

Elektronenstrahlschweißen dickwandiger Gussbauteile aus CB2 und Alloy 625

Ch. Wiednig, N. Enzinger, C. Beal, C. Lochbichler

Technische Universität Graz, Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik, Kopernikusgasse 24, 8010 Graz

Einleitung

Der weltweit jährlich steigende Energiebedarf und der damit verbundene Ausstoß von Treibhausgasen in die Atmosphäre stellt heute eines der Größten Probleme der Menschheit dar. Da der Großteil des Energiebedarfs von **fossilen Kraftwerken** gedeckt wird, ist die Verbesserung deren **thermischen Wirkungsgrades** ein wesentliches Ziel bei der Weiterentwicklung solcher Anlagen. Bei den angestrebten Dampfdrücken und Temperaturen (700°C, 35MPa [1]) führt kein Weg an Nickel-Basis-Superlegierungen vorbei. Aufgrund des hohen Preises dieser Legierungen werden diese nur sehr gezielt eingesetzt.

In dieser Arbeit wurde die Schweißseignung der **Nickel-Basis-Legierung A625**, mit dem **martensitischem 9% Chromstahl COST CB2** mittels **Elektronenstrahlschweißen** untersucht. Nach einer Schweißparameterstudie für beide Materialien (Blindschweißungen in das volle Material) wurden die artfremden Verbindungsschweißungen durchgeführt. Nach metallographischen Untersuchungen und Härtemessungen wurden die mechanisch-technologischen Kennwerte der Schweißnähte mittels Zug-, Kerbschlagbiege- und Seitenbiegeprüfung bestimmt.

Prinzip des Elektronenstrahlschweißens

Die erforderliche Energie zum Schweißen wird durch die **kinetische** Energie der Elektronen erzeugt, die mit bis zu 2/3 der Lichtgeschwindigkeit auf das Werkstück geschossen werden. Der Elektronenstrahl wird zwischen Kathode und Anode erzeugt und mittels magnetischer Linsen geformt und gesteuert (Abb.1).

Die Energiedichte ist durch die gute Fokussierbarkeit des Strahles sehr hoch (bis 10^9 W/cm²). Ab einer Energiedichte von 10^9 W/cm² tritt der **Tiefschweißeffekt** ein; das geschmolzene Material verdampft sofort und durch die entstehende **Dampfkapillare** kann der Strahl tiefer in das Werkstück eindringen. Durch eine Relativbewegung zwischen Werkstück und Elektronenstrahl, fließt geschmolzenes Material von der Strahlfront der Kapillare auf deren Rückseite und erstarrt dort – die Schweißnaht entsteht.

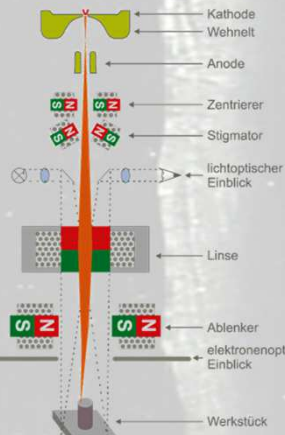


Abb. 1: Strahlerzeugung [2]

1. Stoßfuge
2. Schmelzvorgang Auftreffstelle
3. Dampfkapillare entsteht
4. Dampfkapillare ausgebildet
5. Fertige Schweißnaht

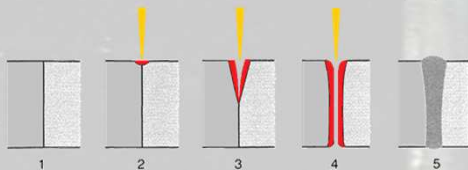


Abb. 2: Tiefschweißeffekt [3]

Versuche

1. Parameterstudie (Blindschweißungen)

- Ermittlung der wichtigsten Schweißparameter (Literatur)
- Erstellung einer statistischen Versuchsplan (DoE)
- Quantifizierung des Einflusses der Schweißparameter (für jedes Material)
- Optimierung der Schweißparameter auf Zielgröße
- Kombination der Parameter (A625 & CB2) für die Artfremde Schweißung

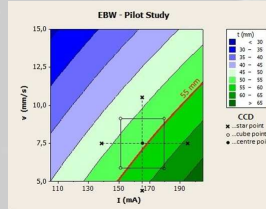
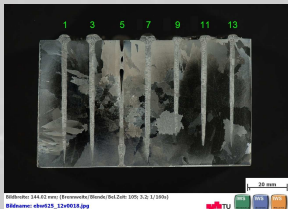


Abb. 3: Parameteroptimierung mittels statistischer Versuchsplanung

Schlussfolgerung

Es konnten passende Einstellungen für das vollständige Verbinden von 50mm dicken Gussbauteilen gefunden werden. Die mikroskopischen Untersuchungen der Schweißung zeigen ein gleichmäßiges dendritische Gefüge ohne Einschlüsse oder Poren. Die mechanischen Eigenschaften sind gut; eine durchgeführte **Verfahrensprüfung** nach **ÖNORM EN ISO 15614-1**, durchgeführt von der **voestalpine Giesserei Traisen**, konnte **bestanden** werden. Es ist zu erwähnen, dass eine in der CB2-seitigen Fügelinie entstandene Härteschicht (430HV10) keinen negativen Einfluss auf die mechanischen Erprobungen hatte.

Die große Herausforderung beim Elektronenstrahlschweißen ist es, die richtigen Schweißparameter für die jeweiligen Aufgabe zu finden, dann allerdings ist das Elektronenstrahlschweißen ein sehr zuverlässiges und hervorragend reproduzierbares Verfahren.

Der größte Vorteil des Elektronenstrahl-Schweißprozesses ist seine **Wirtschaftlichkeit**; sehr dicke Bauteile können in sehr kurzer Zeit und ohne Füllmaterial einlagig geschweißt werden.

[1] H. Tschaffn, J. Ewers, und C. Stolzenberger, „COMTES700 – auf dem Weg zum 700°C Kraftwerk Notwendigkeit der Kraftwerkserneuerung in Europa“, 2005
[2] V. Adam, U. Clauß, D. Dobeneck v., T. Krüssel, und T. Löwer, "Electron beam welding - The fundamentals of a fascinating technology", Burg: pro-beam, 2011
[3] H. Schultz, *Elektronenstrahlschweißen*, 2nd ed. Düsseldorf: DVS-Verlag GmbH, 2000

2. Verbindungsschweißungen (artfremd)

- Mikroskopische Untersuchung der Schweißnähte
- Anpassung der Schweißparameter
- Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften der Schweißnaht (Härte-, Zug-, Kerbschlag-, & Seitenbiegeprüfung)
- Vergleich mit wärmenachbehandelten Schweißungen

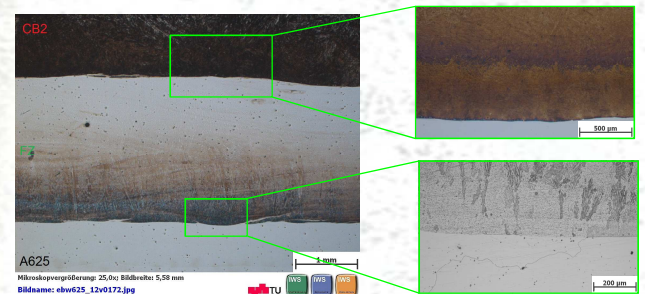


Abb. 4: Mikroskopie Schweißnaht

3. Schweißverfahrensprüfung (wps)

Alle Prüfungen nach **ÖNORM EN ISO 15614-1** konnten, trotz erhöhter Härtewerte an der CB2 Fusionslinie bestanden werden. Ein Wärmenachbehandlung (PWHT) ist demnach nicht notwendig.

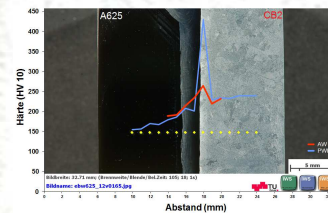


Abb. 5: Härteverlauf

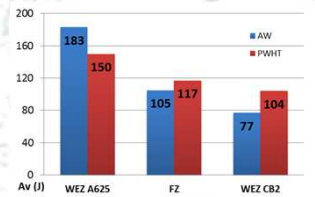


Abb. 6: Kerbschlagarbeit

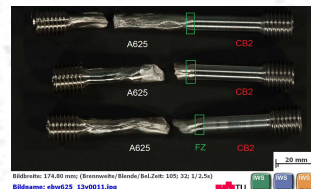


Abb. 7: Zugproben



Abb. 8: Seitenbiegeprobe



Abb. 9: Vergleich Elektronenstrahl und Stabelektrode, 50mm