

LPG 船向け低温用アルミキルド鋼板

High Strength Aluminum Killed Steel Plates for LPG Carrier

1. はじめに

LPGは環境負荷の少ないクリーンエネルギーであることから注目を浴びている。また、民間備蓄に加え、2010年までに150万トンの国家備蓄が予定されており、すでに備蓄基地の建設も行われている。このような事情を背景に、大型LPG船の建造量が増加している。LPG船のタンクおよび二次防壁用の鋼材としては、従来より低温用アルミキルド鋼が用いられてきたが、船体、タンクの大型化に伴い、より高強度化が求められるとともに、溶接施工の効率化の観点より大入熱溶接への対応が要求されている。

当社は加速冷却をはじめとするTMCP技術のパイオニアとして、従来より、溶接性、溶接継手特性に優れた造船用高張力鋼板を実用化してきており、上述のようなニーズに対し、さらなる大入熱溶接特性の向上を図った高強度の低温用アルミキルド鋼板を開発した。

本稿では、このほど開発・実用化した高強度大入熱溶接用鋼を中心に、低温用アルミキルド鋼板の性能について紹介する。

2. 低温用アルミキルド鋼板の特徴

当社のLPG船向け低温用アルミキルド鋼板は、以下のような特徴を有する。

(1) 幅広いラインナップ

主な船級協会の低温用アルミキルド鋼の規格としては、表1に示すように軟鋼である降伏点235N/mm²クラスから高強度の降伏点360N/mm²クラスまでの各種の強度レベルがあるが、これらに対応して幅広いラインナップを取り揃えている。

(2) 優れた溶接施工性

低炭素当量(Ceq)成分系と、業界をリードするTMCP技術の組み合わせにより、ショートビード溶接時の予熱省略など、優れた溶接施工性を実現している。

(3) 優れた大入熱溶接継手特性

前述の低Ceq成分系に加え、大入熱溶接対策技術である“NK-HIWEL”の適用により、FAB溶接やエレガス溶接などの大入熱溶接時にも、優れた継手の機械的特性を有している。

3. 低温用アルミキルド鋼板の性能

低温用アルミキルド鋼板の例として、NK船級KL33およびKL37の化学成分を表2に示す。いずれも低C-Si-Mn系であり、溶接性を考慮してCeqおよび溶接割れ感受性組成(P_{CM})を低く抑えている。また、高Al-微量Ti-低N系を特徴とする大入熱溶接対策技術である“NK-HIWEL”を適用し、大入熱継手靱性の向上を図っている。

表1 主な船級協会の低温用アルミキルド鋼規格

船級	規格	引張特性				シャルピー衝撃特性		
		板厚 mm	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	板厚 mm	試験温度*1	吸収エネルギー (Ave.)J
NK	KL24B	t 40	235	400 510	20	t 40	-50	27
	KL27		265	420 540				
	KL33		325	440 560				
	KL37		360	490 610				
LR	LT-FH32	t 40	315	440 590	22	t 40	-60	27
	LT-FH36		355	490 620	21			
NV	NV2-4	t 16	265	400 490	24	t 25	-55	27
		16 < t 40	255			25 < t 30	-60	
	NV4-4	16	335	490 610	21	30 < t 35	-65	
		16 < t 40	325			35 < t 40	-70	
AB	V-0XX	t 40	235	400 490	22	t 25	T _D *2-5	27
						25 < t 30	T _D -10	
	VH-0XX		355	490 620	20	30 < t 35	T _D -15	
						35 < t 40	T _D -20	

*1 設計温度から設定する場合もある

*2 T_D : 設計温度

表2 低温用アルミキルド鋼板の化学成分例

規格	板厚 mm	(mass%)							C _{eq} * ¹	P _{CM} * ²
		C	Si	Mn	P	S	その他			
KL33	8	0.06	0.26	1.35	0.007	0.002	微量 Ti 添加	0.29	0.14	
	16	0.07	0.26	1.37	0.003	0.002	"	0.30	0.15	
KL37	8, 16	0.08	0.25	1.50	0.008	0.001	"	0.35	0.17	

*¹ C_{eq}=C+Mn/6+(Cu+Ni)/15+(Cr+Mo+V)/5

*² P_{CM}=C+Mn/20+Si/30+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B

写真1に母材のミクロ組織を示す。制御圧延と制御冷却を組み合わせたTMCP技術の適用により、微細なフェライト-ベイナイト組織となっている。

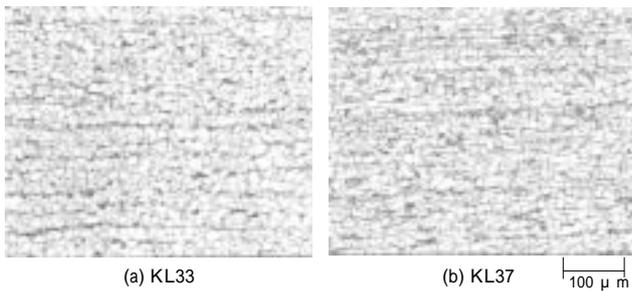


写真1 母材のミクロ組織

表3に母材の引張、曲げ、およびシャルピー衝撃特性の例を示す。また、溶接性を示すデータの一例として、最高硬さ試験の結果を図1に示す。高強度鋼であるKL37においても長さ10mmのショートビード溶接時の最高硬さはピッカース硬さで270以下であり、一般的には仮付け溶接の際の予熱は不要である。

表3 母材の機械的特性例

規格	板厚 mm	引張特性 (NK U14B号, C方向)			表曲げ特性 (NK U1A号)		シャルピー衝撃特性 (NK U4号*, C方向)		
		降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び ^δ %	R=1.5t 180° 曲げ	vE-60 J	vE-80 J	vTrs J	
KL33	8	434	508	32	良好	115	99	-110	
	16	412	484	29	良好	348	361	-112	
KL37	8	470	533	28	良好	83	78	-119	
	16	455	521	28	良好	364	348	-100	

* シャルピー衝撃試験片サイズ: 5 × 10mm (板厚 8mm)
10 × 10mm (板厚 16mm)

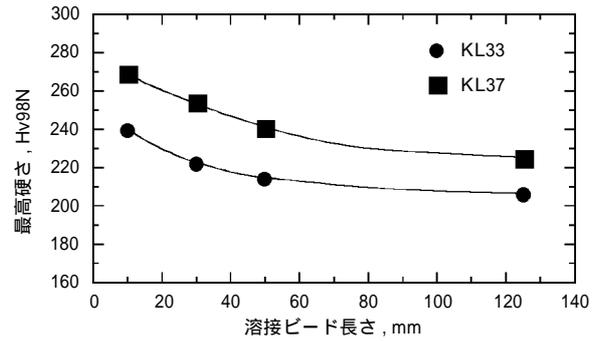


図1 ショートビード硬さ試験結果

溶接継手特性の例として、表4にKL37のFAB溶接継手およびエレガス溶接継手の作製条件ならびに各継手の機械的性質を示す。溶接継手の引張強度、曲げ特性、靱性のいずれも優れた性能を有し、大入熱溶接に十分対応可能である。

4. おわりに

当社は従来より豊富な実績のある低温用アルミキルド鋼板に加え、高強度かつ大入熱溶接特性に優れた低温用アルミキルド鋼板を開発し、品揃えを一層充実した。開発鋼はすでに大型LPG船への適用が進んでおり、LPG船需要の高まりとともに、今後更なる実用化が期待される。

< 問い合わせ先 >

鉄鋼技術センター

Tel. 03 (3217) 2504 松田 穰

Yutaka_Matsuda@ntsgw.tokyo.nkk.co.jp

福山製鉄所 鋼材商品技術部 厚板商品技術室

Tel. 0849 (45) 3168 平井 龍至

Tatsushi_Hirai@ntsgw.tokyo.nkk.co.jp

総合材料技術研究所 鋼材研究部

Tel. 0849 (45) 4170 鈴木 伸一

Shinichi_Suzuki@ntsgw.tokyo.nkk.co.jp

表4 大入熱溶接継手の作製条件および継手特性

規格	板厚 mm	溶接 方法	開先形状	溶接材料	溶接条件	溶接 入熱 kJ/cm	引張特性 (NK U2A号)		側曲げ試験 (NK B-3号) R=2.0t 180° 曲げ	シャルピー衝撃試験 (NK U4号)		
							引張強さ N/mm ²	破断 位置		ノッチ 位置	vE-40 J	vE-56 J
KL37	16	FAB		ワイヤ: US-255 フラックス: PFI-50LT メタルパウダー: RR-3 裏当材: FAB-1	950A- 35V- 24cm/min	83	516	母材	良好	F.L.	220	143
										F.L. + 1mm	320	154
										F.L. + 3mm	371	361
		EGW		ワイヤ: DWS-1LG 裏当材: KL-4GT シールドガス: CO ₂	360A- 36V- 8.4cm/min	93	519	母材	良好	F.L.	118	127
										F.L. + 1mm	247	111
										F.L. + 3mm	280	248