

造船の立向溶接にみる最近の技術革新

— (1) —

川崎重工業KK* 寺井 清**

1. 立向溶接の工事量

造船の溶接工事量はふつう溶接長あるいは溶接時間であらわされる。いま 50,000 DWT タンカーと 12,000 DWT 貨物船の溶接工事量を示せば図1のごとくなる。同図における溶接長は文字どおり図面から計算によって求めたものであり、溶接時間は板厚、脚長および溶接姿勢を加味したアーク時間あるいはこれにあるアーク発生量を仮定して求めたものである（この場合アーク発生率で修正された後者の溶接時間は実際工事における溶接工数と考えて大差はない。したがってここでは便宜上この後者の時間を用いて議論をすすめるものとする）。

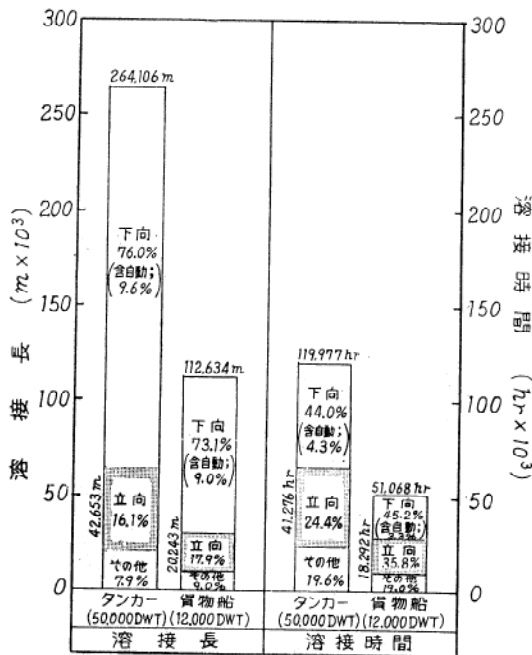


図1 50,000 DWT タンカーおよび 12,000 DWT 貨物船の溶接工事量

図1によれば、50,000 DWT タンカーの溶接長は 264,106m であり、溶接時間は 119,977 hr. である。いっぽう 12,000 DWT 貨物船では溶接長は 112,634m、

溶接時間は 51,068 hr. となっている。また同図では溶接姿勢別の工事量を 100 分率で示しているが、これによれば 50,000 DWT タンカーの場合溶接長では下向溶接が 76.0% を占め、ついで立向 16.1%、その他 7.9% となっている。いっぽうこれを溶接時間でみれば下向溶接 46.0%、立向溶接 34.4%、その他 19.6% となっている。ここで注目されるのは溶接長では立向では 16.1% にすぎなかったものが溶接時間の 34.4% になっており、全溶接工事量の約 1/3 を占め、溶接時間でみる限り、下向溶接に匹敵する工事量を示していることである。

以上はタンカーについて述べたのであるが、貨物船においても立向溶接の溶接時間は 35.8% を示し、タンカーの場合と同様に立向溶接が全工事量の約 1/3 を占めている。

2. 立向溶接にみられる最近の技術革新

上述のことから造船の溶接工事では立向溶接の工事量が以外に大きい比率を占めていることがわかるが、これは造船においては溶接工事の対象となる船体構造が複雑であり、しかもそれぞれの重量が大きく、ポジショニング（溶接の下向姿勢化）をとりにくいことに原因している。

また下向溶接はタンカーでは立向溶接の 1/3 倍 (46.0%/34.4%)、貨物船では 1/2 倍 (45.2%/35.8%) の多きを占めているが、概して下向溶接というものは溶接技量の習得が他の姿勢にくらべてもっとも容易であり、さらに水平スミ肉溶接も含めて自動化あるいは機械化される可能性が大きいといえる。事実従来の溶接技術上の革新は潜弧自動溶接を始めとして半自動溶接あるいはグラビティ溶接などすべて下向溶接に関するものであった。

造船の溶接工事の 1/3 を占める立向溶接については立向という溶接姿勢にもとづく本質的な困難さから、造船に溶接技術が導入されて以来ここ 2, 3 年前までの間は効果的な技術改善がほとんどおこなわれていなかったといつてよい。しかしながら最近の造船業においては船体がますます大型化するいっぽう建造期間は短縮される傾向にあり、このような状況に対処するため造船の溶接技

* 神戸市生田区東川崎町 2-14

** 工博 造船工作部船殻課副課長

術の面においても各種の技術改善策について検討がおこなわれつつある。そのなかにあって造船の溶接工事における立向溶接の重要性が再認識され、立向下進溶接棒、エレクトロスラグ溶接法、エレクトロガスアーク溶接法、消耗電極式エレクトロスラグ溶接などの実用化が各所で積極的におこなわれるにいたった。このように最近の造船の溶接では立向溶接の能率向上の研究が従来の不向溶接中心のそれにかわって主要なテーマの1つになってきているが、立向溶接にかかわらず溶接能率の向上を検討する場合、まず考えられるのは自動化の問題であろう。

立向自動溶接法としてはソ連において開発されたエレクトロスラグ溶接法、あるいはこの溶接法よりヒントを得てベルギー・アーコス社により開発されたエレクトロガスアーク溶接法がある。

エレクトロスラグ溶接法(図2参照)が船体の溶接に適用される範囲は船台上現場における船体平行部の側外板の立向突合せ継手である。エレクトロスラグ溶接は厚板ほど能率の面で利点が大きくなって来るが、50,000 DWT以上の大型船であっても側外板の板厚は20 mmから25 mmまでであり、この板厚範囲では溶接速度も手溶接の約2倍程度であるので、溶接機1台を操作する

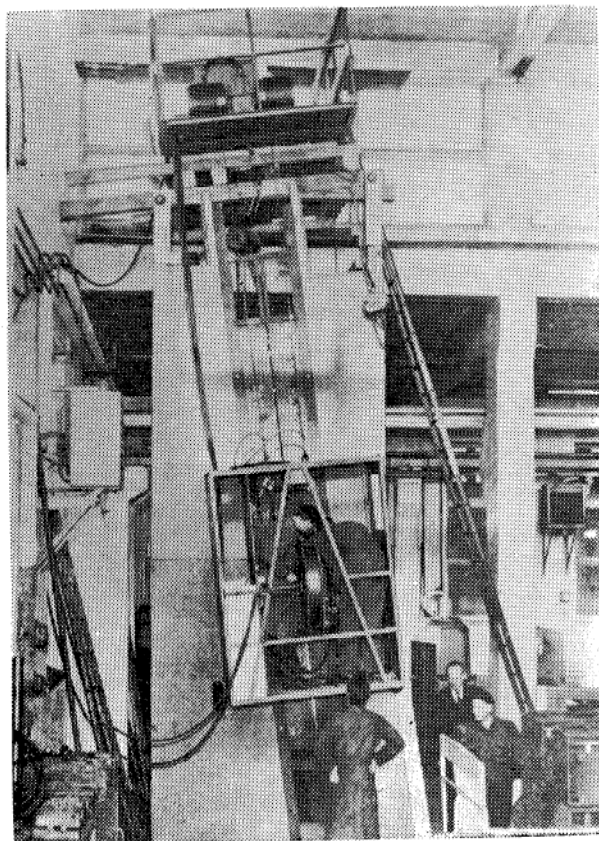


図2 大型船体の側部外板の現場継手溶接用に開発されたエレクトロスラグ溶接機

のに溶接工が2人要する現状では工数面での利益はあまり期待できないといえる。また溶接機ヘッド重量が大、その昇降装置に大がかりなものを要し、その他使用性能の上でも若干問題が残されているため現在のところ一部の造船所においてのみ実用化されているにすぎない。しかし最近の造船業のごとく70,000 DWT以上の大型船でも船台上工期が2カ月から3カ月の短期間で工事がおこなわれている現状では、比較的熟練度を要せずしかも溶接速度が大であることはそれだけで十分な魅力となり、大部分の各造船所はなんらかの方式で立向自動溶接法の採用を検討しているようである。なお立向自動溶接法としては前記のごとく以上のエレクトロスラグ法のほかに、図3に示すようなエレクトロガスアーク法があるが、これはエレクトロスラグ法がふつうの心線とフラックスを用いるのに対して後者は特殊な複合心線およびシールドガスとして炭酸ガスを用いる点が異なっているのであって他の機構は大体おなじであるから、風による、ールドガスの拡散という点を除いては適用上の問題点は大体前者と同様に考えてよい。

エレクトロスラグならびにエレクトロガスアーク溶接はともに溶接装置ならびに当金の機構上適用にあたって制約が多く加えられることになりやすいが、これを改善する意図で開発された、いわば立向軽自動溶接法ともいうべきものに、消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接法がある。この溶接法の機構は図4に示すとおりであるが、

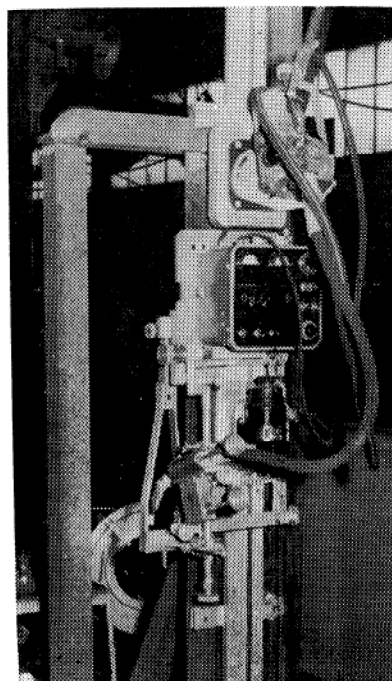


図3 船体の側部外板の立向突合せ継手の溶接に用いられる多目的エレクトロガスアーク溶接機

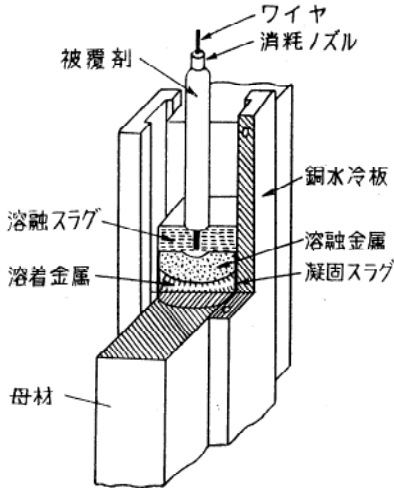


図4 消耗ノズル式溶接法の概略図

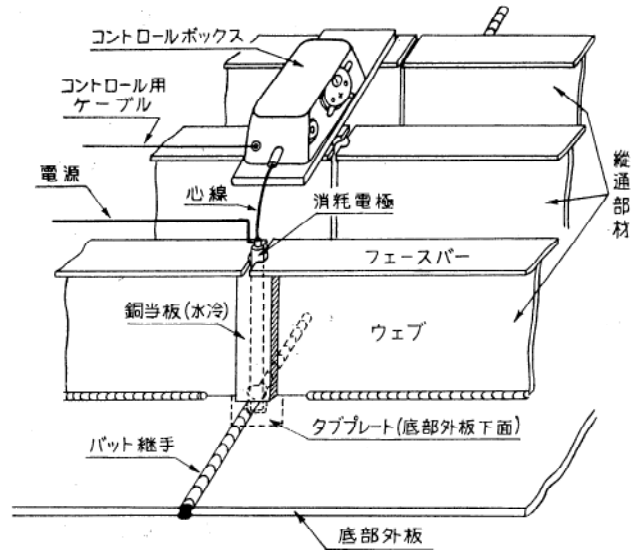


図6 底部外板縦通部材突合せ継手の消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接施工例

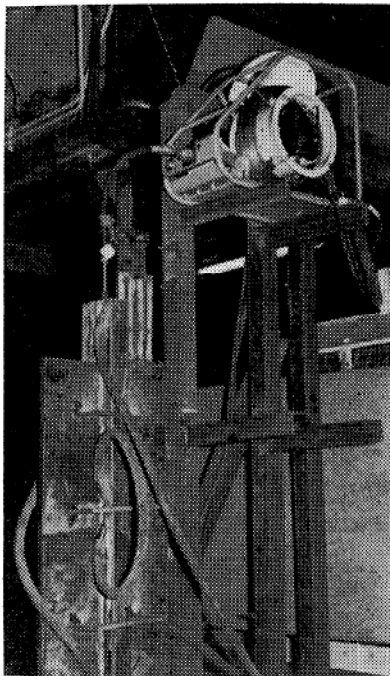


図5 消耗ノズル式溶接機

約 2m の立向継手長まで使用することが可能であり、造船の溶接工事における適用分野として上甲板の縦通部材あるいは底部外板の縦通部材におけるウェブ材の立向突合せ継手に使用することが検討されている。この施工法としてたとえば図6に示すごとく、底部外板の縦通部材の溶接の場合は外板主板上に消耗電極を通すだけの小孔（1吋径程度）をあけ、この下部にタブプレートをつけてこの点から溶接を開始すれば、底部外板に開けた孔も埋めながら縦通部材のウェブ材の立向溶接をおこなうことが可能となるのである。

以上のエレクトロスラグ溶接法あるいはエレクトロガス溶接法はいずれも当金、心線の送給装置あるいは昇降

溶接法	脚長											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
上進法 (A)	7.3	8.5	10.7	12.3	14.8	17.6	20.6	23.7	28.2	30.4		
下進法 (C)	3.0	3.6	4.3	6.3	8.7	11.2	12.6	15.2	17.8	20.2		
C/A (%) ÷	40	40	40	50	60	60	60	65	65	65		

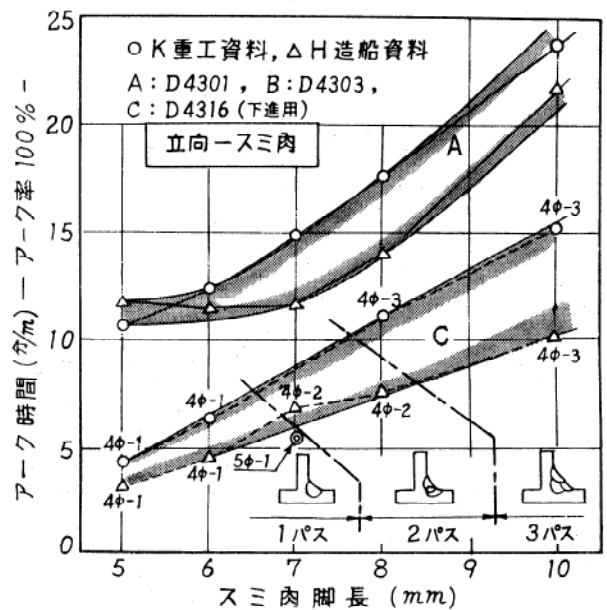
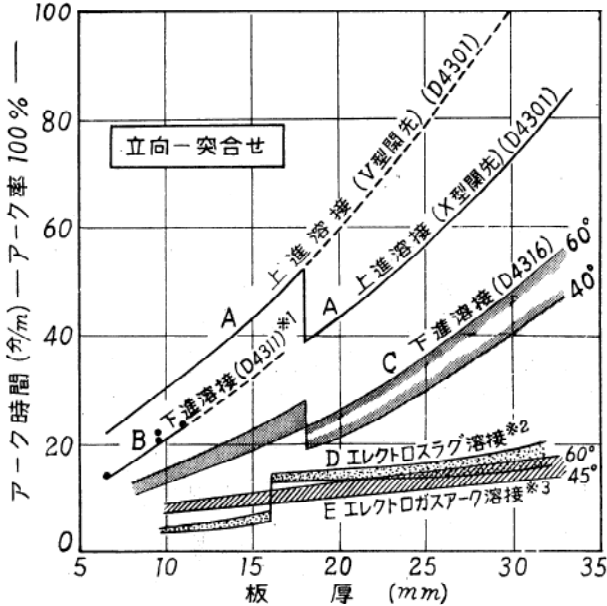


図7 立向スミ肉継手の溶接における上進下進溶接の脚長別溶接アーク時間の比較

装置などを必要とし、さらに適用範囲が立向突合せ継手に限定されるため、造船のごとくスミ肉溶接の工事が大きく、しかも狭隘な個所の多いところでは別に溶融特性を改善して立向溶接の能率の向上を可能とする溶接棒の効果がいっそう大きくかつこの開発が待たれていた。

板厚 比	上進溶接 (A) に対する時間比 (%)									
	12	15	18	29	22	25	28	30	32	35
B : A	72	(74)	(74)	—	—	—	—	—	—	—
C ₆₀ : A	52	52	52	60	60	63	65	66	66	66
D : A	30	30	55	68	62	56	52	50	50	50



記号	開先角度	心線直径
A	60°	4~5
B	60~70°	4~4.8
C ₆₀	60°	4~5
C ₄₀	40°	4~5
D	—	1.6~3.2

- ※ 1. Oli Storage Tanks. A New Approach to Welding Vertical Seams, Weld. & Metal Fab. 1964年1月号
- ※ 2. 立向および横向自動溶接, 溶接施工委資料, SK-24-64
- ※ 3. Panomatic 溶接機資料 (ARCOS 社)

図8 立向突合せ継手の溶接における各種溶接法と立向下進法の溶接アーク時間の比較

表1 立向下進溶接棒 (D4316) と従来立向溶接に使用された諸溶接棒 (D4301, D4303) との特性の比較 (神戸製鋼資料)

溶接棒	溶接姿勢	全溶着金属引張試験結果			Vシャルピ 衝撃値 (0°C) (kg-m)	Y開先ワレ 試験 (0°C) (%)
		降伏点 (kg/mm ²)	抗張力 (kg/mm ²)	伸び (GL=50mm)		
D 4301	下 向	42.0	47.0	28	11	88
	立 向 (上進)	38.8	46.1	28	9	0
D 4303	下 向	44.0	48.0	28	12	98
	立 向 (上進)	38.0	46.8	28	12	0
D 4316 (LB 26V)	下 向	45.2	56.8	31	13	0
	立 向 (下進)	47.5	57.3	30	13	0

これに答えて昭和34年に神戸製鋼所はそれまでとは系統の異なる専用棒の開発に成功した。すなわち立向下進溶接棒がそれである。

この溶接棒 (LB 26V) は立向姿勢には、上進溶接法が使用されていたものを下進法施工とすることに転換可能としたものであるが、溶接電流を下向と大体おなじ範囲として溶接できるため図7に示すごとく従来の上進立向溶接の場合の約半分の時間で溶接可能である。しかしこの範囲を特色とするかぎりでは、この溶接棒はそれまでに実用化されていたところのチタニヤ系 (D4313, たとえば上記神戸製鋼所の場合, RB 26) もしくはセルローズ系 (D4311, たとえば HC 24) のものと変わるところはなかった。しかしながらこのユニークな特色は下進型の高能率棒である (この溶接棒を立向突合せ継手に使用した場合の結果は図8に示すとおりであり、これによれば下進型のものに要する溶接時間は上進型 (D4301) の場合の約半分であり、かつ各種の立向自動溶接の約倍となっている。ただし実際には立向自動溶接では作業員はヘッド1台につき2人を要するため、工数的にはこの時間は2倍となり、したがってこの場合下進溶接棒とはほぼ同様の結果となる。すなわちこれからも下進溶接棒は立向溶接で、もっとも高能率な方法のひとつといえよう) と同時に、表1に示す比較からも明らかなように、これが切欠靱性においてすぐれ、かつワレにつよい塩基性の高性能棒であり、あらゆる強力部材にも適用可能であるということにある。造船における立向下進溶接棒の代表的適用例を図9に示す。さらにまたこの溶接棒の場合、前述の各種立向自動溶接法と異なり、もちろん設備的にいっさいの費用を要しないということもその魅力ないしは利点として追記されるべきであろう。

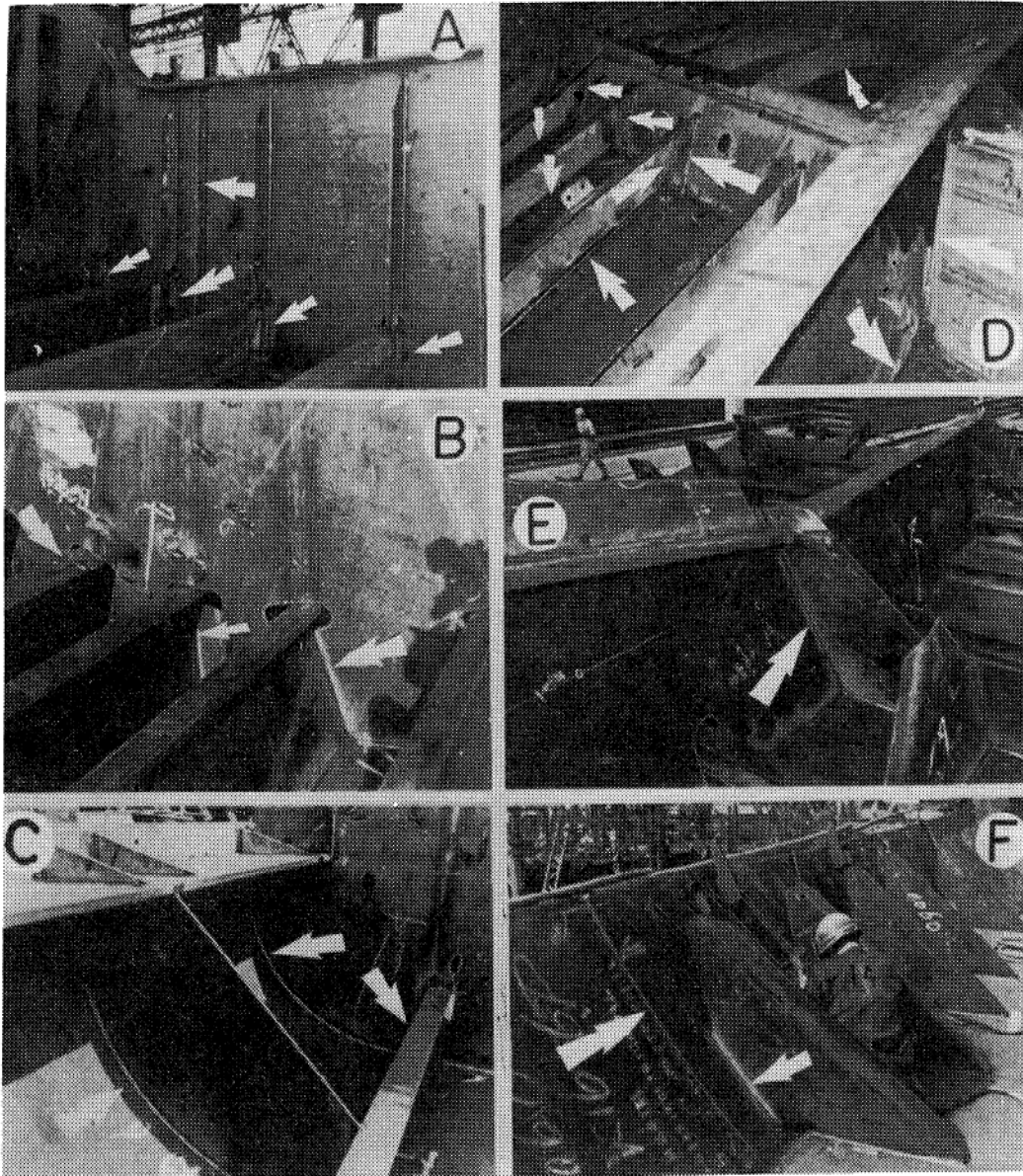


図9 立向下進溶接棒の適用個所の数例

(A：油槽船の縦通隔壁ブロック、ウェブフレームのウェブ部分の立向突合せ継手およびウェブフレームとロンヂフレーム間の立向スミ肉継手。 B：ビルヂ外板ブロックのトランスとロンヂフレーム間の立向スミ肉継手。 C：側外板ブロックのラウンドガンネル部と横隔壁ならびにブラケットの弯曲スミ肉継手。 D：弯曲部外板ブロックの水平とフレーム間の立向スミ肉継手およびフレームと外板間の傾斜スミ肉継手。 E：ウェブフレームとブラケットの上向きみの立向スミ肉継手。 F：貨物船のビルヂ部分の現場突合せならびにスミ肉継手)

3. 溶接の技術革新における問題点

前述のごとく現在、造船の溶接部門における技術革新の重点は従来の下向溶接中心のものから立向溶接中心へと移行している。そしてかつてはサブマージ溶接、CO₂ガスアーク溶接、鉄粉高酸化鉄系棒などの実用化が議論の対象であったものが、現在はエレクトロスラグ溶接が、

エレクトログラスアーク溶接が、またさらに下進溶接棒がこれらにとってかわりつつある。しかしここで注意を要するのは前者の下向中心のものの場合、その実用化にふみきった際適用の範囲は急速に決定され確立され確立されているのに対し、後者の立向中心のものはその革新速度が非常にゆるい（むしろおそい）ことである。もっとも立向溶接の場合技術上の難点は下向溶接のそれにくらべてはるかに大ではあろう。しかしこれらはいずれもす
(以下8頁へ)

(13頁より続く)

でに一応の解決はみられているのである。またさらに立向自動溶接の装置に要する費用は相当大きい額に達する点が制約としてあげられるかもしれない。しかしそれなら下進溶接棒はこの点では1文の出費も要しないはずである。しかもたとえばこの下進棒はすでに実用化され5年の歳月を超えんとするにもかかわらず、全国主要24造船所におけるその使用量は、おなじく全溶接棒使用量に対する比率において昭和39年末現在でわずかに2%を若干上回る程度にすぎず、しかも現在なおあまり大巾な伸張はみとめられていないのである。ところがこの点に関して筆者の造船所のみはひとり、この数字は8%を超え、しかも半年後の昭和40年6月現在ではこの数字はほとんど倍加され15%にちかい(図10参照)。

もっとも全国平均が以上に示したごとく2%にすぎないというのには理由があって、れの実用化に際して船体建造の直接の監督機関である船級協会の一部と造船所のあいだに、技術上の見解の相異があり、これが使用範囲の拡大にブレーキの役目を果たしたことも事実であろう。しかし筆者はこの件をも含めて新しい技術の適用に関して造船所側に必要な手法をすべて手順化しかつ実施するのに不十分な点があることも指摘する必要があるのではないかと考えている。そしてこの点に筆者は従来見過さ

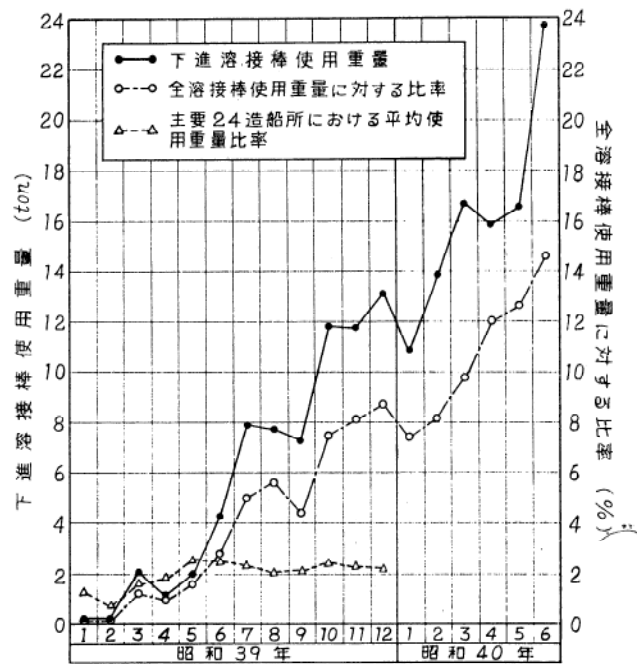


図10 川崎重工における立向下進溶接棒の使用実績

れがちであった技術革新時代に際しての技術管理の重要性を強調すると同時に、1例をこの下進溶接棒に求めて以下にこれの具体的施策につき述べてみたいと考えるのである。(以下次号)