

Teilprojekt A02

Titel

Lokaler Eigenspannungsaufbau bei der Erstarrung technischer Legierungen während des Schweißens

Projektleitung/-bearbeitung

Uwe Reisgen / Rahul Sharma / Konrad Mäde / Lukas Oster
Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF)

Aufgabenstellung

In diesem Teilprojekt ist eine Verifizierung und Erweiterung bestehender Theorien zum Eigenspannungsaufbau durch direkte Beobachtung des Dehnungsverlaufes beim Schweißen zu erarbeiten. Dies erfolgt durch In-Situ-Experimente zur Messung von Temperatur und Dehnung. Die Temperatur- und Verformungsdaten dienen als Grundlage zur Validierung von Thermo-Mechanischen Simulationsmodellen.

Vorgehensweise

Im sechsten Projektjahr wurden in situ Messungen von Dehnungsfeldern beim Hochtemperaturzugversuch durchgeführt. Hierzu wurde ein Umformdilatometer mit optischer Dehnungsmesstechnik ausgestattet. Die erzielten Materialkennwerte ermöglichen die Bestimmung von mechanischen Materialkennwerten um die Kohärenztemperatur.

Darüber hinaus wurde mit Experimenten zur in situ Eigenspannungsmessung während des Schweißens mittels Röntgenbeugung am Synchrotron begonnen. Unterschiede verschiedener Schweißprozesse und verschiedener Grund-/Zusatzwerkstoffkombinationen werden in Zusammenarbeit mit TP A7 untersucht und Randgrößen für die Zusammenarbeit definiert. Die Herstellung und Prüfung verschiedener LTT-Legierungen

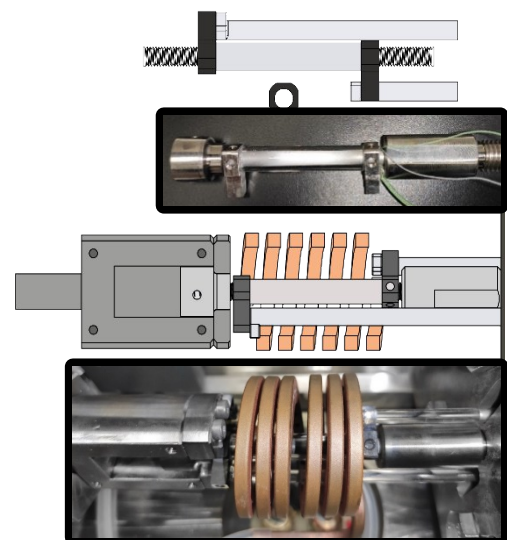
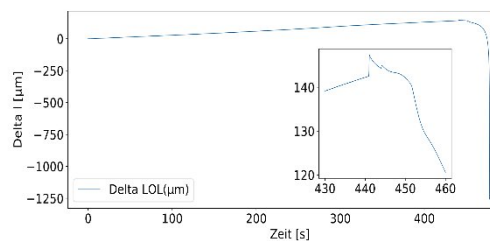


Fig 1 Hochtemperatur Zugversuch im Umformdilatometer

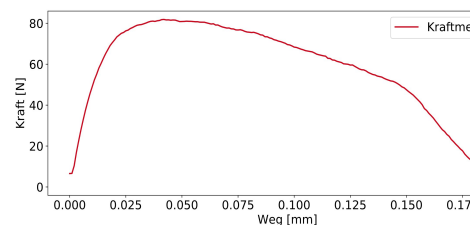
und deren Phasenanteile sind hier neben Eigenspannungen von zentralem Interesse.

Ergebnisse

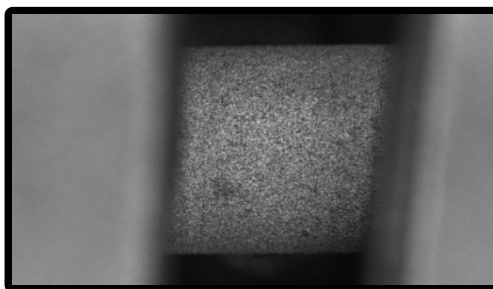
Grundlegende Werkstoffkennwerte welche wichtig für die modellhafte Betrachtung des Schweißprozesses sind, wie Wärmeausdehnungskoeffizienten, Spannungs-/Dehnungskurven (Fließkurven) und Kohärenztemperatur können für ein breites Werkstoffspektrum bestimmt werden.



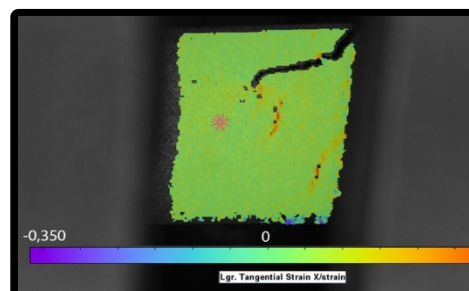
a)



b)



c)



d)

Fig 2 a) Wärmeausdehnung bis in den schmelzflüssigen Zustand; b) Zugversuch nahe Liquidustemperatur; c) Bildausschnitt für optische Probenanalyse; d) Messergebnis DIC

Neben der Aluminiumlegierung A356 sind vor allem Versuche mit LTT-Legierungen durchgeführt worden. Fließkurvenermittlung durch lokale Dehnungsbestimmung ist mit Einschränkungen auch im Hochtemperaturbereich möglich. Vorversuche im Rahmen von in situ Messung der Eigenspannungsentwicklung durch Synchrotronstrahlung profitieren von dem erweiterten Anwendungsspektrum des Dilatometers und der DIC.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch Anpassung der Versuchstechnik kann das Temperaturintervall für die Bestimmung von Fließkurven weiter in Richtung der Kohärenztemperatur vergrößert werden. Die Möglichkeit der quantitativen Messung von

Eigenspannungsaufbau und Entwicklung sowie des LTT-Effekts während des Schweißens ist vielversprechend. Die weitere Verbesserung der Bestimmung von Werkstoffeigenschaften im Hochtemperaturbereich welche Einfluss auf die Eigenspannungsentwicklung haben sollte Ziel des nächsten Jahres sein und hilft die Beherrschung zu ermöglichen und zu quantifizieren. Die Durchführung von in situ Beugungsversuchen verspricht die Korrelation von Oberflächenverformungsmessung und Vorgängen in Massivbauteilen in bisher nicht bekannter Genauigkeit.

Veröffentlichungen

Sharma, R., Reisgen, U. Influence of mill scale on weld bead geometry and thermal cycle during GTA welding of high-strength steels. *Weld World* 64, 1175–1183 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40194-020-00910-6>

Reisgen, U., Sharma, R., Mann, S. et al. Increasing the manufacturing efficiency of WAAM by advanced cooling strategies. *Weld World* 64, 1409–1416 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40194-020-00930-2>

Reisgen, Uwe ; Sharma, Rahul ; Oster, Lukas Emmanuel; Christ, Martin Leonhard ; Mann, Samuel Micha* ; Lubosch, D., Einfluss von aktiven Kühlmethode auf die Metallurgie von Duplexstählen bei der Verarbeitung mittels WAAM, [DVS CONGRESS 2020. Große Schweißtechnische Tagung. DVS CAMPUS, 2020-09-14 - 2020-09-18, online, Germany], Seiten/Artikel-Nr: 208-214^

F. Akyel, L. Oster, S. Olschok, R. Sharma, U. Reisgen, Investigating plasma keyhole welding with multiple wires for fusion welding with chemically graded weld seams, *Journal of Advanced Joining Processes*, Volume 1, 2020, 100024, ISSN 2666-3309, <https://doi.org/10.1016/j.jajp.2020.100024>.

Bobzin, K., Wietheger, W., Knoch, M.A. et al. Comparison of Residual Stress Measurements Conducted by X-ray Stress Analysis and Incremental Hole Drilling Method. *J Therm Spray Tech* 29, 1218–1228 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11666-020-01056-z>