

溶接部靭性向上とその技術

2014年5月

JFEスチール株式会社 厚板セクター部

主管 潮海 弘資



1. 大入熱溶接が継手性能に与える影響

- 2. 溶接熱影響部の靭性改善の為の打ち手
- 3. 造船用厚板への適用例
- 4. 超大入熱溶接継手の破壊靭性調査
- 5. まとめ





溶接入熱増大による継手HAZ部靭性の変化







<u>1980~90年代の対応</u>

低Ceq・TMCP型HTの適用 による大入熱溶接の適用拡大

母材	Grade/Dimension	EH36-TMCP 30 × 2,500 × 18,000mm					
	Chemical Composition (%)	С	Si	Mn	Р	S	Ceq*1
		0.09	0.38	1.45	0.017	0.003	0.34
	Mechanical Property	YS(N/mm²)		TS(N/mm²)		El(%)	
		416		512		26	
		Charpy vE(J)		-40°C		Over 290	
				-80°C		242,250,276	

*1:Ceq=C+Mn/6+(Cu+Ni)/15+(Cr+Mo+V)/5

継手	Welding Condition	SAW(3Pole) Heat Input : 185KJ/c	m	50° 23mm 7mm		
	Mechanical	TS	Charpy vE(J)	FL	150,98,88	
	Property	(N/mm²)		HAZ 1mm	86,128,150	
		508, 507	-20°C	HAZ 3mm	186,136,147	

JFE Steel Corporation.



JFE Steel Corporation.



EGW1パス溶接適用時の問題点



 ◆FL近傍でのオーステナト粒の粗大化⇒冷却時に低靭性の 粗大なフェライトサイドプレートの生成
◆旧オーステナイト粒内での上部ベイナイトの生成







超大入熱溶接対策鋼の靭性改善技術コンセプト



ACR : Atomic Concentration Ratio



TMCP制御の高度化による低Ceq設計





HAZの粒径制御の考え方





HAZの粒径制御結果



溶接方法: Electro-gas arc welding (EGW)



粒内組織制御のコンセプト

粒内フェライト変態の生成核として 酸化物、窒化物を活用 (TiO, TiN, BN, MnS, CaS, etc.)



微細な粒内フェライトの生成

粗大なフェライトサイドプレートおよび 上部ベイナイトの抑制



2-3 HAZの粒内組織制御 ②

ACR制御によるCaS, MnS複合介在物の微細分散





B, N制御によるHAZの強靭化

母板へのB添加 → 冷却速度が遅い場合BN として析出 BNをy→a変態時における粒内フェライトの核生成サイトとして活用





2-3 HAZの粒内組織制御④

Bの拡散による固溶Nの低減



- ・鋼中の固溶Nの低減
- ・粒内フェライト生成核の増加



2-3 HAZの粒内組織制御 ⑤

HAZ組織の比較



HAZ simulating conditions 最高加熱温度:1400°C 800 から 500°Cの冷却時間:390s



·供試財

·Grade : 船体構造用 EH40-TMCP ·板厚 : 80mm

·化学成分

С	Si	Mn	Р	S	Others	Ceq
0.08	0.22	1.54	0.007	0.001	Ti,B,Ca, etc.	0.36

Ceq = C + Mn/6 + (Cu+Ni)/15 + (Cr+Mo+V)/5

・母材の機械的性質

Т	ensile propert	t y	Charpy impact property		
Y.S. [N/mm²]	T.S. [N/mm²]	El. [%]	vE-40 [J]		
411	532	28	265		





- ・溶接方法 :2電極 EGW (1 pass) : 68kJ/mm
- ·入熱
- JFE Steel Corporation.



Kc(Fatigue Notch) ≒0.68 × Kc(Mechanical Notch)



4. 超大入熱溶接継手の破壊靭性調査 ②

2007~2010年日本船舶技術研究協会

◆継手シャルピー管理で脆性破壊防止は担保出来ているか?◆実施工継手の実力は?

各種超大入熱溶接継手をディープノッチ試験で評価



●EH36および40の板厚50~65mmのEGW継手について評価

●何れも日本海事協会の規定を上回る衝撃値が得られた

●脆性破壊発生特性(Kc値)は-10°Cでいずれも4000N/mm1.5以上
(従来の検討で想定された-10°Cでの必要最小Kc値3000N/mm1.5をクリア)



TMCP鋼の適用により1980~1990年代に多電極SAW による大入熱1パス溶接の適用 (EH40, ~300KJ/cm) ・低Ceq設計によるHAZ組織改善 ・不純物の低減 ・介在物形態制御

●コンテナ船の大型化に伴う、高強度・極厚鋼板へのEGW
による超大入熱1パス溶接の適用(EH40、300KJ/cm~)
●LPG船など低温材への大入熱1パス溶接の適用

新たなHAZ高靭化技術の開発

・TMCP制御高度化による高強度材の低Ceq製造 ・酸化物、窒化物によるHAZの粒径制御 ・HAZの粒内組織制御による粒内フェライト生成

●さらなる高強度材(EH47),極厚化(70mm超え)への 対応が進行中



JFE

・TMCP鋼の適用、継手の必要破壊靭性

1)日本造船研究協会. 第193研究部会総合報告書. 1985

2) 北田ら. 船舶で躍進する新高張力鋼(成山堂書店). P.110-132

・HAZ部靭性の改善

3) 鈴木ら. まてりあ. Vol.43, No.3, 2004, p.232-234

4) 鈴木ら. JFE技報. No.5, 2004, p.19-24

・TMCP設備、TMCPによる造船用高張力鋼の製造

5)小俣ら. NKK技報. No.179, 2002, p.57-62

HAZの粒径制御

6) 金沢ら. 鉄と鋼. Vol.61, No.11, 1975, p.2589-2603

7) 中西ら. 溶接学会誌. Vol.52, No.2, 1983, p.117-124

8) 弟子丸ら. 川崎製鉄技報. Vol.18, No.4, 1986, p.295-300

9) 児島ら. 材料とプロセス. Vol.16, 2003, p.360-363

・HAZの粒内組織制御

10)船越ら. 鉄と鋼. Vol.63, No.2, 1977, p.303-312

11)山本ら. 鉄と鋼. Vol.79, No.10, 1993, p.1169-1175

12) 拝田ら. 鉄と鋼. Vol.66, 1980, p.354-362

13)木谷ら. 溶接学会全国大会講演概要. No.72, 2003, p.108-109

・実継手の破壊靭性値評価

14) 日本船舶技術研究協会. 超大型コンテナ船の構造安全対策の検討に係る 調査研究報告書. 2009, p.40-47