

精機デバイス部門 超微細加工研究分野 (吉岡勇人研究室)

Email: yoshioka@pi.titech.ac.jp

<http://www.upm.pi.titech.ac.jp/>

(研究分野)

次世代生産環境に対応可能な生産システムの実現を目指して、革新的なマザーマシン及びその構成要素について新たな構造概念の提案とその実現、ならびに超精密加工技術の高度化に取り組んでいる。

(研究テーマ)

1) ナノ加工用超精密スピンドルシステム

(吉岡勇人, 新野秀憲, 澤野宏)

更なる微細機械加工を実現するため、高速・高精度回転、低熱変形を同時に満足するエアタービン駆動超精密空気静圧スピンドルシステムの開発を行っている。空気静圧軸受およびエアタービンを組み込むことにより主軸を完全非接触にて支持・駆動する構造を有し、試作機による評価実験を行っている。さらに各要素の力学的・熱的特性の観点から最適構造の検討を行っている(図1及び図2)。

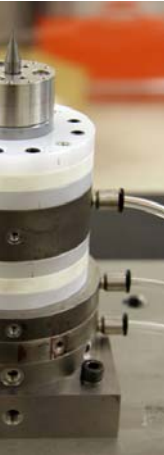


図1 エアタービン駆動超精密スピンドルシステム
Fig.1 Airturbine driven ultraprecision spindle system

2) 完全非接触XYナノ位置決めシステム

(吉岡勇人, 新野秀憲, 澤野宏)

非接触支持・非接触駆動による多自由度超精密位置決めシステムを開発している。本テーブルは、ベース表面に対して静圧案内により浮上しているため、複数のボイスコイルモータ(VCM)をテーブルの周囲に対称に配置し、3自由度(XYθ)の同時制御を行っている。VCMは、その永久磁石をテーブルに固定しているため、テーブルに対して推力の作用点が常に一定であり、テーブルの3自由度の制御は全て独立して行うことが可能である。開発したシステムのナノ駆動特性評価を行うと共に、更なる高性能化について検討を行っている(図3及び図4)。

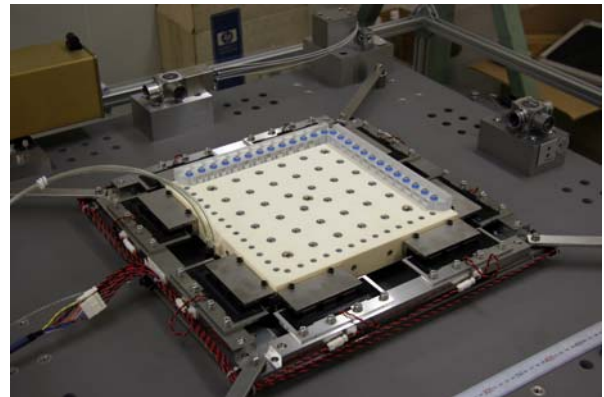


図3 XYナノ位置決めテーブルシステム
Fig.3 XY nano-positioning table system

3) 超精密加工の適応制御(吉岡勇人, 新野秀憲, 澤野宏)

超精密加工を高効率に実現するためには、加工状態認識・制御機能を具備した超精密マザーマシンの構築が必要不可欠である。本研究では、加工点近傍の熱的挙動を高確度で検出可能なインプロセスマイクロセンサを提案するとともに、ダイヤモンド工具すくい面上にセンサを直接搭載している。さらに、マイクロセンサによる加工状態認識の有用性・妥当性について詳細な検討を行い、認識結果に基づいた超精密加工の適応制御について検討を行っている(図5及び図6)。

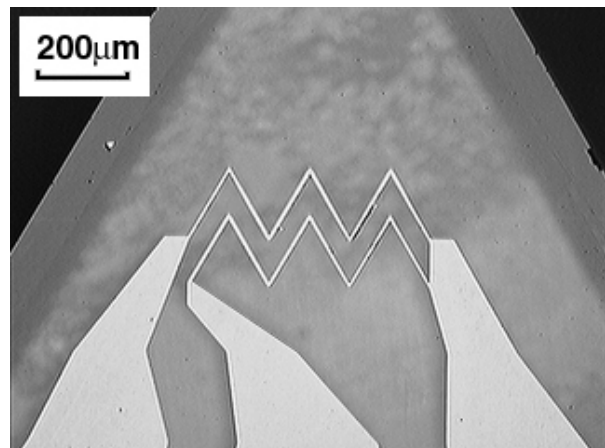


図5 マイクロセンサの光学顕微鏡像
Fig.5 Optical micrograph of the proposed micro-sensor

Precision Machine Devices Division

Ultra Fine Machining Section

(Hayato Yoshioka Group)

(Research Field)

Establishment of a design methodology for a future ultraprecision and intelligent manufacturing system, actual development of the mother machine, its machine components and the related ultraprecision machining technology.

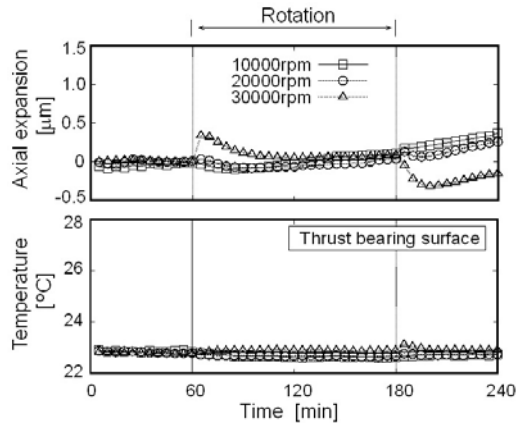


図2 回転中の軸方向熱変位

Fig.2 Axial thermal expansion during rotation

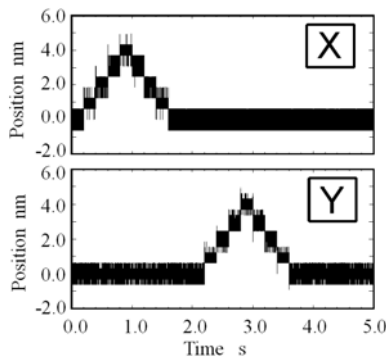


図4 テーブルの1nmステップ応答

Fig.4 1nm step response of the XY table

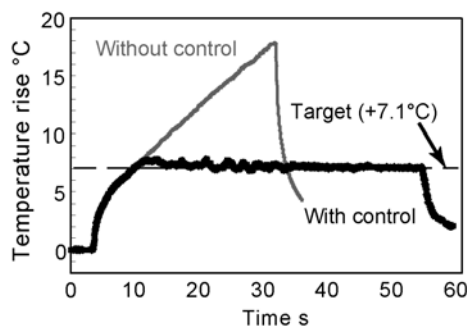


図6 適応制御の一例 (加工温度一定)

Fig.6 An example of adaptive control (Constant machining temperature)

(Current Topics)

1) Ultraprecision spindle system for nano-machining

(H. Yoshioka, H. Shinno and H. Sawano)

High speed rotation, high precision rotation and low thermal expansion are required for an ultraprecision spindle system to realize high speed nano-machining. A prototype spindle system with air bearings and an air turbine was developed and then the basic performance was evaluated. Furthermore, we are investigating the optimal structural design of the spindle system considering the mechanical and thermal characteristics. (Figs. 1 and 2)

2) X-Y Nano-motion table system for a mother machine

(H. Yoshioka, H. Shinno and H. Sawano)

An X-Y nano-motion table system has been newly developed for a mother machine. The moving table with aerostatic bearings is levitated on a large-sized rectangular ceramics base and driven by voice coil motors (VCMs) in a noncontact condition. The VCMs are symmetrically allocated around the table, and then 3-DOF (XYθ) motion of the table can be realized. The table has no mechanical interference among the driving axes due to the symmetrical structure, and hence the positioning controllers could be simple. Remarkable performance of the system has been confirmed. (Figs. 3 and 4)

3) Adaptive control of ultraprecision machining process

(H. Yoshioka, H. Shinno and H. Sawano)

Future flexible and ultraprecision machining systems require intelligent and ultraprecision machine tools equipped with effective in-process monitoring functions. A resistance thermometry type micro-sensor for detecting thermal behavior near the cutting point has been developed. The sensor is mounted directly on the diamond tool tip surface. The machining test results confirmed that the sensor has a remarkable performance. Furthermore, we are investigating adaptive control of ultraprecision machining process using the monitored sensor output. (Figs. 5 and 6)