

Beanspruchungsorientiertes Prozessverständnis und -optimierung beim Kunststoffschweißen am Beispiel des Laserdurchstrahlenschweißens

Stress-orientated process understanding and optimization for welding of plastics on the example of laser transmission welding

Projektträger / Fördermittelgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Executing Organisation: German Research Foundation (DFG)

Aufgabenstellung

Im Rahmen dieses Vorhabens sollen grundlegende Zusammenhänge zwischen den während des Laserschweißprozesses auftretenden Temperaturfeldern, der Schweißnahtmorphologie und den daraus resultierenden Schweißnahtfestigkeiten untersucht werden. Ziel ist es weiterhin, das im Prozess vorherrschende Temperaturfeld auf Basis der erzielten Erkenntnisse derart zu beeinflussen, dass für die Anwendung optimale, beanspruchungsangepasste Festigkeiten erzielt werden können.

Vorgehensweise

Als Ansatz zur gezielten Beeinflussung der Temperaturfelder werden zwei diskrete Laserwellenlängen überlagert, um auch den oberen, transparenten Fügepartner strahlungs basiert zu erwärmen. Zusätzlich zu einem konventionellen Diodenlaser ($\lambda = 940 \text{ nm}$) wird dazu ein Thuliumlaser ($\lambda = 1940 \text{ nm}$) verwendet, dessen Wellenlänge im oberen Fügepartner eine höhere Absorption aufweist. Durch Variation der Fokusslage und der Leistungsanteile beider Laser soll eine räumlich und zeitlich aufgelöste Beeinflussung des Temperaturfelds ermöglicht werden. Zur Steigerung des Prozessverständnisses wird auf Basis der Finite-Elemente-Methode ein Prozessmodell generiert und mit den Ergebnissen aus den experimentellen Untersuchungen validiert.

Ergebnisse

Mit dem realisierten Aufbau wurden Probekörper aus den Werkstoffen Polycarbonat (PC) und Polypropylen (PP) geschweißt und hinsichtlich ihrer mechanischen Festigkeit und ihrer Morphologie charakterisiert (Bild links). Das Simulationsmodell ermöglicht eine Berechnung der resultierenden Temperaturfelder in beiden Werkstoffen und bildet die erhöhte Absorption des Thuliumlasers im oberen Fügepartner sehr gut ab (Bild rechts).

Task

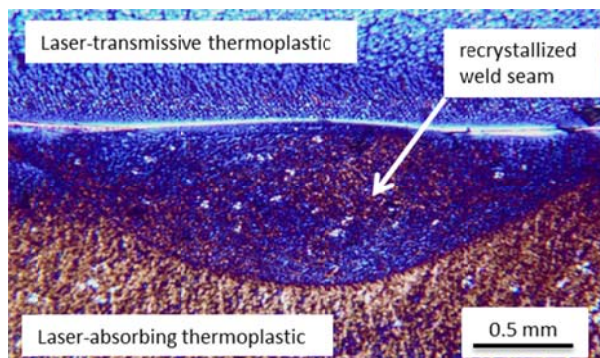
Within this project, fundamental correlations between the occurring temperature fields during the laser welding process, the morphology of the weld seam and the resulting mechanical weld seam strength shall be investigated. Based on the achieved knowledge it is an additional aim to control the temperature field in the process in a way that – dependent on the application – stress-orientated weld seam strengths can be achieved.

Approach

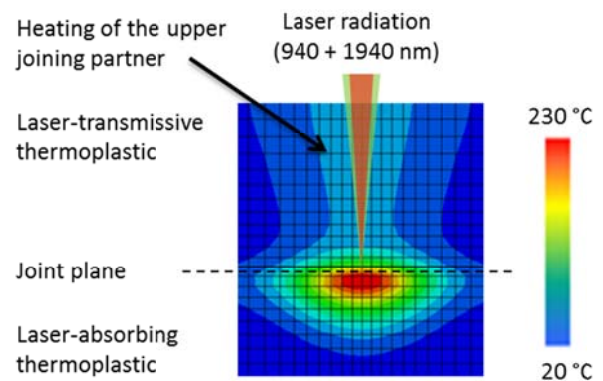
For controlling the temperature field two different discrete laser wavelengths are used with the aim to heat up the upper transparent joining partner. Additionally to a conventional diode laser ($\lambda = 940 \text{ nm}$), an overlaying thulium laser ($\lambda = 1940 \text{ nm}$) is used whose wavelength shows an increased absorption in the upper joining partner. By variation of the focus position and the power proportion of the two laser beams the spatial and temporal distribution of the temperature field shall be influenced. For an improved process understanding a FEM model is generated and validated with the results from the experiments.

Results

With the realized setup samples of polycarbonate (PC) and polypropylene (PP) were welded and analyzed regarding their mechanical strength and morphology (left picture). The simulation enables the calculation of the resulting temperature fields and is able to represent the higher absorption of the thulium wavelength in the upper joining partner (right picture).



Morphologie der Schweißnaht (Material: PP)
Morphology of the weld seam (material: PP)



FEM-Simulationsergebnis des Temperaturfelds beim Schweißprozess mit zwei Laserwellenlängen
FEM simulation result of the occurring temperature field at the welding process with two wavelengths