

F-06 腐食疲労 (V1)

F-06-1 損傷の種類

疲労亀裂は繰り返し荷重と腐食の影響で進展する。亀裂は表面のピittingなど、応力集中部より発生する。割れは多くの部位より発生する。

F-06-2 影響する材料

すべての金属・合金

F-06-3 主な要因

- (a) 主な要因は材料、腐食因子、繰り返し応力、応力媒体である。
- (b) 熱応力、振動応力、伸び差による繰り返し応力のもと、孔食・局部腐食を促進する環境で亀裂は発生しやすい。
- (c) 純粋な疲労との違いについては、腐食助長疲労に疲労限界荷重はないことである。腐食が関わっていないときの材料の標準耐力限界より小さい応力、少ない繰り返し数で疲労を促進し、たびたび複合的に並行亀裂を発生させる。
- (d) 亀裂はピitting、切欠き、表面欠陥、つなぎ目、すみ肉溶接部など応力集中源で発生する。

F-06-4 影響を受ける装置・備品

回転装置、脱気器、循環ボイラーなど繰り返し応力がかかる腐食環境中の装置で起こる。下記に例を挙げる。

(a) 回転装置

羽根車ーポンプシャフト間の異種金属対や他の腐食機構がシャフトで孔食を生じさせる。孔は応力集中部となり亀裂を招く。ほとんどの亀裂は粒内でほとんど分岐しない。

(b) 脱気器

80年代後半にパルプ紙産業、石油精製、化石燃料を使用する装置における脱気器の亀裂問題が起こった。パルプ紙産業における完全に破壊した事例を起点として、すべての容器の欠陥を入念に点検することになった。また、その他の多くの産業で亀裂問題が浮上した。この問題で、製造時または溶接時の残留応力、応力発生因子（取り付け部品や溶接補強材）、普通の脱気器環境により多くの腐食疲労割れを生じることが明らかになった。

(c) 循環ボイラー

低温で発停を繰り返す循環ボイラーでは伸び差により、連続的に保護性マグネタイトスケールに亀裂を発生し、腐食を継続させる。

F-06-5 現象・損傷形態

- (a) 疲労破壊は脆性的であり、また割れはしばしば粒内であり、応力腐食割れのように枝分かれせず、複合的な並行亀裂の発生を引き起こす。
- (b) 塑性変形に伴う機械的な過荷重での最終的な破損を除き、疲労亀裂はとても小さな塑性変形である。
- (c) 循環ボイラーでは、ふつうバックステイ付属部の水干側で最初に損傷する(図 4-83)。破損形態は周方向の亀裂で水壁管とバックステイ付属品の溶接部間で生じる。亀裂は断面付近では多くの突出した球根状の割れとなる傾向にある (図 4-84)。亀裂先端は幾分か鈍化しており、酸化物がつまり、粒内割れである。
- (d) 硫化物環境では似た様相であるが、硫化物スケールがつかまっている。
- (e) 回転装置では、ほとんどの亀裂がほぼ分岐なしで粒内割れとなる。

F-06-6 防食・緩和

- (a) 回転装置
 - i) 防食剤や被覆により腐食環境を改善する。
 - ii) 異種金属対組み合わせでの感受性を最小にする。
 - iii) より腐食抵抗の高い材料を使用する。
- (b) 脱気器
 - i) 適した給水と腹水の化学管理を行う。
 - ii) 溶接後熱処理により溶接時・製造時の残留応力を低減する。
 - iii) 溶接の余盛り部を削り、滑らかにすることで溶接による強化程度を減らす。
- (c) 循環ボイラー
 - i) ゆっくりと操業開始して変動伸び歪を低減する。
 - ii) 適切な管理の下、常にボイラー水を適切な化学処理を行いながらスタートアップする。

F-06-7 点検・モニタリング

- (a) 回転装置
 - i) 超音波探傷・磁粉探傷技術は亀裂の発見に使用できる。
- (b) 脱気器
 - i) 一般的に割れは失し機蛍光磁粉探傷試験で検出できる。
 - ii) ほとんどの亀裂は非常に狭いので、探知するのが困難である。
- (c) 循環ボイラー
 - i) 損傷の最初の徴候はバックステイ付属部に接する水壁管の冷側で小さな穴よりの漏れである。
 - ii) 超音波探傷または電磁超音波探傷技術によって高応力領域を点検する。
 - iii) 高応力領域における膜部、特にバックステイの角で割れが発生する。

F-06-8 関連事項

機械的疲労（4.2.16）振動誘起疲労（4.2.17）

日本機械学会 環境の影響を受けて、乾燥空気などの参照環境中とは異なった疲労特性を示す場合を腐食疲労または環境疲労という。起点は孔食の場合が多いが、すべり線などの場合もある。葉面は材料、環境、さらに応力繰返し速度・波形・応力拡大係数などの応力条件に強く依存し、粒内延性割れ、粒内脆性割れ、粒界割れ、または溶解破面などが現れる。脆性ストライエーションなどのストライエーションが観察されることもある。また、破面形成後に腐食を受けることにより破面様相が大きく異なったり、腐食生成物が破面上に残留していることも多く、破面観察には注意が必要である。

ASME 繰り返しまたは変動応力と腐食環境も組み合わせで割れを起こす。周期的負荷と腐食環境。