

Qualitätssicheres Laserstrahlschweißen hochfester Stähle

Quality assured laser beam welding of high strength steels

Projekträger | Fördermittelgeber: Bayerische Forschungsstiftung
 Executing Organisation: Bavarian Research Foundation

Aufgabenstellung

Steigende Treibstoffkosten und strengere Abgasnormen lenken den Fokus von Automobilherstellern und Kunden verstärkt auf den Leichtbau in Fahrzeugen. Hierbei kommen vermehrt innovative Werkstoffe, wie faserverstärkte Kunststoffe, hochfeste Aluminiumlegierungen und hochfeste Stähle zum Einsatz, um das Fahrzeuggewicht reduzieren zu können. Während des Laserstrahlschweißens der hochfesten Werkstoffe im Rahmen der Karosseriefertigung treten jedoch im Vergleich zum Schweißen konventioneller Werkstoffe neue Herausforderungen, wie eine Entfestigung im Bereich der Schweißzone oder Schweißnahtunregelmäßigkeiten (Abbildung links) auf. So steigt bei hochfesten Stählen durch den im Vergleich zu konventionellen Stählen erhöhten Anteil an Legierungselementen beispielsweise die Empfindlichkeit gegenüber Rissen an. Dem soll im Projekt durch prozesstechnische Maßnahmen begegnet werden, um den Anwendungsbereich hochfester Stähle zu erweitern.

Vorgehensweise

Durch die Anwendung brillanter Strahlquellen und schneller Strahlableitungssysteme soll das Temperaturfeld beim Laserstrahlschweißen hochfester Stähle gezielt beeinflusst werden, um so dem Auftreten von Schweißnahtunregelmäßigkeiten beziehungsweise der Entfestigung der Werkstoffe im Bereich der Schweißzone mithilfe örtlicher Leistungsmodulation entgegenwirken zu können. Ferner erfolgt im Projekt der Aufbau einer Inline-Prozesssensorik, um auftretende Schweißnahtunregelmäßigkeiten sicher zu erfassen und fehlerhafte Bauteile aus der Prozesslinie auszuschleusen. Das zu entwickelnde System basiert hierbei auf der thermografischen Erfassung von Schweißnahtunregelmäßigkeiten sowie dem Vergleich zwischen aktuellem Messergebnis und einem Referenzprozess.

Ergebnisse

Durch die Verwendung von im Projekt entwickelten Oszillationsstrategien konnte der Entstehung von Schweißnahtunregelmäßigkeiten beim Laserstrahlschweißen hochfester Stähle entgegengewirkt werden. Gleichzeitig konnte durch die Beobachtung des Schweißprozesses über Hochgeschwindigkeits- und Thermografieaufnahmen das Prozessverständnis im Hinblick auf den Einfluss der Oszillationsparameter, die Schmelzbadgeometrie und die Entstehungsmechanismen von Schweißnahtunregelmäßigkeiten erweitert werden. So wurden Schmelzbadformen identifiziert (Abbildung rechts: Blau: defektfreie Naht; Rot: defektbehaftete Naht), für die Schweißnahtdefekte auftreten. In weiteren Untersuchungen soll die thermografische Prozessüberwachung zur Detektion von kleinen Nahtfehlern weiterentwickelt werden.

Task

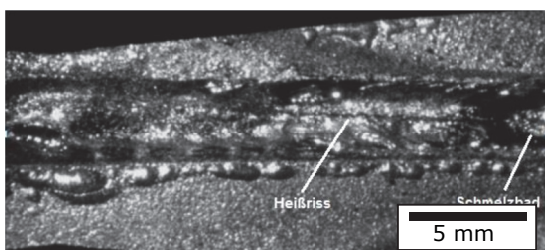
In times of increasing fuel costs and stricter emission standards automotive industry and customers pay more attention to lightweight construction in vehicles. Thus innovative materials like fiber-reinforced plastics, high strength aluminum alloys and high strength steels are used to reduce weight of vehicles. In comparison to conventional steels new challenges appear in laser beam welding of those materials, e.g. softening or weld seam irregularities (left figure). Hence the risk of cracking is increased if high strength steels are welded, due to their higher content of alloying elements. Within this project these challenges are countered by new welding strategies in order to gain new fields of application for high strength steels.

Approach

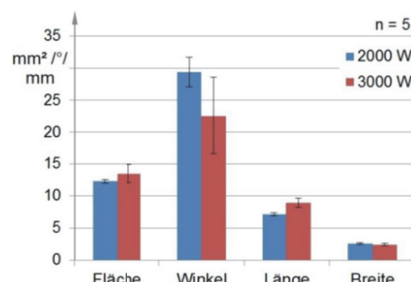
Within the project, the temperature field during laser beam welding of high strength steels should be influenced by spatial modulation of laser power using brilliant beam sources and fast beam deflection systems. This should counteract the formation of weld seam defects as well as softened zones besides or within the weld seams. Furthermore an inline-process control is built up in order to detect weld seam defects and remove erratic parts from the process line. This system is based on thermographic detection of weld seam defects as well as the comparison between current measurement and reference process.

Results

During laser beam welding of high strength steels, oscillation strategies developed within the project can be used to counteract the formation of weld seam defects. Furthermore the observation of the welding process by means of high speed and thermographic imaging allows an evaluation of the influence of the oscillation parameters as well as the weld seam geometry and enhances the understanding of the process with regard to the formation of weld seam defects. Thus weld pool geometries (right figure: Blue: seam without defects, Red: seam with defects) which lead to weld seams with defects were identified. In future investigations the thermographic process observation should be optimized for the detection of small weld seam defects.



HG-Aufnahme einer laserstrahlgeschweißten Heißrissprobe
 HS-imaging of a laser beam welded hot crack test specimen



Auswertung der Schmelzbadgeometrie
 Analysis of weld pool geometry

$v_{\text{Linear}} = 10 \text{ mm/s}$; $d_f = 170 \mu\text{m}$;
 Material: HSLA-Stahl; $f_p = 0 \text{ mm}$;
 $a_{\text{lat}} = 1,5^\circ \text{mm}$; $v_{\text{Bahn}} = 94,2 \text{ mm/s}$;
 $A = 0,5 \text{ mm}$; $f = 30 \text{ Hz}$; $\dot{U} = 60\%$;
 $E = 193 \text{ J/mm}$ (blau); 290 J/mm (rot)

$v_{\text{Linear}} = 10 \text{ mm/s}$; $d_f = 170 \mu\text{m}$;
 Material: HSLA-Stahl; $f_p = 0 \text{ mm}$;
 $a_{\text{lat}} = 1,5^\circ \text{mm}$; $v_{\text{trajec}} = 94,2 \text{ mm/s}$;
 $A = 0,5 \text{ mm}$; $f = 30 \text{ Hz}$; $\dot{U} = 60\%$;
 $E = 193 \text{ J/mm}$ (blue); 290 J/mm (red)