

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	森本 貴景	
		氏名	職名	氏名	職名
論文審査 審査員	主査	進士 忠彦	教授	吉岡 勇人	准教授
	審査員	北條 春夫	教授	比田井 洋史	准教授
		初澤 毅	教授		
		佐藤 海二	准教授		

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

論文題目: 「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」

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加工の高速・高品質化の研究」と題し、全6章から構成されている。

第1章「緒論」では、軟鋼やステンレス鋼の厚板のレーザ切断、穴あけ加工において、加工時間の短縮、切断面などの高品質化、アシストガス消費量の低減などの要求があることを述べている。これらの要求に対して、切断加工では、切断フロントへのアシストガスの効率的供給と切断面に形成される条痕の微細化が、穴あけ加工では、レーザ高出力化に伴い発生するセルフバーニングを抑制することが有望であるとしている。本論文では、アシストガス供給用ノズルの中心に対して、レーザ光の焦点を、加工方向にオフセット、回転・上下運動可能なレーザ加工機システムを構築し、それをを用いた切断、穴あけ加工の高速・高品質化への効果を実験的に評価することを目的としている。

第2章「レンズ駆動アクチュエータを備えたレーザ偏心加工システム」では、切断フロントに効率良くアシストガスを供給するため、ガス供給用ノズルの中心に対して、レーザ光焦点を先行させる切断加工（偏心加工）を試みている。はじめに、偏心加工を任意形状の切断に適用するため、レーザ集光レンズの駆動による多自由度焦点位置制御システムを提案している。具体的には、弾性ヒンジ案内と電磁石を組み合わせたレンズ駆動用の2自由度アクチュエータの提案、試作を行い、既存レーザ加工機と組み合わせた加工システムを構築している。次に、CO<sub>2</sub>レーザを用いた厚さ12mmの軟鋼の偏心加工を実施し、通常加工に比べ、直線切断速度の向上や、任意加工の一例である円形加工におけるドロス低減効果を確認している。

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偏心加工の評価」では、ノズル中心に対する焦点位置のシフト量を拡大した偏心加工における、加工速度、面粗さ、アシストガス消費量などへの影響を詳細に調査している。まず、集光レンズの位置決め範囲の拡

大と、実用化を想定した小型、軽量化のため、静圧空気案内と電磁石を組み合わせた2自由度レンズ駆動アクチュエータを提案、試作している。試作アクチュエータは、電磁石のインダクタンス変化を含めた非線形性補償法の適用により、半径1mmの全動作範囲における150Hz以上のバンド幅を実現している。また、このアクチュエータを搭載した加工機により、CO<sub>2</sub>レーザによる厚さ12mmの軟鋼、ステンレス鋼の切断加工を実施している。軟鋼の直線切断では、偏心なしと比べ、偏心量450μmにて加工速度を最大36%向上、偏心量550μmで面粗さ53%低減を達成し、高速・高品質化への効果を示している。また、ステンレス鋼の直線切断では、偏心なしと比べ、偏心量1mmにて、加工速度、面粗さを低下させることなく、アシスト用高純度窒素ガス供給圧力の31%低減を実現し、加工コスト削減への効果も示している。

第4章「レーザ光焦点の円・上下運動を用いた厚板鋼板の切断面品質の向上」では、ノズル中心に対するレーザ光焦点の加工軌跡に付加する円・上下運動により、切断面に形成される条痕を微細化し、面粗さの改善を試みている。集光レンズを3軸方向に駆動可能な高応答磁気浮上型レンズ駆動アクチュエータと、既存のレーザ加工機を組みわせ、切断加工試験を実施、条痕の形状と面粗さを評価している。ファイバーレーザによる厚さ9~12mmの軟鉄の直線切断を実施し、レーザ光焦点の円運動の有無での切断面の面粗さを比較している。円運動の半径と周期を、0~100μm、0~200Hzの範囲で調整することで、最大65%の面粗さの低減を、上下運動でも、振幅、周波数を0~2.5mm、0~80Hzの範囲で調整することで、最大53%の面粗さの低減を実現し、焦点位置の円・上下運動による切断面の高品質化への効果を示している。

第5章「レーザ光焦点の円・上下運動を用いた厚板鋼板の穴あけ加工の高速化」では、穴あけ加工時の、レーザ高出力化による加工時間の短縮と、加工品質を低下するセルフバーニングを抑制するため、レーザ光焦点の円・上下運動を導入した穴あけ加工法を提案している。実験では、第4章と同じ加工システムを用いたCO<sub>2</sub>レーザによる厚さ12mmの軟鋼を対象にした穴あけ加工を実施している。はじめに、通常加工に比べ、レーザ出力を1.5倍にすることで、加工時間は短縮されるが、セルフバーニングも発生することが確認されている。これに対して、円・上下運動を加えることで、セルフバーニングが抑制でき、同時に、最大16%の加工時間の短縮も実現し、加工の時間短縮と高品質化を同時に満たすことを示している。

第6章「結論」では、本論文で得られた研究成果を総括するとともに、今後の課題を述べている。

以上要するに、本論文は、ノズル中心に対するレーザ焦点位置のオフセット、円・上下運動が、レーザ切断における加工時間の短縮、切断面の高品質化、アシストガスの低減に、また、レーザ穴あけ加工時間の短縮と加工の高品質化に有効であることを明らかにしたもので、工学上、工業上貢献することが大きい、よって、本論文は博士（工学）の価値あるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(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。