

論文審査の結果の要旨

氏名 王 宝潼

本論文は、「Internal Flow Dynamics and Performance Loss Mechanisms in Shear Force Pump (層流摩擦ポンプの内部流動と性能損失に関する研究)」と題し、流体粘性を利用した流体機械である層流摩擦ポンプ内部流動と性能損失メカニズムを明らかにし、その対策として回転収縮ディフューザとディスク表面への微細突起加工が一定の効果があることを示したもので、6章から構成される。

第1章は「Introduction」であり、超小型の圧縮機械として、層流摩擦ポンプが従来の翼列機械に対して良い性能を示す可能性があることを示したうえで、過去の研究において理論性能と実機性能の乖離が問題となっていることを取り上げた。そして本研究では、その乖離の原因となる性能損失の要因を明らかにし、それを解決する方法として回転収縮ディフューザとディスク表面への微細突起加工がもたらす効果を議論することを目的とすることを述べた。

第2章「Numerical Method」では、本研究で使用した数値解析手法について述べている。

第3章「Loss Mechanisms Analysis」では、層流摩擦ポンプの各構造内部において、どのように性能損失が生じるのかについて数値解析を行い、詳細に議論している。まずロータディスク部を単独で解析し、過去の解析で述べられているように、その断熱効率が非常に高い(80%以上)ことを確認した。しかし同時に、高効率を達成するには流量係数が小さくしなければならず、その結果ロータ出口流出角が極めて大きくなることを指摘した。次に、出口スクロール部分を追加した解析を行い、流量係数が小さい場合にはスクロール内部で強い循環流構造が形成され、それによってロータディスク内部において逆流領域が生じ、そのために流動構造が理論やロータ単体の解析で得られる結果と大きく異なってしまい、結果的に効率が大幅に低下することが示された。最終的に、層流摩擦ポンプの効率を良くするためには、ロータ出口流出角が従来の翼列機械よりも極めて大きくなるという問題点を指摘し、これを解決する必要があることを明らかにした。

第4章「Diffuser Design」では、前章で指摘したロータ出口流出角の問題を解決するために、数種のディフューザについて、その効果を評価するための数値解析を行っている。従来の並行ディフューザ、流路断面積を減らした収縮ディフューザ、さらにその壁面をロータと共に回転させる回転収縮ディフューザについて解析を行った。その結果、回転収縮ディフューザが他のものに対して、作動範囲及び効率において明らかな改善が見られることを確認し、その流動構造から性能改善の理由を明らかにした。ただし、回転収縮ディフューザを用いた場合でも、ディスク出口の流出角がわずかでも改善するこ

とによって、その性能が大きく変わることを指摘した。

第5章「Grooved Disks Effect」では、前章において指摘されたディスク出口での流出角改善を目的として、ディスク表面にスパイラル形状の微細突起加工を行った場合の効果を議論するための数値解析を行っている。まず微細突起を設けることによって、圧力係数と断熱効率が保たれたまま流量係数が増加し、その結果ディスク出口流出角が改善されることが明らかとなった。さらに突起形状に関するパラメタについて解析を行い、突起高さが最も影響を持つことを示した。またスケール効果については、サイズを 1/10 にした場合、突起高さが充分小さい場合は、突起が無い場合と同様に、その性能はほとんど変わらないのに対し、突起が大きい場合はその性能が低下することが示された。さらに、微細突起加工の影響を確かめるための実験を行い、流量や圧力係数、断熱効率に関して、数値解析と同様の変化が微細突起加工によってもたらされることが定性的に確認された。

第6章は「Conclusions」であり、本研究の成果を総括している。

以上要するに、本論文は、様々な用途において期待されている超小型の圧縮機械として、層流摩擦ポンプが持つ可能性を議論するために、数値解析によってその性能損失のメカニズムを明らかにしたうえで、回転収縮ディフューザとディスク表面への微細突起加工が、その損失の原因となっている流動構造を改善することを示したものであり、先端エネルギー工学、特に航空宇宙工学に貢献するところが多い。よって本論文は博士（科学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上 1 8 6 3 字