キャンペーン特集

生産技術のニューウェーブ
＜溶接の脱技能化＞

⑥ 造船産業における脱技能化の展開*

中山 繁**, 田中 将基**

Development of De-Skillization in the Ship-building Industry.*

by Shigeru Nakayama**, Masaki Tanaka**

キーワード: 造船, 脱技能, 溶接, 自動化, ロボット利用, 3K, 重厚長大

1. ま え が き

重厚長大産業の代表選手である造船業の労働環境は、①若年労働者の確保の難しさ、ならびに②熟練作業者の不足と高令化という二重苦をかかえており、現場担当技術者はこの対応策に日夜、あくせくしているのが現状である。とくに、ここ1~2年の急速な受注、建造の回復に伴ない、労働環境はより切迫した状況を呈している。

ここでは、造船産業をとりまくこのような厳しい労働力環境下において、脱技能化のこころみとして、造船における溶接、加工作業工程別にどのような対応策を講じ

られているか、その現状を紹介し、今後の動向をさぐってみたいこととする。

2. 造船溶接に適用される溶接法と技術の変遷

2.1 船体の構造と建造手順

図1は大型タンカー(VLCC)の船体中央部の構成と分

図1 船体中央部のブロック構成
(25~30万DWT VLCCの例)

図2 船体の建造工程

*原稿受付 平成3年10月21日

**正 員 川崎重工業㈱明石技術研究所 Member,
Kawasaki Heavy Ind., Ltd.

割例を示している。船体の構造は、主板（皮材）と縦、横防撓材（骨材）との組合せ（一般にパネル、もしくはブロックと呼ばれている。）で構成されており、図 1 の例では約 500 ブロックで一船を構成している。図 2 は設計開始から引渡しまでの建造工程を示しているが、溶接・加工の対象工程は、このうち主として小組立、大組立、船台組立の 3 工程である。溶接対象となる継手は、突合

せ継手とすみ肉継手が大半を占めており、例えば図 1 の VLCC クラスでは、総継手長が約 40 万 m を越える長さであり、突合せ継手が約 15% 程度で、残りがすみ肉継手である。

2.2 船体ブロックの建造方法と適用溶接法

船体ブロックの組立は表 1 に示すごとく、内業・小組立工程、大組立工程、船台工程の 3 工程に大別される。

表 1 船体ブロックの各工程別組立手順の例

水平（グラビティ溶接）
すみ肉（炭酸ガスアーク半自動溶接）

(a) 小組立工程

(b) 大組立工程

サブマージアーク溶接（片面自動溶接）
（ガスシールドアーク溶接）
エレクトロスラグガスアーク溶接

(c) 船台工程

図 3 各工程における適用溶接法の例

内業・小組立工程では、骨材（縦骨（ロンジ）材と横骨（トランス）材）の切断、溶接と主板の切断が行なわれる。大組立工程では主板の板継ぎ、ならびに主板と骨材との結合が行なわれブロックとなり、最終の船台工程によりこれらの完成ブロックが結合され、船体として完成する。

なお、これらの各工程のすみ肉ならびに突合せ継手に対して適用されている代表的な溶接方法を図3の(a)～(c)に示している。主板どうしの板継ぎにはサブマージアーク溶接が、すみ肉には炭酸ガスを主体としたガスシールドアーク溶接法が適用されている。

図4 溶接材料比で見た自動化率の変遷

2.3 溶接技術の変遷

ここでは、使用溶接材料面及び溶接設備の面から量的な溶接技術の変遷をとらえてみる。図4は主要造船所における溶接材料の比率でみた自動化率(含む半自動溶接)の変化と溶接作業1人当りの年間使用量の変化を示している。いずれも10年前に比べ倍以上の伸びとなっている。表2は溶接材料別（被覆溶接棒、ガスシールドアーク溶接とサブマージアーク溶接の3種）の使用比率の変

図5 溶接設備の累計

表2 溶接材料使用量の系統別比率

溶接材料		昭和57年	昭和60年	平成元年	備考
年間使用量(ton)		38,400	46,800	27,000	
比率 %	被覆溶接棒	56.6	28.4	18.0	
	自動・半自動				
	ガスシールド (CO ₂ , MAG等)	30.0	58.6	70.0	(含・ガス/相当材)
	サブマージ他	13.4	13.0	12.0	(含・フリックス/相当材)
	小計	43.4	71.6	82.0	
合計		100	100	100	

遷を示しているが、10年前と比べ、被覆溶接棒とガスシールドアーク溶接材料の比率が逆転し、ガスシールドアーク溶接の半自動溶接としての適用が急増しており、このことは図5に示す溶接設備の累計結果からもよくうかがえる。

3. 各工程における溶接自動化、ロボット化の事例と今後の課題

3.1 内業・小組立工程

内業工程には型钢等の部材の切断ならびに開先加工な

どがあり、開先加工等に合せ、ロボット等との組合せたシステムが実用化されている。(図6, 7参照)

小組立工程においては、とくにトランス材の面材及びスティフナーのすみ肉溶接を主体に、ロボットを天吊りした門型タイプと、スティフナーの両側すみ肉を同時溶接するNC制御型の溶接システムが実用化されている。(図8, 9参照)

また、ロボット天吊りの門型タイプでは立体構造物を考慮して上下に長尺可動ブームを持つシステムも小組立用ロボットとして登場している。(図10参照)

図6 型钢自動切断ライン

図9 Twin-Torch方式NC門型溶接ロボット
(写真提供：日立造船㈱)

図7 ロボットを搭載した型钢切断用システム

図10 立体小組立溶接ロボット
(写真提供：日立造船㈱)

図8 小組立溶接ロボット

図11 20電極すみ肉自動溶接装置

3.2 大組立工程

大組立工程では主板とロンジ材のすみ肉溶接やトランス材との取合いの溶接があり、枠組工法（トランス材とロンジ材を先組し主板と結合する組立法）では主板と枠とのすみ肉溶接が必要となり、溶接は主板の突合せ溶接を除き、すみ肉溶接が大半となる。図 11 は主板とロン

図 12 簡易自動台車マルチシステム

図 13 簡易自動溶接状況

図 14 可搬型多関節 NC ロボット+原点移動ユニット

ジ材のすみ肉溶接装置の適用例であり、マルチヘッドによる同時溶接施工事例である。図 12, 13 は主板と枠組ブロックのロンジ材のすみ肉溶接への簡易自動台車の適用例であり、天吊りされた簡易台車を 1 人の作業で 6~8 台操作を可能としたものである。溶接能率的にはグラビティによる施工とほぼ同程度であるが、ビードジョイントがなくなることや始末端部の溶接残しが低減するため、トータルコストとして低減効果大きい。しかしながらこのような簡易自動溶接では、完全に溶接残しをなくすることができない。そこで、図 14 に示すごとく、トーチを小型ロボットに持たせ、ロボットを台車に搭載した可搬型の NC ロボットも登場しており、これらの問題を解決している。

またトランス材とロンジ材の取合いやトランス材と主板の取合いのすみ肉溶接施工のため可搬型多関節 NC ロボットも実用化されている。(図 15 参照)

3.3 船台工程

船台工程における事例として、図 16 に示すように、レールのセッティング作業等に課題が残るものの可搬型自走式溶接ロボットの実用化が進められている。

以上各工程における自動化、ロボット化の導入・適用

図 15 可搬型多関節 NC ロボット
(写真提供：日立造船㈱)

図 16 可搬型自走式溶接ロボット
(写真提供：日立造船㈱)

表 3 技能レベルとその対応策

技能レベル	技術要件			対応策	作業内容
	知識 〔技術・ 安全〕	判断力 〔 修正機能〕	再現力 〔 持続力〕		
① 素人工	×	×	×	・作業の単純化 ・「完全自動装置(システム)」の構築	・装置のスイッチ押し操作 (短期間のアルバイト)
② 単能工	△	×	×	・作業手順の明確化・標準化 ・簡易自動機の導入	・工作及び装置の調整、簡単な調整などの繰り返し(長期アルバイト、女性アルバイト)
③ 未熟練工	○	△	△	・溶接作業のマニュアル化 ・教育訓練のレベルアップ	・自動機、治具の使用 ・取付組立など判断レス作業
④ 高齢熟練	○	○	△	・作業工具・保護具の工夫による ・減退機能の補助	・素人工、単能工、未熟練工とのペアリング ・熟練工の養成指導
⑤ 熟練工	○	○	○	・技能レベルの維持	

事例について紹介した。これら簡易自動溶接装置やロボットシステムにしても、小組立ロボットを除いて、いずれも人が運んでセットする方式であり、結果的には人手を要することになる。したがって、今後は溶接作業の自動化のみならず、装置のセッティングや搬送等の自動化を含む自動ハンドリング、セッティングを考えた自動化をどのように進めるかが課題となるであろう。

4. あとがき

以上、造船における溶接・加工において、脱技能化のころみとしてどのような対応策が講じられているか、その現状を紹介した。しかし、人がいない、不足だから

あるいは高令者が増えたから、即、自動化・ロボット化というのではなく、船舶の溶接・加工に必要な溶接作業者の技能をもう一度見直し、各技能レベルを持つ作業者の混成チームによるトータルな展開を考えることが必要であろう。(表 3)

船台工程の溶接・加工等、造船特有の作業内容を有する造船産業において、すべてが、前述のような自動化・ロボット化で解決されるというものでもない。「船舶建造技能の継承」の観点からも若年作業者の確保は不可欠であり、5 年先 10 年先の視点にたって自らが育成していく必要があろう。