

氏名	大塚吉則 おおつかよしのり
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1948号
学位授与の日付	昭和61年5月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	水平な自軸まわりに回転する直管ヒートパイプの性能に関する研究

(主査)  
論文調査委員 教授 荻野文丸 教授 高松武一郎 教授 佐田榮三

### 論文内容の要旨

本論文は、モーターあるいは水車などの回転機器の軸受部の冷却性能の向上を図ることを目的として、回転軸中心に挿入するのに適した銅製直管ヒートパイプにつき、作動液の流動形態と熱輸送性能に関して実験的に研究した結果をまとめたもので、7章より構成されている。

第1章は序論であり、本論文の主題であるヒートパイプについて概説し、従来研究されてきた回転ヒートパイプが内面に設けたテーパーにより凝縮液の還流をはかる方式のものであったが、軸径に比べて軸長の長い回転機器の軸中心に挿入して用いるには、テーパーのない直管形状がふさわしく、この形の回転ヒートパイプの性能の解明が不可欠であることを述べている。

第2章では、第3章以下で論ずる回転ヒートパイプの熱輸送性能が、作動液の流動形態の影響を受けることから、回転円筒内の封入液の流動形態について行った可視実験の結果について述べている。すなわち、回転数が小さいときは封入液の大部分は重力の影響をうけて円筒底部に滞留し、一部は回転円筒内面に薄膜状に流動するが、回転数がある値以上になると慣性力支配の状態に遷移し、封入液は全部円筒内面に薄膜状に流動することを明らかにし、この遷移の回転数を表わす無次元実験式を提出している。

第3章では、内表面の平滑な直管回転ヒートパイプの熱輸送性能に関する実験結果について述べている。まず流動形態が重力支配域では、熱輸送性能は封入率に依存し、慣性力支配域では放熱部の熱抵抗が増大し、熱輸送性能が急激に低下することを明らかにするとともに、液の最適封入率について考察を行っている。次に、重力支配域における受熱部と放熱部での熱伝達率を求め、受熱部では底部の液滞留部においては核沸騰により、液が薄膜状にパイプ内面に付着している部分では薄膜蒸発により熱伝達が行われ、放熱部では、液滞留部においては熱伝達はほとんど行われず、薄膜部における熱の移動が全体の熱伝達に寄与していることを明らかにしている。

第4章においては、ヒートパイプの内表面形状の工夫による熱輸送性能向上の効果について述べている。まず内表面形状として、静止状態での相変化の熱伝達促進効果が大きい多孔質面と鋸歯状フィン面とを選び、重力支配域における熱輸送性能を調べた結果、受熱部の熱伝達促進効果は、多孔質面の場合は全回転

数域で高くなるのに対し、鋸歯状フィン面の場合は液の封入率と回転数の組み合わせにより熱伝達の促進が期待できない場合もあることを明らかにしている。放熱部では、多孔質面、鋸歯状フィン面ともに、面が液中に没するため、これらの面による熱伝達促進効果はないことを明らかにしている。次に、放熱部の内径を受熱部のそれより小さくした段付き管は、慣性力支配域での放熱部の液膜厚さを薄くできるので、高回転数状態での利用に有効であることを確かめている。

第5章では、回転ヒートパイプの適用範囲を拡大するもう一つの試みとして、液の移動にアルキメデスのポンプの原理を利用した回転ヒートパイプを用い、その熱輸送性能に関する実験結果について述べている。このヒートパイプは二重管構造で、環状部の液はネジの押し出し作用により流れ、ネジ軸内の流路を還流する。熱の移動は主として対流熱伝達により行われるので、熱輸送性能が不凝縮気体の存在に影響されないことを明らかにしている。

第6章では、第5章までに明らかにした事柄に基づいて直管回転ヒートパイプの熱的設計を行う手法を述べ、次に、実際の横軸水車の軸受部の冷却について実験した結果を示している。

第7章は結論であり、各章で述べた内容および結果をとりまとめている。

### 論文審査の結果の要旨

回転状態で使用する電気機械は、静止部分と回転部との間で摩擦損失を生じたり、動力の伝達に伴う損失を内部で発生したりする。この損失は発熱という形で現われるが、一般に回転機器の発熱源は機器の内部にあって冷却源との間に熱抵抗となるものが多く存在するので、冷却には困難を伴うことが多い。したがって、内部で発生した熱を冷却源まで熱抵抗が小さく、時間遅れの小さいもので輸送できれば、回転機器の冷却性能が向上し、機器の小型化、軽量化をはかることができる。

本論文の著者は、このような用途に供する回転ヒートパイプのうち、パイプ内面が直管形状のヒートパイプを対象とし、その熱輸送特性を明らかにすることにより、この形状の回転ヒートパイプが工業上実用に供し得ることを示している。得られた主な成果は次の通りである。

1. 回転ヒートパイプの回転数が小さいときは、封入液の大部分は重力の影響を受けて円筒底部に滞留し、残りは円筒内面を薄膜状に流動するが、回転数がある値以上になると慣性力支配の状態に遷移し、液は全部円筒内面に付着して流動することを明らかにし、この遷移の回転数を表わす無次元実験式を提出した。
2. 内表面が平滑なヒートパイプでは、封入液の流動状態が慣性力支配域では熱輸送性能が急激に低下し、重力支配域では液の封入率に依存することを明らかにした。さらに最適封入率が存在することを明らかにし、実験式を提出した。
3. 重力支配域における受熱部と放熱部の熱伝達率を求めた結果、受熱部では液滞留部においては核沸騰により、パイプ上部の薄膜部においては薄膜蒸発により熱伝達が行われることを見出した。放熱部では、パイプ上部における薄膜を通しての熱伝達が全体の熱移動に大きく寄与していることを見出した。
4. 内表面が多孔質面の場合、重力支配域における受熱部の熱伝達促進効果は、全回転数域で高くなるのに対し、内表面が鋸歯状フィン面の場合は、液の封入率と回転数の組み合わせにより熱伝達の促進が期待

できない場合もあることを明らかにした。また放熱部では、多孔質面、鋸歯状フィン面ともに、熱伝達促進効果はないことを明らかにした。

5. 相変化を伴う熱伝達を利用したヒートパイプでは、熱輸送性能は不凝縮性ガスが存在すると著しく低下するのに対し、液の流動にネジの押し出し作用を利用した回転ヒートパイプの場合、熱の移動は対流熱伝達によって行われるので、熱輸送性能は不凝縮ガスの存在に影響されないことを明らかにした。

6. 実験の横軸水車の軸受に直管回転ヒートパイプを設置して実験を行い、この形のヒートパイプが実用に充分供し得ることを示した。

以上のように、本論文は直管回転ヒートパイプの熱輸送性能に関する基礎的事項を検討したものであり、実機にも適用できることを示し、学術上、実用上寄与するところが少なくないので、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、昭和61年3月18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、合格と認めた。