

212 水素ガス切断部の変質について

船舶技術研究所

林 慎 也・永 松 徳 二

1, まえがき

ガス切断用の予熱ガスは従来はアセチレンが用いられてきたが、近年価格等の有利さからLPガス等が一般に多用されている。これら石油系のガスはエネルギー資源として重要であり出来るだけ節約する必要がある。

一方、水素ガスは無限に存在する水から得られることでもあり、水素ガスを石油系ガスに代替出来れば、省エネルギーの観点からも有利である。水素ガスを予熱ガスに実用した例は希に水中切断に見られたが、一般には、(1)切断部に水素ガスが溶存した時の水素割れや水素脆化の心配とか、(2)水素の中性焰が無色に近いため取り扱いが難しい、等の理由から殆ど使用されていないのが現状である。

著者らは水素ガスが切断ガスとして適当であるかどうかを調べる為、板厚20mmのSM41, HT60及びHT80の三種類の炭素鋼を予熱ガスに水素ガスを用いてガス切断した。そして、切断により溶存する水素量及びその切断材に溶接した時の水素溶存量をガスクロマトグラフで測定した。また、その切断部の硬さ及び引張強度特性も調べた。その結果をLPガス切断の場合と比較したので報告する。

2, 供試材及び切断

実験に用いた材料は板厚20mmの三種類の炭素鋼—SM41, HT60及びHT80—で、その化学成分を表-1に示す。

これらの材料を水素ガスを予熱ガスに使用して大気中にて切断した。切断条件を表-2に示す。今回の実験での水素ガス流量は1500

表-1 化学成分

鋼種	化 学 成 分							重量%
	C	Si	Mn	P	S	Mo	Nb	
SM41	.20	.23	0.74	.019	.012			
HT60	.15	.26	1.30	.016	.012	.074		
HT80	.13	.34	1.38	.018	.005	.59	.03	.003

表-2 切断条件

ガスの種類	予熱ガス流量 l/h		切断酸素		切断速度 mm/min
	ガス	酸素	圧力 kg/cm ²	流量 l/h	
H ₂ 1500	1500	600	3.5	5800	450
H ₂ 2500	2500	1000	3.5	5800	450
LPガス	750	3000	5	7500	500

及び2500l/hであった。また、同表には比較検討のため実施したLPガス切断条件面示している。得られた水素ガス切断面のあらさを表-3に示すが、30~60μとかなりあらく、これはWES 2801の品質基準の1級下位から2級に相当している。また、うねりもみられ、LPガス切断(10~20μ)¹⁾に比べてかなり劣る。これは今回の水素ガス切断条件がかならずしも最適でなかったためかもしれない。水素ガス切断面の品質向上のためには火口の改良を含めた最適条件の選定を行う必要がある。

3, 水素溶存量の検定

3.1 検定方法

ガス切断時に切断面に溶存される水素量並びに切断材を溶接した場合の水素溶存量をガスクロマトグラフにより調べた。切断部については長さ40mm×厚さ20mmを切断した後計測した。溶接部については同じ大きさに切断後溶存している水素が放散しないように留意して溶接した後ガスクロマトグラフにかけた。用いた溶接棒はイルミナイト系溶接棒神鋼B-17及び低水素系溶接棒神鋼LB-47で、溶接条件は28V・180Aであった。なお、溶接棒は一般に行なわれている条件で乾燥した。(LB-47: 350℃ 1時間、B-14: 無乾燥)

3.2 結果及び考察

表-4に水素量検定結果を示す。

水素ガスの場合は勿論、LPガスを使用した場合にも燃焼ガスとして水素が発生する。予熱ガス流量の差を考慮に入れると、LPガス切断での単位切断長さ当たりの水素発生量は水素ガス切断時の10~20%である。表-4(A)には切断材に溶存する水素量が示されている。LPガス切断に比べて水素ガス切断の方が水素を多少多く溶存してはいるが、絶対量は微量であった。

表-4(B)は溶接金属 100g 当たりの水素溶存量である。溶接棒の種類により水素量に大きな差がでてはいるが予熱ガスの種類による差は認められない。

水素が溶存した場合水素割れや水素脆化の原因となるが、表-4から明らかなように、水素ガス切断面への水素の溶存量は少ない。その上、切断時に残存した水素は2~6時間の自然放置によりガスクロマトグラフでは検知出来ない量になることが判った。切断材に溶接を施す場合には通常、切断後少なくとも数時間は放置されることを考えると水素の溶存に関する心配は無用であると考えられる。

4, 硬さ

硬さは切断部の上縁(火口側)と下縁より1mm並びに中間部を切断面に直角方向にマイクロビッカース硬さ計で計測した。荷重は切断面から10μの位置は25g、また、50μより離れた位置は300gであった。測定結果を表-4に示す。

切断部から10μの位置はHvが700以上にもなる非常に硬化した領域がある反面、殆ど硬化指定ない場所も存在する。これは25gのマイクロビッカースが極めて局所的な組織に依存しているためであろう。

LPガス切断部近傍には炭素が非常にリッチな領域が約20μ幅で存在していた。²しかし、水素ガス切断部の場合には、組織写真だけではその種の領域の存在は認められなかった。現在、X線分析によりその有無を調べている。

表-3 溶存水素量

(A) 切断材 切断寸法 20×40 mm

切断条件	SM 41	HT 60	HT 80
H ₂ 1500	0.0 2CC	0.0 1	0.0 1
H ₂ 2500	0.0 2	0.0 2	0.0 2
LPガス	0.0 1	0.0 1	0.0 1

(B) 溶接材 溶接金属 100g 当り

溶接棒	切断条件	水素量cc
B-14	H ₂ 2500	1.4 8
	LPガス	1.4 7
LB-47	H ₂ 2500	0.2 0
	LPガス	0.2 2
無溶接	H ₂ 2500	0.0 2
	LPガス	0.0 1

結局、10 μ 位置での硬さには大きなばらつきがあるものの、予熱ガスが水素ガスかLPガスかによる差は出ていないと考えられる。

10 μ より内部に入ると切断部近傍にかなり硬化した領域が存在している。この領域は両方のガス切断部とも組織的にはマルテンサイトが優勢であった。この領域の幅と硬さを表-4にまとめてある。この表から明らかなように、かなりのばらつきがあるけれども、ビッカース硬さHvは約400となり、母材部の1.7倍(H T 80)~3倍(S M 41)を示した。しかし、予熱ガスの種類の違いによる差は認められなかった。硬化域の幅についても同様な傾向を示した。熱影響を受けた領域の大きさについても今回の切断条件に関しては予熱ガスの種類による有意差は認められなかった。

5. 引張強度特性

水素ガス切断を行った後、図-1に示す形状に機械加工して製作した試験片を用いて引張試験を実施した。その結果を表-5に示す。

熱影響部の大きさ、硬化域の幅や硬化の度合いに予熱ガスの種類の違いによる差は出ていないことからの予想どおり引張強度特性-降伏応力、引張強さ及び伸びにも差はなかった。また、引張破面も延性な様相を呈しており、LPガス切断と同様水素ガス切断による引張特性への悪影響は認められなかった。

参考文献

1. 林, 永松, 大村; ガス切断面の静的強度特性、39回船研講演会
2. 林, 永松, 大村; 鋼材の溶断熱影響による変質について、材料学会講演会 昭和57年

表-4 硬さ測定結果

切断条件	測定箇所	切断部から10 μ 硬さHv	硬化域		無影響部まで距離mm	HAZ 大きさmm	
			硬さHv	幅mm			
SM 41	H ₂ 1500	上縁	2 9 7	3 1 0	0.4	1.4	2.0
		中間	6 8 9	4 4 0	0.2	0.6	0.5
		下縁	6 2 7	3 5 0	0.1	0.5	0.5
	H ₂ 2500	上縁	2 3 3	3 4 5	0.4	2.0	2.5
		中間	4 6 4	3 3 0	0.1	0.5	0.5
		下縁	4 0 5	3 9 0	0.1	0.6	0.5
	LPガス	上縁		2 6 0	0.2	2.0	2.4
		中間	6 2 7	3 8 0	0.2	0.4	0.4
		下縁		3 8 0	0.2	0.6	0.7
HT 60	H ₂ 1500	上縁	2 9 0	3 7 5	0.3	2.0	2.3
		中間	5 9 9	3 8 5	0.2	0.9	0.5
		下縁	3 8 3	4 0 0	0.2	0.8	0.5
	H ₂ 2500	上縁	1 6 0	3 1 5	0.6	3.0	3.3
		中間	7 2 4	3 7 5	0.2	0.8	0.5
		下縁	6 1 3	2 9 0	0.2	0.6	0.5
	LPガス	上縁	7 6 2	3 7 0	0.8	3.0	3.4
		中間	6 1 3	3 6 0	0.1	0.6	0.6
		下縁	5 1 4	3 8 0	0.3	1.0	0.9
HT 80	H ₂ 1500	上縁	2 8 3	3 9 0	1.4	1.9	2.5
		中間	6 7 3	3 9 5	0.4	0.6	0.7
		下縁	7 8 3	4 1 0	0.6	0.7	0.7
	H ₂ 2500	上縁	5 8 5	4 0 0	1.5	2.0	2.3
		中間	6 4 2	3 9 5	0.5	0.6	0.7
		下縁	5 2 5	3 9 5	0.6	0.7	0.7
	LPガス	上縁	7 7 0	4 1 0	1.0	3.0	2.7
		中間	6 5 0	4 3 0	0.2	0.7	0.9
		下縁	6 4 2	4 3 0	0.5	0.9	0.9

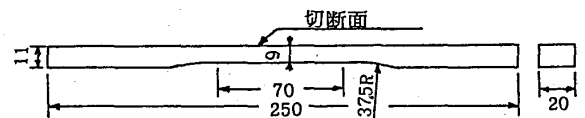


図-1 試験片形状

表-5 引張試験結果

	切断条件	降伏応力 Kg/mm ²	引張強さ Kg/mm ²	伸び %
SM 41	H ₂ 1500	3 0.6	4 9.6	2 8
	H ₂ 2500	3 1.3	4 9.5	2 9
	LPガス	3 6.4	5 1.1	3 0
	母 材	2 7.8	4 7.8	3 2
HT 60	H ₂ 1500	6 1.7	7 0.7	2 0
	H ₂ 2500	6 2.4	7 1.6	2 0
	LPガス	6 0.5	6 8.2	1 6
	母 材	5 9.6	6 6.6	1 8
HT 80	H ₂ 1500	8 4.9	9 0.2	1 7
	H ₂ 2500	8 2.8	8 9.2	1 7
	LPガス	7 6.4	8 1.4	1 8
	母 材	7 6.5	8 0.0	1 8