

(268) 塑性場を含む鋼中の水素の拡散と集積に関する研究

大阪大学工学部

第四木男 ○ 落合真一郎
吉永彰一

1. 緒言 古くは Troiano らによつて切欠き底部の塑性域への応力拡散が提唱されたが後等はこれを定量化することはできなかった。本研究では電子計算機を用いて計算しうる塑性歪量を使って、これを我々が導いた拡散の式に組み込み、塑性歪量に対応して拡散集中してくる水素量を定量化することも試みた。塑性歪量と集積過程を求めよにあつては応力、拡散両解析を有限要素法を用いて行った。さらに水素の拡散集中はその材料の凝集力を低下させ、外部応力との重畳作用によつて遅れ割れを実現するので、実際の遅れ割れ試験と上記の計算との対応を試みた。

2. 実験方法 市販 60 Kg/mm² 級高張力鋼 E、水素雰囲気中で 950°C × 2 hrs. 保持後、水焼入れした。その後すぐ、定荷重による遅れ割れ試験を行った。一方応力、及び拡散解析は、図1のプログラムで行い、その有限要素分割は図2のごとく行った。

3. 塑性場を含む場における拡散式の導入

高温水素添加後の試片内では、水素が均一に分布していると考えられる。従つて体積濃度差による拡散は起りえない。そこで濃度勾配による水素の流れを定式化するにあつて、単位欠陥あたりの濃度、従つてこの濃度勾配による Fick の第1法則を仮定することによつて水素拡散の解析を行った。なお欠陥は種々存在するが、転位密度¹⁾欠陥を代表させることにした。単位体積中の転位長を L とし、これと塑性歪 ϵ_p との間に $L = \alpha \epsilon_p + \beta$ (α, β : 定数) を仮定した。すると2次元問題では拡散の式は次の式になる。

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \cdot \gamma \cdot \frac{\partial^2 [c / (\alpha \epsilon_p(x, y) + \beta)]}{\partial x^2} + D_y \cdot \gamma \cdot \frac{\partial^2 [c / (\alpha \epsilon_p(x, y) + \beta)]}{\partial y^2}$$

4. 応力、拡散解析の結果

応力解析と図3に示す実験結果とからまず第一に明らかになつたことは、試片に塑性域が存在しほり程度の負荷応力では、遅れ割れが生じないことである。第二には水素の拡散集中によつてあり、本研究で用いた試片に於いて α, β のデータがほりであるが、Keh²⁾の極めて良質の純鉄で求めた α, β と考へ得る高転位密度 ($9 \times 10^{13} 1/cm^2$)³⁾ を参考として α, β を決定すると、水素が塑性域に実験に対応する時間内に著しく集積した。(図4)

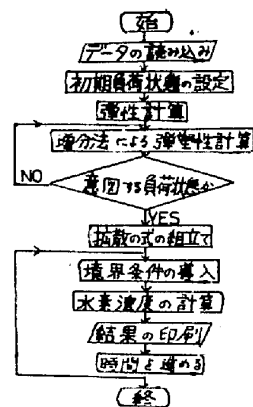


図1. フローチャート

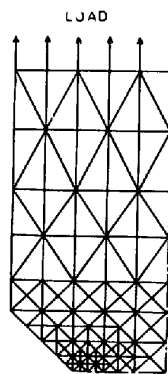


図2. 有限要素分割

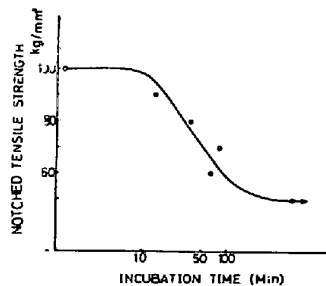


図3. 水素遅れ割れ実験

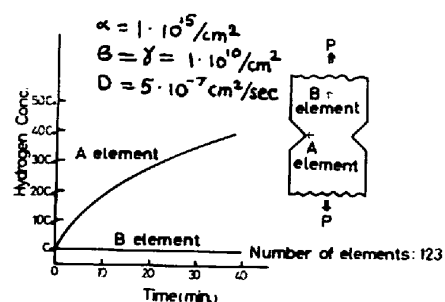


図4. 塑性域への水素集積

1) Y. Kikuta et al, Proc. of International Congress "Hydrogen in Metals", Paris (1972), p.144
2) A.S. Keh, Direct Observation of Imperfections in Crystals, Interscience, New York, 1962
3) Metals Handbook, A.S.M., 1948, p.428