AiF-Nr. 14.839 N / DVS-Nr. 01.057 – Zwischenbericht zum 09.05.2007

1 Forschungsthema

MSG-Löten mit Fülldrähten zur Steigerung der Festigkeitseigenschaften am Beispiel höherfester Stahlwerkstoffe

2 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Der Trend zum Leichtbau in der Automobilherstellung führt neben dem Einsatz von Leichtmetallen wie Aluminium oder Magnesium zunehmend zum Einsatz von Werkstoffen mit höherer Festigkeit wie Dualphasen- oder CP-Stählen (Rm ≤ 800 MPa). Mit diesen Stählen lassen sich Konstruktionen mit geringer Wanddicke und somit geringerem Gewicht realisieren, die dennoch eine hohe Festigkeit in Hinsicht auf statische und zyklische Beanspruchungsformen besitzen. Bei Lötverbindungen von hochfesten Stahlwerkstoffen erreicht die Lötnaht nicht die Festigkeit des Grundwerkstoffes und es kommt zu einem Versagen der Verbindung in der Naht. Daher besteht weiterhin der Bedarf nach Lotlegierungen, die ein erhöhtes Festigkeitsniveau erreichen.

3 Forschungsziel / Ergebnisse / Lösungsweg

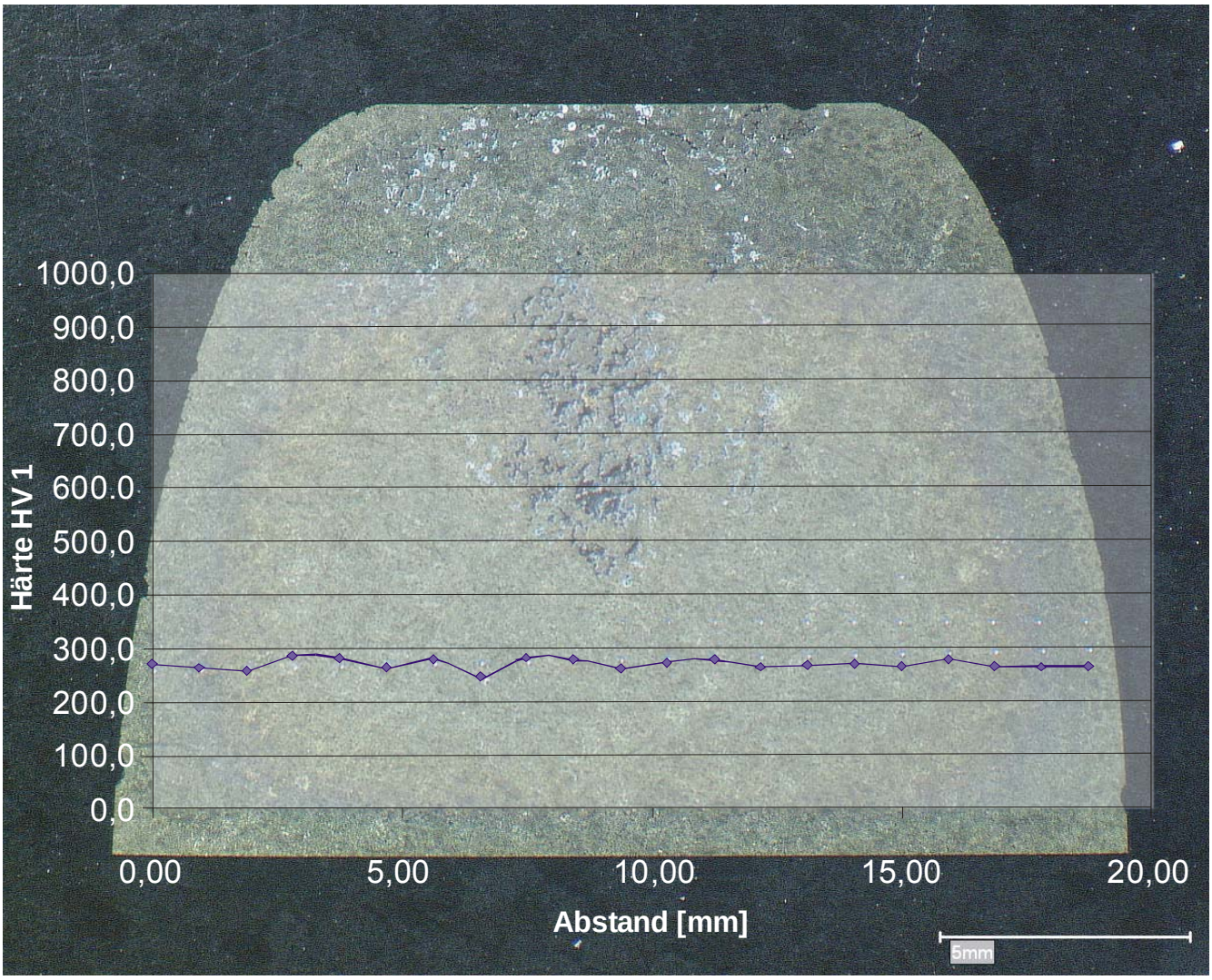
Das vorliegende Projekt umfasst die Schaffung von metallurgischen Voraussetzungen für das Hartlöten von oberflächenveredelten Feinblechen aus höher- und hochfesten Stahlwerkstoffen (Rm ≤ 800 MPa). Das Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung von Cu- und Ni-Basis-Fülldrahtelektroden, die den Ausgangseigenschaften der Grundwerkstoffe entsprechen. Zur Erhöhung der Festigkeitseigenschaften sollen die Kupfer-Nickel-Lote mit den Elementen Eisen, Mangan und Aluminium auflegiert werden. Es wird angestrebt, durch Variation der Legierungselemente die für die Cu-Basis-Lote bekannten kritischen Erscheinungen wie Lötrissigkeit („liquid metal penetration“) und Versprödung der Naht zu minimieren.

Wissenschaftlich-technische Ergebnisse
Durch die Herstellung von Fülldrähten zum MSG-Löten von hoch- und höherfesten Stahlfeinblechen sind erhebliche Verbesserungen der mechanisch-technologischen Eigenschaften des Nahtgefüges zu erwarten. Es werden theoretisch mögliche Legierungssysteme dargestellt und untersucht. In Vergleichsversuchen werden die Eigenschaften der Einzellegierungen gegenübergestellt. Die geplante Herstellung von Elektroden, die erfolgreich getestete Legierungen in einem Draht vereinen, ermöglicht einen Eigenschaftsvergleich.

Wirtschaftlich nutzbare Ergebnisse
Da zur Zeit keine Kupferbasislote, die sich zum MSG-Löten von hochfesten Stahlfeinblechen eignen, auf dem Markt verfügbar sind, bietet das Herstellen von Fülldrähten die Möglichkeit, die technologischen Merkmale der Einzellote gezielt zu verändern, und macht somit den sehr wirtschaftlichen MSG-Lötprozess auch für höherfeste Stahlfeinbleche einsetzbar. Durch die angestrebte Verbesserung des Fließ- und Benetzungsverhaltens der zu entwickelnden Lotlegierungen kommt es zu einer Optimierung der Nahtausbildung. Die Verbesserung der Nahtausbildung und Spaltüberbrückbarkeit bedeutet für den Anwender eine Erweiterung möglicher Bauteiltoleranzen und somit eine Reduzierung der Kosten. Darüber hinaus sollen für den Anwender Hinweise zur Verarbeitung der Lotlegierungen erarbeitet werden.

Lösungsweg
Der projektbegleitende Ausschuss hat am 20. September 2006 in Aachen erstmals getagt und die genaue Ausrichtung des Projektes fokussiert, Randbedingungen definiert sowie eventuell in Frage kommende Grundwerkstoffe vorgesehen. Weiter führende Gespräche werden fortlaufend bilateral mit Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses geführt und auf kommenden Sitzungen allen Teilnehmern vorgestellt.

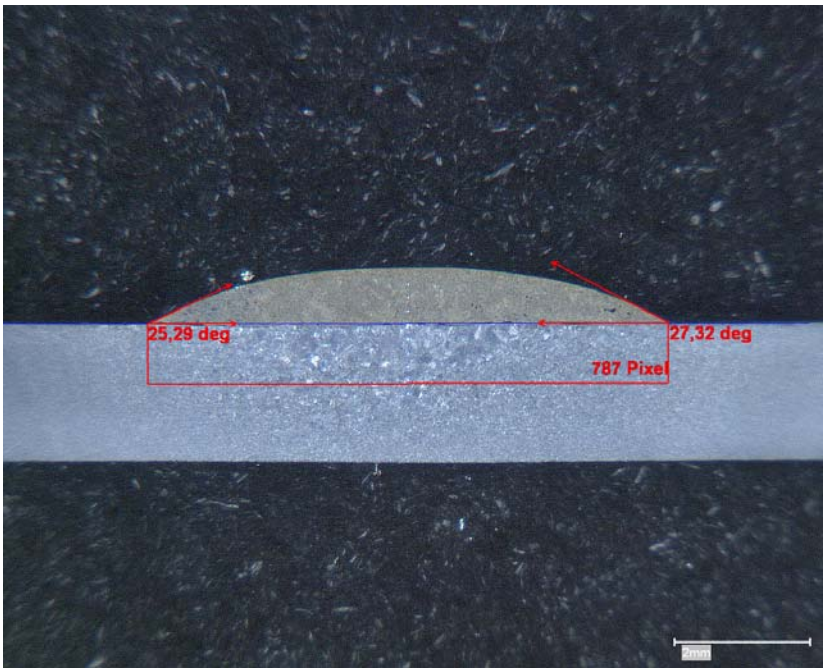
Kupfer-Basis-Lote:
Zunächst wurde mit einer ausführlichen Literaturrecherche begonnen. Auf Basis der Literaturstellen wurden relevante Legierungselemente für Kupferbasislegierungen determiniert. Des Weiteren wurden entsprechende 2-Stoff- und 3-Stoff-Systeme anhand von Phasendiagrammen studiert. Anschließend wurden 30 Legierungszusammensetzungen aus Reinelementen gemischt und in einem Induktionsofen im Schmelztiegel erschmolzen. Zur Bestimmung der Schmelztemperatur der Lote wurde eine Messanlage mit Pyrometer aufgebaut. Die Bestimmung der Temperaturen im Schmelztiegel wird bei der Probengröße von 30 g über eine pyrometrische Messung als ausreichend genau erachtet. Nach Erfassung des Zeit-Temperatur-Verlaufes kann das Erstarrungsintervall als ein Auswahlkriterium herangezogen werden.
Anschließend wurden Härtemessungen der geschnittenen Schmelzgutproben nach Vickers (HV1) durchgeführt und Mikroschliffe erstellt. Des Weiteren wurden alle Schnittflächen optisch nach der Güte der Schnittqualität beurteilt (z.B. sehr sprödes Materialverhalten).
Exemplarisch ist hier der Härteverlauf über eine Schmelzgutprobe dargestellt.



Makroschliff und Vickershärte HV1 über den Querschnitt der Schmelzgutprobe

Unter Berücksichtigung der erzielten Ergebnisse wurden 14 Kupfer-Basis-Lote zur weiteren Untersuchung ausgewählt. Als Auswahlkriterien wurden durchschnittliche Härte < 500 HV1, Schnittgüte, Erstarrungstemperatur und die Standardabweichung des Härteverlaufes herangezogen. Die 14 determinierten Lote wurden manuell auf dem GW DP-W 600 im WIG-AC-Verfahren als Lotpunkt aufgebracht. Anschließend wurden Mikro- und Makroschliffe erstellt und Analysen des HV0,1-Härteverlaufes vom GW über die Übergangszone in den LZW durchgeführt und entsprechend

dokumentiert. Abschließend wurden die Benetzungswinkel der Lote auf dem GW ausgemessen. Nach Auswertung der gesammelten Ergebnisse werden auf der nächsten PBA-Sitzung 5 Kupfer-Basis-Lote vorgeschlagen und gemeinsam mit dem PBA zur Herstellung ausgewählt.



Makroschliff Benetzungsversuch mit zugehörigen Winkeln

Nickel-Basis-Lote:
Analog zur Untersuchungsreihe der Kupfer-Basis-Lote, werden derzeit Untersuchungen an Nickel-Basis-Loten durchgeführt. Es wurden bereits 32 aufgestellte Legierungen erschmolzen. Derzeit wird für diese Proben der Härteverlauf HV1 über den Querschnitt der Schmelzgutprobe erstellt.

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

4.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Den Zulieferern der Automobilindustrie, im Containerbau und anderen Anwendern hochfester Stahlfeinbleche wird eine neue und kostengünstige Methode zur Verarbeitung dieser Werkstoffe zur Verfügung gestellt. Diese zeichnet sich insbesondere durch eine stark reduzierte Energieeinbringung, eine hohe Toleranz in der Nahtvorbereitung sowie durch eine werkstoffgerechte Festigkeit aus.

4.2 Möglichkeiten zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit besonders für kleine und mittlere Unternehmen

Das Forschungsvorhaben leistet einen Beitrag zur Entwicklung eines wirtschaftlichen und leistungsfähigen Prozesses. Die geringen Investitions- und Fertigungskosten gepaart mit einer hohen Zuverlässigkeit ermöglichen es auch kleinen und mittleren Unternehmen dieses Verfahren anzuwenden. Hierdurch wird ein zuverlässiges Fügeverfahren hoher Produktivität zum Einsatz an zukunftsweisenden Werkstoffen zur Verfügung gestellt. Den Herstellern von Lotwerkstoffen, die in aller Regel kleine und mittelständige Unternehmen sind, wird ein neues Marktsegment zum Einsatz ihrer Produkte eröffnet.

5 Beabsichtigte Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Die direkte Verbindung des ISF zu Industrie und Handwerk garantiert eine praxisorientierte Forschung während der Projektlaufzeit. Die erarbeiteten Forschungsergebnisse werden durch Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, Vorträgen auf Tagungen und Seminaren, sowie Diskussionen in Fachausschüssen und Arbeitskreisen einem breiten Publikum zugänglich gemacht. Die Mitglieder des

projektbegeleitenden Ausschusses, die sich maßgeblich mit der Herstellung und Verarbeitung von Fülldrähten bzw. hochfesten Stahlfeinblechen beschäftigen, können die angestrebten Ergebnisse in Rahmen ihrer Tätigkeit direkt umsetzen und werden so die Ergebnisse direkt in die klein und mittelständischen Unternehmen tragen. Das Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik Aachen veranstaltet in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verband für Schweißtechnik, Bezirksverband Aachen, im halbjährlichen Turnus ein Kolloquium mit wechselnden Themen. Hier können sich vor allem Teilnehmer aus kleinen und mittelständischen Betrieben über aktuelle Themengebiete informieren. Nach Abschluss des Forschungsvorhabens sollen hier die Ergebnisse einem großen Kreis interessierter Firmen vorgestellt werden. Darüber hinaus werden die Ergebnisse im Rahmen der vom ISF durchgeführten Vorlesungen auch in die Ausbildung von Ingenieurstudenten einfließen.

6 Durchführende Forschungsstellen

6.1 Forschungsstelle 1:

Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik
RWTH Aachen (ISF)
Pontstraße 49
52062 Aachen
Tel.: 02 41/80-93 870
Fax: 02 41/80-92 170

6.2.1 Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. U. Dilthey

6.2.2 Projektleiter: Dipl.-Ing. Agah Meric Sevim