

回転絞り流路が層流摩擦ポンプ 内部流動及び作動特性に与える影響

学生証番号 47156136 氏名 王 欣
(指導教員 岡本 光司 准教授)

Key Words : Shear-force pump, Viscous pump, Micro pump

1. 緒言

近年、様々な機械の小型化が進む中、小型で高性能なポンプや圧縮機の需要も高まりつつある。なかでも、小型化しても効率が低下しないと期待されている層流摩擦ポンプがある。

過去の研究により、ロータ単体理論効率は非常に高く、最高効率が90%以上に達成することができるが、ポンプに全体としての効率が30%程度に留まっている。その主な原因として、Wangらエラー! 参照元が見つかりません。はディスク外周部における流れの向きがほぼ接線方向に向い、ディフューザやスクロール内部で強い二次流れや逆流などが生じてしまうことを指摘した。そこでこうした影響を軽減するために、回転絞り流路(Rotating Convergent Passage, RCP)を導入し、解析を行った。結果によりRCPは効率改善効果があることが示唆されている。

そこで、本研究では、油膜法や油点法といった流れ可視化手法を用い、ディフューザやスクロール壁面付近の流れ場を調べることを目的とする。可視化結果を利用し、RCPなしとRCPあり二つのポンプシステムで、ディフューザとスクロール内部流動の違いによって、RCPが層流摩擦ポンプに与える影響について議論する。

2. 実験装置

Fig.2に実験装置模式図を示す。実験では、流量は出口に設置したサーマルフローメータを用いて測定した。流量の調整は流量計後ろに接続したバルブを用いて行った。圧力はスクロール

出口に設置したピトー管で全圧を図る。そして、圧力の値はU字マンオメータを用いて計測した。ポンプ回転数2000rpmで実験を行った。

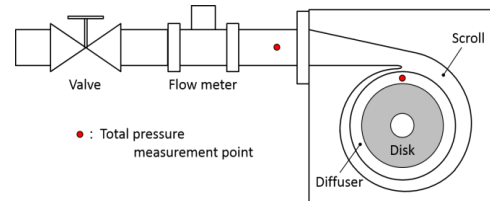
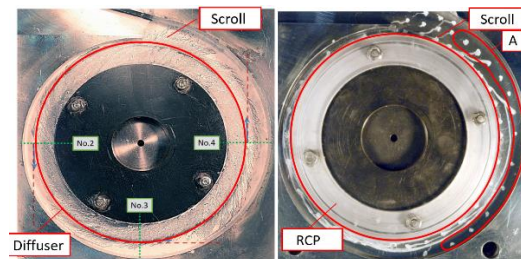


Fig. 1 実験装置外観

油膜法と油点法とは、流路の表面にオイルを塗り、また油点を設置し、流れに晒すことで現れるオイルフローパターンにより流れの限界流線を可視化する手法である。計算による流動パラフィンと酸化チタンの混合物を利用した。そしてカメラをポンプの真上に設置して写真を撮る。

3. 実験結果

今回の実験では、設計流量係数（流量係数0.3）、非設計流量係数（流量係数0.1と流量係数0.6）で実験を行った。



(a) (b)
Fig.2 設計流量係数可視化結果

Fig.2に設計流量係数の可視化結果を示す。RCPなしのポンプでは、ディフューザ壁面全体に内向きの流れが生じることが、(a)のディフューザ部のパターンより確認できる。このことにより、ロータ内に逆流が生じていることが推察された。一方、RCPを装着したポンプの油点法の結果をを(b)に示す。ロータ出口付近における内向きの流れが抑えられていることがわかる。したがって、ロータ内に逆流が生じていないと考えられる。また、油点の筋が出てない領域がある。ここで、流れの剥離が起きていると推察される。現在のスクロールは従来の遠心圧縮機に参考にして設計したものである。スクロールが設計通り機能していないと考えられる。

非設計流量係数の可視化結果でも、RCPなしのポンプでは、ディフューザ壁面全体に内向きの流れが観察され、このことにより、ロータ内に逆流が生じていると考えられる。また、RCPの導入により、ロータ出口付近における内向きの流れが改善しており、RCPの改善効果を確認した。

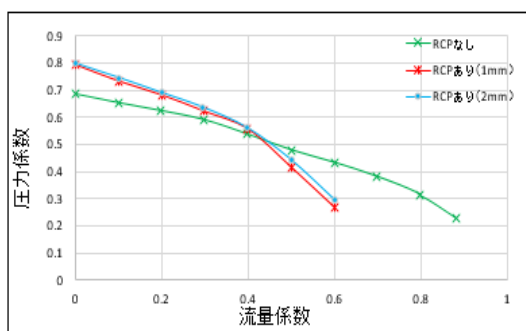


Fig.3 圧力係数計測結果

RCPなし、出口幅1mmと2mmのRCPを装着したポンプの圧力係数比較図をFig.3に示す。結果を示したように、より小さい流量係数ではRCPを装着したポンプの圧力係数の方が大きくなっているが、流量係数の増大と同時に、両者の圧力係数の差が小さくなっていく。さらに流量係数0.4以上になると、RCPを装着したポンプはRCPなしのポンプより流量係数が低くなっている。また、出口幅1mmと2mmRCPありポンプの

圧力係数の変化はRCPなしポンプとの差を比較すると、その変化が微小である。全体流量係数に渡って、出口幅2mmのRCPありポンプは出口幅1mmより圧力係数がやや向上していることを確認した。それは、1mmの場合、RCPの絞り効果による流速の増大があり、RCP内やスクロール内の摩擦損失が増大することである。

4. 結言

以上より得られた知見を次の通りである。

- (1) RCPなしのポンプでは、ディフューザとスクロール壁面全体的に内向きの流れが観察され、ロータ内に逆流が生じる可能性がある。
- (2) RCPの導入により、ロータ出口における流出角の改善効果を確認した。また、ロータ出口付近における内向きの流れを抑えることからロータ内に発生した逆流が抑えられていると考えられる。
- (3) 設計流量係数での可視化結果から、スクロールが設計通り機能していない様子が観察され、遠心圧縮機を参考にしたスクロールの設計手法が層流摩擦ポンプに向いていないと考えられる。
- (4) RCPの導入により、低流量に層流摩擦ポンプの圧力係数が向上することが観察された。これはRCPによってロータ出口における流出角が改善し損失が減少したためと考えられる。
- (5) RCP出口幅2mmから1mmへの変更による流路絞り効果が層流摩擦ポンプの圧力係数に与える影響は微小である。

参考文献

- [1] B. Wang, "Internal Flow Dynamics and Performance Loss Mechanisms in Shear Force Pump," PhD Dissertation, The University of Tokyo GSFs, 2013.