

K. Pampel, J. Drechsel, H. Exner

## Vergleich Laserstrahlschweißen mit Diodenlasern unterschiedlicher Strahlführung

Diodenlaser mit höheren Ausgangsleistungen werden derzeit vorwiegend in Direktanwendungen, wie dem Schweißen von dünnen Blechen und Kunststoffen, dem Härten und für Oberflächenbearbeitungen eingesetzt. Durch die unterschiedlichen Prozessabläufe werden auch verschiedene Anforderungen an die Strahlqualität und zusätzlich an die Intensitätsverteilung im Strahl gestellt. Für das Schweißen von dünnen Blechen mit hoher Nahtgüte fanden Schweißversuche mit zwei Hochleistungs-Diodenlasern verschiedener Strahleigenschaften statt. In den Untersuchungen wurde Wert darauf gelegt, die Unterschiede in den Schweißergebnissen aufgrund unterschiedlicher Strahlführung bis zum Werkstück (mit und ohne Faserkopplung) zu erfassen.

Die Untersuchungen konzentrierten sich auf die beiden hochlegierten Stähle 1.4301 und 1.4571 sowie auf den Baustahl 1.0330 (St12) in den Materialstärken 0,8 und 1,0 mm. In den Versuchen wurden Schweißnähte in den beiden Nahtformen Überlappnaht und I-Naht erzeugt. Die Schweißversuche fanden an zwei Lasern der Firma ROFIN SINAR statt. Beide waren kontinuierlich strahlende Hochleistungs-Diodenlaser mit den beiden Wellenlängen 808 und 940 nm sowie einer maximalen Ausgangsleistung von 2500 W. Die Fokussieroptiken hatten bei beiden eine Brennweite von 50 mm. Der Arbeitsabstand zum Werkstück betrug 43 mm. Der Fokus wurde auf die Werkstückoberfläche gelegt ( $F = 0$ ). Die Gasdüse wurde stechend angeordnet (Definition lt. DIN 1910).

### Untersuchungen mit einem HLDL ohne Faserkopplung

Der Laser ROFIN DL025 S erzeugt einen quadratischen Fokusquerschnitt von (1,3 x 1,3) mm<sup>2</sup>. Die maximale Laserleistung nach der Fokussieroptik mit Schutzglas beträgt 2,2 kW.

Aus den ermittelten Parameterfeldern von Laserleistung und Schweißgeschwindigkeit für Überlappschweißungen konnte eine Intensitätsschwelle abgeleitet werden. Diese liegt für das Einsetzen des Tiefschweißens bei ca.  $I = 1,2 \cdot 10^5$  W/cm<sup>2</sup>, was einer Laserleistung von  $P_{av} = 2,0$  kW entspricht. Demgegenüber steht jedoch die Tatsache, dass die erzeugten Schweißnähte untypisch für sonst sehr schmale und mit einem hohen Aspektverhältnis (Verhältnis von Nahttiefe zu Nahtbreite) gekennzeichneten Laserstrahlschweißnähte sind.

Es gelang, Schweißnähte ohne Überhöhung und Einfall der Naht oder der Wurzel herzustellen (DIN 8563). Poren oder Risse konnten bei Betrachtungen unter dem Mikroskop nicht festgestellt werden. Die breiten Schweißnähte resultieren aus dem relativ großen Fokus von 1,3x1,3 mm<sup>2</sup>. Um eine Aufhärtung zu verhindern, wurde die Schweißgeschwindigkeit sehr niedrig gewählt. Die in den folgenden beiden Abbildungen dargestellten Schweißnähte sind typisch für den Stahl 1.4571.

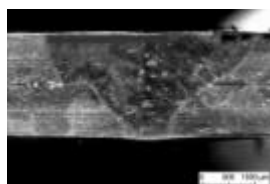


Abb. 1: Querschliff

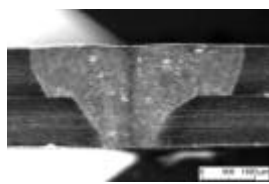


Abb. 2: Querschliff

Die abgebildeten Schweißnähte sind Überlappschweißungen von 1,0 mm starken Blechen des hochlegierten Stahles 1.4571 und wurden mit einer Laserleistung von  $P_{av} = 2,0$  kW am Werkstück geschweißt. Dies entspricht einer Intensität von  $I = 1,2 \cdot 10^5$  W/cm<sup>2</sup>.

Abb.	1	2
Stahlsorte	1.4571	1.4571
Intensität	$1,2 \cdot 10^5$ W/cm <sup>2</sup>	
Vorschub:	7,5 mm/s	6 mm/s
Schutzgas	Argon	Ar-H <sub>2</sub> (93,5:6,5 %)
Oberraupebreite	3,9 mm	4 mm
Wurzelbreite	-	0,7 mm

Tab. 1: Parameter für die Überlappnähte aus Abb. 1 und 2

### Untersuchungen mit einem fasergekoppelten HLDL

Der Laser ROFIN DF022 erzeugt einen Fokusbereich von ca. 1,7 mm. Nach der Faser und der Fokussieroptik ist noch eine maximale Laserleistung von  $P_{av} = 2,3$  kW verfügbar.

Die Geschwindigkeiten liegen in beiden Versuchsreihen weit unter den Ergebnissen aus bisherigen Untersuchungen /1/, /2/. Die Verringerung der Schweißgeschwindigkeit aufgrund des relativ großen Fokusbereichs führt zu einer hohen Streckenenergie und damit zu breiten Schweißnähten.

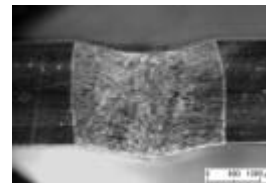


Abb. 3: Querschliff

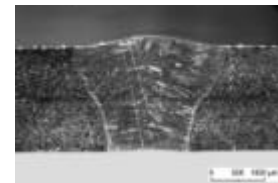


Abb. 4: Querschliff

Abb.	3	4
Stahlsorte	1.4571	1.4301
Intensität	$1,1 \cdot 10^5$ W/cm <sup>2</sup>	
Vorschub:	10 mm/s	10 mm/s
Schutzgas	Argon	Argon
Oberraupebreite	2,7 mm	2,9 mm
Wurzelbreite	2,8 mm	1,4 mm
Nahtfall-/überhöhung	NE:0,25mm	NU:0,1 mm

Tab. 2: Parameter für die Überlappnähte aus Abb. 3 und 4

Für eine Erhöhung der Einschweißtiefe reicht jedoch die vorhandene Intensität von  $I = 1,1 \cdot 10^5$  W/cm<sup>2</sup> nicht aus. Die homogene Intensitätsverteilung bewirkt jedoch eine verbesserte Energieeinkopplung im Vergleich zum vorangenannten Laser ROFIN DL025 S, was an den schmaleren Schweißnähten ersichtlich wird.

Eine Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit kann hauptsächlich auf die unterschiedliche Intensitätsverteilung im Fokusquerschnitt zurückgeführt werden. Es gilt daher nicht nur auf einen möglichst kleinen Fokusbereich zu achten, sondern auch auf die Intensitätsverteilung. Eine Strahlhomogenisierung aufgrund von Lichtleitfasern wirkt sich positiv aus.

Nach **Härtemessungen** (mit dem HMV 2000 Fa. Shimadzu) an ausgewählten Schweißnähten aus beiden Versuchsreihen konnten keine Aufhärtungen bei den beiden Edelstählen festgestellt werden. Auch der Baustahl (St12) zeigt lediglich Aufhärtungen in der Schweißnaht von ca. 90 HV0,5 gegenüber dem Grundmaterial.

Die Untersuchungen wurden teilweise aus Mitteln des BMBF (AIF, Förderkennzeichen 1700801) gefördert.

#### Literatur:

/1/: Exner, H., Drechsel, J.; Forschungsbericht: „Hochleistungsdiodenlasermaterialbearbeitung“, Hochschule Mittweida, 07/2000

/2/: Bliedner, J., Müller, H., Wolff, D., Thomas, J., Michel, G.; „Diodenlaser schweißen tief“, Laser-Praxis 03/2000

Kontakt: J. Drechsel

Tel.: 03727 58 1572 / Fax. 03727 58 1496

e-mail: jdrechsel@htwm.de