

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 長尾 彰英

鋼の遅れ破壊におけるき裂の発生は、応力誘起拡散や転位との相互作用によって応力集中部近傍に集積した水素によって生じるとされているものの、き裂発生に関与する水素量の評価が実験的になされた例はほとんどない。本論文は、鋼の試料表面に感光乳剤を塗布し、試料の表面から放出される水素と乳剤中の臭化銀との反応によって水素放出箇所を銀粒子として可視化する手法である水素マイクロプリント法（HMT）の実験手法を改良・応用することによって、き裂発生に関与する水素量の評価を試みた研究である。

第1章では、鉄鋼材料特に高強度鋼と水素の関係についての従来の関係研究および水素分析・水素可視化法について纏めると共に、本論文の研究目的について述べている。

第2章では、HMTの実験結果の再現性向上などを目的として、HMTの実験手法に関する3つの検討を行っている。まず、試料表面から放出される水素を有効・確実に捉えるために、試料表面全面に均一に臭化銀粒子を塗布することが可能となる乳剤の希釈率に関する検討を行い、2倍希釈が適切であることを見出している。次に、この方法では水溶液を用いるので試料の腐食発生に伴い水素の発生が問題となるが、乳剤の希釈時および定着液作製時に10mass%NaNO₂水溶液を使用することによって、腐食発生を防止できることを明らかとしている。さらに、従来のHMT法では銀粒子の凝集・粗大化や試料からの剥離を生じて、結果の再現性の点で問題を残していた事を考慮し、これに関連すると考えられる定着処理に関する検討を行っている。乳剤中の臭化銀粒子と水素の反応後、銀粒子を保持しているゼラチンをホルマリンで硬膜してから定着処理を行うことによって、銀粒子の異常粗大化や銀粒子の剥離も抑えられ、金属組織と水素放出箇所の対応を含めてHMTの実験結果の再現性が著しく向上したとしている。

第3章では、応力集中部近傍に水素が集積する要因とされる応力勾配や塑性変形による水素の拡散促進現象を、第2章で実験手法を改良したHMTによって調べられるかどうかを検討している。弾性域内および塑性域内の曲げ応力を負荷した応力勾配下において、引張応力が負荷されている面に放出される水素を可視化している。その結果、応力勾配下で水素の拡散が促進されることや運動転位により水素が運搬されることなどを確認している。

第4章では、上記の応力勾配や塑性変形によって応力集中部近傍に集積する水素の様子を検討している。まず両側Vノッチ付き平板試験片を用いて試験片の片面から水素を導入後、その反対面に乳剤を塗布して引張定荷重を所定時間負荷し、除荷後所定時間保持する実験を行っている。その結果、ノッチ底の応力集中部近傍に水素が多く放出されることを示しており、応力集中部に水素が集積する様子を初めて実験的に捉えたとしている。更に、鋼が遅れ破壊した場合には、破面上のノッチ底近傍の領域に水素脆化特有の擬へき開破壊が生じ、その擬へき開破壊域のより大きい側のノッチ底近傍により多くの水素が放

出されることを示している。これにより、き裂が水素の集積を伴いながら進展することを示唆する実験結果も得られたとしている。

第5章では、試験片に水素を導入後に試験片表面全体に銅めっきをして所定時間保持することによって試験片内部の水素分布が一様となるよう第4章の実験手法を改良している。そしてその後、引張定荷重を所定時間負荷して水素濃化部を形成させ、除荷後に乳剤を塗布し、所定時間保持する実験を行っている。その結果、板厚中央部近傍の応力状態が平面歪状態の場合には、ノッチ底に認められた水素放出量の多い箇所の大きさと、ノッチ底近傍に発生した試料表面上の塑性域の大きさがほぼ対応したとしている。更に、鋼が遅れ破壊する時のき裂の発生状況をアコースティック・エミッションによって測定した上で、初期き裂が発生する前のノッチ底近傍における水素の集積の様子を調べ、初期き裂が発生する前にノッチ底の応力集中部近傍に水素が徐々に集積する様子を捉えたとしている。

第6章は総括である。

以上のように本論文は、鋼の遅れ破壊において材料内部で生じるき裂の発生に関与する水素量の定量評価を可能とする道を初めて拓いたとすることができ、その成果は金属材料学に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。