

Stahlanwendungsforschung auf dem Gebiet des Schweißens

Uwe Reisgen, Klaus Dilger, Michael Rethmeier

Die FOSTA bietet hervorragende Möglichkeiten für die Stahlanwendungsforschung, speziell auch für die Füge- und Schweißtechnik. Ein besonders hervorzuhebender Aspekt ist die ausgezeichnete Betreuung der Forschungsvorhaben. Dies beginnt bereits bei der Beratung der Industrieunternehmen, an welche Forschungsstelle man sich wenden kann, aber auch bei der Hilfe zur sinnhaften Erweiterung der projektbegleitenden Ausschüsse. Die enge Zusammenarbeit mit den Firmen im projektbegleitenden Ausschuss, auch schon bei der Antragsstellung, und die teilweise Bündelung mehrerer Forschungsvorhaben sorgt für maximalen Nutzen, sowohl bei den Forschungsstellen als auch bei den beteiligten Industrieunternehmen und führt zu exzellenter Stahlanwendungsforschung.

Es werden Vorhaben auf den verschiedensten Gebieten betreut, seien es das automatisierte Schweißen von neuen höchstfesten Stahlgüten für den Automobilbau, oder hochzäher Off-Shore-Stähle für die Windenergie. Hier kommen sowohl seit langem industriell eingesetzte Verfahren wie das Widerstands- und Lichtbogenschweißen zum Einsatz, es werden aber auch z.B. für das Schweißen an längsnahtgeschweißten Großrohren zur Steigerung der Schweißnahtqualität und der -zähigkeit Strahlverfahren wie das Elektronenstrahlschweißen, das Laserstrahlschweißen unter Vakuum oder verschiedene Laser-Hybridschweißverfahren (mit MSG oder UP) weiterentwickelt und qualifiziert. So beschäftigte sich z.B. das Projekt P 822 mit dem Einsatz des Laserstrahl-MSG-Hybridschweißverfahrens an längsgeschweißten Großrohren der Güte API-X80/ -X100 zur Steigerung der Zähigkeit und Erhöhung der Wirtschaftlichkeit. Für das Laser-MSG-Hybridschweißverfahren wurden geeignete Zusatzwerkstoffe (Massivdraht- und Fülldrahtelektroden) identifiziert und systematische Studien zur Abhängigkeit der Zähigkeit vom Erstarrungsverhalten und der erzielbaren Aufmischungstiefe durchgeführt. Hierbei wurde eine maximale Eindringtiefe des Zusatzwerkstoffes bei 14 mm nachgewiesen. Es konnten alle mechanisch-technologischen Eigenschaften entsprechend der Normen erzielt werden, insbesondere auch die Kerbschlagzähigkeit bei -40°C bzw. -60°C . Der Einsatz des Laser-MSG-Hybridschweißverfahrens ermöglichte gegenüber dem UP-Schweißen aus der Serienfertigung eine ca. 2,7-fache Reduzierung des Nahtquerschnitts.



Bild 1: P 822 Einsatz des Laserstrahl-MSG-Hybridschweißverfahrens an längsgeschweißten Großrohren der Güte API-X80/ -X100 zur Steigerung der Zähigkeit und Erhöhung der Wirtschaftlichkeit

Neben der sicheren und automatisierten schweißtechnischen Verarbeitung spielen selbstverständlich auch die späteren mechanischen Eigenschaften der gefügten Verbindungen eine entscheidende Rolle. So gibt es z.B. Untersuchungen zur Ermüdungsfestigkeit von Wider-

standpunktschweißverbindungen aus hochfesten Mehrphasenstählen unter Berücksichtigung fertigungsspezifischer Randbedingungen. Da unter den rauen Bedingungen in der Automobilkarosseriefertigung sich schweißbedingte Imperfektionen beim Widerstandspunktschweißen nicht immer gänzlich vermeiden lassen, ist für die sichere Auslegung die Kenntnis über den Einfluss solcher Risse von erheblicher Bedeutung. Im Rahmen des Projektes P 802 wurde daher der Einfluss solcher Imperfektionen auf die Schwingfestigkeit von hochfesten Stählen untersucht.

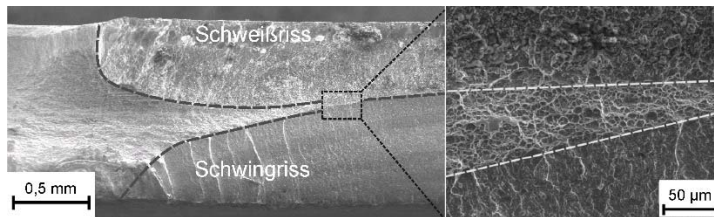


Bild 2: P 802 Untersuchungen zur Ermüdungsfestigkeit von Widerstandspunktschweißverbindungen aus hoch festen Mehrphasenstählen unter Berücksichtigung fertigungsspezifischer Einflüsse

Für die gezielte Herstellung von Rissen wurden verschiedene Methoden analysiert und daraus abgeleitet vier Verfahren angewendet und bewertet. Die Ergebnisse der Untersuchungen von Proben mit Oberflächenrissen im Elektrodeneindruck und in der Wärmeeinflusszone zeigen, dass sowohl der Steifigkeitsverlauf als auch die Versagensschwingspielzahlen nicht negativ beeinflusst werden. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde im Vorhaben P 921 ein Verfahren zur Bestimmung der Rissanfälligkeit von hochfesten Stählen beim Widerstandspunktschweißen entwickelt. Hierzu wurden die zu schweißenden Proben während des Schweißvorganges durch eine einfache Zugvorrichtung definiert belastet. Hierdurch können Risse sehr definiert erzeugt werden. Durch eine Normierung der resultierenden Risslängen auf die Streckgrenze des Werkstoffs und die belastete Querschnittsfläche lassen sich ein Werkstoffranking beziehungsweise eine Klassifizierung der Rissanfälligkeit der untersuchten hochfesten Materialkombinationen erstellen. Aktuell befinden sich Vorhaben in der Bearbeitung, die diese Methode anwenden um den Einfluss bzw. die Entstehung von Rissen durch Liquid-Metal-Embrittlement zu klären. Hierzu kommen in Projekt P 1138 neben experimentellen Untersuchungen auch Schweißsimulationsarbeitspakete zum Einsatz, um die Effekte identifizieren zu können und eine Übertragbarkeit auf reale Bauteile sicherstellen zu können.

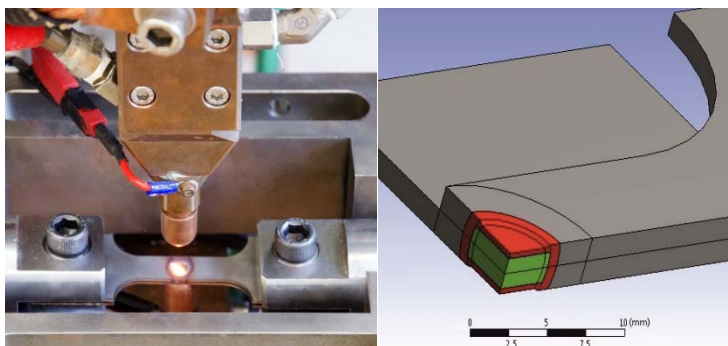


Bild 4: P 1138 Entwicklung und Qualifizierung eines fremdbeansprucherten Testverfahrens zur Bestimmung der Rissanfälligkeit von hochfesten Stählen beim Widerstandspunktschweißen

Andere Vorhaben wurden zum Einfluss von verarbeitungs- und umgebungsbedingten Wasserstoffquellen hinsichtlich der Neigung hochfester Stähle zur wasserstoffinduzierten Kaltrissbildung durchgeführt. Zur Optimierung von Verzug und Eigenspannungen beim Schweißen

werden u.a. neueste Simulationsmethodiken im Bereich der Schweißsimulation erforscht. Einerseits um die Prozesse besser und sicherer ausführen zu können, andererseits aber auch um z.B. vereinfachte Eigenspannungsberechnung von Mehrlagenschweißverbindungen realisieren zu können. So wurden z.B. in P 784 insbesondere Mehrlagenschweißungen an dickwandigen Bauteilen simuliert. Dabei stellten die Aspekte Phasenumwandlung und Anlassverhalten einen Kernpunkt der numerischen Untersuchungen dar. Die steigende Komplexität der Untersuchungen, von der einlagigen Schweißprobe bis zum vierlagig geschweißten Versuchsblech mit hoher Bauteilanalogue, gewährleistete die Analyse von geometrischen Einflüssen (Blechlänge, Heftstellen, An- und Auslaufblechen) und Phasenumwandlungen auf die numerische Berechnung von schweißbedingten Eigenspannungen und Verzügen. Die Potentiale zur Berechnungsoptimierung wurden aufgezeigt.

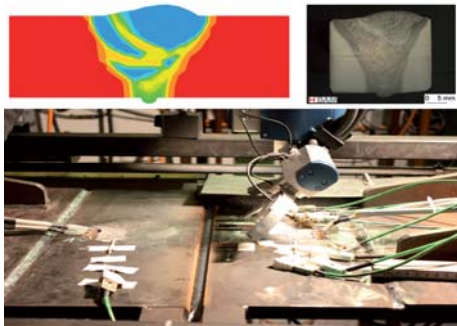


Bild 3: P 784 Optimierung von Verzug und Eigenspannungen beim Schweißen dickwandiger Bauteile

Ferner werden neue Konzepte erarbeitet, um die geschwächten Zonen beim Schweißen von Advanced High Strength Steels (AHSS) in die Simulation einbeziehen zu können. Auch die Bewertung der Nachhaltigkeit dieser Verbindungen wird betrachtet. Neben den Verfahren und der Simulation werden selbstverständlich auch neue Prüfverfahren weiter- bzw. neuentwickelt.

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. **Reisgen**, Uwe; Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF), RWTH Aachen

Prof. Dr.-Ing. **Dilger**, Klaus; Institut für Füge- und Schweißtechnik (IFS), TU Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. **Rethmeier**, Michael; Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Schweißtechnische Fertigungsverfahren sowie Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Füge- und Beschichtungstechnik; Berlin