OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	高強度低合金鋼の水素脆化挙動とその防止に関する研究
Author(s)	大村, 朋彦
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48416
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

氏　　名	大村朋彦（おおむらともひこ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　２１１９３　号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	**高強度低合金鋼の水素脆化挙動とその防止に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教　授　藤本　愼司 （副査） 教　授　白井　泰治　　教　授　山下　弘巳

論　文　内　容　の　要　旨

本研究は、高強度低合金鋼の水素脆化機構を明らかにし、さらにその防止法を提案することを目的として遂行した。まず、環境側因子に立脚した検討例がこれまでに少ない点に着眼し、大気環境における水素侵入機構およびその脆化への影響を、透過法を活用することにより詳細に検討した。また、高強度鋼に不可避的に含まれる炭化物の形態が水素トラップ挙動および脆化へ及ぼす作用を調査し、耐水素脆性の改善法を検討した。

第１章は序論であり、水素脆化に関する従来の研究例を紹介し、本研究で着眼した検討が重要であることを述べた。

第２章では、大気環境における鋼材中への水素侵入挙動を、大気曝露における水素透過モニタリング法を用いることにより詳細に調査し、高力ボルトの遅れ破壊挙動との相関を解析した。透過法により環境からの水素侵入の時間変化を高精度に測定することにより、従来は説明のつかなかった遅れ破壊と鋼材中への水素侵入量との相関を明らかにした。

第３章では、実験室的に温度や湿度、付着塩分量を変化させた条件で水素透過試験を行うことにより、水素侵入に影響する環境因子を検討した。水素侵入量はこれらの環境因子によって大きく変化し、実環境におけるサイクリックな水素侵入が環境の温度湿度変化に対応することを示した。水膜中に濃化した塩化物イオンと腐食により生じた鉄イオンの重畳効果により加水分解が促進され、水膜の pH が低下することが水素侵入の機構と推定した。

第４章では、実環境を実験室的に模擬した乾湿サイクル試験を行い、サイクル条件と水素侵入や遅れ破壊の相関を検討した。遅れ破壊挙動はサイクリックな水素侵入の最大値で決定され、最大水素透過係数が材料の限界値を超えた時に割れが起こることを実験的に示した。この結果は、第２章で述べた実ボルトの遅れ破壊頻度が透過試験で求めた最大値に基づき整理できる実験事実とも整合した。

第５章では、M_3C や $M_{23}C_6$（M は Fe、Cr、Mo）などの Fe 主体の粒界炭化物が高強度鋼の水素割れに及ぼす影響を調査した。旧オーステナイト粒界に粗大炭化物として析出する $M_{23}C_6$ や、低温焼戻しによりフィルム状に生成した M_3C は粒界破断型の水素割れを誘発した。耐水素割れ性の改善指針として、低 Cr もしくは低 B 化による $M_{23}C_6$ 抑制、および V 添加による高温焼戻しを提案した。

第６章では、さらに微細な MC 型炭化物（M は Nb、V、Mo）の水素トラップ能と水素割れの相関を調査した。MC 型炭化物の水素トラップ挙動は界面積や母相との整合性に依存し、油井環境のように多量の水素が侵入する環境では微細な Nb 系炭化物が、大気環境のように微量の水素が侵入する環境では積極的に水素をトラップできる V 系炭

化物が水素割れの防止に有効であることを示した。

第７章では、本研究で得られた成果を総括し、高強度油井管や超高力ボルトなどの新製品開発に適用した例を紹介した。

論文審査の結果の要旨

本研究は、高強度低合金鋼の水素脆化機構を明らかにし、さらにその防止法を提案することを目的としている。大気環境における水素侵入機構およびその脆化への影響を、透過法を活用することにより詳細に検討し、さらに高強度鋼に不可避的に含まれる炭化物の形態が水素トラップ挙動および脆化へ及ぼす作用を調査し、耐水素脆性の改善法を検討している。本論文で得られた成果の要約は以下のとおりである。

⑴　大気環境から鋼材中への水素侵入挙動を、水素透過モニタリング法により調査し、高力ボルトの遅れ破壊挙動との相関を解析している。環境からの水素侵入の時間変化を高精度に測定し、従来は説明のつかなかった遅れ破壊と鋼材中への水素侵入量との相関を明らかにしている。

⑵　実験室的に温度や湿度、付着塩分量を変化させた条件で水素透過試験を行ない、水素侵入に影響する環境因子を検討している。水素侵入量は環境因子によって大きく変化し、実環境におけるサイクリックな水素侵入が環境の温度湿度変化に対応することを明らかにしている。水膜中に濃化した塩化物イオンと腐食により生じた鉄イオンとの重畳効果により加水分解が促進され、水膜の pH が低下することが水素侵入の機構であると推定している。

⑶　実環境を実験室的に模擬した乾湿サイクル試験を行い、サイクル条件と水素侵入や遅れ破壊の相関を検討している。遅れ破壊挙動はサイクリックな水素侵入の最大値で決定され、最大水素透過係数が限界値を越えた時に割れが起こることを示している。この結果は、⑴で述べた実ボルトの遅れ破壊頻度が透過試験で求めた最大値に基づき整理できる実験事実とも整合する。

⑷　旧オーステナイト粒界に粗大炭化物として析出する $M_{23}C_6$ や、低温焼戻しによりフィルム状に生成した M_3C が粒界破断型の水素割れを誘発することを明らかにし、耐水素割れ性の改善指針として、低 Cr もしくは低 B 化による $M_{23}C_6$ 抑制および V 添加による高温焼戻しを提案している。

⑸　微細な MC 型炭化物（M は Nb、V、Mo）の水素トラップ能と水素割れの相関を調査し、MC 型炭化物の水素トラップ挙動は界面積や母相との整合性に依存し、油井環境のように多量の水素が侵入する環境では微細な Nb 系炭化物が、大気環境のように微量の水素が侵入する環境では積極的に水素をトラップできる V 系炭化物が水素割れの防止に有効であることを示している。

以上のように、本論文にて得られた成果は構造材料の健全性維持に広く貢献するとともに、さらに優れた耐食材料開発への指針を与えており、材料学への寄与は大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。