

## Bericht 5140/07

AiF-Nr. 14.435 N

DVS-Nr. 04.039

# **Untersuchungen zum Anschweißen von Widerstands- schweißmuttern an Bleche aus höher- bis höchst- festen Werkstoffen**

Der Bericht darf nur ungekürzt und unter Nennung der Urheberschaft der SLV München, NL der GSI mbH, veröffentlicht werden. Die gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt SLV München.

Der Bericht enthält 131 Seiten.

September 2007

SLV München,  
Niederlassung der GSI mbH  
Name der Forschungsstelle(n)

14.435 N / IV

AiF-Vorhaben-Nr. / GAG

01.06.05 bis 31.05.07  
Bewilligungszeitraum

## **Schlussbericht für den Zeitraum: 01.06.05 bis 31.05.07**

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWi über die



geförderten Forschungsvorhaben

Forschungsthema:

**Untersuchungen zum Anschweißen von Widerstandsschweißmuttern  
an Bleche aus höher- bis höchstfesten Werkstoffen**

## Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sind Untersuchungen zur Optimierung der Verbindungsqualität beim Anschweißen von Widerstandsschweißmuttern an Bleche aus höher- bis höchstfesten Werkstoffen an der SLV München, NL der GSI mbH, durchgeführt worden.

Für die Versuche stand eine Mittelfrequenzbuckelschweißmaschine der Firma Dalex, Modell PMS 32-5 MF, eine Wechselstrombuckelschweißmaschine, Model 160624 der Firma Düring und eine Kondensatorentladungsschweißmaschine der Firma Conntronic, Modell CD12000 zur Verfügung.

Die Ergebnisse zeigen auf, dass das Widerstandsbuckelschweißen von Schweißmuttern auf höherfeste Bleche mit guter Prozesssicherheit möglich ist, wenn die Buckelgeometrien höheren Anforderungen entsprechen. Größte Probleme stellen die Ungenauigkeiten der Buckelhöhe und Aufstandsfläche dar, die zu einer sehr unregelmäßigen Erwärmung der Buckel führen. Bisher waren diese Faktoren bei den „weichen“ Tiefziehstählen von untergeordneter Bedeutung, da dort Verformungen im Blechwerkstoff ausgleichend wirken und die Stromdichte gleichmäßiger verteilt wird als bei hochfesten Blechwerkstoffen.

Die Verbesserung der Festigkeit und teilweise auch des Variationskoeffizienten kann durch die Wahl von kurzen Stromzeiten (20 bis 40 ms) nachgewiesen werden. Die starke Abhängigkeit von der Buckelgeometrie ist aber zu berücksichtigen. Es werden durchwegs Kopfzugkrafteerhöhungen um bis zu 30% erzielt, wobei auch die Variationskoeffizienten verbessert werden.

Der mit konventionellen Stromzeiten von 100 bis 400 ms nicht prozesssicher schweißbare 22MnB5 zeigt bei sehr kurzen Stromzeiten eine deutliche Verbesserung. Dort können für die Vierkantmutter M8 die geforderten Mindestzugkräfte von 6 kN überschritten werden.

Neben der kürzeren Stromzeiten sind auch Optimierungen bei der Buckelgeometrie empfehlenswert. Für die hochfesten Stahlwerkstoffe sind Verbesserungen durch eine gleichmäßigere Gestaltung der Schweißbuckel bei gleichzeitiger Erhöhung der Buckelsteifigkeit notwendig. Eine steifere und spitzere Ausführung z.B. durch eine Anfasung an der Buckelaußenseite zeigt Vorteile auf.

Das Kondensatorentladungsschweißen bietet beim Fügen auf hochfeste Stahlwerkstoffe große Vorteile. Bedingt durch die sehr kurzen Stromzeiten wird eine sehr hohe Stromdichte an der Kontaktstelle Buckel – Grundwerkstoff erreicht. Die Anbindung des Buckels auf dem Grundblech wird dadurch besser ausgebildet. Ein weiterer positiver Aspekt ist die geringere wärmebeeinflusste Zone als bei konventionellen AC- oder MF- Schweißungen.

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

Hinweis:

Das Forschungsvorhaben AiF-Nr. 14.435 N wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) mit Unterstützung des Deutschen Verbandes für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS) gefördert.

Die Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV München, NL der GSI mbH übernimmt keine Haftung für Schäden, die aufgrund weiterführender oder fehlerhafter Anwendung der in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse entstehen.

An dieser Stelle möchten wir uns bei den im Rahmen der Durchführung des Vorhabens beteiligten Industrieunternehmen für die gute Zusammenarbeit und die materielle Unterstützung bedanken.

Unser Dank gilt:

AUDI AG

BMW AG

Conntronic GmbH

DaimlerChrysler AG

Dalex Schweißmaschinen GmbH & Co. KG

Düring Schweißtechnik GmbH

Fastenrath Befestigungstechnik GmbH

Harms & Wende GmbH & Co. KG

Karl Limbach Cie. GmbH & Co. KG

Nedschroeff GmbH

ThyssenKrupp Steel AG

Thyssen Duro Metall GmbH

Voestalpine Stahl GmbH

## **1 Einleitung**

Das Widerstandsbuckelschweißen ist in der blechverarbeitenden Industrie wegen seiner hohen Wirtschaftlichkeit ein sehr wichtiges Fügeverfahren. Vor allem in der Großserienfertigung führt es wegen seiner technischen und wirtschaftlichen Vorteile zu einer erheblichen Steigerung der Produktivität. Das Widerstandsbuckelschweißen dient dabei zur schnellen und sicheren Befestigung von Funktionselementen wie Muttern, Blechhalter oder Bolzen und wird in sehr vielen Industriebereichen erfolgreich eingesetzt (Automobilbau/zulieferer, Schienenfahrzeugbau, Haushaltgerätebau u.a.) /1/.

Im Hinblick auf einen innovativen Leichtbau wurden von den Stahlherstellern in jüngster Zeit eine Reihe von höher-, hoch- und höchstfesten Feinblechwerkstoffen /2/ entwickelt, die auch zunehmend in der blechverarbeitenden Industrie eingesetzt werden.

Diese Feinkorn-, Dualphasen- und Mehrphasenstähle (H420, DP600, TRIP700, CP800) /5 – 7/ führen durch ihre - im Vergleich zu un- und niedriglegierten Stahlblechen (z.B. DC04, DX54) - höhere Festigkeit und Streckgrenze zu einer Gewichtsreduzierung von Blechkonstruktionen. Zudem werden im Fahrzeugbau vermehrt auch presshärtende Vergütungsstähle (z.B. 22MnB5) eingesetzt, die in stark crashbeanspruchten Bereichen der Karosserie Anwendung finden.

Aufgrund des Gefügebauaufbaus und ihrer Legierungselemente sind Dualphasen- und Mehrphasenstähle beim Widerstandsschweißen vergleichsweise schwieriger zu verschweißen als "weiche" unlegierte Werkstoffe. Während artgleiche Verbindungen teilweise durchaus beherrscht werden, gibt es zu Mischverbindungen zwischen Stahlblechen aus unterschiedlichen Stahlqualitäten - was beim Anschweißen von Widerstandsschweißmutter der Fall ist - bislang keine abgesicherten Grundlagenuntersuchungsergebnisse hinsichtlich der Schweißbeignung. Zudem werden zur Verbesserung des Korrosionsschutzes diese Bleche zumeist feuer- oder elektrolytisch verzinkt, was die Schweißbeignung mit dem Widerstandsbuckelschweißen beeinträchtigt.

Die Schweißbeignung und Qualität von Widerstandsbuckelschweißverbindungen wird von zahlreichen Einflussfaktoren bestimmt:

- Werkstoffeigenschaften und Art des Überzugs
- Buckelgeometrie (Steifigkeit und Fließverhalten des Buckels)
- Schweißmaschine (Stromquelle, Nachsetzeinheit)
- Schweißparameter (Schweißstrom, Elektrodenweg- oder Kraftregelung)

Über das Widerstandsbuckelschweißen an Schweißmutter mit massiven Buckeln an höher- bis höchstfesten Blechen liegen den kmU's keine gesicherten Untersuchungsergebnisse vor. Die dabei auftretenden grundlegenden Fragestellungen konnten seitens der Anwender u.a. aus Kapazitätsgründen bislang nicht hinreichend untersucht werden. Kleinere Anwender stehen damit vor einer Vielzahl von ungeklärten Fragestellungen, die jeder Einzelne für sich zu lösen versuchen muss, bevor das wirtschaftliche Widerstandsbuckelschweißen auch bei den neuentwickelten Stahlwerkstoffen sicher eingesetzt werden kann.

Zur Optimierung der Fertigungssicherheit sind umfangreiche Verbesserungen vorzunehmen. Neben den oben beschriebenen Fragestellungen zu den werkstoffkundlichen Grundlagen beim Widerstandsbuckelschweißen von Mischverbindungen

(Grundwerkstoff und Oberfläche) sind die bislang für das Anschweißen von Widerstandsschweißmuttern an höher- bis höchstfeste Stahlbleche nicht näher untersuchten Fragestellungen hinsichtlich der unzureichenden Festigkeitseigenschaften und des Maschineneinflusses (Schweißstrom, Schweißkopf) Anlass für dieses Forschungsvorhaben.

Ein besonderes Optimierungspotenzial erhoffen sich die Anwender von den neu am Markt befindlichen innovativen Maschinenkonzepten mit:

- Inverterstromquelle
- schnelle pneumatische Krafterzeugungs-Systeme
- Kondensatorentladungsschweißmaschinen

Die Untersuchungen wurden aufgrund der aktuellen Problematik bei der Weiterverarbeitung der höher- bis höchstfesten Bleche von der DVS-AG V3.2 und AG V3.4 angeregt und sollen gerade Hilfestellung(en) geben, das Widerstandsbuckelschweißen erfolgreich umzusetzen. Es werden die werkstoffkundlichen und verfahrenstechnischen Grundlagen für das prozesssichere Anschweißen von Widerstandsbuckelschweißmuttern für die industrielle Fertigung aufgezeigt.