

大阪大学 工学部 菊田米男、落合真一郎
寒川敏夫

緒論) 我々が論ずる問題は拡散と弾塑性問題が組合されたものであり、外力により局部的塑性変形した不均一な場における拡散問題である。

方法) 通常の拡散式、Fick の式は

$$\partial c / \partial t = D \nabla^2 c \quad 1)$$

であり、又熱伝導の式は

$$\alpha \cdot \partial \theta / \partial t = K \nabla^2 \theta \quad 2)$$

である。ここで α は単位体積当りの熱容量、 K は熱伝導度、 θ は温度である。式 1) と 2) とを較べてみると熱容量に対応する量が式 1) には存在しない。これは Fick の式が、濃度だけが勾配をもつ場合に用いるものであるから、実際には弾性応力場や転位密度分布等の勾配を考慮せねばならない。我々は外部荷重による弾性応力場の影響を無視し、転位密度の勾配による水素原子に対する収蔵能の違いを式 2) の熱容量に対応するものとして式 1) を拡張した。ここで拡散と熱伝導とのアナロジーは

$$\Delta / \gamma \leftrightarrow \alpha \quad 3)$$

である。ここで Δ は局部的な転位密度分布であり、 γ は材料に塑性変形が加わる前の均一転位密度である。又温度 θ に対応するものを水素原子の有効濃度 C' として定義すると次の熱容量の定義とのアナロジーから、通常の体積濃度 C と C' との関係は次式のとおり;

$$(\Delta / \gamma) \cdot \delta C' = \delta C \quad 4)$$

式 1) の熱伝導式とのアナロジーから次のように拡張される。

$$(\Delta / \gamma) \cdot \partial C' / \partial t = D \nabla^2 C' \quad 5)$$

さらに $\Delta = \alpha \bar{\epsilon}_p + B$ と仮定すれば、弾塑性解析から Δ の分布が求まり、さらに式 5) と 4) から水素濃度分布が定まる。

結論) 我々は前報で数式化した水素の応力(歪)拡散式と、熱伝導とのアナロジーにより再度確認した。この数式を水素添加された軸対称試片の定荷重遅れ破壊問題を解析するに用い、有限要素法による解を求めた。負荷応力が上、下部臨界応力範囲にあるときに、弾塑性解析は、三軸応力状態が、我々の試片の切欠き底より十分の数 mm 入った所に存在する。水素濃度の最大値もこの近傍に存在することが計算によって求められたが、これは弾性応力勾配によって水素がここに集積したものでほぼよく、塑性歪勾配と、拡散に対する境界条件により、このように行なわれる。

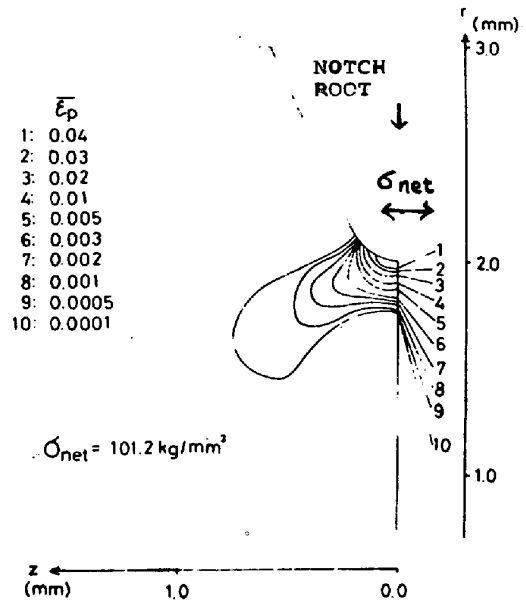


図1 負荷応力が遅れ割れ上、下部臨界応力の中間値の場合の塑性歪 $\bar{\epsilon}_p$ 分布

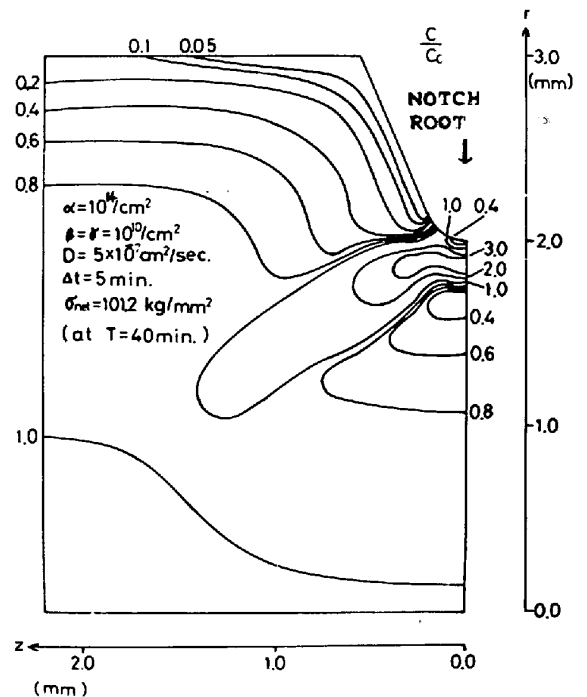


図2 応力負荷後 40 分後(遅れ破壊時)に於ける水素濃度分布