

高強度UO鋼管のシーム溶接技術 Seam Welding of High Strength UOE Linepipe

1. 緒言

天然ガス輸送用の長距離パイプラインでは、高圧操業による輸送コストの低減、あるいは小径／薄肉化による敷設コスト低減の目的から、より高強度のUO鋼管に対する要望が高まりつつある¹⁾。新日本製鐵(株)は、既に実用化されているX80を大きく上回るX120(開発目標：YS：827MPa、TS：931MPa)と呼ばれる高強度UO鋼管を開発し、実用化に向けて評価を進めている²⁾。

UO鋼管は、Cプレス、UプレスおよびOプレスを経て円筒状に成型した鋼板の溶接により繋いで製造している(この溶接をシーム溶接と以後、記載する)。シーム溶接部の溶接金属も当然、母材と同様の機械的特性が要求される。そのため、高強度のUO鋼管の開発に際しては、母材に見合った溶接金属の設計も不可欠でありUO鋼管の開発の一貫として行われている。ここでは、X120に代表される高強度UO鋼管のシーム溶接について概説する。

2. UO鋼管のシーム溶接

シーム溶接は、ガスシールドアーク溶接により仮付溶接した後に、サブマージアーク溶接(以後SAWと略す)により鋼管の内面および外面から一層ずつ溶接して完了するDSAW(Double SAW)である。仮付溶接は、生産性を考慮して高速溶接が要求されるが、一方では仮付と言えども強度も要求されるため、最適な溶接条件が検討し採用されている。この仮付溶接は後続して行われるSAWにより完全に消去されるため、最終的にはUO鋼管のシーム溶接部は片側一

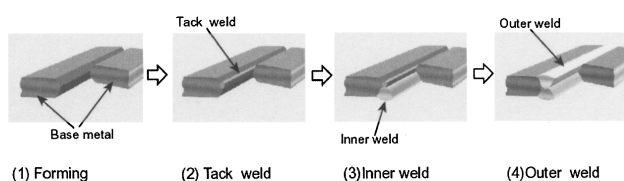


図1 シーム溶接部の模式図
Schematic illustration of seam welding process of UO pipe

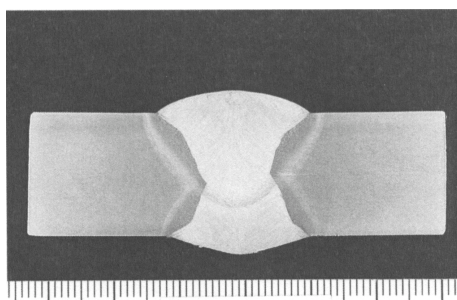


図2 内外面1層SAWマクロ溶接部の一例
Macro-appearance of DSAW weld

層ずつの2層溶接となる。図1にシーム溶接行程を模式図で示す。まず板を鋼管状に成形した後に鋼管の外面から、仮付溶接を行う。その後に、SAWにより内面溶接を行う。図では上向き方向で溶接している図になっているが、実際は鋼管を反転させて下向きで溶接を行う。さらに、もう一度鋼管を反転させ外面溶接を行う。図2にUO鋼管のシーム溶接部を模擬して実験室で作成したDSAW溶接部の一例を示す。

3. シーム溶接金属の成分設計

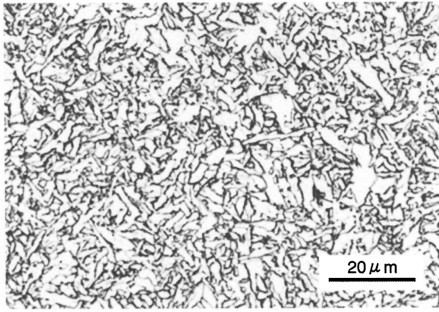
UO鋼管のシーム溶接に使用されるSAWには、複数のワイヤを使用する多電極SAWを用いている。シーム溶接金属は一般に溶接のまま使用されるため、シーム溶接金属の機械的特性は主にその化学組成により決まる。また、SAWでは母材の希釈率が高いため溶接金属の化学組成は母材の影響も多く受ける。そのため、溶接金属の化学組成の設計には、溶接材料以外に母材の化学組成も考慮して、最適な化学組成になるような合金組成のワイヤを使用する。また、SAW溶接金属は通常、溶接金属の酸素量を低くして靱性を確保する。高強度UO鋼管のシーム溶接においてもこの思想を踏襲して、溶接金属の酸素量を低くおさえている。SAWにおいては溶接金属の酸素量はフラックスにより調整する。そのため、高強度UO鋼管では低酸素系のフラックスを使用している。

4. シーム溶接金属の特性

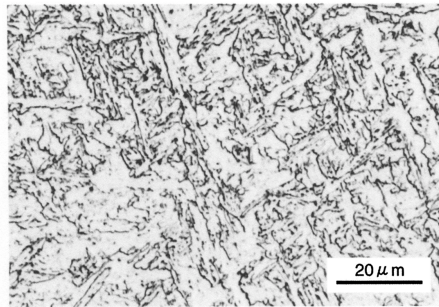
UO鋼管のシーム溶接金属は、合金量によりほぼマイクロ組織が決まりそれに応じた強度が得られる。溶接金属マイクロ組織は強度が上昇するにしたがい、アシキュラーフェライト組織からベイナイト組織にかわり、さらに合金量が増加するとマルテンサイト組織にかわる。図3は、引張強度が717MPaおよび970MPaの溶接金属のマイクロ組織である。引張強度が717MPaの溶接金属はアシキュラーフェライト組織を呈しているが、引張強度が970MPaのそれはベイナイト組織になっている。図4はTSが970MPaの高強度SAW溶接金属のSEM像である。X120のシーム溶接金属はベイナイト組織になるように成分調整を行っている。

UO鋼管のシーム溶接部には強度と共に低温靱性が要求される。しかし、一般に強度と靱性は相反する関係がある。図5は、低酸素系の溶接金属の引張強度と -20°C の吸収エネルギーの関係を示す。図中、吸収エネルギーは3点の平均値である。図5に示す様に溶接金属の吸収エネルギーは、溶接金属の強度が高くなるに従って低下する傾向を示す。しかし、同じ強度レベルでも吸収エネルギーの値にはばらつきがある。検討の結果、これは酸素以外の微量元素の違いによるもので、これらを最適化することにより、安定した溶接金属の靱性が得られることが判った。

表1に実験室で作成したX120相当のシーム溶接金属化学



(a) TS : 717MPa



(b) TS:970MPa

図3 高強度SAW溶接金属ミクロ組織
Micro-structure of SA seam weld metal

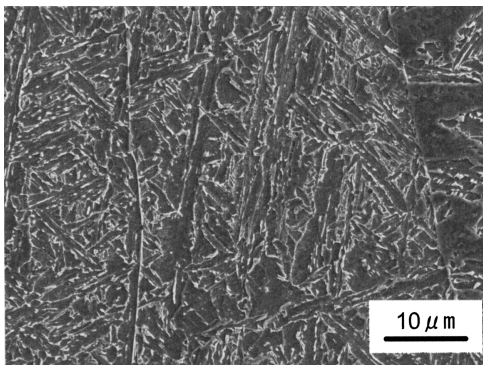


図4 高強度SAW溶接金属ミクロ組織 (TS: 980MPa)
Microstructure of SA seam weld metal (TS: 970MPa)

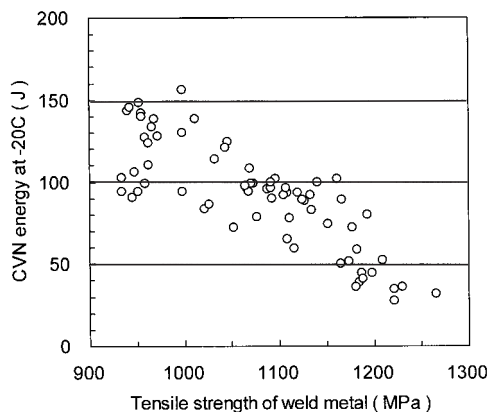


図5 高強度SAW溶接金属の引張強度と靱性の関係
Relationship between tensile strength and CVN energy of SA seam weld metal

表1 X120級SAWシーム溶接金属の化学組成の一例
Typical chemical compositions of X120 SA seam weld metal

	Chemical compositions (mass%)						
	C	Si	Mn	Ni	Mo	Cr	P _{cm}
O/W	0.051	0.23	1.63	2.2	0.92	1.0	Others 0.306
I/W	0.051	0.18	1.69	2.3	0.98	1.1	Others 0.315

O/W: outer weld, I/W: inner weld

表2 SAWシーム溶接金属の機械的性質の一例
Typical mechanical properties of high strength SA seam weld metals

Grade		TS	El	Ave. of CVN Energy at -30°C
		(MPa)	(%)	(J)
X80	O/W	717	21	192
	I/W	717	21	192
X100	O/W	875	22	183
	I/W	875	22	183
X120	O/W	1008	20	135
	I/W	958	21	135

O/W: outer weld, I/W: inner weld

組成の一例を示す。また、表2は実験室で作成したX80、X100およびX120相当の溶接金属の機械的性質を示す。図5に示した傾向と同じく、強度が高くなるに従い-30°Cの吸収エネルギーの値は低くなる。しかし引張強度が1008MPa(外面)のX120相当でも、溶接金属の化学組成を最適化することにより平均で135Jの高い吸収エネルギーを得ることができた。X120鋼管では、溶接金属には931MPa超の引張強度と平均で84Jの吸収エネルギーが開発目標であるが、これを満足している。

5. まとめ

高強度UO鋼管X120の開発はExxonMobil社との共同研究で行われ、材質設計から製鋼、 casting, 鋼板製造そして鋼管製造技術の総合的な技術開発により実機化を進めている。このなかで高強度UO鋼管用として、強度と靱性を両立させる溶接金属の成分設計を行った。その結果、強度、靱性共にバランスのとれた、要求特設を満足する高強度溶接金属を開発することに成功した。

参考文献

- 1) Corbett, K.T. et al.: Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 2003, p.105
- 2) 朝日 均 ほか: 新日鉄技報. (380), 70(2004)