

# FÜGEN VON NICKELSUPERLEGIERUNGEN MIT LASER-MEHLAGEN-ENGSTSPALTSCHWEISSEN

## DIE AUFGABE

Zur Schonung von Umwelt und Ressourcen ist die Energieverwendung hin zu erneuerbaren Energiequellen zweifelsfrei ohne Alternative. Der Betrieb von leistungsstarken und hocheffizienten thermischen Kraftwerken wird jedoch zur Absicherung der Grundversorgung auch zukünftig von entscheidender Bedeutung für die Energieerzeugung sein.

Nickellegierungen eröffnen den international tätigen Kraftwerksherstellern die Möglichkeit, bestehende und neu zu planende thermische Kraftwerke durch eine Steigerung der Dampftemperatur auf 700 °C in ihrem Wirkungsgrad auf bis zu 50 Prozent zu steigern und damit deutlich effizienter zu machen. Ein geeigneter Werkstoffkandidat für den Einsatz im sogenannten 700 °C-Kraftwerk ist die Nickellegierung Alloy 617. Das Fügen von dickwandigen Bauteilen aus Nickellegierungen und speziell Alloy 617 im Bereich der Hochtemperatur-Prozesse stellt jedoch eine große Herausforderung dar. Konventionelle Schweißverfahren können die heissensensiblen Legierungen in ihren Hochtemperatureigenschaften (u. a. Kriech- und Zeitstandfestigkeit) durch eine unzulässig hohe Wärmeeinbringung nachhaltig schädigen.

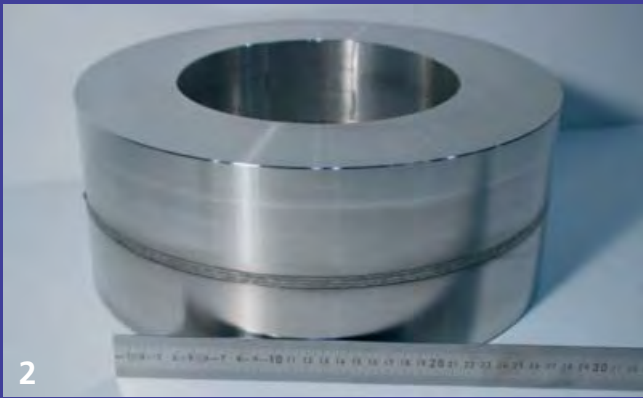
Um den aktuellen Werkstoffentwicklungen gerecht zu werden und das große Wertschöpfungspotenzial bei der Herstellung von dickwandigen Bauteilen (> 30 mm) aus Nickellegierungen in Deutschland attraktiv zu halten, arbeitet das Fraunhofer IWS Dresden an der Entwicklung eines laserbasierten Schweißverfahrens zum schadigungsarmen und heissensfreien Fügen von Nickellegierungen, dem Laser-Mehrlagen-Engstspalt-Schweißen (Laser-MES).

## UNSERE LÖSUNG

Das am Fraunhofer IWS entwickelte Laser-MES besitzt durch seine Verfahrensspezifika großes Potenzial zum Fügen von Nickellegierungen. Das Verfahren zeichnet sich allgemein durch sehr geringe Streckenenergien und damit einhergehend minimalen Winkelverzügen sowie thermischen Schädigungen des Grundwerkstoffes der zu fügenden Bauteile aus. Dank der extrem schlanken Nahtvorbereitung mit Spaltbreiten von 2 bis 3 mm und einem minimalen Flankenöffnungswinkel von kleiner 2 Grad ist zudem der Verbrauch von Schweißzusatzwerkstoff drastisch reduziert.

Die Schweißverfahrensentwicklung erfolgte mit Hilfe des *remoweld*®MES Schweißkopf-Prototypen (Abb. 1). Der modulare Aufbau des Schweißkopfes erlaubt eine flexible Anpassung des optischen Aufbaus an die zu schweißenden Werkstoffe und deren spezifische Eigenschaften. Die optische und mechanische Konstruktion wurde so gestaltet, dass perspektivisch Bauteile mit bis zu 250 mm Wandstärken schweißbar sind.

Bei der Schweißprozessentwicklung wurde konsequent auf die Wirtschaftlichkeit der Verfahrensanwendung gesetzt. Das Fügen von Nickellegierungen erfolgt daher unter Verwendung von hochbrillanten Faserlaserstrahlquellen im Leistungsbereich bis 5 kW. Vorteilhaft an diesen sind die niedrigen Investitionshürden für Anlagenhersteller. Zudem ermöglichen sie aufgrund ihres geringen Strahlparameterproduktes äußerst geringe Spaltabmessungen beim Schweißen.

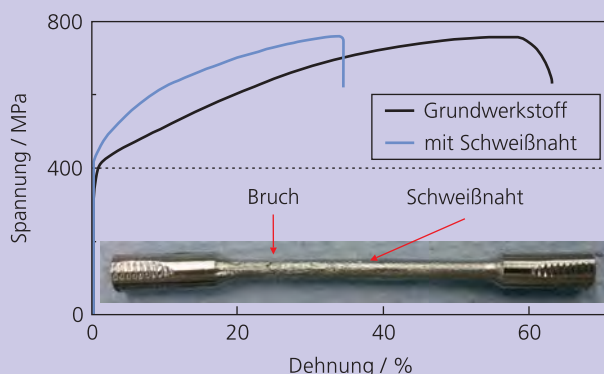


## ERGEBNISSE

Die im Labor durchgeführten Schweißversuche an bauteilähnlichen Rundproben aus Alloy 617oc im lösungsgeglühten Zustand (Abb. 2) haben gezeigt, dass riss- und bindefehlerfreie Schweißnähte mit Hilfe des Laser-MES und der Verwendung eines artgleichen Zusatzwerkstoffes erzeugt werden können (Abb. 4). Der Einsatz der hochfrequenten Strahloszillation reduziert die Porenhäufigkeit auf ein Minimum und gewährleistet das sichere Abschmelzen des Schweißzusatzwerkstoffes. Im Ergebnis entstehen quasi flankenparallele Schweißnähte mit einem homogenen Nahtaufbau.

Untersuchungen der mechanischen Schweißnahtfestigkeitswerte quer zur Schweißrichtung zeigen im Vergleich zum Grundwerkstoff höhere Werte bei der Streckgrenze und gleiche Zugfestigkeitswerte (Abb. 3). Die Proben mit Schweißgut versagten durchgehend im Grundwerkstoff und nicht im Schweißgut oder in der Wärmeeinflusszone. Im Schweißgut war kein Legierungselementabbau feststellbar.

Vergleich der Festigkeitseigenschaften von Zugprüflingen aus Grundwerkstoff und Prüflingen mit Schweißnaht



3

Nächstes Projektziel ist es, die Schweißnahttiefe in weiteren Etappen über 100 mm auf bis zu 200 mm zu steigern. Begleitet werden diese Forschungsarbeiten durch die Ermittlung der Kriech- und Ermüdungseigenschaften der erzeugten Schweißungen und der Entwicklung und Implementierung einer inlinefähigen zerstörungsfreien Prüfung.

Die vorgestellten Ergebnisse sind im Rahmen der wissenschaftsorientierten, strategischen Allianz des Fraunhofer IWS, des Fraunhofer IWM und des Fraunhofer IKTS entstanden und beinhalten Auszüge aus dem Projekt »Laser-Mehrlagen-Engstpaltschweißen für Schlüsselkomponenten zukünftiger energieeffizienter und ressourcensparender Hochtemperatur-Prozesse«, gefördert im Rahmen der internen Programme der Fraunhofer-Gesellschaft.

- 1 *Prototyp-Schweißkopf remoweld®MES*
- 2 *Bauteilähnliche Rundprobe mit 50 mm Wandstärke*
- 4 *Lichtmikroskopische Detailaufnahme des Lagenaufbaus einer Schweißnaht aus Alloy 617oc*

## KONTAKT

Dipl.-Ing. Benjamin Keßler

+49 351 83391-3435

benjamin.kessler@iws.fraunhofer.de

