

正 浜松 弘(北九州高専)

○ 花岡 健司(北九州高専専攻科)

Hiroshi HAMAMATSU, Kitakyushu National College of Technology, Shii, Kokura-minami-ku, Kitakyushu
Kenji HANAOKA, Kitakyushu National College of Technology

Keywords: Bearing, Maintenance, Piezoelectric actuator, Bimorph, Pump mechanism

1. 緒 論

旋盤やフライス盤などの回転体を使用した機械品には焼きつき防止のために、軸受部分への定期的なグリースの供給が必要である。しかし、手作業による給脂では作業忘れによる給脂不足、グリース中への屑等の混入、給脂作業に伴う危険などの問題がある⁽¹⁾。さらに、製鉄プラント内に存在する軸受の数は膨大で手作業には限界がある。そこで本研究では、それらの問題点を解決するための軸受メンテナンス機構として、自動で確実な給脂を行える自動給脂装置の開発を目的とする。本報では、 piezo素子を用いた装置の設計を行う。

2. 自動給脂装置

自動給脂装置は定量のグリースを定期的に圧送する装置で、ポンプ機構とグリース貯蔵部で構成されている。

図1にアステック入江社製の自動給脂装置を示す。図1のポンプ機構は加圧部とピストンで構成されている。ピストンの動作原理では、給水口から空気中の水蒸気を吸収することで、加圧部に使用されている膨張材が膨張し、圧力が発生する。その圧力でピストンが押し下げられ、グリースが吐出口から排出される。

その他の動作原理として、加圧部に化学反応などによりガスを発生させ、そのガス圧によりピストンがグリースを外部に押し出すもの、パイメタルの熱変形によりグリースを押し出すもの、piezo素子の圧電効果により押し出すものが考えられる。

3. 装置の構成

3.1 駆動システム構成

図2に自動給脂装置の駆動システム構成を示す。本研究では、自動給脂装置のポンプ機構にpiezo素子を利用し、その制御をPCで行う。ポンプ機構の制御は、PCのデジタル信号をDA変換ボードでアナログ信号に変換し、piezoアンプで信号を増幅した後、piezo素子に電圧を加えることにより行う。

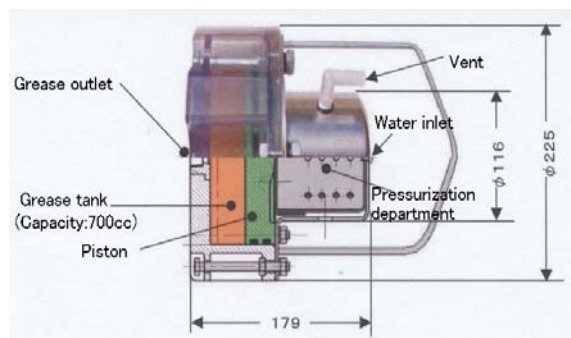


Fig. 1 Auto grease supply system ⁽²⁾

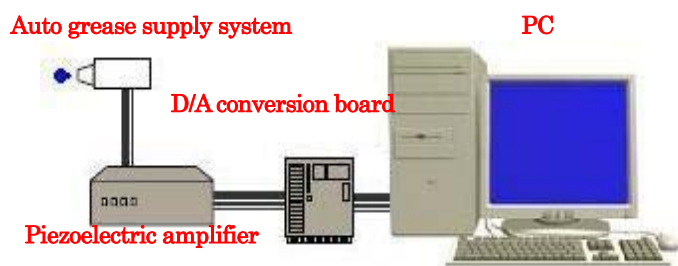


Fig. 2 System constitution

また、piezo素子は力を電圧に変換したり、電圧を力に変換したりする性質（圧電効果）をもつセラミックス製の薄膜で、圧電効果によりpiezo素子自体の体積が伸縮する。piezo素子の体積の変形量は微小であり、piezo素子をポンプとして利用するために、piezo素子のみを使った機構と、piezo素子の変形量を増幅したpiezoアクチュエータを使った機構について検討を行う。

3.2 パイモルフ型piezo駆動

図3に自動給脂装置の全体図を、図4にポンプ機構を示す。自動給脂装置のグリース貯蔵部は、ポンプ機構の上部に配置し、パイプを通してグリースをポンプ機構に流し込む。また、約一年間安定してグリースを供給するためには、必要なグリース量が700ccである⁽²⁾ことから、グリース貯蔵部は容積 $70 \times 10^{-3} [m^3]$ の円柱の形状とした。

ポンプ機構は、左右に取り付けたpiezo素子が圧電効果による体積の伸縮によって、グリースの流れているパイプを圧迫し、グリースを押し出す。piezo素子はpiezo素子の種類の中で、体積の変形量が大きいパイモルフ型piezo素子を使用する。また、ポンプ機構の上下にはグリースの逆流防止のために弁を取り付けた。

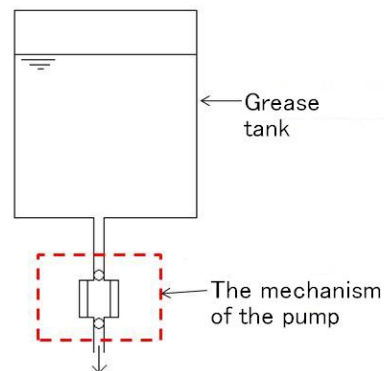


Fig.3 Auto grease supply system

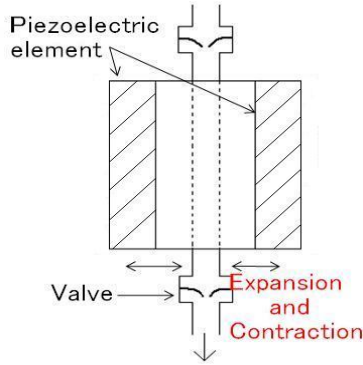


Fig.4 Mechanism of pump

次にピエゾ素子がパイプを圧迫する力について検証する。バイモルフ型ピエゾ素子の変形により発生する力は、次の式で求められる⁽³⁾。

$$F = \frac{2t \cdot a \cdot d_{31}}{L \cdot s_{11}^E} \cdot V \text{ [N]}$$

L, a, t: バイモルフ型ピエゾ素子の長さ, 幅, 板厚
 s_{11}^E : 電界一定の場合の弾性コンプライアンス
 d_{31} : 圧電定数 V: 電圧[V]

使用するピエゾ素子の条件は、L=40[mm], a=10[mm], t=0.55[mm], $s_{11}^E=17 \text{ [pm}^2/\text{N]}$, $d_{31}=450 \text{ [pm/V]}$, V=100[V]である。よって、発生する力はF=0.728 [N]となる。また、ポンプ機構に使用するピエゾ素子は二つなので、パイプを圧迫する力は1.45 [N]である。パイプをナイロン製(縦弾性係数: 3.0[GPa])とすると、フックの法則よりパイプのひずみは 1.21×10^{-6} となり、パイプはほとんど変形しない。

3.3 増幅機構付きピエゾアクチュエータ (APA) 駆動

APA 駆動の自動給脂装置は、バイモルフ型ピエゾ駆動のポンプ機構だけを変更したものであり、APA をポンプとして利用している。

図5にAPAの写真を、図6にAPAの原理を示す。APAは機械増幅機構を持つピエゾアクチュエータで、アクティブ材料の伸張と、これをこの原理を応用し機械的に増幅するためのメカニズムから成り立っている。コンパクトなサイズにもかかわらず、大きなストロークを得ることができる。APAは図6に示すように電圧を加えると内部のピエゾ素子の体積が膨張し、APA全体が収縮する引張アクチュエータである。このため、APAの利用は収縮後に元の形に戻ろうとする力(復元力)に限られる。

図7にAPA駆動のポンプ機構の正面図を、図8にポンプ機構の側面図を示す。ポンプ機構の動作原理として、上部が固定されたAPAが収縮することにより、APAの下部に取り付けられたピストンを収縮させる。これにより図8(b)に示すようにピストンによりせき止められていたグリースが流れ出す。次にAPAに加えられる電圧がなくなると、APAは元の形に戻ろうとし、グリースはAPAの復元力により押し出される。この構造の利点は、グリースを押し出した後は再び図8(a)のようにパイプ内を分断するので、グリースの逆流防止の弁が必要ない点である。



Fig.5 APA

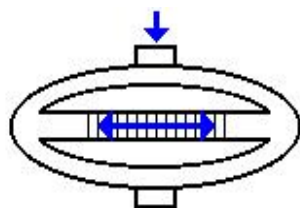


Fig.6 Theory of APA

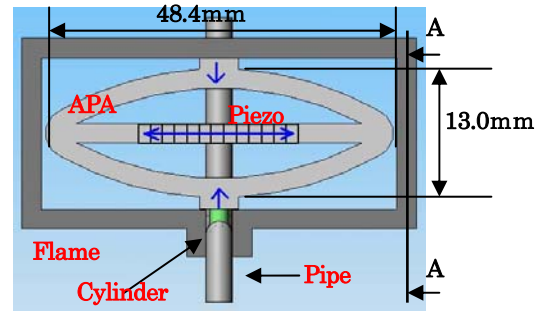


Fig.7 Mechanism of pump (front view)

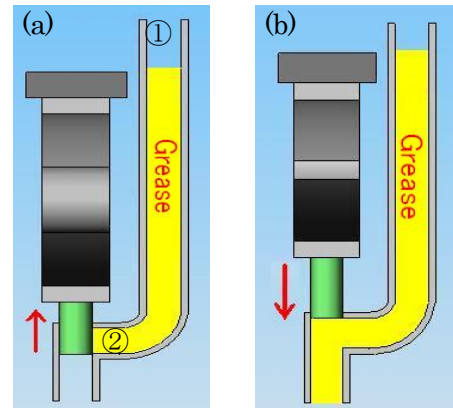


Fig.8 Mechanism of pump (side view)

次に APA を収縮させたときに、静止したグリースが流れ出すようにパイプの寸法を導出する。まず、グリースは出光のダフニーメカニク EF を使用する(粘度 $\nu=21.92 \text{ [mm}^2/\text{s]}$, 密度 $\rho=0.861 \text{ [g/cm}^3]$)。液面の高さ H を 150[mm]、液面と流出部の圧力を大気圧とすると、ベルヌーイの式より

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + H = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

よって、流出部の流速 v_2 は 1.71[m/s] となる。また、円管内の流れが乱流になるパイプの直径は次式から求められる。

$$\text{Recri} > \frac{v_2 d}{\nu}$$

Recri: 臨界レイノルズ数=2320

d: パイプの直径[m]

ν : 動粘度[m²/s]

よって、図8(b)で静止したグリースがシリンダの上昇とともに流れ出すには $d < 29.8 \text{ [mm]}$ であることが求められる。

4. 結論

バイモルフ型ピエゾ素子と増幅機構付きのピエゾアクチュエータを用いた自動給脂装置の設計を行なった。その結果、以下の結論が得られた。

- (1) バイモルフ型ピエゾ駆動の自動給脂装置では、パイプを圧迫する力は1.45[N]で、パイプが変形しないため、グリースを押し出すことができない。
- (2) APA 駆動の自動給脂装置で、静止したグリースが再び流れ出すためのパイプの直径は 29.8[mm]未満である。

文献

- (1) 前間・杉村・山本, 非定常グリース潤滑機構, 日本機械学会講演論文集 No. 28 (2002).
- (2) DAG-ST400, アステック入江製.
- (3) 圧電セラミックス, FDK 技術資料, BZ-TEJ001-0211, pp. 17-19.