

## 永久磁石を用いた振動抑制

### Vibration control using a permanent magnet

○廣川 悠太 , ポアゾン・スディライ , 岡 宏一  
 Yuta Hirokawa , Phaisarn Sudwlai , Koichi Oka  
 高知工科大学 , 高知工科大学 , 高知工科大学

Kochi University of Technology , Kochi University of Technology , Kochi University of Technology

E-mail: 145048t@gs.kochi-tech.ac.jp

## 1. 諸言

薄板鋼板の溶融メッキ工程では、連続的に搬送される鋼板の振動や変形がしばしば問題になる。これは、鋼板の剛性が小さいために発生するものであり、振動や変形は製品の品質劣化を招くからである。この対策として二つの振動抑制方法がある。一つ目は、ベアリングやローラなどの機械的接触を利用した振動抑制方法である。しかし、鋼板の乾燥工程では、溶液が剥がれてしまうなどの問題があるため、この方法は適用できない。もう一つの方法として電磁石の吸引力を利用した非接触での振動抑制方法がある。この方法は、非接触で振動を抑制することが可能である。しかし、電磁石が固定されているため、比較的大きな振動に対応するために、十分な制御量を得ることで、コイルに流す電流が大きくなり、エネルギー消費や発熱の問題がある。

本論文では対象物である振動体の振動を非接触で抑制し、広範囲の振動にも対応できるように、リニアアクチュエータの一種であるボイスコイルモータ(以下VCMと表記する)と永久磁石を用いた振動抑制システムについて述べる。

## 2. 制振原理

### 2.1 実験装置

永久磁石と VCM によって対象抑振の可能性を検証するために Fig.1 に示すような実験装置を製作した。この装置は、Vibration body として表される弾性体で支持された部分の振動を、VCM によって駆動される永久磁石によって制御するものである。概要は以下の通りである。装置の中心に 2 枚の燐青銅の板でつり下げられた振動体を取り付け、その振動体が永久磁石の吸引力の影響を受ける位置に鉄板を貼り付ける。鉄板と向かい合うように、コの字型のフレームを設置する。そのフレームの内両面に永久磁石を取り付ける。コの字型のフレームは VCM と連結され、左右に駆動させることができる。

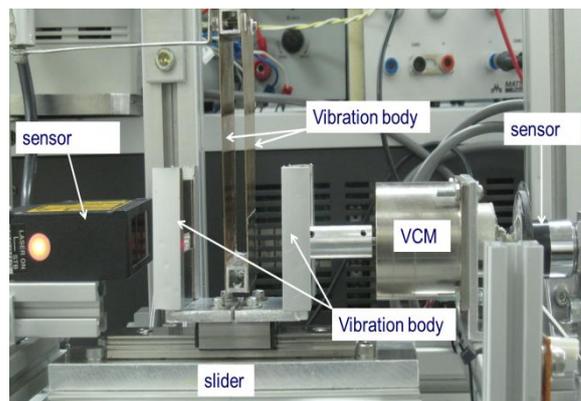


Fig.1 Experimental device of vibration control

### 2.2 制御方法

制御方法制御方法を Fig.2 に示す。まず、上の図のように振動体が右側に振れると永久磁石は VCM の駆動により右側に動く。すると、左側の永久磁石と振動体の距離(以下空隙距離と表記)が縮小し、左側の吸引力が右側の吸引力より強くなり振動体を左側に引き付ける。次に、下の図のように振動体が左側に振れると VCM によって永久磁石が左側に駆動し、右側の永久磁石と振動体の空隙距離が縮小することで、右側の吸引力が左側の吸引力より強くなり振動体を右側に引き付ける。この動作を繰り返し行うことで振動体の運動エネルギーを吸収し 0 に近づけることで、振動を抑制する。

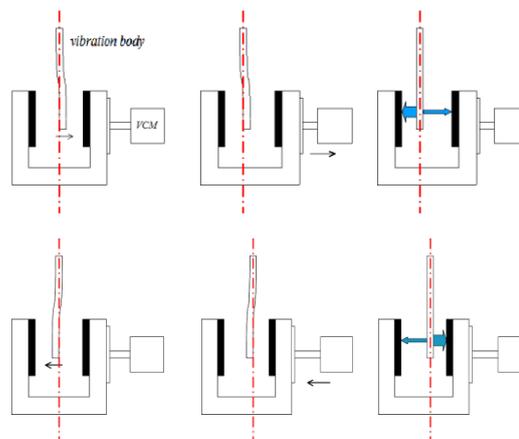


Fig. 2 Method of controlling vibration

### 2.3 制御コントローラ

本実験装置における制御コントローラをFig. 3に示す. 振動体と永久磁石の変位は実験装置に取り付けたセンサにより計測され, DSP ボードを介すことでAD変換をし, PCに取り込まれる. 取り込まれた値はMATLAB/Simulinkというソフトウェアのプログラムによって計算処理を行い, 処理された値はDSP ボードを介しDA変換され, 電圧として出力される. その値はアンプを介すことでVCMに適切な電源を供給する. Fig. 3は振動体の変位と永久磁石の変位をPD (比例/微分) 制御したものの差により, 目標値の0に近づけていることを示している.

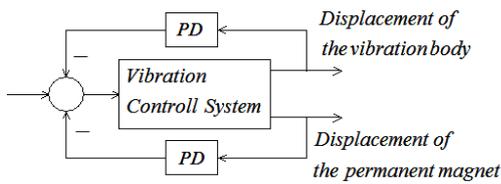


Fig.3 Block Diagram

## 3. モデル化

### 3.1 モデル化

実験を行うにあたり, 最適な制御値を得るためにシステムのモデル化を行った. モデル化の際に使用した図をFig. 4に示す. 振動体, 永久磁石の変位をそれぞれ $z_0, z_1$ とし, 平衡状態のエアギャップを $d_0$ とする. 振動体先端の質量を $m_0$ とし, 永久磁石の質量とVCMのコイルの質量を $m_1$ とする. 振動体, スライダの減衰定数はそれぞれ $c_0, c_1$ とする. また, 振動体のばね定数を $k_0$ とする. そして,  $f_m$ を吸引力定数,  $f_a$ をVCMの駆動力,  $f_d$ を外乱とする.

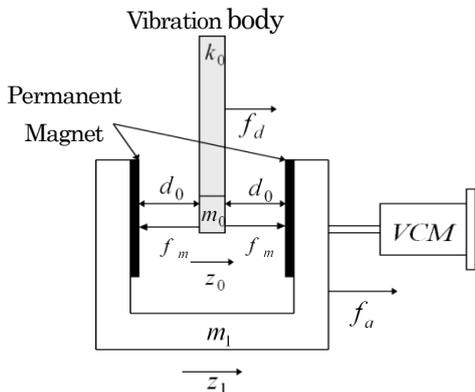


Fig.4 Modeling of System

### 3.2 運動方程式

吸引力は以下のように仮定する.

$$f_m = \frac{k}{(d_0 - z_0 + z_1)^2} - \frac{k}{(d_0 + z_0 - z_1)^2} \quad (1)$$

振動体の運動方程式は,

$$m_0 \ddot{z}_0 + c_0 \dot{z}_0 + k_0 z_0 = f_m + f_d \quad (2)$$

永久磁石の運動方程式は,

$$m_1 \ddot{z}_1 + c_1 \dot{z}_1 = -f_m + f_a \quad (3)$$

## 4. シミュレーション

本実験を行う前にモデル化した運動方程式とブロック線図を元に, MATLAB/Simulink を用いて振動体と永久磁石の変位のシミュレーションを行った. 振動体の振動は, 初期変位 3mm を与えた自由振動のシミュレーションを行った. 空隙距離が12.5mmと20mmのシミュレーション結果を各Fig. 5, Fig. 6に示す. グラフは横軸が時間(sec), 縦軸が変位(mm)である. このグラフからわかるように, 空隙距離が12.5mmの場合の振動体の振動が収束する時間は, 20mmの場合の時間を比べると短く, 素早く振動を抑制している.

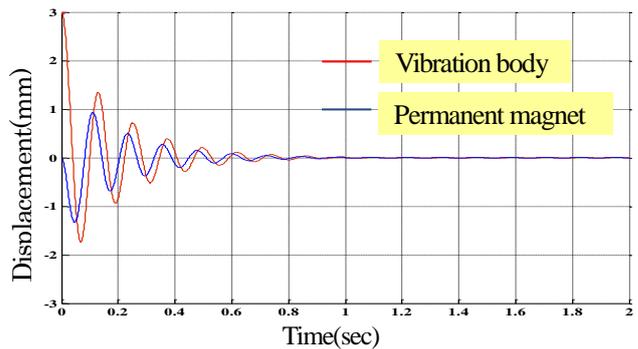


Fig. 5 Vibration control air gap 12.5mm

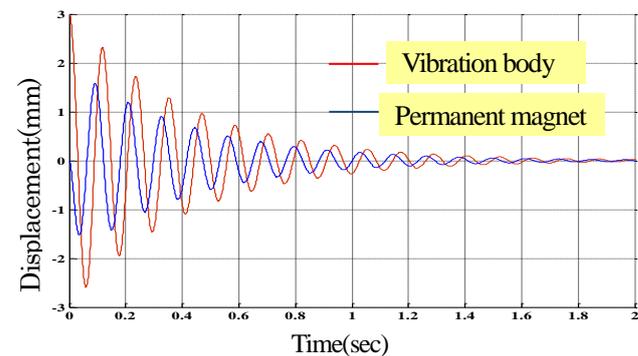


Fig. 6 Vibration control air gap 20mm

## 5. 結言

本実験では, VCMを用いた永久磁石の吸引力を利用した振動抑制原理について述べた. 今回のシミュレーション結果では, 永久磁石による振動抑制効果があることがわかった. 今後, 試作装置を用いて実験を行い有効性の検証を行う.

## 参考文献

- [1] <http://www.maruichikokan.co.jp/product/process.html>
- [2] [http://www.shinko-elec.co.jp/NewsRelease/new\\_18.htm](http://www.shinko-elec.co.jp/NewsRelease/new_18.htm)