

Schweißen

AiF-Mitgliedsvereinigung (MV)

04.08.3-1

Aktenzeichen der MV

AiF-Vorhaben-Nr:

AiF-Antrags-Nr.: /

Blatt-Nr./BA-Nr.: /

(wird von der AiF eingesetzt)

## Forschungsantrag - Kurzfassung

### 1. Forschungsthema

## Möglichkeiten zur Beeinflussung der Linseneindringtiefe sowie der Linsenposition beim Widerstandspunktschweißen asymmetrischer Mehrblechkombinationen mit normal- und höherfesten Stahlblechen

### 2. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Aktuelle Werkstoffe im Automobilbau bieten die Möglichkeit, Karosserien beanspruchungsgerecht auszuliegen. Dabei werden asymmetrische Blechanordnungen, d.h. Bleche unterschiedlicher Werkstoffe, Dicke, Beschichtung und Blechanzahl eingesetzt.

Hierdurch kommt es in der Praxis immer häufiger zu Problemen, die ausreichende Anbindung speziell dünner aussen liegender Bleche zu erreichen. Die in verschiedenen Vorschriften geforderte Mindest-Linseneindringtiefe in dieses Blech kann oft nicht sicher gestellt werden, so dass aufwändige Untersuchungen durchgeführt werden müssen diese Verbindungen dennoch für die Produktion freigeben zu können.

Es stellt sich mehr und mehr heraus, dass sowohl Fertigung als auch Reparatur mit diesen Anforderungen zum Teil überfordert sind.

Mit dieser Problemstellung wurde die Forschungsstelle in den vergangenen Jahren mehrfach konfrontiert. Durch aufwändige empirische Untersuchungen liessen sich häufig Parametereinstellungen finden um ausreichende Qualitäten zu erzeugen. Bislang sind weder Parameterempfehlungen noch ausreichende Festlegungen für schweißbare Kombinationen in der Literatur zu finden.

Die Lösung dieser Aufgabenstellung bedarf einer intensiven Untersuchung, um dem Anwender Lösungswege aufzuzeigen und abgesicherte Empfehlungen aussprechen zu können.

In der heutigen Automobilfertigung stellt der Einsatz hochfester Stahlblechgüten bei weitem keine Nischenlösung mehr dar. Selbst Fahrzeuge der Klein- und Mittelklasse weisen einen beachtlichen Anteil dieser Werkstoffe auf.

Die meisten Fahrzeuge dürften heute zumindest im Bereich der Türen, A- und B-Säulen mit höchstfesten Stählen verstärkt sein.

Allgemein ist festzustellen, dass der Anteil höherfester Stähle (AHSS), insbesondere mit besonders hoher Streckgrenze, im Automobilbau zum Zwecke der Gewichtsreduzierung weiterhin steigend ist.

Ein anderer aktueller Trend ist einerseits die Verwendung von warmpressgehärtetem Material (22MnB5), andererseits von höherfesten Edelstählen, z.B. H400.

Je höher der Legierungsgehalt, um so höher ist in der Regel der Materialwiderstand.

Werden Bleche unterschiedlicher Grundwerkstoffe miteinander verschweißt, so bildet sich die Linse vorzugsweise in dem Blech mit höherem Widerstand aus. Dies ist in der Regel das Material mit der höheren Festigkeit. Damit wird auch die Linseneindringtiefe in das besser leitende (niedriger feste) Material reduziert, wodurch die Anbindung des Bleches unsicherer wird.

Einige Vorschriften fordern das Erreichen einer Linseneindringtiefe von z.B. mindestens 0,2 mm oder 20 % der jeweiligen Aussenblechdicke.

Insbesondere das Schweißen von Dreiblechkombinationen, erweist sich diesbezüglich häufig als nicht einfach bis überhaupt nicht beherrschbar. Aber schon die Zweiblechschweißung kann sich bei ungünstiger Material- und Dickenkombination als schwierig erweisen.

Erfahrungen zeigen, dass diese Vorgaben oft nicht eingehalten werden können. Hier muss dann im Einzelfall ein Weg gefunden werden, um die Fertigung dennoch zulassen zu können – beispielsweise durch gesonderten Nachweis, dass die zerstörende Prüfung ausreichende Festigkeitswerte liefert.

Gerade bei Mehrblechverbindungen ist im Automobilbau die konstruktive Anforderung in der Regel so, dass auf einer Seite als Verstärkung ein relativ dickes hochfestes Blech angeordnet ist, auf der anderen Seite als Außenhaut in der Regel ein dünnes normalfestes verzinktes Blech.

Das Zwischenblech ist entweder normal- oder höherfest, meist auch dickeres Blech. Diese Anordnung widerspricht den konstruktiven Empfehlungen, die in den verschiedenen Vorschriften genannt werden.

Auch das dort für Zweiblechverbindungen genannte Blechdickenverhältnis von 3:1 ist unter Berücksichtigung der elektrischen Eigenschaften der höherfesten Materialien grenzwertig. In der Automobilindustrie gibt es zahlreiche firmenspezifische Informationen und Grenzwerte zum Widerstandspunktschweißen. Auf Anregung einer DVS-Arbeitsgruppe sind diese Informationen in den Langantrag eingeflossen.

Zwischen den verschiedenen Herstellern gibt es jedoch unterschiedliche Auffassungen über anwendbare Dickenverhältnisse. Nur ein Hersteller berücksichtigt, zumindest im Ansatz, dass bei höherer Materialfestigkeit (und damit schlechterer Leitfähigkeit) andere Dickenverhältnisse festgelegt werden müssen. Ein weiterer Hersteller schränkt das Blechdickenverhältnis bei gemischten Kombinationen (mit z.B. H400) ausdrücklich ein. Dies wird jedoch nicht differenziert je nach Materialkombination/Anordnungsvariante getan, sondern gilt für sämtliche Mischkombinationen.

Das DVS-Regelwerk enthält bislang keine Informationen für die Herstellung von Mischkombinationen.

In der Literatur steht in der Regel nicht das Problem ungleicher Materialien im Vordergrund, meist geht es allein um Empfehlungen für ungleiche Blechdicken. Diese beziehen sich jedoch nicht auf spezielle Materialkombinationen und nennen weder Versuchsergebnisse noch konkreten Werte die vom Anwender verwertbar wären.

Es besteht somit offenbar Handlungsbedarf eine Vorgabe für die materialabhängige Ermittlung der Blechdickenverhältnisse zu erarbeiten, um allgemein gültige Festlegungen schaffen zu können. Dies würde gerade für die kmU sehr hilfreich sein.

Auf Grund der Erfahrungen der Forschungsstelle mit der Problematik, der sehr guten gerätetechnischen und personellen Ausstattung sowie der einzigartigen Möglichkeit die Forschungsergebnisse direkt in Lehrgängen zu multiplizieren ist die SLV-Duisburg bestens für die Durchführung des Vorhabens qualifiziert.

### **3. Forschungsziel / Ergebnisse / Lösungsweg**

#### **3.1 Forschungsziel**

Ziel des Forschungsvorhabens ist es Methoden zu entwickeln, die Fertigungssicherheit beim Widerstandspunktschweißen von Stahlblechen in asymmetrischen Kombinationen zu erhöhen.

Weiterhin sollen Möglichkeiten und Grenzen erkundet werden, damit diese Angaben in die Ausbildung sowie ins Regelwerk einfließen können.

##### **3.1.1 Angestrebte Forschungsergebnisse**

Als Ergebnis der Arbeit soll geklärt sein, inwieweit die Linsenbildung und die Linsenposition bei verschiedenen repräsentativen Kombinationen durch Schweißparameter, spezielle Schweißstrom- und Kraftprogramme sowie Anlagentechnik bzw. Elektroden beeinflusst werden kann.

Anhand von Tests der erfolgreichsten Maßnahmen an ausgewählten weiteren Kombinationen sollen Vorgaben für zulässige Kombinationen für sowohl Konstruktion als auch Fertigung erarbeitet werden.

##### **3.1.2 Innovativer Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse**

Bislang liegen zu diesem Thema offenbar keine in sich abgeschlossene Untersuchungen vor. Häufig merkt man erst bei der Einführung in die Fertigung, dass konstruktiv Verbindungen vorgesehen wurden, die sich dann in der Praxis nicht sicher verschweißen lassen. Dies führt zu teuren und zeitaufwändigen Umkonstruktionen, z.B. von Drei- zurück auf Zweiblechverbindungen. Neben den Kosten für die Änderung und Vorbereitung fallen damit in der Regel auch doppelte Fügekosten an.

Das Forschungsvorhaben wird dazu beitragen eine Wissenslücke zu schließen und das Verständnis für die Vorgänge beim Widerstandspunktschweißen erweitern und vertiefen.

#### **3.2 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungszieles**

Die Möglichkeiten zur Beeinflussung der Linsenposition werden an 3 ausgewählten schwierigen Schweißaufgaben untersucht – 2 Dreiblechverbindungen und eine Zweiblechverbindung. Mit den sich hierbei als erfolgreich herausstellenden Maßnahmen werden zur Verifikation Versuche an weiteren Kombinationen durchgeführt, um möglichst viele Daten für die Erstellung einer allgemeingültigen Empfehlung („Formel“) für die Praxis geben zu können, wie dies für die kmU und die Erstellung eines Merkblattes erforderlich ist.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt im Bereich der Dreiblechverbindungen.

Berücksichtigt werden die folgenden Randbedingungen:

- Bleche im Dickenbereich von ca. 0,6 – 2,5 mm
- normal- bis höherfeste niedrig legierte Stahlwerkstoffe (z.B. DC, DP, RA, CP, 22MnB5-Varianten,...)
- normal- bis höherfeste hochlegierte Stahlwerkstoffe (z.B. 1.4301, 1.4541, 1.4376[H400],...)
- mit und ohne Oberflächenveredelung (wo verfügbar)
- Dreiblechschweißungen in aufsteigender Blechdicken- und Leitfähigkeitskombination (kritischer Fall)
- Anlagentechnik DC (Inverter)

Exemplarisch werden auch kritisch erscheinende Zweiblechkombinationen getestet sowie Tastversuche an Kombinationen mit mehr als 3 Blechen durchgeführt.

Der vorgesehene Lösungsweg stellt sich wie folgt dar:

- Es wird davon ausgegangen, dass die von der Forschungsstelle vorgeschlagenen drei Materialkombinationen als Grundlage für die Untersuchung genutzt werden.
- Vorbereitung der zu verwendenden Anlagentechnik, Vorbereitung der Messtechnik
- Versuchsplanung
  - Planung mit Hilfe statistischer Methoden
  - Reduzierung des Aufwandes
  - Optimierung der Aussage
- Materialbeschaffung und –Vorbereitung
- Referenzeinstellung als Einimpulsschweißung (optimierte Einimpulsschweißung angelehnt an Richtwerttabellen)
- Versuche zur Verbesserung der Linseneindringtiefe durch:
  - Stromprogramme
    - Mehrimpulsschweißung konventionell
    - unterschiedliche Stromblöcke
    - Vorwärmstrom und Nachimpuls
    - Stromanstieg
    - Vorimpuls
  - Kraftprogramme
  - Kombination Strom-/Kraftprogramme
  - Polarität
  - Elektrodenkombination
    - Kappengeometrie
    - Elektrodenwerkstoffe
    - Beschichtung der Kontaktfläche
    - exemplarisch Verwendung von Bandzwischenelektroden („Deltaspot“ bzw. ähnliches Prinzip)
- Versuche zur Abschätzung der Fertigungssicherheit
  - Verhalten über einen Fräszyklus (bis ca. 200 Punkte)
  - Verhalten bei wechselnder Polarität
  - Verhalten bei anlegierter Elektrode bei im Wechsel geschweißten Kombinationen
  - Einfluss der Kühlbedingungen
- Verifikation ausgewählter Maßnahmen an verschiedenen Schweißaufgaben
  - Festlegung weiterer zu untersuchender Varianten durch die Forschungsstelle
    - Planung der Versuchsvarianten mittels statistischen Methoden (DOE)
    - Simulationsrechnung ausgewählter Varianten incl. Verifikation (z.B. SORPAS)
    - Systematische Füllung fehlender Untersuchungsbereiche
  - Zwei- und Dreiblechkombinationen sowie exemplarisch Mehrblechvarianten
  - Tests an Realbauteilen bzw. realitätsähnlichen Proben mit simulierter schlechter Passung
- Auswertung
  - grafische und tabellarische Darstellungen
  - Versuch eine „Formel“ für die Praxis zu entwickeln („geometrische“ Vergleichsblechdicke)
- Berichterstellung
  - Empfehlungen für die Praxis
  - Darstellung der Ergebnisse im Hinblick auf die Merkblätterstellung optimiert
  - Erster Entwurf Merkblatt

### **3.2.1.1 Zusatzinformation zur Auswertung und Berichterstellung**

Die Versuche werden mit den entsprechenden tabellarischen und grafischen Darstellungen dokumentiert. Wie in DVS-Arbeitsgruppen und FA4 besprochen soll versucht werden, eine „Formel“ zur Festlegung von Dickenkombinationen unterschiedlicher Materialien festzulegen.

Die Vorgehensweise könnte sich dann später wie folgt darstellen:

1. Bewertung der Einzelblechdicken unter Berücksichtigung des Werkstoffes (elektrische und thermische Leitfähigkeit) -> berechnete bewertete Blechdicke
2. Einsetzen dieser Blechdicke(n) in die Formeln zur Ermittlung der Zulässigkeit des Blechdickenverhältnisses
3. Festlegung ggf. erforderlicher Maßnahmen zur Beherrschung der Kombination, auch wenn sie mit „normaler“ Schweißtechnik nicht beherrschbar sind

## **4. Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (kmU)**

### **4.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse**

In der Blech verarbeitenden Industrie, die Konstruktionsteile mit höherfesten und oder nichtrostenden Blechwerkstoffen zu fügen hat, können die Ergebnisse sehr gut genutzt werden. Dies ist schwerpunktmässig der Automobilbau und dessen Zulieferer (ca. 20% des BSP der BRD), aber auch z.B. der Hausgerätebau. Zahlreiche kmU arbeiten heute als Zulieferer und im Reparaturbereich für die blechverarbeitende Industrie und haben weder die Kapazität noch Zeit für aufwändige Optimierungsarbeiten. Auch Anlagenbauern und Maschinenlieferanten, häufig kmU, fehlen meist die Kenntnisse ihre Anlagen für die in diesem Vorhaben zu untersuchende Problemstellung optimal auszulegen, weshalb oft sicherheitshalber zu teuer gebaut oder ggf. auch nachgebessert werden muss.

### **4.2 Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der kmU**

Speziell die Firmen der kmU werden durch Nutzung der hier erarbeiteten Ergebnisse (z.B. Merkblatt) in die Lage versetzt, relativ einfach abzuschätzen ob bestimmte Schweißaufgaben durchgeführt werden können und welcher Aufwand dafür nötig ist. Auch erforderliche Investitionen für die erforderliche Anlagen- und Prüftechnik können dann besser abgeschätzt werden.

Die Ergebnisse des Vorhabens können dazu führen, dass bereits der Konstrukteur durch Kenntnis der Verfahrensgrenzen Zusatzkosten vermeidet.

Im Idealfall wird es durch Anwendung der im Vorhaben erarbeiteten Massnahmen möglich sein, bislang nicht sicher zu verschweißende Kombinationen mit einer guten Qualität zu fügen.

Dies führt zu Kosteneinsparungen, die die heimische Industrie stärken wird.

Unter Anwendung der Ergebnisse des Vorhabens können die kmU direkt durch Minimierung des Ausschusses und Optimierung der Produktqualität Wettbewerbsvorteile erzielen.

## **5. Beabsichtigter Transfer der angestrebten Forschungsergebnisse**

Im Verlauf der Projektlaufzeit werden die Ergebnisse regelmäßig dem PBA, dem FA4 sowie interessierten Arbeitsgruppen der AG V3 vorgestellt und dort diskutiert.

Auf Basis der Ergebnisse wird ein Merkblattentwurf erstellt, der innerhalb der DVS-Arbeitsgruppen AGV3.2 oder 3.4 zu einem DVS-Merkblatt ausgearbeitet wird.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden im Rahmen von Beiträgen in den Publikationen des DVS (Schweißen und Schneiden, Praktiker) veröffentlicht sowie auf Fachtagungen und Gremien des DVS, z.B. dem „Treffpunkt Widerstandsschweißen“ sowie dem „FA 4/AG V3-Gemeinschaftskolloquium“, präsentiert.

In der SLV-Duisburg werden Vorträge bzw. Unterrichtseinheiten in verschiedenen Lehrgängen zum Widerstandsschweißen, wie z.B. „Fachmann für das Widerstandsschweißen“, „Widerstandspunktschweißen höherfester Stahlbleche und Dreiblechkombinationen“, „Erfahrungsaustausch Widerstandsschweißen“ etc. zur Verbreitung der Ergebnisse eingeplant.

Weiterhin fließen die gewonnenen Kenntnisse direkt in die Beratungstätigkeit der SLV-Duisburg ein, so dass ein direkter Transfer in die kmU gegeben ist.

## 6. Durchführende Forschungsstelle

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt

SLV Duisburg NL der GSI mbH

Bismarckstraße 85

47057 Duisburg

Tel. 0203/3781-0

Forschungsstellenleiter: Dr.-Ing. Steffen Keitel

Projektleiter: Dr.-Ing. Reinhard Winkler

Verantwortlicher Bearbeiter: Dipl.-Ing. Stefan Schreiber

Duisburg, Januar 2009

