

東京大学・工学部
電源開発(株)
川崎製鉄(株)技術研究所
"

奥村敏恵
高橋光雄
坪井潤一郎
○平井征夫

1. まえがき

構造物の大型化によりHT-80の用途も圧力容器・長大橋から水圧鉄管へと広がりつつあるが、トンネル内のように高湿度な雰囲気中で溶接する場合には、溶接割れの防止が最大の課題になると予想される。このような条件下での溶接割れを防止するために、ここでは溶接法・予熱条件の選定と溶接材料の管理のための試験を行ない、その結果について考察した。

2. 供試材

供試したHT-80と全溶着金属の化学組成をTable.1に示す。試験はおもにMIG溶接法で行ない、比較として被覆アーク溶接棒を用いた。

3. 試験方法

3. 1. 水素試験

水素試験は急冷法で行ない、グリセリン浴中で48h後に捕集した水素量を測定した。まず、種々の水蒸気分圧に設定した恒温恒湿室内で溶接して溶接雰囲気の影響を調べた。さらに、シールドガス中に水素または水蒸気を添加してその分圧と拡散性水素量の関係を求めた。なお、水蒸気は沸湯浴中にArガスを通して水蒸気を混合し、つぎに一定温度に保持した恒温槽内においてその飽和水蒸気圧になるよう調節した。

3. 2. 溶接割れ試験

Fig.1に示すH型試験片のスリット長さBsにより、拘束度を $K = 700 \sim 1500$ kg/mm・mmに変えて溶接割れ試験を行なった。高湿度下の溶接を再現するために、MIG溶接ではシールドガスに水素を添加し、被覆アーク溶接では溶接棒を吸湿させて水素量の影響を調べた。

4. 試験結果と考察

4. 1. 水素試験結果

Fig.2が大気中の水蒸気分圧とシールドガス組成を変えたときの水素試験結果であり、シールドガスに水蒸気微量でも含まれると拡散性水素量が多くなり、高湿度下ではとくにアーク柱のシールドが重要であることを示した。溶接法としては、MIGとSAWが拡散性水素量に対する雰囲気の影響が少なく大気のみが非常に少ないことがわかる。

Table. 1 Chemical compositions of test materials (wt.%)

Materials	Chemical components									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	
HT-80 (50mm)	0.11	0.26	0.92	0.014	0.007	0.23	0.96	0.43	0.43	
MIG weld metal	0.05	0.27	1.02	0.009	0.006	0.24	2.92	0.30	0.44	
Manual weld metal	0.05	0.47	1.27	0.009	0.009	—	2.05	0.21	0.31	

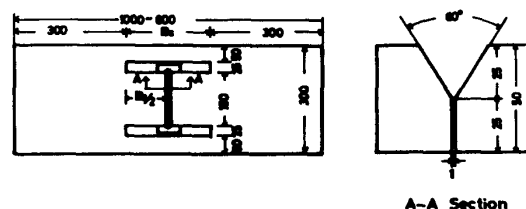


Fig. 1 Dimensions of the H Type Restraint Cracking Test Plate.

また、水蒸気と水素はシールドガス中の分圧が同じならば、拡散性水素量もほぼ等量であることから、アーク柱で水蒸気はほぼ完全に解離されていると考えられる。

シールドガスに CO_2 を混合すると、 Ar のみの場合よりも水素量が多くなる。これは、水素の溶解が非常にはやく溶接でもその反応はほぼ平衡に近いと考えられるから、放出過程において溶融池表面の酸素が水素放出を妨げたためと推定される。

Table. 2 は各種溶接法における大気のみきこみ率であり、MIG溶接法は大気のみきこみが少ないこと、溶接材料に吸湿がないことおよび全姿勢溶接が可能であることから高湿度下の溶接法として最適の方法と考えられる。

4. 2. 溶接割れ試験結果

結果の1例を Fig. 3 に示すが、割れ阻止予熱温度は拘束度が $K = 700 \sim 3500 \text{ kg/mm} \cdot \text{mm}$ の範囲ではあまり変わらず、水素量の影響が大きい。ここで求めたMIG溶接ビードに働く応力 σ_w と拘束度 K の関係は $\sigma_w / K = 1.9 \times 10^{-2}$ で、被覆アーク溶接でもとめられている関係 $\sigma_w / K = 4.2 \times 10^{-2}$ (by Satoh) より小さい。しかし、被覆アーク溶接の試験結果をMIG溶接で同一水素量の結果と比較しても耐割れ感受性はほとんど変わらず、拘束応力の影響は少なかった。

シールドガスに水素を混入させた場合に認められたルート割れは、ルート部の un-mixed zone を通ってすぐに溶接金属に伝播するものが多かった。そこで、このHT-80の un-mixed zone の近傍についてXMA分析を行なったところ、その領域は母材とほとんど同じ成分からなり、溶接金属ではデンドライト粒界に Ni , Mn , Mo などの合金成分の偏析が認められた。しかし、溶接金属に伝播した割れはオーステナイト結晶の粒界または粒内を通り、上記偏析部とは無関係であった。

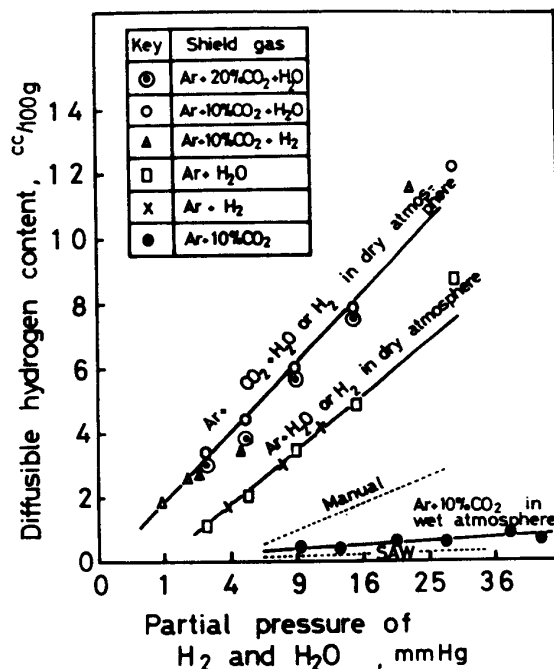


Fig. 2 Results of hydrogen test in various welding processes.

Table. 2 Mixing ratio of air into the arc atmosphere in various welding processes.

	Covered electrode arc welding	Submerged arc welding	MIG arc welding
Mixing ratio of air (%)	22.3	6.3	0.3

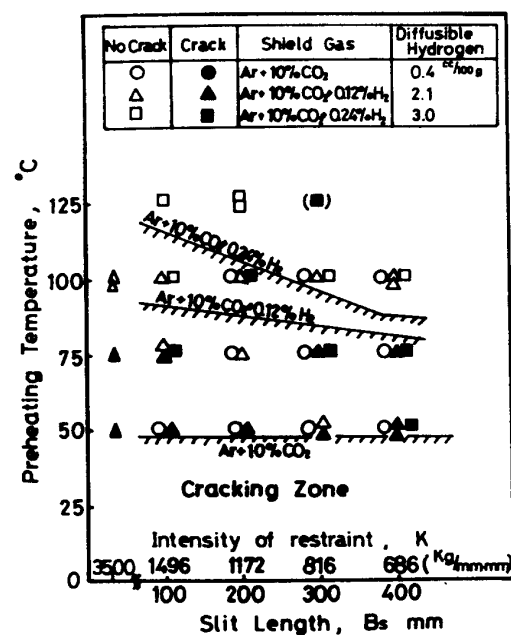


Fig. 3 Intensity of Restraint and Cracking in the H Type Restraint Cracking Test.