

1,300°C級ガスタービン動翼の損傷予測技術

新型動翼をターゲットにした解析技術を開発

Damage Prediction Technology for 1,300°C-Class Gas Turbine Blades

Developing Analytical Methods for New Type Blades

(電力技術研究所 原子力・材料・化学G 材料T)

1,300°C級ガスタービンでは、従来とは構造が異なる新型動翼が使用され始め、異なる損傷が発生する傾向が認められている。また、従来型動翼を対象に開発した損傷進展予測技術は新型動翼には適用できない可能性があることから、新型動翼に適した損傷進展予測技術に取り組んだ。その結果、新型動翼の減肉およびき裂の進展を予測することが可能になった。

(Materials Engineering Team, Nuclear Power, Materials and Chemistry Group, Electric Power Research and Development Center)

In 1,300°C-class gas turbines, the use of new type blades with structures that differ from those of existing types of blades has begun and, therefore, different kinds of damage has been occurring. In addition, Chubu Electric Power Co., Inc. has also worked on the development of damage prediction technology that is appropriate for new type blades, as the damage prediction technologies developed for existing types of blades may not be suitable for new type blades. As a result, it has become possible to predict the extension of corrosion and cracks in new type blades.

1 背景および目的

ガスタービン高温部品(動翼、静翼、燃焼器等)は使用環境が厳しく、き裂や酸化減肉などの損傷が発生することから、部品の定期的な修理や取替えが必要となっている。このことから、部品に発生する損傷の進展を高精度で予測できれば、信頼性の向上および修理・取替え時期の合理化などにより保守費用削減が期待できる。そこで、当社では、ガスタービン高温部品の損傷進展予測技術の開発に取り組んできた(技術開発ニュースNo.105)。

近年、1,300°C級ガスタービン動翼では、冷却機能が強化された新型動翼(第1図)が開発され、実機で使用が始められた。新型動翼は、形状、冷却構造、コーティングなどがプラント建設時から使用されてきた従来型動翼と異なり、従来とは異なる損傷が発生する傾向が認められている。したがって、従来型動翼を対象に開発した損傷進展予測技術は、新型動翼には適用できない可能性がある。また、新型動翼の使用時間は短く、修理実績は少ないこともあり、新型動翼に適した修理・取替え基準は確立されていないなどの課題がある。

そこで、これらの問題を解決するため、新型動翼を対象にした損傷進展予測技術を開発し、予測結果から新型動翼に適した修理・取替え基準を検討した。

2 研究の概要

新型動翼の主な損傷は、第2図に示すような翼先端部の酸化減肉およびき裂である。このような損傷の進展を予測する場合、一般的には設計に用いる解析(境界)条件で有限要素法(FEM)解析を行い、温度・応力を計算する手法が用いられている。本研究では、既に研究により求めた従来型動翼の実機運転中の境界条件(実働境界条件)を基準とし、条件値を様々に変更させて新型動翼の実働境界条件の同定を試みた。



第1図 新型動翼の外観および特徴



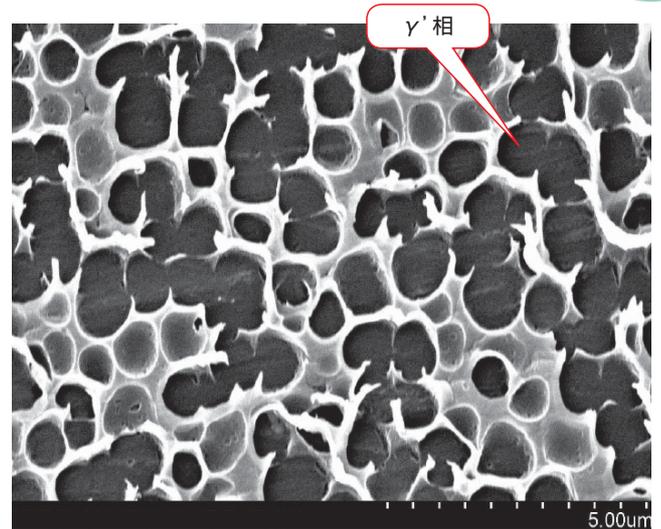
第2図 新型動翼の損傷

本研究では、運転後の動翼を対象に切断して組織観察する従来の研究で実施した方法ではなく、点検で取外した動翼を対象にレプリカ法により表面組織を転写し、組織中の微小析出物(γ' 相)を観察した。 γ' 相の形状は、運転中の温度と時間に依存して変化することから、観察した γ' 相の粒径から運転中の動翼表面温度を推定した(第3図)。

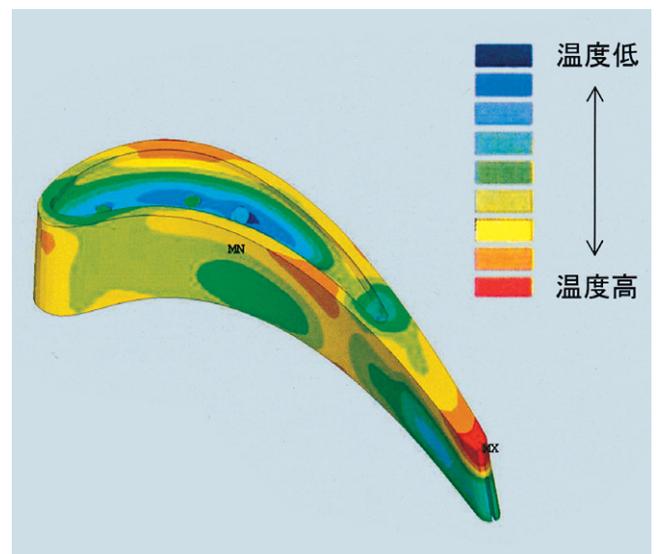
一方、従来型動翼の実働境界条件を基準とし、実験計画法を用いて条件値を効率よく変化させ、繰返しFEM解析を行って温度分布を計算した。繰返し行った計算結果と温度推定結果との誤差を統計的に解析する逆問題解析手法により、誤差が最も小さい条件値を新型動翼の実働境界条件とした。

同定した実働境界条件によるFEM解析により、新型動翼の温度・応力分布を求め、求めた温度・応力分布を用いて、動翼各部の減肉およびき裂の進展量を計算し、進展予測を行った。減肉進展予測にあたっては、酸化皮膜の成長および剥離により減肉が進展するモデルを用い減肉進展量を計算した。また、き裂進展予測にあたっては、変位法により応力拡大係数範囲(ΔK)を求め、き裂進展量を計算した。

新型動翼の初回点検において観察された翼先端後縁部の減肉を対象に、進展予測を行った。実働境界条件による動翼先端部の運転中の温度分布を第4図に示し、減肉進展予測結果を第5図に示す。図に示すように、運転時間の増加にしたがい、当該部位の減肉の進展は鈍化していくことが予測できた。



第3図 動翼表面のレプリカ組織の観察例



第4図 動翼先端部の温度分布

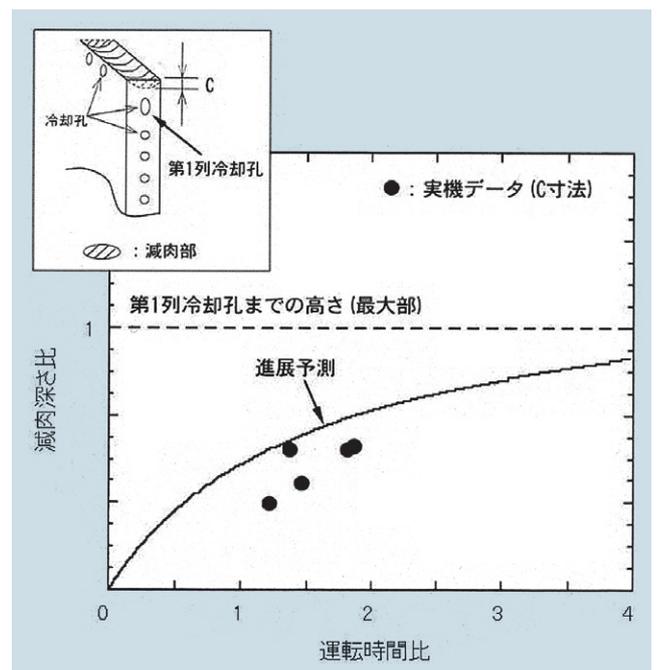
3 研究成果

1,300°C級ガスタービンで使用され始めた新型動翼の減肉およびき裂の進展を予測する技術を確立できた。

また、本技術を用いて動翼各部の減肉およびき裂の進展を予測した結果、発生部位によっては損傷の進展が鈍化することが分かり、現状の修理・取替え基準を緩和できる可能性が見出されるなど、新型動翼に適した修理・取替え方案を明らかにできた。

4 今後の展開

本研究成果は、修理・取替え判定基準など新型動翼の保守管理に活用されている。



第5図 実機減肉データと進展予測結果



執筆／伊藤明洋