

## 408 X80 鋼板の MAG 溶接による継手性能に関する基礎的検討

東京ガス(株) ○本橋 裕之 萩原 直人 増田 智紀

Study on Weld Joint Performance by MAG Welding for X80 Steel Plate

By MOTOHASHI Hiroyuki, HAGIWARA Naoto and MASUDA Tomoki

キーワード: パイプライン、X80、マグ溶接、継手性能、機械的特性

Keywords: pipeline, X80, MAG welding, weld joint performance, mechanical properties

**1. 諸言** 近年日本において、ガス輸送パイプライン建設の優位性から、高グレード材 API 5L X80 の導入が期待されているものの、X80 では母材の高強度化に伴い、オーバーマッチングの達成が困難となることが懸念されている。事実、海外で建設された X80 パイプラインにおいては、必ずしもオーバーマッチングが達成されていないのが現状である[1-3]。これに対して、日本のパイプラインでは優れた耐震性能を担保するために、厳密なオーバーマッチングが求められる。これまでにも、X80 継手性能に関して種々の検討が行われてきており、研究室レベルでは一部オーバーマッチングが達成されているものの[4-7]、靱性や硬度など他の要求性能とのバランスを考慮すると、オーバーマッチングを達成するための溶接条件は限定される。そのため、溶接条件と継手性能の関係を定量的に評価することが必要である。そこで本報では、X80 鋼板を用いて、全自動マグ溶接により種々の溶接条件下で作製した溶接継手の機械的特性を評価した。さらに、X80 鋼管の溶接を行い、鋼板の結果を検証した。

**2. 実験概要** 供試材 X80 の化学組成を Table1 に、機械的性質を Table2 に示す。長さ 500×幅 60×板厚 17.7(mm)の鋼板、および口径 762.0×長さ 250×板厚 17.7(mm)の鋼管を用いて、Table3 に示す鋼板 6 条件、鋼管 2 条件の計 8 条件にて突合せ溶接継手を作製した。用いた溶接ワイヤー A, B の化学組成を Table4 に示す。ガスパイプライン用全自動マグ溶接機[8,9]を用い、積層数 6 層 6 パス、シールドガス Ar80%/CO<sub>2</sub>20%、予熱無し、パス間温度 50℃以下の条件で溶接を実施した。これらの溶接継手に対して、全溶着金属引張試験、硬さ試験、シャルピー衝撃試験を行い、入熱量および溶接ワイヤーが継手性能に及ぼす影響を調べた。なお、溶接後に予め X 線透過試験を行い、試験片採取位置に溶接欠陥が含まれていないことを確認した。

### 3. 結果および考察

**3.1 引張特性** Fig.1 より、すべての溶接条件で X80 の降伏応力の規格値(552MPa)を上回るオーバーマッチングが達成された。ただし、鋼材の強度はある範囲内ではばらつきを有するため、規格降伏応力を上回るだけでは必ずしもオーバーマッチングが達成できるとは限らない。例えば、650MPa(Fig.1 の破線)を X80 の降伏応力の最大値とすべきという報告もある[7]。この場合は、オーバーマッチングが達成される溶接条件は限定される。

**3.2 降伏応力に及ぼす入熱量の影響** Fig.2 より溶接ワイヤー A を用いた場合、鋼板では入熱量が増加するにつれて降伏応力は低下し、また鋼板と鋼管の結果は同様の傾向を示している。これに対して、溶接ワイヤー B を用いた場合、同様に入熱量が増加するにつれて降伏応力は低下しているものの、鋼管の結果は鋼板の傾向と異なり、鋼板より低い値を示している。そこで、同一の姿勢で溶接を行った鋼板(No.4)と鋼管(No.1F)の板厚中央部における溶着金属部組織観察を行った。Fig.3 より、鋼管の組織は鋼板と比べて全体的に粒径が大きいことから、鋼管の強度が鋼板より低くなったことが説明される。両者の組織が異なった理由としては、供試体寸法が異なることに起因する冷却速度の相違が上げられる。これに対して、溶接ワイヤー A を用いた場合は、同様に鋼板と鋼管で冷却速度の相違があるものの、冷却速度によらず両者の粒径がほぼ同一であったことから、鋼板と鋼管で差が生じなかったと考えられる。

**3.3 シャルピー衝撃特性** シャルピー吸収エネルギーはすべての溶接条件において WM, HAZ 共に 0℃で 100J 以上と良好な結果を示した。Fig.4 より、溶接ワイヤー A を用いた場合、入熱量が増加するにつれて脆性破面率が低下した。一方、溶接ワイヤー B は Ni を含む高靱性材料であるため、脆性破面率は入熱量に依存せず、非常に良好な結果であった。なお、これらの傾向は HAZ でも同様であった。

3.4 硬さ 一般に、炭素量の低い高張力鋼においてはHAZの軟化が懸念されるが、本検討においては、入熱量に依らずいずれの溶接条件においてもHAZの著しい軟化は見られなかった。

謝辞 溶接継手作製にご協力いただいた新日本製鐵(株)に感謝の意を表す。

参考文献 [1]V.Chaudhari et al: Oil&Gas Jour., 1995, p40 [2]M.Matousu et al: 3R International, 1987, p534 [3]G.Glover et al: Oil&Gas Jour., 1999, p44 [4]M.Ushio et al: WTIA/APIA/CRC-WS International Conf., 1999, p10-1 [5]T.Nakano et al: IIW, 2000, p224 [6]J.C.Price et al: Offshore Tech. Conf., 1993, p145 [7]C.Dallam et al: Pipeline Tech., Vol. II, 2000, p483 [8]生野ら:本講演概要 68(2001) p112 [9]前田ら:本講演概要 68(2001) p114

C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Nb	C <sub>eq</sub>	P <sub>cm</sub>
0.06	0.25	1.85	0.008	0.002	0.20	0.20	0.05	0.42	0.18

YS*	TS*	EI*	Y/T*	vE <sub>0</sub>
/MPa	/MPa	/%		/J
594	693	36	0.86	269

No.	Steel	Welding wire	Diameter of wire (mm)	Welding position	Groove configuration	Heat input (kJ/mm)
1	Plate	A	1.2	Flat	20° V	0.94
2			0.9		40° V	1.21
3			1.2		60° V	1.55
4		B	20° V		0.97	
5			40° V		1.22	
6			60° V		1.57	
1F	Pipe	A	1.2	Flat	0.99	
1V				Vertical	1.01	
1O				Overhead	0.98	
2F		B		Flat	0.96	
2V				Vertical	0.98	
2O				Overhead	0.97	

Welding wire	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo
A (JIS Z3312 YGW24)	0.10	0.66	1.90	0.012	0.006	0.16	-	-
B (AWS A5.28 ER100S-G)	0.05	0.51	1.52	0.008	0.002	0.19	2.01	0.50

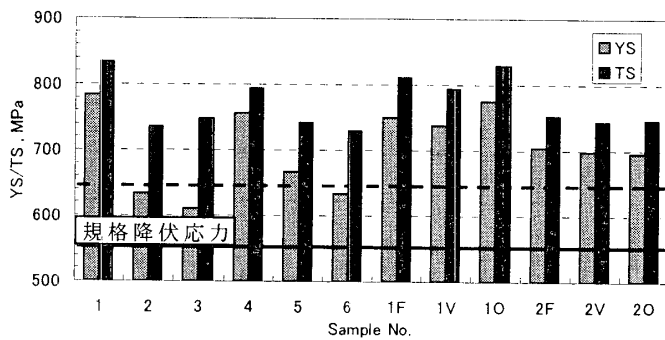


Fig.1 Results of all deposited metal tensile tests

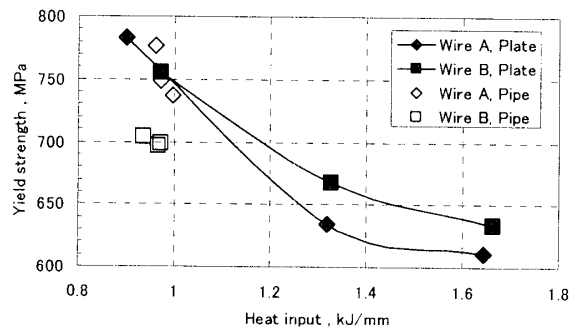
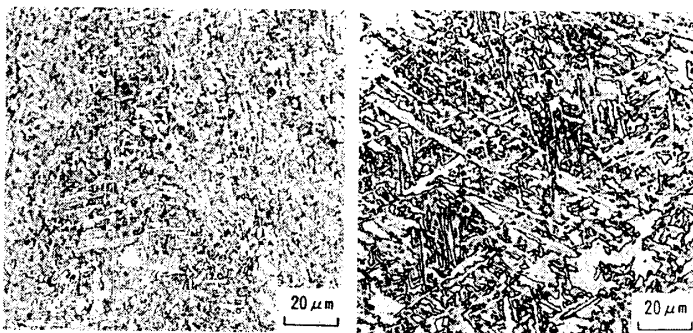


Fig.2 The effect of heat input on yield strength of all deposited metal



(a) Plate (No.4) (b) Pipe (No.1F)  
Fig.3 Microstructures of all deposited metal

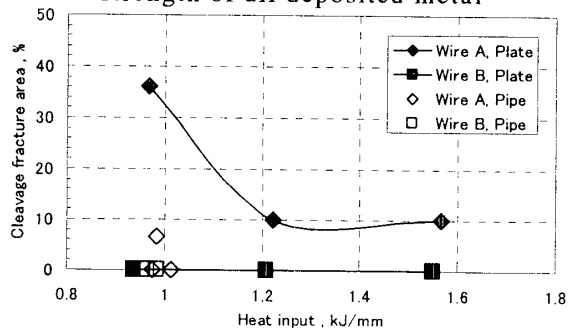


Fig.4 The effect of heat input on cleavage fracture area of all deposited metal at 0°C