

Beanspruchungsorientiertes Prozessverständnis und -optimierung beim Kunststoffschweißen am Beispiel des Laserdurchstrahlungsschweißens

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 soll untersucht werden, inwieweit sich die mittels Laserdurchstrahlungsschweißen hergestellten Schweißnähte bei unterschiedlichen Belastungsfällen verhalten und welchen Einfluss das im Schweißprozess vorliegende Temperaturfeld auf die entstehende Schweißnahtmorphologie und die entstehenden Spannungszustände hat. Ferner soll geklärt werden, worin Ursachen für zu erwartende Unterschiede der Festigkeiten bei unterschiedlichen Belastungsfällen begründet sind und welche Temperaturfelder je nach Belastungsfall zu besseren Ergebnissen beitragen.

Vorgehensweise

Als Ansatz zur gezielten Beeinflussung der Temperaturfelder wird die Überlagerung zweier diskreter Laserwellenlängen gewählt, um auch den oberen, normalerweise transparenten Fügepartner strahlungsbasiert zu erwärmen. Zusätzlich zu einem konventionellen Diodenlaser ($\lambda = 940 \text{ nm}$) wird dazu ein Thuliumlaser ($\lambda = 1940 \text{ nm}$) verwendet, um eine räumlich und zeitlich aufgelöste Beeinflussung des Temperaturfelds zu ermöglichen. Zur Analyse der Schweißnahtmorphologie wird die Polarisationsmikroskopie verwendet, während für die Analyse der Spannungszustände ein FEM-Modell und die Bohrlochmethode genutzt werden.

Ergebnisse

Mit dem realisierten Aufbau wurden Probekörper aus den Werkstoffen Polyamid 6 (PA6) und Polypropylen (PP) geschweißt und hinsichtlich ihrer Morphologie charakterisiert. In der Schweißnaht von geschweißten PP-Probekörpern konnten dabei überwiegend monokline α -Sphärolithe, sowie vereinzelt auftretende hexagonale β -Sphärolithe beobachtet werden (siehe Bild unten). Hierbei hat sich gezeigt, dass der Durchmesser der Sphärolithe mit sinkenden Abkühlraten im Laserprozess zunimmt.

Task

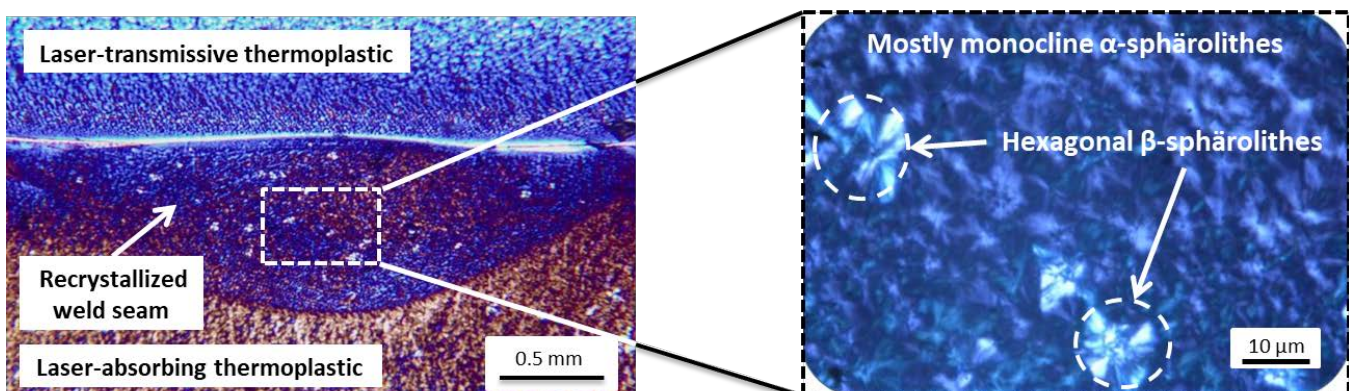
The aim of this project is to investigate to what extent weld seams produced by means of laser transmission welding behave differently in the case of different load applications. The influence of the temperature field in the welding process on the resulting weld seam morphology and the resulting residual stresses is investigated, too. Furthermore, it has to be clarified, what causes the different weld seam strengths in different load applications and which temperature field contributes to better results depending on the load situation.

Approach

For controlling the temperature field two different discrete laser wavelengths are used with the aim to additionally heat up the upper, normally transparent joining partner. Additionally to a conventional diode laser ($\lambda = 940 \text{ nm}$), an overlaying thulium laser ($\lambda = 1940 \text{ nm}$) is used to influence the spatial and temporal distribution of the temperature field. For the analysis of the weld seam morphology, polarization microscopy is used, while a FEM model and the borehole method are used for the analysis of the residual stresses.

Results

With the realized setup samples of polyamide 6 (PA6) and polypropylene (PP) were welded and analyzed regarding their morphology. In the weld seam of welded PP test specimens, monoclinic α -spherulites as well as local occurring hexagonal β -spherulites could be observed. It could be determined that the diameter of the spherulites is dependent on the cooling rates in the welding process (see picture below).



Rekristallisierte Schweißnaht (links) und Nahaufnahme der Schweißnahtmorphologie (rechts) mit der überwiegend vorliegenden monoklinen α -Phase und der lokal auftretenden hexagonalen β -Phase (Material: Polypropylen)
Recrystallized weld seam (left) and close up of the weld seam morphology (right) with the predominantly present monocline α -phase and the locally occurring hexagonal β -phase (material: polypropylen)