Durchführende Forschungsstelle
Laser Zentrum Hannover e.V.
Hollerithallee 8
30419 Hannover
Leiter der Forschungsstelle
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Dr. med. h.c. Heinz Haferkamp
Projektleiter
Dipl.-Ing. Dirk Herzog

LASER ZENTRUM HANNOVER e.V.

Zwischenbericht zum 16.10.08 - IGF-Nr.: 15.297 N / DVS-Nr.: 06.054

1 Forschungsthema

Nahtschweißen mit gepulsten Nd:YAG-Lasern und Anpassung der Nahteigenschaften an mit Dauerstrichlasern geschweißte Nähte

2 Forschungsziel

Im Rahmen dieses Projekts sollen geeignete Fertigungsstrategien und –parameter entwickelt und bereitgestellt werden, um mit den wirtschaftlich interessanten, gepulsten Lasersystemen Schweißnähte zu erzeugen, die hinsichtlich der Nahtgeometrie und der mechanischen Eigenschaften den mit Dauerstrichlasern erzeugten Schweißnähten entsprechen. Außerdem sollen Anwendungsbereiche aufgezeigt werden, in denen die gepulsten Systeme die Möglichkeiten eines cw-Systems übertreffen. In diesem Zuge soll das Schweißen von Folien mit Dicken zwischen 50 und 200 µm untersucht werden. Sämtliche Parametersätze, die Ergebnisse aus metallographischen und Mikrohärteuntersuchungen sowie Zug-, Schwing- und Dreipunktbiegeversuchen werden in einer anwenderfreundlichen Datenbank zusammengefasst und frei zur Verfügung gestellt.

3 Arbeitsfortschritt

Die bisher im I-Stoß mittels gepulster Laserstrahlung geschweißten Werkstoffe und die entsprechenden Blechdicken sind in Tabelle 1 angegeben. Der Schwerpunkt der Untersuchungen wurde dabei auf verschiedene Cr-Ni-Stähle gelegt. Zusätzlich wurde unter anderem Reinaluminium geschweißt.

Werkstoff	1.4301	1.4571	1.4404	St37	DP800	H340LAD+Z	99,5 % Alu.
Dicke [mm]	0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5	0,75; 1,5	0,5	0,8; 1,0; 1,5	1,5	1,0; 1,25	0,5; 0,8; 1,0

Tabelle 1: Bisher geschweißte Werkstoffe

Durch Variation der verschiedenen Schweißparameter wurde eine für den jeweils vorliegenden Werkstoff geeignete Prozesseinstellung ermittelt, um Schweißergebnisse hoher Qualität zu erzielen. Am Beispiel eines 1.4301 mit einer Blechstärke von 0,8 mm ist das Resultat dieser Variation in Tabelle 2 dargestellt.

Spitzenleistung [kW]	Pulsdauer [ms]	A-Scale [%]	Pulsenergie [J]	Frequenz [Hz]	Vorschub [mm/min]	Fokuslage [mm]	Gas
1,50	7,5	80	6,06	16,0	240	-0,8	Ar

Tabelle 2: Schweißparameter (1.4301 0,8 mm)

Die geschweißten Proben wurden anschließend metallographisch untersucht. Neben den Aufnahmen der Nahtoberfläche (Abbildung 1) aus denen die Nahtbreite (hier 950 µm) und der Überlappungsgrad (hier 77%) bestimmt werden können, wurden die

Nähte mittels Mikroquerschliff (Abbildung 2) auf Geometrie sowie Gefüge untersucht. Der Überlappungsgrad auf der Nahtoberseite wurde stets so gewählt, dass die Naht bis zur Unterseite vollständig durchgeschweißt war. Da auf der Oberseite dadurch eine relativ große Überlappung entsteht, sind in den Mikroschliffen in den meisten Fällen die Schmelzbereiche mehrerer aufeinander folgender Pulse zu erkennen.

Abbildung 1: Nahtoberfläche

Abbildung 2: Mikroschliff

Des Weiteren wurden Mikrohärtemessungen und Zugversuche für jeden Werkstoff bzw. jede Blechdicke durchgeführt, deren Ergebnisse zusammen mit den metallographischen Untersuchungen und den Schweißparametern in eine anwenderorientierte Datenbank eingehen werden.

An einem H340LAD+Z mit einer Blechstärke von 1,25 mm wurden die Schweißergebnisse eines gepulsten und eines cw-Schweißprozesses gegenübergestellt. Im gepulsten Fall wurde mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 0,14 m/min, einer mittleren Leistung von 100 W und einem Spotdurchmesser von 400 µm gearbeitet. Die cw-Schweißversuche wurden mit einem 3 kW Scheibenlaser mit 3 m/min und einem Spotdurchmesser von 150 µm durchgeführt. In den Abbildungen 3a und 3b sind die dabei entstandenen unterschiedlichen Nahtoberflächen abgebildet. Die gepulste Naht zeigt eine typische raupenförmige Oberfläche, wohingegen die cw-Naht eine relativ glatte Oberfläche aufweist. Aufgrund des geringeren Spotdurchmessers ist die cw-Naht weniger als halb so breit wie die gepulste Naht.

a) b)

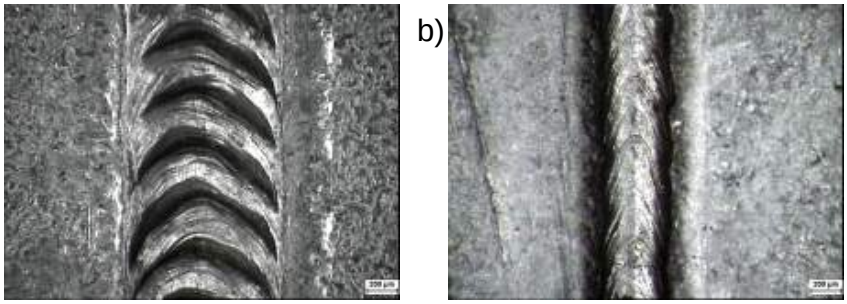


Abbildung 3: Nahtoberflächen: a) gepulst, b) cw

Ein weiterer deutlicher Unterschied der Nahteigenschaften zeigt sich in den Querschliffen in den Abbildungen 4a und 4b. Die gepulste Naht weist im Gegensatz zur geradlinig verlaufenden cw-Naht eine V-förmige Geometrie auf, bei der sich der Schmelzbereich zur Nahtunterseite hin deutlich verringert. Außerdem ist die Wärmeeinflusszone vergleichsweise klein. In den Abbildungen 5a und 5b ist der Härteverlauf in der Blechmitte dargestellt, wobei mit einer Aufhärtung von 250 $HV_{0,1}$ bei der cw-Naht eine größere Härtesteigerung als bei der gepulsten Naht mit 180 $HV_{0,1}$ vorliegt.

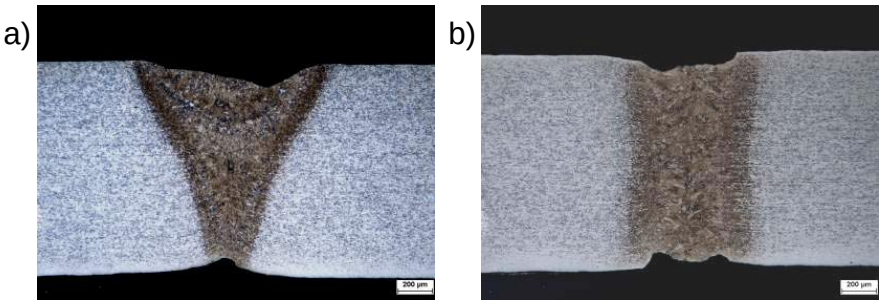


Abbildung 4: Mikroschliffe: a) gepulst, b) cw

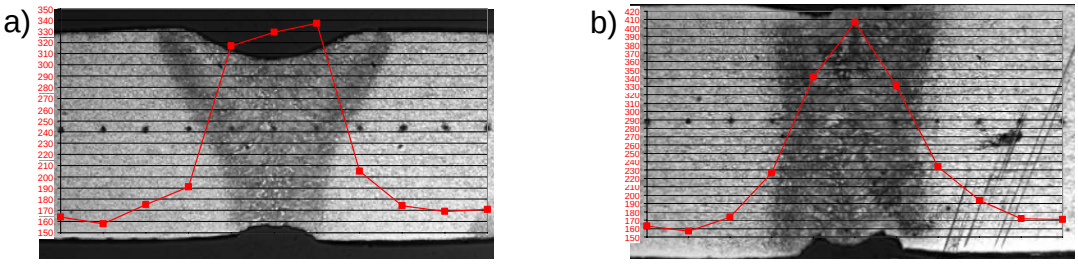
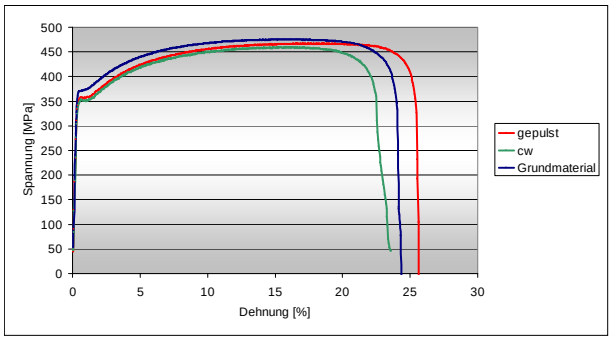


Abbildung 5: Mikrohärte: a) gepulst, b) cw

In Abbildung 6 ist die Auswertung der Zugversuche für dieses Material abgebildet. Sowohl die gepulst- als auch die cw-geschweißten Proben reißen im Grundmaterial und weisen vergleichbare Kurvenverläufe auf. In den nächsten Schritten wird das Umformverhalten der unterschiedlichen Nähte durch Dreipunktbiegeversuche untersucht.



Um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erzielen, wird bei zukünftigen cw-Schweißungen eine Dauerleistung von 1 kW verwendet, da diese im oberen Leistungsbereich von gepulsten Systemen liegt. Außerdem wird die Spotgröße auf 400 µm eingestellt.

Abbildung 6**:** Spannung-Dehnung-Diagramm

4 Geplante Arbeiten

Die nächsten geplanten Arbeiten umfassen Schweißungen mittels cw-Laser und die Gegenüberstellung mit den gepulsten Nähten, sowie die Prüfung sämtlicher Nähte auf ihre Umformeigenschaften mittels Dreipunktbiegeversuch. Parallel dazu wird eine Datenbank erstellt und eine Spannvorrichtung für das Folienschweißen konstruiert. Im weiteren Verlauf des Projekts folgen das Schweißen der Folien (1.4301, 1.4310, 1.4404 und 99,5% Aluminium) sowie deren Auswertung. Des Weiteren werden sämtliche Nähte auf ihr Dauerschwingverhalten getestet. Zum Ende des Projekts werden ESPI-Untersuchungen (Electronic Speckle Pattern Interferometry) während des Zugversuchs unternommen, um das Verformungsverhalten am Nahtrand zu untersuchen und für das gepulste und das cw-Schweißen gegenüber zu stellen. Abschließend werden Demonstratorbauteile geschweißt und auf ihre Dichtheit geprüft.