

# 最近の造船溶接の自動化、高能率化について

三菱重工業㈱ 神戸造船所 造船工作部

岡 村 泰 介  
 広 瀬 衛  
 宮 本 勝 治

## 1. まえがき

最近の造船における溶接技術の進歩には、めざましいものがあるが、その主体は次の二つにあったと言える。

その一つは各種の新しい溶接法の開発および導入による溶接の自動化であり、他の一つは、専用型溶接棒の開発とその適用である。

この溶接自動化の中で最も顕著な効果を発揮したのは、板継ぎ突合せ溶接を主対象に進展したサブマージアーク溶接であった。しかし、サブマージアーク溶接を主体とした自動化の拡大は、最近の新しい造船所で開発、導入されつつある船体建造方式や工作法そのものを変革しない限りでは、ほぼ頂点に達した感があり、現在は既に実用化した各種の片面自動溶接の高能率化、あるいはサブマージアーク溶接法を始めとした、各種自動溶接法の付帯作業の省力化が精力的に行なわれている。

また、これに続く自動化、高能率化の担い手として脚光を浴びているのが、炭酸ガスアークを主体とした半自動溶接法の有効活用である。さらに、今後の自動化の方向としては、革新されていく建造方式や船殻構造に合わせた総合生産体形に融合する自動制御化された自動溶接法の開発と、アンマンド化を指向した各種自動および半自動溶接法の生産工程への体系的な展開が必要と思われる。

ここでは、造船における溶接の自動化、高能率化の動向と今後の見通しについて述べてみたい。

## 2. 造船における溶接の自動化、高能率化の必要性

新造船は大別して船体建造工事と艀装工事に分けられるが、このうち船体建造工事は、現図加工、組立（取付）、溶接、および運搬足場等の工事よりなり、これらを工数の比率からみると、組立（取付）が全体の約30%、また溶接は約40%であり、これらの2工事が主体を占めている。

船体の溶接工事は、このように工数的に船体建造工事中で大きな比率を占めるばかりでなく溶接継手の強度は船の強度をきめる要因としてその重要度は高い。すなわち、溶接は造船において量的にも質的にも重要な役割を果していると言える。

ところで、この船体の溶接に対して二つの大きな課題がある。その一つは溶接の省力化とそれによるコスト低減である。最近の世界経済事情により余儀なくされた円切上げに基づく為替差損、および予想外の円高レートによる競争力の大幅低下によって日本の造船所の被った影響は多大である。これらに対し、現在最も必要なことは、建造コストの低減であるが、この重大な担い手の一つが自動化による高能率化であることは多言を要しない。

第二の点は適正な溶接品質の確保である。タンカーにおける船体の巨大化により、その使用鋼板は厚板化する。また、最近建造されているコンテナ船やLPG船のような、高級複雑船においては、構造的に複雑化し、鋼板も厚板の使用から更には高張力鋼、低温用材等の特殊鋼が

広範囲に使用されてきている。これに伴い、溶接継手に要求される継手性能も当然高度化するが、この継手性能に必要な適正品質を確保するためには、従来の溶接法の主体である手溶接のみに頼っている、溶接施工管理や高度の技量をもった人員の確保の面で限界があり、今後は品質的に安定した各種の自動溶接の拡大を図らねばならないであろうし、これがこれからの競争力を高める一つの決め手にもなる。

### 3. 造船溶接の自動化、高能率化の動向

これまでのわが国造船界における溶接技術面で顕著な効果を発揮したものの一つは、高能率でしかも施工技術的に安定したサブマージーク溶接法の突合せ継手への適用であり、他の一つは太径、長尺の専用型溶接棒を用いたグラビティ、オートコン溶接法のブロック組立への高能率な適用であった。しかし、両溶接法とも対象継手が水平もしくは軽度の傾斜部に限られることから、適用範囲は既に限度近くに達している感がある。

ここでまず造船における溶接高能率化の一つのパロメーターである自動化率（溶接材料の比率）の推移について見てみよう。図-1は昭和40年～46年間の自動化率の推移をタンカー等の建造造船所としてほとんど専用化された造船所のグループ（第1グループ）と、バルクキャリア、貨物船、コンテナ船などの多船種建造造船所のグループ（第2グループ）の二つのグループに分けてたどってみたものである。昭和40年頃までの溶接の自動化率は平均で10～12%程度であったものが、5年余の間に18～20%にも上昇している。しかし、この上昇の度合について見ると、昭和43年頃まではかなり急であるがそれ以後は比較的緩やかなカーブであることがわかる。この理由を推定すると、まず昭和42年～43年頃までは、溶接自動化の主体がサブマージーク溶接によるものであり、片面自動溶接の導入も含めた適用範囲に限りがあり、それ以後はほぼ頂点に達したものと考えられる。これは、図-2に示す全国主要造船所のサブマージーク溶接と炭酸ガスアーク、ノンガスアーク

溶接の溶材使用量の推移グラフ、ならびに図-3に示すそれぞれの溶接機の所有台数の推移グラフにおいて、サブマージーク溶接については、昭和43年頃より溶接使用量、溶接機台数ともにその伸び率が鈍化していることから明らかである。

一方、炭酸ガス、ノンガスアーク半自動溶接は急激に上昇しつづけていることがわかる。すなわち、昭和43年以降の自動化率の伸びの主体は、この炭酸ガスまたはノンガスアーク半自動溶接によっているところが大きいと思われる。その理由としては、これらの半自動溶接法が、他の溶接法に比較して

- (1) 手溶接の1.5～3.0倍の高能率
- (2) 各種自動溶接法より機器が安価で、しかも操作が簡単
- (3) いづれの継手、いかなる姿勢に対しても適用可能な程汎用性がある。

などの優れた点を有しているためと考えられる。次に造船における新しい各種自動溶接法の開発、導入において最近とくに重要視されている。

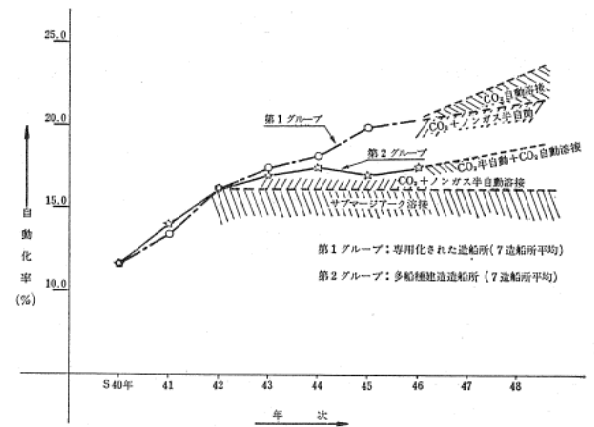


図1 溶接自動化率推移

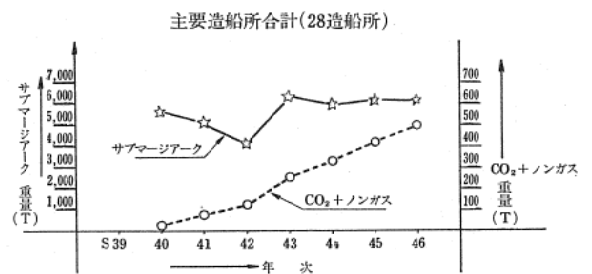


図2 サブマージーク溶機使用量 } 推移グラフ  
CO<sub>2</sub>+ノンガス溶機使用量 }

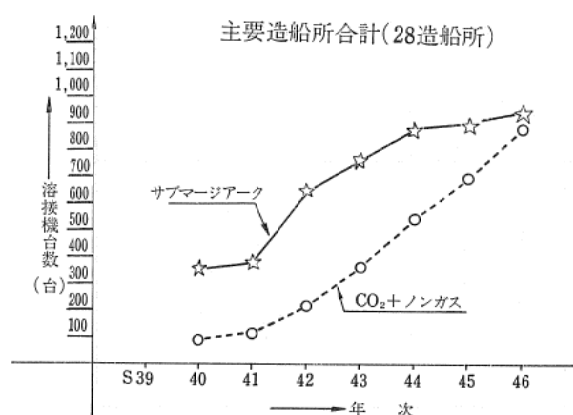


図3 サブマージアーク溶接機台数 } 推移グラフ  
CO<sub>2</sub>+ノンガス機台数

のは、これらの溶接法をいかに効果的に生産ラインに投入していくかという点である。すなわち、自動溶接機を単一的な溶接高能化の道具として考える段階は過ぎて、対象構造、物量、工場設備、レイアウト等の周辺条件を考慮の上採用された建造、組立ラインの一工程としての溶接方法を検討しなければならないより高度の段階に来ている。

表一に主として大型船建造造船所で採用されている最近の船体建造法およびブロック組立法のうち主なるものを示す。

たとえば、組立工程においては、従来より平行部のブロック組立を合理的に行うために枠組方式が採用されてきているが、これに対し、溶接能率の向上に重点を置き、ロンヂ材とスキンプレートの水平すみ肉溶接を高能率なラインウェルダにて溶接するために枠組を行わずロンヂ材と板とを先に溶接し、その後トランス材を組立てるいわゆるロンヂ先付け方式が採用されたり、より大型なシステムとして、タンカーの Wing Tank 部分を一体化して回転治具に装填し、絶えず下向作業ができるようにしたロータシステムが開発されその威力を発揮しつつある。

また現場(船台)工程においては、高所作業でしかも屋外作業であること、またタンク内作業が多いことなど作業環境が悪く、以前より各造船所で改善すべく検討がなされてきているが最近、この環境の良くない船台作業を極力地上

作業へシフトするために大ブロック化して現場継手を減らす動きがある。また一方ではタンク内に大型の機械足場を移動させ、従来の足場に比べて安全性、作業性を改善するとともに、この装置に取付、溶接などの治工具を塔載して現場継手の結合を自動化する作業ユニット方式が開発実用化されている。これらの新しい建造法、組立法は、今後建設される専用化造船所においては、更に発展させた形で導入実用化されていくものと思われ、それに適合した各種の自動溶接法が選択あるいは開発されて組込まれていくであろう。

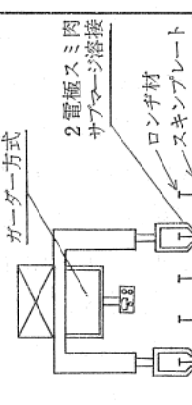
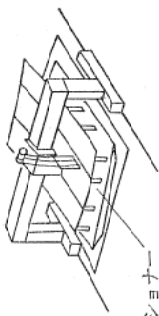
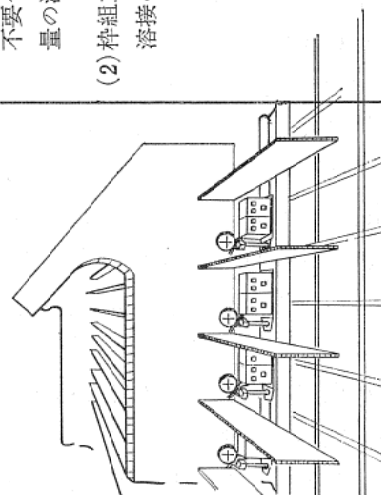
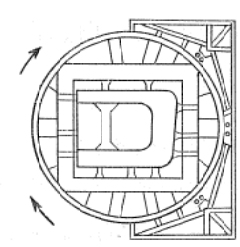
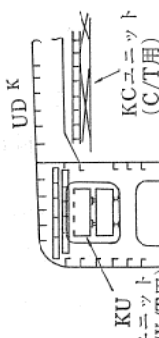
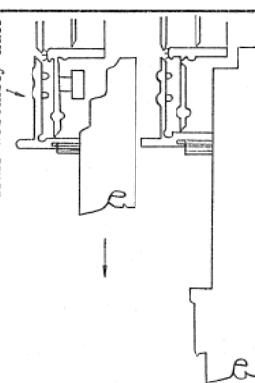
#### 4. 造船所の特質と自動化、高能率化の方向付け

わが国の主要造船所は、大別すれば、タンカー等を主体に建造する専用化された造船所とバルクキャリア等の専用船とコンテナ船、カーフェリー等の高級複雑化した船舶を同時に建造する多船種建造造船所の二つに区分できるようである。ところで、溶接自動化率については、図一に示したごとく、現状では、専用化された造船所の平均自動化率が約20%、多船種建造造船所は約17%と大きな差異はないようであるが、推移カーブの傾向をみると、前者の場合はやや上昇傾向にあるのに対し、後者においては、ほとんど横這いの状態を呈している。ここでは、今後の溶接の自動化、高能率化の推進にあたり、いかなる方向に進むべきかを、専用化造船所と多船種建造造船所の両グループに分けて考えてみたい。

まず、大型船を建造する専用化造船所においては建造対象船が明確なことから的をしばりやすく、各生産ステージにおいて最適な建造法、生産方式あるいは工場レイアウトの検討が可能であり、これに溶接の自動化を考慮していくべきと考えられる。図一4は船体建造の各ステージにおいて、最近採用されつつある各種の生産方式をリストアップしたものである。

小組立(Sub Assembly)工程においては、その対象構造部材の溶接長が短いものが多く、また部材の回転率が高いが、比較的系列化しやす

表1 新しい船体建造法、ブロック組立法

| 区分     | 方式   | ねらい  | 適用造船所                     |
|--------|--|--|---------------------------|
| ブロック組立 | (a) ラインアップエレガーター方式(ロング先付け方式)<br>      | ブロック組立<br>水平スミ肉溶接の<br>高能率化   | 日本鋼管<br>石 播 具 津           |
|        | (b) 曲り外板組立治具<br>                      | (1) 治具組立のNC化<br>によるコスト低減<br>及び精度向上<br>(2) 片面自動溶接範囲<br>の拡大                    | 川重(計画中)                   |
|        | (c) (自動) 枠組装置(S.E.Aシステム)<br>        | (1) カラープレートの<br>不要化による溶接<br>量の減少<br>(2) 枠組立の取付及び<br>溶接の自動化                   | 住重 追浜                     |
| ブロック組立 | (d) ブロック回転装置<br>                        | ブロック組立<br>スミ肉溶接の下向<br>姿勢化による高能<br>率化   | 三井 千葉<br>米国リットン<br>造船所    |
| 船台工事   | (e) 船内作業ユニット<br>                       | (1) 船台の作業性向上<br>(2) 準備作業の軽減<br>(3) 自動溶接化の拡大<br>(1)~(3)による<br>能率向上            | 石 播 具 津<br>石 播 具 津 横 浜    |
|        | (f) 大平板ブロック建造方式<br>45m(長さ)×30m(巾),<br>600 T 大ブロック  | (1) 船台(ドック)作業<br>の地上化による能<br>率向上<br>(2) ドック建造<br>日程短縮                        | 三菱 香 港                    |
|        | (g) 船体移動方式<br>Hull assembly hall<br> | (1) ほとんどの作業を<br>屋内で行う“全<br>天候型”工場によ<br>る生産の安定性及<br>び能率向上<br>(2) 建造時間の大幅<br>縮 | アレンドール<br>造船所<br>(スウェーデン) |

いという特質があるため、コンベヤーラインシステムあるいはタクトシステムが採用されているが、さらに今後は、部材のグループ化を進めこれに適合した専用型自動溶接機（炭酸ガス溶接法）を開発導入することにより、一層自動化を伸展しうるものと推定される。

また、組立（Assembly）工程は、溶接の工事が最も多いステージであるが、その中で板継については、大部分の造船所においてサブマージアーク溶接による片面溶接法が導入され、また運搬の合理化のためにコンベヤーライン化されているところが多く、さらには準備、付帯作業の省力化のために各種の機械化が進められている。総組立については、同形構造が多いにもかかわらずこれまでほとんど機械化されなかった分野であるが、最近になり組立、溶接ともに自動化する方式が開発実用化されている。また一方、枠組方式ではトランス材によって連続した直線の溶接線が寸断されるのを避けて、あらかじめロンヂ材とスキンプレートの水平すみ肉継手を高能率なラインウェルダで施行する方式も有効と考えられる。さらに、大組立あるいは総組立においては、タンカーの平行部のブロック全体を回転させ、たえず下向姿勢化する装置や、曲りブロックの形状に合わせ N/C 制御によって溶接線をたえず水平に位置づける装置も開発されており、いずれも生産システムの変革と合わせて機械化、装置化されつつある。

また、船台（Erection）工程においては、これまでの自動溶接適用の範囲は、平面突合せ継手のサブマージアーク溶接や側外板、ロンヂ材の立向自動溶接などに限られていたが、最近になり、タンク内に従来の足場に代る作業ユニットを移動させ、これに専用自動溶接機を装填させる方式が採用されつつある。

以上述べた方式は、いずれも生産方式そのものの変更を要するものが多く、これらの装置化による省力化、高能率化などのメリットは溶接工数の数十パーセントの節減に及ぶものがあるほどに顕著なものであるが、反面、設備投資額が大きいこと、レイアウトの変更、開発研究の必要性など、専用化造船所でなければ、採算に合

い難いという問題がある。

次に多船種建造造船所では、溶接の自動化、高能率化に対していかなる方向に進むべきであろうか。ところで、このグループの造船所の多くは既存造船所であるため、工場設備、レイアウトおよび建造法などで制約を受ける場合が多い。さらに、建造船種によっても、たとえばコンテナ船のように平行部が少なく、構造的にも複雑で厚板の多い船では、自動溶接の適用に制限がある。しかも、海運界の動向に応じ主体となる建造船種が2～3年の間に変わってしまうことも考慮すれば、それぞれの船種に最適な設備、建造法を求めることにもちゅう著せざるをえない。

これらの事情を勘案し、多船種建造造船所に最も効果的と考えられるのは、既成溶接法の中で比較的機器が安価で使用簡単な炭酸ガスを主体とした可搬式軽量な半自動溶接の適用拡大ではないかと思われる。たとえば、内業、組立工程においては、水平すみ肉溶接に対し最も高能率なグラビティ、オートコン溶接を優先適用しこれに炭酸ガスアーク溶接を組合せて使用する方向がまず有効であろう。また、炭酸ガスアーク溶接の拡大の方向としては、可搬性の良好な半自動を全面的に使用し、その後、小回りのきく短尺突合せ継手用自走式溶接機や比較的長尺な水平すみ肉継手用自動溶接機などを1人で2～3台使用できるようにしたり、ピラー、型鋼など構造によってグループ化した部材に対し専用の自動溶接機をきまこまかく開発導入することが必要であろう。（写真1、2）

次に船台工程においても、艙内、機関室、上部構造などの諸構造で機器の移動が困難な場合や、継手長が短いことから、サブマージアーク溶接の適用しがたい継手、あるいは従来手溶接で施工しているすみ肉継手などに可搬性の良好な炭酸ガス半自動もしくは自動溶接の使用拡大を図るべきであると思われる。多船種建造造船所に対するこれらの自動化の方法は、専用化造船所における重装備の設備にくらべると能率向上の効果は少ないであろうが、投資金額も少なく、且つ管理者の認識と推進があれば即時適用

図4 生産方式と適合溶接法

※将来：約2年先の推定

| 生産ステージ             | 構造部材と主作業       | 従来の適用溶接法           |  | 作業の特徴及び制約          | ねらい                    | 生産方式                     | 新生産方式への移行と適合溶接法 |   | 適合溶接法  |
|--------------------|----------------|--------------------|--|--------------------|------------------------|--------------------------|-----------------|---|--|
|                    |                | 現在の自動化率(%)         | 将来の自動化率(%)                                     |                    |                        |                          | 適用造船所           | 将来の自動化率(%)  |  |
| Sub-Assembly Stage | 内構材 (ウエブ/ガーダー) | 継                  | 手溶接<br>1. サブマージ<br>3. CO <sub>2</sub> 半自動 (骨付) | 溶接長が比較的短い          | 運搬の合理化<br>溶接場所の一定化     | コンベヤシステム                 | 主要造船所多数         | 20  | 1) パランサー付 CO <sub>2</sub> 半自動<br>2) CO <sub>2</sub> 自走式溶接      |
|                    |                | 骨付け                |  | 部材の回転率が高い          | 溶接自動化拡大                | タクトシステム                  | 川重他             | 40  | 自走式CO <sub>2</sub> 溶接  |
|                    | 中組材 (小セル)      | 継                  | 1. グラビティオートコン<br>手溶接                           | 部材形状は多種にわたる        | 繰返作業による効率向上            | グループテクノロジー               | 部分的には多数造船所      | 60  | 構造別専用CO <sub>2</sub> 自動溶接                                      |
|                    |                | 骨付け                | 3. CO <sub>2</sub> 半自動                         |                    | 類型材の集合                 |                          |                 | 80  |  |
| Assembly Stage     | 板              | 継                  | サブマージ<br>アーク溶接                                 | 継手は直線              | 運搬の合理化                 | 片面自動溶接<br>コンベヤシステム       | 主要造船所多数         | 20  | サブマージアーク<br>片面溶接   |
|                    |                | 骨付け                |  | 部材平                | 片面溶接拡大                 | パット継装置 (大平板ブロック)         | 三菱 香焼           | 40  |  |
|                    | 枠組             | 継                  | 手溶接  | 立向継手主体             | 立向継手の自動溶接              | SEAシステム (自動枠組方式)         | 住重 追浜           | 60  | 1) CO <sub>2</sub> 多極下進溶接<br>2) ノンガス立向自動溶接                     |
|                    |                | 骨付け                |  | カラアプレート部複雑<br>同形構造 | カラアプレートの不要化<br>枠組立の自動化 |                          |                 | 80  |  |
|                    | 平行部<br>ブロック    | 継                  | 1. グラビティオートコン<br>手溶接                           | トランス材により長い溶接線が寸断   | 水平すみ肉溶接の自動化            | ロンチ先付方式                  | 鋼管 津            | 20  | ラインウエルダー (サブマージアーク)  |
|                    |                | 骨付け                | 2. 手溶接   | すみ肉溶接継手が主体         | 溶接場所の一定化               | 大組立<br>コンベヤシステム          | 専用造船所多数         | 40  | 1) グラビティオートコン<br>2) サブマージアーク肉溶接<br>3) 構造式溶接 4) CO <sub>2</sub> |
| Erection Stage     | 曲り<br>ブロック     | 継                  | 1. サブマージアーク<br>手溶接                             | 立体ブロックでは全姿勢溶接      | 運搬の合理化                 | ロータシステム                  | 三井 千葉           | 20  | 同上   |
|                    |                | 骨付け                |  | 継手の傾斜              | 継手の下向姿勢化               |                          |                 | 40  |  |
|                    | 平行部            | 継                  | 1. 手溶接<br>2. CO <sub>2</sub> 半自動               | 継手の傾斜              | 傾斜の平坦化                 | NC制御<br>曲り<br>ブロック組立治具   | 川重              | 60  | (板継)<br>サブマージ片面<br>(すみ肉)<br>パランサー付CO <sub>2</sub> 溶接           |
|                    |                | 骨付け                | 3. エレクトログラス                                    | 溶接姿勢変化             | 自動溶接の拡大                | 大平板ブロック方式                | 三菱 香焼           | 80  | 平行ブロックに同じ  |
| 曲り部 (船舶)           | 継              | 1. 手溶接<br>2. 消耗ノズル | 高所屋外作業<br>立向、権向、上向姿勢                           | 船台工事の減少            | 作業ユニット                 | 石播 呉<br>他                | 20              | 1) CO <sub>2</sub> 自動溶接法<br>2) 構置式溶接<br>3) エレクトログラス<br>消耗ノズル他 |  |
|                    | 骨付け            |                    | 傾斜 継手<br>タンク内作業                                | 自動溶接の拡大            | 船体移動方式                 | アランダール<br>造船所<br>(三菱 香焼) | 40              | 1) CO <sub>2</sub> 自動溶接 (全姿勢)<br>2) エレクトログラス<br>消耗ノズル溶接       |  |



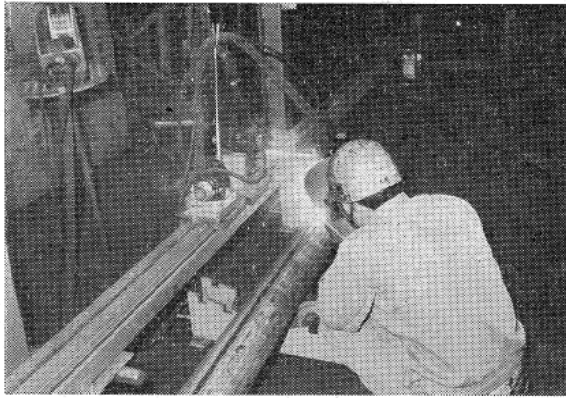


写真-1

小組立コンペアー上の炭酸ガス半自動使用状況

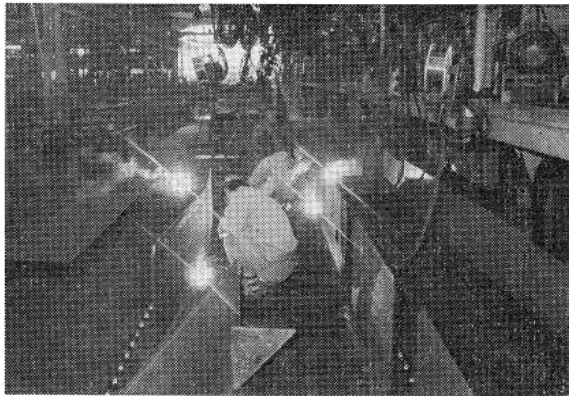


写真-2

丸ピラーの炭酸ガス自動溶接状況

可能であるという利点を有している。以上のごとく、溶接の自動化、高能率化への進むべき方向は、専用化造船所と多船種建造造船所によって異なるものと思われるが、ここで、現在開発あるいは市販されつつある各種の自動溶接法のうち、双方の造船所において適用可能なものの概要を表-2に示す。また、これらの自動溶接法をタンカーあるいはバルクキャリアに適用する場合の計画例を図-5および図-6に示す。ここに掲げた溶接法は炭酸ガス、ノンガスアーク溶接を主体としたものが多く、いずれも比較的可搬性の良いものである。多船種建造造船所においては単一的にも使用可能であるし、また専用化造船所においては作業ステージ、組立装置に併せて装置化、ユニット化して適用することもできる。ただ、それぞれの造船所の特色に合わせて選択するとともに、使用目的に応

じて modify していく必要はあろう。

## 5. 溶接自動化、高能率化の推進方法

造船における溶接自動化は、サブマージアーク溶接による片面自動溶接の開発導入など進んだ分野もあるが、他の産業界、たとえば建設機械、自動車工業などにくらべると自動化、装置化の割合などでまだまだ低いのが現状である。これは、造船においては建造工程によって作業環境が良くないことや、作業場所の非集中性によるところが多いが、現在はこの制約を可能な限り改善しなければならない時代に来ていると言えよう。すなわち、

- (1) 機械化、自動化による省力化、高能率化
- (2) 作業環境の改善（高所、寒暑、ヒューム騒音などの対策）
- (3) 作業環境の良好なステージへの作業のシフト、または作業そのものの省略

などが当面の課題と思われるが、これらを実現するためには、大幅な工作法、建造法の改革あるいは大型の設備を要する場合が多い。従来、溶接法の改善については、単一的な溶接法の開発導入が主体であった。しかし、今後はシステムの的な工作法、設備の開発が必要であり、この中の一分野としての溶接を考慮しなければならない。しかるに、このような検討は、単発的になされても実質的な成果をあげることが困難であり、単に溶接関係者のみでなく、組立、足場、設備および設計など多くの部門より参画したプロジェクトチームの編成によってアイデアの抽出と、VE、VDなどの新しいアプローチを行い、またこの具現化には、各アイテム別に推進グループを編成して推進するのが望ましいと思われる。次に、溶接自動化、高能率において最近とくに注目されているのが造船所と溶接材料、機器メーカーとの共同開発体制である。最近、造船所が建造法や工場設備についてかなり大幅な改善を計画する場合、組立を含めた自動化、機械化の装置はかなり高度なものになる傾向があり、従来のように各造船所内の開発のみでは人員的、設備的に実現が困難であったり、タイミングを失する恐れがある。かかる場

表-2 最近の各種自動溶接法(造船所)

| 継手区分 | 溶接法                                     | 概略図 | 概略機能  | 適用継手                                      | 機種<br>(メーカー)  |
|------|---|-----|---|---|---|
| 下向   | 突合せ<br>横置式潜弧溶接                          |     | 船殻内構部材<br>サイドロンヂ等の接合専用溶接装置で三角形断面の電極を横置きにセット通電する潜弧溶接装置                                       | 船台サイドロンヂのブロック継手下向突合溶接                     | CBS (神鋼)  |
|      | 水平すみ肉溶接<br>可搬式潜弧                        |     | 水平すみ肉継手の溶接用に可搬性溶接性の向上を目的に開発された小型タンデム潜弧溶接装置  | 大組立及び船台での水平すみ肉溶接<br>脚長 6~11mm             | MISA (三電)<br>M-25T (大変)<br>TTF-1 (神鋼)                             |
|      | 横置式被覆アーク溶接                              |     | 水平すみ肉継手の連続点火式溶接装置   | 小組立、大組立での水平すみ肉溶接<br>脚長 6~8mm              | CAW (住金)<br>ナカオート (バンコー)  |
| 立向   | 突合せ<br>CO <sub>2</sub> オシレート式アーク溶接      |     | CO <sub>2</sub> 溶接で振動数振巾およびワイヤー先端の運棒軌跡をコントロールした、オシレーションのできる突合せ用全自動溶接装置                      | 船台、外板 HOPPER T <sup>K</sup> TOP等 立向突合溶接   | DT-1 (神鋼)<br>SS-SEMI (神鋼)<br>SSA-1 (神鋼)<br>OSCON (日鉄工業)<br>(松下住重) |
|      | 消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接 (フラックス自動添加式)           |     | 消耗ノズルエレクトロスラグ溶接法において自動的にスラグ浴深さを検出しフラックスの最適量を自動的に供給できる装置                                     | 船台での溶接長が3M以内の厚板立向突合溶接                     | DS-KOB (神鋼)<br>(三菱)<br>(新日鉄)                                      |
|      | スミ肉<br>電流制御方式立向自動溶接                     |     | T型立向すみ肉継手を小休止、期間を有する交流波形装置をもった電源を使用して、ノンガス溶接法又は、CO <sub>2</sub> 溶接法等を用いてストレート運棒で上進溶接する全溶接装置 | 大組、枠組工程でのトランス材と、ロンヂ材の立向すみ肉溶接<br>脚長 6~10mm | TC-1/2 (神鋼)   |
| 横向   | 突合せ<br>ノンガスCO <sub>2</sub> サブマージアーク自動溶接 |     | 側外板の船台継手をノンガス溶接2電極等にて溶接する横向突合せ用全自動溶接装置  | 船台での外板横向突合せ溶接                             | H-1B (大電)<br>H-1A<br>SU801 (大電)                                   |
| 全姿勢  | 突合せスミ肉<br>CO <sub>2</sub> オシレート式アーク溶接   |     | 在来のCO <sub>2</sub> 半自動溶接機と組合せて磁力をもつ車輪で吸着しながら自動走行しウイピング機構を内蔵している自動溶接装置                       | 船台 HOPPER T.TOP等 立向突合および全姿勢すみ肉溶接          | マグトレーサー (日立)  |
| 立向   | スミ肉<br>簡易エレクトロスラグ溶接                     |     | 比較的短い(600mm以下)溶接線で厚板(25mm以下)の立向上進突合せ溶接を、シールドガスなしで溶接する。無被包型消耗ノズル併用上進自動アーク溶接装置                | 船台でのサイドロンヂ立向突合溶接                          | KPA (神鋼)  |



図5 OIL TANKER の溶接自動化計画例

| 区分    | NO. | 溶接法                                    |
|-------|-----|--|
| 既存技術  | ①   | 片面潜弧溶接法                                |
|       | ②   | 潜弧溶接法                                  |
|       | ③   | 消耗ノズル式エレクトロスラグ                         |
|       | ④   | エレクトロガス溶接法                             |
|       | ⑤   | CO <sub>2</sub> 又はノンガス半自動溶接法           |
| 新開発技術 | ①   | 横置式潜弧溶接法                               |
|       | ②   | 可搬式<br>潜弧水平スミ肉溶接法                      |
|       | ③   | 横置式被覆アーク溶接法                            |
|       | ④   | CO <sub>2</sub> オンレトアーク制御方式<br>立向自動溶接法 |
|       | ⑤   | 簡易エレクトロガス溶接法                           |
|       | ⑥   | 消耗ノズル式エレクトロスラグ<br>(フラックス自動添加方式)        |
|       | ⑦   | 電流制御方式立向自動                             |
|       | ⑧   | CO <sub>2</sub> 又はノンガス横向自動             |

○ : 新技術  
□ : 既存技術

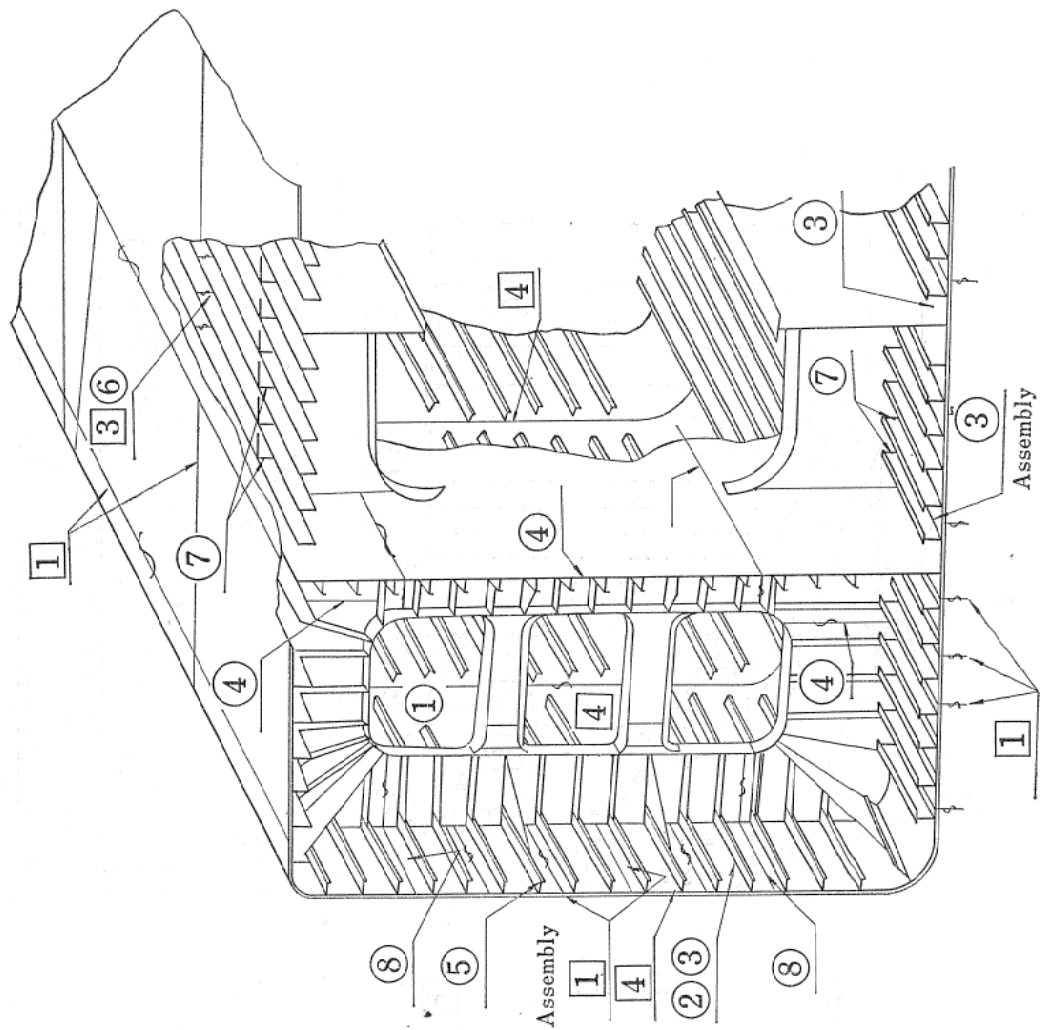
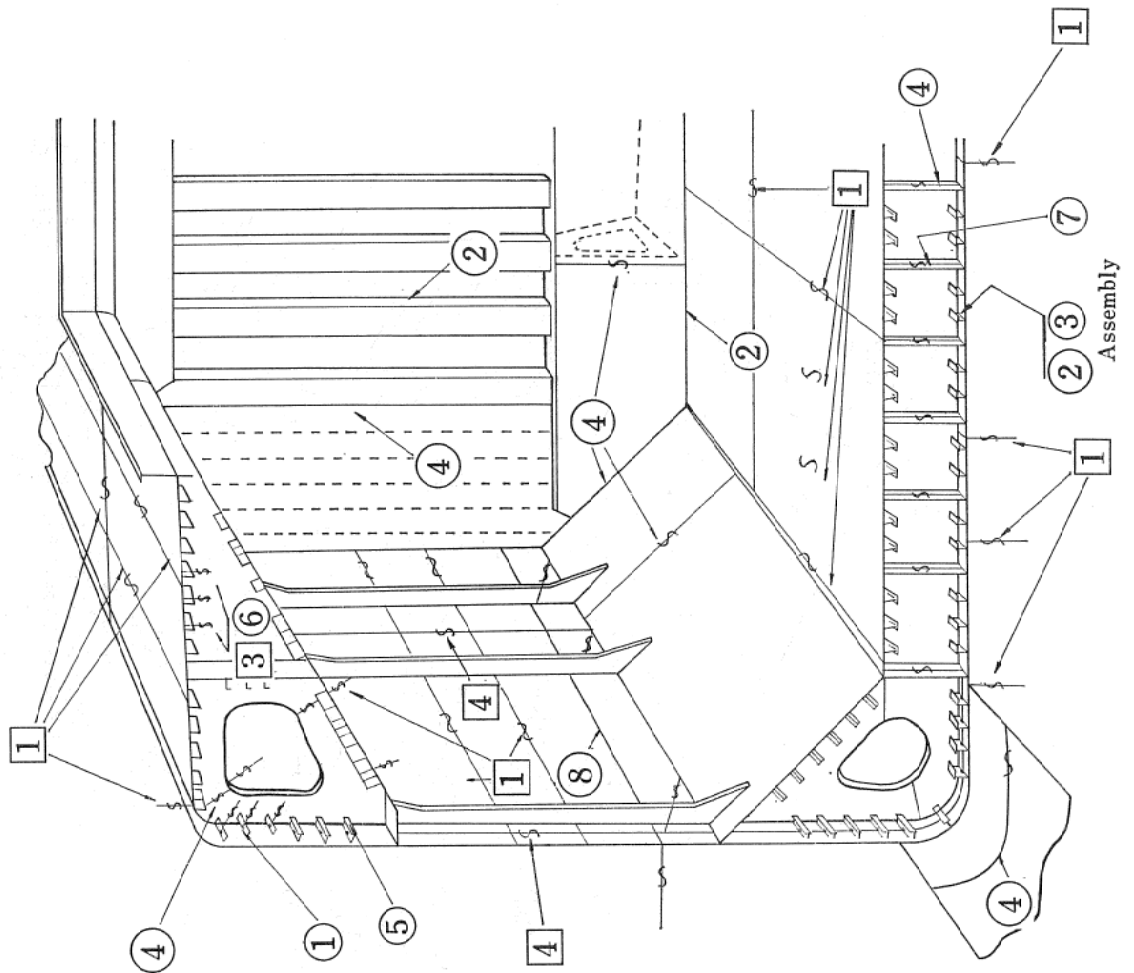


図6 BULK CARRIER の溶接自動化計画例



| 区分    | NO. | 溶接法                                 |
|-------|-----|-------------------------------------|
| 既存技術  | ①   | 片面潜弧溶接法                             |
|       | ②   | 潜弧溶接法                               |
|       | ③   | 消耗ノズル式エレクトロスラグ                      |
|       | ④   | エレクトログラス溶接法                         |
|       | ⑤   | CO <sub>2</sub> 又はノンガス半自動溶接法        |
| 新開発技術 | ①   | 横置式潜弧溶接法                            |
|       | ②   | 可搬式潜弧水平スミ肉溶接法                       |
|       | ③   | 横置式被覆アーク溶接法                         |
|       | ④   | CO <sub>2</sub> オシレートアーク制御方式立向自動溶接法 |
|       | ⑤   | 簡易エレクトログラス溶接法                       |
|       | ⑥   | 消耗ノズル式エレクトロスラグ(フラックス自動添加方式)         |
|       | ⑦   | 電流制御方式立向自動                          |
|       | ⑧   | CO <sub>2</sub> 又はノンガス横向自動          |

○ : 新技術  
□ : 既存技術

合、開発に対するポテンシャルが高く、人員、設備面でも能力の高いメーカー側にその計画を提案し、造船所側は工作技術面、実用化面でのアドバイスをを行うことによって早期実用化を図る動きが活発化している。ただ、この場合建造船種、構造、物量、レイアウトを考慮して効果的な投資となるよう造船側の綿密な検討と長期的見通しが必要なこととは言うまでもない。

## 6. 造船における将来の溶接方法

造船の溶接は、ここ当分の間生産方式の改革を含め増々自動化、装置化が進展するものと思われる。

この傾向はとくに専用化造船所において拡大されようが、多船種建造造船所においてもこれらを応用して、最適化した方式が採用されるものと思われる。

ところでこの場合の適合溶接法は図-4に示したように炭酸ガスアーク溶接やノンガスアーク溶接の応用的使用が主体となろう。すなわちこれらの溶接法をあらゆる継手に適用すべく手溶接の動作を分析して、(1)各種の運棒軌跡をオシレート機構によりパターン化し、(2)溶接電流の制御方式と合せて手溶接の複雑な動作に近づける研究が行われ、さらには、能率向上を図るための(3)多電極化と(4)1人で2～3台の使用を可能としようとする動きがますます盛んになってくるのであらうと思われる。

また一方では、高能率な自動溶接法とくに片面自動溶接において開先精度あるいは裏面ビードの良否を検出し、これを溶接条件にフィードバックさせる自動制御方式、更にはN/Cを広範に導入した装置などが実用化されるであらう。

また、将来の溶接法としては、まず Narrow gap (狭隙開先) 溶接法が注目されるのではないと思われる。すなわち、高能率な自動化が困難な横向自動溶接への適用、構造上止むをえず施工しなければならない上向突合せ溶接の自動化、あるいは従来より実用化されている立向自動溶接のより高級鋼への適用化が期待される。

さらには、より high grade な材料の造船での適用、あるいは製品精度のアップに対して電子ビーム溶接の実用化も検討されてくるものと考えられる。ただ、これらの溶接法はいずれも開先精度の高度化、設備の重装化など問題点もかなりあるが、今後、生産方式、工作法との組合せによっては実現不可能ではないであらう。ところで、この方面での技術水準は諸外国にくらべて必ずしも進歩しているとは言えないし、また造船所個々の研究開発のみでは手に余る大型のプロジェクトを要するであらうと思われるので、今後公的研究機関に組織的な研究開発を依頼し、他の先進国に遅れをとらないよう推進することがわが国の造船界にとっても必要であらう。

## 7. あとがき

ここ数年の間に造船界においては溶接の自動化を含めてかなり大規模な建造法、工作法の改革がなされている。これはとくに巨大船を建造する新しい造船所において進展しているが、ここでは、これらの概要とそれにかなる溶接法が適合するかについて述べてみた。

終りに資料を引用させて頂いた溶接施工委員会に謝意を表します。