

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 liegt der Fokus auf die Entwicklung und Untersuchung von Diagnosesmethoden zur Visualisierung von Keyhole- und Schmelzbaddynamiken. Hierzu wird ein Laserstrahl-Mikroschweißprozess in ein Großkammer-Rasterelektronenmikroskop (GK-REM) in Zusammenarbeit mit Teilprojekt A6 integriert. Weiterhin wird ein 2D-Röntgen Imaging Verfahren am Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) in Stuttgart zur Untersuchung der Keyholestabilität durchgeführt.

Vorgehensweise

Die Integration des Laserstrahl-Mikroschweißprozesses in die Vakuumkammer des GK-REM erfolgt über ein vakuumtaugliches Transmissionsfenster. Eine Freistrahlführung des kollimierten Laserstrahls mittels dielektrischen Spiegel führt zu einer Fokussiereinheit. Diese optische Einheit sorgt für einen schrägen Einfall des Laserstrahls unter einem Winkel von 30° zur Normalen unter der Elektronenkanone (siehe Bild 1).

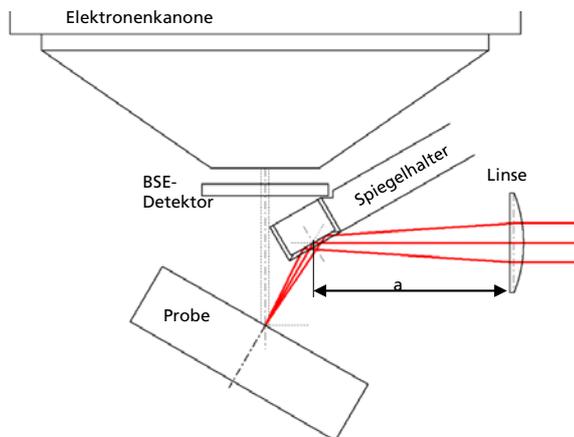


Bild 1: Einfall des Laserstrahls im GK-REM

Die Untersuchungen am Röntgendiagnose Aufbau des IFSW der Universität Stuttgart wurden mit einer hochbrillianten Strahlquelle mit einer Beugungsmaßzahl $M^2 \approx 1$ durchgeführt. Dabei wurden sowohl seitliche Aufnahmen der Schweißprozesses mittels Röntgenstrahlung als auch Hochgeschwindigkeitsaufnahmen des Schmelzbades an der Oberfläche durchgeführt.

Ergebnisse

Die Integration des Laserstrahlmikroschweißprozesses in das GK-REM ist erfolgt und lieferte erste Ergebnisse zur Verbesserung des Versuchsaufbaus. Dabei sind besonders die Überbelichtung der REM-Aufnahme durch den Laserstrahl als auch die Ablenkung des Elektronenstrahls untersucht worden. Weiterhin konnten erste Aufnahmen realisiert werden, welche den Schweißprozess und erste Aufnahmen des Keyholes zeigen (siehe Bild 2).

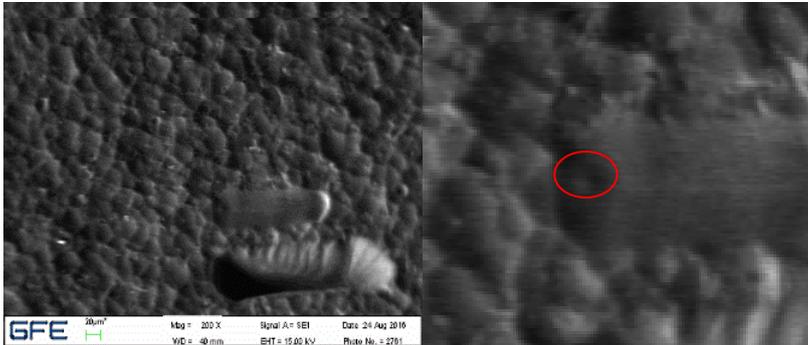


Bild 2: Laserstrahl-Mikroschweißprozess im Großkammer-REM

Die Untersuchungen zur Röntgendiagnose beim IFSW in Stuttgart zeigen, dass Aufnahmen mit kleinen Fokusdurchmessern $d \approx 60 \mu\text{m}$ und den daraus entstehenden schmalen Dampfkapillaren prinzipiell möglich sind. Die Röntgenaufnahmen zeigen dabei ein erhöhtes Auftreten von Poren durch die Verwendung einer örtlichen Leistungsmodulation (siehe Bild 3 rechts). Aus den Hochgeschwindigkeitsaufnahmen des Schmelzbades an der Nahtoberfläche wird deutlich, dass der Einsatz einer örtlichen Leistungsmodulation stabilisierend auf den Schweißprozess einwirkt. So entstehen Auswürfe des Schmelzbades deutlich seltener im Vergleich zu konventionellen Schweißungen.

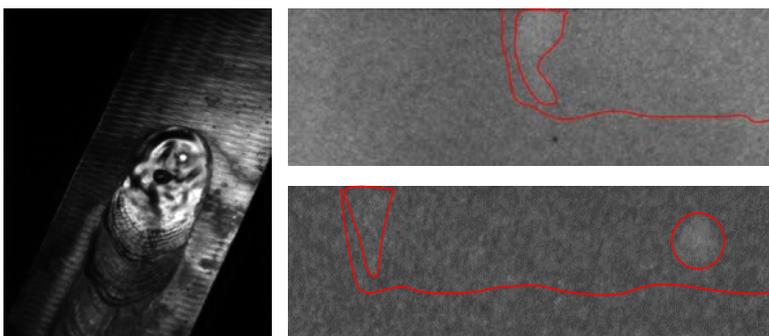


Bild 3: Hochgeschwindigkeitsaufnahmen (links) und Röntgenaufnahmen (rechts) eines Laserstrahlmikroschweißprozesses

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. Im Verlauf des nächsten Jahres werden an dem Versuchsaufbau weitere Versuche zur Verbesserung der Aufnahmequalität durchgeführt. Weiterhin werden Versuche zur Beeinflussung der qualitätsrelevanten Eigenschaften durch örtlichen und zeitlich angepassten Energieeintrag durchgeführt.

Veröffentlichungen

Im Jahr 2016 wurden zwei peer-review Veröffentlichungen erstellt:

A. Haeusler, A. Schürmann, C. Schöler, A. Olowinsky, A. Gillner, R. Poprawe: Quality improvement of copper welds by laser micro welding with the usage of spatial power modulation, International Congress on Application of Lasers & Electro-Optics

P. Heinen, A. Haeusler, F. Eichler, M. Aden, A. Olowinsky, A. Gillner, R. Poprawe: Influence of spatial power modulation on pore and crack formation in laser beam welding of aluminum, The 2nd Smart Laser Processing Conference