Institut für Werkstoff- und Fügetechnik /
Lehrstuhl Fügetechnik

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG
MB FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU

Statusbericht zur FA 6-Sitzung am 14.10.2010 zum AiF-Forschungsprojekt:

Verbesserung der Prozessstabilität beim Laserpunktschweißen von Kupfer und Kupfer-Mischverbindungen durch den Einsatz prozessinterner, dynamischer Leistungsregelungen pulsmodulierbarer Laserstrahlquellen

AiF-Vorhaben-Nr.: 16.362 BR
DVS-Nr.: 06.070
Laufzeit: 01.02.2010 - 31.01.2012
Berichtszeitraum: 31.05.2010 - 31.08.2010

1. Forschungsziel

Ziel des beantragten Forschungsvorhabens ist es, eine Strategie für die Erhöhung der Prozessstabilität beim Schweißen von Kupfer und Cu-Mischverbindungen mit gepulsten Lasern durch die Verwendung einer Regelung zur dynamischen Modulation des Laserpulses zu erarbeiten. Durch eine dynamische Pulsmodulation soll die Laserstrahlleistung an die lokalen Absorptionseigenschaften der Fügestelle angepasst werden, um so einen möglichst konstanten Wärmeeintrag und optimale reproduzierbare Fügebedingungen an der jeweiligen Fügestelle zu erreichen. Des Weiteren ist der energetische Zustand des Schmelzbades (Temperaturstrahlung) zu erfassen und ebenfalls in die Regelung der Leistungsabgabe mit einzubeziehen. Grundlage für die Implementierung eines Regelungsprogramms ist ein Algorithmus, nach dessen Vorgabe die eingehenden Informationen zu einem Regelungssignal für die Leistungsabgabe verarbeitet werden. Es ist vorgesehen, das Signal der reflektierten Nd:YAG-Strahlung als Informationsträger für die lokalen Absorptionseigenschaften an der Fügestelle zu verwenden. Der Anstieg der Laserleistung ist für die Detektion des Schmelzbeginns zu verwenden. Die Gestaltung des gesamten Systems soll so einfach wie möglich erfolgen und bereits vorhandene Möglichkeiten der Modulation des Pulses in der Steuerung der Laserstrahlquelle nutzen. Zur Sicherung reproduzierbarer Verbindungseigenschaften wird eine Prozesskontrolle integriert. Die Eignung des entwickelten Systems ist an industriell relevanten Anwendungsbeispielen nachzuweisen.

2. Forschungsergebnisse

Im oben genannten Berichtszeitraum erfolgte gemäß dem Arbeitsplan zunächst die Inbetriebnahme und Optimierung eines im Rahmen von Voruntersuchungen entwickelten Versuchsstandes (Bild 1). Hauptkomponenten dieses Versuchsstandes sind eine gepulste Nd:YAG-Laserstrahlquelle des Typs LASAG SLS CL 60, ein System zur dynamischen Anpassung der Pulsleistung sowie eine CNC-Werkzeugmaschine ausgerüstet mit einem Schweißkopf LLBK 60 sowie einer Einspannvorrichtung zur Aufnahme und Fixierung der Schweißproben.

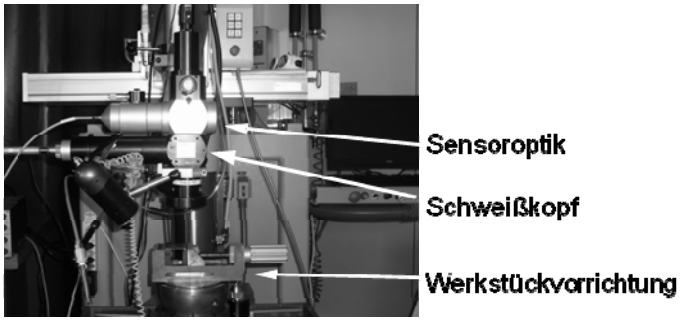

Bild 1: Versuchsstand zum Laserpunktschweißen

Die Spitzenleistung der verwendeten Laseranlage beträgt P = 6 kW. Zur Übertragung der Laserstrahlung gelangt ein 400 µm Hochleistungslichtleitfaser zum Einsatz.

Das System zur dynamischen Anpassung der Pulsleistung ist im Bild 2 schematisch dargestellt. Grundprinzip dieses System ist das Detektieren des Zustandes der Fügestelle auf Basis der Prozessstrahlung. Die Kernelemente stellt eine Sensorik zur Erfassung der Prozessstrahlung, verbunden mit elektronischen Komponenten zur Verarbeitung der erfassten Daten, dar.

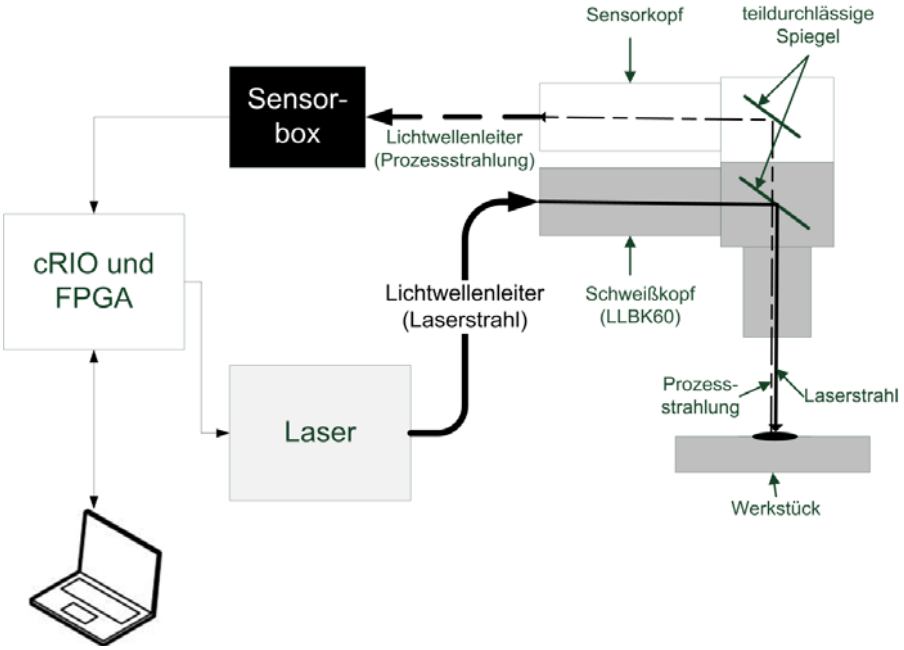

Bild 2: Schematischer Aufbau des Systems zur dynamischen Pulsmodulation

Aufbauend auf den Ergebnissen aus Voruntersuchungen wurde in einem nächsten Schritt eine Software entwickelt, welche die Leistungsabgabe der Laserstrahlquelle in Abhängigkeit der momentanen optischen Oberflächeneigenschaften regeln soll. Die Eignung der Software ist an ersten Versuchsschweißungen am Werkstoff Kupfer (Überlappstoß, in $s = 0{,}5$ mm) vergleichend mit und ohne Regelung erprobt worden. Bewertungskriterien waren die Durchschweißung bzw. Nichtschweißung sowie das Aussehen und die Geometrie der Schweißpunkte. Bild 3 zeigt ausgewählte Querschliffe von Laserpunktschweißungen, die mit Regelung gefertigt wurden. Die Untersuchungen ergaben, dass zwar Schweißungen realisierbar, die Ergebnisse jedoch sehr unterschiedlich und nicht reproduzierbar waren. Einige Schweißpunkte zeigten eine gute Verbindung der überlappten Bleche ohne vollständige Durchschweißung bis zur Unterseite des unteren Bleches und ohne Nahtrückfall (Bild 3 links). Bei anderen Schweißpunkten hingegen führten die gleichen Schweißparameter zu einer Durchschweißung sowie einem Nahtrückfall (Bild 3 rechts). In einigen Fällen fand keine Einkopplung des Laserstrahls in das Material statt.

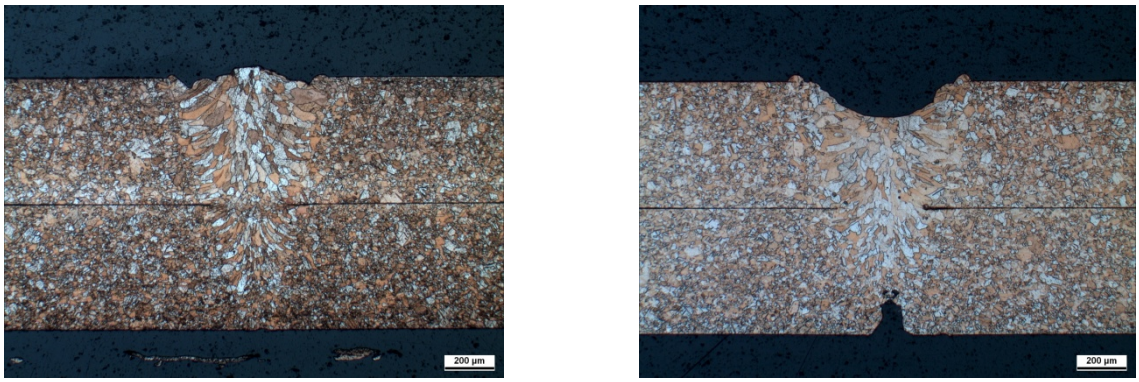

Bild 3: Laserpunktschweißungen (ohne Regelung geschweißt)

Aufgrund ihrer ungenügenden Reproduzierbarkeit waren die erzielten Resultate nicht zufriedenstellend. Derzeit erfolgt deshalb eine weitere Optimierung der Software sowie der Sensorik.

3. Ausblick auf die geplanten Arbeiten

Bei nachgewiesener Funktionalität der Software erfolgt in einem weiteren Arbeitsschritt die Analyse von Einflussgrößen auf die Prozessstabilität von Cu-Schweißungen durch Ermittlung der Korrelation der Prozesssignale mit den Prozessergebnissen (Prozessschwankungen), deren statistische Auswertung sowie die Entwicklung eines frei skalierbaren Regelalgorithmus zur freien Adaptierung des Prozessors an die Prozessrandbedingungen. Bewertungskriterien für die Laserpunktschweißungen sind Spritzerbildung, Durchschweißung bzw. Nichtschweißung, da Aussehen und Geometrie der Schweißpunkte sowie die Beurteilung der Einschweißtiefe, des Anbindungsquerschnittes, das Auftreten von Schweißnahtunregelmäßigkeiten und Ermittlung der Festigkeitseigenschaften durch Mikrozugversuche.

4. Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (kmU)

Die Ergebnisse sollen kmU in die Lage versetzen, die durch die QM-Systeme bzw. durch die Anforderungen der Großindustrie vorgegebenen Qualitätskriterien mit einer relativ kostengünstigen Lösung umzusetzen und sogar bereits bestehende Systeme auf die Funktionalität der Prozesskontrolle bzw. Prozessregelung zu erweitern. Eine hohe Prozessstabilität des Laserstrahlschweißens mit gepulsten Laserstrahlquellen erlaubt die effiziente Durchführung fügetechnisch anspruchsvoller Fertigungsaufgaben mit geringen Ausschussraten. Somit kann durch die Verwendung eines Systems zur Prozessregelung die Aufwendung an Energie für die Fertigung bei gleichen Produktionsraten und die Ausschussrate gesenkt werden.

5. Sitzungen des Projektbegleitenden Ausschusses (pbA)

Die bereits erfolgten und geplanten Sitzungen des pbA sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Angaben zu den Sitzungen des pbA

Sitzung	Ort	Datum
1. Sitzung	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg	11.03.2010
2. Sitzung	LASAG AG, Thun/Schweiz	20.10.2010

6. Durchführende Forschungsstelle

Institut für Werkstoff- und Fügetechnik / Lehrstuhl Fügetechnik (IWF/FT)
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
Tel.: 0391 / 67-18613
Fax: 0391 / 67-12037
E-Mail: iwf@uni-magdeburg.de

Kommissarische Leiterin der Forschungsstelle:
Frau Prof. Dr.-Ing. I. Martinek

Projektleiterin:
Frau Dr.-Ing. A. Hübner

Projektbearbeiter:
Dipl.-Ing. S. Leis