

Teilprojekt A3

Titel

Massiv parallelisierte Simulation der Schmelzbaddynamik des Laserstrahl-Mikroschweißens mit modernen numerischen Verfahren

Projektleitung/-bearbeitung

Prof. Wolfgang Schulz, Christoph Schöler

Lehr- und Forschungsgebiet Nichtlineare Dynamik der Laser-Fertigungsverfahren

Aufgabenstellung

Die im vergangenen Zeitraum adressierten Aufgabenstellungen betreffen zum einen die Untersuchung der zeitliche Variation der Schmelzbadfläche beim Laserstrahl-Mikroschweißen mit örtlicher Modulation der Laserleistung anhand eines Wärmequellenmodells. Zum anderen betreffen sie die Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des Wärmetransports in zeitlich veränderlichen Gebieten einschließlich der Auswahl geeigneter numerischer Methoden.

Vorgehensweise

In Experimenten zum Laserstrahl-Mikroschweißen mit örtlicher Leistungsmodulation lassen sich an der Oberseite des Werkstücks periodische Schwankungen der Schmelzbadfläche beobachten (Teilprojekt A1). Hierbei wird der Laserstrahl auf einer Bahn geführt, die sich aus einer gleichförmigen Bewegung in Vorschubrichtung und einer dieser überlagerten Kreisbewegung zusammensetzt. Dieses Verhalten wurde mithilfe eines 3D-Wärmeleitungsmodells abgebildet, in dem die Energieeinkopplung durch eine äquivalente Wärmequelle beschrieben wird. Zur Lösung der Wärmeleitungsgleichung wurde ein schneller OpenMP®-parallelierter FE-Löser eingesetzt.

Zur Beschreibung des Wärmetransports in zeitlich veränderlichen Gebieten wurden zunächst unterschiedliche numerische Methoden für eine schnelle und effiziente Simulation untersucht und ein Konzept zur Realisierung erstellt. Eine Testaufgabe wurde formuliert, anhand derer sich die Genauigkeit und Performance der Methode evaluieren lässt.

Ergebnisse

Bei der Simulation des Laserstrahl-Mikroschweißens mit örtlicher Leistungsmodulation wurde eine Gaußsche Wärmequelle entsprechend der experimentellen Prozessführung über das Werkstück bewegt. Das experimentell beobachtete Verhalten der zeitlichen Variation der Schmelzbadfläche, die während eines Umlaufs der Prozessführung auftreten, konnte qualitativ durch das Wärmequellenmodell abgebildet werden. Zur quantitativen Beschreibung der Schmelzbadabmessungen wurde ein Zielfunktional formuliert, welches eine automatisierte Kalibrierung der Wärmequelle ermöglicht. Hierbei wurde die aufgrund der kleinen räumlichen Skala eingeschränkte Zugänglichkeit von experimentellen Referenzdaten berücksichtigt.

Im Hinblick auf die Simulation des Wärmetransports in zeitlich veränderlichen Gebieten wurden Methoden untersucht, die eine Verwendung von kartesischen Gittern ermöglichen und somit den hohen Vernetzungsaufwand, der bei konturangepassten Vernetzungen auftritt, vermeiden. In diesem Zusammenhang wurden drei Methoden zur Formulierung von „**Embedded Boundary Conditions**“ ausgewählt, die eine Formulierung der Randbedingungen an von den Knotenpunkten der Vernetzung abweichenden Positionen erlauben. Mit der Implementierung in vorhandene FEM Löser wurde begonnen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die nächsten Arbeitspunkte lauten:

- Kalibrierung einer Wärmequelle zur quantitativen Analyse
- Ableiten eines ersten Modulationskonzeptes zur Kompensation des oszillatorischen Verhaltens
- Implementation der numerischen Methoden in C++
- Benchmark für die EBC Methode im Arbeitskreis M4

Veröffentlichungen

C. Schöler et al.: 'A fast method for automated calibration of heat sources' in *Mathematical Modelling of Weld Phenomena 11*, Verlag der Technischen Universität Graz, 2016. **tbp**