九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

疲労き裂先端の微視的変形メカニズムと水素拡散挙動について

西本，篤史

https://hdl.handle.net/2324/1441228

出版情報：九州大学，2013，博士（工学），課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

（別紙様式２）

論　文　要　旨

区　分	甲	氏　名	西　本　篤　史

論文題名

疲労き裂先端の微視的変形メカニズムと水素拡散挙動について

論　文　内　容　の　要　旨

水素が次世代のエネルギー媒体として注目されているが，水素脆化と呼ばれる，金属の機械的強度の低下が問題となっている．水素利用機器の実用化・普及においては安全性の確保および低廉化が必要であり，合理的な材料強度評価法の確立や低廉な材料への使用拡大のために，水素脆化メカニズムの解明が求められている．水素利用機器においては，水素ガスに触れ，かつ繰返し負荷を受ける部材があるため，金属疲労を考慮する必要がある．水素が金属疲労に与える影響については，疲労き裂伝ぱの加速が多く報告されている．しかし，負荷の繰返し速度や温度などの影響因子が多く，また現れる破壊現象が多様であるため，未だにメカニズム解明に至っていない．これまでに，水素ガス中での低炭素鋼の疲労き裂伝ぱ加速について，繰返し速度の切り口から合理的な加速メカニズムが提案された．その焦点は，延性的な破壊形態からぜい性的な破壊形態（ぜい性ストライエーション）への遷移であった．そのメカニズムでは，引張応力負荷過程でき裂先端に移動・濃化した水素により，通常の延性的なき裂開口過程から微小ボイドによる延性引裂き過程へと遷移すると説明された．しかし，明瞭なストライエーションを伴わない破壊形態はどのように形成されるのか，またき裂先端にどのように水素が移動・濃化するのかについては実験的な根拠は与えられていなかった．

そこで本論文では，低炭素鋼S10Cを対象として，外部水素，材料内水素および両者の混合条件での疲労き裂伝ぱの加速について，破壊形態の遷移メカニズムを明らかにするとともに，材料内での水素の移動・濃化特性を明らかにすることによって，水素の影響による疲労き裂伝ぱ加速メカニズムの解明を行うことを目的とする．

第１章では，疲労き裂伝ぱ加速メカニズム解明の重要性，破壊と水素移動の両面からメカニズム解明に迫る必要性について述べた．

第２章では，低炭素鋼（S10C予ひずみ材）を対象として，材料内水素，外部水素，および材料内水

素と外部水素の混合について，疲労き裂伝ぱの繰返し速度依存性を調査した．その結果から，材料内水素の影響による疲労き裂伝ぱの加速について，き裂先端の力学状態や水素拡散挙動を考慮して，疲労き裂伝ぱ加速メカニズムを提案した．

第３章では，疲労き裂先端の微小領域への水素の影響について調べた．疲労き裂伝ぱ試験中に試験ガスを水素ガスから窒素ガスへと切換える環境切換え試験を行い，き裂先端への水素の供給経路について検討した．実験結果から，き裂先端に水素が濃化した領域が存在し，破壊メカニズムへの水素供給経路となっていることを示した．

第４章では，材料内水素の繰返し速度依存性（２章）について，明瞭なストライエーションを伴わない破面形態が延性的なメカニズムによるものなのか，それともぜい性的なメカニズムによるものなのかの分類の可否を調べた．明瞭なストライエーションを伴わない種々の破面断面でのすべり挙動を，電子線後方散乱回折法（EBSD）を用いた結晶方位解析によって可視化し，分類の可能性を示した．さらに，破面断面のすべり挙動分析の高精度化について検討した．

第５章では，低炭素鋼において疲労き裂先端の水素分布を，二次イオン質量分析法（SIMS）を用いて分析することの可能性を検討した．低炭素鋼においては拡散係数が大きいことから，長時間のSIMS分析が困難であったが，液体窒素によって試料を冷却することで試料内から外部への水素拡散を抑制し，長時間の分析を可能にした．その結果，水素チャージにより低炭素鋼予ひずみ材に導入した材料内水素が検出可能であることが分かった．また，き裂先端の水素分布の定量的な分析について検討した．

第６章では，SIMSを用いて弾性・塑性変形域での水素拡散挙動について調べた．応力誘起拡散を，従来の表面分析による試料表面に出てきた水素の検出ではなく，材料内部に存在する水素そのものを検出することによって検証した．また，塑性変形域での水素拡散挙動が引張と圧縮では異なることを示した．弾性・塑性変形域の水素挙動の分析結果から，水素の影響による疲労き裂伝ぱ加速メカニズムにおいて，引張・圧縮を含むサイクリックな負荷を考慮した材料内での水素の移動・濃化特性をモデル化するための指針を示した．

第７章では，本論文の総括を行った．