TECHNISCHE UNIVERSITÄT CAROLO-WILHELMINA ZU BRAUNSCHWEIG
Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik
Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Dilger
Institutsleiter

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG
MB FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik
Prof. Dr.-Ing. I. Martinek
Lehrstuhlleiter

AiF-Forschungsvorhaben-Nr. 16.277 B / DVS-Nr. 01.066
Stausbericht zur FA1-Sitzung am 16.09.2010

Themenlaufzeit: **01.12.2009 – 30.11.2011**
Berichtsdatum: **31.08.2010**

1 Forschungsthema

Metallkundlich-technologische Untersuchungen zum Elektronenstrahlschweißen mit kombinierter Mehrprozesstechnik von austenitisch-ferritischen Stählen ohne Schweißzusatz

2 Forschungsziel / Lösungsweg / Ergebnisse

2.1 Forschungsziel

Das wesentliche Ziel des Forschungsprojektes besteht in der qualitätssicheren Herstellung von EB-Schweißnähten an dickwandigen Bauteilen aus Lean- und Standard-Duplexstählen in Walz- und Gussqualität ohne Schweißzusatz und Lösungsglühen durch die Entwicklung einer an die metallurgischen Besonderheiten dieser Werkstoffgruppe angepassten innovativen Mehrprozesstechnologie. Wesentliche Qualitätskriterien bilden hierbei die nach Norm vorgeschriebenen mechanisch-technologischen Gütewerte (Festigkeit, Zähigkeit) und Lochkorrosionsbeständigkeiten. Wichtige Aspekte zum Erreichen dieses Ziels sind die Einstellung definierter Austenit-Ferrit-Verhältnisse und das Gewährleisten ausreichender Stickstoffgehalte in den Schweißverbindungen unter Beachtung der metallurgischen Anforderungen an die Duplexstähle und die Gewährleistung einer ausreichend hohen Prozesssicherheit beim EB-Schweißen.

2.2 Lösungsweg

Zum Erreichen des Forschungsziels sind die in Tabelle 1 aufgeführten Arbeitsschwerpunkte geplant. Als Versuchswerkstoffe werden gewalzte und gegossene Lean- und Standard-Duplexstähle in den Abmessungen 15, 30 und 50 mm herangezogen, die vom PA zur Verfügung gestellt werden.

Tabelle 1: Arbeitsschritte des Forschungsprojektes

Arbeitsschritte	2010				2011			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
1. Metallurgische Grundlagenuntersuchungen an Blindnähnten	X	X	X	-	-	-	-	-
2. Entwicklung geeigneter EB-Mehrprozesstechniken an Blindnähten	-	-	X	-	-	-	-	-
3. Übertragung der EB-Mehrprozesstechniken au den I-Stoß	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Qualifizierung der Uniform Magnetic Heating-Technologie	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnahtgüte	X	X	X	-	-	-	-	-
6. Metallkundliche Bewertung der Schweißnahtgüte	X	X	X	-	-	-	-	-
7. Ermittlung der mechanisch-technologischen Gütekennwerte	-	X	X	-	-	-	-	-
8. Korrosionsuntersuchungen	-	X	X	-	-	-	-	-
9. EB-Rundnahtschweißen an Rohrgeometrien zur Ergebnisverifizierung	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
10. Ergebnisdokumentation und Schlussbericht	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-

ifs IWF **X** in Bearbeitung - aktueller Stand

2.3 Ergebnisse der Arbeitsschritte 1, 2, 5 und 6

Die in AP1 weiter durchgeführten Grundlagenuntersuchungen bei der Herstellung von EB-Blindnähten am Standard-Duplex 1.4462 (X2CrNiMoN22-5-3) in 16 mm Blechdicke zeigen, dass es durch das Schweißen zur starken Effusion des im Grundwerkstoff vorhandenen zwangsgelösten Stickstoffs aus dem Schweißgut ins Vakuum kommt. Im Hinblick auf die Schweißungen mit der Mehrbadtechnik in AP2 wurde auf der PA-Sitzung vom 07.06.2010 beschlossen, durch provoziertes mehrmaliges Überschweißen der Nähte den maximal aus der Naht effundierenden Stickstoff zu bestimmen. Dies war notwendig, da mit abnehmendem Gehalt des Austenitbildners Stickstoff die $t_{12/8}$-Zeit deutlich verlängert werden muss, um ein zufriedenstellendes A/F-Verhältnis im Schweißgut einzustellen. Die Messungen des Gesamtstickstoffs erfolgten mittels Schmelzextraktion an herausgetrenntem EB-Schweißgut.

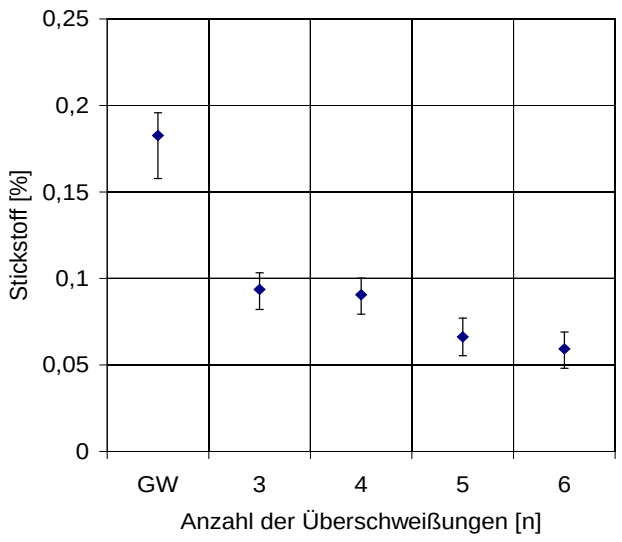

Bild 1: Stickstoffgehalt des EB-Schweißgutes unter Variation der Anzahl der Überschweißungen (n) im Vergleich zum Grundwerkstoff (GW)

Die Untersuchungen ergaben, dass durch mehrfaches Überschweißen der Blindnähte der im Schweißgut vorhandene Stickstoff im Vergleich zum Grundwerkstoff deutlich absinkt. Bild 1 zeigt die Ergebnisse von 3 bis 6 Überschweißungen. Bei 6 Überschweißungen traten nur noch 0,06 % Stickstoff im Schweißgut auf. Dies stellt eine deutliche Reduzierung im Vergleich zum Grundwerkstoff dar, der 0,18 % aufweist. Obwohl durch das mehrmalige Überschweißen die Proben bis auf ca. 800°C (bei 6 Überschweißungen) vorgewärmt wurden und die $t_{12/8}$-Zeit sich dadurch deutlich verlängerte (ca. 48 s), ließ sich bedingt durch den geringen N-Gehalt der Ferritanteil nicht unter 70 % Fe (metallographisch bestimmt) reduzieren.

Der AP2 wurde planmäßig gemeinsam mit der pro beam technologies GmbH begonnen und befindet sich aktuell in Bearbeitung. Die unter AP1 ermittelten optimalen blechdickenabhängigen $t_{12/8}$-Abkühlzeiten zur Absicherung der notwendigen δ-Ferrit- und Stickstoffgehalte wurden auf das EB-Schweißen mit Mehrbadtechnik übertragen und experimentell erfasst. Hierfür wurden zunächst Blindnähte an den 16 mm dicken Blechen des 1.4462 geschweißt und verschiedene Strahlführungstechniken untersucht sowie die Prozessparameter angepasst. Die Mehrbadtechnik wurde mit nebeneinander laufenden Bädern parallel als auch pendelnd sowie mit hintereinander laufenden Schmelzbädern untersucht (siehe Bild 2). Als vielversprechendste Strategie erwies sich die Variante mit mehreren hintereinander laufenden Schmelzbädern. Hierbei wurde der Abstand “a“ (Bild 2) so gewählt, dass die Temperatur zwischen zwei Schweißbädern nicht unter 800°C sinkt.

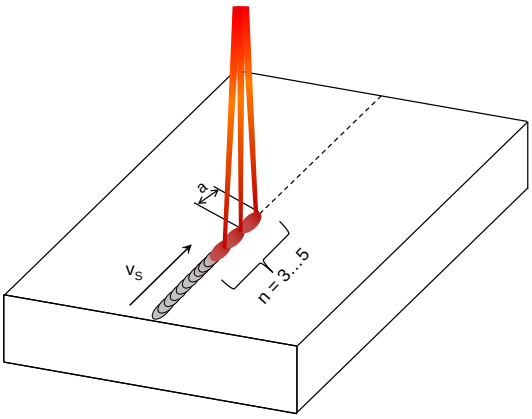

Bild 2: Prinzipskizze der untersuchten EBW-Mehrbadtechnik

Die Anzahl der Schweißbäder wurde in den bereits durchgeführten Versuchen zwischen 3 und 5 variiert. Diese Versuche befinden sich gegenwärtig in der Auswertung. Des Weiteren erfolgt zurzeit die Beschaffung der weiteren Versuchswerkstoffe für die Punkte AP1 und AP2.

3 Wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (kmU)

Die angestrebten Forschungsergebnisse sind für kmU anwendbar, da durch die Nutzung hochtechnologischer und innovativer Fügeverfahren, wie dem EB-Schweißen sich die Leistung- und Wettbewerbsfähigkeit der kmU wesentlich steigern lässt, da die Möglichkeit besteht vorhandene Fertigungsaufgaben energieeffizienter und Ressourcenschonender in der Lohnfertigung abwickeln zu können. Voranging können die Ergebnisse des Forschungsvorhabens in den Wirtschaftszweigen Herstellung von Metallerzeugnissen, Maschinenbau und chemische Industrie genutzt werden.

4 Transfer und Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Die Kurzfassung des Vorhabens wurde in das Forschungsportal Sachsen-Anhalt (http://www.forschung-sachsen-anhalt.de) aufgenommen und ist somit über das Internet präsent. Die bisher erhaltenen Forschungsergebnisse wurden von den Forschungsstellen in Zusammenarbeit mit den beteiligten Industrieunternehmen in zwei Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses vorgestellt und diskutiert. Weiterhin finden die Ergebnisse Eingang in die akademische Lehre und bei der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Eine Präsentation der Zwischenergebnisse erfolgt auf dem 31. Assistentenseminar Füge- und Schweißtechnik und wird in einem DVS-Berichte Band veröffentlicht. Die dritte Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses ist für November am IWF der Universität Magdeburg geplant.

Mitglieder	Firma (kursiv = KMU)	15.12.2009 Braunschweig	07.06.2010 Halle (Saale)
Dr.-Ing. Wischnowski	*Klaus Kuhn Edelstahlgießerei GmbH, Radevormwald*	X	
Dipl.-Ing. Tropschug	*Braunschweigische Maschinenbauanstalt AG, Braunschweig*	X	X
Dipl.-Ing. Vinke	*ALMECON Entwicklungs-, Beratungs- und Beschaffungsgesellschaft mbH, Arnsberg*	-	-
Prof. Dr.-Ing. Stelter	*Ellerwerk GmbH & Co. KG, Hamburg*	-	-
Dr.-Ing. Krüssel	*pro-beam technologies GmbH, Halle (Saale)*	X	X
Dipl.-Ing. Pelz	*Corodur Verschleiß-Schutz GmbH, Thale/Harz*	-	-
Dipl.-Ing. Sölch	H. Butting GmbH & Co. KG, Knesebeck	X	X
Dipl.-Ing. Frerichs	Westfalia Separator Industry GmbH, Oelde	-	-

5 Durchführende Forschungsstellen

Forschungsstelle 1:
Technische Universität Braunschweig
Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs)
Langer Kamp 8, 38106 Braunschweig
Tel.: +49 (0)531 / 391 - 7820
Fax: +49 (0)531 / 391 - 5834
Email: isf-bs@tu-bs.de
Leiter der Forschungsstelle: Univ. Prof. Dr.-Ing. K. Dilger
Projektleiterin: Frau Dr.-Ing. H. Pries

Forschungsstelle 2:
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik (IWF)
Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel.: +49 (0) 391 / 67- 18613
Fax: +49 (0) 391 / 67- 12037
E-Mail: iwf@uni-magdeburg.de
Lehrstuhlleiterin der Forschungsstelle: Frau Prof. Dr.-Ing. I. Martinek
Projektleiterin: Frau Dr.-Ing. M. Zinke
Projektbearbeiter: Herr Dipl.-Wirtsch.-Ing. D. Keil
Herr M. Eng. S. Krasnorutskyi