

Teilprojekt A8

Titel

In-situ-Diagnose und Steuerung der Schmelz- und Erstarrungsdynamik beim Laserstrahlschneiden

Projektleitung/-bearbeitung

Projektleitung: Gillner, Arnold, Dr.-Ing.

Projektbearbeitung: de Oliveira Lopes, Marcelo, M. Sc.

Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT), RWTH Aachen University

Aufgabenstellung

Vorrangige Aufgabenstellung dieses Teilvorhabens ist die Auffindung, experimentelle Umsetzung und Erprobung neuer Methoden der Präzisionserhöhung beim oxidfreien Laserstrahl-Schmelzschnitten von Blechwerkstoffen durch die Anwendung verbesserter In-situ-Diagnosemethoden.

Anhand von Highspeed-Videoanalysen des Schmelzfilmes auf der Schneidfront wurde erkannt, dass die erzeugten Schnittflanken genau in den Bereichen die geringste Rautiefe besitzen, in denen der Schmelzfilm abwärts gerichtete, hochfrequente Wellen aufweist. Die zugehörigen Frequenzen sinken mit der zu schneidenden Blechdicke und es wird vermutet, dass sie in der Nähe akustischer Resonanzen der Gassäule in der Schnittfuge liegen. Ein innovativer Ansatz besteht in der Verstärkung und Nutzung dieses positiven Effektes. Dafür soll ein akustisch abgestimmtes Schneiddüsensdesign entwickelt werden, das die Ausbildung einer resonanten „Schneidpfeife“ bewirkt und damit die erzielbare Schnittflankenqualität verbessert.

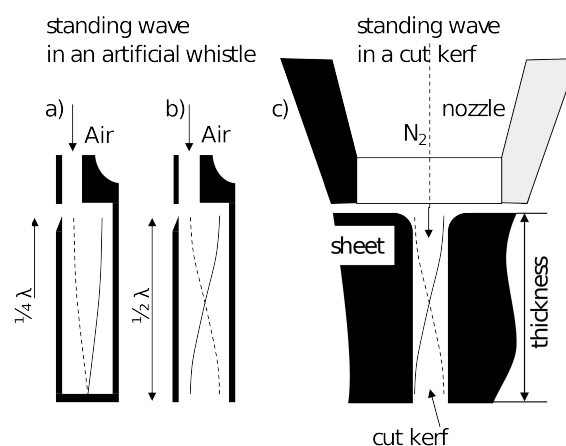


Bild 1: Prinzip einer Längsschwingung bzw. stehenden Welle einer Luft- oder Gassäule in einer geschlossenen (a) bzw. offenen künstlichen

Pfeife (b) und einer Schnittfuge (c)

Vorgehensweise

Im ersten Schritt der Entwicklung einer Schneidpfeife wird der zylindrische Teil des Düsenaustritts angepasst. Seine Geometrie wurde nach den bekannten physikalischen Gesetzen der Akustik dimensioniert und ihre Wirkung anschließend mit einer Standarddüse verglichen. Zur Überprüfung des akustischen Signals beim Austritt des Gasstroms aus der Düse in den freien Raum wurde ein optisches Mikrofon verwendet. Des Weiteren sind Schnitte an einem Edelstahlblech der Dicke 6 mm mit einem Faserlaser bei 4 kW Ausgangleistung durchgeführt worden, wobei der Gasdruck variiert wurde.

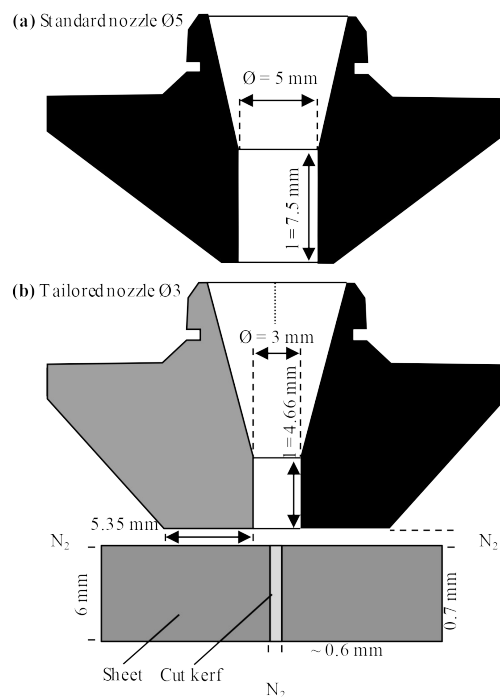


Bild 2: (a) Skizze der Standarddüse Ø5 mit den geometrischen Merkmalen, die bei der Berechnung der Resonanzfrequenz verwendet wurden. (b) Skizze der Tailored Düse Ø3 in Schneidposition mit den geometrischen Merkmalen, die für ihre Konstruktion verwendet wurden.

Ergebnisse

Die Untersuchungen bestätigen, dass eine gezielte Einstellung der akustischen Wellen durch die Anpassung der Düsengeometrie möglich ist. Bereits ohne die im nächsten Schritt geplante Berücksichtigung des Gesamtresonanzsystems Düse-Fuge wurde der Maximalwert der Rautiefe R_z um 15 % reduziert. Angestrebt ist zukünftig eine Halbierung der Rautiefe.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Nutzung von akustischen Resonanzen beim Laserstrahlschmelzschnitten ist nur ein Beispiel für das Potenzial, das die simulative, diagnostische und praktische Berücksichtigung akustischer Effekte für die Verbesserung von Lasermaterialbearbeitungsprozessen bietet.

Ein weiterer Arbeitspunkt dieses Teilprojekts ist die örtlich und zeitlich Steuerung der Intensitätsverteilung mit hochdynamischem Hochleistungs-Galvanometer-Scanner. Diese Anwendung verspricht nicht nur eine positive Beeinflussung der Schmelz- und Erstarrungsdynamik, sondern auch eine positive Auswirkung auf die Absorption des Lasers durch Veränderung der Geometrie der Schnittfront.

Veröffentlichungen

Arntz-Schroeder, Dennis.; Petring, Dirk: " Analyzing the Dynamics of the Laser Beam Cutting Process". PhotonicsViews 2/2020.

Mokrov, Oleg; Simon, Marek; Lozano, Phiipp; Arntz-Schroeder, D.; Sharma, Rahul; Reisgen, Uwe: "Simulation des Lichtbogenansatzes beim MSG-Schweißen". GST 2020.

Halm, Ulrich; Arntz-Schroeder, Dennis; Gillner, Arnold; Schulz, Wolfgang: "Towards Online-Prediction of Quality Features in Laser Fusion Cutting Using Neural Networks". Intelligent Systems and Applications (2020).