

Teilprojekt A1

Titel

Steuerung von Geometrie und Metallurgie beim Laserstrahl-Mikroschweißen durch Beeinflussung der Schmelzbaddynamik über örtliche und zeitliche Leistungsmodulation

Projektleitung/-bearbeitung

Projektleitung: Dr.-Ing. Gillner, Arnold

Projektbearbeitung: Häusler, André

Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT), RWTH Aachen University

Aufgabenstellung

Ziel dieses Teilprojektes ist die Ermittlung der präzisionsbestimmenden Zeitkonstanten und Prozessrandbedingungen beim Laserstrahl-Mikroschweißen durch hochauflösende Prozessvisualisierung bei gleichzeitig hoher zeitlicher Auflösung und Steigerung des Prozessverständnisses. Dabei soll eine Erhöhung der Schweißnahtpräzision bzgl. der geometrischen Eigenschaften wie Einschweißtiefenkonstanz, Schweißtiefenkontrolle und Nahtoberflächenrauheit erreicht werden.

Der Hauptschwerpunkt des ersten Jahres im SFB 1120 lag auf der Erstellung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen und der kalorimetrischen Untersuchung von Laserstrahl-Mikroschweißprozessen. Im weiteren Verlauf des Projektes lag der Fokus auf die Entwicklung und Implementierung neuer Analysemethoden, wie zum Beispiel der Integration eines Mikroschweißprozess in einem Großkammer-Rasterelektronenmikroskop (GK-REM) und der Verwendung eines 2D-Röntgen Imaging Verfahrens zur Detektion von Poren.

Im weiteren Verlauf des Projektes wurden diese Analysemethoden genutzt, um die entsprechenden Dynamiken der Dampfkapillare, der Schmelze und der Erstarrung zu visualisieren. Weiterhin wurde die Messung des Einkoppelgrades beim Laserstrahl-Mikroschweißen weiter fokussiert.

Vorgehensweise

Die Realisierung einer örtlich hochaufgelösten Betrachtung eines Laserstrahl-Mikroschweißprozesses durch eine in situ Analyse in einem GK-REM bei unterschiedlichen Materialien führt zur einer Visualisierung des Erstarrungsverhalten sowie der Ausbildung der Wärmeeinflusszone.

Zur Messung des Einkoppelgrades wurde der bestehende Versuchsaufbau um eine weitere Ulbrichtkugel erweitert (s. Bild 1).



Bild 1: Messaufbau mit Ulbricht-Kugel zur Analyse des Einkoppelgrades

Durch die Verwendung eines Strahlteilers und einer zweiten Ulbricht-Kugel besteht nun die Möglichkeit die diffus reflektierte Strahlung in der ersten Ulbricht-Kugel und die direkt gerichtete Reflektion in der zweiten Ulbricht-Kugel zu messen. Der Schweißprozess findet dabei in innerhalb der Ulbricht-Kugel statt.

Des Weiteren wurden die getätigten Aufnahmen zur Detektion von Poren mittels 2D-Röntgen-Imaging Verfahren in Kombination mit einer Bildverarbeitung und –erkennung ausgewertet.

Ergebnisse

Die Integration eines Laserstrahl-Mikroschweißprozesses in das Großkammer-Rasterelektronenmikroskop (GK-REM) des GFE (TP A6) generiert ein neuartiges und innovatives Analyseverfahren. Erstmals ist es gelungen einen Laserstrahlschweißprozess in situ mit einem Rasterelektronenmikroskop aufzuzeichnen und zu beobachten. Die daraus resultierenden Ergebnisse geben Aufschluss über das Erstarrungsverhalten und die

Wärmeausdehnung während des Fügeprozesses. In Zusammenarbeit mit den simulativen Teilprojekten A3 und B7 konnten so Simulationen betreffend des Erstarrungsverhaltens und der Kornstruktur beim Laserstrahl-Mikroschweißen analysiert werden.

Weiterhin konnte durch Nutzung des 2D-Imaging Verfahrens mittels Röntgenstrahlung am IFSW Stuttgart erstmals ein oszilliertes Keyhole sichtbar gemacht werden. Auch die in situ Auswertung der Porosität konnte beim Oszillationsschweißen erstmalig mit Hilfe der Durchstrahlversuche analysiert werden. Hierbei konnten Erkenntnisse zur Entstehung von Poren sowie zur Keyholedynamik erarbeitet werden.

Zusätzlich konnte mit Hilfe des doppelten Ulbricht-Kugel-Versuchsstandes die eingekoppelte Energie beim Laserstrahl-Mikroschweißen von elektrisch und thermisch hochleitenden Werkstoffen mit einer hohen zeitlichen und örtlichen Auflösung gemessen werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Verwendung von zeitlich und örtlich hochauflösenden Diagnosemethoden zur Visualisierung der Schmelz- und Keyholebewegungen konnten Erkenntnisse zur Beeinflussung der qualitätsrelevanten Eigenschaften der Schweißnaht gewonnen werden. Die Integration des Laserstrahlmikroschweißprozesses in das GK-REM ermöglicht zugleich eine noch detailliertere Betrachtung des Fügeprozesses und umliegender Materialbereiche. Zusätzlich wurden die Wirkmechanismen beim Einkoppelvorgang beim Laserstrahlmikroschweißen bei unterschiedlichen Schmelzbadregimen betrachtet, sodass so Aussagen bezüglich der Entstehung von Fehlstellen und der Effizienz des Fügeprozesses getroffen werden können.

Veröffentlichungen

Im Jahr 2017 wurden vier peer-review Veröffentlichungen erstellt:

Francis, J. A.; Gach, S.; Olschok, S.; Haeusler, A.; Gillner, A.; Poprawe, R.; Reisgen, U., 2017, Characterisation of Quasi-Stationary Temperature Fields in Laser Welding by Infrared Thermography, In: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. 48, 2017, 12. ISSN: 0933-5137. Kooperation mit TP A7

Haeusler, A.; Schürmann, A.; Schöler, C.; Olowinsky, A.; Gillner, A.; Poprawe, R., 2016. Quality Improvement of Copper Welds by Laser Micro Welding with the Usage of Spatial Power Modulation. Journal of Laser Applications, 29, S. 22422-1 – 022422-7, 2017

Schöler, C., Haeusler, A., Gillner, A., Karyofylli, V., Behr, M., Schulz, W., Nießen, M., 2017. Hybrid Simulation of Laser Deep Penetration Welding. In: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. 48, 2017, 12. ISSN: 0933-5137. Kooperation mit TP A3 und B5

Pustal, B.; Schwedt, A.; Arntz, D.; Haeusler, A.; Jansen, U.; Schöler, C.; Vossel, T.; Gillner, A.; Bührig-Polaczek, A.; Mayer, J.; Schulz, W.; Poprawe, R., 2017. Modelling Approach towards Tailored Grain Structure in Laser Processing. In: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. 48, 2017, 12. ISSN: 0933-5137. Kooperation mit TP A3, A6, A8, A9 und B9

Weiterhin wurde im Jahr 2017 eine andere Veröffentlichung publiziert:

Haeusler, A.; Gropp, B.; Olowinsky, A.; Gillner, A.; Poprawe, R., 2017. Energy input of a laser micro welding process by using spatial power modulation. Proc. 36th International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics (ICALEO), 10.2017.