A208 レーザフォーカス変位計によるトレーサ法における トレーサ付着位置の計測

小沢 康美 (福井工大), 柳川 儀行[○] (福井工大院)

The Measurement of Tracer Adhesion Position in the Tracer Method by Laser Focus Displacement Gage

Yasumi OZAWA and Noriyuki YANAGAWA

ABSTRACT

The tracer method using the tracer mixed oil paint in the volatile solvent was applied for the visualization of externally pressurized circular thrust gas bearing. The volatile solvent component evaporated within the tracer adhered in the bearing surface, and only the solute component remained in the bearing surface. The thickness shape of the tracer remained in the bearing surface was measured by laser focus displacement gage, and the adhesion position of the tracer was required based on the result. As the result, it was shown to be useful for this method measuring the tracer adhesion position with a high accuracy.

Keywords : Flow visualization, Tracer method, Externally pressurized thrust gas bearing

1. 緒 言

トレーサ法¹⁾は定常流の可視化法として広く用いられている。静圧形気体スラスト軸受において、軸受すきまが大きい場合や給気圧力が高い場合には衝撃波などが生じ、軸受のすきま内流れは複雑なものとなる。気体軸受の軸受すきま内流れの可視化に有効な方法の一つにトレーサ法があり、気体軸受にも適用されている²⁾。トレーサ付着位置の高精度な計測方法が求められている。トレーサ付着位置の計測方法には画像処理を利用する方法など様々な方法が考えられる。壁面に付着されたトレーサの厚さに着目すると、そのトレーサの厚さ形状を計測することによってトレーサ付着位置を決定することが可能となる。本研究ではレーザフォーカス変位計を用いて付着トレーサの厚さ形状を計測し、それを基にトレーサ付着位置を高精度に決定するという方法を試みている。

2. トレーサ

本研究では揮発性のある溶媒に黒色の油性塗料を混合したものをトレーサとして用いた。このトレーサの特長は一定時間後には壁面に付着したトレーサの揮発性溶媒成分が蒸発し、軸受面には溶質成分のみが固定される点にある。黒色とした理由は軸受面が白色あるいは透明であるため、トレーサを黒色にしてトレーサの付着領域を明確にするためである。トレーサは溶媒と溶質の割合が質量比で 100 : 3 のものを使用した。

3. 円板形静圧気体スラスト軸受のフローパターン

供試軸受は中央に単一自成絞り給気孔を有する円板形静圧気体スラスト軸受である。軸受半径は $R=30[\text{mm}]$ 、給気孔半径は $r_0=2[\text{mm}]$ である。供試気体軸受の給気孔側軸受面は白色アクリル製とし、反給気孔側は透明あるいは白色のアクリル板とした。ミスト状のトレーサを空気と共に供試軸受すきま内に流し込むと、軸受すきま内の気体流動に従って軸受面にトレーサが付着される。一定時間後には軸受面に付着したトレーサの揮発性溶媒成分が蒸発され、軸受面には溶質成分だけが固定される。

Fig.1 に給気孔側軸受面の付着パターンの一例を示す。これは軸受すきま $h=400[\mu\text{m}]$ 、給気圧力 $P_s=0.6[\text{MPa(abs)}]$ の実験条件下で気体軸受すきま内にトレーサを 2 時間流して得られたものである。反給気孔側のトレーサ付着パターンについても同様に求められた。

Air supply hole side bearing surface
 $R/r_0=15$, $r_0=2\text{mm}$, $P_s=0.6\text{MPa(abs)}$, $h=400\mu\text{m}$

Fig.1 The tracer adhesion pattern of externally pressurized circular thrust gas bearing.

4. レーザフォーカス変位計によるトレーサ付着位置の計測

4.1 トレーサ付着位置の計測システム

本研究では軸受面に付着されたトレーサの付着厚さに着目し, その厚さ形状をレーザフォーカス変位計によって計測することにより, トレーサ付着領域を決定する方法を試みた. Fig.2 に計測システムを示す. このシステムは付着トレーサの厚さ形状 (z 軸方向の高さ) を計測するためのレーザ変位計と被計測物である付着トレーサを走査させるための XY 軸ステージから構成されている. 両者から得られる高さ位置の情報はコンピュータに取り込まれてデータ処理され, 付着トレーサ形状が 3 次元で解析される. レーザフォーカス変位計は半導体レーザ (波長 670 [nm], 出力 20 [μ W]) を光源とするレーザスポット径 2 [μ m], 高さ方向精度 0.1 [μ m] のものである. また XY ステージは計測間隔 $\Delta r = 1$ [μ m] までの位置分解能があるものである.

① Test gas bearing ② CCD camera
③ Laser focus displacement gage sensor
④ Personal computer ⑤ Monitor ⑥ XY stage

Fig.2 The three-dimensional measurement system of thickness shape of the adhesion tracer.

4.2 トレーサ付着位置の計測方法

レーザフォーカス変位計によるトレーサ付着厚さの測定方法としては, Y 軸ステージは固定し, X 軸ステージだけを走査して計測する方法 (方法 I) と XY 軸ステージを走査して XY 平面上で計測する方法 (方法 II) が考えられる. 本研究では方法 I によって付着トレーサの厚さ形状を計測した. その理由は 1) 供試軸受が円板形であること, 2) 放射状流れであること, 3) 方法 I は方法 II に比較して計測データが少なくすむことなどからである.

4.3 円板形静圧気体スラスト軸受のトレーサ付着位置

円板形静圧気体スラスト軸受の軸受面上に円環状に付着されたトレーサ厚さ形状をレーザフォーカス変位計により計測し, その結果を基にトレーサの付着領域と非付着領域を区別した. Fig.3 は計測方向 θ を変えて付着トレーサの厚さ形状を測定し, その結果を基に求めたトレーサ付着位置の一例である. Fig.3 の横軸は計測間隔 Δr を示し, 縦軸は軸受中心からの半径方向距離 r とそ

の無次元量 r/r_0 を示している. また, Fig.3 の r_{in} は軸受面上に円環状に付着されたトレーサの内側境界を示し, r_{out} は外側境界を示している. したがって, トレーサの付着領域は $r_{out} - r_{in}$ として表される.

放射状流れのどこをトレーサ付着領域の境界とするのかということは難しい問題である. この点については圧力分布との対応などから, さらに検討を加える必要がある.

Fig.3 The tracer adhesion position.
(air supply hole side bearing surface)

5. 結 言

- (1) 壁面に付着されたトレーサの厚さ形状に着目したトレーサ付着位置の計測方法を示した. これはレーザフォーカス変位計を利用して付着トレーサの厚さ形状を計測し, その結果を基にトレーサ付着位置を高精度に決定する方法である.
- (2) この方法を円板形静圧気体スラスト軸受の場合に適用し, 軸受面に付着したトレーサ付着位置を求めた.

終わりに, 本実験に協力いただいた当時の学生の辻晋吾氏に深謝する.

参 考 文 献

- 1) 流れの可視化学会編: 流れの可視化ハンドブック, 朝倉書店(1989), p.157-164.
- 2) Inoue, H., Shimotsuma, Y., Oda, Y., Kikukawa, M.: Experimental studies on an externally pressurized gas bearing by new tracer method, 8th International Gas Bearing Symposium(1981), pp.299-309.