

サブマージアーク溶接の高能率化

— KK溶接法について —

KK 神戸製鋼所 溶接棒事業部技術部* 有 川 正 康
 開発研究室 奥 田 直 樹
 “ 塩 山 仁

1. は し が き

近年、各企業とも、そのコストダウンを目的として、作業時間を短縮することを研究しているが、造船、鉄構、橋梁などの溶接作業部門でも、種々の高能率法を検討しており、手溶接においては、鉄粉型溶接棒、グラビティ溶接法などの採用がいちじるしく増加して来ている。また、これらの溶接作業部門では、従来より自動溶接とくにサブマージアーク溶接の使用率が多いが、このサブマージアーク溶接法を高能率化すれば、一きよに大巾な工数を節減することができる。

最近のめざましい工事量の増長は、各部門とも労働力の capacity の不足から、さらに大巾な高能率化を要求するようになった。この要求を満足すべく溶接棒メーカーおよびユーザーによって、種々の高能率自動溶接法が提案されてき、一部実用化されている。当社でも過去に種々の高能率法を研究開発してきたが、とくに使用者の立場よりみて、実用性がすぐれていると考えられる高能率サブマージアーク溶接法「KK一法」* について紹介する。

従来より提唱されてきた高能率法にはおのおの長所短所があり、それが実用化される場合

- (1) 普通の方法（フラックスおよびワイヤ）がそのまま使用でき、特別な溶加材などを持ちいる必要がないこと
- (2) 溶接操作が簡単で、いわゆる普通法と同じように操作でき、特種なテクニックを要しないこと
- (3) 特別な溶接装置を必要としないこと
- (4) 材料費などで、コストが高くないこと
- (5) 溶接部の性能がすぐれていること
- (6) 作業性がよく、条件範囲が広いこと（現場的に管理が容易であること）

などの各条件を満足する方法でなければならない。これらの点を考慮しつつ開発したのがKK一法である。

KK一法のうち、ここではKK-X法、KK-W法の二法を紹介する。

2. KK-X 法

KK-X法は、図1に示すように電流をワイヤに供給するコンタクトチップよりアークを点ずる母材までの距離（ワイヤエクステンション）を普通法より大巾に長くし、アーク帯にいたる前にワイヤを流れる電流によるジュール熱でワイヤ自身をいわゆる自己予熱し、それによってワイヤのアークによる溶融速度を向上せしめようという方法である。

普通、サブマージアーク溶接は、エクステンション 30~60 mm 程度でおこなわれるが、これを長くすると、その間で、電流、ワイヤ経およびエクステンションによりことなるジュール熱 ($I^2 \cdot R$) が生ずる。そして、アーク点では、ジュール熱とアーク熱の和によってワイヤが溶融されるが、この場合のワイヤ溶融速度 (MR) は一般に次の式で表わされる。

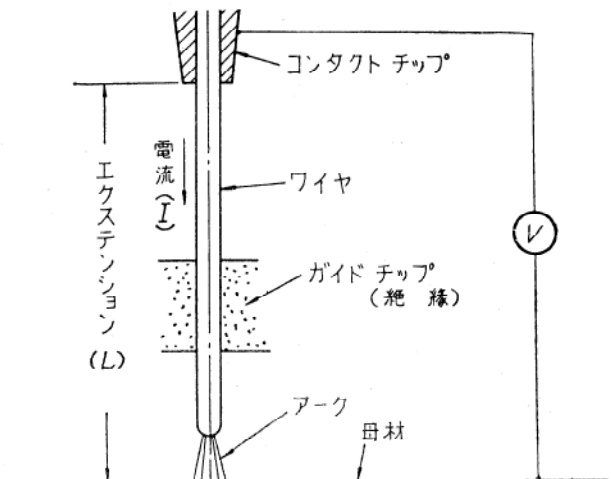


図1 KK-X 法原理図

* 神奈川県藤沢市宮前字裏河内100番地

$$MR(g/分) = \frac{I}{1000} \left[0.35 + d^2 + 6.79 \times 10^{-8} \times \left(\frac{I}{d^2} \cdot l \right)^{1.22} \right]$$

ただし I : 電流 (アンペア)

d : ワイヤ径 (インチ)

l : エクステンション (cm)

この式のうち、 $I/1000 \times 6.79 \times 10^{-8} (I/d^2 \cdot l)^{1.22}$ の項が、直径 d のワイヤに、電流 I を流した時、エクステンション l の間でジュール熱によりワイヤが予熱されたために上昇した溶融速度分に当る。すなわち、エクステンション部によるワイヤ溶融速度の増加の効果は、電流、電流密度の 1.22 乗、エクステンションの長さの 1.22 乗にそれぞれ比例する。

また、図 2 および図 3 は、エクステンション長さとワイヤ溶融速度の関係を表わしたものであるが、図 2 の R_0 はエクステンション長さ 0 の場合の溶融速度、すなわちアーク熱のみによる溶融速度にあたり、したがって、 MR_p であらわされる部分が、エクステンションでのジュール熱による自己予熱によるワイヤ溶融速度にあたり、それは、エクステンション長さが大きくなるにしたがい対数的に増加している。

この原理を応用したのが KK-X 法であるが、エクステンションでのワイヤの予熱軟化によるビードのだ行や、溶けこみ量のばらつきを防ぐため、図 4 に示す専用ノズ

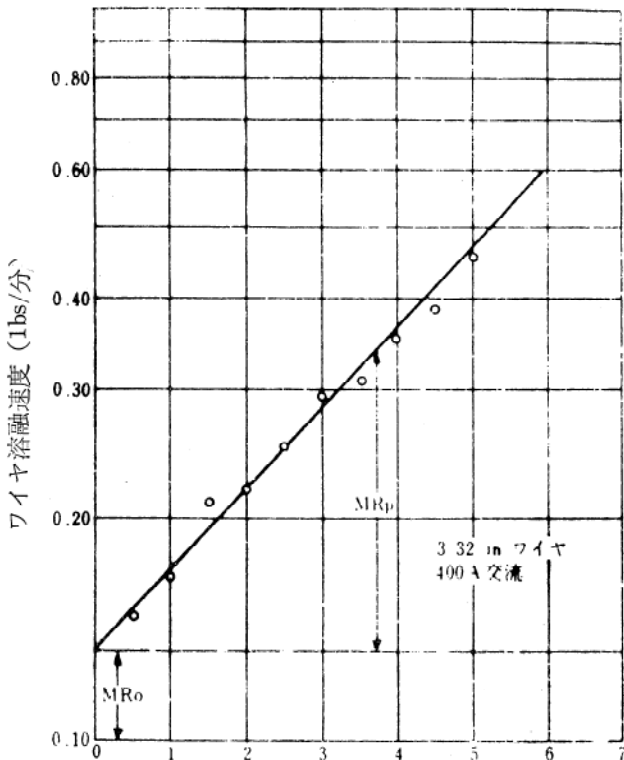


図 2 エクステンションとワイヤ溶融速度の関係

ルをもちいる。図 4 において、C-T (コンタクトチップ) より下の部分がエクステンションであり、その間でワイヤが予熱され、予熱されて軟化 (大電流では白熱状態にまで達する) したワイヤの屈曲を防ぐために、アーク点の上 (普通法のコンタクトチップの位置) に電気的に絶縁された耐熱性のガイドチップが設けられている。図 4 の (A) はエクステンションが固定された簡単なもので、(B) はコンタクトチップを摺動させてエクステンシ

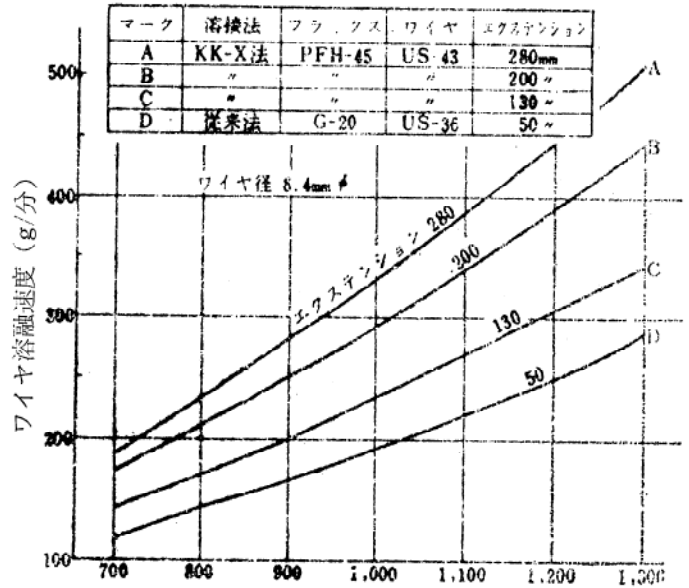
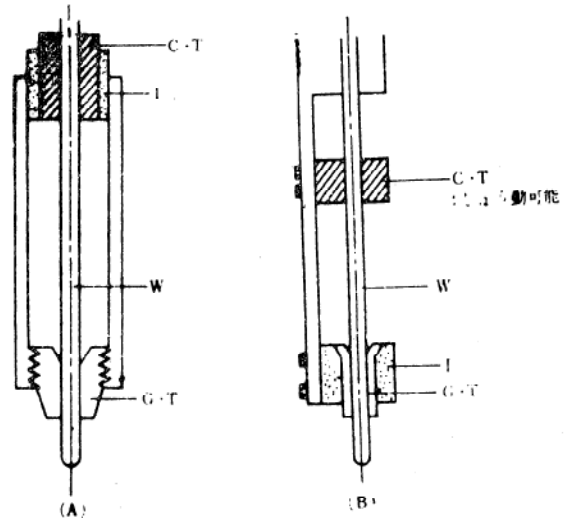


図 3 KK-X 法と従来法とのワイヤ溶融速度の比較



C-T : コンタクトチップ
I : 絶縁体
G-T : ガイドチップ
W : ワイヤ

図 4 KK-X 法用専用ノズル

(A) エクステンション固定式
(B) C-T をしゅう動させてエクステンションを移動調整する式

の長さを調整できるようになっている。

このKK-X法は、他の高能率法とくらべて

- (1) 普通のサブマージーク溶接機がそのまま使用でき、簡単な専用ノズルを取りつけるだけでよい。そのため準備が簡単で設備費もほとんど要しない。
- (2) 普通のワイヤ、フラックスがそのまま使用でき、他の溶加材などは必要としない。
- (3) したがってコストが非常に少なくてすむ。
- (4) 普通の単極溶接機を使用する場合とまったく同じ作業要領でよく、特殊な技術を必要としない。(現場管理が容易である)
- (5) 溶接部の性能がすぐれている。とくに溶着金属の切欠じん性がよい。

1. KK-X 法用ノズル

KK-X法を現場作業に適用する場合、その専用ノズルの使用性と機能が最大のポイントとなる。そのノズルは溶接の安定性と同時に、本法の実用価値をも発揮するため次の諸点が要求される。

- (1) ワイヤの取りかえが容易におこなえ、しかも、大電流にじゅうぶん耐える構造であること。
- (2) 従来のサブマージーク溶接機に簡単に取り付け、使用できるものであること。
- (3) エクステンションの変化調整が簡単に行なえる構

造のものであること。

これらの点を満足すべく種々、改良を重ね、前述のようにエクステンション長さが固定式のものと同様式のものとの二様式につき表1に示す種類のを市販している。このうち、固定式ノズルは図5に示す構造のもので、たとえば、造船所の船台上エレクションバット溶接、多層盛溶接、肉盛溶接などのようにエクステンションを変化させる必要のない場合に好適である。

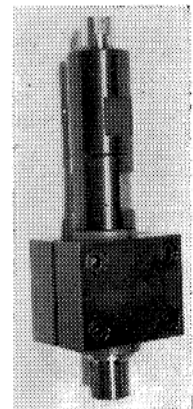


図5 固定式ノズル

また、移動式ノズルは図6に示す構造のもので、中央部にあるコンタクトチップを上下に摺動させ、エクステンションを自由に調整でき、KK-X法一般用である。

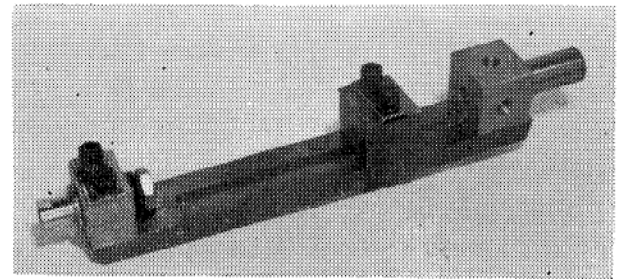


図6 移動式ノズル

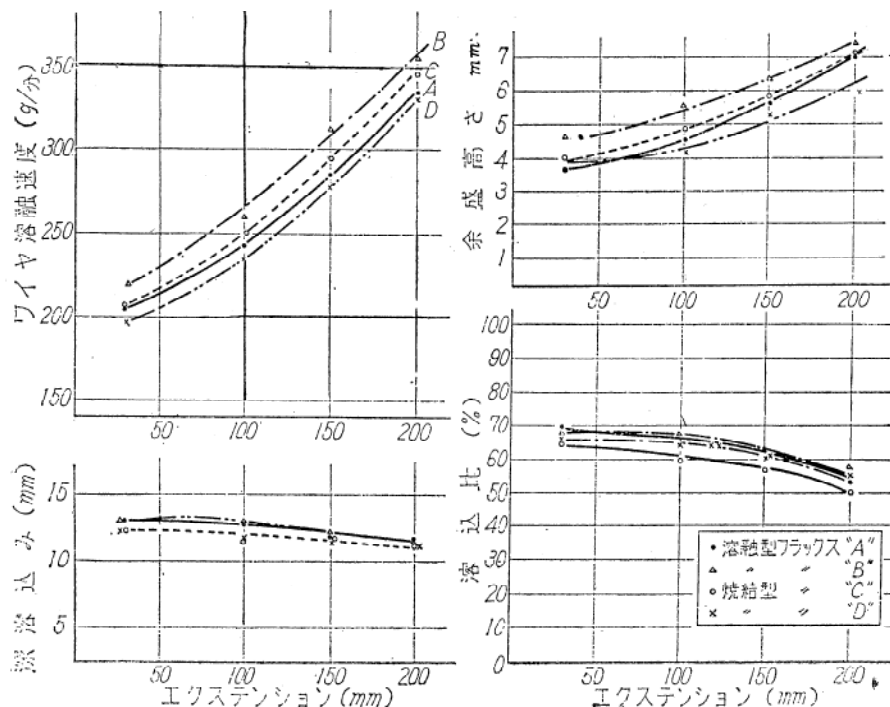


図7 エクステンション長さでワイヤ溶融速度溶けこみ諸量の関係
平板上ビード：1050 A - 41 V - 30 cm/分

表1 KK-X 法用ノズルの分類と選び方

エクステンション固定式ノズル

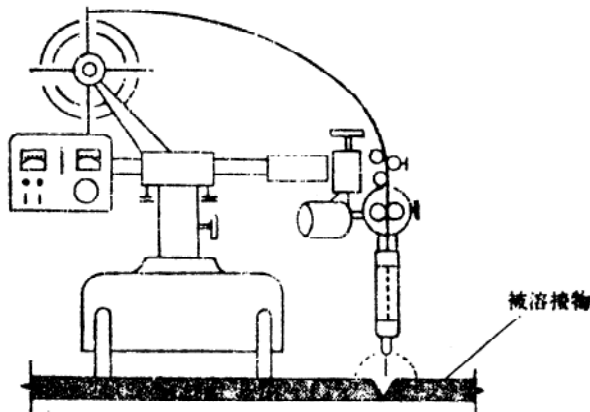
名称	エクステンション (mm)	アダプタ (301)	ノズルポ デー (302)	エクステ ンション ポデー (303)	ノズルの長さに制限のある場合		ノズルの長さに制限の ない場合
					*フランジ必要	フランジ不要	
11号	280	なし	1	2		USW-23	SW-23 SW-24 USW-23
12	〃	-B	1	2	SW-23(80)** SW-24(80)		
13	〃	-C	1	2	SW-3A(80)		SW-3A
14	200	なし	1	1		USW-23	SW-23 SW-24 USW-23
15	〃	-B	1	1		SW-23 SW-24	
16	〃	-C	1	1		SW-3A	SW-3A

エクステンション移動式ノズル

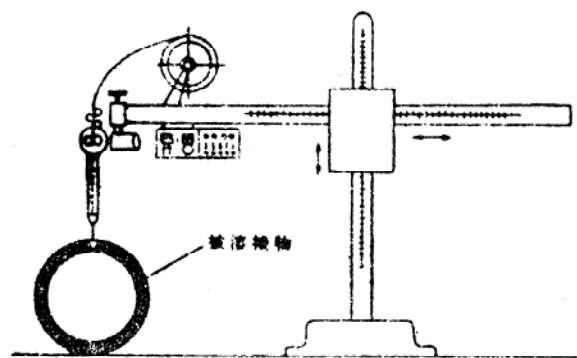
名称	エクステ ンション 最高 (mm)	アダプタ	スリーブ	ノズル長さに制限のある場合 (使用法 甲)		ノズル長さに制限のない場合 (使用法 乙)	
				*フランジ必要	フランジ不要	フランジ必要	フランジ不要
1号	280(調)	201-A	202-L		USW-23		SW-23. SW-24 USW-23
2号	〃	201-B	202-L	SW-23. SW-24 (80)**	USW-23		SW-23. SW-24 USW-23
3号	〃	201-C	202-L	SW-3A(130)			SW-3A
4号	200(調)	201-A	202-S		USW-23		SW-23. SW-24 USW-23
5号	〃	201-B	202-S		SW-23 SW-24		SW-23. SW-24 USW-23
6号	〃	201-C	202-S	SW-3A(50)			SW-3A

* フランジとは台車とスタンドとの中間に入れる延長部材のこと

** フランジの高さ (mm)



ノズルの長さに制限のある使用法 (使用法 甲)



ノズルの長さに制限のない使用法 (使用法 乙)

2. KK-X 法のビード特性 (ワイヤ溶融速度, 溶けこみ)

エクステンションを長くするとワイヤの溶融速度は増加する。その増加分は、エクステンションとワイヤ溶融速度との関係をプロットした図2のMRpにあたるもので、電流、電流密度の1.22乗、エクステンションの

1.22乗にそれぞれ比例する。

平板上のビードにつき、エクステンションとワイヤ溶融速度、溶けこみ諸量の関係を図7に示す。同図によると、これは使用フラックスによって多少差はあるが、ワイヤ溶融速度はエクステンションの増加によって急激に増した、余盛は高くなり、溶けこみ比は減少する。その場合の溶けこみは多少減少する傾向にあるがその程度

は少ない。

KK-X法は、両面一層溶接に適用した場合、ワイヤ溶融速度の上昇分だけ溶接走行速度を高くでき、多層溶接に適用した場合、同一条件で行って層数を少なくすることが出来る。

3. KK-X法の各種フラックスの適応性および溶接部性能の改善

KK-X法は、エクステンションが長く、ワイヤはジュール熱によって溶融池にいたる前に自己予熱され、電

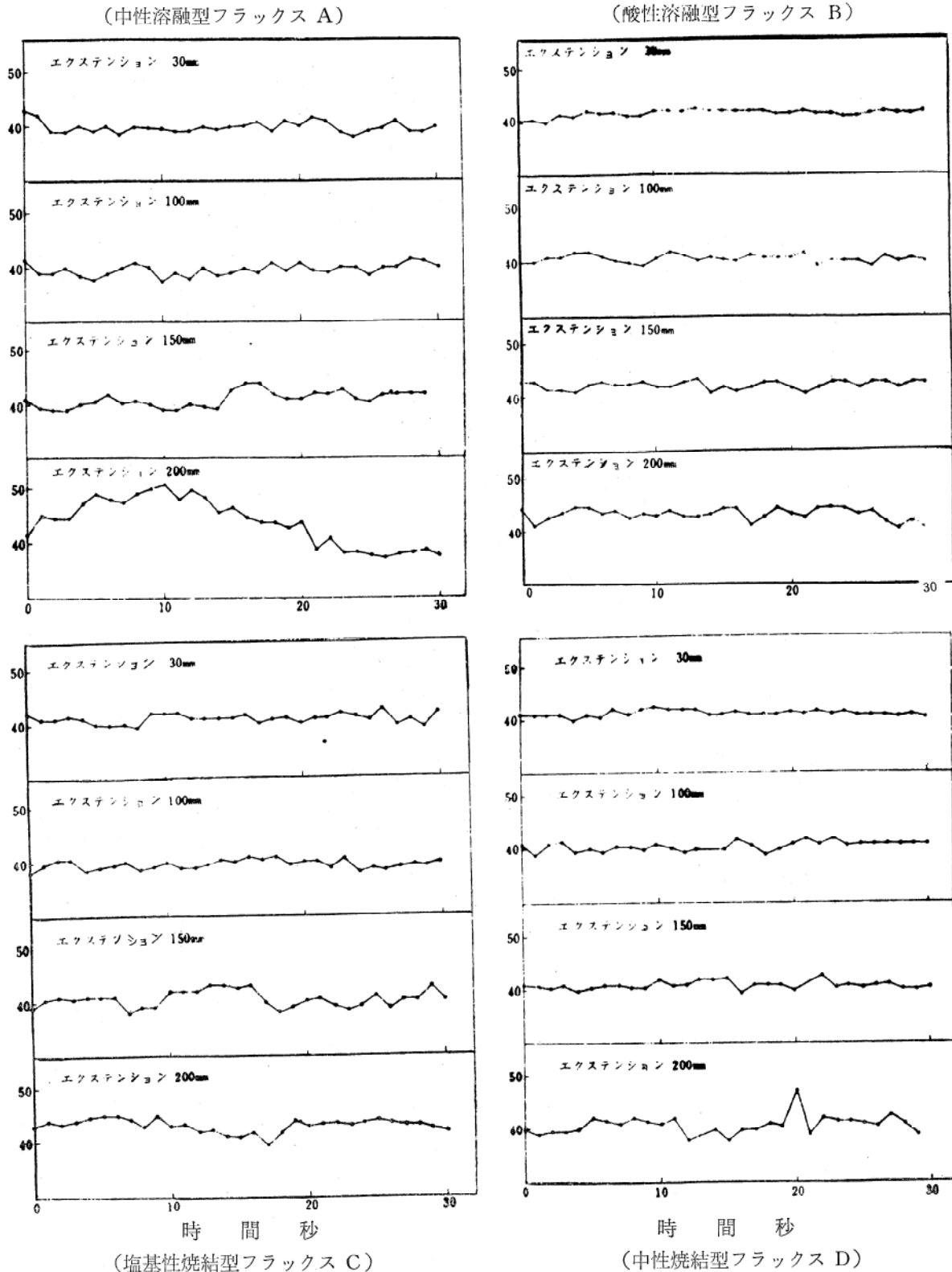


図8 各種フラックスのエクステンションと電圧変動の関係

生産と技術

流、電流密度、あるいはエクステンションが大なる場合には、アーク点にいたる前はかなり赤熱された状態となる。そのため、不適当なフラックスでは大電流の場合の作業性がかなり損なわれることがある。また、アークをスタートさせる際に、エクステンションにおけるワイヤの予熱程度が定常状態になるまでに、30~40秒要する。この間は溶けこみ諸量も定常状態に至らないので、エンドタブからスタートしたり、前のビードのクレーターに重ねたりして溶け落ちを防止する必要がある。

図8は、各種フラックスのエクステンション長さとおアーク電圧の変動を表わしたもので、表2は、その電圧変

表2 電圧変動標準偏差

エクステンション	フラックス		溶融形		焼結形	
	"A"	"B"	"C"	"D"	"C"	"D"
30 mm	6.0	4.8	4.7	3.3		
100	5.6	3.6	4.9	4.4		
150	7.9	4.0	6.6	3.7		
200	23.6	6.5	7.0	7.5		

表3 溶接電流の限界
(使用可能な最高電流)

ワイヤ	4.8φワイヤ, エクステンション 150~200mm のとき	6.4φワイヤ, エクステンション 200~280mm のとき
フラックス		
焼結型 PFH-45	750~900 A	1300~1500 A
溶融型 G20	650~750	1200~1300
" G50	—	—
" G80	550~650	800~1100
" MF-38	500~600	800~1100

表4 エクステンションの限界
(使用可能な最高エクステンション)

ワイヤ	4.8φワイヤ, 電流500~800 A のとき	6.4φワイヤ, 電流 700~1300 A のとき
フラックス		
焼結型 PFH-45	180~200 mm	280~300 mm
溶融型 G20	160~180	200~220
" G50	—	100~130
" G80	130~150	180~200
" MF-38	120~140	180~200

動を標準偏差で表わしたものである。

これからも明らかなよう、KK-X法に溶融型フラックスを用いる場合は、G20のような酸性フラックスが作業性の点で適している。しかし、KK-X法の、実用的な電流範囲、エクステンション範囲および実用的な開先を溶接する場合には、溶融型フラックスより焼結型、なかんずく塩基性焼結型フラックス、たとえばPFH-45が最も適したフラックスであり、溶着金属の機械的性質も優れている。なお、表3、表4に市販フラックスの使用限界の一例を示す。

また、図9、図10は、溶接性の悪い(C, Mn, Siのひじょうに高い)50キロハイテンの溶接部の切欠じんにおよびエクステンションの影響を示す一例である。いずれの場合も長エクステンションの方がすぐれたじん性を示し、エクステンションを長くすることによって溶着

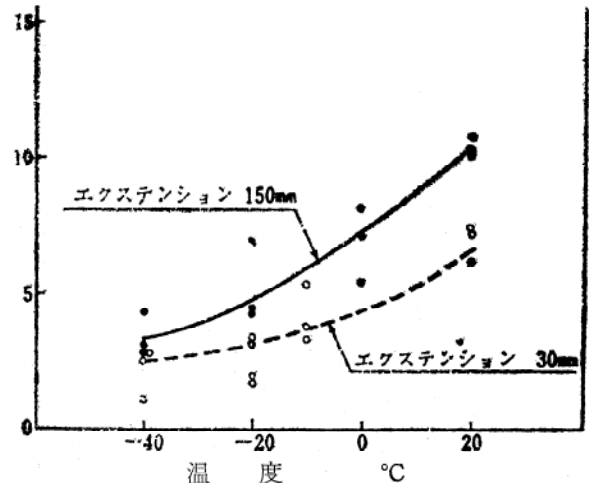


図9 溶融形フラックスによるV開先溶接部 衝撃試験結果 (50キロハイテン表面)

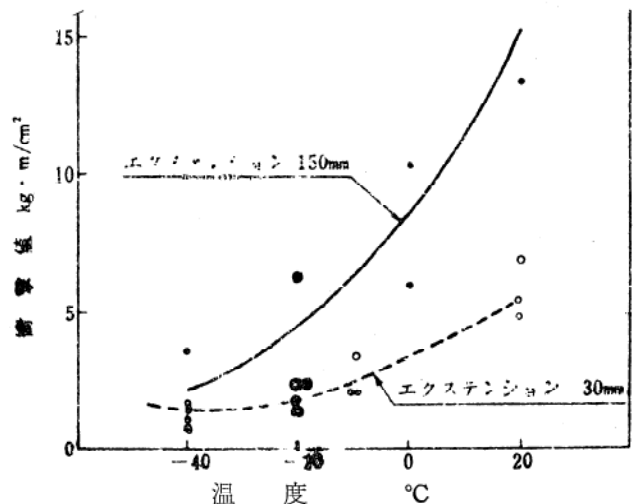


図10 焼結形フラックス“C”による両面一層溶接部 衝撃試験結果 (50キロハイテン, 板厚中央)

金属の機械的性質（とくに切欠じん性）が改善されることがわかる。これも、KK-X法の大きな特長である。

4. KK-X 法による溶接応用例

前節に記したように、KK-X法にもちいるフラックスは、塩基性の焼結型フラックスがもっともよい。また、エクステンションを長くした場合は、一般に溶接部の性能は改善される。

ここでは、軟鋼用塩基性焼結型フラックスをもちいた実際の溶接例を二、三紹介する。なお、図11は、移動式ノズルをもちいて溶接している状態を示す。

4-1 KK-X法による軟鋼の両面一層溶接

本法による両面一層溶接では、特殊の溶加材をアークの下に添加する方法とことなり、通常もちいられる開先形状が大体そのまま採用できる。表5は、ある造船所において、従来用いていた開先へKK-X法を適用した時の条件例であるが、溶接走行速度は、従来の普通法の約1.5倍にすることが出来た。また、その時の溶着金属の衝撃値を図12に示すが、いずれもかなり優れた値を示している。

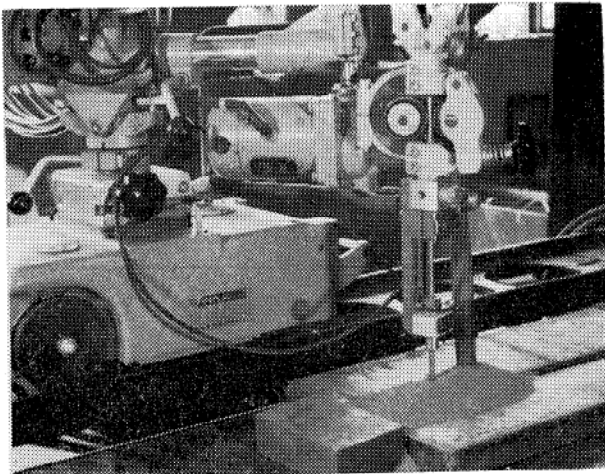


図11 移動式ノズルによる溶接進行状態

ている。

また溶接材料の消費量を表6に示すが、フラックスのワイヤに対する消費率(F/W)がひじょうに少ない。これは、エクステンション部分で予熱されたワイヤの溶融量が増加し、アーク周辺でとけるフラックスの量は普通法と変わらないために、F/Wが相対的に低下したものである。同一開先では、普通法とKK-X法の単位ビード長当りのワイヤの使用量はだむね同じであるので、フラックス処要量はかなり大巾に節減することができる。すなわち、KK-X法はひじょうに経済的な高能率法といえる。

4-2 KK-X法による大きな開先の溶接

造船所においては、船台上のブロック継ぎに、X開先

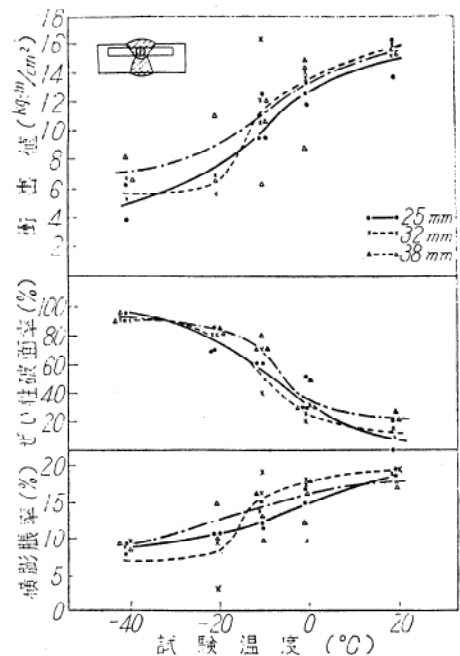
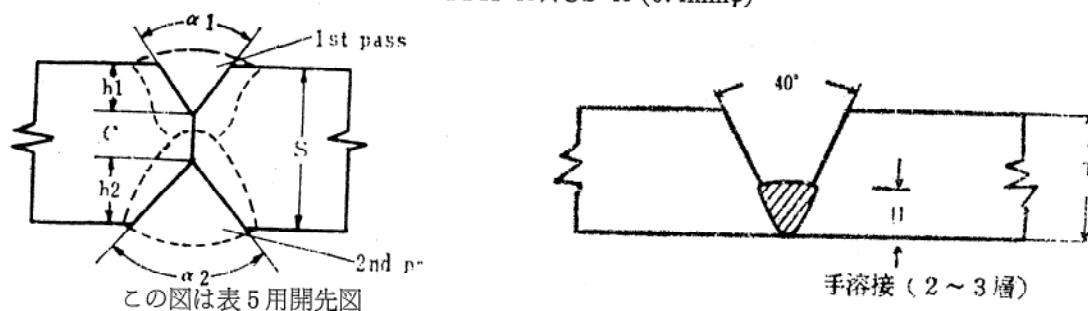


図12 KK-X 法両面1層溶接部の衝撃値遷移曲線 PFH-45×US-43

表5 KK-X 法両面1層溶接条件 (PFH45×US43)

板厚 (mm)	開先角度 α_1, α_2	開先寸法 (mm) h_1, C, h_2	パス	ワイヤ径 (mm)	溶接条件 $A \times A \times \text{cm/min}$	エクステンション (mm)	電流密度 (A/mm^2)
25	80°, 80°	8, 8, 9	1	6.4	870 × 36 × 40	250	27.4
			2	〃	1100 × 38 × 40	230	34.8
32	70°, 70°	11, 9, 12	1	〃	1100 × 44 × 35	230	34.8
			2	〃	1300 × 48 × 35	210	41.0
38	45°, 90°	18, 10, 10	1	〃	1400 × 45 × 30	200	44.2
			2	〃	1500 × 46 × 30	190	47.4

表7 KK-X.V開先エレクションバット溶接条件表
PFH-45×US-43 (6.4mmφ)



板厚 T (mm)	手溶接 (mm)	第1層目				第2層目			
		Amp.	Volt	cm/min	ext. mm	Amp.	Volt	cm/min	ext mm
17	8	840	38	30	280				
18	(4φ, 5φ)*	870	38	"	"				
19	↓	900	38	"	"				
20	12	1020	39	30	280				
21	(4φ, 5φ, 6φ)	1050	"	29	"				
22	↓	1080	"	28	"				
23	↓	1110	"	27	"				
24	↓	1140	"	26	"				
25	15	1200	40	30	280				
26	(5φ, 6φ, 8φ)	"	"	28	"				
27	↓	"	"	26	"				
28	↓	"	"	24	"				
29	↓	"	"	22	"				
30	18	1260	42	26	280				
31	(5φ, 6φ, 8φ)	"	"	24	"				
32	↓	"	"	22	"				
33	↓	"	"	20	"				
34	↓	1290	43	20	"				
35	↓	"	"	18	"				
36	↓	"	47	32	"	1200	45	25	280
37	↓	"	46	30	"	"	"	"	"
38	↓	"	45	28	"	"	"	23	"
39	↓	"	44	25	"	"	"	"	"

* 手溶接棒径

あるいはV開先で手溶接とサブマージアーク溶接の併用溶接がよく行なわれる。開先底部に二、三層手溶接でシーリングビードをおき、その上の大きな開先に数パスのサブマージアーク溶接ビードをおく方法であるが(いわゆるエレクションバット溶接)、このような場合にも、KK-X法をもちいると大巾に能率向上となる。すなわち、KK-X法の溶着量の多いことを利用して、かなり厚い板でも単層あるいは二層で仕上げることができ、アークタイムおよびスラグ除去時間の短縮が可能である。

表7は、ある造船所の開先での溶接条件表8は溶接材料使用量の一例である。この場合の開先はすべてV型開先で、開先底部に手溶接で板厚の1/3程度の厚さにシーリングビードをおいたものをもちいた。また、図13にビード断面写真の一例を示し、さらに、表9、表10は溶接部の性能である。すなわち、PFH-45をもちいると、作業性よく、経済的な溶接ができ、しかも溶接部の性能はひじょうにすぐれている。

表6 KK-X 法両面1層溶接における溶接材料消費量

板厚 (mm)	パス	エクステンション (mm)	ワイヤ溶融量 (W)		フラックス消費量 (F) g/m	F/W
			g/min	g/m		
25	1	280	273	685	392	0.57
	2	250	375	940	410	0.44
32	1	260	397	1130	840	0.74
	2	200	428	1220	925	0.75
38	1	220	498	1660	1410	0.85
	2	220	625	2080	1500	0.72

4-3 KK-X法によるスミ肉溶接

さらに、KK-X法をスミ肉溶接に適用すると次のような利点がある。

(1) 大脚長を必要とする溶接構造物では、一層溶接で得られる脚長の限界が大巾に増大する。たとえば、従来の普通法では、せいぜい 12 mm 程度が脚長の限度であ

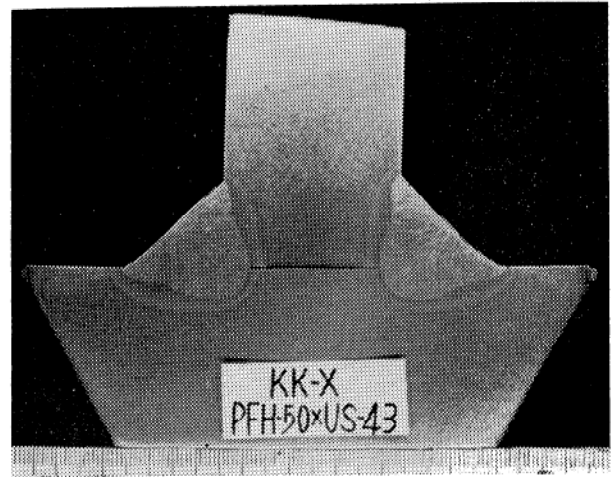


図14 KK-X 法による大脚長スミ肉溶接例

脚長：20 mm
条件：1200A—42V—24 cm/分
エクステンション：280 mm

り、それ以上になると、ビード外観があれったり、ワレ等のトラブルを生じる場合が多いが、KK-X法によると、25 mm 程度の脚長が一層で得られる。図14は、板厚 38 mm の50キロハイテン鋼板を、開先をとらないで下向スミ肉溶接を行った例である。

表8 KK-X 法エクシジョンバット溶接における溶接条件およびフラックス、ワイヤ使用量

板厚 (mm)	開先	溶接条件 A×V×cm/分	ワイヤ使用量 (W) (g/分)(g/m)	フラックス(F)使用量 (g/m)	F/W
32	50°V	1100 × 40 × 12	433 3600	2920	0.81
	50°V	1100 × 40 × 16	423 2650	2020	0.76
	40°V	1200 × 40 × 22	470 2140	1520	0.71
38	50°V	パス			
		1 : 1100 × 40 × 16 2 : 1100 × 45 × 20	435 2720 400 2000	—	—

(2) 大脚長スミ肉溶接では、経済性がいちじるしく向上する。とくに溶接時間が短縮されるだけでなく、フラックスの消費量も減少する。たとえば、上記 20 mm 脚長の溶接に際し、ワイヤ使用量 1.7~1.8 kg/m に対し、フラックス消費量は 0.9~1.0 kg/m と従来のフラックスとワイヤの使用量の比は 1:1 であるという概念から見れば、ひじょうはなくてすむ。

(3) 厚板のV型開先スミ肉溶接のように、大きな収縮応力の加わる構造物の溶接にも、優れた使用性を示す。

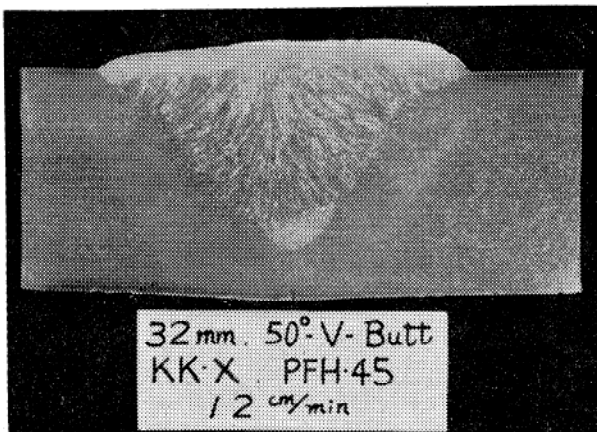


図13 KK-X 法によるエクシジョンバット溶接部ビード断面

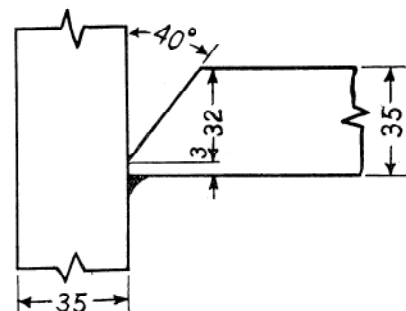


図15 V型スミ肉開先

表11 下向き肉肉の場合の普通法と KK-X 法の溶接条件の比較
(PFH-45×US-43, 4φ)

	同じ溶接条件の場合			同じ理論脚長をうる場合		能率比
	溶接条件	ワイヤ溶融量	理論脚長	理論脚長	溶接条件	
普通法	600A×40cm/min	104g/min	8.15mm	10mm	600A×27cm/min	100
KK-X法	“ “	165 “	10.15 “	“	“ 40	150

表9 KK-X 法によるエレクションバット溶接部全溶着金属引張強さ (PFH-45×US-43)

板厚 (mm)	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)
32	28.9	44.6	35	71
38	34.3	44.3	32	69

たとえば、図15のような開先形状のボックス型のスミ肉溶接構造物では、従来5～8パスの累層が必要であった。これは、能率の点からいえばひじょうに不合理なやり方であるが、従来の溶接法では、形状的に収縮ワレや応力ワレが発生し易く、やむを得ず層数を多くして施工されていた。このような個所に耐ワレ性のとくに優れたフラックス PFH-45 をKK-X法にて適用したところ、ワレの発生なしに2パスで仕上げることができた。(全長1500mmの試験板にて)

(4) 小脚長のスミ肉溶接では、同一条件で大きな脚長が得られ、また同一脚長はより速い溶接速度で得ることができる。表11は、その関係の一例である。

5. 結 び

以上、ジュール熱によるワイヤの自己予熱効果を利用した高能率法「KK-X法」を紹介したが、本法は

- (1) 溶加材をもちいずに、簡単なノズルを溶接機に取りつけるだけで大巾な能率向上が可能である。
- (2) フラックスの消費量が少なく経済的である。
- (3) 溶接部の性能、とくに切欠じん性が改善される。

などの大きな特徴を有する高能率法である。

なお、表12に、KK-X法の両面一層溶接およびエレクションバット溶接の場合の適正条件例を記載した。

3. KK-W 法

KK-W法は、一つの電源に並列に二本の電極をつなぎ、同時に二本のアークを発生せしめる方法で、電流供

表10 KK-X 法によるエレクションバット溶接部シャルピ衝撃値 (PFH-45×US-43)

板厚	-40	-20	-10	0	+20°C	
32	9.15	8.79	13.29	18.24	18.62	
	3.93	16.33	12.89	10.26	17.10	
			15.61	16.33		
38	1層目	—	—	16.33	19.75	—
				17.47	21.24	
				13.29	20.13	
	2層目	—	—	11.38	18.62	—
				11.00	20.13	
				18.62	19.00	

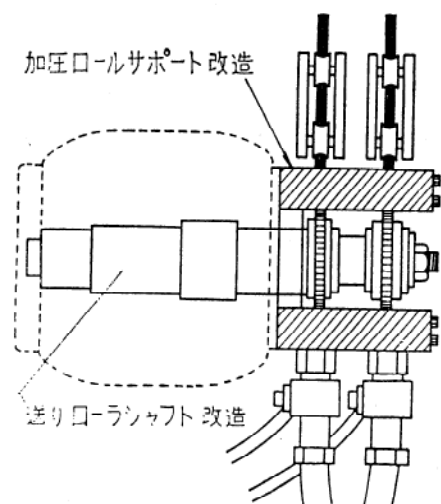
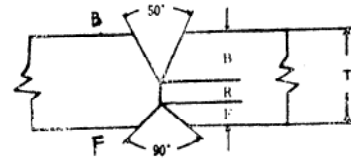


図16 KK-W 法装置改造図

給量の増加と、相互のアークの輻射熱によるワイヤ溶融速度の増加を利用した高能率法である。

本法は、普通の単頭溶接機を利用して、そのワイヤ送りローラー部分をダブルに改造するだけで簡単に実用化でき、溶接機のポータビリティはほとんど損なうことがない。図16に改造図を示す。また、図17は、大阪変圧器製 USW-23 溶接機に KK-W アタッチメントを取

表12 KK-X両面1層溶接条件表
PFH-45×US-43 (6.4mmφ)



T mm	B mm	R mm	F mm	Back pass (B)				Final pass (F)			
				Amp.	Volt	cm/min	ext mm	Amp.	Volt	cm/min	ext mm
17	6	6	5	820	35	45	200	1000	36	45	130
18	7	6	5	840	35	45	"	1000	36	45	"
19	8	6	5	860	35	45	"	1000	36	45	"
20	7	6	7	920	36	42.5	"	1100	36	40	"
21	8	6	7	940	36	42.5	"	1100	36	40	"
22	9	6	7	960	36	42.5	"	1100	36	40	"
23	10	6	7	980	36	42.5	"	1100	36	40	"
24	11	6	7	1000	36	42.5	"	1100	36	40	"
25	12	6	7	1000	36	40	"	1100	36	40	"
26	13	6	7	1020	36	40	"	1100	36	40	"
27	14	6	7	1050	37	40	"	1100	36	40	"
28	15	6	7	1080	37	40	"	1100	36	40	"
29	16	6	7	1110	38	40	"	1100	36	40	"
30	15	6	9	1050	37	35	"	1230	37	35	"
31	16	6	9	1080	37	35	"	1230	37	35	"
32	17	6	9	1110	38	35	"	1230	37	35	"
33	18	6	9	1140	38	35	"	1230	37	35	"
34	19	6	9	1170	38	35	"	1230	37	35	"
35	18	6	11	1140	38	30	"	1320	37	30	"
36	19	6	11	1170	38	30	"	1320	37	30	"
37	20	6	11	1200	39	30	"	1320	37	30	"
38	21	6	11	1230	39	30	"	1320	37	30	"
39	22	6	11	1260	39	30	"	1320	37	30	"

ext.: エクステンション

りつけた外観写真である。

さらにKK-W法は、溶接線に対する二本の電極の並べ方によって、図18に示すように、KK-W-L方式（二本の電極を溶接線方向に並べる方式）、KK-W-T方式（二本の電極を溶接線と直角方向に並べる方式）の二つの方式がある。もちろん、二つの方式とも溶接機のヘッドの向きを変えることにより、簡単に撰択出来る。このうち、KK-W-L方式は、両面一層溶接やすみ肉溶接などに適し、KK-W-T方式は、エレクションバット溶接などの巾広い開先を一パスで溶接するのに好適である。

KK-W法は、加圧ロールサポートの下はゆるく曲っ

たカーブドノズルをもちい、極間距離を10~20mmにして使用すると作業性がよい。また、供給された電流は、二本の電極に二分されて流れ、別々のアークを発生させるので、使用するワイヤは、その径を使用する電流の1/2の値によって決定しなければならない。

KK-W法は、

- (1) 普通のサブマージアーク溶接機がそのまま使用でき、送りローラー部分の簡単な改造だけでよい。そのため、設備量がひじょうに少なくすみ、経済的である。
- (2) 普通のワイヤ、フラックスがそのまま使用でき、他の溶加材などは必要としない。

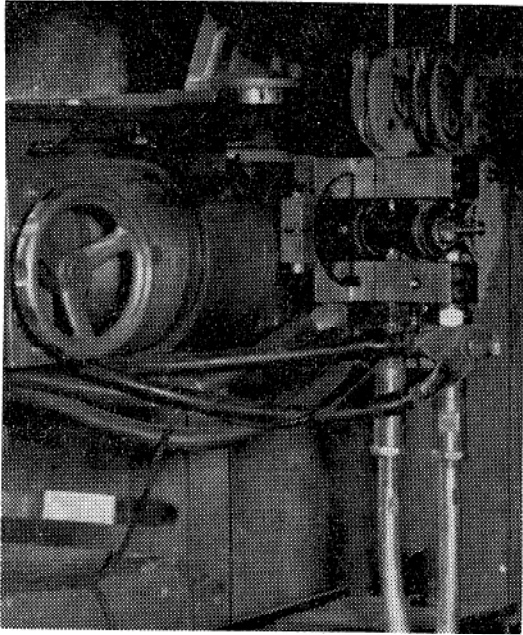


図17 KK-W 法アタッチメント取付図

- (3) したがってコストがひじょうに少なくてすむ。
- (4) 溶接部の性能がすぐれている。とくに溶着金属の切欠じん性がよい。
- (5) KK-W-L方式, KK-W-T方式を使いわけることによってせまい開先から広い開先まで1パスのビードでうめることが出来る。

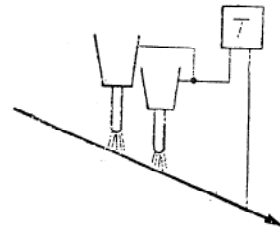
1. KK-W 法のビード特性

KK-W法では、同一サイズのワイヤをもちいても一度に二本のワイヤを供給するので、普通法に比してかなり大電流をもちいることができ、同時に、隣接する二本の電極が相互のアークの輻射熱によってその溶融速度を上昇せしめる。また、広い開先の場合にKK-W-T方式を採用すると、バンド電極をもちいたような形となって溶けこみが減少するので、余盛量が増大し、溶落ちることなく電流を高くすることができるので能率上昇となる。

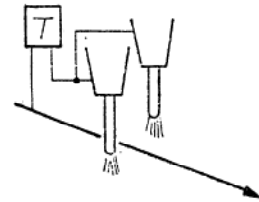
平板上のビードにつき、各条件でのKK-W-L方式のワイヤ溶融速度、フラックス消費率、およびビード溶けこみ諸量を、普通法と比較しつつ図19に示す。

この場合の溶接条件は下記の通りである。

- 700 A—32 V—25cm/分
- 900 A—33 V—25cm/分
- 1100 A—34 V—25cm/分



KK-W-L方式



KK-W-T方式

図18 KK-W 法電極配置形式

ただし、ワイヤ径は普通法では 6.4 mm
KK-W法では 4.0 mm (2本)

上記によると、KK-W法は普通法に比して、同一電流でワイヤ溶融速度は1.8~2.0倍、フラックス消費率は、0.4~0.8倍であり、溶着速度の速い、経済的な高能率法である。また、KK-W法は、同一条件では溶けこみが少ないので、両面一層溶接では電圧を数ボルト低くすることにより、普通法と変らない溶けこみが得られる。

KK-W法は、ワイヤ溶融速度の上昇分だけ、両面一層溶接では溶接走行速度を上げ、多層溶接では層数を少

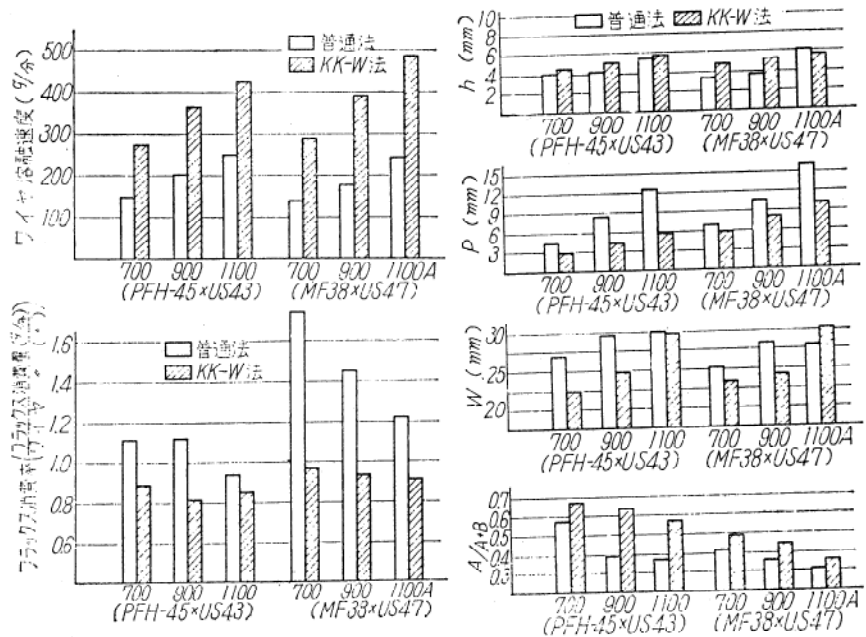


図19 平板上シングルビードによるワイヤ溶融速度、フラックス消費率、溶けこみ諸量の比較

なくして溶接作業時間を短縮することができる。

2. KK-W 法による溶接応用例

KK-W法は、普通のフラックス、ワイヤをそのままもちいることができるが、1500Aをこえる大電流では、作業性の点から、PFH-45のような塩基性焼結型フラックスが適している。また、それによって溶接部の性能も大巾に改善される。以下に、KK-W法による溶接例を二、三紹介する。

2-1. KK-W法による軟鋼の両面一層溶接

KK-W法による両面一層溶接においても、普通もちいられる開先が、だいたいそのまま採用できる。その場合の適正条件の一例を表13に示す。これによると、溶接速度は普通法の約1.5倍に上昇させることができる。また、溶着金属の衝撃値を表14に示すが、いずれも優れた値を示している。

また表15に溶接材料の消費量を示すが、フラックス使用量は、普通法に比して5~30%少ない。

表13 両面1層溶接適正条件 (KK-W-L)

板厚 mm	溶接材料 (フラックス ×ワイヤ)	開先形状				溶接条件 パスA×V×cm/分
		a	b	c	θ ₁ θ ₂	
25	PFH45× US43	10	7	8	70°	B 1400×32×40 F 1800×33×40
		9	8	8	80°	B 1300×34×40 F 1400×35×40
38	PFH-45× US43	10	10	18	90°	B 1800×33×30 F 2000×34×30

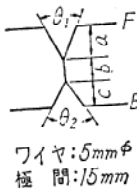


表14 KK-W法両面1層溶着金属衝撃値

溶接法	板厚 mm	フラックス ×ワイヤ	テスト ピース 採取 位置	衝撃値 (2Vサイド) kgm/cm ²					
				0	-10°C				
両面1 層溶接	25	PFH-45 ×US43	M	12.9	14.4	11.0	13.7	12.6	16.7
				15.3	16.3		13.7	8.4	
		F	14.0	15.3	11.0	11.8	9.9	8.8	
			14.4	14.0		8.8	8.0		
	MF-38 ×US47	M	14.8	14.8	15.4	—			
			F	14.8	12.6	13.2	—		
38	PFH-45 ×US43	M		13.7	12.6	15.6	12.9	15.6	11.8
			12.6	11.8		8.1	11.8		
	F	14.0	15.6	10.3	14.4	13.7	8.8		
		12.6	12.1		14.8	12.9			

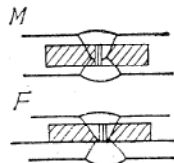


表15 溶接材料使用量 (1m 当り)

溶接法	板厚	溶接方式	フラックス ×ワイヤ	パス	フラックス 使用量		ワイヤ 溶融量	
					使用量 g/M	使用率 %	使用量 g/M	使用率 %
両 面	25	N	PFH-45 ×US43	B F	750	100.0	684	100.0
					863		950	
		KK-W	"	B F	664	84.2	744	112.0
					694		1088	
1 層	38	N	MF38 ×US47	B F	852	100.0	684	100.0
					1012		940	
		KK-W	"	B F	868	95.3	710	104.6
					907		990	
N	PFH-45 ×US43	B F	1600	100.0	1560	100.0		
			1600		1520			
KK-W	"	B F	1025	71.0	1528	104.0		
			1290		1674			

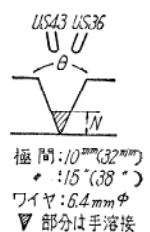
註) Nは普通法(KK-W法と同一開先)
使用率は普通法との比較
使用量はビード1mあたり

2-2. KK-W-T方式によるエレクションバット溶接

開先の大きな手溶接併用V開先エレクションバット溶接には、KK-W法の二電極を溶接線方向に並列に並べたKK-W-T方式が好適である。すなわち、単電極で広い開先を溶接すると、溶着金属量が多すぎたとしても、開先両壁に十分に溶けこまず、スラグの巻きこみができたり、あるいはビード巾が不足して開先が残ったり、ビード巾が不そろいになったりすることがある。このような場合には、KK-W-T方式をもちいると、上のような欠陥のない接手がえられる。表16にV開先エレクションバット溶接条件例、図20にビード断面の一例を示し、さらに表18、表19にその場合の溶接部の性能を示す。PFH-45によると、50°V開先のエレクションバット溶接(手溶接シーリングビードはいずれも15mm)は、32mmは一層、38mmは二層で作業性よく仕上げることができ、しかも、その溶接部の性能は満足すべきもの

表16 エレクションバット適正溶接条件(KK-W-T)

板厚 mm	溶接材料 (フラックス ×ワイヤ)	開先 形状	溶接条件 パス: A×V×cm/分	US43 US36	
				極間: 10mm(32mm) φ: 15(38)	ワイヤ: 5.4mmφ ▽部分は手溶接
32	PFH-45 ×US43 +US36	15°	50°	1	1750×29×15
38	"	15°	50°	2	1600×33×20
					1600×32×20



である。なお、この場合、溶着金属の性能の調整のため、用いるワイヤは US43 と US36 と異種のを組合わせている。これによって溶着金属の化学成分が調整され、その機械的性質が改善された。また、表19には溶接

材料の使用量を示す。また、表20は溶接能率計算例である。

2-3. KK-W法によるスミ肉溶接

KK-W法 (KK-W-L方式) は、スミ肉溶接に適用して溶接走行速度の上昇による能率化が期待できる。表21は、KK-W-L方式による下向きスミ肉溶接条件例で、普通法よりかなり高速で溶接ができる。

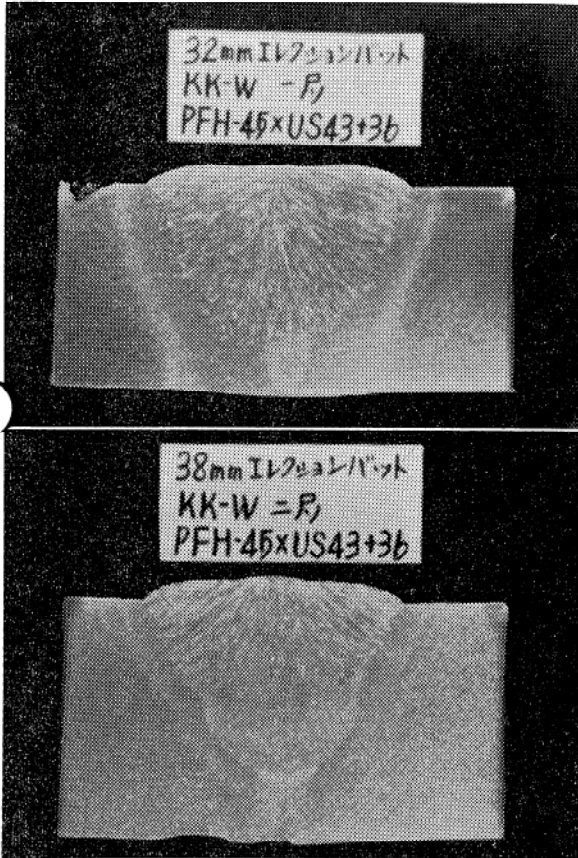


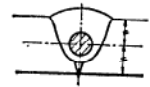
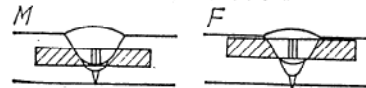
図20 KK-W方式によるエレクションパット溶接部ビード断面

表17 KK-W-Tエレクションパット溶接部全溶着金属引張強さ

溶接法	板厚 mm	フラックス ×ワイヤ	引張試験結果				層数
			降伏点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸び %	絞り %	
エレクションパット	32	PFH-45× US43, US36	30.5	48.7	34	67	1層
	38	//	34.8	50.4	33	68	2層

表18 KK-W-T エレクションパット

ト溶接部溶着金属衝撃値



溶接法	板厚 mm	フラックス ×ワイヤ	テスト ピース 採取 位置	衝撃値 (2Vサイ F kgm/cm ²)					
				0			-10°C		
エレクションパット	32	PFH-45 × US43 × US36	M	10.3	11.8	9.5	8.8	7.8	8.7
			F	10.6	10.3	—	8.1	—	—
	38	PFH-45 × US43 × US36	M	11.8	10.6	9.2	11.8	8.1	11.4
			F	11.0	12.9	—	8.3	9.9	—

表19 KK-W-T方式エレクションパット溶接の場合の溶接材料使用量

板厚	溶接方式	フラックス ×ワイヤ	パス	フラックス使用量		ワイヤ溶融量	
				使用量	使用率	使用量	使用率
32	N	PFH-45 × US43 × US36	1~3	840 g/分 1000 948 ----- 2788	100.0%	890 g/分 1000 630 ----- 2520	100.0%
	KK-W	//	1	3010	108.0	2440	96.8
38	N	//	1~4	795 990 648 +652 ----- 3085	100.0	1150 1300 780 +808 ----- 4038	100.0
	KK-W	//	1~2	1620 +1380 ----- 3000	97.3	2200 +2000 ----- 4200	104.2

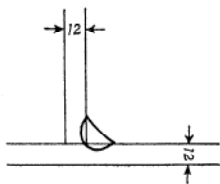
註) 使用率は普通法 (N) との比較 使用量はビード長 1m 当り

表20 溶接能率の比較

溶接法	板厚	溶接方式	フラックス ×ワイヤ	パス	ワイヤ溶融速度		アーク発生時間	
					溶融速度	速度率	発生時間	時間率
両面1層	25	N	PFH-45×US43	B F	g/分 171 238	% 100.0	分/m 4.00 4.00	% 100.0
		KK-W	〃	B F	298 435	179.2	2.50 2.50	62.5
		N	MF-38×US47	B F	191 235	100.0	4.00 4.00	100.0
		KK-W	〃	B F	284 396	167.2	2.50 2.50	62.5
	38	N	PFH-45×US43	B F	312 304	100.0	5.00 5.00	100.0
		KK-W	〃	B F	458 502	155.9	3.33 3.33	66.7
エレクシ ョンバツ ト	32	N	PFH-45×US43	1~3	178 220 平均)151 183	100.0	5.00 4.54 +)4.16 13.70	100.0
		KK-W	PFH-45×US43 US36	1	427	233.4	6.67	48.7
	38	N	PFH-45×US43	1~4	230 260 195 平均)202 222	100.0	5.00 5.00 4.00 +)4.00 18.00	100.0
		KK-W	PFH-45×US43 US36	1~2	440 平均)400 420	189.2	5.00 +)5.00 10.00	55.5

註) 速度率, 時間率は普通法との比較

表21 スミ肉溶接適正条件 (KK-W-L)



極間: 15 mm
フラックス: MF-38
ワイヤ: US 36 (4φ)

脚長	溶接条件
6 mm	900A-36V-80cm/分
8	1000A-37V-70cm/分
10	1100A-37V-60cm/分

3. 結 び

以上, 単頭二電極高能率溶接法 “KK-W法” を紹介したが,

- (1) 簡単なダブル式加圧ロールサポートを普通の溶接

機に取りつけるだけで大巾な能率化が可能である。
(2) 普通の溶接材料をそのまま使用することができ、特別な溶加材を必要としない。

(4) 溶接部の性能, とくに切欠じん性が改善される。などの特長を有する。

以上, 高能率サブマージアーク溶接法として, KK-X法, KK-W法の二つを紹介したが, これらはいずれもひじょうに簡単なアタッチメントを普通のサブマージアーク溶接機に取りつけるだけで容易に実用化でき, しかも, 特別な溶加材を必要とせず, 普通のフラックス, ワイヤをそのまま用いることができるので, 非常に経済的な方法である。この二種類の高能率法を, 開先の形状および施工法によって使いわけることにより, 溶接作業の能率化がスムーズに進められる。たとえば, 造船所において, 内業の板継ぎの両面一層溶接にKK-X法あるいはKK-W-L方式を用いれば, 溶接走行速度で1.5倍程度の能率向上となる。この場合, 開先角度の比較的

(以下29頁へ続く)

(23頁より続く)

せまいX開先に対しては、溶けこみの深いKK-X法の方が実用的であろう。また、船台上のブロック継ぎの場合には、KK-X法、KK-W法ともパスの数の減少(普通V開先の場合、32mmまで一パス溶接が可能)とスラグ除去時間の短縮のため、大巾な作業時間の縮小となる。ただし、開先巾が広く、たとえば板厚32mm以上で50°V開先のような場合には、ビード巾が広くできるKK-W法(KK-W-T方式)が欠陥の少ない継手がえられる。

	ショベル ディップ 容 量	ホ ディ ッ パ 容 量	ウ ッ パ 量	クラムセル ドラグライン バケット容量	クレーン つり上能力 (作業半径 3.0mにて)
315	0.6m ³	0.6m ³		0.8m ³	15,740kg
320	—	0.6m ³		0.8m ³	18,140kg
320H	—	0.6m ³		0.8m ³	22,500kg
330	—	0.6m ³		0.8m ³	27,220kg
430-TC	—	0.6m ³		0.8m ³	31,750kg