ増大するのが望ましい事がわかる。又反対に銲接速度を少しでも遅くする方が仕事の性質上好ましい場合、例へば薄板の銲接作業等に於ては電弧電圧を低下せしむ可き被覆劑を使用する事が此の目的から言へば良いのであるから、使用す可き被覆劑を其の目的に応じて夫々適當に撰定すれば是等は自由に變化せしめ得る事が出来るのである。勿論銲接棒の銲解速度を調整する方法としては前にも少し述べた如く電弧電流を變化せしむるか、或は又電弧長を故意に變化せしめて電弧電圧を間接に幾分變化せしむる事が考へられるが、使用する銲接棒の種類及太さが決れば之に對する適當なる電弧電流と電弧長とは實際作業上から見て自ら一定の値を取る可きであつて、銲解速度を調整する目的を以て是等の値を甚しく變化せしむる事は、電弧の安定を害し作業を困難ならしめ引いては銲接結果の不良を來す故決して好ましい方法と云へない。

3) 被覆劑の種類と極性に依る影響 直流電弧銲接機により銲接作業を行ふ場合には特殊鋼の銲接等の特別の場合を除き、一般には銲接棒を陰極側とし母材を陽極側に接続す可き事が推奨せられてゐる。即ち電子及陰イオンが陽極側に衝突して之を熱する量が陽イオンが陰極側に衝突して之を熱する量より大であるため、母材の熱容量に比較して銲接棒の夫は極めて小であるから可及的母材側を餘分に熱する一方銲接棒の銲解速度を調整して、適當なる銲込み(Penetration)を得て満足す可き結果を得る爲に前述の如き接続方法が一般の常識とされてゐるのである。

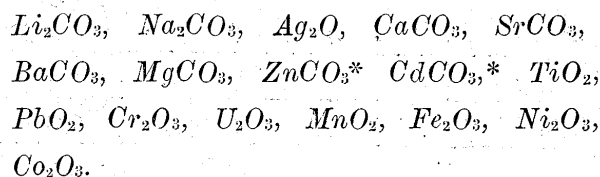
斯の如く銲接棒を陰極側とし母材を陽極側に接続する場合を正極性(Normal or Straight Polarity)と言ひ之と反対の場合を逆極性(Reverse Polarity)と言はれてゐるが、正極性の接続が合理的であると考へられるのは此の場合の電弧電圧が逆極性の時の電弧電圧より低いか或は是に近い場合のみであつて、正極性の方が逆極性より電弧電圧が甚しく高い場合は電弧が不安定になり、且つ銲接棒の銲解時間も早過ぎて銲接作業は却つて困難となる事があ

る。

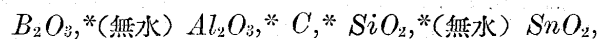
是等の事實を説明する爲め兩極性の場合に就て第2表の電弧電圧及銲解時間の値を比較すると是等の値に可成りの差違を見出す事が出来る。即ち是等の金屬化合物を被覆した場合兩極性

の内孰れがより低き電弧電圧を示し作業が容易であるかを分類すれば、

正極性を適當とするもの



逆極性を適當とするもの



となるが、是等の中\*印を付したものは正逆の極性により5V以上の電弧電圧の差違を表はすものである。従つて普通被覆棒として販賣せられてゐる銲接棒の被覆劑は各種の化合物の混合せられたものであるから、極性の相違により電弧電圧と銲解時間とを異にするものがある筈である。前に掲げた第3表は此の事實を確かむる爲め一般に被覆劑として使用せらるる第2表に示した以外の數種の化合物に就き實驗を行つたもので、セメント、石綿を除く他のものは全部逆極性を有利とする値を示してゐる。第4表は更に市場に在る數種の被覆銲接棒に就き實驗を行つた結果である

第 4 表

銲接棒の種類	電弧電流 (ap)	銲接棒の直径 (mm)	銲接棒の極性	電弧電圧 (V)	銲解時間 (秒)
Lincoln :					
Fleet Weld	150	5	+	37	44
Arcos :					
Tensilend	130	4	+	20	85
Arcos :					
Stabilend	100	4	+	24	83
孕石極工社					
K 印	150	5	-	20	114
帝國酸素會社					
No. 16	100	4	+	18	122
播磨造船會社					
タムラーク	100	4	+	21	95
				18	92
				18	84
				23	132
				25	92

現在市場に於て販賣せらるる被覆銲接棒を其の被覆劑の成分に依つて分類すると、有機物を主としたものと  $SiO_2$  (珪砂) を主としたもの及び礬砂を主としたものの三つに大別する事が出来るが、第4表に掲げた數種の銲接棒の内 Lincoln 會社の Fleet-Weld は特に注目に値す可き結果



を示してゐる。即ち此の銲接棒は前記の分類に依ると6種の供試品の内有機物を主としたものに屬する唯一のものであるが、他のものとは反對に正極性の時の電弧電壓は非常に高く37Vであるのに對し、逆極性の時は26Vとなつてゐて10V以上の差違を生じてゐる。従つて此の銲接棒を使用する場合は逆極性として作業を行はなければ、電弧の安定を害するのみならず銲解速度が甚しく大となつて良好な結果は期待出来ない。此の銲接棒に就ては未だ徹底的の研究を完了してゐないので斯の如き原因が何處にあるのかは斷言出来ないが、此の被覆劑を分析すると35.3%と言ふ極めて多い灼熱減量を示すから茲に何等かの原因があるものと考へられる。

故に電弧中に於ては陽極側が陰極側より遙かに高熱であるから母材を陽極側とする正極性が常に望ましい接續方法とは限らないので、逆極性の方が正極性の接續の時より電弧電壓が著しく低ければ逆極性として作業の安定を計る可きである。但し特殊鋼の銲接作業を行ふ様な場合は逆極性とする方が所要の元素を多量に銲着鐵中に含有せしめ得る事があるので、正極性の方が多少電弧電壓が低くとも逆極性とするのが望ましい場合がある(珪素鐵、マンガン鐵を使用する場合は第3表より明かなる如く逆極性の方が電弧電壓は低い)。

4) 銲接棒の芯線に及ぼす被覆劑の特性 以上述べ來つた實驗は總て銲接棒の芯線として東京製鋼株式会社製白印を用ひて行つた結果であるが、實驗結果の普通性を求める上に於ては化學成分並に物理的性質の異なる種々の銲接棒を芯線として、之に同一被覆劑を同一條件に於て塗布したるものゝ電弧電壓と銲解時間が如何に變化するかを研究せねばならぬ。然らざれば此の研究も只單に或一定の銲接棒に就て行つた場合の實驗結果となり其の結果は極めて限定せられたものとならざるを得ない。

第5表

銲接棒の種類	C%	Mn%	Si%	P%	S%	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率% 標點間距離 250mm
東京製鋼会社 白印	0.07	0.38	0.02	0.030	0.013	62.5	3.0
東京製鋼会社 赤印	0.15	0.40	0.05	0.035	0.035	57.7	2.2
Lincoln: Fleet weld	0.10	0.42	0.03	0.010	0.017	97.2	22.8
Arcos: Tensilend	0.07	0.35	Trace	0.044	0.027	55.5	2.2
Arcos: Manganend	1.15	12.30	0.14	0.060	0.015	60.4	2.8

依て此の目的の爲に前記の銲接棒の他に第5表に示す如

き化學成分と物理的性質とを有する同社の赤印、Lincoln 会社の Fleet-Weld の芯線 Arcos 会社の Tensilend 及 Manganend の芯線等合計5種類のものを選んで實驗に供した。而して是等の芯線は全部徑4mmのものを選び總ての條件も全く前と同様にして電弧電壓と銲解時間とを測定した。此の場合被覆劑として今まで用ひた總てのものに就て實驗を行ふのは繁雜でもあり意味もないので、電弧電壓の高く銲解時間の短いものの代表として第3族Aの Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を選び電弧電壓の低く銲解時間の長いものの例として第2族Aの CaCO<sub>3</sub> を撰んだ。

是等の各供試芯線に被覆を施こさざる場合即ち裸の儘の時と之に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及び CaCO<sub>3</sub> を塗布した場合の電弧電壓と銲解時間の値は、第6表に示す如き結果となり是等の値を圖示すれば第6圖の如くなる。即ち各供試銲接棒を裸の

第6表

銲接棒の芯線及其記號	銲接棒の極性	裸		アルミナ塗布		炭酸石灰塗布	
		電弧電壓(V)	電解時間(秒)	電弧電壓(V)	銲解時間(秒)	電弧電壓(V)	銲解時間(秒)
東京製鋼会社 白印	—	17	90	37	56	16	146
東京製鋼会社 赤印	—	21	77	37	57	16	145
Lincoln: Fleet weld	—	19	75	37	54	16	146
Arcos: Tensilend	—	27	45	37	54	16	143
Arcos: Manganend	—	25	63	37	55	16	142

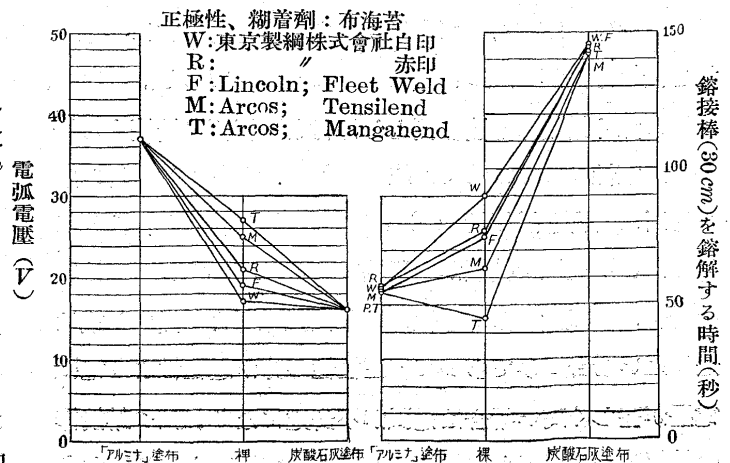
註: 電弧電流: 100 V

銲接棒の直徑: 4 mm

糊着劑: 布海苔 5%

被覆の厚: 0.2 mm

第6圖



儘使用する時は東京製綱の白印が 17V で最低の電弧電圧を示し従つて 90 秒と云ふ最大の銲解時間を要して居り、Arcos 會社の Tensilend の芯線は 27V で最高の電弧電圧を示し銲解時間は 45 秒と云ふ前者の半分の値となつてゐる。其の他の棒は此の兩者の中間に介在してゐるが是等のものに  $Al_2O_3$  を塗布すると電弧電圧 37V 銲解時間 55 秒附近の一定の値を取り  $CaCO_3$  を塗布したものは孰も電弧電圧 16V 銲解時間 145 秒附近の値を示してゐる。

斯の如く種々異なる電弧電圧と銲解時間とを示す各種の銲接棒に重量にして約 1.5~2g 程度の極めて僅少の被覆劑を塗布する事に依つて、其の被覆劑特有の電弧電圧と銲解時間とを示す様になると言ふ事實は特に注目すべき結果と言はなくてはならない。即ち徑 4mm の銲接棒は長さ 355 mm として約 35g の重量があるが之に重量にして約其の 1/20 程度の被覆劑を塗布する事に依り、電弧電圧と銲解時間の値に關する限り既に芯線の特質は全く失はれ、其の被覆劑の示す特性に左右される事が實驗的に證明された。依て前述の實驗は皆一定の銲接棒を使用した結果であるが、銲接棒の芯線が少くとも鋼である限り是等の實驗結果は直ちに適用する事が出来、従つて本實驗の普通性が確認されたものと言へやう。

5) 其の他の補足的實驗 以上述べ來つた本研究の結果に關係ありと考へらるる二三の事項に關して行つた補足的實驗結果を茲に總括して述べやう。

i) 電弧電流に依る影響 本研究に於ては電弧電流は總て 100 ap としたが此の電弧電流の値を變化せしめた場合、以上の實驗結果に如何なる影響を及ぼすであらうかを先づ第一に確めておく必要がある。此の爲に銲接棒としては矢張り東京製綱株式會社製白印直徑 4mm のものに、供試被覆劑炭酸石灰を布海苔を糊着劑として塗布したものをを用ひた。第 7 表は此の實驗の結果であるが電弧電流を 90, 100, 110, 120, 130 ap と變化せしめると、銲解時間は之と逆比例して減少するが電弧電圧は依然として 16V の一定を保つてゐる。

第 7 表

電弧電流 (ap)	銲接棒の極性	電弧電圧 (V)	銲解時間(秒)
90	—	16	151
100	—	16	142
110	—	16	135
120	—	16	127
130	—	16	117

註：銲接棒の芯線：東京製綱株式會社白印直徑 4mm

被覆劑：炭酸石灰

糊着劑：布海苔 5%

此の事實は各種の銲接棒に同一被覆劑を塗布すると一定の電弧電圧を示す前項に述べた事實と共に、第 2 表及第 3 表に掲げた各供試被覆劑に對する電弧電圧の値は其の被覆劑特有のものである事を一層確實に證據立てたものと考へられる。従つて電弧電圧が一定の値を取る以上電弧電流が増加すれば反對に銲解時間が減少する事は常識的に肯定出来る事實と言はなくてはならぬ。

ii) 被覆の厚さに依る影響 同一被覆劑を使用した場合でも被覆の厚さにより電弧電圧及銲解時間の變化する事は二三の實驗された報告もあるが、本實驗の如く比較的薄い被覆の場合に就ては未だ餘り多くのものを見受けないので銲接棒の芯線、被覆劑、糊着劑共前と同様の條件とし被覆の厚さを 0.2mm, 0.5mm, 1.0mm の 3 種として實驗を行つた。

第 8 表

被覆の厚さ (mm)	銲接棒の極性	電弧電圧 (V)	銲解時間(秒)
0.2	—	16	140
0.5	—	16	156
1.0	—	16	216

註：電弧電流：100 ap

銲接棒の芯線：東京製綱株式會社白印直徑 4mm

被覆劑：炭酸石灰

糊着劑：布海苔 5%

第 8 表は此の結果であるが、此の場合も電弧電圧は 16 の一定の値を示し銲解時間のみに被覆の厚さと共に増加してゐる。此の事實も電弧電流が一定で電弧電圧が不變である以上、被覆劑を分解氣化せしむるに要するエネルギーを考へれば當然の結果と思はれる。

iii) 糊着劑の種類及び其の使用量に依る影響 本研究に於ては被覆劑の糊着用として常に布海苔を使用したがる單獨糊着劑として是以外に種々のものが考へられるので、是等の内水硝子及アラビヤ糊とを撰び炭酸石灰を供試被覆劑として布海苔の場合と比較して見た。尙糊着劑の使用量に依つても幾分の影響があるかとも考へられるから夫々 5% 及び 20% 用ひた場合に就て實驗を行つたが、布海苔のみ

第 9 表

糊着劑種類	糊着劑使用量(%)	銲接棒の極性	電弧電圧 (V)	銲解時間 (秒)
水ガラス	5	—	14	149
	20	—	14	157
布海苔	5	—	16	144
	20	—	17	130
アラビヤ糊	5	—	17	132
	20	—	17	132

註：電弧電流：100 ap

銲接棒の芯線：東京製綱株式會社白印直徑 4mm

被覆劑：炭酸石灰

被覆の厚：0.2mm

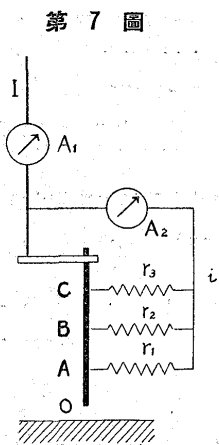


は 20% 使用する事は不可能であるので見合わせる事にした。

第 9 表は此の實驗の結果を示したもので、是に依ると糊着劑の種類が異ると電弧電壓に幾分の變化はあるが、其の糊着劑の使用量に對しては何等の差違は認められない。糊着劑も實際上は夫々一つの被覆劑と考へられるから其の種類に依つて電弧電壓の變化するのは是亦當然の結果と言へやう。

iv) 銲接棒の銲解時間に關する實驗 今迄屢々述べ來つた銲接棒の銲解時間は 355mm の銲接棒 300mm を、途中電弧を中斷する事なしに母材に銲着し終る迄の時間を秒單位で示したものであるが、電弧を中斷する事がなければ銲接棒は其の尖端に近い部分と保持器に近い部分とでは電弧により加熱される程度が異なるから、1 本の銲接棒でも最初の部分と終りの部分とで其の銲解速度も當然相違す可きである。従つて此の程度を知る爲に炭酸石灰を塗布したものに就き次の實驗を行つた。

第 7 圖に於て銲接棒の先端より 100mm 毎に A, B, C の三接觸點を設け、是に夫々適當なる値を有する  $r_1, r_2, r_3$



の三抵抗を以て電弧電流  $I$  に對し一つの分岐回路を作り、此の分岐電流  $i$  ( $I$  に對しては極めて僅少) を電流計を以て測定し得る如くする。今銲接棒の先端より始めて A 點まで電弧が來たとすれば  $r_1$  の抵抗は此の分岐回路より先づ除かれ電流  $i$  は少しく減少する。斯くて電弧が B 點にまで來れば電流  $i$  は更に減少し遂に C 點で零となる

故此間の時間を測定し次の如き値を得た。

OA 間の 100mm の銲解時間	53 秒
AB 間の 100mm の銲解時間	50 秒
BC 間の 100mm の銲解時間	46 秒
計	149 秒

即ち銲接棒は終りに近づく程銲解時間は極く僅かであるが次第に早くなつてゐる事がわかる。

#### IV. 總 括

電弧銲接用被覆劑として使用せらるる各種の化合物が夫

々電弧電壓及銲解時間に如何なる影響を及ぼすかを研究するため行つた、約 30 種の供試劑を個々別々に塗布した單一成分の被覆銲接棒に依る本實驗結果を要約すれば次の通りである。

1) 金屬化合物を單一被覆劑として使用する時は其の金屬の屬する週期律の各族毎に是等金屬の原子量が増加すれば、電弧電壓は減少し銲解時間は反對に増加するが此事實は其の金屬酸化物の電子親和力によりて説明される。

2) 銲接棒の銲解時間は電弧電流及び其の他の條件が一定であれば其の電弧電壓に依つて決定されるもので、此の兩者は理論的には正双曲線的關係にあるが電弧電壓の低い場合は瞬間的短絡現象が著しく多いので、理論上の値より銲解時間は見掛けの上では非常に大となつてゐる。

3) 供試劑の大部分は正極性と逆極性の場合とでは夫々異なる電弧電壓を示し而も前者の場合に於て低い値を取るのが多いが  $B_2O_3$  (無水)、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$  (無水) 等の如く正極性の場合に反對に著しく高い電弧電壓を示すものもある。

4) 化學成分並に物理的性質を異にせる裸銲接棒は電弧電流其の他の條件が一定であつても夫々異なる電弧電壓と銲解時間とを示すが、之に同一被覆を施すと是等のものは孰も皆其の芯線の特質を失ひ被覆劑特有の電弧電壓と銲解時間とを示す様になる。

5) 従つて供試劑は孰も之を單一成分の被覆劑として使用する時は夫々其の極性に應じ常に一定の電弧電壓を示し此の値は芯線の種類、電弧電流の大小或は又被覆の厚さ等により何等の影響を受けない該被覆劑特有のもので、銲接電弧の特性を左右する最も重要な因子となるものである。

尙各種の供試被覆劑の内電弧電壓の高きもの、中位のもの及び特に低きもの 3 種類に就き電弧中の銲解現象を研究する目的を以て、京都帝國大學教授岡本博士の御厚意により同博士の考案になる高速度活動寫眞撮影法により種々興味ある事實を知るを得たが、是等は本研究の第二報として交流による實驗及び 2 種以上の被覆劑の組合せに對する實驗等と共に追て報告することにする。

又本研究の一部は日本學術振興會よりの援助金に依り行つた事を附記すると共に、實驗の遂行及結果の整理等に對し眞摯な努力を傾倒された高橋嘉吉、岩橋俊正の兩氏に厚く感謝の意を表す。