

Title	高温ガスタービン動翼における冷却技術に関する研究
Author(s)	北村, 剛
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58385
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	北村剛
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24570 号
学位授与年月日	平成 23 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	高温ガスタービン動翼における冷却技術に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 武石賢一郎 (副査) 教授 片岡 勲 教授 赤松 史光 准教授 小宮山正治

論文内容の要旨

本論文は以下の全 7 章で構成されている。

第 1 章では、おもに電力用に用いられるガスタービンのさらなる高性能化のために必要な工学的技術について概括し、タービン動翼冷却技術の伝熱設計の重要性とその課題について述べた。

第 2 章では、タービン動翼内部の冷却構造として用いられているサーペンタイン流路の回転場における伝熱特性を明らかにするため、サーペンタイン流路を模擬した伝熱模型を用いた回転伝熱試験の結果につき述べた。回転する斜めリブ付きサーペンタイン流路においては、再付着流、旋回流およびコリオリ力による二次流れの影響が、サーペンタイン流路面の熱伝達特性に支配的であることを示した。またタービン翼後縁に位置する斜めリブ付き三角形流路の熱伝達係数は、リーディング面およびトレーリング面ともコリオリ力の影響で、非回転時に比べ増加することを示した。

第 3 章では、タービン翼後縁に位置する斜めリブ付き三角形流路の頂点に相当する部位の伝熱特性を高性能化するため、三角形流路を模擬した伝熱模型を用いて伝熱実験を実施した結果につき述べた。三角形流路の頂点付近のリブの設置を無くすことによって、リブ端から発生する二次流れが、リブ端部後方の隙間面の熱伝達を促進することが出来るため、閉鎖系の冷却システムを有するタービン動翼の後縁部の冷却技術として有効であることを示した。

第 4 章では、大型低速回転試験装置を用いて、高負荷翼形を有するタービン動翼の回転時におけるタービン翼外面の熱伝達係数を実験的に測定した結果につき述べた。実験結果と数値流体力学 (CFD: Computational Fluid Dynamics) によるタービン回転時のタービン翼面の熱伝達係数予測値との比較から、回転時のタービン動翼外面熱伝達係数が CFD によって予測可能であり、タービン動翼の冷却設計手法として有効であることを明らかにした。

第 5 章では、大型低速回転試験装置を用いて回転するタービン動翼のプラットフォーム面上におけるシェイプトフィルムのフィルム冷却効率を感圧塗料 (PSP: Pressure Sensitive Paint) によって測定した結果につき述べた。タービン動翼プラットフォーム面にシェイプトフィルム冷却孔を適用した場合、そのフィルム冷却効率は、吹き出し比 1.0 で、静止系で測定した値と変わらない良好なフィルム冷却性能が確保できることを明らかにした。

第 6 章では、タービン動翼の内部を冷却する冷却媒体に潜む旋回成分を活用したタービン動翼のフィルム冷却の高性能化を目的とした、旋回を有するフィルム冷却の実験結果につき述べた。フィルム冷却孔形状がシェイプトフィルムの場合、フィルム空気が弱い旋回成分を有する時にフィルム冷却効率が最大値を取り、フィルム冷却孔形状と旋回強さとの間に最適値が存在することを明らかにした。適正な配列のシェイプトフィルム冷却孔をタービン動翼に適用することが、フィルム冷却効率向上に効果的であることを示した。

第 7 章では本研究の成果を総括した。本研究成果は産業用大型ガスタービンのタービン動翼のさらなる高性能化、高信頼性化において重要な役割を果たし、ガスタービンのさらなる高温化の実現に寄与するものである。

論文審査の結果の要旨

本研究は、産業用ガスタービンの高性能化および高信頼性化において、今後技術革新が最も重要であるタービン動翼の伝熱問題に取り組み、実験的および数値解析的研究を実施したものである。本論文の主な新しい着眼点と結論は以下の通りである。

- (1) 斜めリブ付きサーペンタイン流路からなる伝熱模型を用いた回転伝熱試験を実施し、斜めリブにより誘起される再付着流および旋回流は、リターン部および回転による浮力の伝熱促進効果を抑制し、結果としてコリオリ力による二次流れの伝熱促進の影響を際立たせることを明らかにした。一方、斜めリブ付き三角形流路の熱伝達係数は、コリオリ力の影響で、非回転時に比べ増加することを示した。
- (2) タービン翼後縁に位置する斜めリブ付き三角形流路の頂点に相当する部位の伝熱特性を高性能化するため、三角形流路を模擬した伝熱模型を用いて伝熱実験を実施した結果、三角形流路の頂点付近のリブの設置を無くすことによって、リブ端から発生する二次流れが、リブ端部後方の隙間面の熱伝達を促進することが出来るため、閉鎖系の冷却システムを有するタービン動翼の後縁部の冷却技術として有効であることを示した。
- (3) 大型低速回転試験装置を用いて、高負荷翼形を有するタービン動翼の回転時におけるタービン翼外面の熱伝達係数を実験的に測定した結果と数値流体力学 (CFD) によるタービン回転時のタービン翼面の熱伝達係数予測値との比較から、回転時のタービン動翼外面熱伝達係数が CFD によって予測可能であり、タービン動翼の冷却設計手法として有効であることを明らかにした。
- (4) 回転するタービン動翼のプラットフォーム面上におけるシェイプトフィルムのフィルム冷却効率を感圧塗料 (PSP) によって測定した結果、タービン動翼プラットフォーム面にシェイプトフィルム冷却孔を適用した場合、そのフィルム冷却効率は、吹き出し比 1.0 で、静止系で測定した値と変わらない良好なフィルム冷却性能が確保できることを明らかにした。
- (5) タービン動翼の内部を冷却する冷却媒体に潜む旋回成分を活用したタービン動翼のフィルム冷却の高性能化を目的とした、旋回を有するフィルム冷却の実験結果より、フィルム冷却孔形状がシェイプトフィルムの場合、フィルム空気が弱い旋回成分を有する時にフィルム冷却効率が最大値を取り、フィルム冷却孔形状と旋回強さとの間に最適値が存在することを明らかにした。

以上のように、本論文で提案している回転するタービン動翼に生じる伝熱現象の把握に基づく、高温ガスタービンのタービン動翼における伝熱予測手法とフィルム冷却の高性能化技術は、産業用大型ガスタービンの更なる高温化を可能にし、ガスタービンの高効率化および高信頼性化に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。