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
Dr.-Ing. Dirk Herzog

LASER ZENTRUM HANNOVER e.V.

Zwischenbericht zum 22.04.09 - 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 im Dickenbereich von 50 bis 200 µm untersucht werden.

3 Arbeitsfortschritt

Neben den bisher durchgeführten Zugversuchen und Mikrohärtemessungen die in erster Linie die Festigkeit der Nähte aufzeigen sollten, wurden Drei-Punkt-Biegeversuche durchgeführt, um das Umformvermögen der unterschiedlichen Nähte zu untersuchen. Dabei wurde ein Verformungsweg von 15 mm eingestellt, der zu einer Biegung der Proben von etwa 90 ° führte. Um die Verformung möglichst in den Nahtbereich einzubringen, wurde eine Rolle mit einem Durchmesser von 3 mm verwendet. Angelehnt an DIN EN 910 wurde die Krafteinleitung wurzelseitig vorgenommen. Die Ergebnisse für einen H340LAD+Z in 1,25 mm sind in Abbildung 1 zu sehen. Die Kurven für die gepulste und die cw-geschweißte Naht verlaufen in annähernd gleicher Weise, was auf eine ähnliche Plastizität der Nähte schließen lässt. Somit konnte in diesem Fall eine gleichwertige Nahtqualität bezüglich der untersuchten Kriterien für beide Betriebsarten nachgewiesen werden. Bei weiteren untersuchten Materialien wurden vergleichbare Ergebnisse erzielt.

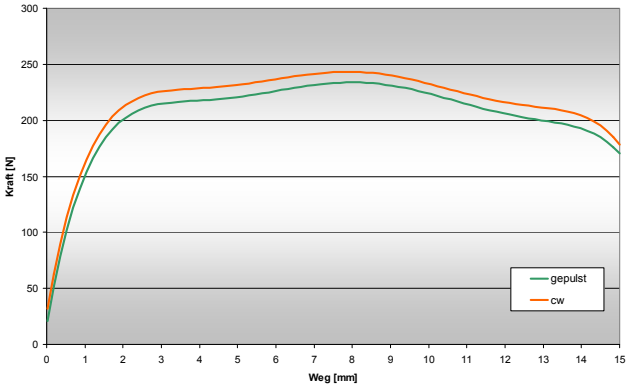
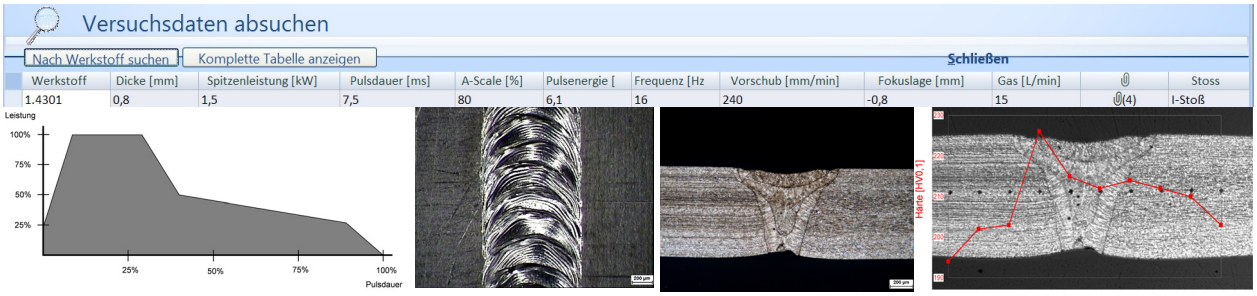


Abbildung 1: Biegeversuche

Die Ergebnisse des Projekts werden in Form einer einfachen elektronischen Datenbank frei zur Verfügung gestellt. Dies soll vor allem bei Anwendern aus kmU für eine deutliche Beschleunigung bei der Parameterauswahl sorgen. In der Datenbank werden dabei sowohl die verwendeten Schweiß- als auch Laserparameter hinterlegt. Zusätzlich werden Aufnahmen der zu erwartenden Nahtoberfläche, Querschliffe und Mikrohärtemessungen hinterlegt, um eine erste Abschätzung des Schweißergebnisses zu ermöglichen. Die Datenbank wird auf Basis von Access 2007 angefertigt. Eine vorläufige Darstellung der

Parameterausgabe ist in Abbildung 2 am Beispiel eines 1.4301 mit einer Blechdicke von 0,8 mm dargestellt.



Pulsform | Nahtoberfläche | Schliff | Härte

Abbildung 2: Parameterausgabe

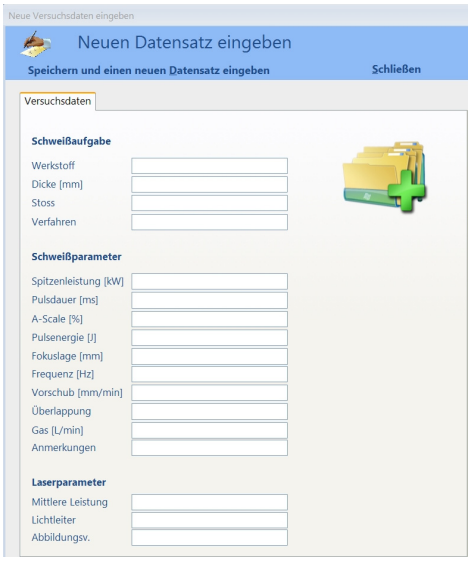


Abbildung 3: Eingabemaske

Zusätzlich zur erleichterten Auswahl der geeigneten Schweißparameter steht die einfache Erweiterbarkeit der Datenbank im Vordergrund. So soll es dem Anwender möglich sein, eigene Parameter zu individuellen Schweißaufgaben in die Datenbank einzupflegen und bei Bedarf darauf zugreifen zu können. Die dazu erforderliche übersichtliche Eingabemaske ist in Abbildung 3 dargestellt.

Neben dem Schweißen von Blechen sollen im weiteren Projektverlauf Folien im Dickenbereich von 50 µm bis 200 µm geschweißt werden. Das Laserschweißen von Folien im I-Stoß erfordert eine höchst präzise Spanntechnik. Dabei stehen vor allem das Einstellen des Nullspalts sowie das Vermeiden eines lateralen Kantenversatzes im Vordergrund. Das Spannen der Folien geschieht wie in Abbildung 4 in einer Konstruktionszeichnung dargestellt über zwei Magnetspanntische, um eine plane Auflagefläche der Folien zu gewährleisten. Für nichtmagnetische Werkstoffe wird eine Abdeckung aus magnetischem Stahl verwendet. Die exakte Positionierung der Folien wird durch seitliche Führungsschienen gewährleistet, über die die Schweißnaht in einem Winkel von 45° zur Folienaußenkante ausgerichtet wird. Vor dem Schweißen ist ein Schneiden der Folien in derselben Aufspannung möglich. Auf diese Weise soll eine Spaltfreiheit für den anschließenden Schweißprozess sichergestellt werden. Nach dem Schneidvorgang werden die auf einer Lineareinheit befestigten Magnetspannplatten aufeinander zu bewegt, um die Folienkanten exakt zueinander zu positionieren. Ein Ausspannen der Folien zwischen den beiden Prozessen ist nicht erforderlich, wodurch ein lateraler Kantenversatz vermieden werden kann. Die für das Schweißen erforderliche Schutzgaszufuhr an der Folienunterseite in Form einer Einschubkassette wird während des Schneidvorgangs entfernt.

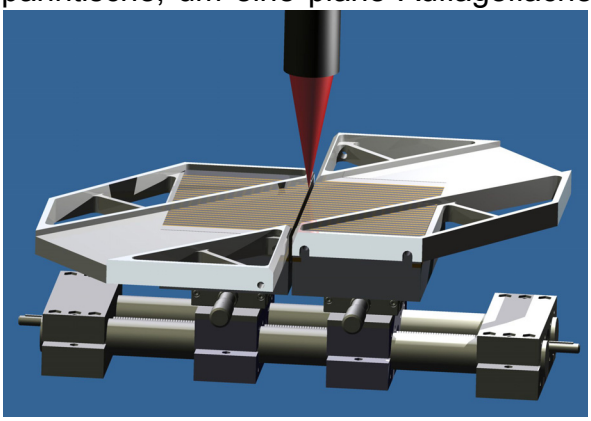


Abbildung 4: Folienspannvorrichtung

In weiteren Untersuchungen im Rahmen des Projekts sollte der Einfluss des Überlappungsgrades beim gepulsten Schweißen auf das Umformverhalten der Schweißnaht im Zugversuch geklärt werden. Dieses ist mit Hilfe eines ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry)-Geräts möglich, welches während der Zugversuche die Probenverformung aufnimmt. Für diese Versuche wurde ein H340LAD+Z mit einer Stärke von 1,25 mm und Überlappungsgraden von 11 %, 22 %, 32 %, 43 %, 53 %, 64 % und 74 % verwendet. Diese ergeben sich herstellungsbedingt aus variablen Vorschubgeschwindigkeiten bei ansonsten konstant gehaltenen Schweißparametern. Die Nahtoberflächen mit dem geringsten, dem höchsten und dem mittleren Überlappungsgrad sind in Abbildung 5 dargestellt. Bei einer ESPI-Verformungsanalyse wird die Verformung einer Probe in jedem einzelnen Punkt zwischen zwei Belastungszuständen gemessen. Dies geschieht durch ein auf die Probe projiziertes Interferenzgitter bzw. dessen Veränderung unter Probenbelastung. Für jede Raumrichtung wird eine Messung durchgeführt, wobei im Folgenden jedoch nur die Bewegungen längs zur Naht dargestellt werden, da diese für die Verformung der Naht ausschlaggebend sind. Ein Vergleich des Verformungsverhaltens im Nahtbereich von Proben, die mit einem geringen, einem mittleren und einem hohen Überlappungsgrad geschweißt worden sind, ist in Abbildung 6 dargestellt. Dafür wurde für jeden Überlappungsgrad je ein Zustand bei 13 % und 25 % Dehnung betrachtet. In der oberen Reihe sind bei einer Dehnung von 13 % deutliche Unterschiede im Verformungsverhalten zu erkennen. Bei größerem Überlappungsgrad ist hier die Bewegung innerhalb der Naht bereits fast vollständig zum Erliegen gekommen. Mit niedrigeren Überlappungsgraden nimmt die Verformung innerhalb der Naht hingegen stark zu. Bei 25 % Dehnung hat sich das Verformungsverhalten unterschiedlicher Nähte weitestgehend angepasst. In einem weiten Bereich um die Naht herum kommt es nur zu äußerst geringen Verformungen. Dies gilt für jeden der drei Überlappungsgrade. Es lässt sich ableiten, dass die Probe im Anfangsbereich des Zugversuchs im Falle von großen Überlappungsgraden eine hohe Stabilisierungswirkung durch die Schweißnaht erfährt. Bei kleineren Überlappungsgraden nehmen die durch die fehlende Festigkeitssteigerung unstabilisierten Bereiche zwischen den Schweißpunkten zu. Diese ziehen sich im Zugversuch zusammen. Wenn diese verformungsaufnehmenden Bereiche im späteren Verlauf aufgezehrt sind, kommt es zu einem ähnlichen Verhalten wie bei Nähten höherer Überlappungsgrade.

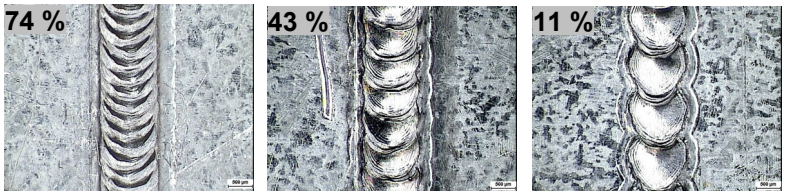


Abbildung 5: Nahtoberflächen

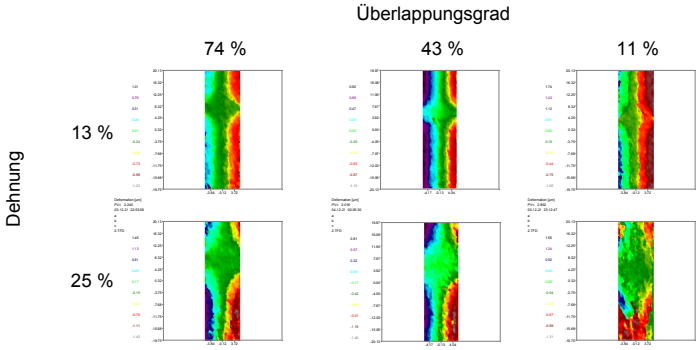


Abbildung 6: Verformungsverhalten des Nahtbereichs

4 Geplante Arbeiten

Im weiteren Verlauf des Projekts werden die Schweißnähte zusätzlich zu den bisherigen mechanische Test im Dauerschwingversuch untersucht. Des Weiteren folgt das Schweißen von Folien und Demonstratorbauteilen.