

21314 真空ポンプにおける振動特性の研究 (振動(1))

森村, 浩明 / Hashimoto, Naoto / MORIMURA, Hiroaki /
NAGAMATSU, Akio / Kogure, Masaya / 橋本, 直人 / 小暮, 雅
也 / 長松, 昭男

(出版者 / Publisher)

日本機械学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集

(号 / Number)

13

(開始ページ / Start Page)

467

(終了ページ / End Page)

438

(発行年 / Year)

2007-03-15

21314 真空ポンプにおける振動特性の研究

Research of vibration characteristic in vacuum pump

○学 小暮 雅也 (法政大学) 正 長松 昭男 (法政大学)
 正 森村 浩明 (東京工業大学) 学 橋本 直人 (法政大学)

Masaya KOGURE, Hosei University, Kajino-cho-3-7-2, Koganei-shi, Tokyo
 Akio NAGAMATSU, Hosei University, Kajino-cho-3-7-2, Koganei-shi, Tokyo
 Hiroaki MORIMURA Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo
 Naoto HASHIMOTO, Hosei University, Kajino-cho-3-7-2, Koganei-shi, Tokyo

This paper describes a research of vibration characteristic in vacuum pump. The vacuum pump is used for manufacturing the semiconductor etc. When the vacuum pump stops, it influences the entire production line. Therefore, it is requested from the vacuum pump not to break down while operating. The rigid motion and the bend vibration that increases the vibration at the same time as understanding the operating vibration characteristic are understood in this research. Moreover, the model to be able to confirm the problem in operation etc. When the operation condition and the design condition are changed is made. The model making makes from the vibration characteristic of an actual vacuum pump, and understands the change in the vibration characteristic by the change in the design condition at the same time.

Key Words, Vibration of Rotating Body, Simulation, Modal Analysis, Vibration Control

1. 緒論

半導体製造に使われているような真空ポンプでは、突然の故障などで停止してしまうとライン全体に影響を及ぼすため、一度稼働させると稼働し続けることを重視している。真空ポンプの故障の多くは稼働中の振動が故障の原因であるため、本研究では稼働状態の振動特性を測定すると共に、振動を増大する剛体運動と曲げ振動を中心に真空ポンプそのものの振動特性を確認していく。また、運用条件や設計条件を変更した際に致命的な欠陥の有無などが確認できるようなモデルの作成を行う。モデル作成は実際の真空ポンプの振動特性から作成し、同時に設計条件の変更による振動特性の変化を把握する。作成するモデルは、ポンプケース部の剛体運動とポンプ内部のローターの曲げ振動をモデル化し、振動特性の検討をする。

2. 実験対象

本実験で用いる真空ポンプは大きく分けて左部に真空ポンプ本体、右部に制御ユニット、下部に土台となっており、これにケースを被せて実際は使用する。制御ユニットは土台に直につながっていて、真空ポンプ本体は平たい円柱状のゴムを介して土台とつながっている。真空ポンプ本体の中身は2本のローターが軸受けで固定されて収められている。

3. 剛体運動

ポンプ本体の振動特性を把握するに当たり、剛体運動について調べていく。実験は真空ポンプ本体を1つの剛体と見なし加振実験を行う。そして、その結果を基にモデル化を行い、妥当なモデルを検討することで振動特性を把握していく。

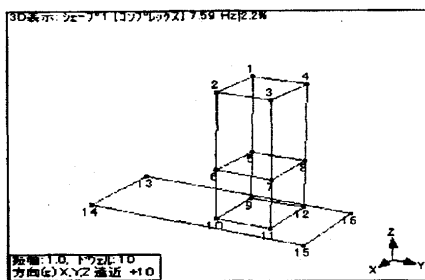


Fig.1 Rigid Body Experiment Model

実験は、Fig.1のように全部で16点あり、各点3軸のピックアップでデータを取得したので全部で48個のデータを取得する。また、実験は応答点移動方式で行った。

実験結果を基に固有モードを確認し、その中から剛体モードを6つ選び出す。

そして、ポンプ部の重量や寸法を元に質量1点とマウント点4点と加振点で構成されるFig.2のようなモデルを作成し、マウント部のバネ定数などを検討していく。

様々な数値変更を試した結果、Fig.2のモデルの解析解をTable.1のように実験値に非常に近い値まであわせることが出来た。

この過程で、剛体運動における数値変更の影響を把握すると共に、設計条件変更時の剛体運動を確認するためのモデルを作成することもできた。

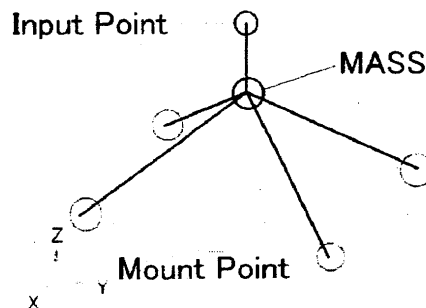


Fig.2 Solid Body Analysis Model

Table.1 Comparison of Frequency

| | Mode Shape | Experiment | Analysis |
|---|------------|------------|----------|
| 1 | Front Back | 7.59 | 7.67 |
| 2 | Right Left | (7.59) | 8.02 |
| 3 | Roll | 14.5 | 14.7 |
| 4 | Yogh | 14.4 | 16.5 |
| 5 | Pitch | 16.7 | 17.6 |
| 6 | Bounce | 18.6 | 18.6 |

4. 曲げ振動

ポンプの中身は独立した2本のローターであり、片持ち梁のような形状になっている。真空ポンプではこの片持ち梁の部分がケースと接触することで破壊してしまい停止してしまうことが多いため、この片持ち梁の曲げ振動について調べていく。

実験はポンプ本体上部のケースを取り外し、ローター先端部からポンプ本体の底部までを Fig.3 のような2本の軸と見立てて実験を行う。各点3軸ピックアップを用いて8点計測したので、全部で24個データを取得した。

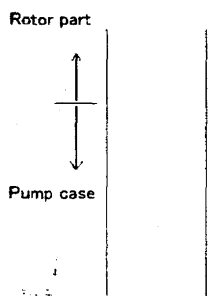


Fig.3 Bending Mode Experiment Model

真空ポンプの中身は Fig.4 のように2本の独立した軸からなっており軸受けで固定されている。片端が円柱型のねじ形状をしており、これが非常に近距離でかみ合わさりながら高速回転することで真空ポンプの作用をしている。

歪ゲ Experime

Fig.4 Rotor in vacuum pump

この構造をモデル化するに当たり、1本だけの状態のモデルから始め複数のモデルを試した。

2本の軸は直接ふれあうことが無いため、力の伝達をどのように再現するかという点。独立した2軸が Fig.5~6 の曲げ1次モードを4個持っており再現するかという点。

この2点を再現することが非常に困難であったが、最終的に Fig.7 のモデルへと行き着いた。

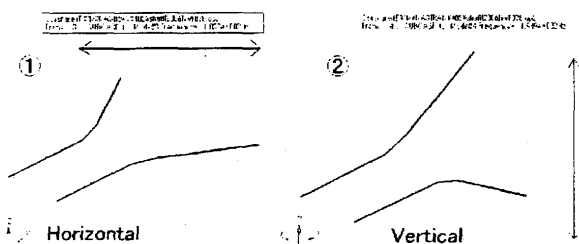


Fig.5 Bend mode of different movement

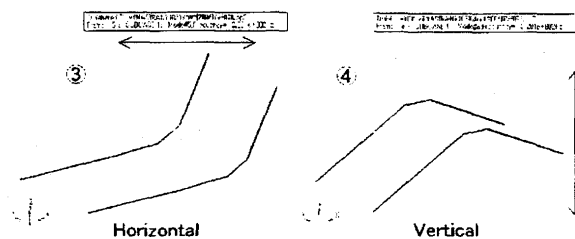


Fig.6 Bend mode of same movement

このモデルは中央部の棒が2本の軸以外の系全体を表しており、左右に並ぶ2本がポンプの軸にあたる。

この2本の軸はそれぞれケースと軸受けでつながっているため、中央部の棒の両端と軸の片端と中央部がバネ要素でつながれている。

これは、2本の独立した軸は自身の力を直接もう片方の軸に伝えるのではなく、軸受けからケースを介し全体の系を通じてもう片方の軸へと力を伝達しているためこのような構造をとった。

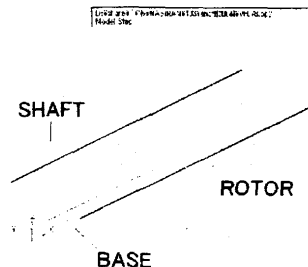


Fig.7 Bending Mode Analysis Model

Fig.7 のモデルを元に重さやバネ定数を変更していくことで、数値変更した時、固有モードの周波数がどのように変化していくかが確認できた。

このパターンを元に調整を施し、平面内・垂直面内のモード同士の周波数の比とそれぞれの周波数そのものの誤差が5%範囲内を目指して調整を行った。

Table.2 Comparison of Frequency

| | ① | ② | ③ | ④ |
|--------------|----------|----------|----------|----------|
| Experiment | 189 [Hz] | 192 [Hz] | 298 [Hz] | 329 [Hz] |
| Analysis | 185 [Hz] | 195 [Hz] | 305 [Hz] | 320 [Hz] |
| Error margin | -2.0 [%] | 1.5 [%] | 2.4 [%] | 1.5 [%] |

調整の結果、Table.2 のように実験値にほぼ等しい値まで調整することが出来た。

よって、2本の独立した軸の妥当なモデルを作成することができ、振動特性についても把握できた。

5. 結論

1. 剛体モデルとローターの曲げ振動のモデルを作成することが出来た。
2. 振動課題の検討に役立つようなモデルが作成できた。

6. 参考文献

- 1)MSC NASTRAN 2001 日本語オンラインマニュアル, MSC Software, 2001
- 2)長松昭男,モード解析入門,(1993),コロナ社