

高機能性デバイスに関する研究

- 精密機器用高性能位置決めテーブルの研究開発支援 -

小石川 勝男* 安 英徳*
浅野 健治*

1. 緒 言

日本の景気低迷や産業の空洞化に伴い、県内の大手企業の活力が低下している。その大手企業に依存する下請け中心の中小企業は、大手からの受注が減少するなど、厳しい状況におかれている。

県では、中小企業がもつ提案力や開発力など既存技術の強化や、大手企業の下請け体質からの脱皮などの体質転換の支援策を積極的に推し進めている。

その一つとして、国と県の補助事業で茨城県県北地区の企業4社による「精密機器用高性能位置決めテーブルの研究開発」について、県の設備の活用と、新機能性材料である超磁歪材料の利用技術を用いて開発支援を行った。

2. 超磁歪材料の特長

超磁歪材料の特性を図1に示す。超磁歪材料の内部は、磁区と呼ばれる領域に分かれている。各磁区は自発磁化をもち、材料の結晶格子は自発磁化の発生に伴って自発的に図1Aのように歪んでいる。この状態から磁界を加えて、各磁区の自発磁化の方向を揃えていくと、図1Bのように自発磁化の回転に伴って自発磁化の歪みもそろっていき、全体としての外形の変化が現れる。

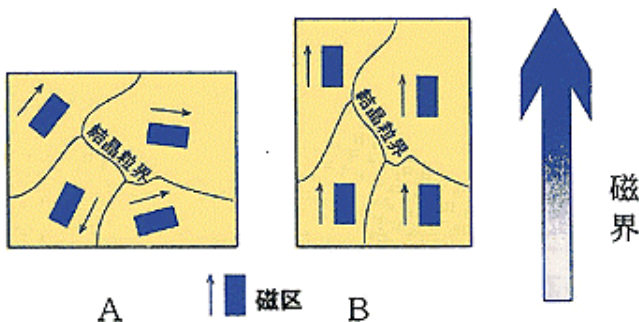


図1 超磁歪材料の特性

磁界を加えるにはコイルを用いる。超磁歪材料に巻かれたコイルに電流を流すと磁界が発生し、前述の特性により外形の変化が起こる。図2はその様子を示している。超磁歪材料は、鉄、ニッケル、コバルトなどの金属と比べ、100～1000倍の外形変化を生じる。

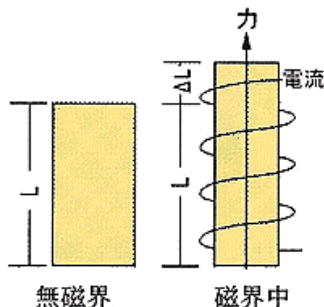


図2 磁界による超磁歪材料の変形

超磁歪材料の主な特長を上げると、図3に示すように大きな発生力、レスポンスが早い、変位量が大きい点などが上げられる。従来、微小駆動用素子として用いられている圧電素子(PZT)と比べ、発生力、変位量で10倍大きく、レスポンスでは1000倍程度優れている。

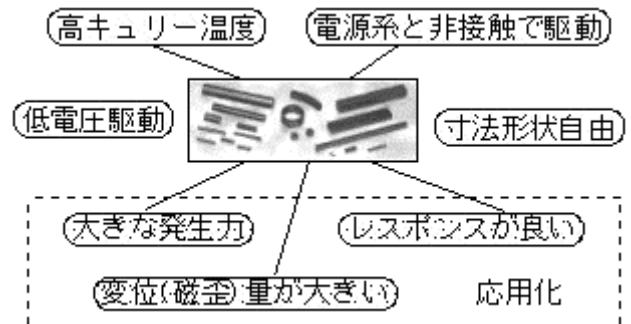


図3 超磁歪材料の特長

3. 精密機器用高性能位置決めテーブルの研究開発支援

3.1 目的

位置決めテーブルは、半導体製造装置や精密工作機械などハイテク機器などに大きく貢献している重要な機械要素である。これらの精度は現在、サブミクロンからナノメートルの領域に移行しており、ますます高度な位置決め精度が要求されている。

今回対象とした位置決めテーブルにおいて、微動位置決めを行うために圧電材料を活用している例があるが、圧電材料では重量物を速く移動させることが困難である。そこで本研究開発では、超磁歪材料を利用した超磁歪アクチュエータによって重量物を速く移動させ、さらに位置決め精度1～10ナノメートルの高精度位置決めを達成させることができる高性能位置決めテーブルを開発する。その概念を図4に示す。

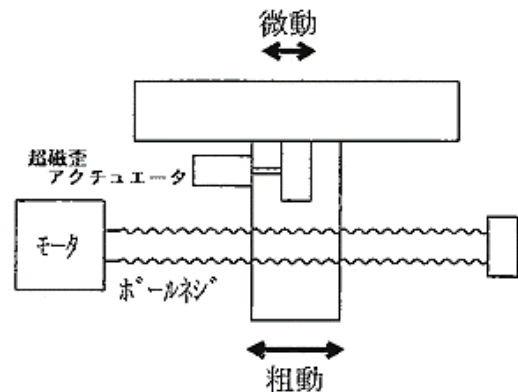


図4 高性能位置決めテーブルの概念図

3.2 超磁歪アクチュエータ

超磁歪材料は米国ETREMA社製TERFENOL-Dで、Fe、Tb、Dyの合金である。直径1.0mm、長さ2.0mmのものを使用し

た。磁界発生用コイルは直径0.3mmで60巻きした。また、予荷重を加えるために永久磁石を使用している。ケースはステンレス鋼304を使用した。

超磁歪アクチュエータの外観を図5に、コイルに流す入力電流とアクチュエータの変位量の関係を図6に示す。



図5 超磁歪アクチュエータの外観図

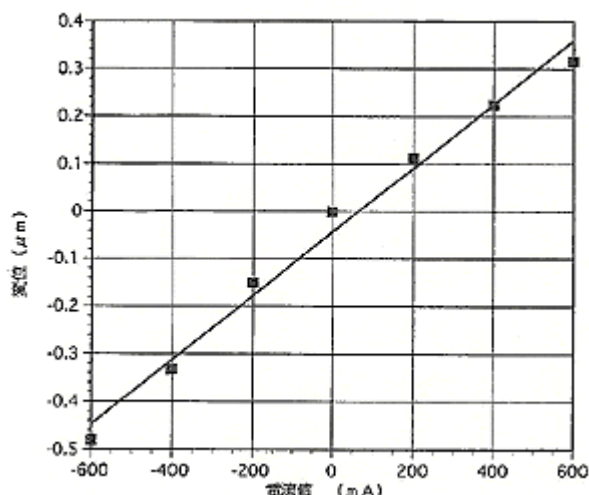


図6 入力電流と変位の関係

3.3 超磁歪アクチュエータを搭載した位置決めテーブル

本研究開発で図5に示したような超磁歪アクチュエータを開発し、位置決めテーブルに搭載して、駆動モータのみでの誤差を随時補正することでナノオーダーの位置決め精度を得ることにした。製作した位置決めテーブルの外観を図7に示す。

テーブル寸法は、全長999mm、幅330mm、高さ208mmで、駆動範囲は200mmである。

本研究開発で開発した位置決めテーブルの全体は図8である。評価試験は、このシステムでおこなった。その結果、本研究開発の位置決めテーブルで、位置決め精度1nm~10nmが達成できたことを確認できた。

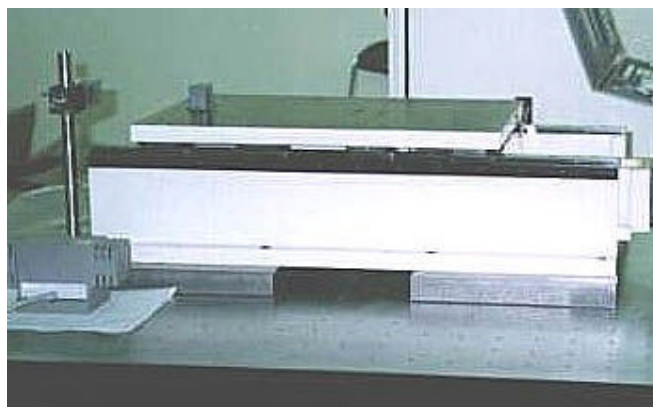


図7 高性能位置決めテーブルの外観



図8 開発した高性能位置決めテーブルの全体図

4. 結 言

新しい機能性材料である超磁歪材料を活用した超磁歪アクチュエータを組み合わせた位置決めテーブル開発の支援を行った。

その結果、次のような効果があった。

- (1)高性能位置決めテーブルの精度について、超磁歪アクチュエータを搭載したことによって、計画通りの位置決め精度目標値1~10nmを達成した。
- (2)超磁歪アクチュエータとセンサの応用技術の組み合わせを基に高性能位置決めテーブルの要素技術の確立できた。
- (3)総合的技術の位置決めテーブル製作のノウハウの構築が図られた。
- (4)研究開発された高性能位置決めテーブルは、超精密位置決めテーブル、精密工作機械、半導体検査・製造装置、測定機、ロボット・組立装置等のハイテク機器の基本要素となるもので、従来の位置決めテーブルと比べて市場性が大きく期待できる。