

新しいガスタービン動翼の寿命評価法の開発

使用寿命の延長を目指して

Development of a Life Assessment Method for Advanced Gas Turbine Blades

Aimed at Extending the Remaining Life of Gas Turbine Blades

(電力技術研究所 材料G)

火力発電所における機器の信頼性を維持し、使用寿命を延ばして保守費用を低減するためには、機器の寿命評価が重要である。しかし最新型ガスタービン動翼の寿命評価には、従来の評価手法の適用は難しい。そこで動翼から切り出したコーティングと母材の機械的特性を測定する評価手法を(株)日立製作所と共同で開発した。本手法は、1300級ガスタービン動翼の寿命評価に適用が期待できる。

(Electric Power Research & Development Center, Material Engineering Group)

The life assessment of components in thermal power plants is important to maintain the safety of operations and to extend the remaining life of such components in order to reduce maintenance costs. It is difficult though to apply a standard assessment method for advanced gas turbine blades. Therefore, we have developed, jointly with Hitachi, Ltd., an assessment method for evaluating the mechanical properties of the coatings and substrates extracted from these blades. This method could be useful to assess the remaining life of 1300°C-class gas turbine blades.

1 研究の背景

コンバインドサイクル発電設備の主機であるガスタービンの動翼は、高温の燃焼ガスに曝されるため高温強度に優れたNi基超合金が使用され、さらに使用温度を低下させるために内部を空冷している。また一般的に、耐食性を目的として表面にコーティングが施工されており、最近では耐酸化性向上のためAl拡散処理が付加されている。しかし厳しい環境下での長期使用により材料劣化が生じ、動翼を定期的に取り替える必要が生じている。このためガスタービンの信頼性を維持しつつ、使用寿命を延長してメンテナンスコストを低減するためには、動翼の寿命評価が不可欠である。

ところが前述のように複雑な構造を持ち、燃焼ガスに曝される表面付近から材料劣化が起こる動翼に対しては、蒸気タービンで実績のある評価手法は適用が難

しく、正確に寿命評価できないことが懸念される。そこで最新型1300℃級ガスタービン動翼の機械的特性を評価できる手法を開発し、寿命評価法としての有効性を検討した。

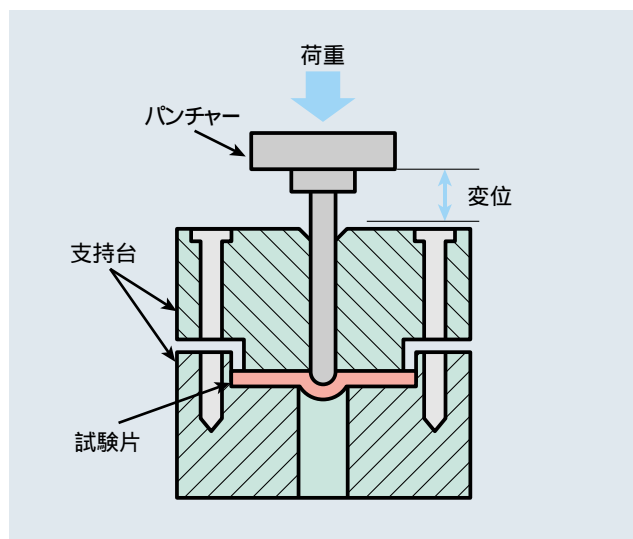
2 試験の概要

(1) 試験法の特徴

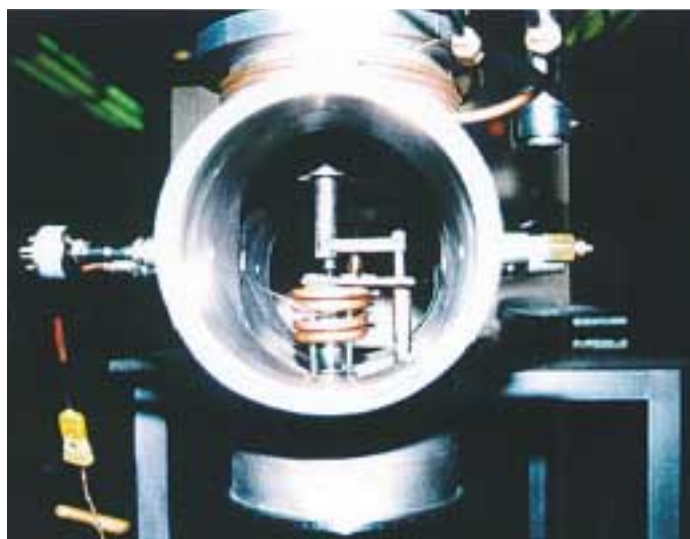
本研究では、ミニチュア試験法の一つであるスモールパンチ(SP)試験法を適用して、1300℃級ガスタービン動翼の機械的特性を測定した。SP試験法は第1図に示す試験治具を用いて、パンチャーを試験片に押し込んでいく際の荷重と変位を測定し、機械的特性を評価する手法である。試験装置の外観を第2図に示す。

(2) 試験片の特徴

試験片は厚さ0.5mm、直径6mmの微小なディスク状



第1図 試験治具の概念図

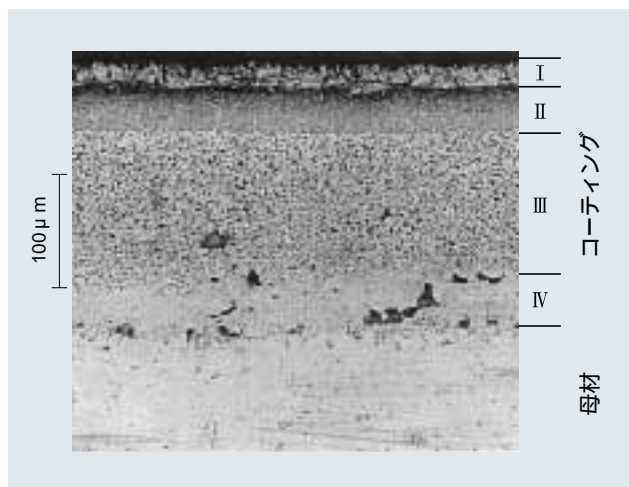


第2図 試験装置の外観

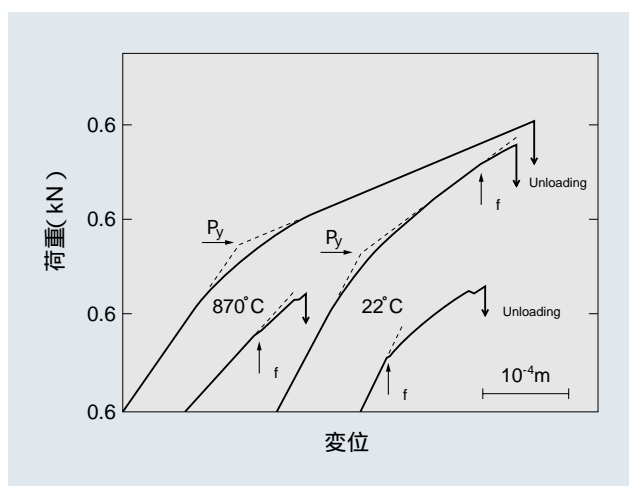
で、いずれも未使用の実機動翼から切り出した。一方、動翼表面のコーティング断面は、第3図に示すように層状組織であった。そこで組織と化学成分に基づいて、図に示すようにコーティングを表面のAl拡散層から順にI~IVと4つに分類した。そして各コーティング領域が試験片の片側表面に位置するように、コーティング付き試験片を作製した。なお試験片におけるコーティングとは逆側の面から荷重を荷重して、各コーティング領域ならびに母材における機械的特性を測定した。

3 試験結果

コーティング領域IIとIVにおける荷重 - 変位曲線の測定例を第4図に示す。図のように曲線の傾きに変化が観察された(図中の f) 場合、試験片表面にき裂が発生した。図中の降伏荷重 P_y と破壊変位 f から求められる降伏応力と破壊ひずみの温度特性を第5, 6図に示す。図より、コーティング各領域と母材は異なる機械的特性を示した。特に、コーティング表面近傍は高温においても破壊ひずみは低く、またコーティング内部



第3図 コーティングの断面組織



第4図 荷重 - 変位曲線の測定例

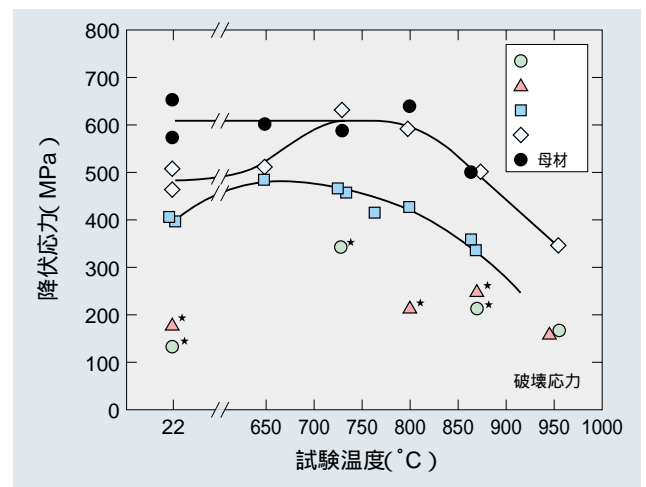
の破壊ひずみは延性 - 脆性遷移挙動を示した。

以上の結果から、コーティング表面のAl拡散層は高温においても脆性的であることが分かった。このことから、ガスタービンの起動停止に伴う熱応力等により表面にき裂が発生することが考えられる。しかしコーティング内部では高温で高い延性を示すことから、き裂は表面から内部へは容易に進展しないと思われる。一方、実機で長期使用するとコーティングが劣化し、き裂の進展が容易になる可能性も考えられる。

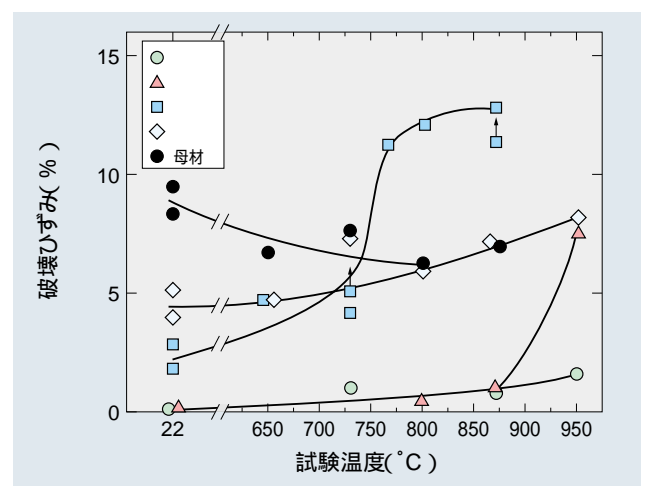
4 今後の展開

本研究により、動翼のコーティングと母材の機械的特性を評価できる手法を開発した。本手法は、最新型ガスタービン動翼の寿命評価法あるいは再コーティングの時期を決定する手法として有望である。

現在、実機で使用されている動翼を模擬した熱時効材を用いて試験を実施し、データを蓄積している。今後、寿命評価を行うために必要な試験手順を確立し、本手法の実機動翼への適用を試みる。



第5図 降伏応力の温度特性



第6図 破壊ひずみの温度特性