

ガスタービン用遮熱コーティングを対象とした はく離の非破壊検出手法の開発（第2報）

－適正な加熱条件に関する検討－

キーワード：遮熱コーティング，はく離，非破壊検出，ガスタービン，
高温部品

報告書番号：M13007

背景

ガスタービン高温部品に施工された TBC¹⁾において、ボンドコートとトップコート (TC) の界面付近に 10 μ m 程度のはく離が生じる懸念がある²⁾。そこで、部品の健全性を確保するために、はく離の非破壊検出手法の確立が望まれている。当研究所では、TC 表面を一定速度で移動する加熱用レーザービームと赤外線カメラを組み合わせた手法を開発し、TC 表面で発生する温度ピークと残熱像³⁾から、はく離を検出できることを明らかにした (図 1) [1]。しかし、TC 厚さと加熱条件 (ビーム移動速度、ビーム径、レーザー出力) の組合せによっては明確な残熱像が得られない場合がある。

目的

様々な厚さの TC に対して、既開発のはく離の非破壊検出手法[1]を適用した際に、明確な残熱像が得られる適正な加熱条件を明らかにする。

主な成果

- 一定のレーザー出力に対して、ビーム移動速度とビーム径で決定される検出点の加熱時間をパラメータとすることで、三次元の非定常熱伝導現象を一次元の現象として簡略化した (図 2)。また、この加熱時間により、加熱開始からの時間を無次元化することで、異なる条件における検出点温度の時間変化を比較できるようにした (図 3)。これにより、適正な加熱条件を選定する手法を効率化した。
- 上記の効率化に基づき、実機で想定される範囲の TC 厚さに対して、はく離の非破壊検出手法をモデル化した非定常一次元熱伝導解析を適用した。この結果から、残熱像の指標となる残熱率⁴⁾が最大になる加熱条件を明らかにした (図 4)。
- 以上の結果に基づき、実機 TBC 施工部品に対して、はく離の非破壊検出手法を適用する際に、効率良く適正な加熱条件を選定するためのフローを考案した (図 5)。

今後の展開

TBC 試料等を用いて、本報で得られた適正な加熱条件を検証し、TBC はく離の非破壊検出手法を確立する。

注 1) 遮熱コーティングの略称。トップコートの厚さは 200~500 μ m 程度が一般的である。

注 2) 伊藤明洋. 中部電力技術開発ニュース. 2006, vol.121, p21-22.

注 3) はく離部では基材側に熱が伝わりにくいため、ビーム通過後にトップコート表面に残った熱により観察される熱画像のこと。

注 4) はく離部と健全部をビームがそれぞれ通過する時に、加熱開始から最高温度を経て、判定温度に降下するまでの時間の比を求めたものである。残熱率が大きいほど、残熱像は明確になり、はく離を検出しやすくなる。

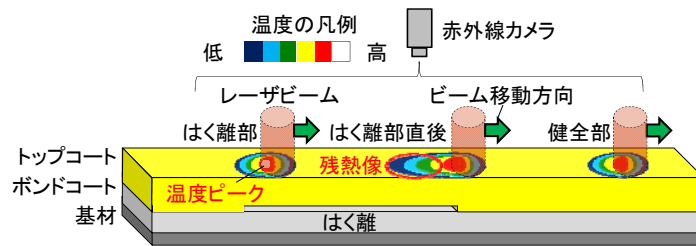


図1 前報[1]で開発したはく離の非破壊検出手法の概要

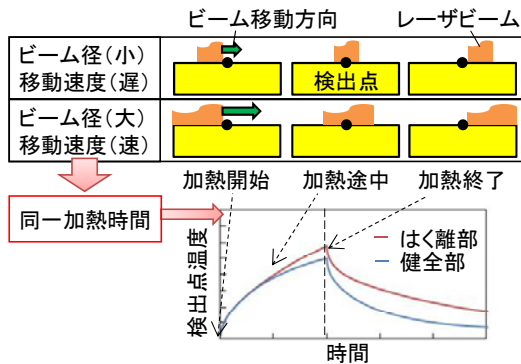


図2 加熱時間と検出点温度の関係

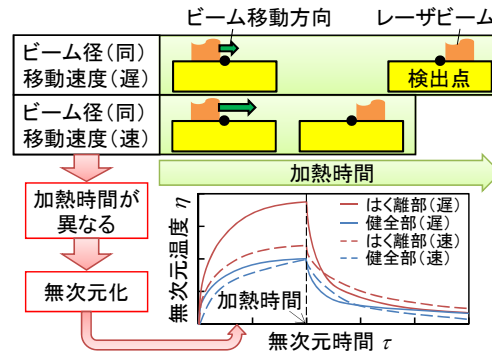


図3 無次元化の概要

一次元解析では、異なるビーム径とビーム移動速度でも、加熱時間が等しければ、検出点における加熱量も等しく、検出点の温度変化は一致する。

加熱開始 ($\tau=0$) から加熱終了 ($\tau=1$) までにビームが移動する距離がビーム径に相当する。温度は健全部の最高温度で無次元化している。

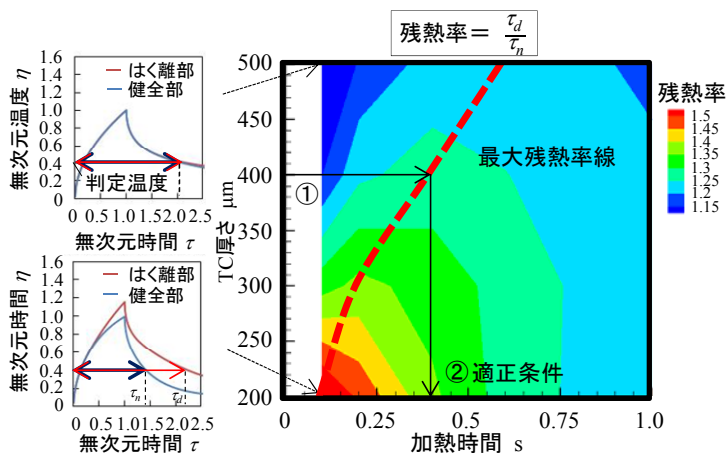


図4 残熱率に基づく加熱時間の選定

TC厚さと最大残熱率線から、適正な加熱時間が得られる。TC厚さは、テラヘルツ波を用いて非破壊で計測することができる[2]。例えば、TC厚さ400 μm であれば、加熱時間が0.4sとなるので、ビーム径を $\phi 4\text{mm}$ とすると、ビーム移動速度は10mm/sとなる。

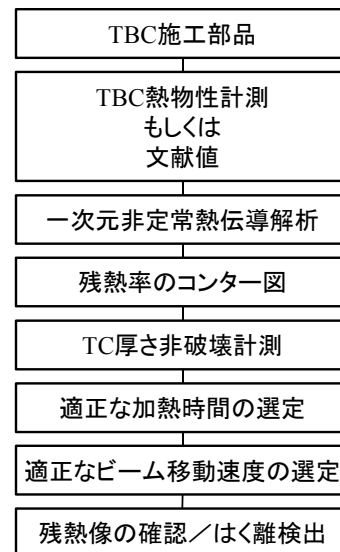


図5 適正な加熱条件の選定フロー

関連研究報告書	[1] 「ガスタービン用遮熱コーティングを対象としたはく離の非破壊検出手法の開発—手法の提案と適用性の評価—」 M12002 (2013. 1) [2] 「テラヘルツ波を用いたガスタービン用遮熱コーティングの非破壊検査技術の開発—トップコート膜厚測定への適用—」 H10003 (2011. 1)
研究担当者	尾関 高行 (エネルギー技術研究所 高効率発電領域)
問い合わせ先	電力中央研究所 エネルギー技術研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 046-856-2121 (代) E-mail : eerl-rr-ml@criepi.denken.or.jp

報告書の本冊(PDF版)は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。