造船における半自動溶接の現状*

有 川 正 康**

Status of Semi-Automatic Welding in Shipbuilding*

by Masayasu Arikawa**

1. ま え が き

日本の造船界はサブマージアーク溶接法による自動溶接と高酸化鉄系の太径溶接棒による水平すみ肉溶接の2つを主体として地上工程の合理化、能率化を計り、ブロック建造法の確立を成功させたことは周知のとおりであるが、さらに造船工程全般にわたる溶接の自動化、専用化が積極的に進められ、地上の板継工程における片面自動溶接の実用化をはじめ、ロンデ材と主板の取合部の水平すみ肉のサブマージアーク溶接法、船台上での側外板のエレクトロスラグ溶接法や、内構部材を対象とした消耗ノズル式エレクトロラグラ溶接法などが次々に採用され、実用化されている。

いっぽう半自動溶接は、既に10数年前に CO₂ ガスアーク溶接法が紹介され、他業種において積極的に導入されていたのに対して、造船での本格的な採用はなされないまま過ぎてきたが、ノンガスアーク溶接法の出現した昭和40年頃より、ノンガスアーク溶接の導入実験とともに CO₂ ガスアーク溶接法の再検討がはじめられ、その後これらの溶接材料の使用量は徐々にではあるが増加しつつある。またさらに、従来半自動溶接として用いられているこれらの溶接法をベースに新しい省力化機器と組合せた自動溶接法としての発展もめざましいものがあり、造船における半自動溶接の今後は、連続的に送給されてくる溶接ワイヤによにアークを発生せしめ、作業者が溶接線に沿ってアークを移動させるという従来の概念を超えた形態で拡大していくことが予想される。

本文では造船所における半自動溶接法の適用状況を紹介するとともに、その将来について述べることにしたい。

2. 造船における半自動溶接の位置

半自動溶接法は他の溶接法と比較して

- (1) 手溶接の1.5倍～3倍の能率である。
- (2) 各種自動溶接法に較べて機器が安価で、操作も

簡単である。

- (3) 継手の種類、姿勢を問わず適用可能である。

などの特長があり、サブマージアーク溶接の適用可能な継手のほとんどの範囲が自動化されている考えられる現状では、さらに高能率化、自動化の拡大をはかるには、半自動溶接の採用および適用個所の拡大が有効であり、また近道でもあることは言うまでもないが、図1に示すごとく全国主要造船所の溶材接料の使用比率のうで半自動溶接材料の占める割合は昭和46年度で約0.9%程度と極めて少ない現状にある。この数字は昨年1年間

図1 全国主要造船所溶接材料使用比率 (昭和40, 43年溶接施工要調べ)

*原稿受付 昭和47年6月8日

**正 員 神戸製鋼所(株) Member, Kobe Steel Ltd.

表1 全国溶接材料生産量*1
(昭和46年1月～12月累計, 溶接協会調べ)

種 類	生産量 (T/年)	比 率 (%)
被 覆 棒	336,880	85.7
ガ ス 棒	2,261	0.6
サブマージ, ソリッド	18,779	4.7
チューブラー	444	0.1
ガスシールド, ソリッド	30,119	7.7
チューブラー*2	4,204	1.1
そ の 他	123	8.8
合 計	392,810	—

*1 サブマージのフラックスは含まれていない。

*2 ノンガスワイヤを含む。

の全国溶接材料の生産量とその構成比率を示す、表1の半自動溶接材料の比率約8.8%と対照すれば、現状では造船においてまだ半自動溶接は大きなウェイトをもっていないことを客観的に物語っている。

しかし、図1の半自動材料の使用比率は昭和40年の0.1%に対して、昭和43年度は0.5%、昭和46年度は約0.9%と着実に増加しており、サブマージーク溶接材料の使用比率がほぼ横ばいであるのに対して、その伸び率は大きい、と言えよう。また図2は全国主要造船所における半自動溶接機の所有台数と半自動ワイヤ使用量の過去7年間の推移を示すものであるが、最近半自動溶接の拡大がかなり積極的に推進されていることがうかがわれる。

3. 造船における半自動溶接の適用

2. で述べたごとく、現在まだ全般的に普及しているとは言い難い半自動溶接も、いくつかの造船所においては、意欲的に採用されており、その適用箇所も多種にわたっている。

これら半自動溶接を積極的に採用している造船所では、管理者あるいは計画推進者の半自動溶接に対する認識と評価が充分であり、その方向づけが適切で、かつその実施計画と手段が作業者に受け入れられていることが特長であるが、さらに後に述べる半自動溶接の有する造船現場への実用化の困難を改善しようとする長年にわたる担当技術者や現場指導者の努力がはらわれていることを認める必要がある。

3.1 適用箇所

半自動溶接の適用されている主な溶接姿勢は、水平すみ肉(下向すみ肉、傾斜のあるすみ肉を含む)と下向または傾斜のある突合せおよび横向突合であり、立向、上向姿勢への適用はごく一部に限られている。これは半自動溶接が立向、上向などいわゆる全姿勢溶接が可能であるとしても、現状ではこれらの姿では溶接電流が手溶接と変わらず、能率の向上が期待できないことと、半自動溶

図2 全国主要造船所の半自動溶接機設置台数とワイヤ使用量の変化(溶接施工委調べ)

接を採用することによって作業者に要求する技量の熟練度が低くてよいとは言えないことによる。

さらに水平すみ肉に関しても、グラビティや低角度方式以上の経済性の能率性は望むべくもなく、たとえグラビティ方式によらなくても、鉄粉酸化鉄系(D4327)の溶接棒はコンタクト型で作業が容易であり、ビード外観、形状の点でも半自動溶接の優位性は乏しく、また立向すみ肉においてもコンタクト型の下進棒が普及しており、平均して船体溶接長の約80%をすみ肉で占めること

写真1 小組工程における薄板の板継
(CO₂ ガスアーク溶接)

写真2 吊上ピースの取付状況
(CO₂ ガス・アーク溶接)

をも考え合せれば、半自動溶接の適用範囲はかなり限定されてくることになる。

(1) 内業工程

風の影響を受けやすい造船所においては屋内工程では半自動溶接の有利な環境にあり、サブマージアーク溶接の適用による効果の小さい薄板、短尺の板継、吊上反転用ピース、補機台などの大脚長すみ肉、サブマージ片面溶接のタブ板の取付など主として CO₂ ガスアーク溶接が用いられている。

(2) 組立工程

内業においては半自動溶接は継手長の短いものを主体に、サブマージアーク溶接の準備作業と移動運搬の不便さをカバーするため補助手段として用いられている感があるが、組立工程においては内業と同じく薄板の板継や各種すみ肉とともに、外板または船首、船尾の曲りと勾配のある継手に採用されている。これらの継手のうち 10°—10°までの比較的傾斜の緩やかなものはサブマージアーク溶接材料の進歩により自動溶接が可能となったが、それ以上の曲りと傾斜の急な船首、船尾ブロックの継手は半自動溶接が必要となってくる。ことに高速貨物

船などにおいては平行部に較べて曲り部の占める割合が大きく、半自動溶接の採用によるアーク時間の節減効果は大きい。その他、上部構造、舵、スタンフレーム、なども半自動溶接の対象となる。

(3) 船台工程

風の影響をもっとも受けやすい工程であるが、場所によっては、周囲が外板類、内構部材などに囲まれた状態での作業となり、その影響をまぬがれるところも多い。

船底外板のシームおよびバット、デッキプレートのシームおよびバットのうち、船底外板のバットは 1 m 前後の間隔で並ぶロンヂ材が配されているため、CO₂ ガス・半自動溶接が用いられ、船底のシームはサブマージアーク溶接が多い。デッキプレートもサブマージアーク溶接が可能であるが、開先精度が地上工程より悪く、CO₂ ガス半自動溶接とサブマージアーク溶接の併用されることが多い。

側外板の横シームには CO₂ ガス自動溶接またはノンガスの自動溶接を行なっている造船所が数力所づつある。

写真3 船台工程におけるボトムトランスのフェースプレートの突合 (ノンガスアーク溶接)

写真4 船台工程における船底外板のブロック継手の片面溶接 (シーム方向、CO₂ ガスアーク溶接)

表 2 Cargo Liner, Bulk Carrier の半自動溶接の適用箇所¹⁾

船 種	ス テ ー ジ	CO ₂ ガスアーク溶接	継 手 種 別	ノーマスアーク溶接	継 手 種 別
12型 Cargo Liner	内 業	(1) 二重底の Gider 付 Floor 又は Stiffener	F		
		(2) 同上の Floor 付 Stiffener	F		
		(3) 各 DK 及び上部構造の House Wall の板つぎ	B		
		(4) 同上の Wall 付 Stiffener	F		
		(5) 内構類の Web 材のブロック内継手	B		
		(6) 船艀部の甲板構造	B, F		
		(7) 補機台類の小組中組	F		
		(8) Mast 類の厚板つぎ	B		
Container Ship	組 立	(9) 板つぎ工場のユニオンメルト下盛	B	① 曲り外板シーム ② Trans Web などの Face 類 ③ ブロック内水平スミ肉 ④ 吊上, 反転用などのビス類	B B F F
		(10) Tank Side BKT と Tank Top	F	⑤ 側外板横向シーム	B
	船 台	(11) Hatch Coaming と DK (Hold Side)	F	⑥ Tank Side BKT と Tank Top ⑦ Hatch Coaming と UPF DK ⑧ Windlass Seat と Fcle DK ⑨ 補機類の Seat と DK ⑩ Mast と各 DK ⑪ 各 DK の DK 板つぎ又は UM の下盛 (18以上) ⑫ Blow Plate	F F F F B F
		上記以外に		上記以外に	
		(12) Corrugated BHD の Slant Plate	F	⑬ Hatch Coaming 付 BKT ⑭ Frame と Frame	F B
40~60 Bulk Carrier	船 台				

F: すみ肉 B: 突合せ

図 3 Cargo Liner, Bulk Carrier の断面俯瞰図

また板厚の大きいトランスリングのフェースプレート類にはノンガスアーク溶接がよく使用されており、鉱石船の二重底とタンクトップのすみ肉や、ホッパータンクトップの横シームもノンガス半自動溶接が用いられる。

表2, 3, 図3, 4に各船型の半自動溶接の適用箇所を示しているが、全般的にみると、屋内作業を主とす

る内業、組立工程には CO₂ ガスアーク溶接が、船合工程では CO₂ ガスアーク溶接とノンガスアーク溶接が使用されている。

実船への半自動溶接の適用による能率向上のデータはあまり発表されていないが表4にその一例を示す。表4のデータによれば、大脚長のすみ肉と板厚の大きい突合せ継手で大巾な作業時間の短縮が可能であることが実

表3 Tanker の半自動溶接適用箇所

ステーション	CO ₂ ガスアーク溶接	ノンガスアーク溶接
内業	<ul style="list-style-type: none"> ○ 各種すみ肉 (脚長 5~6mm) ○ 各種板継 (16t 以下) ○ 角ビラーのコーナ部の突合せ ○ 補機台の大脚長すみ肉 (脚長 12~13 mm) ○ 海水吸入孔の突合せ ○ 吊上, 反転用ビスの大脚長すみ肉 	
組立	<ul style="list-style-type: none"> ○ 薄板の板継 (5~16t 程度) ○ 各種すみ肉 ○ 面取下向すみ肉 ○ トランスバルクヘッドの板継片面 (16~30 mm) ○ 曲りブロック外板の傾斜板継片面 (25 mm) ○ サブマージ片面溶接のタブ付 	
船台	<ul style="list-style-type: none"> ○ ボトム外板の Butt (Seam) 片面 (25~30t) ○ デッキ外板の Butt 片面 (") (仕上げはサブマージ) ○ ロンデバルクヘッドとボトム外板とのすみ肉 (脚長 14.5mm) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ストラットフェースの突合せ (25~30t) ○ パーティカルウェブフェースの突合せ ○ ボトムトランスフェースの突合せ ○ ボトムロンデフェースの突合せ ○ ホリゾンタルガーダーの板継 (15t)

表4 半自動溶接と手溶接の実船での能率比較例²⁾

溶接法	適用構造	実測溶接長 (m)	溶接時間		能率		能率化 ④/⑤	備 考
			半自動溶接 (hr)	手溶接 (hr)	半自動溶接 (m/hr) ⑥	手溶接 (m/hr) ⑦		
CO ₂ ガスアーク溶接と手溶接	T 船 UPDK BUTT	396	609	857	0.65	0.46	1.4	下向突合せ ワイヤ径 1.6mmφ (船台)
	大組ブロック吊上ビス	0.58	0.17	0.63	3.4	0.9	4.0	水平すみ肉 ワイヤ径 1.6mmφ (組立)
	F, C, B, 終端処理	1.6	0.75	3.0	2.1	0.53	4.0	脚長 20mm (内業)
	C 船 階	16.3	2.5	4.0	6.5	4.1	1.6	下向突合せ ワイヤ径 1.6mmφ (内業)
	B 船 小組部材全般	65.1	7.0	10.5	9.4	6.3	1.5	水平すみ肉および立向すみ肉下進 ワイヤ径 1.2mmφ 脚長 4mm (内業)
	C 船 HATCH, COAMING	252	325	585	0.78	0.43	1.8	水平すみ肉 ワイヤ径 1.6mmφ (内業)
ノンガスアーク溶接と手溶接	T 船 V, WEB の FACE	93	345	547	0.27	0.17	1.6	脚長 6mm (グラビティの残り) (船台)
	T 船 C, GIRDER の FACE	43	78	165	0.55	0.26	2.1	水平レ形 ワイヤ径 1.6mmφ (船台)
	C 船 艙内, PILLAR	1.15	3.0	7.0	0.38	0.16	2.4	水平レ形 ワイヤ径 1.6mmφ (船台)
	C 船 側 外 板	570	531	779	1.07	0.73	1.5	水平レ形 ワイヤ径 1.6mmφ (船台)
	C 船 ENGINE SEAT	1.1	5.0	9.0	0.22	0.12	1.8	水平レ形 ワイヤ径 1.6mmφ (船台)
	C 船 HATCH COAMING	368	113	132	3.25	2.79	1.2	水平レ形 ワイヤ径 1.6mmφ (船台)
								水平レ形 ワイヤ径 1.6mmφ (船台)

注 適用構造 C船：貨物船 B船：鉱石運搬船 T船：油槽船

図4 Tanker の断面俯瞰図

証されている。

3.2 片面溶接

船台工程での突合せ継手を半自動溶接で行なう場合、かなりの部分が片面溶接で行なわれており、半自動溶接のメリットを大きくしている。船台でのブロック間の突合せは反転作業が不可能であり、下向溶接といえどもかならず上向姿勢のガウジング作業と溶接作業が不可避であったが、片面溶接化による工数節減と作業環境の改善効果は著しいものがある。(表5, 表6)

船台でのブロック同志の接合は地上の板継に較べて開先精度が悪く、可視アークで作業者が溶接部を観察しながら必要に応じて溶接条件や運棒操作をコントロールすることが可能で、かつ傾斜、曲面部での適用できる半自動溶接は、サブマージアーク溶接に較べてきわめて有利である。さらに片面溶接化する場合、手溶接では溶接棒1本ごとのビードの継が避けられず、継目部の品質の不安定さを内蔵している。

以上の理由から造船における半自動溶接適用拡大の少なからぬ部分は片面溶接化とともに進んできており、今後も裏当材の改良進歩とともにこの傾向は強まるであろう。裏当材の種類は数多いが、耐火層とスラグ生成層の2層からなる固形フラックスをメタルケースで包んだタイプ(カタフラックス)のものと最近開発された特殊ガラステープと耐熱テープにより構成された可撓性を有するロール状の裏当材(FRB)の2つが主に用いられている。

ワイヤについてはCO₂ガスアーク溶接の場合、片面溶接部初層のわれの発生防止と衝撃値の確保のための細径フラックス入りワイヤが主とし用いられており、継手の性能も各般級の規格を満足させるもので、重要部(バット)への適用も可能ならしめている。表7に各種裏当材およびワイヤによる片面溶接部の継手性能を、表8に日本海事協会の継手の衝撃値の規定のうちの軟鋼の規格値を示している。自動溶接と手溶接では異なる格規値が設けられているが、NVを除く他の船級では、半自動溶接は作業者の技量その他の因子からの影響を受けやすいとして手溶接に準ずる規定となっている。

3.3 造船における半自動溶接の問題点

表5 炭酸ガス半自動片面溶接条件例(ワイヤ DWS-52 1.2φ)(裏当材 FRB-3)

	1層目溶接条件*2	2層目以降の溶接条件*3
下 向 継 手*1	360~400A×36~38V×20~25cm/分	360~400A×35~37V×30~40cm/分
10° 傾 斜 継 手*1	330~360A×34~38V×20~24cm/分	340~360A×32~34V×20~25cm/分
20°~30° 傾 斜 継 手*1	260~360A×28~36V×10~15cm/分	280~320A×28~32V×18~25cm/分
40° 傾 斜 継 手	220~240A×28~30V×8~12cm/分	260~300A×28~30V×15~20cm/分
立 向 継 手*4	130~160A×18~22V×6~10cm/分	130~160A×18~22V×8~12cm/分
円 周 継 手*4	140~180A×20~24V×8~12cm/分	140~180A×20~24V×8~12cm/分

*1: メタルパウダー散布量 (Gap 2mm: 2mm, Gap 4mm: 4mm, Gap 6mm: 6mm)

*2: ワイヤ傾斜角度

*3: ワイヤ傾斜角度

*4: ショートアーク溶接

表6 炭酸ガス半自動片面溶接による溶接時間の短縮

板厚 19mm 50°V 開先の 9mm 当りの溶接時間比較例

	手 溶 接 施 工 法	手溶接・CO ₂ 溶接併用法	FRB 片面溶接法
真当材セットおよび除去	—	—	15分
溶 接 作 業*1	798分	348分	550分
裏 は つ り 作 業*2	180分	180分	—
裏 溶 接 作 業*3	600分	600分	—
合 計 時 間	1578分	1128分	565分
累 層 方 法
ア ー ク 発 生 率	*1 60% *2 50% *3 40%	*1 60% *2 50% *3 40%	*1 30%

表7 半自動片面溶接部の機械的性能

DWS-52(1.6mm)×FRB-3 による片面溶接部の機械的性能 (一例)

板厚 (mm)	鋼種	溶接金属化学成分(%)			位置	引 張 性 能			衝 撃 値 (kg-m)			
		C	Mn	Si		降 伏 点 (kg/mm ²)	抗 張 力 (kg/mm ²)	伸 び (%)	0°C	-10°C	-17°C	-20°C
19	軟	0.08	0.83	0.29	表面	37.8	45.6	34	11.8~13.7 12.7	9.4~11.8 10.5	—	—
		0.09	0.96	0.30	底部				11.2~11.8 11.4	8.8~11.5 9.9	—	—
35	鋼	0.07	0.91	0.30	表面	43.8	52.7	32	8.8~9.7 9.1	7.3~9.4 8.2	—	—
		0.07	0.96	0.91	中央				7.9~9.7 8.9	6.4~7.9 7.1	—	—
		0.08	1.06	0.34	底部				7.9~9.1 8.6	5.8~7.9 6.7	—	—

DWS-52 による軟鋼カタフラツクス CO₂ 片面溶接部の性能

板 厚 mm	試験位置	溶 着 鋼 化 学 成 分 %				シャルピー衝撃値 kg-m					引 張 試 験			
		C	Mn	Si	N	-10°C		0°C			降 伏 点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 び %	絞 り %
16	表 面	0.07	1.11	0.20	0.016	6.80	5.93	6.80	7.97	8.56	39.7	49.2	30	65.2
	底 部	0.09	1.27	0.24	0.010	5.93	8.56	9.46	11.18	8.56				
25	表 面	0.05	1.07	0.20	0.011	10.97	11.58	12.19	11.58	11.89	38.2	48.4	29	69.7
	底 部	0.07	1.27	0.25	0.008	7.97	10.97	11.58	11.89	11.58				

開先：50°-V 開先，ワイヤ径：1.6mmφ

BB 法片面溶接部の性能

溶接法	板厚 mm	溶接姿勢	溶 接 材 料		試験位置	溶着鋼化学成分 %			シャルピー衝撃値 kg-m at 0°C*					引張強さ kg/mm ²	伸 び %	曲げ性能	
			溶接棒	裏当材		C	Mn	Si								裏曲げ	表曲げ
ノ溶 ー ガ ス 接	16	立向き	OW-56 2.4φ	BB-2					4.80	5.08	4.80	(4.89)					
	32	下向き	OW-56 3.2φ	"	底部	0.08	0.98	0.10	4.53	4.53	5.08	2.68	3.99	(4.16)	48.8	母材破断	良好
					表面				10.67	10.98	9.15	9.15	11.28	(10.25)			
炭 酸 ガ ス 溶 接	軟 鋼 25	下向き	MG-50T 1.2φ	BB-3	底部	0.10	1.21	0.61	7.37	7.97	8.55	8.26	(8.03)	50.6	母材破断	"	"
		立向き	"	"	"	0.10	1.01	0.53	7.37	8.26	7.67	8.55	(7.96)	51.1	"	"	"
														50.1	"	"	"
	50張 キ 力 鋼 高 52	下向き	"	"	"	0.11	1.30	0.61	7.97	5.92	5.92	5.64	(6.36)	49.4	"	"	"
		立向き	"	"	"	0.10	1.12	0.53	7.08	5.92	9.44	9.44	(7.95)	58.8	"	"	"

* 50キロ高張力鋼の場合のみ -10°C

表 8 鋼船規則による衝撃値の規格値 (日本海事協会)

鋼材	項目 継手の種類	試験温度	手溶接	自動溶接	試験片採取位置
軟鋼	KE鋼の横縁継手	-10°C	6.2kg-m 以上	4.5kg-m 以上	① 1層盛りまたは2層盛りの場合 2 ($t \leq 15$ のときは 1)
	KB, KC, KD鋼の横縁継手	0°C	4.8kg-m 以上	3.5kg-m 以上	② 3層盛り以上の場合
鋼	上記以外の軟鋼の継手	20°C	4.8kg-m 以上	3.5kg-m 以上	

表 9 造船所における半自動溶接の主要問題点

項 目		量産工場（自動車，建設機械等）との相異点
作 業 条 件	作業環境	製品は大構造物，大重量であるため，作業者と機器の移動が必須となり，屋外作業が避けられず潮風の吹きつける環境下で防風に努力を要する。
	溶接姿勢	下向姿勢は少なく，水平すみ肉，立向すみ肉，横向，立向の突合せが多く全姿勢が要求される。
	能 率	大構造物であり，且つ多数の内構材を有する関係上，上下方向を含む溶接場所の移動が要求され，アークタイム率が30％前後となる。
要求品質	ビード形状	各国のオーナー，各船級の検査官の主観に左右されやすく，さらにほとんどの溶接部が検査時に目視できるため，外観検査の対象となる。
	機械的性質	表8に示すごとく，衝撃値の規格は若干シビア
溶接法		
項 目	CO ₂ ガスアーク溶接	ノンガスアーク溶接
作 業 性	○風に対して非常に弱い。 ○タンク内などの狭隘箇所での CO ₂ ガスの影響。	○ヒューム発生量が多い。
継 手 性 能	○風，ペイント類によるブローホールの発生。	○ブローホールが生じやすい。 ○他溶接法との混用に困難。 ○累層法により衝撃値がバラツキやすい。
そ の 他	○CO ₂ ガスボンベの設置，配管が必要，機器，装置一式の移動が難。	○ワイヤの発錆。

自動車, 建設機械など量産工場との基本的な半自動溶接採用上の相違点と, CO₂ ガスアーク溶接とノンガスアーク溶接の造船における大きな問題点を表9にまとめた。他業種に較べて半自動溶接適用困難さが表より認められよう。

CO₂ ガスアーク溶接とノンガスアーク溶接の両者のうち, ノンガスアーク溶接の出現時には, 前者の採用を大きく制約してきた, 1) 冷却水, シールドガスを必要とするためトーチ形状と重量の点で操作性が不良であること, 2) 風速 2m/sec を超える作業環境におけるシールド不足によるブローホールの発生, の2点を解決した方法とみなされ, さらに既存の手溶接用交流電源がそのまま使用できる点も大いにあづかって, ノンガスアーク溶接法の導入テストが多数の造船所において熱心に行なわれたが, 本溶接法の有する根本的な欠点, すなわ

ち, 1) ヒュームの発生量が極めて多い, 2) 溶接条件範囲 (アーク電圧範囲) が狭い, 3) 手溶接, サブマージアーク溶接との混用に難点がある。などの欠点をはっきりするにしたがい, その適用個所は限定されたものとなってきた。いっぽう CO₂ ガスアーク溶接は導入初期に較べて, 溶接機器と溶接ワイヤの改善が進み, 最近では 500A 容量の機器でも冷却水が不要のものが現われ, ワイヤフィーダの可搬性とトーチの操作性も著しく改善されており, 直流電源の価格の低下とあいまって, その適用個所は着実に増加しつつある。図2に示した CO₂ ノンガスの溶接機所有台数とワイヤ使用量の伸びの変化はその傾向を明らかにしている。しかし風によるシールド不足のブローホールの問題は依然として CO₂ ガスアーク溶接法の最大の弱点であり, ノズルの改良, ガス流量の増加によるシールド能力の向上などの試みとともに

写真5 カンバスに覆われた船側外板シームのCO₂ガス自動溶接装置

に、写真例にみられるごときカンバスで完全に覆う防風対策や、ノズル先端部のアスベストの耐熱防風カバーの使用などの工夫がなされているが、継手品質の安定化のためにはさらに機器、材料の改良と現場の管理の努力が要求されよう。

4. 造船における半自動溶接の将来

曲りブロックや船台工程でのブロック継手の片面溶接が、半自動溶接機の投入とともに増加して進行しているが、そのほか半自動溶接の特長である簡便さをそのまま生かし、簡便な治具類、アタッチメントや台車などと組合せて、半自動溶接のより有効な使用方法としての自動化が進められるであろう。また設置溶接機台数の増加による移動距離の減少も可搬性の障害を著しく軽減するであろうし、工場内でのガスの配管を実施して機器の移動性を高めている造船所も既に現われており、作業ユニットの出現とともに将来は船台工程においてもガスの配管がユニット単位で行なわれるようになる。

しかしここで手溶接の1.5～3倍の能率向上となるといわれている半自動溶接の内蔵する根本的な問題点に目を向けると、半自動溶接の将来はけっして無条件に拡大されてゆくとは言いがたい。溶接作業は元来ある程度の熟練度が要求されるものであり、さらに作業はアークの強い光にさらされ、非常に高温とフェウムを伴うものである。最近の若年新規就職者の傾向を見れば、労働集約型の典型である造船において溶接作業の省力化は切実な問題となっている。能率の面からみれば手溶接の1.5～3倍の能率向上が期待できる半自動溶接も、この観点から見れば全く無力であり、場合によっては手溶接作業よりも作業者への負担がふえる恐れもあり、手溶接からサブマージアーク溶接への転換がもたらしたような極めて大きな作業環境の改善は期待すべくもなく、この問題が

半自動溶接の適用拡大の1つの障害であったことは否定できない。

船体の大型化と新鋭造船所の建設、主力造船所ごとのグループ化により、従来種々のタイプ、大きさの船体が建造されていたのが、各造船所ごとに船型と大きさをほぼ専門化して建造する体制への移行につれて溶接作業の省力化は、ますます重要な課題となってきている。

これらの現状に対して、材料メーカーを中心として、機器メーカーや造船所において省力化型の溶接材料、新溶接法の開発が進められてきたが、さらに最近では省力化のための新しい溶接施工法とこの施工法と組合せた省力装置の開発が盛んになりつつある。

表10はこれらの新しい省力施工法のうちのいわゆる半自動溶接として用いられていたCO₂ガスアーク溶接とノンガスアーク溶接の省力化機器への発展例を示したものであるが、これらは可視アークで全姿勢で溶接可能という特長を、さらに省力化機器としての適用を可能にするため、電源、機械、材料、施工法などの総合的な研究開発により生れたものである。

立向すみ肉の省力化機器としては、交流をサイリスタによる位相制御によって、休止期間を有する波形にかえ、アークを安定化させ、電流あるいは電圧の変化を瞬時に行なわせる新電源（SP）と、ウィーピング機構を組合せた方式と、さらにこの交流位相制御電流を約1秒単位の周期で強弱をつけることによりストレート運棒上進を行なう方式（SP-CC法）の2種類があり、両者ともノンガス・ワイヤが用いられる。

立向突合せにおいては、ショートアーク溶接の厚板への適用が融合不良の問題で適用困難であったのが、ショートアークとスプレーアークを交番させる電源の開発により可能とした方法（SS-ARC法）があり、また半自動溶接のウィーピングパターンの徹底した解析の上に完成

写真6 ストレート上進立向すみ肉溶接装置 (TC-1)

表10 半自動溶接の省力化機器への発展例

姿 勢	施工法名称		溶 接 法	特 長	適 用 個 所
立向すみ肉	ストレート 上進	SP-CC 法	ノンガス	交流位相制御電流の強弱を周期的に繰返すストレート 上進 1 パスで 6~10mm の脚長を得る	○トランス材とロンヅ材のすみ 肉 (枠組)
	ウィービング 上進	SP 法	ノンガス	交流位相制御電流を用いたコーナー部でブースト電流 を加え 1 パスで 8~18mm の脚長を得る	○ロンヅバルクヘッドとトラン スバルクヘッドの取合部長尺 すみ肉
		OSCON-V F 法	CO ₂ (ノンガス)	ショートアークウィービングで 1 パス 8~18mm の 脚長を得る	○ボトムトランスとロンヅバル クヘッドのすみ肉
		マグトレーサ 法	CO ₂ (ノンガス)	ショートアークウィービング法で磁輪を有する装置が 特徴, レールを要しない	○ボトムのフローアとガダー
立向突合せ	ウィービング 上進	デルタオッシ レート法	CO ₂ -Ar	三角形と梯形を基本とするオッシレートパターンを用 いショートアークにより 12~30mm まで片面 1 層	○ホッパータンクの傾斜片面
		OSCON- VB 法	CO ₂	逆U形を基本とするオッシレートパターンによるショ ートアーク片面溶接	○クロスタイ, トランス材の薄 板片面
		SS-ARC 法	Ar-CO ₂	ショートアークとスプレーアークを交番させることに より厚板のショートアーク溶接部の欠陥を解決, 片面	○サイドロンヅフェースパー
立向(上向) 突合せ	ストレート 上進	RAN 法	Ar-CO ₂	直流矩形波を用いアークの ON, OFF による開先ナ ローギャップ法, 欠陥なく靱性良好	○ビルジ, ラウンドガンネルの 曲面片面
		PAW 法	Ar-CO ₂	直流で小電流大電流の交番により立向上進ストレート で行なう。溶込み良ですみ肉も可	○ロンヅバルクヘッドのバット
横向突合せ	ストレート	M3 法	ノンガス (CO ₂)	ストレート往復パターンを採用し, 下向肉盛要領で行 なう。短尺の厚板に適す	○トランス材のフェースパー
	ウィービング	M3Z 法	ノンガス (CO ₂)	ジグザグウィービングしつつ下向肉盛要領で累層する。 パス数が半減し長尺横向に適す	○サイドシエル, トランスバル クヘッドのシーム
下向突合せ	ウィービング	デルタオッシ レート法	CO ₂ (CO ₂ -Ar)	三角形のオッシレートパターンで行なう。片面溶接開 先不揃いに強く, 傾斜も可	○曲り部の板継片面
		OSCON- VF 法	CO ₂	単純ウィービングで行なう。片面溶接, 開先不揃いに 強く, 傾斜も可	○サイドロンヅウェブ ○クロスタイのフェースパー ○トランス材のフェースパー

写真7 デルタオッシレートによる立向突合溶接装置 (DT-2)

した特殊なウィービングパターンを採用したショートアーク条件で行なう方法 (デルタオッシレート法, OSCON-VB 法) がある。立向突合せではシールドガス

も CO₂ ガスのみならず, Ar ガスとの組合せで用いられる。

横向および下向の突合溶接においても, それぞれの適用目的に合せたウィービング法が工夫されている。

これらの省力化施工法の装置は, 実際の溶接アーク現象を詳しく観察しつつ, 開発されており, 単なるアークの溶接線方向の移動のみであった従来の自動溶接機概念を越えて発達しつつある。

さらにこの種の省力化機器は, 自動溶接では不可能であった ONE MAN MULTI-ARC への道をひらくものであり, これらの省力化装置のシステム化された適用は, 能率の向上, 工期の短縮とともに継手品質の安定化および作業環境の改善に大きく役立つであろう。

以上の観点にたてば, 造船における半自動溶接の将来は, 半自動溶接材料, 機器の手溶接に準ずる操作性と安定性の追求の努力はもちろん続けられようが, さらに半自動溶接という枠を取払った, CO₂ ガスアーク溶接 (ガスシールドアーク溶接), ノンガスアーク溶接をベースにした省力化施工法としての発展が今後ますます強まるであろう。

参 考 引 用 文 献

- 岡本, 広瀬, 宮本, “造船における半自動溶接の使用現況”, 溶接技術, Vol. 17, (1969) No. 3, 33
- 広瀬, 宮本, “半自動溶接の造船への適用”, 溶接技術, Vol. 19 (1971), No. 1, 70

現場写真提供: 三菱重工業長崎造船所