

底板用タンカー耐食鋼 JFE-SIP®-OT1

Corrosion Resistant Steel JFE-SIP®-OT1 for Bottom Plate of Cargo Oil Tanks of Crude Oil Tankers

1. はじめに

2013年1月以降に契約する原油タンカーについて、タンクの底板および上板に塗装あるいは耐食鋼のいずれかを適用するよう、SOLAS (The International Convention for the Safety of Life at Sea)条約が改正された¹⁾。JFE スチールでは、これに対応すべく底板用タンカー耐食鋼を開発し、日本海事協会の型式承認を取得した。

2. JFE-SIP®-OT1 のコンセプト

原油タンカーの底板は、表面にオイルコートが形成された状態で分離した原油由来の塩水に晒されており、オイルコートの欠陥部を起点として孔食が発生することが知られている²⁾。VLCC (Very Large Crude Oil Carrier) では、ドック時に、深さ4mm超7mm未満の孔食は樹脂で、深さ7mm以上の孔食は溶接で補修することが求められている。

底板用タンカー耐食鋼 JFE-SIP®-OT1 は、マイクロアロイニングの技術を用いて鋼の化学成分を制御することにより、機械的特性や溶接性を損なうことなく、SOLAS 条約で定められた孔食内部の腐食を模擬する腐食試験において、クライテリアである1mm/y以下の腐食速度を実現し、ドックごとに補修が必要な孔食の発生を抑制する鋼材である。

なお、孔食は、ドック時のタンククリーニングでその成長が停止することが明らかになっている²⁾。

3. JFE-SIP®-OT1 の特性

3.1 耐食性

図1は、従来鋼および底板用タンカー耐食鋼の母材の、孔食内部を模擬した液(10%NaCl+HCl, pH0.85, 30°C)に72h浸漬した際の重量減から求めた腐食速度を示す。耐食鋼の腐食速度は1mm/y未満であり、SOLAS条約に明示されているクライテリアを満足した¹⁾。耐食鋼の腐食速度は従来鋼の1/10以下であった。

耐食鋼の溶接継手を作製し、その耐食性を調査した。溶接方法とタンカー底板耐食鋼に適した溶接材料を表1に示す。写真1は、耐食性試験を行なった後の母材と溶接金属の境界部の断面の電子顕微鏡像である。母材/溶接金属境

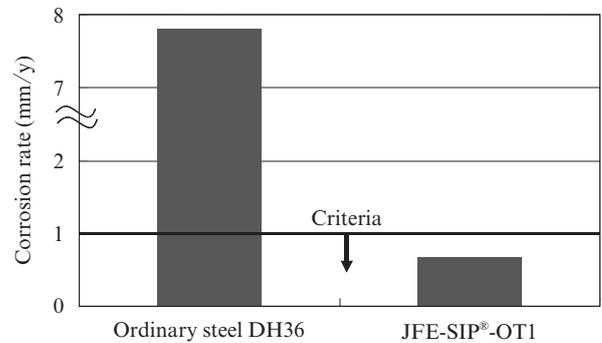


図1 JFE-SIP®-OT1 の耐食性

Fig. 1 Corrosion resistance of JFE-SIP®-OT1

表1 タンカー耐食鋼に適する溶接材料

Table 1 Welding method and consumables for JFE-SIP®-OT1

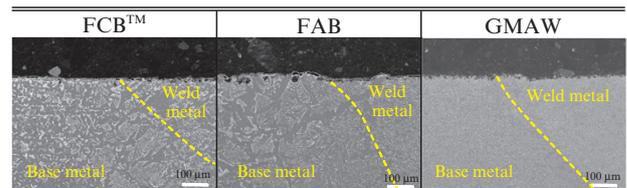
Welding method	Welding consumables
GMAW	DW-50JSTB* (FCW)
SAW (FAB)	US-36/PF-I52E/RR-2/FA-B1*
SAW (FCB ^{TM*})	US-36/PF-I55E/PF-I50R*

GMAW: Gas metal arc welding

* Kobe Steel, Ltd.

SAW: Submerged arc welding

FCW: Flux cored wire



GMAW: Gas metal arc welding

写真1 JFE-SIP®-OT の各種溶接継手の耐食試験後の断面

Photo 1 Cross section view of welded joints of JFE-SIP®-OT1 after corrosion resistance test

界部における耐食試験後の段差はいずれも30μm以下であり、国際船級協会連合で定めた統一文章に基づき³⁾、不連続面なしと判定され、SOLAS条約に定められた溶接継手の耐食性のクライテリアを満足した¹⁾。

3.2 機械的特性および溶接性

表2に底板用タンカー耐食鋼母材(40mmt)の引張試験の結果と、母材の-20°Cにおける衝撃吸収エネルギーを、それぞれ示す。いずれも、タンカー底板に適用されるDH36

表3 タンカー耐食鋼の溶接継手の機械的特性

Table 3 Mechanical properties of welded joint of JFE-SIP®-OT1

Welded joint	Thickness (mm)	TS (N/mm ²)	Bend test		Charpy impact test, $\sqrt{E_0}$ (J)					
			Face	Root	Face side			Root side		
					WM	FL	HAZ2	WM	FL	HAZ2
SAW (FCB ^{TM*})	40	548	Good	Good	116	107	187	127	104	115
Specification		>490	No crack		>34					

SAW: Submerged arc metal welding
 TS: Tensile strength
 $\sqrt{E_0}$: Absorbed energy at 0°C

WM: Weld metal
 FL: Fusion line
 HAZ: Heat affected zone

*Kobe Steel, Ltd.

表2 JFE-SIP®-OT1の各種機械的特性

Table 2 Mechanical properties of steel plate of JFE-SIP®-OT1

40 mm t	YS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	EL (%)	$\sqrt{E_{-20}}$ (J)
JFE-SIP®-OT 1	467	586	23	206
Specification	≥ 355	490-620	≥ 21	≥ 34

YS: Yield strength TS: Tensile strength EL: Elongation
 $\sqrt{E_{-20}}$: Absorbed energy at -20°C

表4 タンカー耐食鋼のy形溶接割れ試験結果

Table 4 y Groove weld cracking test results of JFE-SIP®-OT1

Welding atmosphere	Preheating temperature	Crack ratio (%)		
		Surface crack	Cross section	Root crack
5°C 60% RH	5°C	0	0	0
		0	0	0
		0	0	0

Welding consumables: LB-52 UL, 4 mm ϕ , Kobe Steel, Ltd.
 Welding condition: 170 A \times 22 V \times 15 cm/min, 15 kJ/cm

のスペックを満足している。

板厚 40 mm の耐食鋼を用いて溶接継手を作製し、母材の溶接性を調査した。表3は、溶接継手の機械的特性を示す。いずれも DH36 のスペックを満たしている。表4は y 形溶接割れ試験の結果を示す。試験体温度 5°C において割れの発生は一切認められなかった。以上より、底板用タンカー耐食鋼は従来鋼と同等の溶接性を有しているといえる。

4. 実船への適用例

実船環境における JFE-SIP®-OT1 の耐食性を調査するため、3 隻の原油タンカーに試験適用しており、ドックごとにその腐食状況の調査を行なっている。適用船は、AFRA (Average Freight Rate Assessment) Max が 1 隻 (2007 年 11 月竣工)、VLCC が 2 隻 (2008 年 11 月竣工, 2009 年 4 月竣工) である。

AFRA Max については 5 年目の調査が完了しており、JFE-SIP®-OT1 を適用した 8 タンクにおいて、深さ 4 mm 超 7 mm 以下の孔食の 1 タンク当たりの平均発生個数は 1 個未満であった。従来鋼を用いた VLCC では、深さ 4 mm 超の孔食の総発生数は 100~1 000 程度であり²⁾、JFE-SIP®-OT1 を底板に適用することにより、深さ 4 mm 超の孔食の発生が抑制されることが実船でも確認できた。

5. おわりに

以上のように、JFE-SIP®-OT1 は、原油タンクの底板に発

生する深い孔食を抑制する耐食性と、従来鋼と同等の機械的特性および溶接性を兼ね備えており、AH32~36 および DH32~36 において最大板厚 40 mm まで、底板用タンカー耐食鋼として日本海事協会から型式承認を取得している。

JFE-SIP®-OT1 を適用することにより、塗装を施すことなく、低廉なライフサイクルコストで原油タンカーの安全性向上に寄与できるものと期待される。

参考文献

- 1) SOLAS, chapter II-1, part A-1, reg. 3-11, as amended by resolution MSC. 291(87), appendix. Test Procedures for Qualification of Corrosion Resistant Steel for Cargo Tanks in Crude Oil Tankers.
- 2) 原油タンカーの新形コロージョン挙動の研究—研究概要総括書一、2002-03、日本造船研究協会、第 242 研究部会。
- 3) IACS UI SC 258. for application of regulation 3-11, part A-1, chapter II-1 of the SOLAS convention (Corrosion Protection of Cargo Oil Tanks of Crude Oil Tankers), adopted by resolution MSC. 289(87). The Performance Standard for Alternative Means of Corrosion Protection for Cargo Oil Tanks of Crude Oil Tankers.

〈問い合わせ先〉

JFE スチール 厚板セクター部

TEL: 03-3597-3542 FAX: 03-3597-3533

ホームページ: <http://www.jfe-steel.co.jp/products/atuita/index.html>