

造船所における片面自動溶接について

大阪大学工学部 大 谷 碧
上 田 幸 雄

はしがき

第2次世界大戦中に日本の工業界は一般に甚大な損害を受けたが、造船所のこうむった被害は比較的軽い方であったから、戦時中のままの生産設備と技術者をかかえたまま終戦を迎えたのである。1949年に、マッカーサー司令部が外航船の建造を許可するまでの数年間は、僅かな漁船や小型船が細々と作れるのみで、造船業は辛じて命脈を保って来た。しかしこのような受難時代に造船所の幹部たちは、日本造船界全体の技術を練磨することにより、輸出産業として活路を拓くことのみが生き残るための唯一の方法であること着目して、全くオープンな技術交流を広く実行するとともに、乏しい資金をやりくりして造船所の第1次近代化を世界ではじめて達成したのである。

現在わが国が世界一の船舶建造量を誇り、2位以下を断然離して独走し続けているのは、諸先輩のこのような慧眼と努力の賜物である。

しかし世界の海運業の中心はもちろん大西洋であって、日本はいわば町外れの店のごときものである。かかる地理的不利を克服して受注を確保するためには、他国よりも、**より早く、より良く、より安く**、船を建造しなければならない。

まず**より早く**の点であるが、日本造船所の建造速度は2位の西独の約1.5倍、イギリスに比べると約2倍といわれる。しかし最近では欧州諸国において、日本より1歩早く造船所の第2次近代化が完成し、建造スピードがわれわれと変わらないものもできているので、安心は禁物であろう。

第2の**より良く**については、今までのような心掛けて建造を続けて行く限り、心配はないようである。しかし慎重さをやや欠いたための事故が近頃では話題となりはじめたから、建造技術の面で今一度鞭を締めなおしておくのがよいかも知れない。それと特殊船の分野では、諸外国に比べて独創性の面で劣ることを指摘せねばならない。今後の努力が必要であろう。

さて問題は、第3の**より安く**についてである。造船界の幹部の推測によれば、現在の船価をさらに約15%

引き下げることに成功すれば、日本造船界の地位は当分不動のものになるといわれている。しかし現在の船価は、欧州のそれよりすでに約10~15%安いのであるから、今以上に船価を下げることは極めて困難なことが予想される。しかし日本の造船所はこの数字を目標にして、設計と建造技術の進歩とを計っているのである。

さてわれわれの当面する建造技術上の重要な問題点にはいくつかの項目があるが、ここに記述する片面自動溶接はその1つである。

造船所で用いられている自動溶接法は、そのほとんどがサブマージド・アーク溶接である。この方法は戦後アメリカから輸入されたものであって、その高速度かつ高性能なことは普通の手溶接を遥かに引き離しており、船体の下向き突合せ溶接は大部分サブマージド・アーク溶接される。

船体を構成する主要強度部材は、一般に板厚が約15~30ないし35mm位のものである。これらの鋼板を突合せ溶接するのに、従来は両面1層でサブマージド・アーク溶接し、次に鋼板を裏返して残りの $\frac{1}{2}$ 板厚をさらに一層で溶接するのである。このようにして表裏各1層(合計2層)の溶接でサブマージド・アーク溶接を完了する。ところで船体は非常に巨大なものなので、その建造に当っては船体を数百個の単位(これをブロックという)に分割し、単位ブロック毎にその形状を正確に組立ててから、船台上(またはドック内)に運搬して結合し、船体を組立てるのである。ブロックの大きさは長さ \times 幅が10m以上、重量は20~80t程度のものが多い。また最近新設された造船所では、ブロックはこの数倍の大きさに達している。このような巨大ブロックを両面一層溶接でサブマージド・アーク溶接すると、裏面を溶接するためにはどうしてもブロックを一度ひっくり返さねばならない。

したがって工場は大きな天井高さが必要となり、また反転作業に手間と時間が掛り全工程のネックとなる。

さらに船台やドックでブロックを結合する工程では、巨大な船体を反転することはできない相談だから、突合せ継手の裏面側の溶接は手溶接で行わざるを得ず、サブマージド・アーク溶接の高効率率は半減されてしまう。片面自動溶接によるならば、それらの難点は存在しない。

このような訳で、造船所の改造や新設に当って、片面自動溶接の必要性が前から叫ばれてきた。

従来の経験によれば、片面自動溶接を実施するに際して最も問題となるのは、継手の裏面から見て美しい外観を持つ第1層目のビードを、継手の表面から溶接することの困難さであった。そしてこの困難さは、船体ブロックの大きさが非常に大きいので継手長さが約10mあるいはそれ以上に達するときであるとされてきた。一般にサブアージド・アーク溶接される部分の開先には、高い形状精度が要求される。例えば両面1層溶接のときは、開先の間隔は0.5mm以下であることが要求される。従来試みられてきた片面自動溶接法で満足な結果を得るためには、これ以上の精度が必要と考えられて来た。実験室内の簡単な継手試験片ならば、この程度の精度を実現することは容易であろうが、巨大かつ複雑な船体ブロックに対してこのような高精度を要求しても、実現はなかなか困難である。また仮りに溶接前に開先形状を正確に仮付けしたとしても、溶接に伴って生ずる熱応力のため、大ブロック内の開先の精度は溶接中に若干狂ってしまうものなのである。

したがって片面自動溶接の研究の焦点は、溶接中の開先精度低下をも考慮に入れて、実現可能な精度内で片面自動溶接の可能な方法を見出すこと、つまり開先精度の若干の低下に対し鈍感な溶接方法を求めることとなる。

数年前からわが造船界は溶接機材メーカーに呼びかけて、片面自動溶接の完成に努力して来た。その結果諸外国に先駆けて、以下に述べるごとく各種の片面自動溶接法を開発し、造船溶接に実施することに成功した。

1. 施工方法

(1) 銅バックング法

銅バックング法は、被溶接部分を裏面から銅で当金をし上方から片側溶接する方法で、片面自動溶接で最も基本となるものであり、溶接部分の形状が単純でその溶接長が数m程度であると、この方法で十分満足な溶接を行うことができる。

このような片面溶接法を実際の船体構造の鋼板の接合に適用するため、種々の溶接器機ならびに銅裏当金の開発が行われた。その中で図1および図2に示すものは、成功した溶接装置の1例である。

- この装置は次の主要な部分からなっている。すなわち、
- (a) 重い溶接構造物に対する支持構造、
 - (b) 電磁石とその支持台（マグネット梁）、
 - (c) 銅裏当金、支持台および支持台の案内、
 - (d) 銅裏当金支持台の油圧ジャッキと支持梁。

この方法では、先ず被溶接体が運ばれ装置のローラー上を移動して適当な位置におかれる。溶接グループと銅裏当金との相対的な位置は、レール上の装置を前もって動かして調節される。それから油圧ジャッキで溶接部の高低を調節し、電磁石でしっかりと取付けられる。最終の微調節は銅裏当金の支持台案内を溶接線と直角方向に動かして、溶接グループと裏当金の中心線を一致するように行う。

裏当金は平板でなく図2に示したような断面形状であり、この形状が当金の剛性を増加させている。そして溶接中の熱の伝達による変形に対して抵抗して溶接部の裏面に密着するようになっている。この方法に対する溶接グループは4種類で、溶接部の裏面の条件に応じてそれに適したグループを選ぶ。裏当金の中心には冷水を通して温度の異常な上昇を防ぐようになっている。

図3は、銅裏当金とマグネット用梁の位置調節のための油圧ジャッキの配管図を示している。銅裏当金用の油

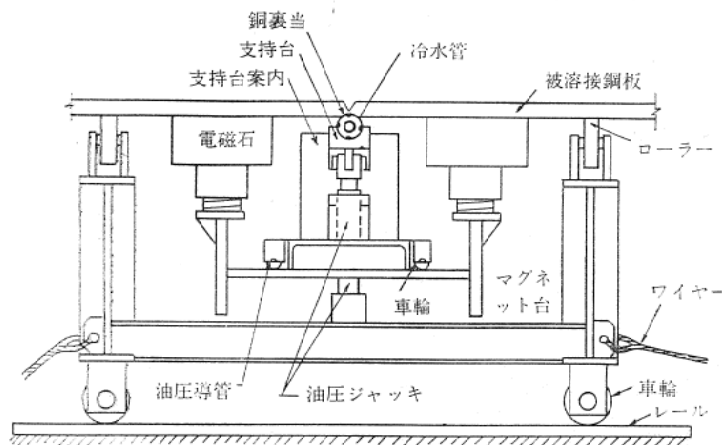


図1 溶接装置（銅バックング法）

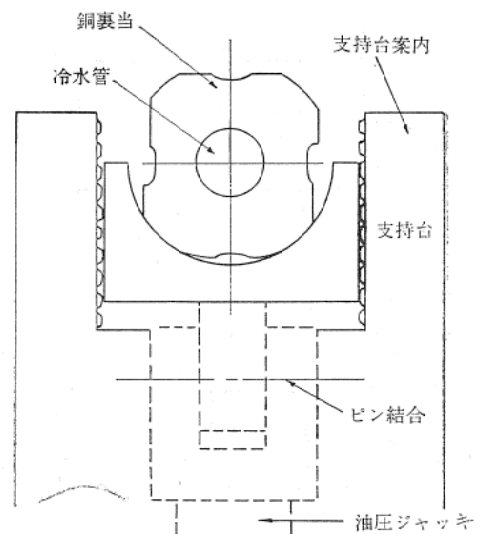


図2 銅裏当の詳細

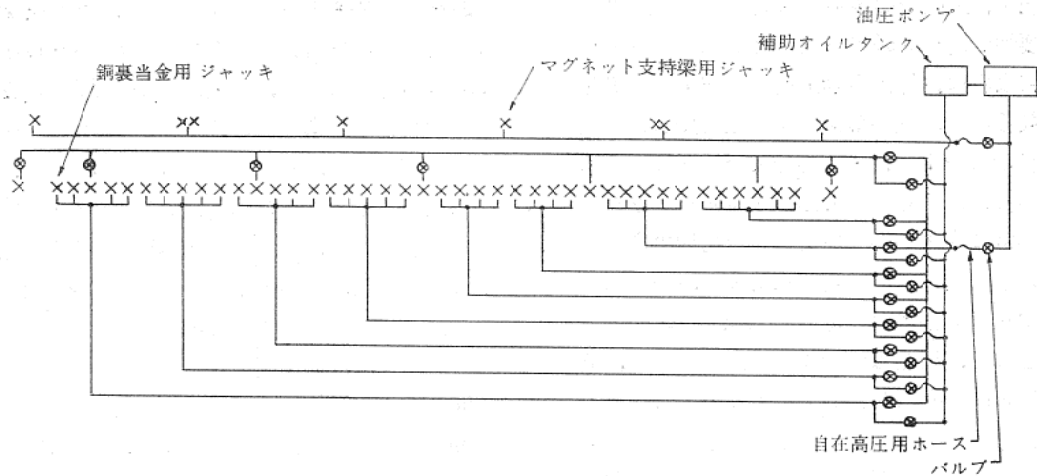


図3 油圧導管系

圧ジャッキは数グループに分かれ密に配置されている。この配管によって各グループ毎のジャッキを独立に操作して、被溶接部の裏面に当金を密着させるようになっている。

この方法による標準的溶接条件を表1に示す。表中に示した溶接電流は、通常のサブマージト・アーク溶接で片面1層の場合より高いが、これによって溶接速度を上昇させることが出来る。

この片面溶接では裏面の溶接ビードの仕上りの外観を良くするために、溶接装置を溶接線方向に極く僅か傾斜させることが必要で、通常25/1,000程度の上向き傾斜

を与えている。

なおこの銅バックング法を用いた片面溶接継手の機械的性質は良好である。

(2) フラックス・バックング法

フラックス・バックング法は、前記の銅裏当金の代わりにフラックスを用いる方法で、銅バックング法よりも簡単で実用的である。造船所での溶接に数種の方法が考案されており、いずれも銅バックング法と同様に溶接継手部の機械的性質は良好である。

(2.1) RF法

この方法は図4にみられるように通常の手法でフラッ

表1 溶接条件(銅バックング法)

板厚 (mm)	溶接グループ	溶接層数	電流 (A)	電圧 (V)	溶接速度 (mm/min)	心線		フラックス
						銘柄	直径 (in)	
8		1	750~850	33~35	400~500	No.36	3/16	G20
13		1	1,000~1,100	33~35	450~550		1/4	
20		1	1,200~1,300	32~34	250~350		1/4	
22		1	1,200~1,300	33~35	250~300		1/4	
25		1	1,350~1,450	34~36	250~300		5/16	
29		1	1,350~1,450	34~36	200~250		1/4	
32		1	1,150~1,200	34~36	200~280			
38		2	1,000~1,100	35~37	250~350			
		2	1,150~1,200	34~36	150~200			
		2	1,000~1,100	35~37	150~200			

クスの裏当を行っている。すなわちホースに内圧を加えると、被溶接部の裏面にフラックスがしっかりと接するようになっている。

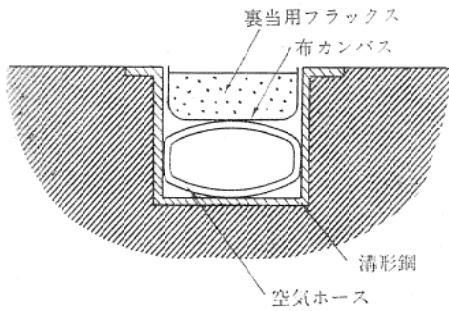


図4 R F 法

この裏当用のフラックスは独得の組成よりなり、片面溶接の裏当用のフラックスとしてすぐれた作業性を示している。また、このフラックスにはある特殊なプラスチックが混入されており、これが溶接アークの直前で溶融され固いスラグとなり、裏面に現われるビードの外観を一樣にする作用をしている。フラックスの組成としては、上記の他に少量の鉄粉が含まれており、間接的にプラスチックの作用を助成している。

この方法を使用した場合の溶接条件は表2に示した通りで、ホースの空気圧は約0.4~0.6気圧である。

(2.2) カタフラックス法

この方法で使用する裏当材は、溝形材の中に耐火性フラックスと裏当用フラックスを入れたもので、図5に示

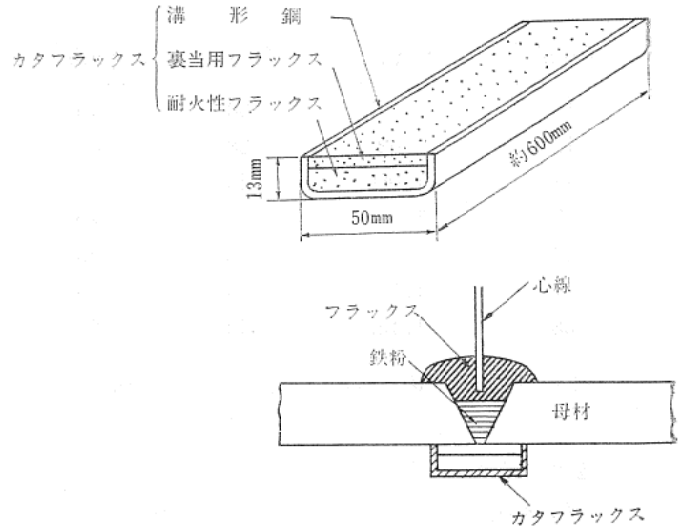


図5 カタフラックス法

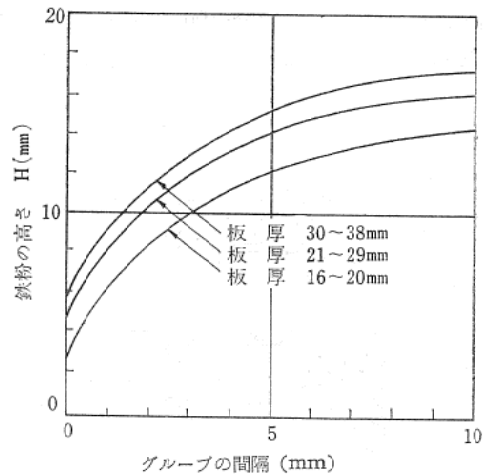
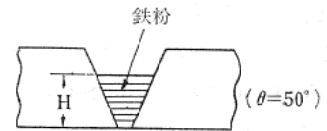


図6 鉄粉の高さ

表2 溶接条件 (RF法)

板厚 (mm)	θ 度	心線直径 (mm)	層数	溶接条件		
				電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)
9	60	4.8	1	810	44	50
12	60	4.8	1	840	44	45
19	40	4.8	1	1,050	40	40
			2	810	36	30
25	40	4.8	1	1,100	40	40
			2	1,170	40	40
32	40	4.8	1	1,230	40	40
			2	1,110	36	30
			3	1,200	45	25

すような方法で溶接を行う。この裏当材は、少数の仮付溶接または小形の磁石で非常に簡単に溶接継手部の裏側に取付けることができ、船台上でのブロックの結合工程で使用するのに適している。

裏当材のフラックスの組成は特殊なものであるが、詳しいことは報告されていない。この方法では至って簡単に溶接できるが、溶接裏面のビードは非常に美しい外観を呈している。通常溶接時には、溶接速度を上昇させるために鉄粉または鉄粒をグループの中に入れていた。ここで第1層目の標準溶接条件を示すと表3のようになる。

表3 第1層目の溶接条件(カタラックス法)

板厚 (mm)	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)
16	980	38	40
19	1,020	38	40
22	1,060	38	40
25.4	1,110	38	40
30	1,140	38	38
34	1,150	40	35
38	1,150	40	30

注：ベベル角度(θ)は50°，溶接棒の直径は6.4mm

(2.3) ダブレイ法

ダブレイ法は最近になってはじめて使用されるようになり，溶接方法は前述のカタラックス法と類似している(図7)．この図から知られるように，ホースの上に耐火フラックスおよび裏当フラックスを置き，ホースに空気圧を加えて裏当材を溶接部裏面に密着させるようになっている．裏当フラックス(40~100メッシュ)は，TiO₂，MgO，CaO および SiO₂ 粒の混合体で，耐火性フラックスの上に4mm程度に分布させたものである．また耐火性フラックスは48~100メッシュのシリコン砂で，珪砂またはマグネシヤ粒を使用することもできる．

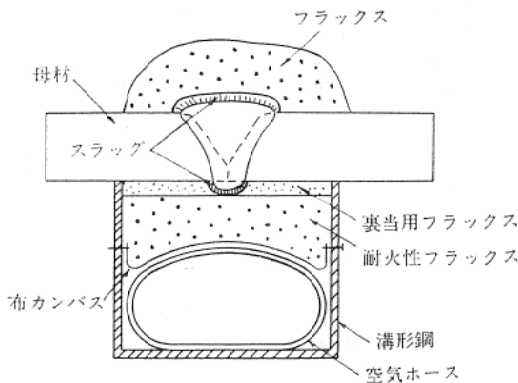


図7 ダブレイ法

(3) 銅・フラックスバックキング法

これまでに示した銅バックキング法とフラックスバックキング法とを同時に併用したのが銅・フラックスバックキング法である．この片面溶接法は，現在の日本の造船所で最も広く使用されているもので，その状況を後出の表9に示す．

銅バックキング法ならびにフラックスバックキング法とも長所および短所を有しており，これを具体的に比較すると表4の結果となる．これら両方法の利点だけを出来る

だけ生かすように工夫されたのが，この銅・フラックスバックキング法である．

表4 銅バックキング法とフラックスバックキング法の定性的比較

項目	銅バックキング法	フラックスバックキング法
溶け落ち アンダーカット 溶込不足 スラグ巻込み	生じ易い	○ ○ ○ ○ 生じ難い
ビード外観 溶接量 補強盛	○良好 ○均一	○それ程良好， ○均一でない
溶接電流 仮付け溶接の影響	○高電流の使用可能 大	○高電流の使用不可能 小
グループの精度	ルート間隔	○それ程要しない
	ルート面	○要する
	目違い面	○それ程敏感でない
溶装接位置	裏当器具	○複雑
	溶接部の位置決め	○熟練を要する ○容易

注：○印は他の方法より優れているもの．

この方法を図示すると図8のようになる．本方法では銅板の裏当金上に3mm程度の一様な厚さのフラックスをのせ，その上に被溶接部を置く．さらに銅裏当金に空気ホースの圧力等によって上向きの力を与え，被溶接部とフラックスを密着させる．そして溶接を行う．この方法による片面自動溶接では，ある種のX形グループで板厚が大である程(約20mmか，それ以上)，より裏波ビードになっている．

この場合の裏当材のフラックスは，グループの表側に使用する溶接フラックスと同じものであるが，普通のサブマージド・アーク溶接用フラックスと多少違って，こ

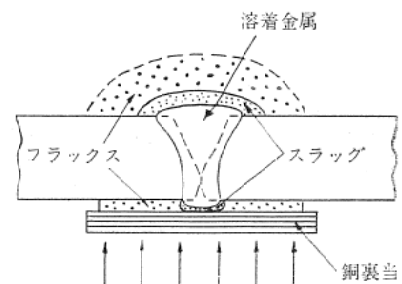


図8 銅・フラックスバックキング法

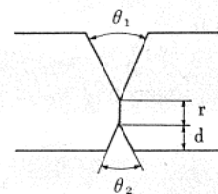


表5 銅・フラックスバックリング法の溶接条件

板厚 (mm)	溶接グループ				溶 接 条 件								心線間隔 (mm)
					先 行 心 線				後 行 心 線				
	θ_1 度	θ_2	r (mm)	d	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	直径 (mm)	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	直径 (mm)	
6	60	—	0	0	660	33	44	4.8	—	—	—	—	
8	—	—	—	—	750	36	44	—	—	—	—	—	
9	50	—	—	—	810	38	42	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	—	840	38	42	—	—	—	—	—	
12	—	—	—	—	840	38	40	—	—	—	—	—	
14	—	—	2	—	930	40	32	—	—	—	—	—	
16	40	—	0	—	990	42	33	—	—	—	—	—	
19	60	60	—	5	1,100	50	33	6.4	—	—	—	—	
	50	—	2	0	1,050	40	45	4.8	900	47	45	4.8	
25	50	60	2	6	1,230	35	45	—	930	48	45	—	
28	45	—	—	—	1,290	35	42	—	1,050	50	42	—	
	50	—	3	—	1,320	35	42	—	990	45	42	6.4	
32	40	—	—	7	1,350	35	40	—	1,100	50	40	4.8	
	50	—	4	—	1,350	35	40	—	1,170	48	40	6.4	
36	40	—	3	—	1,380	39	35	—	1,250	56	35	4.8	
	50	—	4	—	1,440	35	37	—	1,230	50	37	6.4	
38	40	—	3	—	1,480	37	35	—	1,250	56	35	4.8	
	50	—	4	—	1,480	37	35	—	1,250	50	35	6.4	

の方法に適するように工夫されている。

表5に本法の標準溶接条件を示す。本表の例ではタンデム溶接法を採用して溶接速度を上昇させている。なお本溶接法を適用する場合の溶接グループの許容寸法を表6に、また溶接ビードの形状と外観を写真1、2に示す。

溶接部の機械的性質および切欠靱性は良好で、その1例を表7に示す。

表6 グループの寸法の許容範囲

項 目	V.Y形グループ	X形グループ
ベベル角度 (degree)	-5~+10	-5~+10
ルート面 (mm)	-3~+2	-2~+2
ルート間隔 (mm)	0~4	0~5
裏面目違い (mm)	-2~+2	-2~+2
ルート面目違い (mm)	—	-4~+4

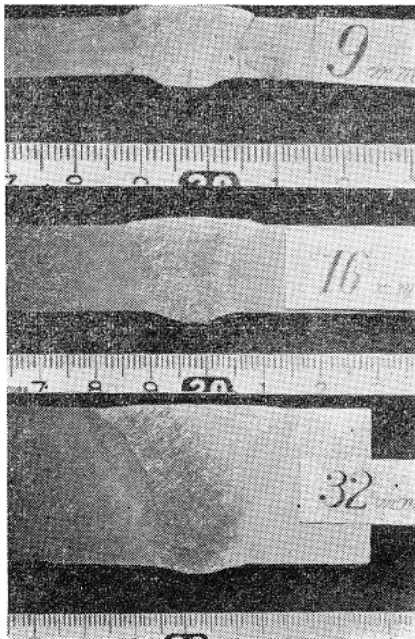


写真1 ビードの横断面 (銅・フラックス法)

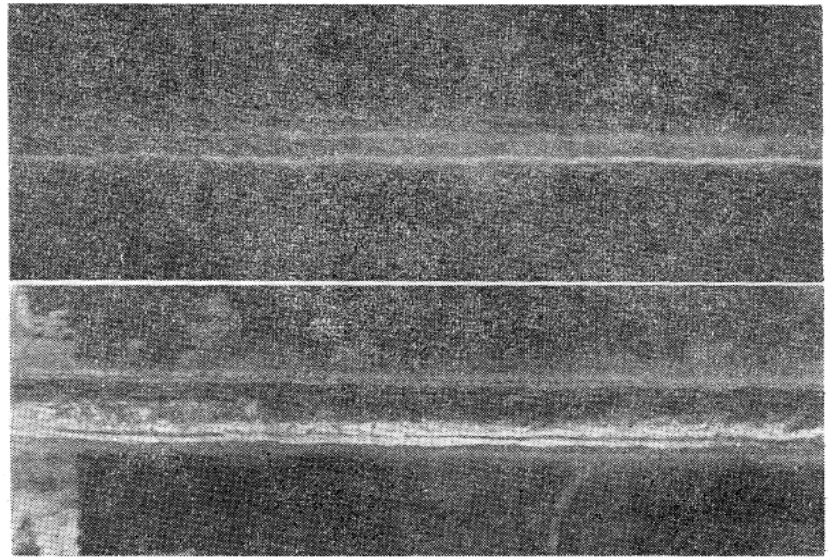


写真2 裏側に現われる溶接ビードの外観 (銅・フラックス法)

表7 空き合せ継手の機械的性質 (銅・フラックス法)

板厚 (mm)	引張り強さ (kg/mm ²)	曲げ試験 (R=2t, 180°)		Vシャルピー試験の吸収エネルギー (kg-m)	
		裏曲げ	横曲げ	at 20°C	at 0°C
14	52.1	良好		8.3	9.6
	53.2	良好		11.9	
18	47.5	良好		8.3	7.6
	47.9	良好		7.9	
22	51.3		良好	4.5	5.6
	49.9		〃	6.5	
26	45.6		良好	8.5	8.1
	44.2		〃	8.6	
31	47.9		良好	8.1	7.9
	49.0		〃	7.9	
35	49.8		良好	8.6	7.8
	48.9		〃	6.1	

(4) No backing 法

裏当材なしで行う独自の片面自動溶接法であって、溶接の裏面に現われるビードは美しい仕上がりになっている。この方法では第1層溶接に特別な成分のフラックスを使用するが、これがスラグとなった時に非常に高い表面張力を生じ、ビードの裏側で滑らかな様な表面をつくっている。この方法では、手溶接の場合に用いられる普通のV形グループであるが、良い溶接を行うためには溶接

グループが正確でなければならないので、第1層目は他の場合に比べて比較的小さいビードになっている。なおこの方法は no backing であるので、溶接中には溶接部の下部からアークが見える。

(5) その他

上述した片面自動溶接法に対して、種々の改良が加えられた数種の方法がある。それらについて簡単に述べる。

これまでも美しい外観の裏波ビードを得るための工夫がなされてきたが、その1つに銅・フラックス法とCO₂溶接とを組合せたものがあり、非常に良い結果を得ている。船体構造の曲り外板ブロック等に対しては溶接は半自動となり、裏当材は簡単に小型磁石で取付けたものでよく、美しい溶接ビードとなる。

上記のCO₂溶接と全く同様に、MIG溶接を応用できることが知られている。また、オープン・アーク溶接法*の適用についても研究中である。

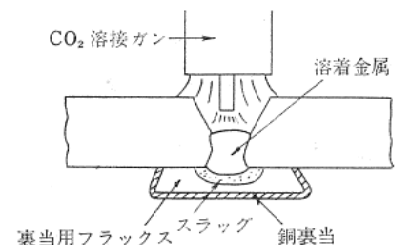


図9 CO₂溶接法と銅・フラックス法の併用

* オープン・アーク溶接法は可視の金属アーク溶接法であって、脱酸剤ならびに脱窒剤を含む有心棒または裸心線を用いる。

この他、これまでの銅・フラックス法を改良して成果を取めているのにユニバック法がある。この方法では、これまでの裏当用フラックスが粉状のものであったのに対して、板状に固めた固形フラックスを使用するのが第1の特徴である。これを使用する場合には、グループの下側からそのまま当て、さらにその上に普通の銅板を重ねるだけで溶接ができる(図10)。溶接はV形グループでサブマージド・アーク溶接の他に、半自動溶接であるオープン・アーク溶接でも適用できる。

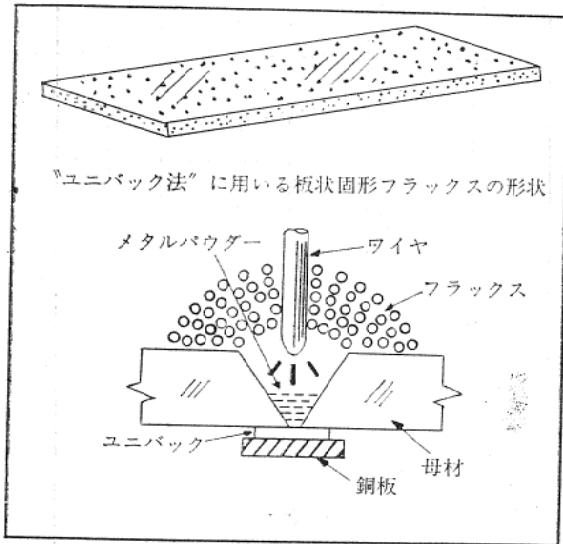


図 10

この方法は、裏当材ならびに裏当方法が簡略であることに加えて、第2の特徴はこれまでの片面自動溶接が主として地上工程での板継ぎ用であったが、これを改良し小型軽量溶接機を開発して、船台上における短小継手への適用を可能にしたことである。これまでのサブマージド・アーク溶接機は大型で、かつ100kgを超える重量であったが、この小型軽量溶接機は20kg程度である。したがって、これまで内業を主とし船台上で使用してもその個所は限定されていたが、この小型溶接機であれば人力によって運搬および移動が容易であり、かつ簡単にセットができる。さらに大型機なみの性能(1,000アンペア以上の大電流が使える)をもっているので、本来効率的なサブマージド・アーク溶接の効果を十分発揮することができる。

これは小型軽量機の開発によって生み出された新しい片面溶接法である。

すでに実用化されているもう1つの方法にスラグ・バス法がある。この方法では溶接グループが工形またはY形で、ルート間隔は3~6mmと広く、溶接部の上面からこのルート間隔を通して可動性の銅バックングを吊り下げ、それをグループの下面から押し当てて溶接する方法である。このようにするとサブマージド・アーク溶接

で片面溶接ができることになる。

2. 適用例

片面自動溶接法には上述したようにして種々の方法があるが、この中で最も基本的な銅バックング法は、三菱重工長崎造船所ではじめて開発され広く用いられた。その状況を表8に示す。表から知られるように、年と共に

表8 銅・バックング法の実施状況
(1966年2月調査)

年	船種	船級協会	全貨物重量	適用箇所	全溶接長
1963	タンカー	Lloyd	198,050	上甲板	4,400
1964	貨物船	NK	389,400	上甲板	9,300
	タンカー	Lloyd		船底外板 タンク頂板 船側外板	
1965	磁石運搬船	Lloyd	797,900	上甲板	40,170
	タンカー	NK		船底外板	
1966 (2月まで)	貨物船	AB	178,700	縦通隔壁	11,450
	磁石運搬船	NK		船底外板 船側外板 タンク頂板 縦通隔壁 上甲板	
合計					65,320

注：Lloyd；ロイド船級協会
NK；日本海事協会
AB；米国船級協会

その適用範囲は広がり、その溶接長も大となっている。

表9は、現在の日本の造船所において採用されている片面自動溶接の種類と使用状況を示したものである。この表より、殆どどの造船所が片面溶接法を採用しており、その中でも、銅・フラックスバックング法が最も広く使用されていることがわかる。またカタフラックス法およびフラッパバックング法も可成り用いられている。この他、溶接速度を増加させる目的で、タンデム溶接法が片面溶接と同時に使用されており、カットワイヤ法(または鉄粉撒布法)*ならびにI²R法**も同様の目的のため

* カットワイヤ法(または鉄粉撒布法)というのは、サブマージド・アーク溶接の溶融速度を上昇させるためにカットワイヤ粒または鉄粉をグループの中に撒布させて溶接する方法である。

** I²R法はKKX法とも呼ばれており、心線を溶接部から150mm程度伸ばしておき、高電圧で生じるジュール熱を利用し、サブマージド・アーク溶接における溶融速度を増加させる方法である。

表9 片面自動溶接法の実施状況

項目 造船所	サブマージド・アーク溶接						タンデム溶接					CO ₂ サブマージド・アーク溶接					CO ₂ アーク溶接			
	CB	EB	FCB	NB	KL	その他	CB	FB	ECB	KL	その他	CB	FB	FCB	KL	その他	CB	EB	FCB	
A	◎ △M																			
B								△												
C			◎		△				○											
D			△					○												
E			○						○											
F	△																			
G		△	○					△	△											
H																				
I								○			△									
J			△						△											
K			△					△	△											
L																				
M																				
N			○			○			○	○										
O			◎						◎											◎
P	※		※		△				△											
Q			○		△				○											
R									○										△	
S					△				△		△									
T					○				○	△		※								
U				△															※	
V																				
W	△		△		△											○				
X	◎				○		○												△	
Y	△	△										◎								
Z	◎					△		◎								○				

記号 ◎：全面的使用
○：近く全面的使用
△：計画中
※：中止

CB：銅バックング法
FB：フラックスバックング法
FCB：銅・フラックスバックング法
NB：No Backing 法

KL：カタフラックス法
M：可動バックング法

(1966年12月調査)

		オープンアーク溶接					適用例					
							ブロック組立工程			ブロック結合工程		
KL	その他	CB	FB	FCB	KL	その他	外板	隔壁, 等	桁, 補強部材	外板	隔壁, 等	桁, 補強部材
								S-CB				
							TS-FB					
							TS-FCB	S-FCB		S-KL		
							TS-FB			S-FCB		
							S-FCB TS-FCB	S-FCB TS-FCB				
				△			S,TS-FB TS,OA-FCB	S,TS-FB TS,OA-FCB	S-FB OA-FCB	S,TS-FCB OA-FCB		
					△		TS-FB	TS-FB		TS-Others OA-Othere		
							S-FCB TS-FCB TS-FB TSFCB			S-FCB		
						○	S-FCB TS-FCB	S-FCB TS-FCB	TS-Others OA-Others			
							S-FCB TS-FCB	S-FCB TS-FCB		S-FCB S-KL		
							TS-FCB	S-CB TS-FCB				
				○			S,TS-FCB S-KL OA-FCB	S-FCB S-KL		S,TS-FCB S-KL OA-Others	S-FCB S-KL	S-Others OA-Others
							TS-FCB C-FB	TS-FCB C-FB	C-FB	C-FB		
							TS-FCB TS-Others	TS-FCB TS-Others		S-KL		
							C-CB			S,TS-KL CS-CB		
									S-NB	S-NB		S-NB
										S-CB CS-Others		
							S-CB TS-CB	S,TS-CB C-CB		S-KL C-CB	C-CB	
							S-FB CS-CB	CS-CB		S-CB		
					△		TS-FB OA-Others	TS-B OA-Others		S-Others CS-Others OA-Others		

S: CO₂サブマージド・アーク溶接
 TS: タンデム溶接
 CS: CO₂サブマージド・アーク溶接

C: CO₂アーク溶接
 OA: オープンアーク溶接

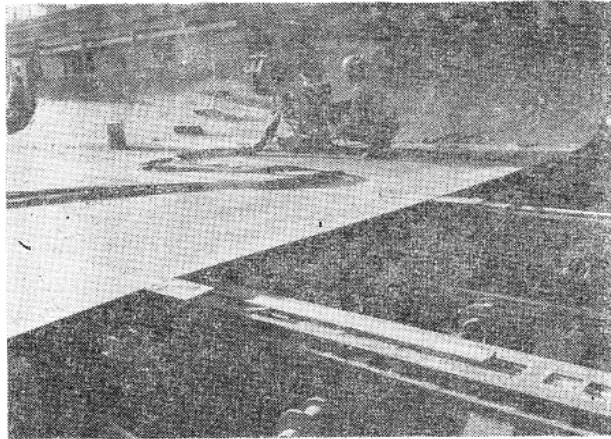


写真3 銅・フラックスパッキング法による溶接

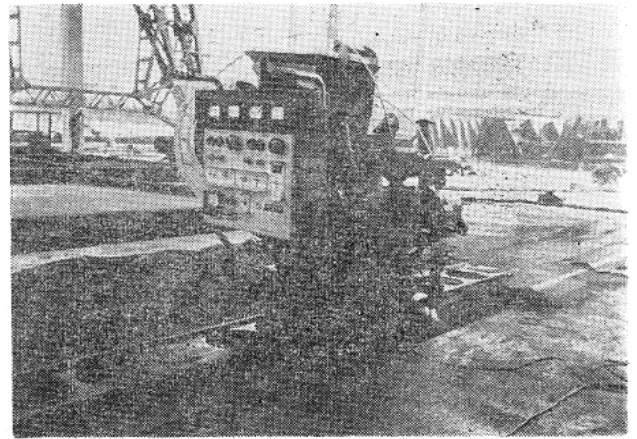


写真4 銅・フラックスパッキング法に用いられる溶接機 (タンデムおよび I²R 法)

に用いられている。

写真3は銅・フラックスパッキング法による溶接中を示しており、ここではタンデム法と I²R 法を同時に使用している (写真4)。

さらに、片面自動溶接法はこれまで主として船体ブロックの組立工程で使用されていたが、現在では船台上および建造ドックの結合工程においても広く採用されていることがわかる。

図11は、これまでに片面自動溶接を採用して建造された船舶が、船級協会によって認められた件数である。この図からも、片面溶接法はさらに改良され、ますます採用される段階にあることが知られる。

むすび

銅パッキング法にはじまった片面自動溶接法も、わが国の造船所の多くの努力によって、種々の改良が加えられ非常に発展して来た。

初期の段階では、対象が単純な形状の長尺に対し、作業のし易い地上定盤における板継ぎ工程であった。この工程における片面自動溶接でさえも、裏面溶接が不要になったことによって、重量のあるロックをひっくり返す手間もしくは、不能率な上向き手溶接が省けたことは造船溶接の自動化に大いに貢献した。

さらに熱心な研究が続けられ、カタフラックス法、ユニバック法等が出現し、これまでの地上定盤上での作業のみならず、

船台ならびに建造ドック等の現場溶接の分野においても片面溶接が可能となった。これによって、高度の技量を必要とした上向き溶接が不要となるとともに、従来溶接工は、アークの火花を上から浴びながら溶接しなければならなかった肉体上の苦痛と疲労が、同時に軽減されるという一石二鳥の効果が得られるようになった。

例をカタフラックス法にとって従来の方法と比較すると図12のようになり、自動溶接の占める割合の大幅な向上と共に、これまで高い比率を占めていた上向き手溶接が殆んど無くなったことは注目すべきである。

わが国ではこのように実用化されるにいたった片面自動溶接では (以下27頁に続く)

(1966年12月調査)

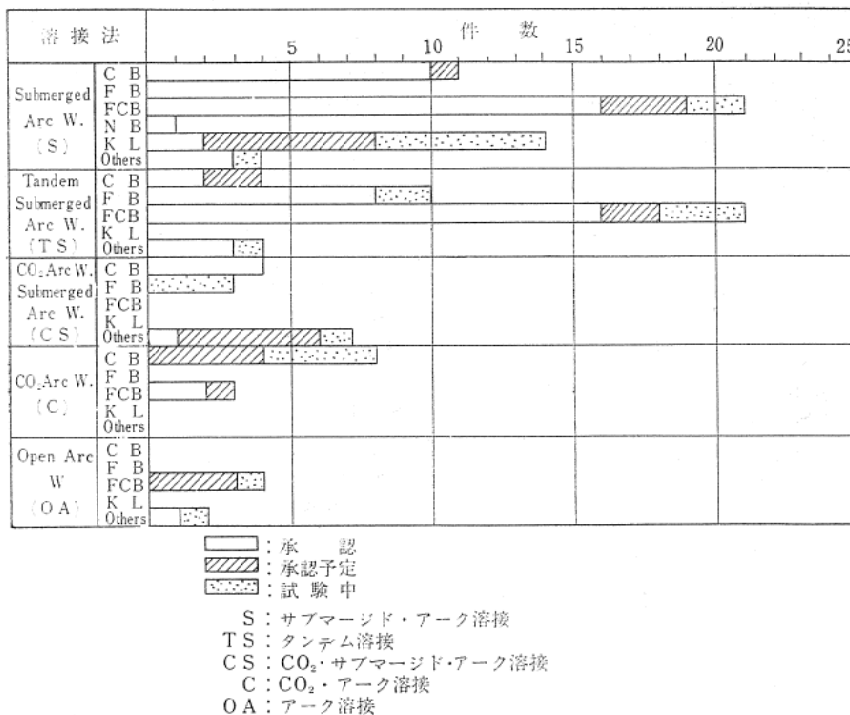


図11 船級協会によって承認された1層自動溶接