

Teilprojekt A9

Titel

Simulation hochdynamischer Vorgänge in der Schmelze beim Laserstrahlschmelzschnitten zur Reduktion der Riefen- und Bartbildung

Projektleitung/-bearbeitung

Prof. Wolfgang Schulz, Ulrich Jansen

Lehr- und Forschungsgebiet Nichtlineare Dynamik der Laser-Fertigungsverfahren

Aufgabenstellung

Ziel des Teilprojektes ist die Erstellung eines 3D-Schneidmodells zur Beschreibung der Schmelzfilmdynamik. Technisches Ziel ist eine Vertiefung des Prozessverständnisses beim Laserstrahlschmelzschnitten aus dem neue Maßnahmen und Prozessführungsstrategien zur Reduktion der Riefen- und Bartbildung abgeleitet werden können. Die dazu benötigten Teilmodelle beschreiben die feste Phase, die Schmelz- und Schneidgasströmung und die Strahlausbreitung in der Schnittfuge. Im Bereich der Prozesszone werden die Teilmodelle über freie Ränder gekoppelt. Im ersten Berichtszeitraum liegt der Fokus auf der Entwicklung eines gekoppelten Modells für die feste Phase und die Strahlausbreitung. In Kooperation mit dem Teilprojekt A8 wird die Gasströmung bei der Besäumschnittdiagnose untersucht.

Vorgehensweise

Zur Berechnung der Wärmeleitung in der festen Phase wird eine Spektral-Element Methode auf einem konturangepassten Vernetzungsgitter angewendet. Die Bewegung des Gitters im Bereich der Prozesszone erfolgt mit einem Level-Set Verfahren unter Verwendung einer Stefan-Bedingung. Um Mehrfachreflexionen innerhalb der Schnittfuge abzubilden wurde ein problemangepasstes Ray-Tracing Verfahren implementiert und so eine effektive absorbierte Energiestromdichte als Randbedingung für die Wärmeleitung berechnet. Zur effizienten Berechnung der Schmelzfilmdynamik wurde ein integrales Modell der inkompressiblen Navier-Stokes Gleichungen auf konturangepassten Koordinaten formuliert.

Zur Untersuchung der antreibenden Kräfte durch die Schneidgasströmung wird ein parallelisierter Discontinuous-Galerkin Strömungslöser eingesetzt und die im Teilprojekt A8 vorliegenden Geometrien für reale Schnitte und die Besäumschnittdiagnose im Hinblick auf die antreibenden Kräfte untersucht.

Ergebnisse

Das dynamische 3D-Modell für die feste Phase beschreibt die Ausbildung der Schneidfuge, wobei die Schmelzströmung zunächst nicht berücksichtigt wird. Diese erste Modellstufe erreicht die Trenngrenze bereits für Parameter, die im Experiment zu einem guten Schneidergebnis führen. Die Berücksichtigung von Mehrfachreflexionen führte zu einer Erhöhung der Absorption der Laserstrahlung in der Schneidfuge, konnte die experimentellen Ergebnisse ebenfalls nicht reproduzieren. Es wird erwartet, dass die Berücksichtigung der Schmelzströmung und die hierbei auftretenden Schmelzwellen im Schneidmodell zu einer Übereinstimmung mit experimentellen Ergebnissen bzgl. der Trenngrenze führen, da die absorbierte Laserstrahlleistung durch die wellenartige Struktur des Schmelzfilms erhöht wird und Energie vom oberen Teil der Schneidfront in den unteren Teil transportiert wird.

Zusammenfassung und Ausblick

Die nächsten Arbeitspunkte lauten:

- Implementation der dynamischen integralen Gleichung für die Schmelzströmung
- Kopplung der Modelle für feste und flüssige Phase
- Auslegung einer Gasströmung für die Besäumschnittdiagnose