



Verfahrenstechnische Lösungen zum Laserstrahlschweißen im Bereich Antriebsstrang

Aufgabenstellung

Kraftübertragungselemente, bestehend aus Wellen und darauf mechanisch oder schweißtechnisch befestigten Kraftaufnahmeelementen wie Zahnradern, Nocken, Kupplungsteilen, Kardan-Gabeln o. ä. sind wesentliche Bauelemente im Bereich Getriebebau. Für den Einsatz moderner schweißtechnischer Fügeverfahren wie z. B. das Laserstrahlschweißen bestehen z. T. gravierende Beschränkungen, da diese Komponenten überwiegend aus schwer schweißbaren Vergütungs- bzw. Einsatzstählen hergestellt sind. Aus schweißtechnischer Sicht beeinflussen mehrere Faktoren dabei die Schweißbarkeit derartiger Bauteile (Abb. 1).

Für Anwendungen im Bereich des Getriebbaus sind insbesondere folgende Problemstellungen typisch:

- Werkstoffe mit stark eingeschränkter Schweißbarkeit sowie Mischverbindungen aus unterschiedlichen Werkstoffen (Abb. 2),
- Rissgefahr an steifen Bauteilen aufgrund Schrumpfbehinderung bei Axial- und Radialrundnähten,
- temperaturempfindliche Schweißnahtumgebung z. B. gehärtete Verzahnungen (Abb. 3), Lagerlaufflächen sowie
- hohe zyklische und dynamische Bauteilbelastbarkeit.

Für diese komplexen Aufgabenstellungen und fertigungstechnischen Randbedingungen sind werkstoff- und bauteilangepasste Lösungen erforderlich.

Lösungsweg

Für das Fügen von Bauteilen aus dem Bereich Antriebsstrang besteht die Notwendigkeit verfahrensseitig werkstoffangepasste Laserschweißverfahren zu entwickeln, die das prozesssichere, rissfreie Schweißen der verwendeten Werkstoffe ermöglichen. Dies betrifft in erster Linie die Vermeidung von Kaltrissen an Werkstoffen mit hohem Kohlenstoffäquivalent und stark eingeschränkter Schweißbarkeit. Verfahrensseitig bieten sich dazu prinzipiell zwei Möglichkeiten. Durch den Eingriff in den Temperatur-Zeit-Zyklus besteht die Möglichkeit, das Umwandlungsverhalten der Werkstoffe zu beeinflussen und die Bildung spröder Phasen zu unterdrücken (Laserinduktionsschweißen). Zum anderen kann das Gefüge in der Schweißnaht durch den Einsatz von werkstoffangepassten Schweißzusatzwerkstoffen bzw. die Einstellung eines speziellen Mischungsverhältnisses beim Laserstrahlschweißen von Mischverbindungen gezielt eingestellt werden (Legierungsschweißen).

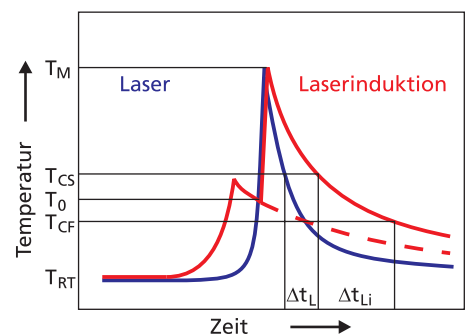


Abb. 4: Prinzip des Laserinduktionsschweißens



Abb. 1: Einflussfaktoren auf die Schweißbarkeit

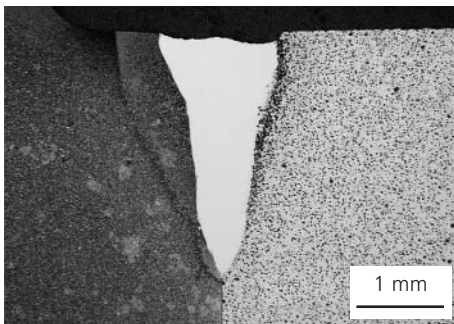


Abb. 2: Beispiel einer Mischverbindung aus Gusseisen und Einsatzstahl

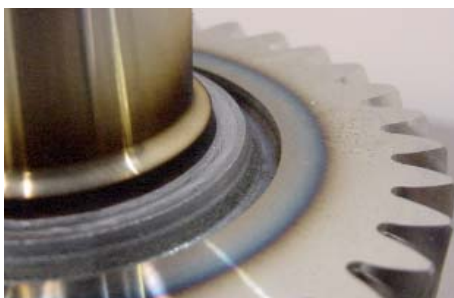


Abb. 3: Einsatzgehärtete Verzahnung in Schweißnahtnähe



Ergebnisse

Die Kopplung des Laserstrahlschweißens mit einer lokalen induktiven Kurzzeitwärmebehandlung stellt eine Möglichkeit dar, martensitisch-härtbare Kohlenstoffstähle rissfrei mittels Laser zu verschweißen. Durch eine lokale prozessintegrierte induktive Kurzzeitvorwärmung kann bei hochkohlenstoffhaltigen Stählen die Martensitbildung und damit die Gefahr der Kalt-rissbildung unterdrückt werden (Abb. 4). Somit besteht die Möglichkeit, eine Vielzahl von unterschiedlichen vergütbaren, einsatz- oder induktionshärtbaren Stählen, die im Bereich Antriebsstrang eingesetzt werden, rissfrei zu verschweißen (Abb. 5).

Für eine Vielzahl von Bauteilen bestehen aber aus konstruktiver oder werkstofftechnischer Sicht Randbedingungen, die eine lokale induktive Erwärmung verbieten. Dies trifft zum Beispiel auf die Verbindung von Ausgleichsgetriebegehäusen aus Gusseisen mit einsatzgehärteten Zahnrädern zu. Hier besteht die Möglichkeit, durch den Einsatz von werkstoffangepassten Schweißzusatzwerkstoffen im Bereich der Schweißnaht ein duktiles und rissfreies Schweißgut zu erzeugen und auf

diesem Wege hochbelastbare Laserschweißverbindungen an konventionell nicht schweißgeeigneten Werkstoffen zu realisieren (Abb. 6).

Somit bestehen mit den entwickelten und industriell erprobten Verfahrensvarianten zum Laserstrahlschweißen mit einer prozessintegrierten induktiven Kurzzeitwärmebehandlung (Laserinduktion) sowie dem Einsatz von werkstoffangepassten Schweißzusatzwerkstoffen neue Möglichkeiten, eine Vielzahl von Bauteilen aus dem Bereich Antriebsstrang kostengünstig mittels Laser zu verschweißen und aufwendige mechanische Fügeverfahren abzulösen (Abb. 7).

Eine neue fertigungstechnisch vorteilhafte Lösung besteht in einem weiteren Verfahren zum rissfreien Schweißen von einsatzgehärteten Bauteilen ohne eine aufwändige Entfernung der Einsatzhärteschicht. Dazu wurde eine neue Kombination entwickelt: vor dem Laserschweißprozess mit Zusatzwerkstoff erfolgt der prozessintegrierte Laserabtrag der Einsatzschicht.

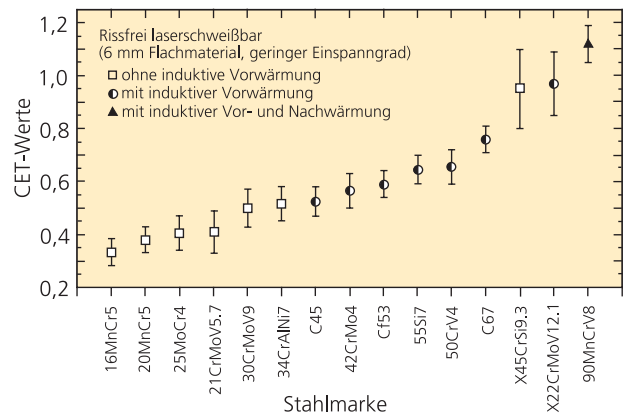


Abb. 6: Laserinduktion-Screening rissfrei schweißbarer Werkstoffe



Abb. 7: Laserstrahlschweißen mit Zusatzwerkstoff, Ausgleichsgetriebegehäuse (Gusseisen) mit Zahnrad (einsatzgehärteter Stahl)



Abb. 5: Anwendungsbeispiele Laserstrahlschweißen im Bereich Antriebsstrang

Ansprechpartner

Dr. Jens Standfuß
Tel.: 0351 / 2583 212
jens.standfuß@iws.fraunhofer.de

