

水素環境下における金属材料の疲労強度特性と破壊メカニズムに関する研究（第3報）

永石尚昭 松永久生*

平成30年度

背景および目的

現在、水素燃料電池自動車に使用される材料の水素適合性の判定方法について、世界統一基準（GTR）の制定を目指して議論が行われている。その一環として、著者らはSUS304環状切欠きを有する丸棒試験片（図1）の疲労寿命および疲労限度の決定機構に関する研究を行っている。第2報では、環状切欠き丸棒試験片の全疲労寿命に占めるき裂の発生寿命の割合が大きいことや、有限要素解析（FEA）に試験片疲労試験中の切欠き底における変形挙動を予測した結果を示した。本報では、FEAの結果を用い環状切欠き丸棒試験片の疲労限度の決定機構について検討した結果を述べる。

研究内容

切欠き部近傍で応力とひずみが勾配を有する場合の疲労き裂の発生を定量評価するためには、切欠き底表面におけるひずみの値ではなく、切欠き底近傍1~数結晶粒程度の領域におけるひずみの平均値を考慮する必要がある。図2にFEAで予測した疲労限度における切欠き断面の $\Delta\epsilon_t$ 、 $\Delta\epsilon_p$ の分布を示す。供試材の平均結晶粒径にあたる $43\mu\text{m}$ の範囲の全ひずみ範囲 $\Delta\epsilon_t$ の平均値 $\Delta\epsilon_{t,ave}$ を求めると0.51%であった。図3に平滑丸棒試験片のひずみ制御疲労試験の全ひずみ範囲-寿命関係を示す。本研究で用いた供試材のデータは○印でプロットしている。参考にNIRM（現NIMS）で取得されたデータを×印でプロットしている。平滑丸棒試験片のひずみ制御疲労試験で取得された疲労限度での繰返しひずみ範囲 $\Delta\epsilon_{t,th}$ は0.46%であった。環状切欠き丸棒試験片の一定荷重振幅疲労試験で得られた疲労限度での切欠き底近傍の繰返しひずみ範囲の一結晶粒範囲の平均値 $\Delta\epsilon_{t,ave}$ と、平滑丸棒試験片の一定ひずみ振幅疲労試験で取得された疲労限度での繰返しひずみ範囲 $\Delta\epsilon_{t,th}$ は概ね一致した。



図1 環状切欠き丸棒試験片

研究成果

切欠き底近傍のひずみ分布を数値解析等で求め、平滑丸棒試験片の一定ひずみ振幅疲労試験の結果と比較すれば、切欠き部の疲労寿命を予測できる可能性を示した

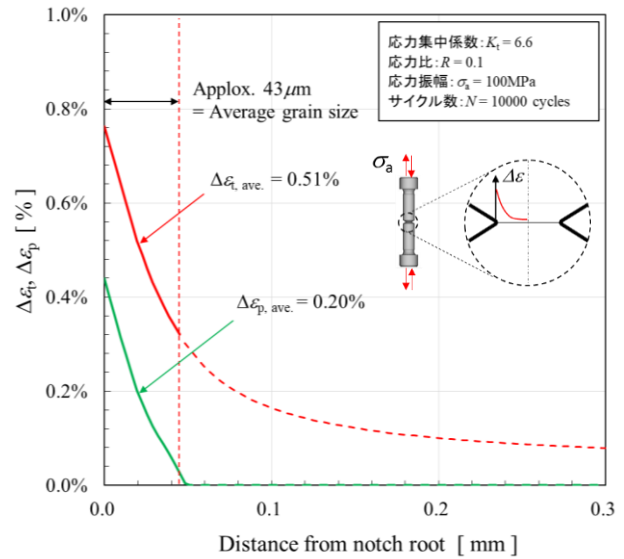


図2 FEAで予測した切欠き断面における $\Delta\epsilon_t$ 、 $\Delta\epsilon_p$ の分布

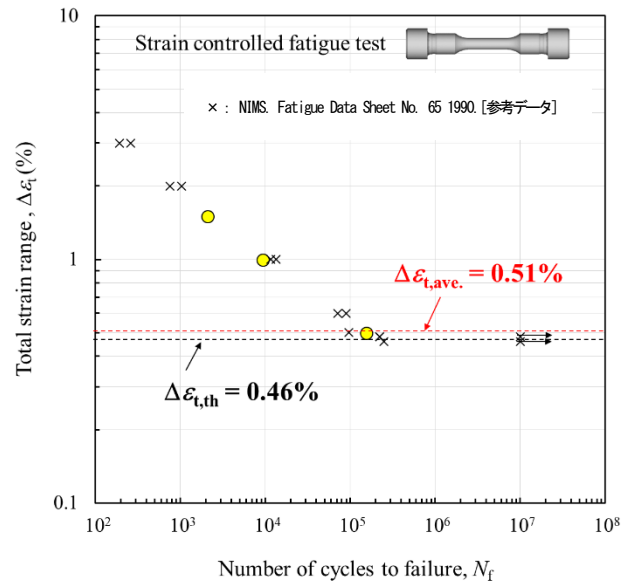


図3 平滑丸棒試験片(SUS304)のひずみ制御疲労試験の結果