

フェムト秒レーザーによる
高精度 3 次元形状加工 CAM システムの開発

2022 年度

河上 浩之

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	河上 浩之
主論文題名：					
フェムト秒レーザーによる高精度3次元形状加工CAMシステムの開発					
(内容の要旨)					
<p>フェムト秒レーザーによるアブレーション加工は、材料への熱影響が小さく、導電体のみならず誘電体、そして難削材の精密加工が可能であり、切削工具成形、微小穴あけ、材料表面のパターン形成などに用いられている。しかし、従来は2次元/2.5次元加工が適用されているが、アブレーションによる除去形状が同定されておらず、3次元形状の高精度な成形が困難であった。そこで本研究では、アブレーションによる3次元除去形状を同定し、加工形状を高精度に予測する加工シミュレーションシステムを構築するとともに、同定された3次元除去形状を仮想的な工具形状として逆オフセット法を適用し、3次元形状を形成するためのCAMシステムを開発することを目的とした。</p> <p>第1章では、フェムト秒レーザー加工の特徴を概説し、本研究の背景と目的を述べた。</p> <p>第2章では、フェムト秒レーザーの技術背景として、パルスレーザー発振技術、レーザー加工に用いられるレーザーの種類、そしてフェムト秒レーザー発振に用いられているチャープパルス増幅技術について概説した。また、フェムト秒レーザー加工において発生するアブレーションとインキュベーション効果の現象について解説し、提案するシミュレーションシステムに組み込むためのモデル化手法および計算式を提示した。さらに、現在用いられているレーザー加工用CAMシステムの機能について解説した。</p> <p>第3章では、アブレーションにより除去される3次元形状を仮想工具形状として同定する手法を述べた。フルエンスとアブレーション率の関係性の多段階近似、レーザー照射位置誤差、吸収率変化によるフルエンスの補正係数を導入することにより、高精度な加工形状予測が可能なモデルを構築した。さらに、仮想工具形状を同定するためのアブレーションパラメータを、オンマシン計測器によって自動的に同定するシステムを開発し、アブレーションパラメータの同定を効率化した。開発した計算モデルおよびパラメータ同定システムを用いて、バインドレスナノ多結晶ダイヤモンドのアブレーションパラメータと仮想工具形状を同定した。</p> <p>第4章では、レーザー加工における3次元加工経路の導出法について述べた。本手法では、切削加工における逆オフセット法をレーザー加工に適用し、仮想工具形状の逆形状の走査包絡面よりレーザーの照射経路を得た。さらに、材料に対してレーザーの照射位置を3軸制御した場合に生じる削り残り形状(アンダーカット形状)をシミュレーションにより予測し、レーザーの照射位置・角度を5軸制御してアンダーカット形状を追加工する加工経路を得た。得られた加工経路による加工実験を行い、2.5次元加工経路に比べて高精度な3次元形状の成形が可能となることを確認した。</p> <p>第5章では、結論として各章で得られた研究成果を要約し、今後の展望を述べた。</p>					

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	KAWAKAMI, Hiroyuki
Thesis Title Development of CAM System for Forming High-precision Three-dimensional Shape Using Femtosecond Laser			
Thesis Summary <p>The ablation method using femtosecond laser enables to precisely process many kinds of materials with low thermal effects so that the method is utilized for cutting tool forming, micro hole processing, and patterning on material surface. However, the precise three-dimensional shape forming by the ablation processing with 2-dimensional or 2.5-dimensional paths is difficult because the three-dimensional removal shape is not identified in ablation processing. Therefore, the purpose of this research is to construct a simulation system for predicting the processed shape with high accuracy by identifying ablated three-dimensional removal shapes, and to develop a CAM system for forming a high-precision three-dimensional shape by applying the inverse offset method with an identified three-dimensional removal shape as a virtual cutting tool shape.</p> <p>In chapter 1, the characteristics of femtosecond laser processing are summarized, and the background and purpose of this research are described.</p> <p>In chapter 2, pulsed laser oscillation technologies, laser types used for processing, and a chirped pulse amplification method are summarized as background of femtosecond laser technologies. Phenomena of ablation and incubation effect are explained, and the calculation model and model equations of the phenomena are presented to incorporate them in the simulation system. Furthermore, functions of currently used CAM systems for laser processing are described.</p> <p>In chapter 3, the identification method of a three-dimensional removal shape as the virtual cutting tool shape is described. A model to precisely predict the removal shape is then developed by applying the piecewise approximation between the ablation rate and the fluence, the position error of the laser irradiation, and the correction coefficient of fluence by the absorption rate change. In addition, an automatic identification system of ablation parameters is developed by installing an on-machine measurement system. The ablation parameters and the virtual tool shape of binder-less polycrystalline diamond are identified by the developed systems.</p> <p>In chapter 4, a derivation method of three-dimensional laser processing paths is described. The method is based on the inverse offset method and the processing paths are obtained from the envelope surfaces generated by the inversed virtual tool shape. Additionally, the unprocessed shape by processing with three axes control of laser irradiation positions is predicted by the simulation and is additionally processed using five axes control of laser irradiation positions and angles. The effectiveness of the proposed method is verified by experiments.</p> <p>In chapter 5, results of this research are summarized, and future works are described.</p>			