

Title	レーザの伝播と材料の蒸発を考慮したレーザ穴あけプロセスの有限要素解析
Author(s)	野口, 暁
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48562
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	野口 暁 <small>さとる</small>
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21188 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産科学専攻
学位論文名	レーザーの伝播と材料の蒸発を考慮したレーザー穴あけプロセスの有限要素解析
論文審査委員	(主査) 助教授 大村 悦二 (副査) 教授 平田 好則 教授 片山 聖二 助教授 阿部 信行

論文内容の要旨

レーザー穴あけは主要なレーザー加工の一つであるが、高速かつ微細な加工現象は一般に観測が難しい。現象の理解、最適な照射条件の予測には、コンピュータシミュレーションが有用である。そこで、本論文では、レーザー穴あけの研究でこれまで総合的に取り扱われることがなかったレーザーの伝播、蒸発による質量損失、表面形状変化を同時に考慮したシミュレーション手法を開発した。具体的には、昇華型の蒸発が生じる樹脂のレーザー穴あけと、熔融池流れを伴う金属のレーザー穴あけの二つを取り上げた。レーザーの伝播については、前者では結像光学系の回折、後者ではキーホールでの多重反射を考慮した。以下に各章の概要を示す。

第 1 章では、レーザー穴あけやレーザー溶接のシミュレーションに関するこれまでの研究について述べ、本研究の背景、目的を記した。

第 2 章では、樹脂の蒸発を考慮した樹脂・金属二層板の一次元非定常熱伝導解析を行った。その結果、樹脂のわずかな残存は、レーザー吸収に関わる樹脂厚の減少と金属への熱伝導に起因することを示した。樹脂厚が吸収長より十分大きいときは、パルスあたりの除去量がフルエンスに比例するが、パルス幅にはほとんど依存しないことも明らかにした。

第 3 章では、樹脂・金属二層板のレーザー穴あけについて、結像光学系におけるレーザーの回折と樹脂の蒸発を考慮した二次元軸対称非定常熱伝導解析を行い、実験結果と比較した。その結果、加工穴形状の推定には、光学系の回折を考慮する必要があることを示した。

第 4 章では、VOF 法で表された自由表面におけるレーザーの多重反射を、光線追跡法を用いてシミュレーションする手法を開発した。仮想穴を用いて多重反射計算を行い、比較的穴の深さが浅い段階でも、多重反射の効果によって穴底部のパワーが増加することと、穴が深くなると吸収率が増加することを示した。Nd:YAG レーザの波長程度なら、多重反射計算におけるプラズマ吸収は無視できることも示した。

第 5 章では、金属のレーザー穴あけについて、レーザーの多重反射、材料の蒸発、蒸発反跳力、表面形状の変化を考慮した熱流体解析を行った。その結果、穴の深さが比較的浅い段階でも、多重反射によって穴底部のパワーが増加し、浅い穴をキーホールに成長させる要因になること、熔融金属の表面へ向かう流れは、穴が深くなると、表面張力により熔融池内部へ向かう流れとなり、渦が形成されることなどを明らかにした。

第 6 章では、全体を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、レーザー穴あけの研究でこれまで総合的に取り扱われることがなかったレーザーの伝播、蒸発による質量損失、表面形状変化を同時に考慮したシミュレーション手法の開発とその応用に関する研究成果を、6章にまとめたものである。具体的には、昇華型の蒸発が生じる樹脂のレーザー穴あけと、熔融池流れを伴う金属のレーザー穴あけを取り上げ、数値計算を行って加工プロセスを詳細に検討している。

昇華型の蒸発が生じる樹脂のレーザー穴あけでは、樹脂・金属二層板について、結像光学系におけるレーザーの回折と樹脂の蒸発を考慮した二次元軸対称非定常熱伝導解析を行い、実験結果と比較している。その結果、樹脂のわずかな残存は、レーザー吸収に関わる樹脂厚の減少と金属への熱伝導に起因すること、加工穴形状の推定には、光学系の回折を考慮する必要があることなどを示している。

熔融池流れを伴う金属のレーザー穴あけでは、穴の深さが比較的浅い段階でも、レーザーの多重反射によって穴底部のパワーが増加し、浅い穴をキーホールに成長させる要因になること、熔融金属の表面へ向かう流れは、穴が深くなると、表面張力により熔融池内部へ向かう流れとなり、渦が形成されることなどを明らかにしている。

このように、本論文は、レーザー穴あけの新しいシミュレーション手法を開発するとともに、2種類のレーザー穴あけについて具体的に数値計算を行って、加工現象を定量的かつ系統的に明らかにしている。これら一連の研究成果は、現象が高速かつ微細で一般に観察が難しいレーザー穴あけの加工プロセスを理解し、最適な照射条件を予測する上で極めて有用であり、生産加工と生産科学の分野へ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。