

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | レーザーによるセラミックスの除去加工に関する基礎的研究   |
| Author(s)    | 大家, 利彦  |
| Citation     |   |
| Issue Date   |   |
| Text Version | ETD   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.11501/3065937">https://doi.org/10.11501/3065937</a> |
| DOI          | 10.11501/3065937  |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

|            |  |
|------------|--|
| 氏名         | 大 家 利 彦  |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (工 学)  |
| 学位記番号      | 第 1 0 7 6 6 号  |
| 学位授与年月日    | 平成 5 年 3 月 25 日  |
| 学位授与の要件    | 学位規則第 4 条第 1 項該当<br>工学研究科溶接工学専攻                                  |
| 学位論文名      | レーザーによるセラミックスの除去加工に関する基礎的研究                                      |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 丸尾 大<br>(副査)<br>教授 西口 公之 教授 小林紘二郎 教授 黄地 尚義<br>教授 松縄 朗 |

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文はレーザーによるセラミックスの高品質、高精度除去加工を目指したものであり、セラミックスのレーザー除去加工における、ビーム入射から材料の離脱までの各過程における加工現象の解析と、これらの加工過程の中で加工パラメータが加工結果に影響を及ぼすプロセスの検討を行っている。本論文は次の 7 章からなっている。

第 1 章は緒論であり、研究の背景および現状での問題点を指摘し、本研究の必要性と目的を述べている。また、レーザーによるセラミックス加工に関する研究の現状および動向を示すと共に、これまでの研究が抱える問題点を指摘している。

第 2 章では、普遍性のある研究成果を得る上で不可欠な、加工点でのビームパラメータ測定を行うため、ビーム計測装置を開発している。そして、3 章以下で使用する各レーザーのパワー密度計測を行っている。

第 3 章では CO<sub>2</sub>、YAG、エキシマの各レーザーを用いて Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、SiC、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及び ZrO<sub>2</sub> セラミックスの除去加工を行い、パワー密度分布を含めた各種ビームパラメータ、及びその他のパラメータと切断カーフ幅、加工面表面粗さ、最大加工速度との関係を明らかにしている。また、セラミックスのレーザー加工における重要問題の一つであるクラックについてはその生成原因と、ビームパラメータによる低減法を示している。

第 4 章では試料表面のビーム吸収を扱い、室温状態から高温状態、そして加工状態に至るまでのビーム吸収率を明らかにすると共に、試料内部へのビームの浸透についても調べ、これらが加工幅、加工速度等の特性におよぼす影響を明らかにしている。

第 5 章では加工用高パワー密度レーザーとしてエキシマレーザーを取り上げ、セラミックス加工中に発生するプラズマの特性のうち、吸収係数、広がり速度及び発生時期といった加工と関係が深いものを、プローブレーザー、並びに分光により測定し、加工速度、形状に対するプラズマの影響を定量的に示している。本章ではプラズマあるいは凝縮粒子による散乱の影響や、加工中の試料表面反射率、プラズマによるビームの吸収機構についても言及している。

第 6 章では加工面の分析、加工過程におけるエネルギーバランス、さらには加工速度－加工面温度の反応速度論解析に基づき、入射したビームエネルギーによるセラミックスの除去形態を示し、各セラミックスの除去機構を明らかにしている。

第 7 章は結論であり、レーザーによるセラミックス加工に関して本研究によって得られた結果をまとめて示すと共に、レーザーパラメータの決定指針、すなわち、セラミックスの種類、加工種による波長、パワー密度及びパルス幅の選定

基準を示している。

## 論文審査の結果の要旨

焼結後のセラミックスの加工手段としてはダイヤモンド工具を用いた研削、切削が用いられているが、これらの方法では加工能率、工具耐久性に問題があり、現在の生産加工手段としての要求に十分応えているとはいえず、新加工技術に対する期待が高まっている。本論文では高いパワー密度のレーザによる除去加工に着目し、加工特性及びこれと関係の深い加工現象の解析を行い、ビーム入射から材料の除去までの過程を明らかにすると共に、ビームパラメータ選定指針を示している。得られた主な成果を要約すると次のとおりである。

- (1) 加工点でのレーザパワー密度分布測定を可能とするビーム計測装置を開発している。これにより中心パワー密度、ビーム径等のビーム特性を実験パラメータとして用いることができるようにしている。
- (2)  $10^4\text{W}/\text{m}^2$ 程度以下のパワー密度範囲ではプラズマは生成されておらず、何れのレーザを用いた場合でも、加工領域は入射ビームのパワー密度分布、セラミックスのビーム吸収率、ビーム浸透深さで決まる温度上昇によって決定されることを示している。すなわち、多光子吸収による熱加工が支配的であることを明らかにしている。
- (3)  $10^5\text{W}/\text{m}^2$ 以上の高パワー密度域でのセラミックス加工で加工部に発生するプラズマに関して、ビーム照射からプラズマ生成までの時間遅れ、プラズマの広がり速度、吸収係数分布等を測定した上で、プラズマと入射ビームとの相互作用を明らかにしている。さらに、セラミックスのエキシマレーザ加工における加工深さ不均一の発生現象をプラズマによるビーム吸収により定量的に説明している。
- (4) レーザによるセラミックスの除去過程について、加工中の温度及び加工プロセスにおけるエネルギー移行とエネルギーバランスを明らかにし、セラミックスの除去過程が内部原子間結合の解離現象によって律速されていることを示している。
- (5) 加工現象、各レーザの特性をふまえ、セラミックスの種類、加工の区分によるレーザパラメータの決定指針を示している。

以上のように、本論文はセラミックスのレーザ除去特性を明らかにすると共に、加工を高精度、高能率で行う上で必要な加工現象の解析を行い、多くの新しい知見を得ている。これらはセラミックスのみならず他の材料のレーザ加工ならびにレーザ応用技術の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。