

シュリンクフィッタ応用光学系を用いた 高精度レーザー微細加工装置の開発

野 中 敏*

Study of a Fine Laser Material Processing System with Fine Optical Setup Using Shrink fitter

by Satoshi NONAKA

従来レーザー加工は、炭酸ガスレーザー、YAGレーザーによる、穴あけ、切断、そして溶接など、いわゆる高エネルギービームによる熱加工がほとんどであり、比較的精度を要求されない金属部品の加工に用いられることが多かった。しかし、高周波Qスイッチの利用や、ファイバーレーザー、さらにはフェムト秒レーザーなどの登場により、熱影響の少ない加工が可能となり、近年、セラミックス、ガラスなど脆性材料へのレーザー加工の応用が試みられている。また、これらの加工においては、広い面積を高速且つ高精度に加工することが要求されている。高速加工を可能とするガルバノメータを用いた加工方式において、シュリンクフィッタを応用した光学系を用いて高精度なレーザー微細加工装置を開発することが出来たので、その成果を本論文に纏めた。

本論文は、「シュリンクフィッタ応用光学系を用いた高精度レーザー微細加工装置の開発」と題して、全6章より構成されており、その要旨は以下のとおりである。

第1章「緒言」では、研究の背景ならびにレーザー加工と他の加工方法との比較、さらにはレーザー加工装置の現状について述べ、開発した装置の目標について記述している。さらに後段では、開発したレー

ザ微細加工装置に用いた高精度な光学系を可能としたシュリンクフィッタ法の原理と特徴について記述している。

第2章「試作装置の概要」では、最初に、開発した装置に用いた大口径レンズ、ならびにシュリンクフィッタの設計に関して記述している。レンズ設計では、第1章で記述した目標の仕様を満足させるため、光学解析ソフトを用いて設計を行い、その結果について述べている。また、シュリンクフィッタの設計においては、レンズへの締め付け力が広い温度範囲で一定になるように、有限要素法を用いて最適設計を行ったのでその結果について述べている。さらに、後段では、ガルバノミラーを用いたビーム走査系を主体に、ビームエキスパンダの役割などについて説明を行っている。また、最終段では、ワークを設置する加工テーブルについて説明し、開発したレーザー微細加工装置の概要を纏めている。

第3章「ビームスポットの評価」では、開発した装置について、その性能評価の結果を記述している。最初に、組み立て誤差がビームスポット径に与える影響について、光学解析ソフトにより考察した結果を記述し、その後、実際にビームプロファイラを用いて測定したビームのスポット径の測定結果を記

*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 新潟県工業技術総合研究所中越技術支援センター
〔新潟大学博士（工学）平成18年3月23日授与〕

述している。解析ソフトでの解析結果では、レンズの組み立て誤差は、ビームスポット径に与える影響は少ないことが分かった。さらに、ビームスポット径の測定とともに、CCDカメラによるビームスポット形状の観察結果も示している。後段では、レーザービームが加工テーブル上に照射された場合の、ビームスポット照射位置精度について記述している。最初に、ビームスポット径で考察したと同様に光学解析ソフトにより、レンズの組み立て誤差がビームスポット照射位置精度に与える影響について考察している。その後、実際の照射位置精度について測定を行い、ビームスポット照射位置精度の評価結果を記述している。解析結果では、レンズの組み立て誤差の、ビームスポット照射位置精度に与える影響が大きいことがわかった。また、ディストーションと呼ばれるレンズの歪曲収差により、理想とする照射位置からずれた位置に、レーザースポットが照射されることが事前に明らかとなっていたが、測定でも解析値に一致したディストーションが測定された。

第4章「ビームスポット照射位置誤差(ディストーション)の補正」では、第3章で記述したディストーションによるビームスポット照射位置誤差を最少二乗法により補正を試みた結果について記述している。最初に、導入した補正式について述べ、その補

正式の最適な次数を決定するための検討結果について記述している。次数の決定においては、最少のデータ数で目標とする位置決め精度を得ることができる最小の次数を求めている。また、次数を求めるに使うデータの測定パターンについても記述している。後段では、得られた補正式により、ガルバノメータに与える指令値に補正を行い、ビームスポット照射位置精度を測定した結果を記述している。最適な補正により、目標とするビームスポット照射位置精度が得られている。

第5章「高出力レーザーによる加工実験」として、開発したレーザー微細加工装置を用いて、ステンレス板を加工した後の加工痕を評価することにより、加工径を求めた結果を示している。前段ではパルスレーザーの繰返し周波数を変化させた場合の加工痕の測定結果を、後段では実際の加工を模してスキャンした場合の加工痕の測定結果を示している。加工痕の観察からは、計測で得られたビームスポット径と同等の数値が得られた。

第6章「結論」では、本論文で得られた結果を総括している。

終わりに、研究ならびに本論文作成において、多大な指導を賜った新田勇教授に深く感謝の意を表します。