

蒸気タービンケーシングのクリープボイド成長 シミュレーション手法の開発

背景

電力自由化が進行する中で、電力各社においては経年火力高温機器のさらなる寿命延伸と検査の合理化による補修コスト低減に努力が払われている。信頼性を維持しつつ、コスト低減を図るには、高温機器が使用される間に受ける損傷、即ちクリープボイドの成長を定量的に予測できる手法の開発が必要不可欠である。当所ではこれまでに、ボイラ溶接熱影響部のクリープ疲労条件下における損傷機構を明らかにし、それに基づいてボイド成長モデルを提案した*1。一方、最近では蒸気タービンケーシングにおいてもクリープ疲労に起因するボイド発生事例が報告されており*2、ケーシングにおける損傷機構の解明と定量評価法の構築も急務な課題とされている。

目的

蒸気タービンケーシング材のクリープ疲労条件下におけるクリープボイド成長過程を明らかにするとともに、それを定量的に予測できるシミュレーションプログラムを開発する。

主な成果

1. タービンケーシング材のクリープボイド成長過程の解明

タービンケーシング材 (Cr-Mo-V 鋼) を対象に、走査型電子顕微鏡内でクリープ疲労試験 (温度 600℃、応力 150MPa、引張ひずみ 10分保持) を実施し、微視的損傷過程をその場観察した。寿命 (き裂長さ 2mm、繰返し回数 2135 回) の 15% (約 300 回) までに粒界に 1 μm 程度の擬球状ボイドが複数個発生し、それらはき裂状ボイドに遷移して成長を続け、寿命の 70% 程度 (約 1400 回) で 1 結晶粒長さの粒界き裂となることが明らかとなった (図 1)。クリープ負荷だけの場合のボイド成長と比較した場合、クリープ疲労負荷では、繰返し応力が作用することによりボイド成長速度が加速するという興味深い結果が示唆された。

2. ボイド成長シミュレーションプログラムの開発と検証

既報で提案した*2ボイド成長モデルをベースに、任意の微小領域におけるボイド成長過程を予測できるボイド成長シミュレーションプログラムを開発した。同プログラムによって計算したクリープ疲労条件下のボイド長さは、図 1 の実験で観察されたボイド長さとはほぼ一致する (図 2 (a)) こと、実験におけるボイド成長挙動を、シミュレーションによって概ね予測できる (図 2 (b)) ことを確認した。これより、タービンケーシング材のクリープボイド成長の定量予測に適用できることが明らかとなった。

3. 実機使用条件を想定したボイド成長シミュレーション

実機タービンケーシングの高温部位での起動-定格-停止運転中の応力履歴を想定し (図 3 (a))、開発したプログラムにより、微小領域のボイド成長を予測した。本想定条件では約 100,000 時間程度の運転で仮定した初期ボイド (0.1 μm を仮定) が粒界き裂に成長することが予測された。(図 3 (b))。

今後の展開

本研究で開発したボイド成長シミュレーションプログラムを、高クロム鋼溶接部の熱影響部におけるクリープおよびクリープ疲労条件下のクリープボイド成長の予測に適用する。

主担当者 材料科学研究所 構造材料評価領域 上席研究員 緒方 隆志

関連報告書 「蒸気タービンケーシング材のクリープボイド成長挙動の解明とそのシミュレーション」 電力中央研究所報告：Q05004 (2006年4月)

*1：緒方、日本機械学会論文集 A 編 68、665、pp.74 (2002)

*2：亀、平成 17 年度火力原子力発電大会 要旨集 P.80

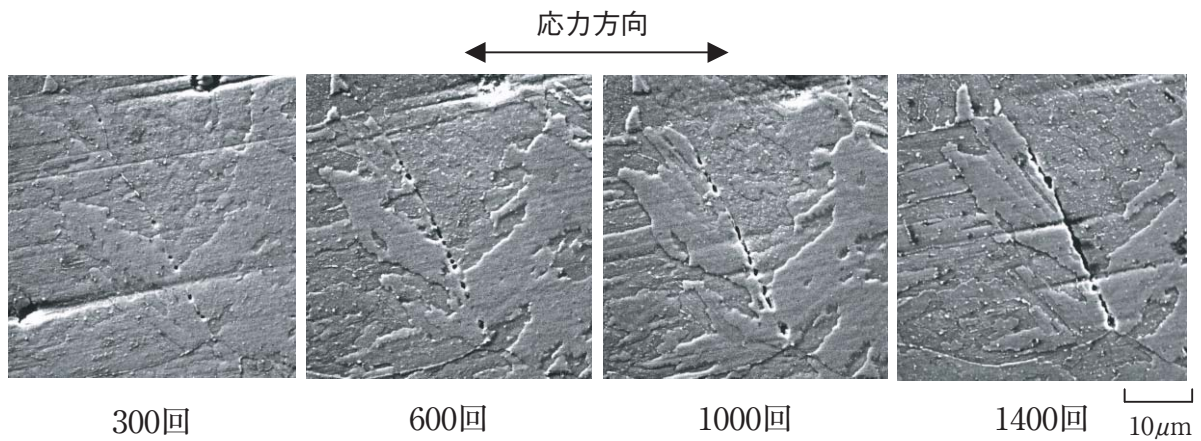
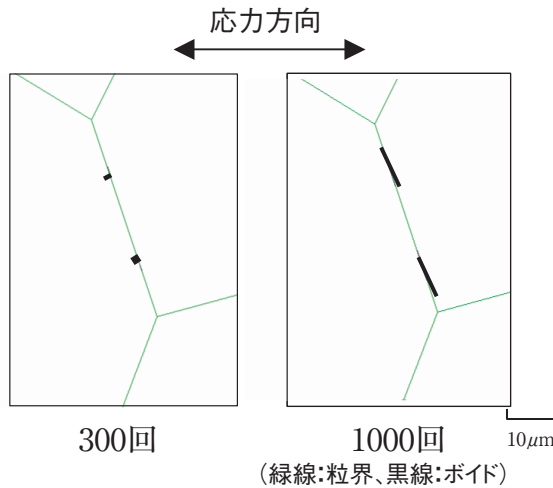
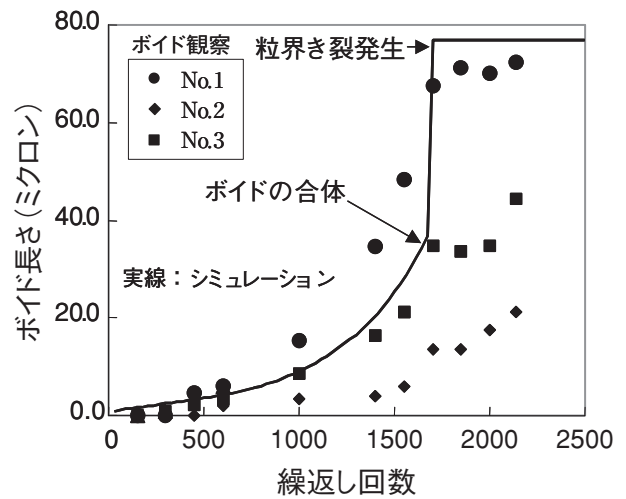


図1 電子顕微鏡内のクリープ疲労試験過程において観察されたクリープボイド (寿命2135回)

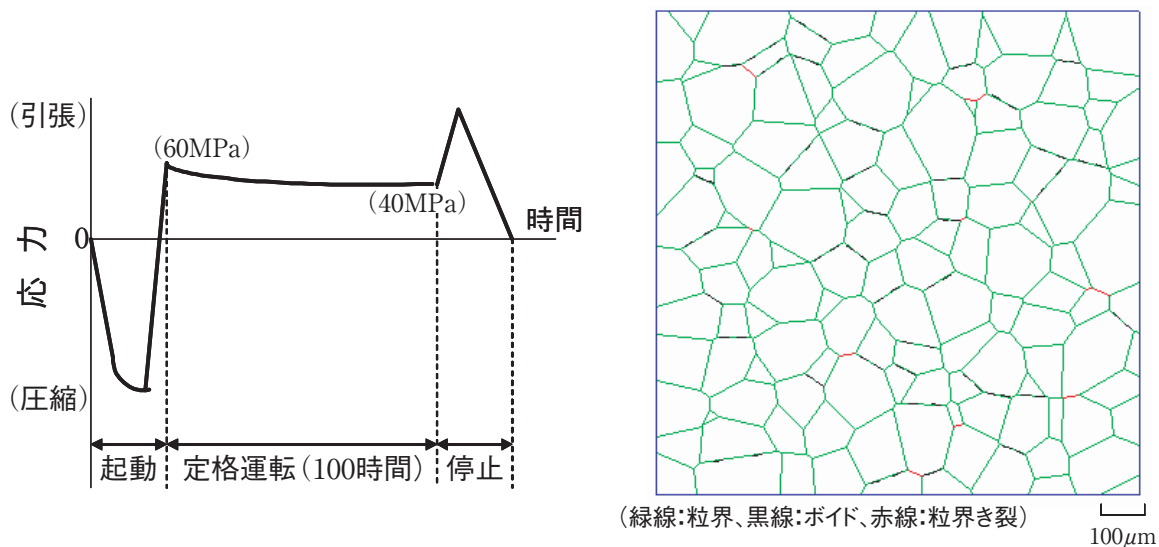


a) 局所領域のボイド成長 (図1の観察と対応)



b) シミュレーションと実験の比較

図2 クリープ疲労条件下のボイド成長シミュレーション結果



a) 実機負荷履歴想定条件

b) 100,000時間 (1000回) 経過後

図3 実機ケーシングの負荷履歴を想定したボイド成長予測