

アンモニアタンクに使用される溶接材料

技術本部 市場開発技術部 商品技術グループ 主幹 大泉 真吾

1 はじめに

脱炭素社会の実現に向け、世界中でカーボンニュートラルの活動が始まっています。クリーンエネルギーとして、LNG（液化天然ガス）の適用は広がっているが、主成分であるメタン（CH₄）は、化石燃料（石油、石炭など）と比較すると格段に炭素排出量は少ないものの炭素を含んでおり、2050 年までに、燃料として炭素を含まない、水素、アンモニアの適用拡大が検討されています。

ここでは、アンモニアタンク（船用、地上式）に適用が期待できる溶接材料を紹介します。

2 船用タンク向け溶接材料

船用アンモニアタンクに使用される鋼材は、SCC（応力腐食割れ）の観点から、規格最小降伏点が 355N/mm² 以下であって、実際の降伏値が 440N/mm² 以下の細粒鋼を使用する規定（日本海事協会 鋼船規則 N 編 17.12.2）になっています。この規定以外の高降伏点鋼材を使用する場合は、タンク完成後に溶接残留応力除去のため熱処理を施さなければなりません。また、アンモニアの液化温度は−33.4℃であることから、安定的に低温に耐えられる低温用鋼が選択され、その中でも低降伏点である KL24B、KL33 クラスの鋼材が採用される傾向にあります。KL24B、KL33 に対応するため溶接材料は、表 1 に示す「L3」の規定を満足する溶接材料が候補となります。

表 1 船用タンク向け溶接材料ラインナップ

溶接法	銘柄	代表サイズ* (mm)	NK	その他船級	備考
SMAW	L-55SN	5.0 φ	KMWL3H10 (KMW53H15)	ABS、LR、DNV	
SAW	NB-55L/Y-D	4.8 φ	KAWL3M	ABS、LR、DNV	
FCAW	SF-36E	1.6 φ	KSWL3G (C) H5 (KSWL3G(C) H5-TS540M-65T)	ABS、LR、DNV、BV	
	SF-36F	1.6 φ	KSWL3G(C) H5	ABS、LR、DNV	すみ肉専用
GTAW	YT-28	2.4 φ	KSWL3G(I)	ABS	

* 代表サイズは、NK 船級で取得している最大径。

3 地上式タンク向け溶接材料

地上式タンクにおいても基本的な考え方は、船用タンクと同様ですが、タンクの大型化も視野に高張力鋼の適用も検討されています。そのため溶接残留応力除去のため熱処理が必要になる場合があります。これらに対応するため船用タンク向け溶接材料に加え、高張力鋼にも対応する溶接材料、さらに熱処理にも対応できる溶接材料が候補になります。なお、補修溶接施工の際は、WES7700-1 圧力設備の溶接補修 第 1 部：一般には、解説表 3 に示されるように、硬化部で SCC が発生しやすいことが知られており、ブリネル硬さ 210HB 以下とすることが提案されています。溶接施工の際は、過度な硬さの溶接部とならないよう適切な溶材選定および熱管理が重要です。

表 2 地上式タンク向け溶接材料ラインナップ

溶接法	銘柄	仕様		JIS	JIS B8285 溶接材料の区分	AWS	ASME IX	
		引張強さ (MPa)	衝撃温度 (℃)				A- No.	F- No.
SMAW	L-55SN	490	−60	Z 3211 E4916-N1APL	F-1-(2)	A5.5 E7016-G 該当	4	—
	L-60LT	620	−60	Z 3211 E6216-G	F-1-(4)	A5.5 E9016-G 該当	4	—
SAW	NB-55L/Y-D	490	−60	Z 3352 SAZ1 該当 ／Z 3351 YS-S6 該当	G-6 ／Y-1-(1)	A5.23 F7A8-EG-G 該当 F7P8EG-G 該当	6	—
	NB-55/Y-CMS	550	−60	Z 3352 SAZ1 該当 ／Z 3351 YS-M4 該当	G-6/Y-3	A5.23 F8A8-EA4-A4 該当 F8P8-EA4-A4 該当	6	—
	NF-310/Y-E	550	−60	Z 3352 SFZ1 該当 ／Z 3351 YS-S6 該当	G-3/Y-1-(1)	A5.23 F8A8-EG-G 該当 F8P8-EG-G 該当	6	—
FCAW *	SF-3M	490	−40	Z 3313 T494T1-1CA-N1-UH5	Y-1-(1)	A5.20 E71T-9C-JH4 該当	6	1
	SF-3E	550	−40	—	Y-1-(2)	A5.29 E81T1-GC-H4 該当	6	1
	SF-36E	550	−60	Z 3313 T496T1-1CA-N3-H5	Y-1-(2)	A5.29 E81T1-K2C-H4 該当	6	10
	SF-36F	490	−60	Z 3313 T496T1-0CA-N1-H5	Y-1-(2)	A5.29 E70T1-GC-H4 該当	6	—
GMAW	YM-36E	490	−60	Z 3312 G49AP6M17	Y-1-(2)	A5.28 ER70S-G 該当	6	1
	YM-1N	550	−60	Z 3312 G57AP6MN2M1T	Y-1-(2)	A5.28 ER80S-G 該当	6	10
GTAW	YT-28	490	−40	Z 3316 W49AP2U12 該当	Y-1-(1)	A5.18 ER70S-6 該当	6	1
	YT-60	590	−40	Z 3316 W59AP2UN4M3 該当	Y-1-(3)	A5.28 ER80S-G 該当	6	—

* フラックス入りワイヤは、溶接後熱処理を推奨しない。

4 溶接材料の機械的性質の一例

アンモニアタンク向け溶接材料の溶着金属性能の一例を表 3 および表 4 に示します。

表 3 アンモニアタンク向け溶接材料の溶着金属性能一例

溶接法	銘柄	シールドガス (フラックスの タイプ)	溶接後熱処理 条件例	引張性能一例		衝撃性能一例	
				耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	試験温度 (℃)	吸収エネルギー (J)
SMAW	L-55SN	—	As-Welded	517	573	−50	154
	L-60LT	—	620℃×1hr	484	543	−50	162
	L-60LT	—	As-Welded	600	680	−50	180
SAW	NB-55L／Y-D	(ボンド)	As-Welded	515	612	−60	143
			600℃×1hr	503	599	−60	125
	NB-55／Y-CMS	(ボンド)	As-Welded	560	620	−60	87
			620℃×1hr	530	590	−60	160
	NF-310／Y-E	(メルト)	As-Welded	521	588	−60	138
			630℃×1hr	498	573	−60	125
FCAW	SF-3M	CO ₂	As-Welded	497	564	−40	128
	SF-3E	CO ₂	As-Welded	545	602	−40	115
	SF-36E	CO ₂	As-Welded	561	625	−60	72
	SF-36F	CO ₂	As-Welded	511	589	−60	77
GMAW	YM-36E	Ar+CO ₂	As-Welded	470	538	−60	164
			620℃×1hr	414	503	−60	183
	YM-1N	Ar+CO ₂	As-Welded	522	592	−60	155
			620℃×1hr	494	572	−60	117
GTAW	YT-28	Ar	As-Welded	419	563	−20	145
			620℃×1hr	421	550	−20	258
	YT-60	Ar	As-Welded	560	650	−20	286
			620℃×1hr	577	650	−20	288

表 4 アンモニアタンク向け溶接材料の溶着金属化学成分一例

溶接法	銘柄	代表的な溶着金属の化学成分一例(単位: %)						
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo
SMAW	L-55SN	0.08	0.37	1.41	0.011	0.007	0.54	—
	L-60LT	0.07	0.41	1.51	0.013	0.002	0.67	0.18
SAW	NB-55L／Y-D	0.07	0.20	1.53	0.020	0.004	—	—
	NB-55／Y-CMS	0.08	0.31	1.36	0.010	0.004	—	0.40
	NF-310／Y-E	0.09	0.27	1.36	0.016	0.015	—	—
FCAW	SF-3M	0.04	0.40	1.23	0.009	0.005	0.39	—
	SF-3E	0.05	0.42	1.30	0.013	0.004	0.44	—
	SF-36E	0.04	0.44	1.31	0.013	0.004	1.43	—
	SF-36F	0.05	0.46	1.30	0.008	0.004	0.49	—
GMAW	YM-36E	0.03	0.34	1.35	0.003	0.007	—	—
	YM-1N	0.04	0.32	1.05	0.005	0.005	1.01	0.24
GTAW	YT-28	0.09	0.77	1.47	0.013	0.011	—	—
	YT-60	0.10	0.07	1.63	0.011	0.004	—	0.39

5 低温用鋼用ガスシールドアーク溶接フラックス入りワイヤ SF-36E の溶接継手性能例

船用および陸上タンクで使用が期待されるシームレスフラックス入りワイヤ SF-36E の溶接継手性能例を表 5 および図 1 に示します。

表 5 溶接金属の機械性能の一例(母材: SLA365TMC)

溶接姿勢	平均入熱 (kJ/cm)	引張性能一例			衝撃性能一例		硬さ一例
		耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	試験温度 (℃)	吸収エネルギー (J)	ビッカース硬さ HV10
下向(F)	22	577	624	31	−60	59	212
立向(V)	41	529	615	33	−60	57	211

予熱なし、
パス間温度: 135～165℃

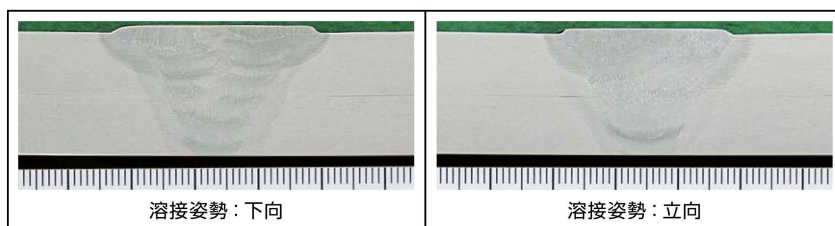


図 1 断面マクロ(裏当金および余盛は削除)

6 おわりに

アンモニアタンク向け溶接材料の諸性能について紹介しました。アンモニアタンク建造の品質および能率向上の一助になれば幸いです。今後、アンモニアタンク建造に関して適用規格や仕様が変更になる可能性もあります。当社は、今回紹介したラインナップ以外にもアンモニアタンクに適した溶接材料を準備していきます。