

## 111 溶接低温割れに及ぼす焼戻し炭化物の影響

九州工業大学 材料工学科

○ 欽山 哲也  
渡 真人  
手崎 俊夫

1. 緒言 溶接低温割れ感受性が非金属介在物の存在で改善され、その効果は清浄度で整理できるという報告はすでに有り、その働きはトラップサイトとしての働きと考えられているようだ。

一方、溶接部のトラップサイトとしては、冷却中焼戻しにより析出する炭化物が考えられ、焼戻し条件により鋼中の水素のみかけの拡散定数・固溶限が変化するという報告はある。<sup>1,2)</sup>

そこで本研究は、清浄度と焼戻し炭化物の条件を変化させ溶接低温割れ試験を行い、清浄度の他に焼戻し炭化物を考慮する必要があるかどうかを検討した。

2. 実験 Table 1 に供試材の化学成分を示す。JIS M50 鋼をベースに、Ti, V, Nb, B をアルゴン気中で添加溶製し、熱間鍛造後、外径 8mmφ、ノック部 4mmφ のインプラント試験片に加工した。溶接は、アルゴンと水素の混合ガス雰囲気での TIG 溶融法で、荷重は溶接部温度が 150°C に冷却された時、死荷重を負荷した。各材料につき、溶接ボンド部最高硬さ、清浄度を測定した。炭化物は、HAZ 粗粒域から薄膜を作製し、透過電子顕微鏡で観察した。

3. 結果 Table 2 に結果をまとめて示す。初期水素濃度は 1.6 ppm と 2.7 ppm の 2 種類で、硬さは 430 ~ 459 の間にあり、 $P_{CM}$  は 0.247 ~ 0.278 の間にある。清浄度は 0.09 ~ 0.20 まで変化し、炭化物の体積率は 12.8% ~ 29% まで変化している。この変化は、硬さ、 $P_{CM}$  の変化が小さく、清浄度と炭化物の変化が大きい条件といえる。

Fig. 1 は、硬さと限界応力値の関係で、硬さの変化に比べ限界応力値の変化は大きい。しかしニオブ添加の影響は出ていない。また変化に傾向が見られない。

Fig. 2 は、清浄度と限界応力の関係を示す。イオウ添加材では、清浄度の増大とともに限界応力は上昇し、他の元素については、清浄度が変化していても限界応力値が上昇している。Fig. 1, 2 より、Ti, B, V 添加材については、硬さ、清浄度以外の原因で限界応力値が上昇していると考えられる。そこで、Ti, B, V 添加材について、炭化物の体積率と限界応力の関係を JIS M50 鋼と比較して示したのが Fig. 3 である。うまく整理できている。以上で焼戻し炭化物が重要であることがわかる。

さらに Fig. 4 は、平井氏が介在物と低温割れの間係を、各種鋼材について求めたものである。縦軸は、割れ限界予熱温度を  $P_{CM}$  を基に求めた値と実験値の差で横軸は清浄度である。著者らの用いた添加元素と共通なバナジウムとボロンを含む鋼を区別 (○印と●印) して示すと 2 つのグループに分けられる。○印は、バナジウム、ボロンの入っていない鋼で、その範囲を破線で示す。実線は破線を 25°C 低温側へずらしたもので、バナジウム、ボロン添加材がうまくおさまっている。つまり、本報における炭化物の影響を考慮すれば、Fig. 4 は、約 25°C 精度

よく整理できると思われる。

以上のことから、清浄度の他に残炭し炭化物の影響を考慮する必要が有ると言える。さらに残炭し炭化物の存在は、低温割れ感受性の改善に効果有ることが分った。

Table 1 化学成分

No.	Material	C	Mn	Si	Mo	Ni	Cr	Cu	V	Nb	Al	B	P	S	Ti
1	SM 50	0.18	1.11	0.24	0.06	0.33	0.15	0.05	< 0.01	< 0.011	0.026	-	< 0.01	0.001	< 0.013
2	Ti-0.034	0.17	1.12	0.24	0.07	0.26	0.16	0.09	< 0.01	< 0.011	0.026	-	< 0.01	0.001	0.034
3	S-0.009	0.19	1.12	0.25	0.07	0.23	0.17	0.12	< 0.01	< 0.011	0.026	-	< 0.01	0.009	< 0.013
4	S-0.02	0.16	1.11	0.22	0.07	0.28	0.16	0.11	< 0.01	< 0.011	0.026	-	< 0.01	0.02	< 0.013
5	V-0.083	0.16	1.08	0.27	0.08	0.25	0.16	0.07	0.083	< 0.011	0.026	-	< 0.01	0.001	< 0.013
6	Nb-0.068	0.17	1.08	0.28	0.07	0.33	0.16	0.06	< 0.01	0.068	0.026	-	< 0.01	0.001	< 0.013
7	B-11	0.17	1.12	0.25	0.07	0.27	0.16	0.10	< 0.01	< 0.011	0.026	0.0011	< 0.01	0.001	< 0.013

Table 2 実験結果

No.	Material	$(\sigma_{imp})_{cr}$ (kgf/mm <sup>2</sup> )		Hv (1kgf)	Pcm (%)	Cleanliness (%)	Volume fraction of carbides (%)
		Hv = 1.6 (ppm)	Hv = 2.7 (ppm)				
1	SM50	38.2	29.6	459	0.264	0.09	12.8
2	Ti-0.034	54.1	42.5	435	0.257	0.08	29.0
3	S-0.009	47.7	41.5	448	0.278	0.20	21.5
4	S-0.02	52.1	44.8	450	0.267	0.18	14.5
5	V-0.083	41.7	38.7	438	0.252	0.09	17.0
6	Nb-0.068	41.7	25.2	438	0.256	0.12	16.0
7	B-11	46.9	46.8	430	0.263	0.09	19.5

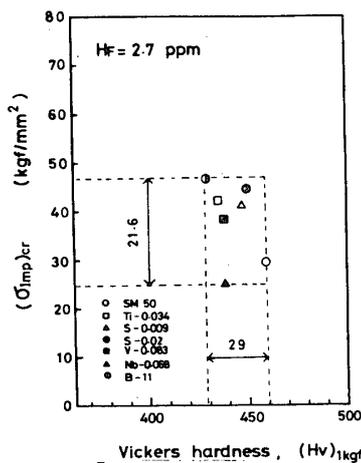


Fig. 1 硬さと限界応力

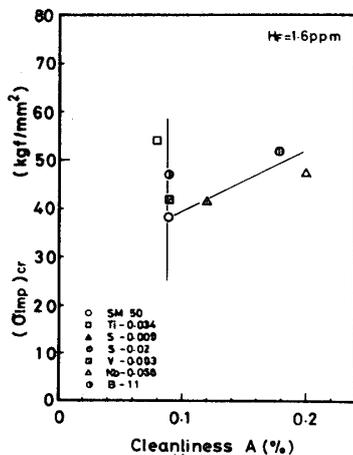


Fig. 2 清浄度と限界応力

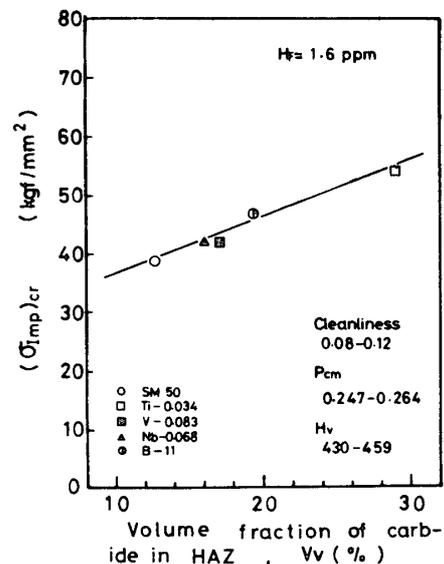


Fig. 3 炭化物量による整理

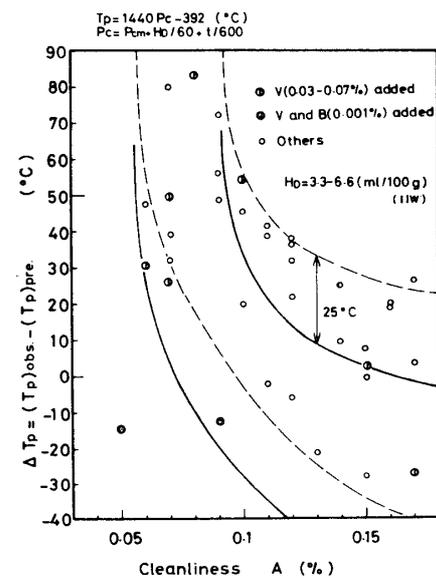


Fig. 4 B.Vに注目した整理