理工研第120号

Form 3

論　文　要　旨

Abstract

論 文 題 目

Title : Study on Heat Transfer and Fluid Flow Characteristics of Rectangular Finned Surface in Duct.

フィン付き流路内の流動・熱伝達特性に関する研究

A detailed experimental investigation of the heat transfer and fluid flow characteristics of rectangular finned surfaces of four different fin patterns, co-angular, zigzag, co-rotating and co-counter rotating was conducted for an airflow (Re = 15700 – 104500) in a duct. Short rectangular fins of either aluminum or resin material were attached in 7 × 7 arrays to a heating surface (base plate) of constant heat flux by double sided thin tape. T-type thermocouples and an infrared camera (TVS 8000) with a 160 × 120 point In-Sb sensor were used to capture the infrared images as well as to measure the temperature and the detailed heat transfer at the endwall along with fin base. Different flow visualization technique, fluorescence dye flow in water channel, smoke flow visualization and oil titanium oxide film flow visualization were used to analysis the flow behavior and its effect on heat transfer. In this study we have first investigated the heat transfer and fluid flow characteristics of co-angular and zigzag fin pattern at a flat plate (200 mm duct height) boundary layer and narrow duct of 20 mm height. Zigzag pattern were found to be more effective in heat transfer at both flat plate and narrow duct case. In case of co-angular pattern dye flow stagnated in front of the fin and formed a strong horseshoe vortex around the fin while the longitudinal vortexes generated by the side top edges touched the fin surface and the endwall. On the other hand in case of zigzag pattern a weak horseshoe vortex appeared and longitudinal vortex struck the endwall mainly and a sinusoidal wavy flow behavior was observed. We have then further investigated heat transfer and flow characteristics of co-rotating pattern and co-counter rotating pattern along with other two pattern at a duct of 50 mm height. The heat transfer result shows that the co-rotating pattern has the highest Nusselt number and the co-angular pattern has the least Nusselt number. Considering the thermal performance, co-rotating pattern with smaller pitch ratio was found to be the most recommended pattern as the heat transfer augmentation with co-rotating pattern is more than three times the fin-less duct. Horseshoe vortex, main longitudinal vortex and rolled up vortex were again confirmed by smoke flow and oil titanium flow visualization. Among the four patterns largest friction factor occurred for the co-rotating pattern at smaller pitch ratio owing to the strong flow interactions and combined vortex attack on the endwall and fin surface whereas the least friction developed for co-angular pattern. Finally the effects of duct height on heat transfer and flow characteristics were investigated and the most important information about vortex structures at several streamwise positions was obtained which shows the reasons of heat transfer enhancement. Vortex structures for co-angular and co-rotating pattern were found different and the reattachment positions were obtained. Comparatively large scale vortex rotation was observed in co-rotating case which is obviously responsible for heat transfer enhancement

Name : ISLAM MD. DIDARUL

（様式第５－２）

2007年8月9日

琉球大学大学院
理工学研究科長　殿

論文審査委員
主査　氏名　親川　兼勇　印
副査　氏名　野底　武浩　印
副査　氏名　屋我　　実　印

学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し，学位論文の審査及び最終試験を終了したので，下記のとおり報告します。

記

申　請　者	専攻名 生産エネルギー工学 氏名 イスラム エムディ ディダル 学籍番号[redacted]	
指導教員	親川　兼勇	
成績評価	学位論文 （合格） 不合格	最終試験 （合格） 不合格
論文題目	Study on Heat Transfer and Fluid Flow Characteristics of Rectangular Finned Surface in Duct	

審査要旨

物体表面からの熱移動は、高温の燃焼ガスにさらされているタービン翼の冷却、発熱体をもつ電子機器からの熱放出など工学的に広く応用されている。最近、タービン翼の後端部や、燃料電池にみられる狭い流路での熱移動現象が注目されている。強制対流場での熱移動は流体と物体表面との温度差によって起こるが、それを促進させるには伝熱面にフィンを付けた拡大伝熱面とするか、熱伝達係数を増大させるかである。熱伝達率は流体の速度、物体の表面形状などに左右され、速度は大きく、物体表面の速度境界層は薄く、かつ表面は粗い場合が一般的に増大し、加えて流れの衝突、境界層の消滅や更新、大きなスケールの渦の発生、流れ場の乱れ強さを増大させることで熱伝達は一層促進される。本研究は、伝熱面に長方形片を設置し、フィンとしての働きのほ

（次頁へ続く）

かに、片を傾斜させることで後端部から縦渦を発生させるボルテックス・ジェネレータとしての効果も考慮したものである。平板境界層内、狭い流路内の壁面に長方形片を配置し、伝熱促進機構を拡大伝熱面とボルテックス・ジェネラータの効果を個々に調べ、流動場と比較することで明らかにしており、実際の機器の伝熱促進・制御に応用するための基礎資料となるものを纏めたものである。

まず、第1章は総論で、本研究の必要性と背景を述べ、第2章では、使用した実験装置の概略と、長方形片（長さ20mm、厚さ5mm、高さ5,10,15mm）は流路壁面上の7x7で配置されており、一様傾斜、ジグザグ、広角、および広角・狭角の配列が選定の理由とともに示されている。熱伝達率測定の特徴は、薄いステンレス箔に長方形片を接着し、裏面から赤外線カメラで120x160点の温度を同時に測定して片根元と、それ以外の面の温度分布を個々に測定し、両効果を明確に分けている。流れはwater tableでの染料流れ、煙による空気の流れ、二酸化チタンに油を混ぜた油膜法による伝熱面上の流跡として観察している。第3章では、データの整理法、測定値の精度が記されている。第4章は未発達域の乱流境界層内と長方形片が流路に比べて相対的に高い場合について境界層性状による特性を述べている。長方形片材質をアルミニュウムと非熱伝導性の樹脂として、熱伝達率分布の相違よりフィンと渦効果を考察している。さらに3種類の長方形片高さに対して、流れ方向のピッチ比を変えて調べている。結果は、高さやピッチによる流動損失を考慮すると、長方形片高さ10mm,ピッチ比が2で伝熱促進が顕著であると述べている。第5章は、狭い流路の場合で、4種類のフィン配置について、流れの可視化、油膜の流跡図、煙流れ、熱伝達率図、流れ方向およびスパン方向の局所熱伝達率分布、および摩擦係数を示している。この研究のように流れに僅かに傾いた片の挿入は、流れを横切る乱流促進体に比べて流動損失が小さく、この場合も滑面の3〜5倍で、レイノルズ数によらず一定である。全面からの平均熱伝達率の増加は3〜5倍となる。ポンプ動力を同じとして、長方形片なしと比べると熱的性能比は2〜3倍となる。長方形片を付けることによる流動損失が増大しても、熱移動がそれを大きく上回り、2〜3倍のエネルギが有効となる。とくに下流に広角配置のco-rotatingが最も良い。第6章は、長方形片に対して流路高さをどれ位まで縮小できるかを述べている。レイノルズ数と熱伝達特性との関係は、流路高さによらないが、配列によっては、効果的なブロッケージ比が存在する。さらに詳細な渦の影響を知るため、第1列だけの長方形片の下流断面で煙の流れ様子を観察し、渦の形成と成長過程を調べている。渦は後端からすぐに成長し、ピッチ比2で壁面に最接近しており、この位置につぎの長方形片を置くことで伝熱促進が増大した根拠が示された。

第7章は結論で、結果をまとめている。拡大伝熱面とボルテックス・ジェネレータの両効果を、未発達域の平板境界層内、十分に発達した流路内に対して長方形片の傾斜角と高さ、流れ方向へのピッチ比を変えて、温度場と流れ場の測定を行っている。それらの結果を熱伝達率図、ヌッセルト数とレイノルズ数との関係で示し、さらに熱的性能比を言及している。実機の、とくに狭い流路内における伝熱促進法への応用のための資料として供しよう。

最終試験は発表会をもって充てた。拡大伝熱面と伝熱面と個々の測定、渦の効果、配置と伝熱促進との関連、応用例、促進機構についての質疑があり、発表者は的確に応答し、賛同を得た。その後の審査委員会で学位論文の合格と最終試験に合格したことを認めた。