

344 水中プラズマ切断部の強度特性

船舶技術研究所

○ 林 慎也 永松 徳二

1. まえがき

水中及び大気中においてプラズマアーク切断した炭素鋼の切断部の変質と引張特性を調べたので報告する。

2. 実験

実験に用いた材料は板厚 2.0 mm の S M 4 1 , H T 6 0 と H T 8 0 の三種類の炭素鋼で、その化学成分を表-1に示す。それらを窒素ガスを作動ガスとしたウォーターインジェクションプラズマアーク切断により水中及び大気中にて切断した。最も良品質の切断面が得られる様に切断条件を設定したが、水中と大気中もともに同じ条件(表-2)となった。得られた切断面のあらさは水中切断面が 20~30 μ , 大気中切断面が 10~20 μ となり、あらさに関してはガス切断面の品質基準の1級に相当している。尚水中切断面には大気中切断面にはみられない多少のうねりが生じた。

切断材断面を5%硝酸アルコールによりエッチングして熱影響部を調べた。

切断部近傍の熱影響部の硬さをマイクロビッカース硬度計により計測した。計測は切断材断面上で上縁・下縁より 1 mm の所と中間部を各々切断面に直角な方向線上で行った。測定のため負荷した荷重は切断部より 10 μ の位置は 25 g , 50 μ から 5 mm までの位置は 300 g であった。

引張試験片の形状を図-1に示す。プラズマ切断を行った後機械加工を施して製作した。また、変質の引張強度特性への寄与の度合を調べるため、試験部の厚みを 5 , 7 , 11 及び 13 mm とした試験片及び切断面を 0.5 及び 1 mm 研削した試験片(試験部厚 9 mm)も製作し引張試験に供した。

表-1 化学成分

鋼種	化 学 成 分								重量%
	C	Si	Mn	P	S	Mo	Nb	B	
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

種類	ガス流量 ℓ/min	水量 ℓ/min	電流 A	トーチ高 mm	切断速度 mm/min
水プラズマ	80	2.0	400	10	1300

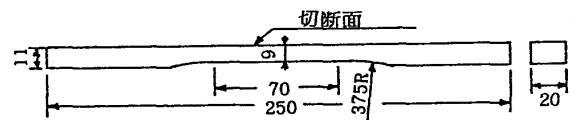


図-1 試験片形状

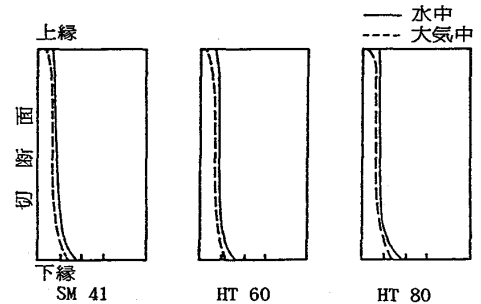


図-2 熱影響部の大きさ

表-3 硬さ(切断部より 10 μ)

	切断環境	上縁	中間	下縁
SM 41	大気中	440	468	470
	水中	430	375	395
HT 60	大気中	464	421	363
	水中	465	465	490
HT 80	大気中	483	384	460
	水中	435	465	455

3. 結果

3.1 熱影響部

熱影響部の大きさを図-2に示す。同図より明らかな様に、水中切断部の熱影響部は大気中切断部のそれより上縁側で0.1～0.3 mm、下縁側で0.4～0.5 mm程度大きくなっている。これは水の効果により水中切断の場合のカーフ幅の方が約0.8 mm大気中切断より小さくなっているためである。従って、切断の時の火口の中心から熱影響部までの距離は水中切断部上縁で4 mm、大気中切断部上縁で4.2 mmとなる。切断条件は両切断とも同じであるので、わずかではあるが水の冷却効果が現われていると考えられる。また、各材料とも上縁側の熱影響部が下縁側より1 mm程度大きくなっている。しかし、カーフ幅が上縁側が3 mm程度下縁側より大きいことを考えると、火炎のあたる上縁の方が熱の拡がりが大きかったことがわかる。

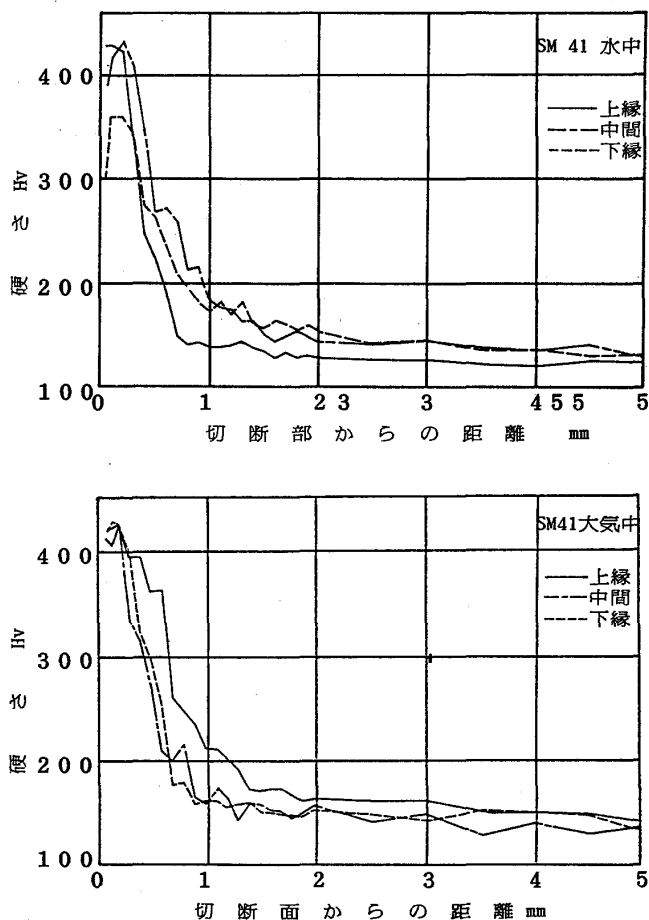


図-3 硬さ分布 (SM 41)

3.2 硬さ

切断部から10 μの位置の硬さを表-3に示す。一般に、微小硬さは局所的な組織への依存度が高いために、硬さの値がばらつく傾向にある。今回の結果もその影響のためかばらついてはいるが、ビッカース硬さHvは400程度である。ガス切断面やガスプラズマ切断面には約20 μの厚みを持つ硬い炭化層あるいは窒化層が存在し700 Hv以上にもなる。⁽¹⁾今回実験のウォーター インジェクションプラズマ切断では作動ガスとして窒素ガスを使用しているので、切断材を溶接した時のプロホール発生の原因である窒化層が切断部に存在することが予想されたが、表-3.4の硬さの他、組織あるいは成分分析からは窒化層の存在が認められなかった。もし存在していても5 μ以下の非常に薄い層としてであろうと推定される。

切断部から50 μ以上離れた位置での硬さ分布を図-3に、最高硬さとその位置を表-4に示す。表-3の結果と

表-4 最高硬さ

		硬さHv		位置μ
SM 41	大気中	上縁	425	200
		中間	425	200
		下縁	425	200
	水中	上縁	430	200
		中間	430	650
		下縁	360	100
HT 60	大気中	上縁	420	400
		中間	425	200
		下縁	320	300
	水中	上縁	465	100
		中間	515	100
		下縁	480	500
HT 80	大気中	上縁	415	100
		中間	395	100
		下縁	460	50
	水中	上縁	450	500
		中間	485	50
		下縁	485	300

比較すると、大気中切断部は 10μ の位置に硬さの最大があるのに反し、水中切断部ではかなり内部の位置にピーク値が存在していることが明らかである。これは水中切断の際の水の冷却効果で材料の冷却速度が加速された結果であろう。

硬さに及ぼす切断環境の影響は、SM 41では認められないが、HT 60とHT 80では存在し水中切断部の方が大気中の場合より10～20%硬くなっている。

3.3 引張特性

引張試験結果を表-5に示す。同表には母材を機械仕上げした試験片の結果も示してある。

SM 41の場合には切断環境の影響が現われず水中、大気中ともほぼ同じ伸び、応力値を示している。これは硬さの結果とも一致している。この結果は、ガス切断で、水中の場合破面が脆化し、伸びも大気中のものと比べて50%以下に減少した(2)のとは傾向を異にしている。

切断面表面を1mm研削すると、熱影響部は下縁部にわずか残っているだけのためか、引張特性は母材の値にはほぼ近くなる。

一方、HT 60とHT 80では切断環境による有意差が認められた。これは、水中切断の場合の引張特性はSM 41と同じ傾向を示すが、大気中切断材の伸びと応力が異常に大きくなっているためである。

水中切断材の試験片断面の熱影響部面積と総断面積の比と応力・伸びとの関係を図-4に示す。同図から応力と面積比は比例関係にあることがわかる。SM 41の伸びも比例関係にあるか、他の材料の伸びは面積比10%と0%ではほとんど差がない。この原因については現在検討中である。

参考文献

- (1) 林他, 材料学会第31期講演会前刷PP219~221
- (2) 竹花他, 溶接学会55年秋期前刷PP48~49

表-5 引張試験結果

			降伏応力 Kg/mm ²	引張強さ Kg/mm ²	伸び %
SM 41	水中	0 mm研削	32.9	52.5	27
		.5 mm研削	28.6	49.5	29
		1 mm研削	28.4	48.3	32
	大氣中	0 mm研削	33.7	50.9	27
		.5 mm研削	33.6	49.3	28
		1 mm研削	31.4	47.8	31
機械仕上		27.8	47.8	32	
HT 60	水中	0 mm研削	62.9	70.8	16
		.5 mm研削	59.8	67.4	16
		1 mm研削	59.7	66.6	17
	大氣中	0 mm研削	66.0	72.9	21
		.5 mm研削	62.2	69.3	21
		1 mm研削	59.3	66.2	23
機械仕上		59.6	66.6	18	
HT 80	水中	0 mm研削	78.7	83.6	15
		.5 mm研削	76.4	80.9	16
		1 mm研削	76.5	80.1	16
	大氣中	0 mm研削	89.6	94.0	16
		.5 mm研削	88.6	92.5	17
		1 mm研削	88.0	89.9	17
機械仕上		76.5	80.0	18	

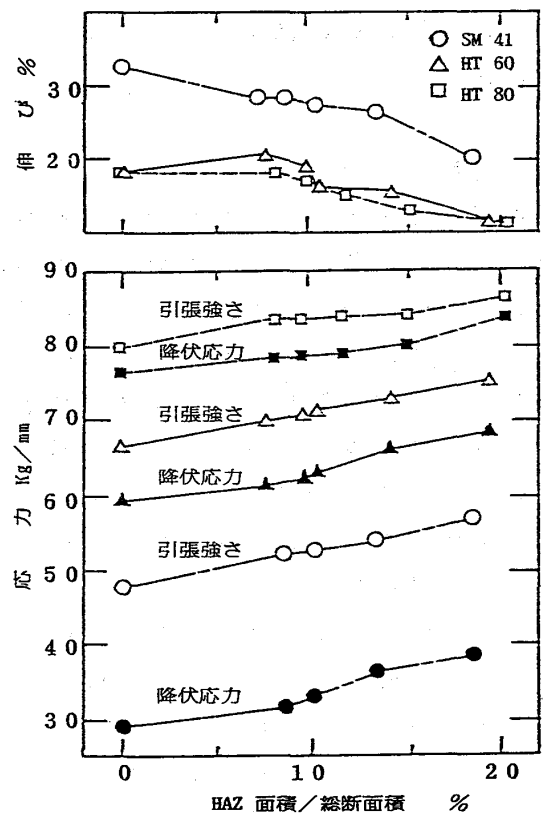


図-4 変質の引張特性への影響度