

## Teilprojekt A7

### 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 der Untersuchung von in-situ Legierungen im Elektronenstrahlschweißprozess. Hierbei wurde unter anderem der Einfluss verschiedener Aufheiz- oder Abkühlkurven durch Wärmefelder auf den Verzug von 2 mm dickem hochlegiertem Werkstoff (1.4301) untersucht.

### Vorgehensweise

An 2 mm 1.4301 wurden Schweißversuche mit Zusatzdraht artgleich und artfremd sowie Wärmefeldern durchgeführt. Für die artgleiche Schweißung wurde ein Zusatzdraht G19 9 verwendet (etwa 19 m-% Cr und 9m-% Ni), wohingegen für die

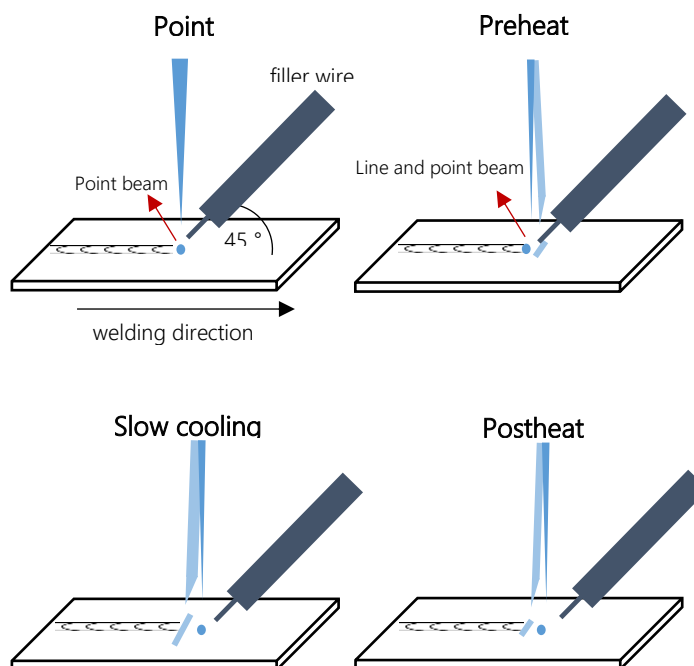


Abbildung 1: Schweißversuche mit verschiedenen Wärmequellen zur Untersuchung auf den Verzug

artfremde Schweißung ein Standardzusatzdraht für Baustahl G3 Si1 verwendet wurde. Es wurden 3 Figuren und die Standardpunktquelle im Elektronenstrahlschweißverfahren untersucht. Durch ein Ablegieren des Grundwerkstoffes wird die Martensitstarttemperatur herabgesetzt, sodass eine Phasenumwandlung bei geringeren Temperaturen erfolgt. Das austenitische Gefüge durchläuft normalerweise keine Martensitumwandlung, durch das Ablegieren wird jedoch eine Martensitumwandlung erzeugt, die bei etwa 300 °C stattfindet. Durch die Volumenexpansion des martensitischen Gefüges wird die Druckspannung in der Schweißnaht angehoben, sodass der Zugspannung in der Schweißzone durch die Phasenumwandlung entgegengewirkt wird. Nach einer Parameterstudie wurden die geschweißten Proben in einem Keyence Konfokal 3D Laserscanning-Mikroskop untersucht, um den Verzug der Proben zu vermessen. Querschliffe gaben einen Aufschluss über die Nahtgeometrie. Chemische Analysen in einem Rasterelektronenmikroskop gaben Aufschluss über die chemische Zusammensetzung innerhalb der Schweißnaht.

### **Ergebnisse**

Schweißungen mit Wärmequelle zeigten ein gemischtes Gefüge entlang der kompletten Schweißnaht. Bei der Standardpunktquelle zeigte sich jedoch keine Durchmischung des Gefüges. Bei allen artfremden Schweißungen wurde der hohe Cr-Ni-haltige Grundwerkstoff Ablegiert. Insbesondere bei der Punktquelle kam es zu einer Abnahme des Cr-Ni-Gehalts im oberen Bereich der Naht.

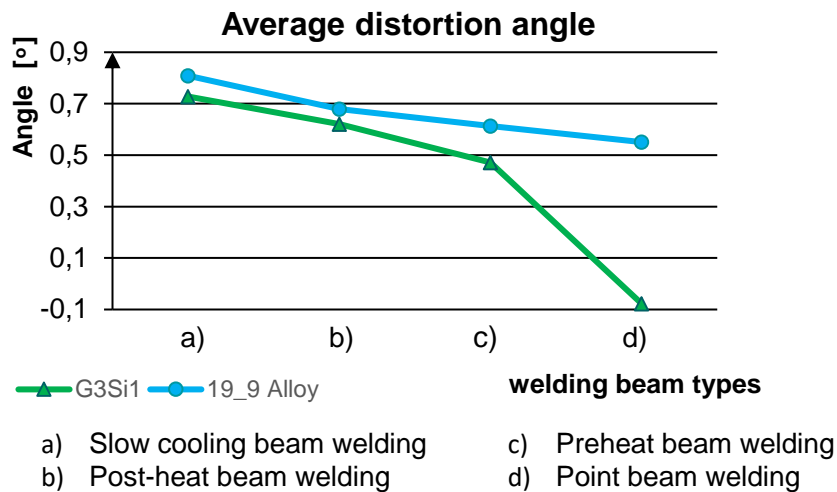


Abbildung 2: Ergebnisse der Messung am Konfokal Laserscanning-Mikroskop

Insgesamt ist zu sehen, dass allein durch die artfremde Schweißung der Verzug geringer wird, als bei einer artgleichen Schweißung. Innerhalb der Wärmefelder scheint die größte Kompensation durch die Nachwärmequelle (c) zu erfolgen. Nichtsdestotrotz hat sich gezeigt, dass der Standardstrahl ohne ein Wärmefeld den größten Vorteil bietet, da der Anteil an verzugskompensierendem Gefüge im oberen Teil der Schweißnaht konzentriert vorliegt. Somit wird den Zugspannungen am oberen Teil der Naht entgegengewirkt. Hier wird sogar eine „Überkompensation“ ersichtlich, was dazu geführt hat, dass die Probe sich ins Negative gebogen hat.

### Zusammenfassung und Ausblick

In den Untersuchungen wurde gezeigt, dass durch artfremde Schweißung eine Kompensation von Bauteilverzug erfolgt. Wärmequellen bieten hier zwar einen gewissen Vorteil, die höchste Kompensation erfolgt jedoch durch die Verwendung von einer Punktuelle.

Weitere Untersuchungen sollen zum Vergleich am Laser durchgeführt werden. die Verwendung von Wärmequellen ist hier zwar nicht möglich, aber nach den gezeigten Ergebnissen liefert eine Verwendung von Wärmequellen nicht unbedingt den gewünschten Vorteil. Es sollen Schweißungen an dickerem Material und auch Versuche mit Vorgewärmten Proben durchgeführt werden, um einen Einfluss auf den Verzug über thermische Regelung zu untersuchen.

### Veröffentlichungen

Komerla, K., Gach, S., Vossel, T. et al. The effect of beam oscillations on the microstructure and mechanical properties of electron beam welded steel joints. *Int J Adv Manuf Technol* 102, 2919–2931 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03355-4>

Akyel, F., Olschok, S., Reisgen, U., In-situ diagnostic in laser beam welds with digital image correlation - Reduction of residual stress and distortion in laser beam welds using low-transformation-temperature (LTT) filler materials. *Lasers in Manufacturing* (2019)

Akyel, F., Olschok, S., Reisgen, U., Eigenspannungs- und Verzugssimulation von Kohlenstoff-Mangan-Stählen im Elektronenstrahlschweißprozess. *DVS Berichte*, Band 356, 78-86 (2019)