

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	切込み量制御および加工力検出を実現した回転形工具サーボによる微細表面構造の創成
Title(English)	
著者(和文)	田村勇樹
Author(English)	Yuuki Tamura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10537号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉岡 勇人,新野 秀憲,初澤 毅,進士 忠彦,松村 茂樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10537号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	メカノマイクロ工学 専攻	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学)
学生氏名： Student's Name	田村 勇樹	指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	吉岡 勇人
		指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	新野 秀憲

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「切込み量制御および加工力検出を実現した回転形工具サーボによる微細表面構造の創成」と題し以下の全 6 章から構成されている。

第 1 章の「緒論」では、機能表面やマイクロレンズアレイといった微細表面構造部品の需要の高まりに伴い、微細表面構造創成に要する長大な時間を短縮するために、アクチュエータを用いて工具近傍のみを高速で駆動する高速工具サーボが開発され、加工時間の短縮を実現していることを述べている。一方で、従来の高速工具サーボは旋削加工を対象とするため、複雑形状に対する微細表面構造創成が難しいことを指摘し、柔軟性の高いフライス加工に対する高速工具サーボを実現することで、より自由な形状の加工物に対し微細表面構造を創成する際に、時間短縮が可能であることを述べている。しかしながら、フライス加工に適用するためには回転軸に対しアクチュエータを配置する必要があり、配線の必要がある圧電素子の適応は困難であるため、非接触構造でフライス加工の切込み量制御を行う回転形工具サーボは実現していないことを示している。また、微細表面構造創成に対する加工要求の高まりに伴い、加工精度を劣化する熱変形、工具損耗、ならびに、びびり振動の影響が大きくなっており、高品位な微細表面構造を創成するためには、熱変形の抑制および加工力の検出による加工状態のモニタリングが不可欠であることを述べている。

以上より、本研究は複雑形状部品に対する高精度、かつ高能率な微細表面構造の創成を目的とし、そのためにはフライス加工に適用可能な高速工具サーボである回転形工具サーボを開発し、切込み量の制御および加工力の検出が不可欠であることを述べている。

第 2 章「自己冷却機能を有する熱変形抑制スピンドル」では、高速回転、コンパクト構造、ならびに熱変形抑制を同時に満たすスピンドルの実現のために、エアタービンが有する冷却効果に着目し、エアタービンを回転主軸内に直接組み込むことによって、スピンドルの熱変形を広い回転速度領域で抑制する自己冷却機能を提案している。タービン構造は、溝形状とトルクおよび冷却効果の関係を実験的に明らかにすることで、高トルクかつ高い冷却効果を有するエアタービンを実現している。次に、開発したエアタービンを組み込んだスピンドルの熱的特性について評価を行い、提案する自己冷却機能によるスピンドルの熱変形の抑制について、その有用性を確認している。

第 3 章「自己検知機能を備えた超磁歪素子駆動位置決め機構」では、無接点で駆動可能な超磁歪素子をアクチュエータとして用いることにより、回転体に適用可能な微小位置決め機構を提案している。加えて、超磁歪素子が外部荷重により磁気特性が変化する逆磁歪効果を利用しセンサとして利用されることに着目し、アクチュエータとして用いると同時に自身の状態を検知するセ

ンサとして用いる自己検知機能を提案している。本章では超磁歪素子を逆磁歪効果に基づいた変位センサとして利用し、この推定した変位をフィードバック制御信号として用いることでヒステリシス補償を行う機構を構築している。構築した位置決め機構を用いて、超磁歪素子の基本特性および位置決め特性を評価することにより、提案する微小位置決め機構の有用性を明らかにしている。

第4章「フライス加工に適用可能な回転形工具サーボ」では、第3章で構築した超磁歪素子駆動微小位置決め機構を回転軸に適応し、回転工具の切込み量の制御を高精度かつ高応答に実現する回転形工具サーボを提案している。実際に開発した回転形工具サーボをスピンドルに取り付け、主軸回転中の位置決め特性を評価することで、その有用性を確認している。また、駆動コイル発熱による熱変形を抑制するために、ウォータージャケットによる冷却機構を回転形工具サーボに組み込むとともに、その熱変形抑制効果を明らかにしている。

第5章「回転形工具サーボによる微細表面構造創成と加工力検出」では第4章で構築した回転形工具サーボを用い、2軸送り機構と組み合わせた微細表面構造加工機を構築し、切込み量制御時の加工特性を評価し、微細表面構造の創成実験を通して、その有用性を確認している。また、第3章の自己検知機能で変位推定に用いた超磁歪素子の逆磁歪効果を加工力検出に適用し、検出コイルに生じる逆起電力を測定することで加工力の検出を行い、微細表面構造創成において加工精度を劣化する工具異常とびびり振動の検出を実現している。

第6章「結論」では本論文で得られた結論を総括し、今後の展望について述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	メカノマイクロ工学 専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学)
学生氏名 : Student's Name	田村 勇樹	指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	吉岡 勇人
		指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	新野 秀憲

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In recent years, demands for adaptation functional surface to a large-scale and complex structure have increased. In order to reduce the lead time, a Fast tool servo (FTS) method has been proposed. In the method, to reduce moving part inertia of the machine tool, an adjacent to cutting tool is only driven by a highly responsive and highly accurate actuators. The conventional FTS method has restriction of workpiece shape. Moreover, with increasing the integrity of textured surface, deterioration factors, such as chattering, and tool wear, have a great influence while machining.

In this thesis, in order to fabricate micro-scale texture on complex surface with a FTS, a novel rotary FTS for milling process is developed. Additionally, the machining condition is monitored by detecting cutting force using its actuator.

The conventional FTS widely employs a piezoelectric actuator. However, because of requirement of the energy supplying cables, applying to the rotary FTS is difficult. Therefore, a novel rotary FTS employs a giant magnetostrictive element (GME), which can be driven without contact using magnetic flux change. On the other hand, under a stress, the GME changes its magnetic characteristics. In this study, the GME is used not only as an actuator but also as a sensor to detect its own condition i.e. a displacement, a force, a vibration.

The performance evaluation results confirmed that the developed rotary FTS can control depth of cut with high response and high precision. Additionally, a developed micro texture generator installed rotary FTS achieved reduction of the lead time of the generating micro pattern structure by milling process. Meanwhile, machining condition can monitor by detecting cutting force based on the proposed method. In consequence, the proposed rotary FTS can be effective for generation of micro-scale textured surface.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).