

Masterarbeit

Regelungsorientierte datengetriebene Modellbildung für die zeitlich-räumliche Temperaturentwicklung in Werkstücke bei der additiven Fertigung

Felix Teppe

Die additive Fertigung ermöglicht eine schnelle Prototypenfertigung und die Produktion von kundenspezifischen oder komplex geformten Teilen. Zu den Problemen bei der additiven Fertigung von metallischen Werkstückchen (z.B. mittels Direct-Laser-Deposition - DLD) gehören die Sicherstellung und Konstanz der Produktqualität aufgrund fehlender Regelung [1,2].

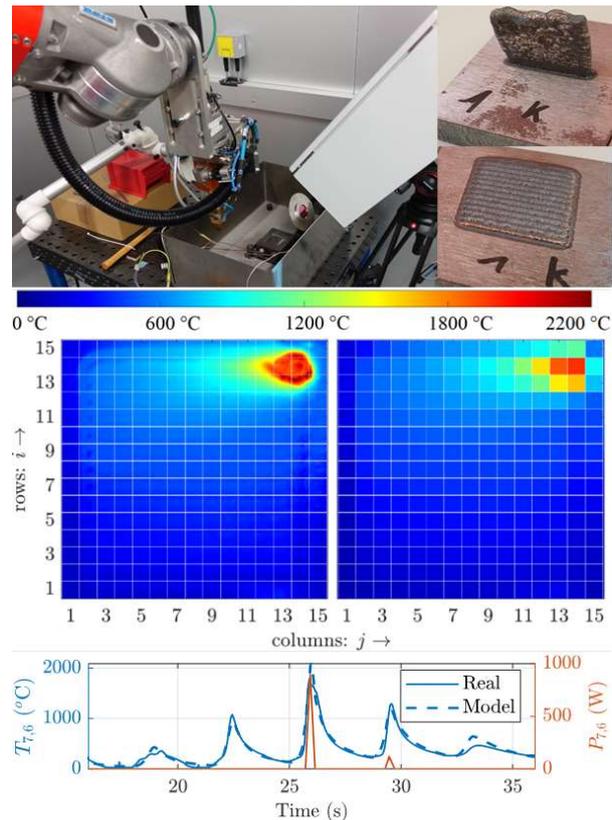
Ein entscheidender Einflussfaktor für die mechanischen Eigenschaften von metallischen Werkstücken ist der Temperaturverlauf während der Fertigung. Seine Modellierung und berührungslose Messung sind aufgrund komplexer physikalischer Phänomene bzw. temperatur- und phasenabhängiger Werkstoffparameter herausfordernd. Um diese Probleme zu überwinden, wird die regelungsorientierte Modellbildung der Temperaturentwicklung additiv gefertigter Werkstücke während des Produktionsprozesses erforscht [1,2,3,4,5]. Dazu wurden lineare zeitvariante (LPV) Modelle aus der Wärmeleitungsgleichung abgeleitet und deren Parameter mit von einer Infrarotkamera während der Fertigung aufgenommenen Bildern identifiziert [6,7,8,9].

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die schon implementierten Modellierungsalgorithmen mit Infrarotkameradaten eines Metall- und Kunststoff-3D-Druckers getestet, sowie Verbesserungen der Modelle untersucht und umgesetzt werden. Die Umsetzung erfolgt in MATLAB.

Folgende Teilaufgaben sind vorgesehen:

- Einarbeitung in die Problemstellung;
- Recherche zur Identifikation zeitlich-räumlicher Systeme mit dynamischen Randbedingungen, zu dynamischen Systeme mit wachsender Anzahl von Zuständen und zur Temperaturmodellierung mit Massenübertragung;
- Aufbereitung von Infrarotkameradaten (Diskretisierung, Filterung, Korrektur, Unterabtastung);
- Weiterentwicklung des bestehenden Modellierungsverfahrens (z.B. hinsichtlich Phasenänderung des Materials und Massenübertragung) und Transformation der Modelle in Zustandsform;
- Untersuchung weiterer Identifikationsverfahren (z.B. Prediction Error Method mit Gewichtung), dynamischer Randbedingungen und der Initialisierung neuer Zustände;
- Bewertung und Vergleich der Modellierungsergebnisse für die liegende und stehende Wand mit Kameradaten von Metall- und Kunststoffwerkstücken, sowie mit Daten simulierter analytischer Modelle;
- Dokumentation der Arbeit und Kolloquiumsvortrag.

Betreuer: M.Sc. Guilherme Pereira, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Kroll und Dr.-Ing. Robert Schmoll
Zeitraum: Oktober 2023 bis März 2024



Literatur:

- [1] Thompson, S. M., Bian, L., Shamsaei, N., & Yadollahi, A. "An overview of Direct Laser Deposition for additive manufacturing; Part I: Transport phenomena, modeling and diagnostics." *Additive Manufacturing* 8 (2015): 36-62.
- [2] Sammons, P.M., Bristow, D.A., and Landers, R.G. (2018). Two-dimensional modeling and system identification of the Laser Metal Deposition process. *J. of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 141.
- [3] Shamsaei, N., Yadollahi, A., Bian, L., & Thompson, S. M. "An overview of Direct Laser Deposition for additive manufacturing; Part II: Mechanical behavior, process parameter optimization and control." *Additive Manufacturing* 8 (2015): 12-35.
- [4] Cao, X. and Ayalew, B. (2015). Control-oriented MIMO modeling of laser-aided powder deposition processes. In *2015 American Control Conf.*
- [5] Minkina, W. and Dudzik, S. (2009). *Infrared Thermography: Errors and Uncertainties*. John Wiley & Sons.
- [6] Baehr, H.D. and Stephan, K. (2011). *Heat and Mass Transfer*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [7] Ali, M., Chughtai, S. S., & Werner, H. "Identification of LPV models for spatially varying interconnected systems." *Proceedings of the 2010 American Control Conference*. IEEE, 2010.
- [8] Kahl, M., Schramm, S., Neumann, M., and Kroll, A. (2021). Identification of a spatio-temporal temperature model for laser metal deposition. *Metals*, 11.
- [9] Da Fonseca Pereira, G., Jelcic, G. and Kroll, A. (2023). „Spatio-temporal LPV model of 2D workpiece temperature for Direct Laser Deposition.“ *IFAC World Conference, 2023*.