Institut für Werkstoff- und Fügetechnik /
Lehrstuhl Fügetechnik

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG
MB FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU

Statusbericht zur FA 6-Sitzung am 12.04.2011 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: 01.09.2010–28.02.2011

1 Forschungsziel

Hauptziel des Forschungsvorhabens ist die Verbesserung der Prozessstabilität beim Laserpunktschweißen von Kupfer und Cu-Mischverbindungen durch die Verwendung einer Regelung zur dynamischen Modulation des Laserpulses. Dadurch soll die Laserstrahlleistung an die lokalen Absorptionseigenschaften der Fügestelle angepasst werden, um so einen möglichst konstanten Wärmeeintrag und reproduzierbare Fügebedingungen an der Fügestelle zu erreichen. Die Realisierung des Forschungsziels soll durch den in Tabelle 1 dargestellten Arbeits- und Zeitplan erfolgen.

Tabelle 1: Arbeits- und Zeitplan des Forschungsprojektes

	Zeitpunkt	**2010**				**2011**			
	Arbeitsschritt	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Entwicklung eines Versuchsaufbaus und eines Programms zur Ermittlung, Filterung und Speicherung von Prozesssignalen	**X**	**X**	**X**					
2	Analyse von Einflussgrößen auf die Prozessstabilität von Cu-Schweißungen, Entwicklung eines frei skalierbaren Regelalgorithmus zur freien Adaptierung des Prozessors an die Prozessrandbedingungen		**X**	**X**	**X**	**X**			
3	Überprüfung des Reglers (Algorithmus) anhand von Cu-Schweißungen mit variierenden Randbedingungen								
4	Ermittlung der Prozesssignale anderer Werkstoffe und Adaption des frei skalierbaren Reglers auf ausgewählte Werkstoffe bzw. Paarungen								
5	Durchführung von Schweißversuchen an Bauteilen zur Überprüfung der Nutzbarkeit der Ergebnisse								
6	Dokumentation des Regelalgorithmus und Erstellung des Schlussberichtes								

– Soll-Stand **X** – Ist-Stand

2 Forschungsergebnisse

Im Berichtszeitraum erfolgte die Analyse von Einflussgrößen auf die Prozessstabilität von Laserpunktschweißungen von Kupfer durch Ermittlung der Korrelation der Prozesssignale mit den Prozessergebnissen.

Die Pulsform des Lasers, die für jeden Laserschweißpunkt an die jeweiligen lokalen Eigenschaften generiert wird, ist in drei Phasen und somit in drei Problematiken eingeteilt worden (Bild 1):

1. Phase: Aufheizphase (von der Absorption bis zum Schmelzbeginn)
2. Phase: Schweißphase
3. Phase: Abkühlphase.

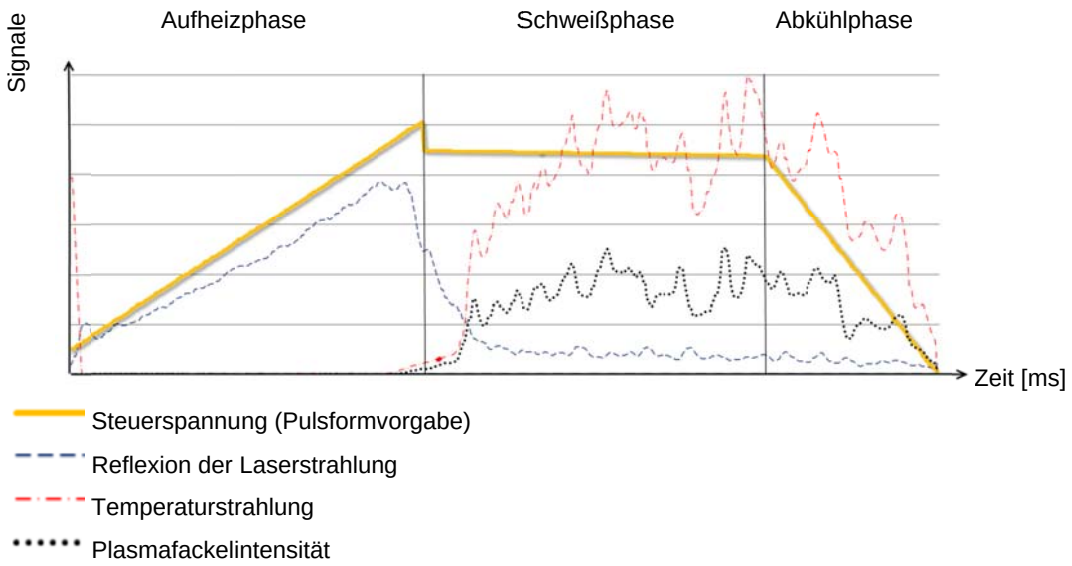

Bild 1: Pulsform und Prozesssignale innerhalb eines Pulses beim Laserpunktschweißen von Kupfer

Die in der industriellen Anwendung zu realisierenden Laserpunktschweißungen werden an Blechdicken im Bereich 0,3 bis 0,5 mm als Überlappstoß durchgeführt. Um den Spalteinfluss sich überlappender Bleche in dieser Phase der Untersuchungen auszuschließen, sind mit dem Laserpunktschweißen Einschweißungen an 1 mm Blechen erfolgt. Als Untersuchungswerkstoff kamen desoxidierte sauerstofffreie Kupferbleche Cu 99,9 (Cu-DHP) im Zustand halbhart zum Einsatz. Zunächst wurde Phase 1 angepasst. Die Analyse der Absorptionsproblematik ergab folgende Zusammenhänge:

- Kupfer hat bei Raumtemperatur ein breites Absorptionsspektrum
- mit steigender Temperatur nimmt die Absorption zu
- je höher das Absorptionsvermögen (z.B. durch verschiedene Oberflächeneigenschaften) ist, desto schneller schmilzt der Werkstoff
- in der Schmelze absorbiert Kupfer den Laserstrahl vergleichsweise gut.

Diese Zusammenhänge wurden algorithmisiert und in die Bediensoftware implementiert. Damit wurden Versuchsschweißungen durchgeführt und die Prozesssignale aufgezeichnet sowie ausgewertet. In Bild 2 sind werden die oben genannten Zusammenhänge verdeutlicht. Erkennbar sind die Graphen von vier Laserpunktschweißungen.

Die konstant ansteigende Laserleistung wird durch die zum größten Teil sich überlagernden Volllinien dargestellt. Die gepunkteten Graphen zeigen den zeitlichen Verlauf der Laserreflexion. Anhand der verschiedenen Anstiege der gepunkteten Graphen und am Kurvenablauf selbst, sind die verschiedenen lokalen Absorptionsbedingungen erkennbar. Bei den senkrechten Strich-Punkt-Markierungen sind die jeweils maximalen Reflexionen erreicht und danach neh-

men diese ab, d.h. die Absorption zu. Bei 70% der maximalen Reflexion (dem sogenannten Abbruchkriterium) wird die Laserleistung nicht erhöht (vier senkrechte Volllinien), die Absorption jedoch verringert sich weiter. Daraus folgt, dass das Material aufgeschmolzen ist und die Laserstrahlung wird nun vergleichsweise gut absorbiert.

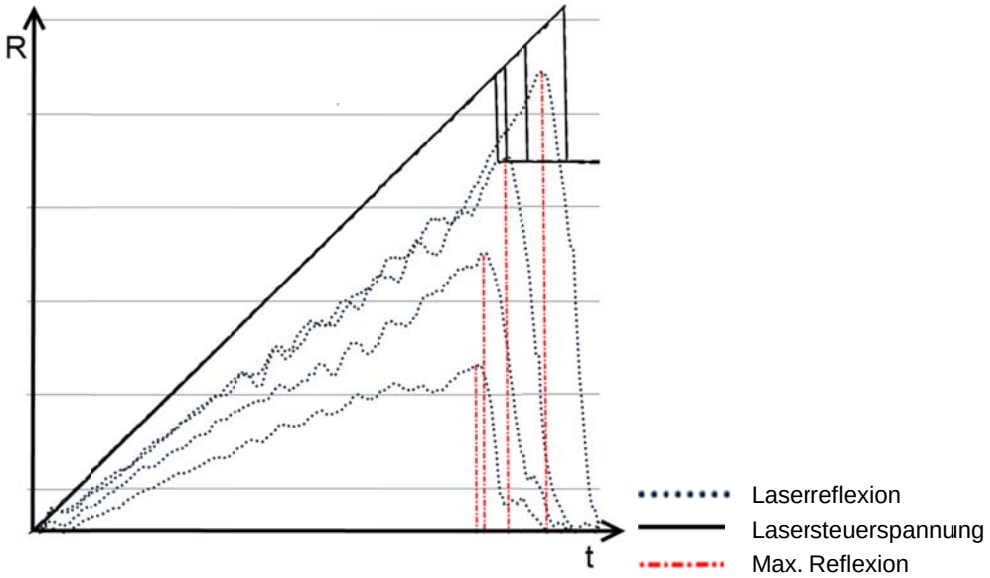

Bild 2: Laserstrahlrefexionen von vier Laserpunktschweißungen

Die 2. Phase (Schweißphase) und die 3. Phase (Abkühlphase) sind Teil weiterer Untersuchungen.

Die Auswertung der Laserpunkte erfolgte am Stereomikroskop hinsichtlich Spritzerbildung, Anlauffarben, Oxidation, Oberflächenstruktur und Schmelzbadauswürfe. Erfasst wurden auch die Durchmesser der Laserpunkte an der Oberseite der Proben. Von allen Proben sind Oberflächenschliffe angefertigt worden, an denen ebenfalls die Durchmesser der geschweißten Laserpunkte ermittelt wurden, um erste Aussagen sowohl über die Einschweißtiefe als auch die Reproduzierbarkeit der Schweißprozesses zu ermöglichen. Aus diesen Untersuchungen können folgende Resultate abgeleitet werden:

- die Prozessregelung mit gezielter Pulsformung, speziell in der Aufheizphase der Pulsform, liefert wiederholbare Ergebnisse hinsichtlich der Ankopplung des Lasers in das Material
- daraus resultieren auch gleichmäßige Schweißpunktdurchmesser
- die Einschweißtiefe ist bisher nicht konstant
- Aussagen über eine Korrelation zwischen Schweißpunktausbildung (Durchmesser, Aussehen) und Einschweißtiefe sind deshalb noch nicht möglich.

3 Ausblick auf die geplanten Arbeiten

In einem nächsten Arbeitsschritt soll eine Regelung der Temperatur- oder Plasmafackel erfolgen, um durch ein ruhigeres Schmelzbad einen stabileren Schweißprozess zu erreichen und dadurch die Reproduzierbarkeit des Laserpunktschweißprozesses zu erhöhen. Danach ist der Regler hinsichtlich seiner Anwendungseignung zum Laserpunktschweißen von Cu-Schweißungen unter variierenden Randbedingungen zu erproben.

4 Transfer und Umsetzung der Forschungsergebnisse

Die vorliegenden Ergebnisse des Forschungsprojektes wurden bislang auf den Sitzungen des Fachausschusses 6 der Forschungsvereinigung des DVS den Teilnehmern aus Industrie und Forschungseinrichtungen sowie auf den Zusammenkünften des projektbegleitenden Ausschusses den pbA-Mitgliedern vorgestellt (Tabelle 2). Das Projekt ist zu Projektbeginn als Kurzfassung in das Forschungsportal Sachsen-Anhalt eingestellt worden. Teilergebnisse werden in einer Veröffentlichung auf der ukrainisch-deutschen Konferenz „Moderne Werkstoffe und Technologien im Maschinenbau 2011“in Kiew/Ukraine präsentiert. Im Rahmen des Forschungsprojektes sind zur Forschungsthematik eine Diplomarbeit sowie eine Masterarbeit angefertigt worden.

5 Sitzungen des Projektbegleitenden Ausschusses (PA)

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

Tabelle 2: Angaben zu den Sitzungen des PA

Sitzung	Ort	Datum
1. Sitzung	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg	11.03.2010
2. Sitzung	LASAG AG, Thun/Schweiz	20.10.2010
3. Sitzung	Plasmo AG, Wien/Österreich	06.04.2011

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