

# MEHRLAGENSCHWEISSEN IM STAHLBAU MIT HOCHLEISTUNGSDIODENLASER

## DIE AUFGABE

Im Stahlbau bilden konventionelle Schweißverfahren wie Unterpulver- und Metall-Schutzgasschweißen das Rückgrat in der Herstellung von dickwandigen Schweißkonstruktionen. Um mit den Schweißwerkzeugen tief in die Schweißfuge einzudringen, sind häufig Öffnungswinkel größer 40 Grad nötig. Diese klassische Fugenvorbereitung wird im Stahlbau mittels Plasma- oder Brennschnitt durchgeführt. Sie führt zu einem sehr großen V-förmigen Fugenquerschnitt, der mit Blick auf den Bauteilverzug mit zunehmender Blechdicke ungünstig wirkt.

Laserbasierte Verfahren sind im Stahlbau derzeit ungebräuchlich, da die klassische Nahtvorbereitung für Laseranwendungen ungeeignet und die mechanische Bearbeitung der Fuge im Vorfeld zu teuer ist. Um den im modernen Stahlbau typischen Anforderungen nach effizienten Schweißverfahren zur Überbrückung großer Bauteiltoleranzen in Verbindung mit geringer Nacharbeit gerecht zu werden und das große Wertschöpfungspotenzial bei der Herstellung von dickwandigen Bauteilen weiterhin für Deutschland attraktiv zu halten, hat das Fraunhofer IWS Dresden ein laserbasiertes Verfahren für das Fügen im Dickblechbereich entwickelt.

## UNSERE LÖSUNG

Das von den Forschern am Fraunhofer IWS entwickelte Laser-Mehrlagen-Engstspaltschweißen (Laser-MES) stellt einen neuen Ansatz für die Herstellung von Schweißkonstruktionen aus dicken Blechen sowie für Reparaturaufgaben dar. Mit diesem Verfahren wird es möglich, die bisherige Prozessgrenzen beim Tiefschweißen mit dem Laserstrahl weitgehend aufzuheben.

Der bereits beim Schweißen von dicken Aluminiumblechen erprobte Lösungsansatz ist für Stahlbauanwendungen nur leicht modifiziert worden. Statt einem Faserlaser kommt ein 10 kW-Diodenlaser zum Einsatz. Bedingt durch seine Strahlqualität und der ausgewählten optischen Komponenten wird ein Spotdurchmesser von ca. 3 mm auf dem Werkstück erzeugt, der Bauteiltoleranzen von ca. 2 mm sicher überbrückt.

Da der minimale Öffnungswinkel der Fuge von der Kaustik des Laserstrahles abhängt, kann dieser auf Werte kleiner 15 Grad reduziert werden, ohne das die Flanken im oberen Bereich der betrachteten 120 mm DHV-Naht abgeschmolzen werden. Der Strahl wird statisch durch die Fuge geführt, um entweder mit einer Raupe pro Lage oder mit zwei bis drei Raupen pro Lage den Spalt zu füllen (Abb. 3). Als Zusatzwerkstoff wird ein Schweißdraht mit einem Durchmesser von 1,6 mm schleppend dem Prozess zugeführt.

Prinzipbild des Laser-Mehrlagen-Engstspaltschweißens (MES)



3

Kleine Schmelzbadgrößen, wie sie aus dem klassischen Laserstrahlschweißen bekannt sind, können bei der mehrlagig ausgeführten Schweißnaht beibehalten werden.

Dadurch werden die Vorteile des Laserstrahlschweißens, geringer und lokal begrenzter Energieeintrag ins Bauteil sowie reduzierter Bauteilverzug auch für Dickblechanwendungen realisiert. Die hohe Leistungsintensität im Fokus wird gleichermaßen für die lokale Aufschmelzung der Bauteilflanken und des Schweißzusatzwerkstoffs genutzt.



## ERGEBNISSE

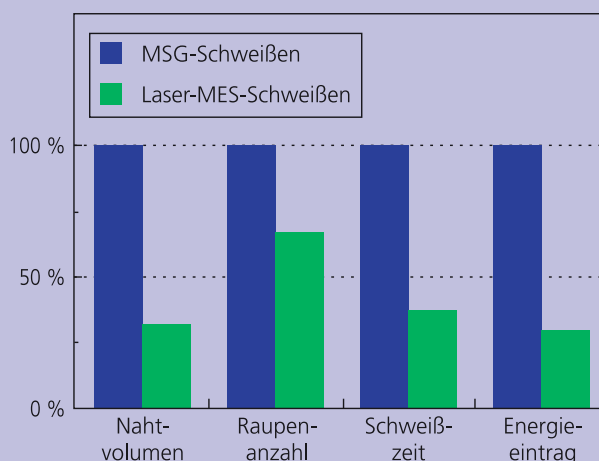
Mit den gewählten optischen Komponenten und einer Fugenvorbereitung mit 12 ° Öffnungswinkel wurden bauteilähnliche Proben von 800 mm Länge und 60 mm Nahthöhe hergestellt (Abb. 1, 2, 4). Die Kantenvorbereitung erfolgte mit der im Stahlbau üblichen Fugenvorbereitung, dem Plasmaschnitt. Die Besonderheit liegt in dem extrem schmalen Öffnungswinkel. Durch doppelseitiges Schweißen der HV-Naht sind mit dem Laser-MES-Verfahren sogar Blechdicken bis 120 mm sicher schweißbar.

Optimierte Schweißparameter garantieren die reproduzierbare Herstellung riss- und bindefehlerfreier Schweißverbindungen mit homogenem Lagenaufbau. Die Laserschweißnaht weist ebenso wie die konventionelle Schweißnaht eine sehr geringe Porenhäufigkeit auf (Abb. 4a und b) und kann somit der besten Bewertungsgruppe (B) für Unregelmäßigkeiten nach DIN EN ISO 13919-1 zugeordnet werden.

Das Schweißnahtvolumen wurde durch den Einsatz des Laser-MES-Verfahrens gegenüber dem MAG-Verfahren auf 32 Prozent reduziert (Abb. 5). Dadurch reduziert sich die Anzahl der zu schweißenden Einzelraupen bei einer 120 mm DHV-Naht von 105 auf 70, wodurch auch die Schweißzeit sinkt. Zudem werden durch das Laser-MES-Verfahren Abschmelzraten von ca. 5 kg h<sup>-1</sup> erzielt, ein sehr hoher Wert für Laseranwendungen. Vorteilhaft ist der geringe Schweißnahtquerschnitt auch hinsichtlich des deutlich reduzierten Bauteilverzuges. Dazu trägt neben dem geringeren Flankenöffnungswinkel auch der drastisch reduzierte Energieeintrag je Schweißlage bei.

Die Untersuchungen bestätigen die hohen Erwartungen an das Laser-MES-Verfahren hinsichtlich seiner Effizienz, die für den Stahlbau wichtige Entscheidungskriterien darstellt. Durch den Einsatz von Diodenlaser sinkt auch die Investitionshürde, da die Kosten pro Kilowatt Laserleistung seit einigen Jahren deutlich abfallen.

DHV-Naht mit 120 mm Dicke



- 1,2 Laser-MES Fügen einer 60 mm dicken HV-Probe mit 12 Grad Öffnungswinkel
- 4 Querschliff von konventionellgeschweißten (a) und lasergeschweißten (b) Stahlblechen

## KONTAKT

Dipl.-Ing. Robert Strohbach

+49 351 83391-3576

robert.strohbach@iws.fraunhofer.de

