

CAM-system-based Intelligent Process Planning
and Control of Directed Energy Deposition
for Easy Fabrication of Accurate Shape

July 2020

UEDA, Masahiro

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲 第 号	氏 名	上田 真広
<p>主 論 文 題 名 :</p> <p style="text-align: center;">CAM-system-based Intelligent Process Planning and Control of Directed Energy Deposition for Easy Fabrication of Accurate Shape</p> <p style="text-align: center;">(簡易で正確な造形のための CAM システムをベースにした 指向性エネルギー堆積法の知的工程計画と制御)</p>			
<p>指向性エネルギー堆積法 (Directed Energy Deposition (以下 DED)) は、複雑な部品を、最終形状に近い形状で、金属粉末から直接短時間で製造することだけでなく、損傷した部品の修理や異種材のコーティングにも独自に適している。そのため幅広い分野において、次世代の製造技術として期待されている。DED では、レーザノズルの動作制御に加えて、レーザ照射と粉体供給を含む複雑な操作が必要であるため、その工程計画と積層装置の制御には専用の CAM システムが強く求められている。一方で、DED 用の CAM に関する研究は非常に限られており、また市販の CAM ソフトウェアであっても DED 特有の操作を実行させるための機能を十分に備えていない。そこで本研究では、DED の工程計画と積層装置の制御を行うための知的な手法を提案し、アドインモジュールとして従来の切削加工用の CAM ソフトウェアへ実装することで、正確な形状を簡易に造形できるようにするための、DED 専用の CAM システムの試作を開発した。</p> <p>第 1 章に、本研究の背景と目的を概説した。</p> <p>第 2 章では、開発した CAM システムによる工程計画の流れについて述べた。積層対象をすべて除去する仮想切削工具パスを作成し、その逆再生により DED の生成的なノズルパスを作成することを提案した。また、仮想切削シミュレーションデータに基づいて各積層点での操作変数を調整することにより、積層量を適応制御する方法を提案した。さらに、重力方向に固定されたレーザノズルに対して、被積層面が常に垂直になるようにワークの姿勢を制御することが、安定した積層を実現するのに重要であることを指摘し、本研究で提案する CAM システムを用いた工程計画で実現した。</p> <p>第 3 章では、本研究で使用した DED 型 AM 装置の応答性を特定する手法、及びその応答性を補正し目標の幾何形状を得る手法について述べた。応答性を特定する手法を実行した結果、レーザノズルの動作制御は、レーザ出力の制御および粉末供給の制御に対し、比較的短い応答遅れ時間を持つことが明らかになり、積層量を調整するための操作変数として選択した。</p> <p>第 4 章では、過去の研究で使用された分析モデルを参照し、本研究での積層試験環境に適用して、積層に使用される操作変数の妥当性を確認した。また過去の研究に準じて、直線形状の積層試験データに対して回帰分析を行い、操作変数と積層量の関係式を得た。</p> <p>第 5 章では、開発した CAM システムの実行可能性を検証するために、単純形状から 3 次元形状までの部品に対し NC プログラムを生成し、積層試験を実施した。その結果、幾何学的に正確な積層形状が得られることを確認した。また積層中の溶融池観察から、安定した積層のためのワーク姿勢制御の必要性を示唆した。</p> <p>第 6 章に、結論として各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を要約した。</p>			

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	UEDA, Masahiro
Thesis Title			
<p>CAM-system-based Intelligent Process Planning and Control of Directed Energy Deposition for Easy Fabrication of Accurate Shape</p>			
<p>Directed Energy Deposition (DED) is uniquely suited not only for rapid manufacturing of complex parts with near net shape directly from metal powder but also repair of damaged parts and coating of heterogeneous materials. Therefore, it is expected to be a next generation manufacturing technology for a wide range of disciplines. Owing to its complicated operation involving laser application and powder supply in addition to laser nozzle motion control, the dedicated CAM is being strongly required to plan DED process and control deposition system. However, the number of studies on CAM for DED is very limited and no commercial CAM software is fully capable to handle DED specific operations. In this study, an intelligent methodology for process planning and control of DED was presented and implemented as an add-in module into traditional commercial CAM software for subtractive machining and dedicated CAM system for DED was prototyped in order to fabricate accurate shape easily.</p> <p>Chapter 1 summarizes the background and the objectives of this research.</p> <p>Chapter 2 describes the process planning flow using the developed CAM system. Reverse play of the virtual cutting tool path removing the entire object was proposed to plan generative paths of DED. Also, a method of adaptive control of deposition volume by adjusting operation variables at each deposition point based on virtual cutting simulation data was proposed. Moreover, workpiece orientation control keeping the surface to be deposited perpendicular to the nozzle fixed in gravity direction was emphasized for stable deposition and realized in the developed CAM system.</p> <p>Chapter 3 provides a method to identify responsiveness of DED type AM system used in this study and compensate it for creation of targeted geometry. Consequently, laser nozzle motion control had comparatively short response delay time than laser power and powder supply control and the nozzle motion speed was selected as an operation variable to modulate deposition volume.</p> <p>In Chapter 4, the analysis model studied in past research was applied to the deposition environment of this study to confirm the appropriateness of operation variables used in deposition. Also, following past research, using the regression analysis based on empirical data of single lines deposition, the relational expression of operation variables and deposition volume was obtained.</p> <p>In Chapter 5, to study on the feasibility of the developed CAM system, several parts from simple to three-dimensional were deposited by applying it to generate NC programs. The experiments resulted in geometrically accurate deposition shape. Also, the observation of a melt pool formation during deposition indicated that the necessity of workpiece orientation control for stable deposition.</p> <p>Chapter 6 summarizes the results of this study.</p>			