

座屈平行板ばねを用いた 超音波リニアモータの保持・加圧機構

高野昌宏* 廣崎憲一* 滝本幹夫** 市村悟*** 中村健太郎****

緒言

超音波リニアモータに用いる平板状振動子は、振動子自体は単純な構造であるが、モータとして用いるには振動子を保持し、且つ振動子をスライダに加圧・接触させる機構が必要となる。従来の保持方法としては、振動子の振動の節を弾性体で支持し、且つコイルばねにより振動子をスライダに押し付ける方法が用いられている。しかしながら、支持部で発生する摩擦減衰により振動が低下してしまうことや、加圧力が不安定になることなどが課題である。そこで、振動の低下が小さく、安定した加圧力の発生が可能な保持機構を開発することを目的に、座屈平行板ばねを用いた振動子の保持・加圧一体構造を提案した。本報では、提案した保持加圧機構の概要及び座屈現象を利用したばね特性並びに振動速度の低下の影響について述べる。

保持・加圧機構の概要

図1に提案した振動子の保持・加圧機構を示す。平板状振動子の縦振動モード(L1 mode)と屈曲振動モード(B2 mode)を励振することで、振動子先端の摩擦ヘッドに楕円運動を生成するアクチュエータである。保持・加圧機構は、この振動子の上下に平行に2つの板ばねを設置した構造とした。振動子と板ばねは、B2 modeの節で接着されており、板ばねの両端部はケースに固定されている。本機構は同図に示すように平行板ばね構造であることから、モータにとって重要な送り方向(移動体が移動する方向)の剛性を比較的大きくすることが可能である。さらに、本機構は保持機能と加圧機能を一体化しているため、ガイド部品を必要とせず、コンパクト化が比較的容易である。

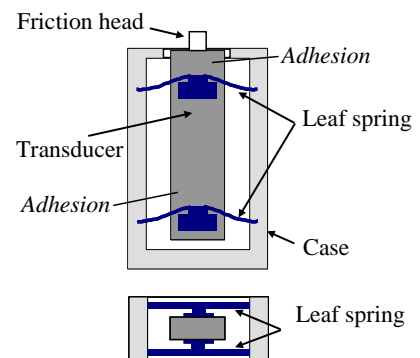


図1 提案した振動子の保持・加圧機構

ばね特性

超音波モータの加圧機構としては、押し込み量が多少変化しても加圧力が変化せず、安定していることが望ましい。本保持・加圧機構の板ばねは、図2に示すように単純な直線ではなく、わずかに上(振動子先端)方向にオフセットした曲線形状としている。これにより振動子が押込まれたとき、板ばねに座屈現象が生じるため、ばね特性は非線形性を有することになる。この現象を利用し、ばねの形状を適正に設計すれば、ある領域で変位に対して加圧力がほとんど変化しないばね特性を得ることができる。この荷重が変化しない現象は、座屈の影響と曲げ剛性の影響のバランスによって生じる。そこで、図2に示すオフセット量UOとLOの寸法を変化した時のばね特性を有限要素解析(ANSYS)で調べた。図3に有限要素解析で得られたばね特性を示す。同図から、UO、LOの大きさを適正に設計することで、任意の押し込み量で荷重一定のばね特性の導出が可能であることが示された。実

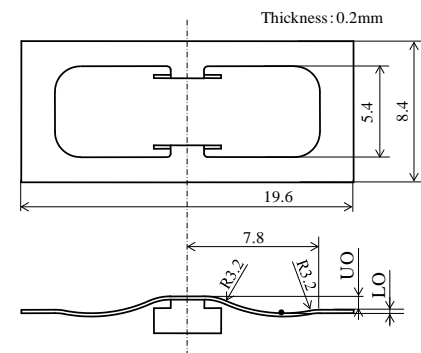
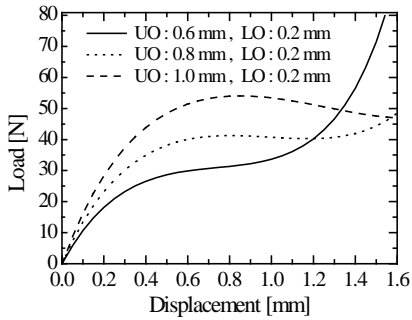


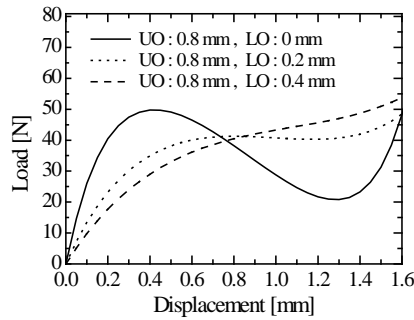
図2 保持・加圧機構の板ばね

*機械金属部 **ニッコー(株)

シグマ光機(株) *東京工業大学



(a) Effect of UO dimension



(b) Effect of LO dimension

図3 ばね特性の解析結果

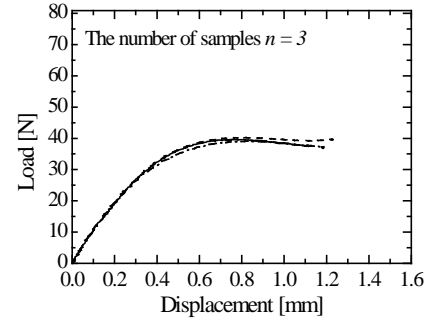
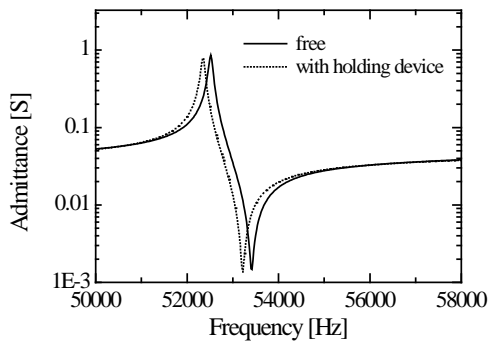


図4 ばね特性の実験結果

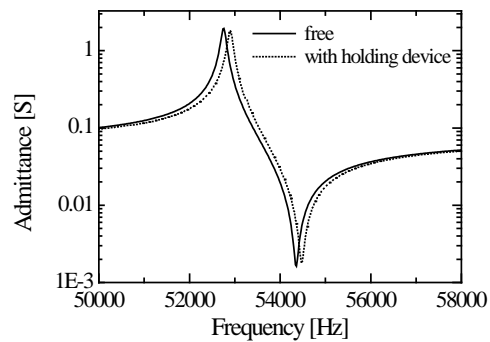
際に試作した保持・加圧機構のばね特性を図4に示す。UOは0.8mm, LOは0.2mmとした3体の供試体で測定した。解析結果とほぼ同様に押し込み量0.7~0.9の区間で、荷重がほとんど変化しないばね特性が得られている。

振動速度への影響

振動子の保持機構としては、振動子の振動速度を低下させないことが重要な要素となる。振動が低下する原因としては、減衰、剛性、質量の増加が考えられる。本保持・加圧機構は、振動子と接着で固定しているため、摩擦減衰が発生せず、減衰は十分に小さいと考えられる。また、剛性、質量に関しては、平行板ばね構造を利用し、振動方向に対しては十分に柔軟な構造とした。有限要素法で剛性、質量の影響を解析した結果、振動速度の低下は3%以下である。実際に試作した保持・加圧機構を取り付けた振動子と取り付けしていない状態の振動子のアドミタンスを比較した結果を図5に示す。同図に示すように保持・加圧機構を取り付けたことによるアドミタンスの変化は十分に小さい。この結果から振動子の振動速度の低下を算出すると10%未満であり、優れた性能を示した。



(a) L1 mode



(b) B2 mode

図5 保持・加圧機構を取り付けたことによるアドミタンスの変化

結言

超音波リニアモータの性能向上を目的に、座屈平行板ばねを用いた振動子の保持・加圧一体機構を提案した。提案した保持・加圧機構は、座屈による非線形効果により、押し込み量によらず荷重一定な領域を持つばね特性が得られた。また、振動速度の低下は10%以下という良好な結果が得られた。

論文投稿

日本機械学会論文集(C編) 2011, vol. 77, no. 783, p. 184-194.