

Forschungsantrag - Kurzfassung

1. Forschungsthema

Verbesserung der Prozesssicherheit des Punktschweißklebens von Aluminiumwerkstoffen und Ermittlung von Verbindungskennwerten für Konstruktion und Simulation

2. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Die Kombination von Punktschweißen und Kleben wird seit Jahren erfolgreich zum Verbinden von Stahlwerkstoffen in der Karosserierohbaufertigung eingesetzt. Mittels Punktschweißen können in sehr kurzen Taktzeiten belastbare Verbindungen hergestellt werden, so dass die für den Aushärtungsprozess der Klebstoffe notwendige Fixierung der Fügeteile gewährleistet wird. Die Aushärtung der Klebstoffe erfolgt beim KTL-Durchlauf bei etwa 180°C. Für den Reparaturfall und die Einzelfertigung werden 2K-Klebstoffe eingesetzt, die auch bei Raumtemperatur aushärten.

Die erzielbaren Verbindungseigenschaften ermöglichen eine gute Ausnutzung der Festigkeit der Grundwerkstoffe sowohl bei zyklischer Dauerbeanspruchung als auch bei impulsförmiger Beanspruchung.

Die vorteilhafte Nutzung der kombinierten Verfahrenstechnik in der Karosseriefertigung ist bisher auf das Verbinden von Stahlwerkstoffen beschränkt. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass der Werkstoff Aluminium nicht vergleichbar gut punktschweißgeeignet ist wie Stahl.

Neuere Systemtechniken und Prozessüberwachungen sowie –regelungen (im Sinne einer Konditionierung) eröffnen inzwischen allerdings verbesserte Möglichkeiten zum Punktschweißen von Aluminiumwerkstoffen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass das Punktschweißen für das Verbinden von Aluminiumwerkstoffen an Bedeutung gewinnen wird. Damit stellt sich zwangsläufig die Frage, ob diese neuen Systemtechniken, auch in Kombination mit dem Kleben, vorteilhaft zum Fügen von Aluminiumwerkstoffen genutzt werden können. Die Beantwortung dieser Frage begründet Forschungsbedarf.

Um das Potential der Hybridtechnik und der erzielbaren Verbindungseigenschaften nutzen zu können, ist es - besonders für den Einsatz in kleinen und mittelständischen Unternehmen - notwendig, dem Konstrukteur Kennwerte für die Konstruktion und die Simulation bereit zu stellen. Dies kommt insbesondere in Kleinserien sowie im Prototypenbau zum Tragen. Daher soll die Kennwertermittlung vergleichbar zu denen durchgeführt werden, wie sie z.B. für Verbindungen aus Stahlwerkstoffen teilweise bereits vorliegen. Dies stellt sicher, dass bei der Entwicklung neuer Produkte die mittels Punktschweißkleben erzielbaren Verbindungseigenschaften in der Konstruktion und Berechnung mit denen verglichen werden können, die mit anderen Verfahren erreicht werden.

Anhand einer Literaturrecherche wurde ersichtlich, dass die entsprechenden, allgemeingültigen Konstruktionshinweise, die sich bisher mit der Thematik des Punktschweißklebens von Aluminiumwerkstoffen beschäftigt haben, aus den frühen 70-er und 80-er Jahren stammen.

In einer weiteren Recherche ab 1987 (BAM) wurden ca. 30 Stellen gefunden die sich mit dem Punktschweißkleben von Aluminium beschäftigen. Allerdings handelt es sich hier überwiegend um oberflächliche Betrachtungen des Themas, insbesondere aber fehlen für Konstruktion und Simulation verwertbare Untersuchungsergebnisse.

Um dem Konstrukteur eine direkte Vergleichbarkeit der ermittelten Kennwerte zu vorangegangenen Untersuchungen zu gewährleisten, sollten diese unter den in vergleichbaren Vorhaben bewährten Lastwinkeln an KS-II Proben ermittelt werden.

Der vorliegende Antrag sollte ursprünglich vom LWF-Paderborn gestellt werden. Auf Grund der ungeklärten zukünftigen Situation am LWF wurde er jedoch an den FA4 zurückgegeben und der SLV-Duisburg zugeteilt.

Forschungsvorhaben zum Punktschweißen von Aluminium an der SLV-Duisburg liegen bereits längere Zeit zurück, da dieses Thema bislang nicht als förderungswürdig angesehen wurde. Dass das Interesse der Industrie für dieses Thema da ist, zeigen allerdings häufige Anfragen der Industrie. So wurden an der SLV-Duisburg im Rahmen der Industrieberatung einige Untersuchungen zum Schweißen und auch Punktschweißkleben von Aluminium durchgeführt. Mit ihren umfangreichen Möglichkeiten und Kontakten im Bereich des Widerstandsschweißens ist die SLV-Duisburg prädestiniert für die Durchführung dieses Vorhabens. So haben sich beispielsweise die Firmen BOSCH und DÜRING bereit erklärt, die für die Durchführung speziell erforderliche Anlagentechnik bereit zu stellen.

3. Ziel des Vorhabens, Lösungsweg

3.1 Angestrebtes Forschungsergebnis

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist, auch unter Einbeziehung neuer Systemtechniken auf dem Gebiet des Punktschweißens, die verfahrenstechnischen Grundlagen zum prozesssicheren Verbinden von Aluminiumwerkstoffen mittels Punktschweißkleben zu erarbeiten und dabei für die Konstruktion und Berechnung Kennwerte bereitzustellen, die für den konstruktiven Einsatz einen Vergleich der Verbindungseigenschaften im Wettbewerb mit anderen Technologien ermöglicht.

Insbesondere ist es Ziel,

- die Grundlagen für ein prozesssicheres Punktschweißkleben von Aluminiumwerkstoffen mittels neuer Anlagen- und Regelungstechnik für den industriellen Einsatz zu erarbeiten,
- die Verfahrensgrenzen für das Punktschweißkleben von Aluminiumwerkstoffen sowie die Einflüsse der Klebstoffe und der Prozessführung auf die Qualität der Verbindung zu ermitteln,
- Prozessinformationen für eine Qualitätssicherung auszuwerten,
- Kennwerte für die Konstruktion und Berechnung der Punktschweißklebverbindungen unter quasistatischer, dynamisch schwingender und schlagartiger Belastung zu ermitteln,
- Hinweise zur prozesssicheren Fertigung von punktschweißgeklebten Strukturen aus Aluminiumwerkstoffen zu erarbeiten.

3.2 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

Durch den Einsatz neuer Systemtechniken auf dem Gebiet des Punktschweißens zeichnet sich die Möglichkeit ab, Aluminiumwerkstoffe auch durch Punktschweißkleben prozesssicher verbinden zu können.

Im Rahmen eines Industrieprojektes am LWF Paderborn wurde die Möglichkeit der Punktschweißklebbarkeit von Aluminiumwerkstoffen mit neuer Widerstandsschweiß- Prozesstechnik untersucht. Hierbei wurde eine Vorkonditionierung durchgeführt, bei der durch einen Vorstrom der Widerstand auf einen definierten Wert reduziert wird. Danach wird von der Steuerung automatisch in den normalen Schweißbetrieb umgeschaltet. Für diese Untersuchung wurde von der Fa. BOSCH eine spezielle Stromquelle entwickelt.

Eine Weiterentwicklung dieser Stromquelle mit höherer Leistung wird für das hier beantragte Vorhaben eingesetzt. Als Schweißzange kommt eine servoelektrische Zange zum Einsatz, um im Vorhaben möglichst flexibel programmierbare Kraft-/Stromprogramme einsetzen zu können.

3.3 Vorgehensweise

Zu Beginn der Untersuchung werden die relevanten, chargenbezogenen Eigenschaften der eingesetzten Aluminiumwerkstoffe und Klebstoffe ermittelt. Im weiteren Verlauf erfolgt die systematische Ermittlung der Verfahrensgrenzen für ein prozesssicheres Punktschweißkleben

beim Einsatz rohbaugauglicher Hochleistungsklebstoffe und Fügebauteilwerkstoffe. Der zu untersuchende Blechdickenbereich soll zwischen 1,0 mm und 3,0 mm liegen, wobei drei im Automobilbau übliche Werkstoffe sowie die zu untersuchenden Klebstoffe festgelegt werden. Bei den Klebstoffen sollen 2 üblicherweise im Automobilrohbau verwendete warmaushärtende Varianten sowie eine 2K-Variante für den Reparaturbereich berücksichtigt werden. Die letztgenannte Variante ist auch besonders interessant für kmU in der Kleinserienfertigung, beispielsweise für den Luftfahrzeugbereich.

Zur Bewertung der erzielbaren Eigenschaften der Verbindungen sollen für optimierte Prozessbedingungen Festigkeitsuntersuchungen bei zyklischer und stoßartiger Beanspruchung mit unterschiedlicher Lasteinleitung auf den Fügebereich durchgeführt werden. Dabei werden Kennwerte erzielt, wie sie für die konstruktive Auslegung und Simulation der Verbindungseigenschaften in den Entwicklungsabteilungen der Fahrzeughersteller benötigt werden und wie sie für elementare Verbindungen aus Stahl (Punktschweißverbindungen, überlappte Laserschweißverbindungen, diverse mechanisch gefügte Verbindungen) bereits teilweise vorliegen .

Die Untersuchung gliedert sich im Wesentlichen in die folgenden beiden Schritte:

- Im ersten Schritt werden für die verschiedenen Aluminiumwerkstoffe sowie Klebstoffvarianten Schweißbedingungen ermittelt, die die Herstellung einwandfreier Schweißpunkte sicher stellen.
Die erste Hürde ist dabei, den Stromfluss an der Schweißstelle zu ermöglichen, der durch den Klebstoff zwischen den Blechen zunächst verhindert wird.
Zu variieren sind hierfür beispielsweise die Vorpresskraft und Vorpresszeit, die Elektrodengeometrie, das Aufsetzverhalten der Elektroden, Vorwärmstrom in Verbindung mit Nebenschlüssen, Vorkonditionierung etc.
Ausdrücklich sollen diese Versuche nicht nur mit der "neuen Systemtechnik", d.h. der Vorkonditionierung, durchgeführt werden, um dem Anwender aus den kmU möglichst nicht zumuten zu müssen in neue Anlagentechnik zu investieren.
Bei den Versuchen ist insbesondere Wert darauf zu legen, dass die Schweißungen spritzerfrei ablaufen. Im Falle von Spritzern würde es einerseits zu optischen Beeinträchtigungen und Verschmutzung der Fertigungsanlagen kommen, andererseits würde aber auch durch den fehlenden Klebstoff eine Minderung der Festigkeitseigenschaften zu erwarten sein.
- Im zweiten Schritt werden mit als optimal erachteten Parametern systematisch Schweißverbindungen hergestellt, an denen die für die Konstruktion und Simulation verwertbaren Verbindungskennwerte ermittelt werden.
Stichprobenartig werden hier auch Kennwerte "schlechter" Schweißungen, z.B. spritzerbehaftete Punkte, ermittelt um die negativen Auswirkungen dieser Schweißfehler augenfällig darstellen zu können.

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

Der Nutzen für kleine und mittlere Unternehmen ist u.A. in den Bereichen der Zulieferindustrie für die Verkehrstechnik zu sehen. Der Einsatz von Punktschweißklebverfahren ermöglicht innovative Lösungen bei gleichzeitiger Berücksichtigung ständig steigender Sicherheitsanforderungen. Besonders bei Zulieferern, welche komplexe Baugruppen wie z. B. Frontends in modularer Bauweise fertigen, wird der Einsatz des Punktschweißklebens zur Steigerung der Einsatzmöglichkeiten von Aluminiumwerkstoffen unter Berücksichtigung der hohen Qualitätsanforderungen führen. Der erfolgreiche Einsatz von Punktschweißklebverbindungen in der Struktur setzt jedoch die Kenntnis möglichst praxisrelevanter Kennwerte in der Konstruktion, Berechnung sowie Fertigungsplanung voraus. Vor allem durch den zunehmenden Wunsch nach weiterer Ausschöpfung von Leichtbaupotentialen steigt die Bedeutung einer genaueren Kenntnis der Beanspruchungen und Beanspruchbarkeiten von kritischen Stellen in Konstruktionen. Beim Punktschweißkleben quasistatisch, zyklisch oder stoßartig belasteter Komponenten kann der Forderung nach besserer Ausnutzung der zu verbindenden Werkstoffe mittels qualifizierter Auswahl der Klebstoffe und der Optimierung der Schweißparameter besser entsprochen werden, was gerade den kleinen und mittelständischen Unternehmen zu Gute kommt und den Wirtschaftsstandort Deutschland stärkt.

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 der AGV3 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“, „Widerstandsschweißen von Aluminium“, „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