

課題番号 : F-15-BA-27  
利用形態 : 技術代行  
利用課題名(日本語) : 量子ビームによる超高張力鋼(ハイテン)の水素脆性研究  
Program Title (English) : Study on hydrogen embrittlement of high tensile strength steel employing quantum beam  
利用者名(日本語) : 原山勲, 関場大一郎  
Username (English) : I. Harayama, D. Sekiba  
所属名(日本語) : 筑波大学大学院数理物質科学研究科  
Affiliation (English) : Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

## 1. 概要(Summary)

超高張力鋼(ハイテン)は、強度の高いものほど延性が低下して、プレス加工の際に「割れ」などが発生し易くなり、低強度材の使用が強いられる。しかし、環境から鋼材に侵入する水素による脆性に起因する「遅れ破壊」現象が起こる。そこで、本研究は侵入した水素濃度を量子ビームで測定することを最終目的とするが、測定に先立ち、ハイテンの金属的構造を明らかにする一環として、ハイテンを表面から内部へ FIB によって nm オーダでスライスして高分解 SEM で観察した。その結果、サイズが異なる相当な数のボイドが形成されていることを見出した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

FIB-SEM (FEI, Helios NanoLab 600i)

### 【実験方法】

今回のハイテン試験片は、W=2mm、R=10mm、L=20mm、P=25mm の JIS 規格の形状の水素導入されていない SS 鋼であり、高井健一教授(上智大学機能創造理工学科教授)より提供された。

SEM は、加速電圧は 2KeV、ビーム電流は 86pA、dwelling 時間は 3 $\mu$ 秒、解像度は 512(x 軸)×442(y 軸)、アウトレンズ方式(ハイテンは磁性を有するため)、FIB は、Ga を用い、ビーム電流は 790pA、加速電圧は 30KeV、ビーム径は 71.8nm である。Slice & View 像は、FIB の試料への垂直入射に対し、SEM は 40 度傾斜で、14.906 $\mu$ m(垂直)×17.2667 $\mu$ m(水平)の画像を得る。ここで、スライス電流は 0.77nA、スライス厚さは 30nm で計 96 枚を取得する。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 は、96 枚の SEM 画像中、本観察で最大のボイ

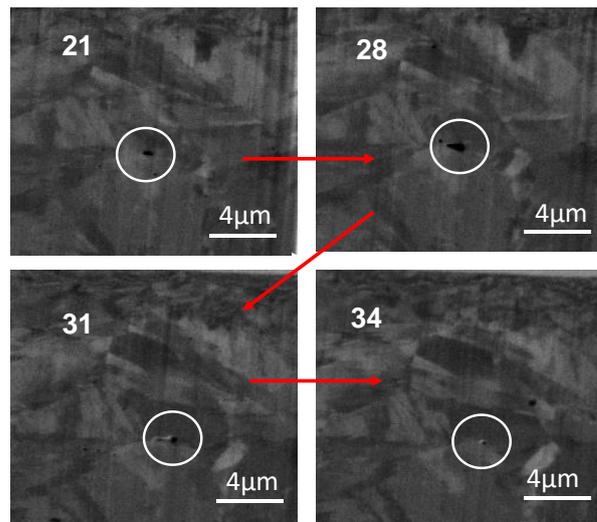


Fig. 1 Size variation of a largest size void indicated by black figures in white circles. Number of 21 to 34 at each SEM micrograph shows specific variation of void figure from appearance to disappearance.

ド(白い円の中)を 21 番目の発生から 34 番目の消滅までの抽出例を示す。本ボイドは最大で数百 nm に達し、深さは約 480nm と見積もれる。一方、数十 nm サイズのボイドも多数観察された。これらは特に粒界に生成していなかった。もし水素がボイド中に包含されているなら、水素はスライス中に放出され、真空計によって検出されることが期待される。ボイド形成の生成原因は、本材料の組成、熱処理など形成条件が明らかにされていないため、不明である。

## 4. その他・特記事項(Others)

なし。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

## 6. 関連特許(Patent)

なし。