

Vorab-Info zur Veröffentlichung des Fachartikels

Verfahrensvariantenvergleich und Prozessmodellierung beim Laserdurchstrahlschweißen zur Vereinfachung der Prozessqualifizierung und -auswahl

C. Hopmann, M. Weber, S. Sooriyapiragasam, Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV), Aachen
R. Poprawe, A. Rösner, Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT), Aachen
U. Russek, Rheinische Fachhochschule gGmbH (RFH), Köln

zum Forschungsvorhaben und dessen fristgerechten Schlussbericht

IGF-Forschungsvorhaben 16955 N

“Laserdurchstrahlschweißen von Kunststoffen – Verfahrensvariantenvergleich und Prozessmodellierung zur Vereinfachung der Prozessqualifizierung und -auswahl”

in der Fachzeitschrift "Joining Plastics" des DVS-Media-Verlags im Februar 2014.

Ausgangssituation, Zielsetzungen, Vorgehen

Das Laserdurchstrahlschweißen von Kunststoffen wird industriell vielfach eingesetzt. Es zeichnet sich durch eine Vielfalt verfügbarer Verfahrensvarianten aus, wie z. B. das Kontur-, Simultan- und Quasi-Simultanschweißen. Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale dieser Verfahrensvarianten liegen in der Bestrahlungsstrategie sowie der Art der Strahlformung.

Zwar sind einige Verfahrensvarianten für bestimmte Anwendungsfälle prädestiniert, wie z. B. das Simultanschweißen für einfache Geometrien und hohe Stückzahlen, doch ist für viele Anwendungen die frühe Verfahrensauswahl nicht möglich. Dies ist darin begründet, dass kein umfassender Vergleich der Verfahrensvarianten existiert. Somit ist für potenzielle Anwender die Entscheidung zugunsten des Laserdurchstrahlschweißens im Allgemeinen erschwert, da die nötige Transparenz und Übersichtlichkeit fehlt. Zudem war nach einer Entscheidung für das Laserdurchstrahlschweißen die Wahl der jeweiligen Verfahrensvariante sowohl für den Anwender als auch für Anlagenhersteller ein weiteres Hindernis.

Die Verfahrensauswahl für den industriellen Einsatz wird z. B. motiviert durch Steigerung von Qualität und Prozessstabilität bei gleichzeitiger Senkung der Prozessschritte, Zykluszeiten und Kosten. Doch sowohl die Verfahrensauswahl als auch die -qualifizierung machen kosten- und zeitintensive iterative Orientierungsstudien notwendig. Diese Studien dienen der iterativen Bestimmung von z. B. Bestrahlungsverfahren, Füge-teilauslegung und Prozessparametern. Besonders KMU verfügen oftmals weder über die nötigen Erfahrungen noch die erforderlichen personellen und finanziellen Mittel für eine begründete Verfahrensauswahl.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, das kosten- und zeitintensive iterative Vorgehen zur Verfahrensauswahl zu vereinfachen, um fügetechnische Entscheidungen als auch industrielle Umsetzungen zu beschleunigen. Daher liegt der Fokus im systematischen experimentellen, analytischen und simulativen Vergleich der Verfahrensvarianten Kontur-, Simultan-, Quasi-Simultan- und Twist-Schweißen beim Laserdurchstrahlschweißen von Kunststoffen, um eine verlässliche und belastbare Entscheidungsbasis für Anwender zu schaffen, damit diese je nach Anwendungsfall das jeweils optimale Laserschweißverfahren unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten rasch auswählen und qualifizieren können.

Um den Verfahrensvergleich durchzuführen, wurde zum einen ein den Vergleich ermöglichender Probekörper entwickelt, an dem experimentelle Untersuchungen zum Verfahrensvergleich erfolgten. Zum anderen wurden entsprechende experimentelle Rahmenbedingungen geschaffen. Um den Verfahrensvergleich trotz unterschiedlicher Prozessparameter zu gewährleisten, wurden verfahrensunabhängige Parameter definiert. Auf dieser Basis vergleicht die thermische Prozessmodellierung die Verfahrensvarianten durch die Bestimmung der zeitlich-räumlichen Energie- bzw. Temperaturverteilungen in den Fügepartnern.

Kurzzusammenfassung der Ergebnisse

Für die Verfahrensvarianten Kontur-, Simultan-, Quasi-Simultan- und Twist-Schweißen des Laserdurchstrahlschweißens von Kunststoffen wurde sowohl ein experimenteller als auch simulativer Vergleich durchgeführt.

Dieser Vergleich bedarf einer gemeinsamen Basis, welche u. a. durch Entwicklung eines Probekörpers, Abstimmung der Anlagentechnik, Definition verfahrensunabhängiger Prozessparameter, Fokussierung auf einen industriell relevanten Referenzthermoplast (PA 66) und Verhinderung von Schmelzeaustritt während des Schweißvorgangs sichergestellt wurde.

Die Auswertung der experimentellen und der simulativen Untersuchungen liefert nicht nur neue prozess- und verfahrenstechnische Erkenntnisse. Sie stellt auch eine verlässliche und belastbare Entscheidungsgrundlage für Anwender dar, um im individuellen Anwendungsfall zu entscheiden, ob das Laserdurchstrahlschweißen eine attraktive Fügealternative darstellt und welche Verfahrensvariante unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu bevorzugen ist.

Eine zentrale neue Erkenntnis des durchgeführten Forschungsvorhabens ist der nachgewiesene verfahrensunabhängige Zusammenhang zwischen Laserstrahlintensität und Wechselwirkungszeit. Dieser offenbart sich in doppelt-logarithmischer Darstellung derart, dass verfahrensunabhängig Prozessfensterbänder existieren, die je durch zwei Geraden entsprechend der Prozessfensteruntergrenze (Anhaftung) und Prozessfensterobergrenze (Zersetzung) begrenzt sind. Die Betrachtung aller Verfahrensvarianten in dieser doppelt-logarithmischen Darstellung zeigt, dass sich diese innerhalb eines verfahrensunabhängigen Bandes einordnen. Mit steigender Intensität bzw. abnehmender Wechselwirkungszeit folgen aufeinander die Prozessfenster des Quasi-Simultan-, Simultan-, Kontur- und Twist-Schweißens.

Der Verfahrensvergleich zeigt ferner, dass die Verfahrensvarianten neben unterschiedlichen Prozessparametern auch unterschiedliche Nahtfestigkeiten, Prozessfensterausdehnungen und Prozesszeiten erlauben. Die softwarebasierten Modelle stützen diese Ergebnisse und erlauben, individuelle prozess- und produkt-spezifische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Derart stehen dem Anwender neue Werkzeuge zur Verfügung, die neben prozesstechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten auch bei der Füge-teilauslegung und dem Nahtgeometriedesign hilfreich sind.

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

Das IGF-Vorhaben 16955 der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS, Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Danksagung

Die durchführenden Forschungsstellen bedanken sich ausdrücklich bei der AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen) für die Förderung des Projektes sowie beim DVS für die hervorragende Projektbetreuung und Organisation.

Die aktive Unterstützung des projektbegleitenden Ausschusses sei ebenfalls dankend erwähnt.

Hinweis auf den Schlussbericht

Der Schlussbericht ist über die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS verfügbar.

