



Titel: Entwicklung eines Fertigungskonzeptes zur Herstellung von längsnahtgeschweißten Spezialrohren mit Tieftemperaturanforderungen zum Transport saurer Medien

Forschungseinrichtung: Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik
Institut für Eisenhüttenkunde

Laufzeit: 01.02.2003 – 31.01.2005

Datum des Berichts: 11.07.2005

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Ulrich Dilthey; Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Bleck

Sachbearbeiter: Dr.-Ing. Thomas Gräb; Dipl.-Ing. Markus Weißenberg, IWE

Die Untersuchungen wurden aus Mitteln der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) gefördert. Für diese Förderung und Unterstützung sei gedankt.

Der Abschlussbericht kann am ISF der RWTH Aachen bezogen werden.

Einleitung

Der Bedarf an fossilen Brennstoffen nimmt trotz abnehmender Ressourcen weiter zu. Daher müssen in Zukunft zunehmend in größeren Tiefen liegende Lagerstätten mit qualitativ minderwertigeren Brennstoffen (hohe Anteile an H_2S , CO_2) ausgebeutet werden. Das bedeutet, dass die Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit für die im Pipelinebau verwendeten Stähle und ihre Schweißverbindungen enorm steigen. Gleichzeitig müssen die Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften bestimmten Mindestanforderungen genügen. Da die im Pipelinebau verwendeten Rohre zumeist längsnahtgeschweißt werden, muss eine ausreichende Schweißbarkeit der Stähle gewährleistet sein.

Das erreichte Ziel dieses abgeschlossenen Forschungsvorhabens ist ein integriertes Herstellungskonzept, bestehend aus Legierungsoptimierung und Verbesserung des Fertigungsverfahrens. Die optimierten Verfahrensschritte sind Grobblechherstellung, Schweißen und Qualitätsprüfung.

Grobblechherstellung

Die untersuchten modernen Hochleistungsstähle zeichnen sich durch eine geringe Anzahl an Legierungsbestandteilen aus, was einen positiven Einfluss auf die wasserstoffinduzierte Korrosion hat und die Schweißbarkeit verbessert. Durch das Herstellungsverfahren des thermomechanische Walzens (**Bild 1**) werden gleichzeitig hohe Festig- und Zähigkeitseigenschaften erreicht.



Bild 1: Prozessführung des thermomechanischen Walzens nach [1]

Durch dieses Herstellungsverfahren konnten für vier Legierungen (A-D) die Anforderungen gemäß API5L an die Güten X65 und in 2 Fällen sogar X70 erfüllt werden, **Tabelle 1**.

Die Zähigkeit der Grundwerkstoffe wurde mit dem Battelle Drop-Weight Tear Test (BDWTT) gemäß der Vorschrift API 5L3 geprüft [2]. Am Rohr wird vielfach ein Duktilbruchanteil von 85% (Mittelwert) verlangt. Alle Legierungen erfüllen diese Anforderung für eine Prüftemperatur von $\geq -30^{\circ}\text{C}$. Die 50%-Linie zwischen Spalt- und Duktilbruchanteil (FATT) liegt bei allen Legierungen bei etwa -70°C . Im Kerbschlagbiegeversuch zeigen die Ergebnisse am eingeformten Rohr für die Prüflagen Blechoberfläche und $\frac{1}{4}$ -Blechedicke selbst bei Prüftemperaturen von -80°C durchgehend ausgezeichnete Zähigkeitswerte über 300 J.

Tabelle 1: Festigkeitsbewertung am eingeformten Rohr gemäß Anforderung der Güten X65 und X70, Mittelwerte aus je 2 Zugversuchen, Legierungen B und C sind unterstrichen = erfüllen für Anforderung X70

	Rm, quer [MPa]	Rm, längs [MPa]	Rt0,5, quer [MPa]	Rt0,5, längs [MPa]	2''- Dehnung, quer [%]	2''- Dehnung, längs [%]
X65 Sollwert	531 bis 758		448 bis 600		24	
X70 Sollwert	565 bis 758		483 bis 621		22	
Legierung						
A	562	549	458	464	56	55
<u>B</u>	<u>587</u>	<u>582</u>	<u>491</u>	<u>502</u>	<u>51</u>	<u>53</u>
<u>C</u>	<u>618</u>	<u>610</u>	<u>529</u>	<u>525</u>	<u>50</u>	<u>50</u>
D	558	551	484	478	54	53

Leistungssteigerung des Fertigungsverfahrens

Die Auswahl der Schweißverfahren muss den gestiegenen Anforderungen an die Rohwerkstoffe und somit an Schweißnaht sowie an Wirtschaftlichkeit genügen.

Unter den Verfahren, die für die Fertigung von Großrohren in Frage kommen, weist das Unterpulverschweißverfahren bei hoher Schweißnahtqualität das größte Potenzial zur Steigerung der Abschmelzleistung auf, **Bild 2** [3].

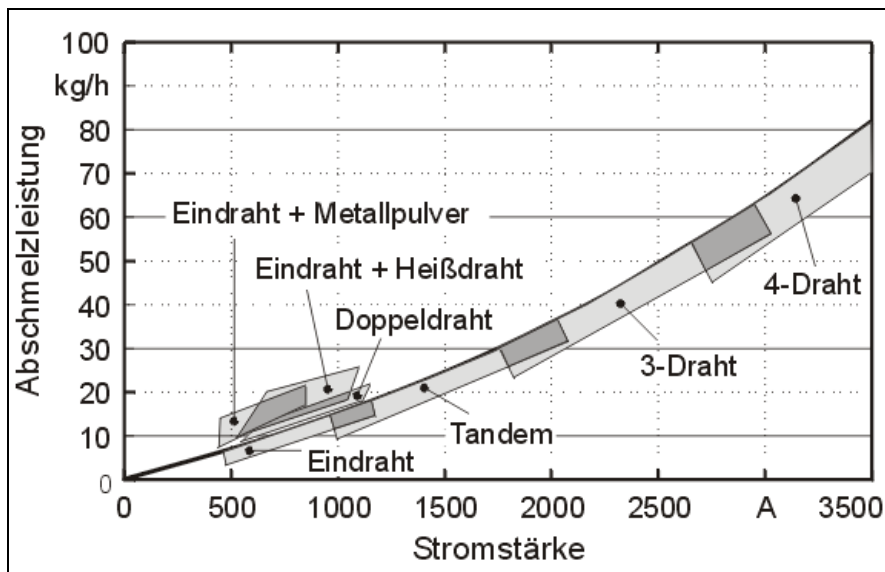


Bild 2: Steigerung der Abschmelzleistung durch Modifikationen des Unterpulverschweißens [4]

Die Verringerung der Wärmeeinbringung beim UP-Schweißen steht neben der Forderung nach einer weiteren Verbesserung der Wirtschaftlichkeit bei gleicher Fertigungssicherheit an vorderster Stelle [5]. Die eingebrachte Streckenenergie muss begrenzt werden, damit die gestellten Zähigkeitsanforderungen durch spröde Gefüge in der WEZ nicht unterschritten werden. Dies geschieht durch Modifizierung des UP-Verfahrens unter Verwendung dünner Massivdrahtelektroden mit einem Durchmesser von 1,2 mm. Hierdurch ist eine deutliche Steigerung des Abschmelzwirkungsgrades, d.h. eine Erhöhung der Abschmelzleistung bei gleichzeitiger Absenkung der Streckenenergie möglich. Die durchschnittlich sehr guten Zähigkeitswerte sind in **Tabelle 2** exemplarisch für einen untersuchten Rohr Stahl der Blechdicke 33 mm dargestellt. **Bild 3** zeigt die für die Versuchsschweißungen benutzte Apparatur.

Tabelle 2: Durchschnittlich sehr gute Kerbschlagarbeitswerte bei der Fusionslinienprüfung mittels Charpy-V-Kerb-Proben; Anforderungen 45/37 J (d.h.: 45 Joule als Mittelwert aus 3 Einzelprüfungen / 37 Joule als niedrigster Einzelwert); Rohr Stahl der Güte API5L-X65, niedrig legiert, thermomechanisch gewalzt, Blechdicke 33 mm

	Wurzel		Oberfläche	
	Ø KV [J]	KV _{,min} [J]	Ø KV [J]	KV _{,min} [J]
Tandem, 4 mm Ø	254	194	147	51
Tandem, 1,2 mm Ø, Rohr	258	98	229	176
Tandem, 1,2 mm Ø, Blech	257	201	179	142

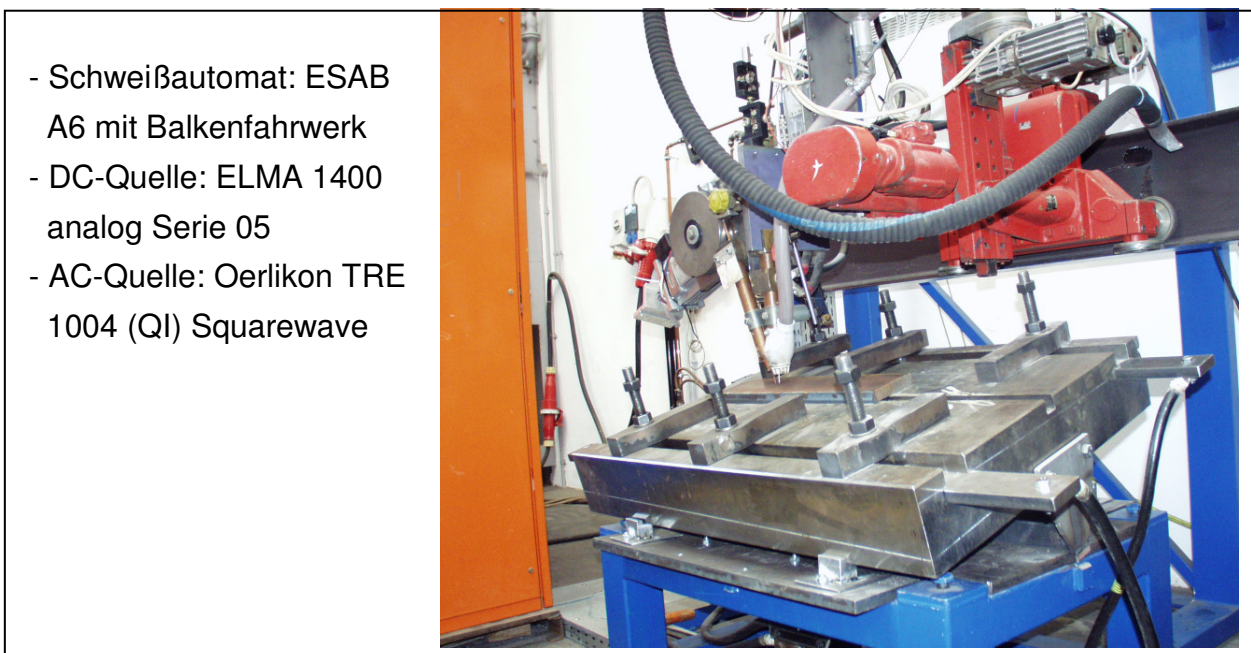


Bild 3: Versuchsschweißanlage

**Tabelle 3: Vergleich der Fusionslinien-A_V-Werte (T_{Prüf}=-51 °C)
(Blechdickenmitte) am Rohr (R), Rohrcoupon (C) und am Blech
(B), A_{V,soll}=45/37J**

SZW 1	Legierung A			Legierung B			Legierung C			Legierung D		
	R	C	B	R	C	B	R	C	B	R	C	B
Draht -Ø [mm]	4	1,2	1,2	4	1,2	1,2	4	1,2	1,2	4	1,2	1,2
Ø A _V [J]	143 _{7/7}	201 _{6/6}	257 _{5/6}	254 _{6/6}	258 _{6/6}	257 _{6/6}	222 _{6/6}	232 _{6/6}	211 _{6/6}	224 _{8/8}	246 _{6/6}	237 _{6/6}

Zusammenfassung

Aufgrund der Ergebnisse dieses Forschungsprojektes sind insbesondere kleine und mittelständige Unternehmen in der Lage, korrosionsbeständige Hochleistungsrohrstähle wirtschaftlich zu schweißen. Die hohe Qualität der Rohre ist nachgewiesen. Die entwickelten Stahllegierungen sind als Grundwerkstoff für die Herstellung von korrosionsbeständigen Großrohren in hohem Maße geeignet.

Kontakt

Dr.-Ing. Thomas Gräb
Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik
Pontstrasse 49
D-52062 Aachen
Tel.: +49-(0)241-80-96252
E-Mail: st@isf.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. Markus Weißenberg, IWE
Institut für Eisenhüttenkunde
Intzestrarre 1
D-52072 Aachen
Tel.: +49-(0)241-80-95783
E-Mail: info@iehk.rwth-aachen.de

Literatur

- 1 Schwinn, V., Streisselberger, A. u. J. Bauer
Various approaches to different demands of low alloy steels with specified HIC resistance
The NACE International Annual Conference and Corrosion Show,
Paper Nr. 66
NACE International, Publication Divisions
Houston / USA, 1995
- 2 N.N.
Recommended practice for conducting drop-weight tear test on line pipe
API recommended practice 5L3, American Petroleum Institute,
3. Edition, 02/1996
API Publishing Services
Washington / USA 1996
- 3 Dilthey, U.
Schweißtechnische Fertigungsverfahren B. 1 – Schweiß- und
Schneidtechnologien
VDI Verlag, Düsseldorf, 1994
ISBN: 3-18-401310-3
- 4 Dilthey, U.
Schweißtechnische Fertigungsverfahren B. 1 – Schweiß- und
Schneidtechnologien
VDI Verlag, Düsseldorf, 1994
ISBN: 3-18-401310-3
- 5 Burget, W
UP-Mehrlagenschweißungen an härtesten Feinkornbaustählen
Schweißen und Schneiden 47 (1995), H. 4, S. 296, 298, 301
- 6 N.N.
Kerbschlagbiegeversuch – Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung
DIN EN 875, Oktober 1995