

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	多自由度・高応答レンズ駆動アクチュエータによる厚板レーザ加工の高速・高品質化の研究
Title(English)	
著者(和文)	森本貴景
Author(English)	Yoshihiro Morimoto
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9863号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:進士 忠彦,北條 春夫,初澤 毅,佐藤 海二,吉岡 勇人,比田 井 洋史
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9863号, Conferred date:2015/3/26, 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)： 博士 Academic Degree Requested	Doctor of	( 工学 )
学生氏名： Student's Name	森本 貴景		指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	進士 忠彦	
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	北條 春夫	

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は、「多自由度・高応答レンズ駆動アクチュエータによる厚板レーザー加工の高速・高品質化の研究」と題し、6章から構成されている。

第1章「緒論」では、本研究の背景及び目的が述べられている。レーザー切断、穴あけ加工では、レンズで集光した高エネルギー密度のレーザー光で材料を熔融し、高圧のアシストガスで除去する。軟鋼、ステンレス製の厚板を対象としたレーザー切断、穴あけ加工において、加工の高速化、高品質化、及び加工効率の向上が要求されている。これら要求を満たすため、切断加工では1)加工部分へのアシストガス供給の改善、2)切断面に生成される条痕の微細化、穴あけ加工では、3)レーザーの高出力化に伴う過剰な酸化燃焼の抑制が課題である。そこで本研究では、アシストガスを供給するノズルに対してレーザー光焦点の相対位置を制御し切断、穴あけを行うことで、上記3つの課題を解決する手法を提案、効果を評価することを目的とした。

第2章「レンズ駆動アクチュエータを備えたレーザー偏心加工システム」では、アシストガスを加工部分に効率良く供給し、速やかに熔融金属を排出可能とするため、従来、ガス供給用ノズル中心軸と同軸上に固定されていたレーザー光軸を、相対的に加工方向前方に偏心させる手法(レーザー偏心加工)を、2次元加工に適用可能な加工システムの実現を目的としている。まず、面内光軸-ノズル中心軸間の偏心量、方向を変更するため、集光レンズ及びレンズホルダを弾性ヒンジ案内により支持し、2組の対向する電磁石の吸引力を用いて面内並進2自由度方向に駆動するアクチュエータを提案、試作した。次に、既存レーザー加工機と本アクチュエータを組み合わせ、レーザー偏心加工システムを構築した。厚み12mmの軟鋼を対象としたレーザー偏心加工試験を実施し、偏心無しの場合と比べ、加工速度の約25%の向上、及びワークへのドロス付着の回避を確認した。

第3章「レンズ駆動アクチュエータの小型・軽量・大ストローク化とレーザー偏心加工の評価」では、第2章で課題とされた、レンズ位置決め範囲の拡大と、提案したレーザー加工システムの将来的な実用化を想定した機構の小型、軽量化を目的としている。レンズホルダを静圧空気軸受により非接触案内し、電磁吸引力で面内方向に駆動する三角形のアクチュエータを提案、試作した。前章で開発したアクチュエータと比較し、レンズ位置決め範囲を約2倍に拡大しながらも、全体寸法の3割減、質量の半減を達成している。また、広範囲、高応答の安定した位置決め制御の実現のため、電磁力非線形補償法として部分バイアス電流法の適用とバイアス力法の提案を行った。更に、レンズホルダ大変位に起因するコイルインダクタンス変化の補償のため、可変ゲイン型電流フィードバックを提案し、それらの有効性を示している。本アクチュエータを用いた偏心加工システムを用いて、厚み12mmの軟鋼、ステンレスを対象としたレーザー偏心加工を実施し、広い偏心量の適用により、軟鋼では最大36%の加工速度向上と最大53%の面粗さ改善、ステンレスでは最大31%のアシストガス圧及び消費量の低減を実証した。

第4章「レーザー光焦点の円・上下運動を用いた厚板鋼板の切断面品質の向上」では、レーザー切断加工時の、切断面粗さを更に改善可能な加工手法の提案、評価を目的としている。厚板のレーザー切断加工時、条痕と呼ばれる、切断面に形成される周期的な溝が深くなりやすく、面粗さ悪化に繋がる。レーザー光焦点を面内円、面外上下運動させながらレーザー切断加工を行うことで、切断面に積極的に細かい条痕を生成し、面粗さを改善する手法を提案した。厚み9,12mmの軟鋼を対象に、提案手法を用いたレーザー切断加工試験を実施し、焦点位置を固定する場合と比べて、高周波数条件の円、上下運動の適用により、条痕が微細化される傾向にあることを確認した。その結果、円運動適用時には最大65%の、上下運動適用時には最大55%の面粗さの改善を達成している。

第5章「レーザー光焦点の円・上下運動を用いた厚板鋼板の穴あけ加工の高速化」では、特に酸素ガスを使用する厚板の穴あけ加工に着目し、穴あけ開始時の板表面での過剰な酸化燃焼を抑制しながら、加工時間を短縮することを目的としている。穴あけ加工中、レーザー出力を高めながら、レーザー光焦点を円、上下運動させることで見かけのレーザー強度を抑えて、過剰な酸化燃焼の主な原因とされる、加工初期のワーク表面での熱の集中を抑える手法を提案した。厚み12mmの軟鋼を対象に、レーザー穴あけ加工試験を実施した。焦点位置固定時には、レーザー出力増加により発生していた過剰な酸化燃焼を、レーザー光焦点の円、上下運動の適用により抑制できることを確認した。併せて、レーザー出力増加前と比べ、加工時間が16%短縮されることを確認した。

第6章「結論」では、本論文で得られた成果を総括し、今後の課題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).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 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 Doctor of	( 工学 )
学生氏名 : Student's Name	森本 貴景		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	進士 忠彦	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	北條 春夫	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

In chapter 1, the background and purpose of this study were described. In laser cutting and piercing, a focused laser beam melts and vaporizes a part of the workpiece, and the molten material is blown away by an assist gas jet from a nozzle placed coaxially with the laser beam. The increments of the machining speed, the cut surface quality and the machining efficiency are desired in laser cutting and piercing of thick mild and stainless steel plates. In this research, laser cutting and piercing methods utilizing the control of laser focus position, relative to the assist gas nozzle, were proposed to improve the laser machining performance.

In chapter 2, a method to increase the laser cutting speed and quality was discussed. The relative displacement between the laser focus position and the assist gas nozzle (off-axis control) has been shown to improve the assist gas supply on cut front. Therefore, the real-time off-axis control was proposed to be applied in two-dimensional cutting. The lens drive actuator consisting of elastic hinges and electromagnets was developed and integrated with a conventional laser cutting machine. As a result, the maximum cutting speed increased and the dress attachment decreased.

In chapter 3, a more compact lens drive actuator consisting of aerostatic bearings and electromagnets was proposed to enlarge the laser focus positioning range. In off-axis laser cutting with larger eccentric displacement, not only the maximum cutting speed but also the surface roughness and the assist gas consumption were improved.

In chapter 4, multi-DOF oscillations of the laser focus position was proposed to control the formation of striations in the laser cutting. By utilizing orbital and vertical oscillations of laser focus position, the striations and the surface roughness became smaller than that without oscillations.

In chapter 5, the combination of high initial laser power and an oscillation of laser focus position was proposed to avoid a heat concentration on the top surface of workpiece in laser piercing. By utilizing orbital and vertical oscillations of laser focus position, the piercing time decreased without generating the excessive oxidization combustion.

In chapter 6, summary and future works were described.

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).