

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)製大径管の各種の溶接部でクリープ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懸念事項である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・管理への反映を目指す。

主な成果

1 内圧曲げクリープ条件下における12Cr鋼周溶接部の破壊形態の解明

周溶接部の破壊形態の解明を目的として実施した12Cr鋼大径管周溶接試験体の内圧曲げクリープ試験において急激な変形を捉えて試験を停止したところ、曲げによる軸方向引張応力が作用する側の周溶接部で表

面き裂が確認された(図1)。試験体を切断し溶接部断面を詳細に観察した結果、クリープき裂の起点は配管内部であり、母材の溶接熱影響部(HAZ)細粒域に沿ってき裂が進展することが明らかとなった。

2 12Cr鋼周溶接部のクリープき裂／寿命に対する検査と評価

周溶接部に対する設備診断技術の確立に向けて、切断調査の前に12Cr鋼大径管周溶接試験体に対して超音波非破壊検査法を適用したところ、肉厚内部の広い範囲でクリープき裂の存在が示唆された。この検査結果を断面観察結果と比較したところ両者の間

には相関があり、非破壊検査法の有効性が実証された(図2)。また、これまでに当所で開発してきた解析技術に基づき本試験体の寿命評価を実施したところ、ひずみを基準に評価することで概ね妥当な精度で寿命を評価することができた。

3 9Cr鋼溶接部のクリープ寿命への影響因子の検討

溶接部に対する信頼性の高い設備診断技術を開発するために、9Cr鋼溶接部のクリープ寿命に対する各種影響因子について実験により調査したところ、溶融線と応力方向のなす角度(開先角度)が小さいほどク

リープ寿命は低下することが明らかとなった(図3)。本試験結果より、溶接部を評価する際には開先角度も考慮すべきであることが示唆された。

4 9Cr鋼再溶接部のクリープ寿命の評価

9Cr鋼溶接部の劣化損傷材に対して初期溶接部と交差するような再溶接を施した後、クリープ試験を実施したところ、再溶接の無い場合と比べて顕著な寿命の低下が認められた。9Cr鋼溶接材の場合、一般的には母材のHAZ細粒域でき裂が生じるのに対して、本試験片は溶接金属内HAZ(初期溶接

と再溶接の交差箇所)にき裂が生じた。溶接部の各位置での材料特性を詳細にモデル化しクリープ解析を実施したところ、溶接金属内HAZにおいてひずみの集中が認められた(図4)。この結果より、複雑な開先形状を有する再溶接部に対して解析的評価が有効である可能性が示唆された。

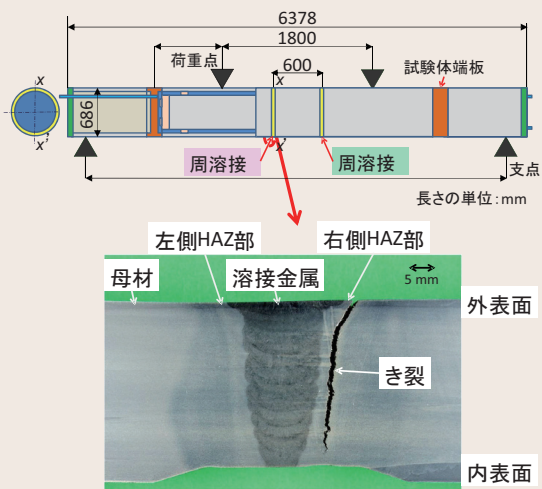


図1 内圧曲げクリープ試験後の12Cr鋼周溶接試験体の断面

温度650℃で約8,000時間試験後に、曲げによる引張力が作用する周溶接部のHAZに沿って巨視き裂が発生・進展していた。

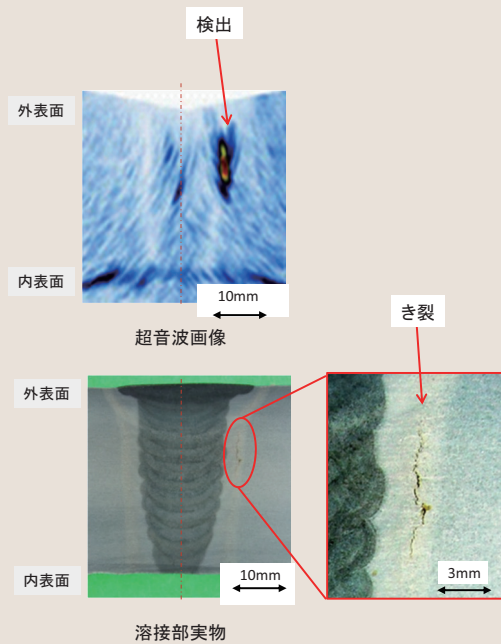


図2 超音波非破壊検査法の有効性の実証

12Cr鋼周継手試験体に生じていた内部き裂を、超音波法により検出することができた。

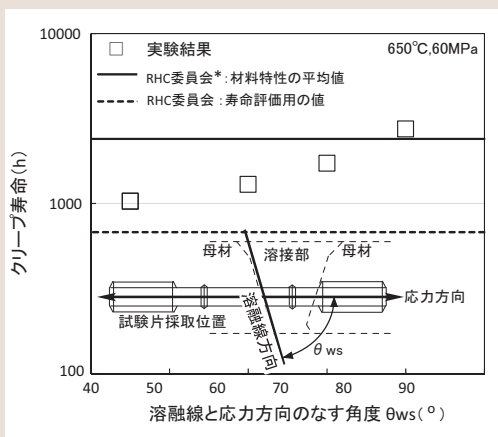


図3 9Cr鋼溶接部のクリープ寿命への影響因子

溶融線と応力方向のなす角度が小さいほど、クリープ寿命が低下した。

*RHC委員会:国が設置した「高効率火力発電設備健全性調査委員会」

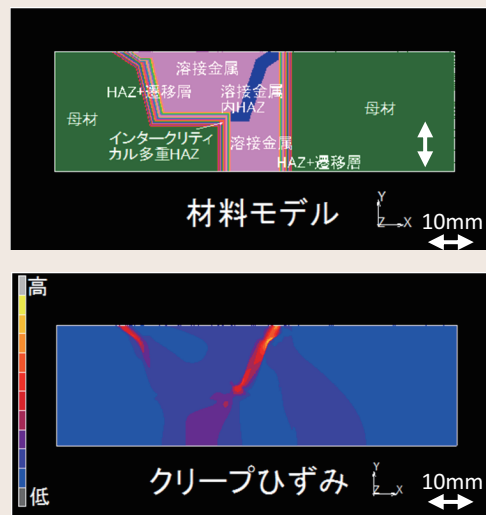


図4 9Cr鋼再溶接材のクリープ解析

材料特性を詳細にモデル化した9Cr鋼再溶接材のクリープ解析において、実験でき裂が確認された溶接金属内HAZ(初期溶接と再溶接の交差箇所)でクリープひずみの集中が見られた。