

Teilprojekt A07

Titel

Nutzung der partiellen metallurgischen Injektion zur Steuerung der Erstarrungskräfte bei Schmelzschweißprozessen

Projektleitung/-bearbeitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Reisgen

Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF)

Aufgabenstellung

Der Fokus lag in den Untersuchungen der Eigenspannungsverteilung durch in-situ Legieren. Die erzeugten Gefüge wurden untersucht und ein Zusammenhang zwischen der Legierungszusammensetzung und der Kompensation von Eigenspannungen hergestellt. Weiterhin wurde ein Simulationsmodell für den Grundwerkstoff S235JR durch eine Abbildung der Phasenumwandlung erweitert.

Vorgehensweise

Schweißversuche am Laser wurden durchgeführt und verschiedene Legierungszusammensetzungen anhand artfremder Materialkombinationen erzeugt. Dabei wurden als Grundwerkstoff (GW) S235JR bzw. 1.4301 benutzt. Zusatzwerkstoffe (ZW) variierten: G3Si1 als ein niedriglegierter ZW, G19 9 und G25 20 als hoch Cr-Ni-haltige ZW. Alle Drähte wurden als Volldrähte mit 1 mm Durchmesser genutzt. Dabei wurde der niedriglegierte GW S235JR mit einem G19 9 bzw. G25 20 auflegiert; der hochlegierte GW 1.4301 hingegen wurde mit dem Zusatzdraht G3Si1 herablegiert. Abhängig von der Drahtzufuhrgeschwindigkeit, Schweißgeschwindigkeit, Nahtvorbereitung, Schweißleistung und Pendelfigur konnten verschiedene chemische Zusammensetzungen durch den Aufmischungsgrad hergestellt werden.

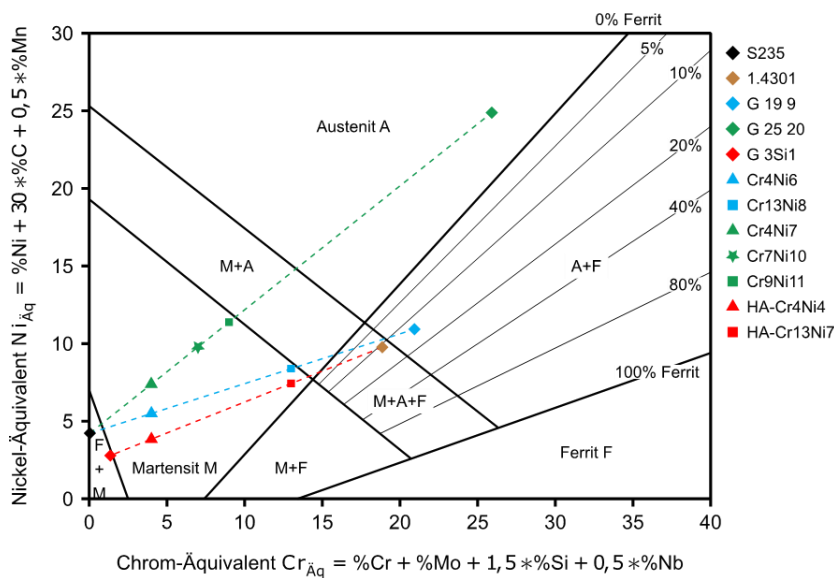


Abbildung 1: Einordnung der untersuchten Legierungszusammensetzungen im Schäffler-Diagramm

Die Querschliffe und chemischen Zusammensetzungen aller Querschliffe wurden untersucht und im Schäffler-Diagramm eingetragen, Abbildung 1. Weiterhin wurden Eigenspannungsmessung anhand der Bohrlochmethode durchgeführt, Abbildung 2. Hierbei wurde deutlich, dass mit ansteigendem Legierungsgehalt die aufgebaute Druckspannung innerhalb der Schweißnaht ansteigt.

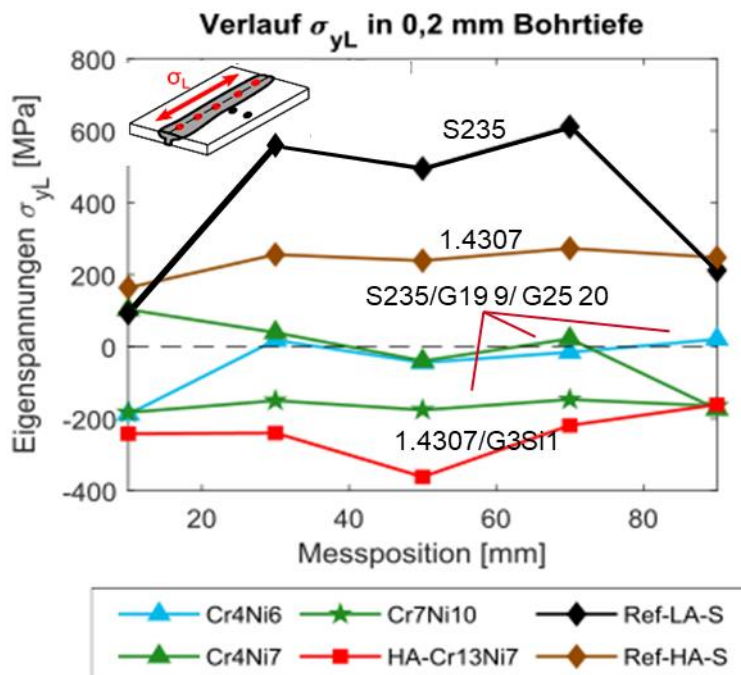


Abbildung 2: Bohrlochmessungen an Proben mit verschiedenen Legierungszusammensetzungen in der Schweißnaht

Während der Abkühlung wird die Eigenspannung sowohl aufgrund des thermisch bedingten Verzuges als auch der stattfindenden Phasenumwandlung erzeugt. Um die Höhe des Einflusses der Phasenumwandlung auf den Eigenspannungsaufbau abbilden zu können wurde ein Simulationsmodell aufgebaut und verbessert, Abbildung 3. Hierbei kann durch die Betrachtung des Eigenspannungsaufbaus mit und ohne Phasenumwandlung ein Verständnis über den Schweißprozess aufgebaut werden. Somit kann abgeschätzt werden, wie hoch die Martensitstarttemperatur (M_s) sein sollte und wann der Druckspannungsaufbau durch diese Phasenumwandlung idealerweise einsetzen sollte.

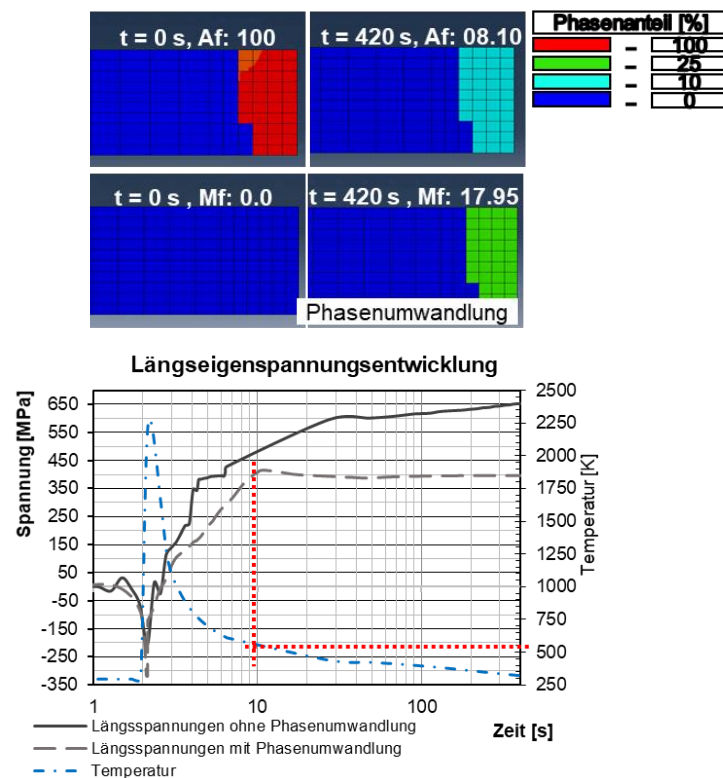


Abbildung 3: Simulation der Phasenanteile im Grundwerkstoff S235JR während der Abkühlung und die Auswirkung der Phasenumwandlung auf die Eigenspannungsentwicklung

Zur Validierung der simulierten Phasenumwandlung sind Messungen der Phasenumwandlung während dem Schweißprozess notwendig. Um solche in-situ Versuche durchzuführen, wurden Messzeiten am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) beantragt und genehmigt. Die Probe wurde bewegt, während der Laserstrahl sowie Synchrotronstrahlung ortsfest waren, Abbildung 4. Somit konnten bei variierenden Abständen zur Schweißnaht die Eigendehnungen aufgenommen werden. Hierdurch wurden die Phasenumwandlungen sowohl während des Schweißprozesses (quasi-statische Aufnahme)

und während der Abkühlung (transiente Aufnahme) abhängig von verschiedenen Spitzentemperaturen aufgezeichnet werden.

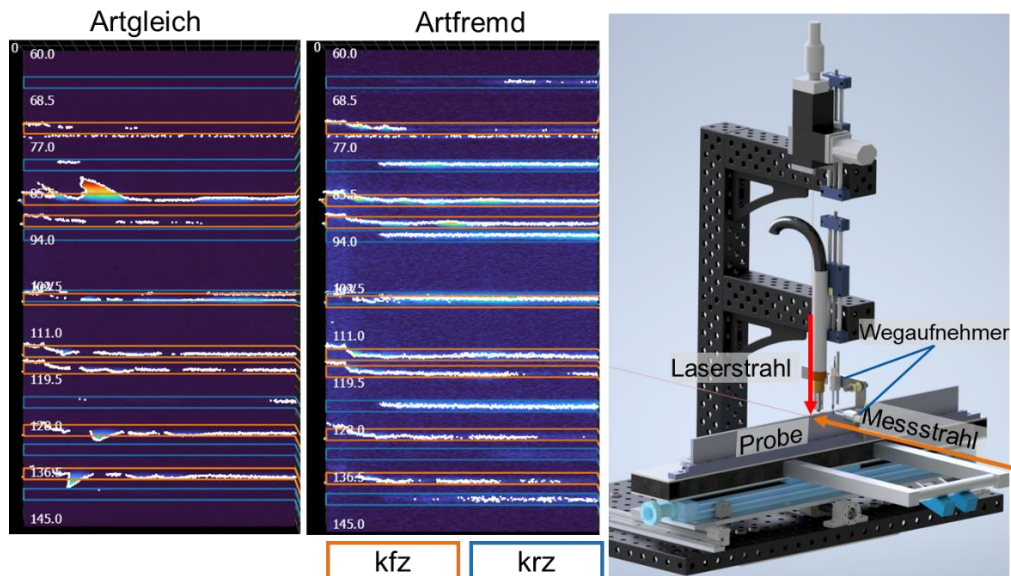


Abbildung 4: Versuchsaufbau am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg und erste Auswertung der Ergebnisse (GW: 1.4301, ZW: G3Si1, Messposition: 25 mm zur Schweißstelle und 2,5 mm unterhalb der Probenoberseite, alle Messungen wurde in der Mitte der Schweißnaht durchgeführt)

Wie zu erwarten zeigen erste Auswertungen, dass der hochlegierte Grundwerkstoff austenitische Phase in der Mitte der Schweißnaht, während bei einer artfremden Schweißung ferritische Phasenumwandlungen zu sehen sind. Weitere Auswertungen folgen.

Zusammenfassung und Ausblick

In den Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass durch eine gezielte Manipulation der Legierungszusammensetzung die Eigenspannungen in Längsrichtung reduziert werden können. Hierbei wurde durch verschiedene Aufmischungsgrade die Möglichkeiten weiterer Reduktion der Eigenspannungen analysiert. Die Eigenspannungsverteilung konnte auch in einer Simulation mit Einbindung von Phasenumwandlungen durchgeführt werden. In Zukunft soll das Simulationsmodell durch die Einbindung des Zusatzwerkstoffes zur Erzeugung verschiedener Legierungszusammensetzungen erweitert werden. Dies bedingt allerdings genaue Kenntnisse über die temperaturabhängigen Werkstoffeigenschaften. Die Ermittlung dieser soll in Zukunft bearbeitet werden. Weiterhin sollen die Messungen der DESY Versuche ausgewertet werden und eine Validierung des Simulationsmodells hinsichtlich der errechneten Phasenumwandlungsanteile und –temperaturen erfolgen.

Veröffentlichungen

Akyel, Fatma; Reisgen, Uwe; Olschok, Simon; Murthy, Karthik (2021): Simulation of Phase Transformation and Residual Stress of Low Alloy Steel in Laser Beam Welding. In: Uwe Reisgen, Dietmar Drummer und Holger Marschall (Hg.): Enhanced Material, Parts Optimization and Process Intensification. Proceedings of the First International Joint Conference on Enhanced Material and Part Optimization and Process Intensification, EMPORIA 2020. S. 3–13

Akyel, F.; Gamerdinger, M.; Olschok, S.; Reisgen, U.; Schwedt, A.; Mayer, J. (2021): Adjustment of chemical composition with dissimilar filler wire in 1.4301 austenitic stainless steel to influence residual stress in laser beam welds. In: Journal of Advanced Joining Processes 5, S. 100081.

DOI:[10.1016/j.jajp.2021.100081](https://doi.org/10.1016/j.jajp.2021.100081)

Krishna Murthy, K. R.; Akyel, F.; Reisgen, U.; Olschok, S. (2021): Simulation of transient heat transfer and phase transformation in laser beam welding for low alloy steel and studying its influences on the welding residual stresses. In: Journal of Advanced Joining Processes 5, S. 100080.

DOI:[10.1016/j.jajp.2021.100080](https://doi.org/10.1016/j.jajp.2021.100080)