

Teilprojekt A 11

Titel

Maß- und Formgenauigkeit beim generativen Laserstrahl-
Auftragschweißen

Projektleitung/-bearbeitung

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing.

Johannes Henrich Schleifenbaum

Projektbearbeitung: Bold, Marie, M. Sc.; Zielinski, Jonas, M. Sc.

Lehrstuhl für Digitale Additive Produktion (DAP), RWTH Aachen
University

Aufgabenstellung

Herausforderung und zentrale Aufgabenstellung im Teilprojekt A11 ist die Erhöhung der geometrischen Präzision beim Laserauftragschweißen (LMD). Im Berichtszeitraum wurde der Fokus auf das präzise Füllen von muldenartigen Geometrien mit Freiformoberflächen mittels LMD und dem Ermitteln von Richtlinien für eine optimierte offline Bahnplanung für den LMD Prozess gelegt. Durch die unterschiedlich großen Neigungswinkel der Oberflächen in Freiform-Mulden ist die im Schweißprozess resultierende Schichtdicke stark ortsabhängig, was zur Sicherstellung eines stabilen Prozesses in der offline Bahnplanung berücksichtigt werden muss.

Vorgehensweise

Um gängige offline Bahnplanungsmethoden hinsichtlich ihrer Genauigkeit bei der Vorhersage von Schichtdicken auf geneigten Freiformoberflächen zu untersuchen, wurde eine Muldengeometrie mit unterschiedlich stark geneigten Oberflächen (siehe Abbildung 1a) per Laserauftragschweißen gefüllt, wobei die Bahnplanung jeweils anhand der in Abbildung 1b dargestellten Methoden durchgeführt wurde. Im Rahmen der Arbeit wurden zwei Methoden untersucht: die sogenannten z- bzw. n-Offset-Methoden. Bei der „z-Offset-Methode“ wird von einer gleichmäßigen Translation der Oberfläche in z-Richtung (entgegengesetzt der Erdanziehungskraft) um die Schichtdicke

d ausgegangen, unabhängig von der lokalen Neigung der Oberfläche. Die „n-Offset-Methode“ berücksichtigt eine lokale Translation um die Schichtdicke d in die Richtung der Oberflächennormale, siehe Abbildung 1b. Diese zwei Methoden unterscheiden sich an geneigten Oberflächen und der Unterschied der prognostizierten Oberflächengeometrien steigt mit steigendem Neigungswinkel an.

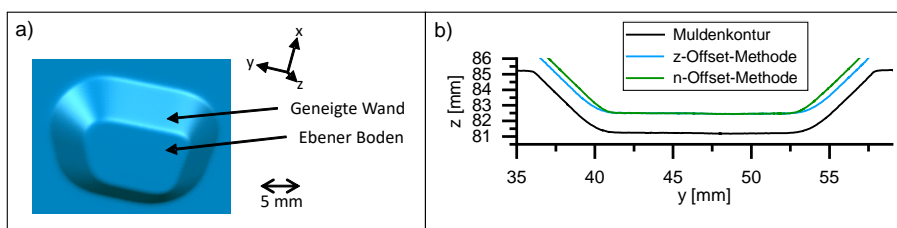


Abbildung 1: a) untersuchte Muldengeometrie mit geneigten Oberflächen, b) Querschnitte der Muldenoberfläche und der prognostizierten Oberflächen nach z- bzw. n-Offset-Methode

Zur Untersuchung der zwei offline Bahnplanungsmethoden wurden die Mulden schichtweise mittels Laserauftragschweißen gefüllt, wobei nach jeder Schicht ein 3D-Laserscan durchgeführt wurde und die Abweichungen zwischen realer Oberflächengeometrie und prognostizierter Oberflächengeometrie ausgewertet wurden.

Ergebnisse

Die Schichtdicke an geneigten Flächen wird durch die Bahnplanung auf Basis der z-Offset-Methode systematisch unterschätzt und auf Basis der n-Offset-Methode systematisch überschätzt, siehe Abbildung 2a und b. An nicht geneigten Flächen unterscheiden sich die zwei Methoden nicht und sagen die Schichtdicke korrekt voraus. Die Abweichungen der Prognosen von der real aufgeschweißten Schichtdicke sind betragsmäßig ungefähr gleich, sodass eine „Durchschnittsmethode“ entwickelt wird, die die Prognosen auf Basis von z- und n-Offset-Methoden mittelt. Die experimentelle Validierung zeigt eine sehr gute Übereinstimmung (Abweichung $< 6\%$) der Prognose auf Basis der Durchschnittsmethode und der real aufgeschweißten Schichtdicken, siehe Abbildung 2c.

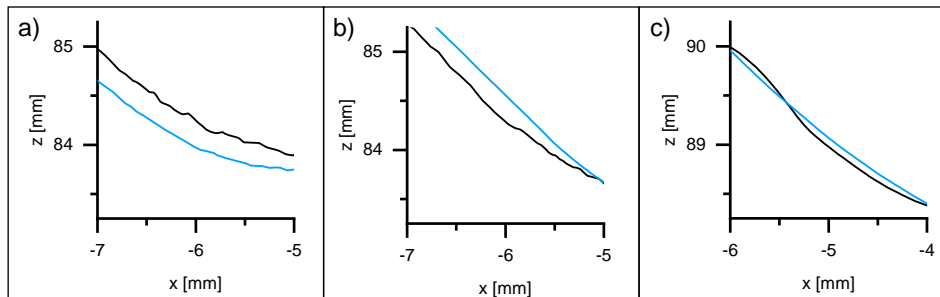


Abbildung 2: Querschnitte der realen (schwarze Linie) Oberflächengeometrien und der prognostizierten (blaue Linie) Oberflächengeometrien nach a) z-Offset-Methode, b) n-Offset-Methode, c) Durchschnittmethode, jeweils nach vier Lagen

Zusammenfassung und Ausblick

Die Präzision der Vorhersagemethoden der Oberflächengeometrie, die als Basis für die offline Bahnplanung dienen, kann mit der Durchschnittmethode erheblich verbessert werden und ermöglicht dadurch eine vergrößerte Prozessstabilität.

Im Folgenden wird der Fokus auf die Beeinflussung der Mikrostruktur der laserauftraggeschweißten Nickelbasissuperlegierung Inconel 718 gelegt. Die Mikrostruktur (auftretende Phasen, Korngrößen, Dendritenarmabstände) soll über die Prozessparameter gezielt eingestellt werden, bspw. auch durch kontrollierte örtliche und zeitliche Modulation der Laserleistung. Dazu werden im ersten Schritt die Auswirkungen der Prozessparameter auf die resultierende Mikrostruktur experimentell und simulativ untersucht.

Veröffentlichungen

M. Bold, N. Pirch, S. Ziegler, J. H. Schleifenbaum: Evaluation of offline path planning for laser metal deposition on freeform surfaces, Conference proceedings: Lasers in Manufacturing Conference 2019

N. Pirch, S. Linnenbrink, A. Gasser, J. H. Schleifenbaum: Laser-aided Directed Energy Deposition of Metal Powder Along Edges; Conference proceedings: ICALEO 2019 (International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics)

SFB 1120

Jahresbericht 2019



**RWTHAACHEN
UNIVERSITY**

M. Bold, J. Zielinski, S. Ziegler, J. H. Schleifenbaum: Study of Laser Metal Deposition of IN718 on Inclined Planes: Influence of Inclination on Height and Width of Deposited Material, Conference Proceedings: Metal Additive Manufacturing Conference 2019