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

The fatigue characteristics of SUH660 steel in air and hydrogen gaseous environment

呉, 昊

https://doi.org/10.15017/1441227

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：全文ファイル公表済

KYUSHU UNIVERSITY

（別紙様式２）

論　文　要　旨

区　分	甲	氏　名	呉　昊

論文題名

The fatigue characteristics of SUH660 steel in air and hydrogen gaseous environment
（大気中及び水素環境中でのSUH660の疲労特性）

論　文　内　容　の　要　旨

オーステナイト系析出強化型ステンレス鋼SUH660は，水素拡散が極めて遅いため耐水素脆化性に優れていること及び高強度であることの理由により，畜圧器等の高圧水素に曝される水素利用機器材料の候補となっている．それに伴って，SUH660の疲労強度信頼性を評価することが重要な研究課題となっている．しかし，長期信頼性を保証するために必要な，疲労限度に注目した研究は皆無である．炭素鋼など一般的な鉄鋼材料に適用できる村上による疲労限度予測式は，ステンレス鋼の疲労限度を予測する際に大きな誤差が存在するので，そのままSUH660鋼の疲労限度を予測することはできない．また，材料の強度を向上させるため，予ひずみ処理は工業製品においてよく利用されるが，析出強化型アルミ合金において予ひずみによって，き裂進展を加速し，疲労寿命が減少した報告がある．さらに， SUH660鋼において予ひずみが疲労強度と疲労寿命に及ぼす影響は未知である．水素環境中における水素脆化によって多くの材料の疲労強度は減少するが，水素が耐水素材SUH660鋼の疲労寿命，特に超高サイクル疲労寿命に影響するかどうかは未知である．

そこで本論文では，微小き裂進展挙動に注目して大気環境中でのSUH660材の疲労限度を評価し，疲労限度の予測方法を提案し，疲労寿命に及ぼす影響を検討した．さらに，水素環境中で長期にわたって安全に使用するために，水素が超高サイクル疲労寿命に及ぼす影響を検討した．

第１章では，SUH660鋼の疲労限度評価の重要性，大気中及び水素環境中における疲労限度と疲労寿命評価の問題点について述べた．

第２章は三つの節に分けて大気中におけるSUH660鋼の基本疲労特性を解明した．

２．１節では，平滑材と微小穴材を用いてSUH660鋼の疲労き裂進展挙動を明らかにした．つまり高負荷応力幅における疲労き裂は単調に進展して，10^7回数以内で疲労破壊が発生すること，そして低負荷応力幅におけるき裂は一時停留して，長い繰返し回数後に一時停留したき裂先端に新たなき裂が

発生し結合して，き裂は再進展することを示した．そして，この二つのき裂進展挙動に基づき，二つの疲労限度を有するS-N線図を提案した．疲労限１は塑性誘起き裂閉口による10^7回時間強度であり，疲労限２は固執すべり帯（PSB）き裂が進展しない限界に基づき予測した安全側疲労限である．

２．２節では，硬さが不均一な平滑材SUH660鋼の疲労強度を予測するために，村上による疲労限予測式に基づいて硬さ不均一材の予測用ビッカース硬さを検討した．硬さが不均一な材料において試験片における最弱部は疲労強度を支配するので，試験片最弱部の平均ビッカース硬さを疲労強度の予測に利用する．しかし，最弱部の場所と範囲は事前に分からないので，直接には測定できない．そこで，正規分布と極値分布を利用して最弱部の硬さ分布の予測方法を提案した．この方法によって，SUH660鋼の最弱部の平均ビッカース硬さを用いて，10^7 回時間強度を予測できることを示した．

２．３節では，予ひずみがSUH660鋼の疲労寿命に及ぼす影響を調査した．予ひずみ処理はSUH660鋼の引張強度を向上させるが，疲労寿命は短くなる．この結果は析出物が塑性変形によって切れることに関係すると考えられる．そして，析出物の影響メカニズムを検討して，析出強化型合金のき裂先端における転位蓄積モデルを提案した．

第３章では，内部水素がSUH660鋼の疲労特性に及ぼす影響を調査した．10^7 回時間強度における一時停留き裂先端には新たな疲労き裂が発生するので，SUH660鋼の超高サイクル疲労寿命はき裂発生寿命に関係する．水素チャージしたSUH660鋼の試験片表面における全ての疲労き裂の発生に注目して，水素が発生寿命分布に及ぼす影響を測定した．その結果によると，水素チャージしたSUH660鋼の平均き裂発生寿命は内部水素の影響で長くなった．

第４章では，本論文の総括を行った．