

(480)

溶接熱影響部の拡散性水素挙動の動的解析

新日本製鐵(株)製品技術研究所 ○百合岡信孝 大下 滋
中村 治方 浅野鋼一

1. 緒 言

水素起因の鋼材の遅れ割れは、切欠き先端など割れ発生個所へ鋼中水素が拡散し集積することによる破壊と考えられている。この水素拡散・集積挙動を解析する上で、境界条件の算出が難かしい外環境から水素が供給される場合に比べ、溶接割れのように溶接アークの下で水素が供給されて初期条件として与えられてしまっている場合は解析が容易である。本報告は、鋼材溶接割れ現象の定量的解析に役立てるための、溶接冷却時の溶接部の水素拡散動的挙動の解析に関するものである。

2. 理 論

(1)式は、水素の活量 $a (= \gamma c)$ で表わした物質移動の一般方程式である。

$$\frac{\partial a}{\partial t} = \frac{a}{\gamma} \frac{\partial \gamma}{\partial t} + \gamma \nabla \cdot \left(\frac{D}{\gamma} \nabla a \right) \quad (1)$$

ここで、 γ は水素吸蔵能より与えられる。

$$\gamma = \frac{\exp(PV^*)}{1 + 0.1228 \eta \exp(6733/RT)} \quad (2)$$

また、活量ポテンシャル連続条件より、

$$D/\gamma = \text{const.} \quad (3)$$

表1 水素吸蔵量と水素拡散係数 (20℃)

鋼		放出量 (ml/100gr)	D (mm ² /s)	η (%)
純 鉄		—	5.74×10^{-4}	0
SM50B	0% 歪	0.24	1.8×10^{-4}	0.0169
	2	0.26	7.6×10^{-5}	0.0506
	4	0.43	5.6×10^{-5}	0.0715
	6	0.50	4.4×10^{-5}	0.0932
	7	0.78	4.0×10^{-5}	0.1032
	無拘束熱処理	—	4.2×10^{-5}	0.0982
拘束熱処理		0.83	3.1×10^{-5}	0.1350
溶 接 金 属		—	1.6×10^{-4}	0.0213

3. 水素吸蔵能の評価実験

溶接金属から切り出した丸棒と、無歪、引張塑性歪、溶接熱サイクル相当の熱処理の各状態における SM50B 鋼丸棒を、それぞれ 0.1N HCl に漬けて水素チャージし、その後の放出曲線より拡散係数 D を求め、無歪純鉄の D との相対比で(3)式から γ を算定し、表1に(2)式の η を与えた。塑性歪が増加しても、溶接熱影響硬化組織になっても γ は低下する。

4. 水素挙動の動的解析

溶接部は局部急速冷却のため塑性歪を有し、熱弾塑性解析でその塑性場を求め一例を図1に示す。その塑性歪量と、溶接熱影響部に相当する γ を溶接部各位置に与え、溶接凝固直後溶接金属部に存在していた水素が、冷却中に母材を含む溶接各部に拡散集積する挙動を有限差分法で解析した。溶接部予熱のない場合で、溶接終了後3時間経過後の水素分布の解析例を図2に示す。

なお、3軸応力 ($-P$) と水素吸蔵能の関係を示す実験データが無いので、本解析では(2)式の応力項は考慮せず、 $PV^* = 0$ としている。

1) 百合岡, 中村: 溶接学会誌, 48 (1979)

No. 9 P 726

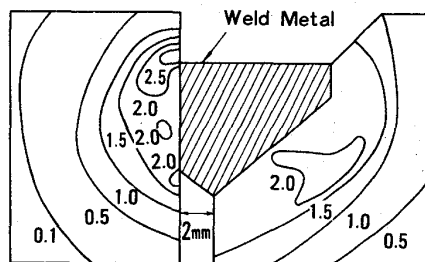


図1 FEMによる塑性歪分布(%)

Not Preheated Ambient Temperature 20℃
At 11920 sec after Welding

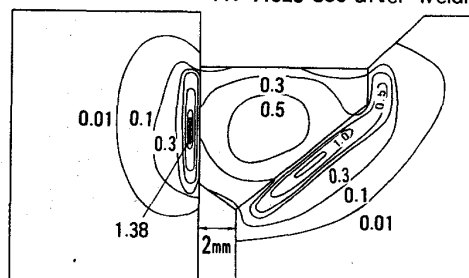


図2 FDMによる拡散性水素分布