

# 高速片面溶接法 (NH-HISAW法)

## High Speed One-side Submerged Arc Welding Process "NH-HISAW"

大山 繁 男<sup>\*(1)</sup> 糟 谷 正<sup>\*(2)</sup> 品 田 功 一<sup>\*(3)</sup>  
 Shigeo OYAMA Tadashi KASUYA Kouichi SHINADA

### 抄 録

ダブルハルVLCCの建造を踏まえ、板厚16mmにおいて溶接速度を1.5m/minに増加した高速片面サブマージーク溶接法を開発した。新施工法は、溶接ワイヤおよびフラックスは従来法と同じものを適用し、電極数は従来の3電極から4電極に増加、先行2電極により開先ルート部を溶融するとともに裏ビード(裏波ビード)を形成し、後行2電極で良好な表ビード外観を形成するとともに、健全な溶け込み深さを確保する。板厚16mmの場合、必要とする電流は先行2電極合計で3 000A、後行2電極合計で1 500Aである。また、この新しい施工法は造船所のブロック組み立てラインで実用化されている。

### Abstract

A high speed one-side submerged arc welding process of welding speed up to 1.5m/min (16mm) has been developed for shipping of double-hull VLCC. In the new process, welding wires and fluxes as same as for a ordinary process are used. Electrode numbers are increased from three to four. Leading two electrodes fuse a root of a groove and form a underside (uranami) bead. Trailing two electrodes shape a good surface appearance bead and penetration. In case of 16mm thickness plate, total 3,000A welding current of leading two electrodes and total 1,500A of trailing electrodes are necessary to obtain good one-side weld. The new system has been practically applied to block assembly lines.

## 1. 緒 言

造船の大板継ぎに用いられるFCuB片面サブマージーク溶接は、パネルアッセンブリー工程の流れ作業化に大きく寄与し、すでに20年以上にわたり各造船所で広く適用されている高能率溶接方法である。この間、ラインウエルダーや簡易自走台車の導入により、ロンジのすみ肉溶接の自動化、高能率化は著しく進歩した。また、海洋の油汚染防止のため、米国ならびにIMO・MEPC(国際海事機関海洋環境保護委員会)のタンカーに対する二重構造(ダブルハル、ダブルボトム)法制化の動きもあり、板継ぎ工程のより高能率化が必要となってきた。

このような背景のもと、FCuB(Flux copper backing)片面溶接の速度を2倍以上にする事を目標に、ユニバーサル造船(株)有明工場-新日本製鉄(株)-日鐵溶接工業(株)の共同研究により、4電極による高速片面溶接法(NH-HISAW法)を開発した。

以下に本法について紹介する。

## 2. 溶接方法の概要

本法は4電極を用い、第1、第2電極で裏ビードを、第3、第4電極で表ビードを形成するもので、たとえば板厚16mmの場合1.5m/minの高速溶接速度が得られる。

### 2.1 裏当て方法

FCuB片面サブマージーク溶接は図1に示すように、裏当て銅板上に裏フラックスを散布し、エアースホースによりこれを大板の裏面に押し上げ、表側より多電極サブマージーク溶接を行い、表側と裏側に同時にビードを作る溶接方法である。本法の裏当て方法は、従来法(2または3電極)と同様の方法によって行う。

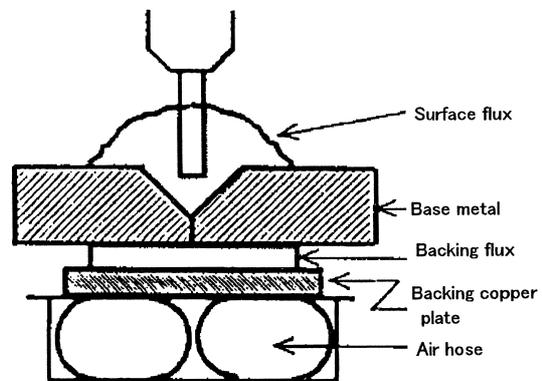


図1 FCuB模式図  
FCuB test diagram

<sup>\*(1)</sup> 日鐵溶接工業(株) 研究所 次長研究員  
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511 TEL:(0439)80-2633

<sup>\*(2)</sup> 鉄鋼研究所 接合研究センター 主幹研究員 工博

<sup>\*(3)</sup> 日溶工テクノサービス(株) 研究グループ 部長

## 2.2 裏ビードの形成

本法の基本概念図を図2に示す。裏ビードは従来法と同様に第1, 第2の先行2本の電極で作る。しかし, 高速溶接では熔融金属の二次溶融による溶込み効果があまり期待できず, 先行電極のアーカ力のみでキーホールを形成するため, 従来法より高い電流が必要となる。たとえば, 板厚16mm, 開先角度が50°でルートフェースが3mmの場合, 速度1.5m/minで良好な裏余盛高さを作るには第1電極と第2電極の電流の合計が約3000A必要となる。写真1に裏ビードの外観を示す。

## 2.3 表側の溶接

表ビードは第3, 第4の後行2本の電極で作る。表ビードを作る際に重要なことは, 以下の点である。

- ①アンダーカットを防止すること
  - ②適正な余盛量(溶着金属量)を確保すること
  - ③溶接金属の割れを防ぐため, 後行電極の溶込みを十分深くし, 先行電極のデンドライトの成長を上向き方向にすること
- これらを満足するために, 適正な溶接条件(特に電流)と先行電極一後行電極(第2-第3電極)の間隔を適正に選ぶ必要がある。

FCuB片面サブマージアーク溶接に使用されるフラックスには, 能率を上げるため鉄粉が含まれている。このため, 溶着金属量はワイヤとフラックスから供給される金属量で決まり, 従って, 電流はこの点も加味して決める。

後行電極の溶込みは, 溶接電流と共に先行電極溶接金属の温度や

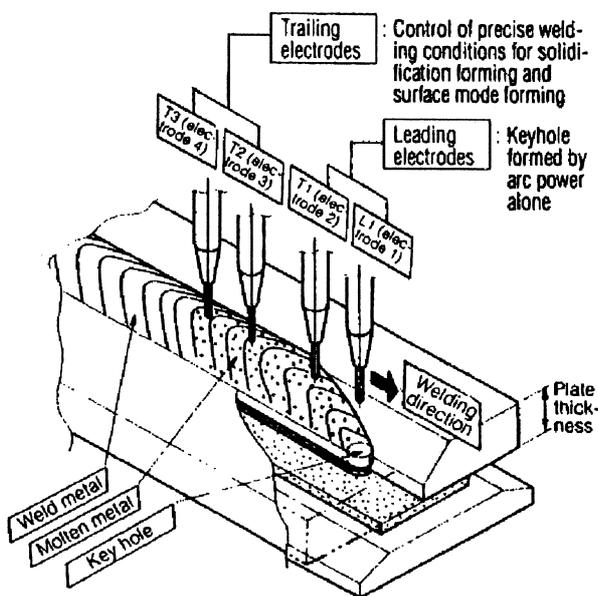


図2 高速FCuB片面溶接の概念図  
High speed FCuB method welding technique model

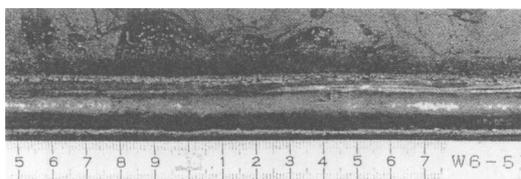


写真1 裏ビード外観  
Photograph of uranami bead appearance

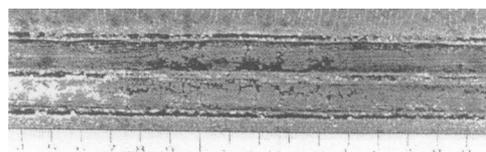


写真2 表ビード外観  
Photograph of surface bead appearance

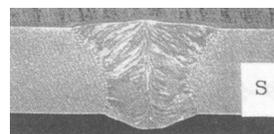


写真3 断面マクロ組織  
Photograph of macro section surface

状態により異なる。従って, 第2-第3電極間が大きくなったり, あるいは小さくなったりすると, 溶込みや表ビードに不具合が発生する。このため, 適正な電極間隔を保つことが非常に重要となる。写真2に4電極溶接の表ビード外観を, 写真3にマクロ形状を示す。

## 3. 溶接条件

表1に代表的な標準溶接条件の一例, 図3に従来法との溶接速度の比較を示す。板厚9~16mmの範囲では従来に比べ2倍以上の溶接速度が得られており, 16mmを超えた厚板においても高速化が得られている。

なお, この条件は, 第1, 第2電極に2000Aの電源容量を用いた場合であるが, 18mm以上の厚板側の高速化をさらに進めるには, より大きい電源容量が必要となる。本法においては工場における実施工の作業効率向上のため電極間隔, 電極角度およびワイヤフォーメーション等は板厚に関係なく一定としている。

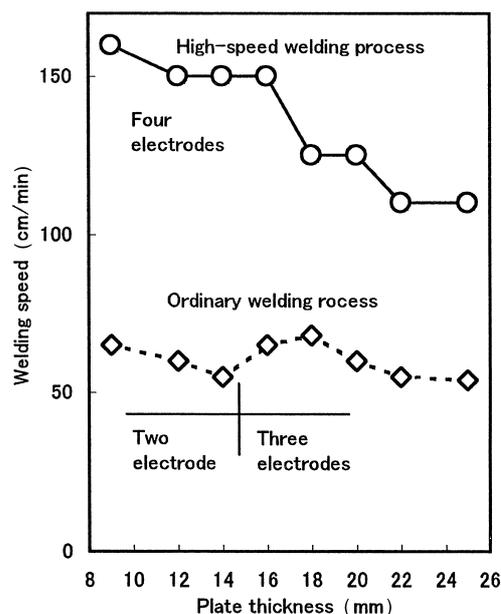
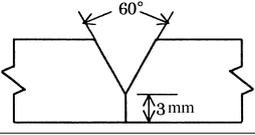
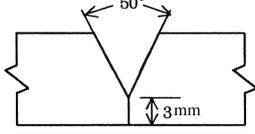
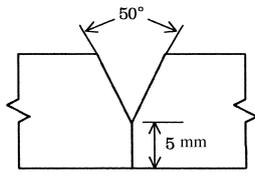
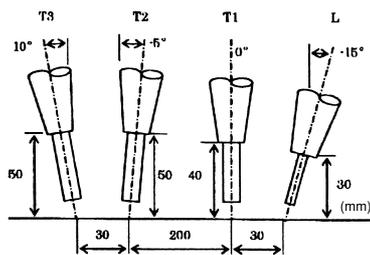


図3 高速FCuB法の溶接速度の従来法との比較  
Comparison of welding speed between high-speed FCuB process and ordinary process

表1 溶接条件の一例  
Typical welding conditions

Groove preparation	Plate thickness (mm)	Welding Condition				
		Electrodes	Wire diameter (mm)	Current (A)	Voltage (V)	Welding speed (cm/min)
	12	L	4.8	1400	35	150
		T1	6.4	1100	40	
		T2	6.4	650	45	
		T3	6.4	650	42	
	16	L	4.8	1700	35	150
		T1	6.4	1300	40	
		T2	6.4	750	40	
		T3	6.4	700	45	
	20	L	4.8	1700	35	100
		T1	6.4	1300	40	
		T2	6.4	750	40	
		T3	6.4	750	45	
	25	L	4.8	1700	35	90
		T1	6.4	1400	40	
		T2	6.4	1050	40	
		T3	6.4	950	45	

Wire formation



して、ワイヤY-DL、裏フラックスNSH-1RM(レジ含有タイプ)、表フラックスNSH-50M、NSH-55EMを開発した。

表3にNK規格に準じた引張試験結果の一例を示す。引張性能は従来法とほぼ同等なレベルである。図4に本法と従来法の靱性の比較を示す。靱性はいずれの部位においても従来法に比べ本法の方が高い傾向がある。

写真4に溶接金属のマイクロ組織を従来法と比較して示す。溶接金属は初析フェライト(F)とベイナイト(Bu)の混合組織を呈しているが、本法の方が入熱が低く冷却速度が速いため初析フェライト量が少なく、ベイナイト組織も細粒化している。これが、従来法に比べ靱性が改善している要因と考えられる。

4. 溶接材料および溶接金属の特性

表2に本法に使用する溶接材料を示す。本法開発当初は、ワイヤはY-A、裏フラックスはNSH-1R(レジ含有タイプ)、表フラックスはNSH-50を使用していた。ワイヤと裏フラックスは、従来の2、3電極施工法と同一材料であったが、表フラックスは厚板の高電流域で表ビードの中央部がやや凸になる傾向があり、改良を行った。また、近年、厚生労働省による特定化学物質等障害予防規則対応と

5. 実用特性—溶接変形への影響—

板厚が同じ場合、本法の溶接条件は特に薄板側で従来法に比べ入熱が低く、これにより溶接熱による応力の低減が期待されると考えられる。実験室での検討時や工場適用後の高速溶接において、鋼板

表2 溶接材料  
Welding materials

Type of steel	Wire	Surface flux	Backing flux
A, B, D AH32, DH32 AH36, DH36	⊕ Y-DL	⊕ NSH-50M	⊕ NSH-1RM
E EH32, EH36 DH40, EH40	⊕ Y-DM3 + ⊕ Y-DL	⊕ NSH-55EM	
Low temperature service steel	⊕ Y-3NI	⊕ NSH-55L	

表3 引張試験結果の一例  
Tensile strength test results

Type of steel	Plate thickness (mm)	Weld metal tensile strength test (U1A)			Joint tensile strength test (U2A)	
		YS (N/mm <sup>2</sup> )	TS (N/mm <sup>2</sup> )	E l (%)	TS (N/mm <sup>2</sup> )	Fracture location
DH36	25	437	561	28	504 506	Base metal Base metal

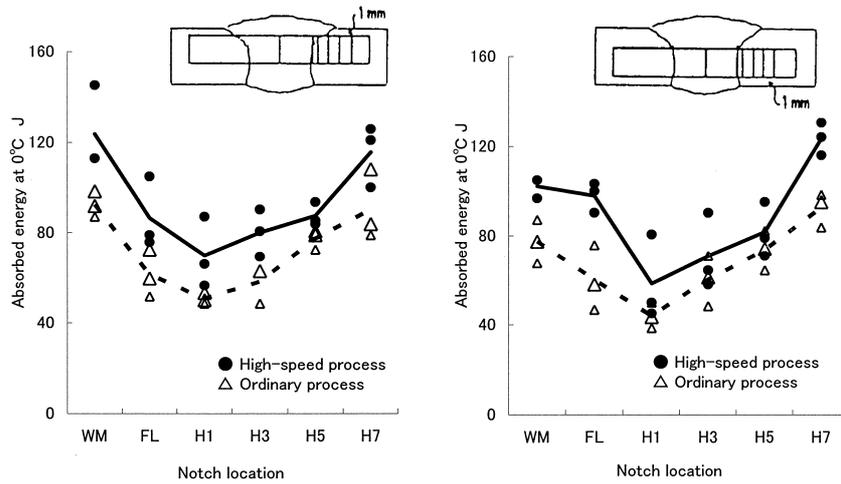


図4 衝撃試験結果  
Notch toughness of welds

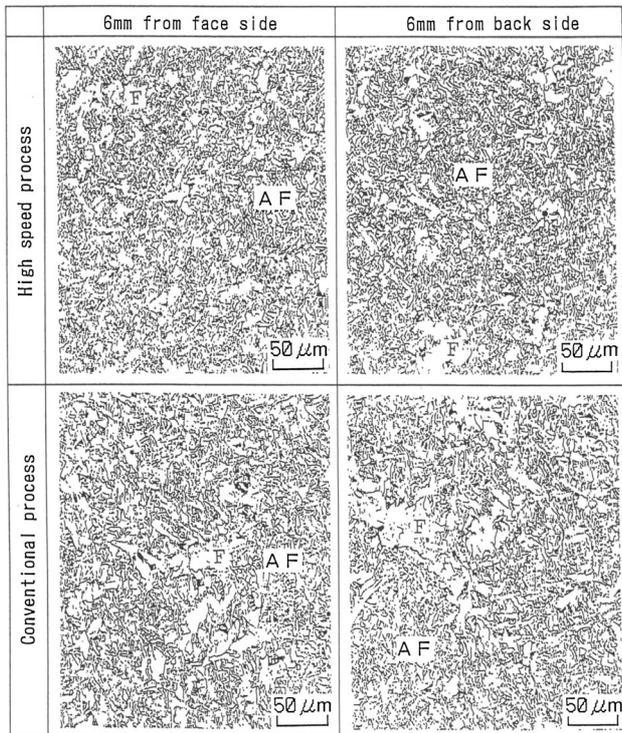


写真4 溶接金属マイクロ組織  
Micro-structures of weld metal

の変形(角変形)が少ないことが観察された。これより、終端割れの主因である回転変形も減少していることが期待される。

図5に板厚と終端部の回転変形量の関係を示す。従来法の変形量はほぼ1mmで、板厚による差は認められない。一方、本法の場合、

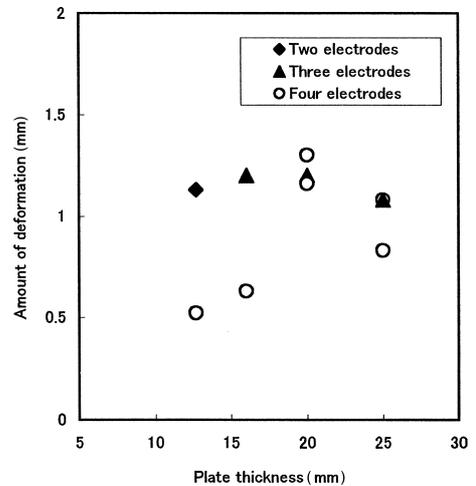


図5 板厚と変形量

Relationship of between plate thickness and the amount of rotation deformation

合、20mm以上の板厚では変形量は従来法と同等であるが、板厚が16mm以下では従来法の変形量に比べ減少が認められる。本法の板厚16mm以下の溶接速度は1.5m/minであり、高速化が変形量低減に有効と考えられる。

## 6. 結 言

以上、造船用板継ぎ溶接において溶接速度を従来の溶接法に比べ2倍以上と、飛躍的に高める高速片面溶接法の開発により、造船業界の生産性および品質向上に貢献できると確信している。