

重点(プロジェクト)課題 - 設備運用・保全技術の高度化

高クロム鋼製高温機器の設備診断技術の開発

背景・目的

高効率かつ大規模電源である超々臨界圧(USC)火力発電所において、高クロム鋼(9Cr鋼、12Cr鋼)製大径管の各種溶接部でクリープ*1損傷に起因する不具合が発生した事例がある。大径管の不具合はUSC火力発電所の安定運用に支障をきたすことから、これを未然に防止するために、高クロム

鋼製高温機器に対する信頼性の高い設備診断技術の確立が求められている。

本課題では、高クロム鋼製大径管の周溶接部や管台溶接部のクリープ損傷に対する設備診断技術を開発し、現場の保守・管理へ反映することで、USC火力発電所の安定運用を目指す。

主な成果

1 溶接履歴を考慮した9Cr鋼継手のクリープ寿命評価法の開発

溶接開先*2の角度、再溶接の位置などが異なる9Cr鋼溶接継手試験片を用いて、650℃でクリープ試験を実施した。同一応力条件におけるクリープ寿命を評価した結果、標準的な継手と比べて最大で約1/5まで寿命が低下する継手が存在することが明らか

となった。また、開先角度および再溶接の位置をパラメータとするクリープ寿命評価法を考案し、本クリープ試験条件における評価に適用することで、溶接履歴に依存する9Cr鋼継手のクリープ寿命を、一定の精度で評価できることを確認した(図1)。

2 9Cr鋼周溶接継手に対する非破壊検査技術の適用

周継手を有する9Cr鋼高温再熱蒸気管を試験体として、温度650℃、周方向と軸方向の応力比が1:1の条件下において内圧曲げクリープ試験を約6500時間まで実施した。試験時間の約半分となる3500時間で実施した中途止め検査において、フェーズドアレ

イ超音波探傷法を用いた結果、管厚方向の内部にクリープ損傷と推定される欠陥が検出された(図2)。9Cr鋼周継手配管の場合、超音波非破壊検査法による管厚内部の欠陥検出が有効である可能性が示唆された。

3 新たなクリープ損傷指標“ボイドクラスタ”の考案

従来の代表的クリープ損傷指標であるボイド個数密度の場合、計測者によって寿命後期の観測値に差異が認められた。この差異は、連結・合体過程のボイドについて、ボイドと判断する基準が明確ではないことに起因することが判明した(図3) [R14009]。そこで、結晶粒レベルで近接するボイドをまとめて一つの単位とする“ボイドクラスタ”とし、クリープ損傷指標とすることを考案した。9Cr鋼溶接継手のクリープ損傷評価に

“ボイドクラスタ”を適用することで、寿命後期における計測者による評価の差異がほとんど見られないことを確認した(図4)。さらに、“ボイドクラスタ”をボイド識別の判断基準に採用した画像処理による計測手法を開発した。この手法を9Cr鋼溶接継手のクリープ損傷指標の評価に適用した結果、計測結果の再現性が高く、計測処理速度が向上することを確認した。

*1 材料に一定の応力が持続して作用することにより、時間とともに変形が進行する現象。

*2 溶接する母材間に設ける溝。

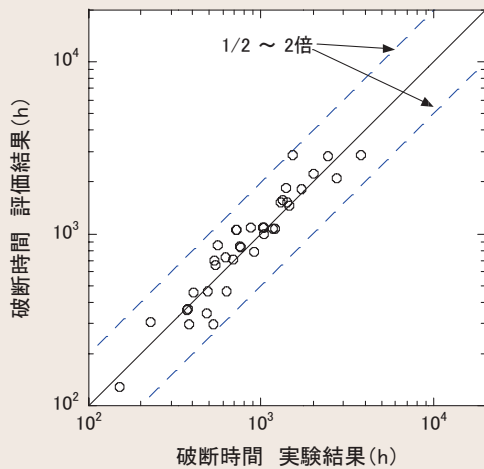


図1 9Cr鋼継手のクリープ寿命評価の結果
開先角度や再溶接の位置を考慮することによって、溶接施工の条件に依存する9Cr鋼継手のクリープ寿命を一定の精度で評価することができた。

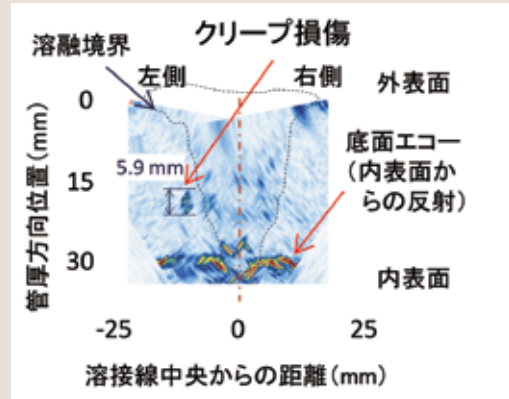


図2 9Cr鋼周継手試験体の探傷結果
管厚方向内部に生じたクリープ損傷を検出することができた。

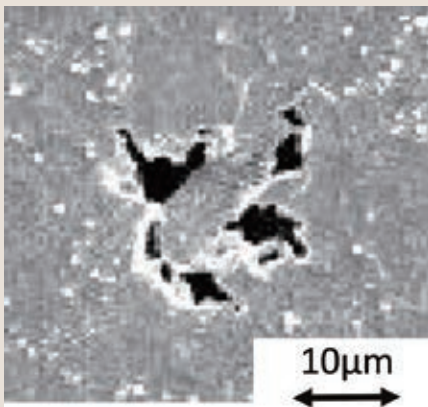


図3 連結・合体過程のポイド(9Cr鋼)
寿命後期では、連結・合体過程のポイドが見られる。上記写真の場合、視野内のポイドの数は計測者によって1~8と異なった。このため、ポイド個数密度の値は計測者に依存した。

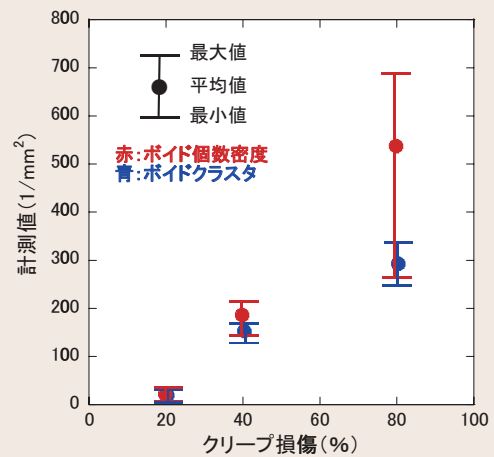


図4 クリープ損傷指標の提案
ポイド個数密度と比べて、計測による差異が小さい、新たなクリープ損傷指標“ポイドクラスタ”を考案した。上記グラフにおける最大値、最小値、平均値は、9人の計測者による結果を集計した値である。