

Laserstrahl-Orbitalschweißen

Präsentation auf dem 34. Oldenburger Rohrleitungsforum

Das 34. Oldenburger Rohrleitungsforum des Instituts für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg e. V. (IRO) am 13. und 14. Februar 2020 bot die perfekte Bühne, um neue Technologien für den Pipelinebau einer breiten Öffentlichkeit vorzustellen. Die urige Veranstaltung mit ihren beengten Platzverhältnissen inmitten des Campus der Jade-Universität hat Kultstatus unter den Praktikern. Wer dort auf dem Außengelände schweißen kann, kann es mit jeder anderen Baustelle aufnehmen.

Diesen hohen Anspruch hatten sich die Partner Mannesmann Line Pipe aus Siegen und die Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt aus Halle gestellt. Ziel war es, die aus einer Referenzbaustelle 2016 in Greifswald gewonnenen Erfahrungen und die daraus resultierenden technischen Weiterentwicklungen als komplexes Gerätesystem zu präsentieren.

Ausrüstung

Die Baustelleneinrichtung bestand aus zwei 10-ft-Containern. Ein Container wurde mit dem Laseraggregat, der Steuerung und dem Kühler bestückt. Der zweite Container diente als Schweißkabine, wie sie auch für herkömmliches Schweißen eingesetzt wird, **Bild 1**.

Die zu verschweißenden Rohre wurden auf Böcken gelagert, über eine Innenzentrierung ausgerichtet und mittels Laserstrahl verschweißt. Der Anlagen- und der Schweißcontainer waren über ein Schlauchpaket miteinander verbunden. In diesem waren Lichtleitfaser, Steuerungsleitungen, Druckluftzufuhr und Signalübertragung untergebracht. Betrieben

wurde die Ausrüstung über eine autarke Stromversorgung mit einer Leistung von 120 kVA sowie über eine separate Druckluftherzeugung. Da es sich um einen Messestand handelte, ergänzte ein Showcontainer für die Betreuung der Gäste die Installation.

Das Kernstück der Entwicklung – die Laserstrahl-Orbitalschweißzange – ist eine Konstruktion der SLV Halle mit den wesentlichen Komponenten

- Laserstrahl-schweißkopf,
- EMAT-Ultraschallprüfeinrichtung (EMAT – electromagnetic acoustic transducer),
- Beobachtungskamera für Nahtpositionierung und
- optische Prozessmesstechnik.

Demonstration

Der gesamte Ablauf zum Laserstrahl-schweißen einer Rohrverbindung beinhaltet folgende Einzelschritte:

Positionierung

An die bisher geschweißte Pipeline wird ein weiteres Rohrelement angesetzt. Die Positionierung erfolgt auf Böcken und das Rohr wird grob ausgerichtet, **Bild 2**.

Spannen

Eine bereits in der fertigen Pipeline befindliche Innenspanneinrichtung wird unter dem Schweißstoß positioniert. Durch hydraulischen Druck verspannt sich die Vorrichtung in den Rohren. Das Spannsystem wirkt dabei gleichzeitig axial und radial. Durch die axiale Spannkraft entsteht eine Stoßfuge mit einem technischen

Nullspalt. Der vorhandene Kantenversatz der Einzelrohre wird durch die radialen Spannkraften ausgeglichen.

Teachen

Über den Rohrumfang werden Positionspunkte gesetzt, um den Laser exakt auf die Schweißfuge auszurichten. Dies erfolgt mittels Positionierlaser und Kamera.

Heften

Mit reduzierter Leistung wird über den gesamten Umfang eine Schweißnaht von ungefähr 1 mm Tiefe gesetzt. Damit sind die Rohrenden fixiert. Danach wird die Spannvorrichtung zu deren Schutz von der Fügezone entfernt.

Schweißen

Bei einer Laserstrahlleistung von 4,8 kW erfolgt das Schweißen über den gesamten Querschnitt und Umfang in einem Umlauf. Die Heftnaht wird vollständig aufgeschmolzen und die Nahtwurzel frei geformt. Die Schweißdauer beträgt bei einem Rohrdurchmesser DN 300 etwa 70 s. Eine Minute nach erfolgter Schweißung liegt die Temperatur des Rohrs unter 50°C.

Zerstörungsfreie Prüfung

Mittels EMAT-Verfahren erfolgt die Ultraschallprüfung zu 100% über den gesamten Umfang.

Dokumentation

Dokumentiert werden alle Laserparameter sowie die Prozesssignale. Störungen im Schweißprozess können damit örtlich aufgelöst werden und bieten die Möglichkeit des Nachschweißens. Weiterhin erfolgt eine 100%-Dokumentation der Ultraschallprüfung. Die Evaluierung der Technologie liegt für die Wanddicken 4, 6 und 8 mm vor.

Freigabe der Schweißnaht

Nach dem Abnehmen der „Schweißzange“ wird die Naht visuell bewertet. Zu diesem Zeitpunkt ist die Naht vollständig auf Raumtemperatur abgekühlt.

Der gesamte Zyklus wird in einer Zeit von weniger als 20 min absolviert. Dies ist gegenüber der Baustelle 2016 in Greifswald eine Zeitreduktion von mehr als 60%.



Bild 1 • Messestand beim IRO, Oldenburg.



Bild 2 • Schweißen mit der Laserstrahl-Orbitalschweißzange (der QR-Code sowie der nachfolgende Link führen zu einem Video mit der Demonstration des Schweißprozesses: https://www.slv-halle.de/fileadmin/user_upload/Halle/Videos/IRO/2020-02-14_IRO.mp4).

Eigenschaften

Durch das Laserstrahlschweißen wird der Rohrwerkstoff S355 minimal beeinflusst. Es entsteht ein feinkörniges Gefüge mit hohen Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften. Die durch Schweißen typischerweise erzeugten Eigenspannungen betragen nahezu null. Weiterhin ist die Nahtgeometrie quasi blecheben – das bedeutet, es liegt kein Nahtdurchhang

bzw. keine Nahtüberwölbung vor. Bei einer äußeren Belastung, zum Beispiel durch Biegung, würde sich die Pipeline vollständig homogen verhalten und keine Stetigkeitsprünge aufweisen.

Partner

Neben den beiden Partnern Mannesmann Line Pipe und der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt Halle

haben sich weitere Partner in diese Entwicklung aktiv eingebracht. Dies gilt für die Baustelleneinrichtung (PPS) und für die Innenspanntechnik (Westfalen AG). Anregungen und Erfahrungen sowie aktive Unterstützung erfolgten zudem durch die ONTRAS Gastransport GmbH und viele Interessenten, die durch ihre Aufgabenstellungen die Entwicklung positiv begleitet haben.

Fazit

Mit der Demonstration auf der IRO ist es erstmals gelungen, die Kerntechnologien Schweißen und Prüfen in einem Geräteträger zusammenzuführen. Durch die Verbesserung der Nebentätigkeiten Spannen, Positionieren und Prozesskontrolle bzw. -dokumentation konnte eine Taktzeit von unter 20 min erreicht werden. Bevorzugter Einsatzbereich für das Laserstrahl-Orbitalschweißen mit dem verfügbaren Geräteträger sind Rohre mit Durchmessern zwischen 200 und 400 mm bei Wanddicken von 4 bis 8 mm. Die Erweiterung dieses Spektrums wird Gegenstand der zukünftigen Entwicklungen sein.

S. Keitel und J. Brozek, Halle (Saale)