

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

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、高温機器が使用中に受ける損傷、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、タービンロータ材の損傷機構を明らかにし、それに基づいて損傷を定量的に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^{注1)}。一方、最近では実機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^{注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

タービンケーシング材のクリープ疲労条件下におけるボイド成長過程を把握するとともに、既開発のボイド成長シミュレーションプログラムの適用性を明らかにする。

主な成果

- タービンケーシング材 (Cr-Mo-V 鋳鋼) 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) を実施した。寿命 (き裂長さ 2mm、繰返し回数 2135 回) の 15% までに粒界に 1 μ m 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)。クリープ条件でのボイド成長と比較すると、繰返し応力が作用することにより成長速度が加速することが示唆された。
- 既開発のボイド成長シミュレーションプログラムを、課題となっていたボイド発生のはらつきを考慮できるように改良した。この改良プログラムによるクリープ疲労条件下のボイド成長シミュレーションの結果は、実験におけるボイド成長挙動を良好に予測することができ (図 2)、ケーシング材の損傷過程の定量的な予測に適用できることを確認した。
- 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))、ボイド成長を予測した。本想定条件では約 100,000 時間程度の運転で初期のボイド (0.1 μ m を仮定) が粒界き裂に成長することが予測された。 (図 3 (b))

注 1) 緒方、電中研 研究報告 T03007(2003)

注 2) 亀、平成 17 年度火力原子力発電大会 要旨集 P.80

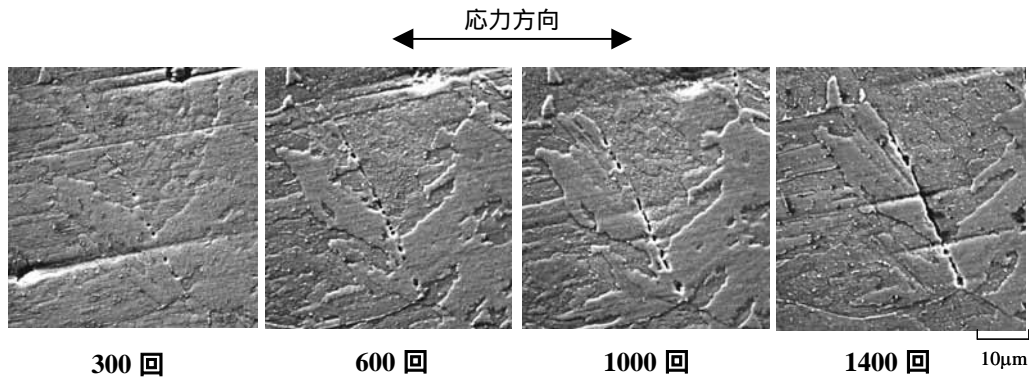
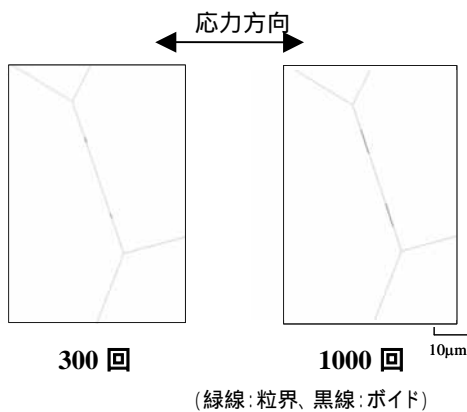
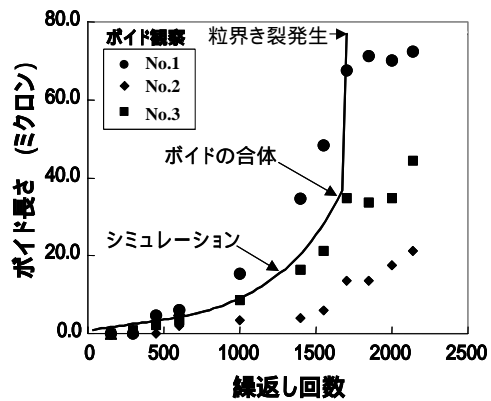


図1 電子顕微鏡内のクリープ疲労試験過程において観察されたクリープボイド（寿命 2135 回）

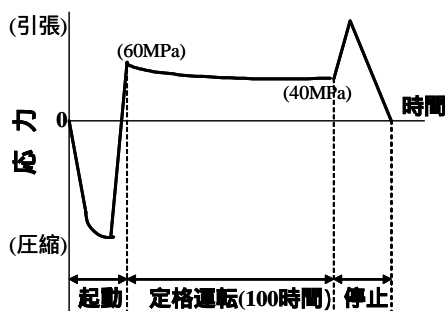


a) 局所領域のボイド成長

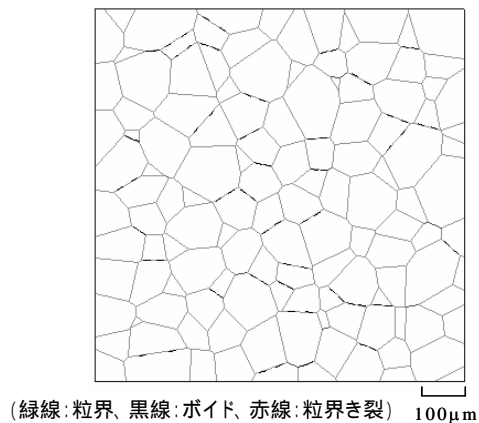


b) シミュレーションと実験の比較

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

研究報告 Q05004	キーワード：火力高温材料、クリープ、クリープ疲労、ボイド成長シミュレーション、余寿命評価
担当者	緒方 隆志（材料科学研究所・構造材料評価領域）
連絡先	（財）電力中央研究所 材料科学研究所 Tel. 046-856-2121(代) E-mail : msrl-rr-ml@criepi.denken.or.jp