

氏名	はね だ よし あき 羽 田 喜 昭
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3587 号
学位授与の日付	平 成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	挿入物体による噴流の制御と噴流衝突面熱伝達

論文調査委員 (主査) 教授 鈴木健二郎 教授 牧野俊郎 教授 吉田英生

論 文 内 容 の 要 旨

対流熱伝達は、熱交換技術の基本となる熱移動現象であるが、局所的な熱交換量の増大や伝熱量の不均一の是正など、その制御が必要となる場合が少なくない。本論文は、2次元噴流中心面に挿入した円柱と2次元噴流を衝突させる平板面、それぞれの流動伝熱特性を制御することを目的として行った実験的基礎研究の成果を取りまとめたものであって、3部9章からなっている。

まず第1章では、噴流とそれを用いる対流熱伝達について、これまでに行われた関連研究を概括し、本研究の目標と意義をまとめている。

第2章では、本研究で使用するアスペクト比33の長方形ノズルから噴出される噴流の平均流速と乱れ特性を検討し、ノズル出口からの距離が噴流幅の10倍以下の位置では、噴流の2次元性が保たれることを明らかにしている。

第3章から第6章までの4章では、2次元噴流中心面に挿入した円柱の流動伝熱特性を制御するべく、2枚の平板を対称に傾斜させて円柱を挟む姿勢で近接設置した系を取り上げ、油膜法による可視化実験、円柱表面上および平板上の圧力分布の測定と円柱表面上の局所熱伝達率の測定を行い、円柱周りの流動伝熱特性に及ぼすノズル出口から円柱設置位置までの距離、2平板間の後端隙間と平板と円柱の隙間それぞれの大きさ、平板の傾斜角や円柱直径の影響を詳細に検討している。

第3章では、ノズル出口から円柱設置位置までの距離、2平板間の後端隙間や平板と円柱の隙間の影響を吟味し、流路の最小隙間が平板と円柱の隙間であるか、それとも2平板間の後端隙間であるかによって円柱周りの流れ様式と熱伝達特性が顕著に相違すること、とくに前者の場合には、円柱表面に沿う流れが剝離、再付着、再剝離し、それぞれの位置で局所ヌセルト数が極値を示すこと、この場合の極値は平板と円柱の隙間の大きさによって著しく影響されること、これに対して後者の場合には、局所ヌセルト数は幾何学的淀み点以外では顕著な極値を示さないが、円柱と平板の隙間の大きさを円柱直径の0.1倍程度にすると、円柱の平均ヌセルト数を10%程度増大させ得ることなどを明らかにしている。

第4章では、平板の傾斜角の影響を検討するとともに、円柱挿入による噴流の周期的変動と平板設置によるその抑制について検討し、平板傾斜角の違いによる円柱の流動伝熱特性の変化は大きくないものの、円柱の平均ヌセルト数を最大にする最適平板傾斜角があること、噴流の周期的変動は円柱表面からの剝離流れの再付着位置の変動に起因して生じること、またその周期的変動は平板の設置によって抑制できることを明らかにしている。

第5章では、さらに円柱直径の影響を検討し、円柱直径を噴流幅の3.3倍から1.3倍および2倍に低減すると、平板を設置しない場合の剝離点は円柱の前面側に移動して流動様式に顕著な変化が生じること、そのため円柱表面上の局所熱伝達率分布にも変化が現れ、平板を小さい隙間で円柱に近接して設置すると、ヌセルト数が円柱の幾何学的岐点から下流に向かって増大する分布を示すことを見出している。また、第6章では、円柱に作用する抗力と揚力について検討して、平板の設置位置や傾斜角を調節すると、円柱に作用する抗力をゼロあるいはその作用方向を上流向きにし得ることなどを明らかにしている。

第7章と第8章の2章では、平板面における2次元衝突噴流熱伝達の制御を目的として、衝突噴流中の平板面近傍にばね

支持円柱を挿入する場合について検討している。第7章では、両端をつる巻きばねで支持した円柱を噴流中心面位置に挿入し、円柱が噴流を横断する周期的変位運動を行うこと、この変位運動は平板幾何学的淀み領域における平均流速と流速変動を増大すること、その結果、平板の幾何学的淀み領域では局所ヌセルト数が25%程度増大し、この領域において円柱挿入に伴って生じる局所ヌセルト数分布の窪みが低減され、また平均ヌセルト数も10%程度増大することを明らかにしている。

第8章では、板ばねで片持ち支持した円柱を衝突噴流中に挿入した流れ系の可視化実験を行い、円柱が噴流中心面を横切る瞬間に、その側方から背面に回りこむ非対称な流れが生じて、平板の幾何学的淀み領域の過熱流体を掃き出して、伝熱促進をもたらすこと、また円柱の周期的変位運動の振幅を増大させても、周波数が適切でなければ、伝熱促進の有効度を高めることにはならないことを結論として導いている。

第9章は結論であって、本研究で得られた結論をまとめるとともに、今後あるべき研究について展望している。

論文審査の結果の要旨

対流熱伝達の促進、制御は伝熱技術の高度の展開に必要である。本論文は、2次元噴流中に挿入した円柱と2次元噴流衝突平板面における流動伝熱特性の制御を目的とする実験的基礎研究の成果を取りまとめたものである。

2次元噴流中に挿入した円柱の流動伝熱特性を制御する可能性を究明する目的で、円柱を挟む対称位置に2平板を近接設置する場合について、油膜法による可視化実験、円柱表面上と平板上の圧力分布ならびに円柱表面上の局所熱伝達率の測定を行い、ノズル出口から円柱設置位置までの距離や2平板間の後端隙間、平板と円柱の隙間、平板の傾斜角や円柱直径の影響を検討し、次の点を明らかにしている。

1. 平板と円柱の隙間の大きさを調節することによって、円柱表面上の圧力分布や流れの剥離、再付着などの位置が変更でき、したがって局所ヌセルト数の分布形状を制御することができる。
2. 円柱直径が噴流幅の3倍程度と比較的大きい場合には、円柱表面流れの変動に起因して噴流の周期的変動が生じる。しかし、平板の設置によってその抑制が可能である。
3. 平板の設置位置や傾斜角の調節によって、円柱に作用する抗力をゼロあるいはその作用方向を上流向きにすることが可能である。
4. ノズル出口から円柱設置位置までの距離が小さく、円柱と平板の隙間の大きさが円柱直径の0.1倍程度の場合に、円柱の平均ヌセルト数を10%程度増大させ得る。また、平板面における2次元衝突噴流熱伝達の制御を目的として、噴流中にばね支持円柱を挿入する場合について可視化実験、圧力分布測定、伝熱実験を行い、次の点を明らかにしている。
5. 噴流中心面位置に挿入したばね支持円柱は噴流を横断する周期的な往復変位運動を行い、平板の幾何学的淀み領域に向きが半周期ごとに反転する流れを惹起する。
6. 平板の幾何学的淀み領域では伝熱促進が得られ、その領域で25%の局所ヌセルト数の増大と10%程度の平均ヌセルト数の増大が達成できる。

以上要するに、本論文は噴流の制御と噴流衝突面熱伝達の促進に関する実験的研究を行い、対流熱伝達の制御につながる新しい知見を提出しており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年2月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認められた。