

IPH Hannover / SLV München

Name der Forschungsstelle(n)

14938 N/1 / 4

AiF-Vorhaben-Nr. / GAG

01.06.2007 - 31.05.2009

Bewilligungszeitraum

**Schlussbericht für den Zeitraum : 01.06.2007 - 31.05.2009**

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWA über die



geförderten IGF-Forschungsvorhaben

Normalverfahren

Fördervariante ZUTECH

Forschungsthema :

Integration und Überwachung des Schweißens von Normteilen in  
Blech-Verbundwerkzeuge

Für ein ZUTECH-Vorhaben sind folgende zusätzliche Angaben zu machen:

Der fortgeschriebene Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

ist beigefügt

liegt bereits vor

wird fristgerecht nachgereicht

Hannover, 31.05.2009

Ort, Datum

Unterschrift der/des Projektleiter(s)

## Kurzfassung

Ziel des Projektes „Integration und Überwachung des Schweißens von Normteilen in Blech-Verbundwerkzeuge“ (AiF 14938 N/1) war die Entwicklung einer Schweißstufe, die integriert in einem Blech-Verbundwerkzeug einen vollautomatisierten Bolzenschweißprozess während der Blechteilefertigung ermöglicht. Als Verfahren wurde das Lichtbogen-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung im Kontaktverfahren gewählt. Zur Integration dieser Fügeoperation wurde ein geeignetes Konzept für die Zuführung der Fügeelemente über den Blechniederhalter ins Werkzeug entwickelt. Abgestimmt wurde das Versuchswerkzeug auf den Einsatz von Gewindebolzen mit Zündspitze nach DIN EN ISO 13918 der Größe M5x16.

Das Versuchswerkzeug besteht aus einer Loch-, Füge- und Abschneidestufe. Der Schweißvorgang erfolgt über einen an die Werkzeugkinematik angepassten Schweißkopf, der im Oberwerkzeug montiert ist. Die Zuführung der Schweißelemente erfolgt durch pneumatischen Einschuss von einem Vibrationswendelförderer in das Werkzeug. Eine Absaugung und eine Abschirmung des Schweißbereiches gewährleisten eine effiziente Entfernung von Schweißemissionen wie Schweißspritzern und Verbrennungsrückständen. Ausgestattet mit entsprechenden Sensoren wurde das Versuchswerkzeug über eine SPS-Steuerung mit dem Wendelförderer, der Schweißstromquelle, dem Blechvorschub sowie der Presse gekoppelt. Für die Steuerung wurde ein Programm entwickelt, das sämtliche Aktoren abhängig von der Stößelposition der Presse steuert und einen vollautomatisierten Betrieb ermöglicht. Der Spannungs- und Stromverlauf während des Schweißprozesses sowie die Bolzenbewegung wurden mit einer Überwachungssoftware aufgezeichnet und ausgewertet. Die Ergebnisse zeigten eine gute Prozessstabilität bei hohen Auftreffgeschwindigkeiten des Bolzens in das Schmelzbad.

In Versuchsserien wurden durch Variation der Parameter Blechdicke, Oberflächenzustand, Fügekraft und Kondensator-Ladespannung Einstellungen für eine möglichst hohe Verbindungsfestigkeit sowie eine Minimierung der Schweißemissionen bei Erreichen einer Mindestfestigkeit ermittelt. Die Schweißüberwachung zeigte dabei stets eine gute Reproduzierbarkeit des Fügeprozesses. Die Tragfähigkeit der Schweißverbindungen wurde durch Biegeversuche geprüft und wies bei geeigneten Einstellungen für das verwendete Blechmaterial maximal erreichbare Werte auf. Schliffbilder der Fügeverbindungen belegen eine sehr gute Schweißqualität mit geringen Lunkeranteilen und guter Reproduzierbarkeit. Sämtliche Schweißergebnisse sowie Veränderungen und Verschleiß am Werkzeug sind fotografisch dokumentiert.

Dauerversuche mit Stahlblech der Güte DC 04 in einer Stärke von 1,00 mm zeigten eine hohe Zuverlässigkeit der Versuchsanlage und der Prozessüberwachung. Die auftretenden Störungen und eingestreute Störgrößen wurden sicher erkannt. Abschließend wurden zusätzliche Versuche mit austenitischem Chrom-Nickel-Stahl (1.4301) sowie mit feuerverzinktem Blech (DX54D+Z100) durchgeführt, um die Auswirkungen der dabei veränderten Schweißemissionen zu untersuchen.

Die Projektergebnisse zeigen, dass sich der Bolzenschweißprozess mit Spitzenzündung im Kontaktverfahren aufgrund der Fügekinematik und hohen Fügegeschwindigkeit prozessstabil in Blech-Verbundwerkzeuge integrieren lässt. Den auftretenden Emissionen kann ohne negative Auswirkungen auf die Schweißergebnisse durch Abschirmung des Schweißbereiches zusammen mit einer gesteuerten Absaugung begegnet werden.

**Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.**

## Förderhinweis

Das Forschungsvorhaben "Integration und Überwachung des Schweißens von Normteilen in Blech-Verbundwerkzeuge" wurde unter der Fördernummer AiF 14938 N/1 von der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V. (EFB) betreut und über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) für die Projektlaufzeit vom 01.06.2007 bis zum 31.05.2009 gefördert. Der Abschlussbericht ist als EFB-Forschungsbericht erschienen und bei der EFB-Geschäftsstelle sowie im Buchhandel erhältlich.

## Danksagung

Wir danken den Förderern sowie den beteiligten Unternehmen für Ihre Unterstützung.

Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V.  
Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.  
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

BMW AG, München  
Dr. Josef Gödde Schweissüberwachungen, Greifenstein-Nenderoth  
Heinz Soyer Bolzenschweißtechnik GmbH, Wörthsee-Ettersschlag  
MDS GmbH & Co. KG, Regensburg  
Teckentrup GmbH & Co. KG, Herscheid

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	
Förderhinweis.....	
Danksagung .....	
Inhaltsverzeichnis.....	
1 Einleitung .....	
2 Aufgabenstellung.....	
2.1 Ausgangssituation.....	
2.2 Forschungsziel.....	
2.3 Vorgehensweise .....	
2.3.1 Konzeptioneller und konstruktiver Teil.....	
2.3.2 Inbetriebnahme und versuchstechnischer Teil .....	
3 Experimentelle Randbedingungen.....	
3.1 Anlagenkomponenten der Umformtechnik .....	
3.1.1 Hydraulikpresse und Pressensteuerung .....	
3.1.2 Abwickelhaspel .....	
3.1.3 Zangenvorschub .....	
3.2 Anlagenkomponenten der Schweißtechnik .....	
3.2.1 Schweißstromquelle.....	
3.2.2 Bewegungsvorrichtung.....	
3.2.3 Schweißstromkreis.....	
3.2.4 Vibrationswendelförderer zur Bolzenvereinzelung und Zuführung.....	
3.2.5 Absaugaggregat.....	
3.3 Anlagensteuerung.....	
3.4 Werkstoffe und Probenabmessungen .....	
3.4.1 Werkstoffe.....	
3.4.2 Probenabmessungen .....	
3.5 Schweißüberwachung, Messtechnik und Prüfmethode n .....	
3.5.1 Schweißüberwachung .....	
3.5.2 Bauteilvermessungen.....	
3.5.3 Sichtprüfung.....	
3.5.4 Biegeprüfungen.....	
3.5.5 Schliffuntersuchungen.....	
3.6 Arbeitsprogramm der Schweißversuche.....	
4 Ergebnisse .....	
4.1 Werkzeugkonzeption und Anforderungen .....	
4.1.1 Konzeption des Zuführ- und Fügmoduls.....	

4.1.2	Anforderungen an das Versuchswerkzeug und die Gesamtanlage .....	<b>Fehler!</b>
	<b>Textmarke nicht definiert.</b>	
4.2	Konstruktion des Versuchswerkzeuges.....	
4.2.1	Bolzenzuführung .....	
4.2.2	Abschirmung des Schweißraumes .....	
4.2.3	Schweißkopf .....	
4.2.4	Absaugung.....	
4.2.5	Grundwerkzeug und Integration der Bolzenschweißstufe.....	
4.3	Steuerung und Automatisierung.....	
4.3.1	Pressensteuerung .....	
4.3.2	Werkzeugsteuerung .....	
4.3.3	Strategie gegen Fehler und Folgeschäden.....	
4.3.4	Auswahl und Integration der Sensorik .....	
4.4	Inbetriebnahme der Versuchsanlage.....	
4.5	Mechanische Kennwerte des Schweißkopfes .....	
4.5.1	Ermittlung der Auftreffgeschwindigkeit .....	
4.5.2	Anpresskraft.....	
4.6	Schweißversuche.....	
4.6.1	Optimierung der Schweißparameter.....	
4.6.2	Dauerversuche.....	
4.6.3	Störgrößenversuche.....	
4.6.4	Werkstoffeinfluss.....	
4.7	Erfahrungen mit der Versuchsanlage .....	
4.7.1	Störungen .....	
4.7.2	Maßnahmen gegen Verschmutzung.....	
4.7.3	Zuführmechanismus.....	
4.7.4	Schweißkopf .....	
4.8	Ergebnisse der Bauteilvermessungen .....	
4.8.1	Positionsgenauigkeit .....	
4.8.2	Orientierungsgenauigkeit .....	
5	Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Zielsetzungen.....	
5.1	Verwendung der Sachzuwendungen.....	
5.2	Anwendbarkeit der Methode .....	
5.3	Umsetzung der Forschungsergebnisse.....	
5.4	Technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Ergebnisse .....	
6	Diskussion und Ausblick.....	
7	Zusammenfassung.....	
8	Veröffentlichungen .....	

8.1	Zeitschriften .....	
8.2	Vorträge .....	
8.3	Präsentations-Video.....	
8.4	Präsentations-Poster.....	
9	Literatur.....	
9.1	Normen und Richtlinien.....	
9.2	Allgemeine Literatur .....	
10	Anhang .....	
10.1	Anforderungskatalog.....	
10.2	FMEA.....	
10.3	Übersicht der Versuchsreihen .....	
10.4	Vermessungsergebnisse.....	
11	Abbildungsverzeichnis .....	
12	Tabellenverzeichnis .....	
13	Abkürzungen und Formelzeichen.....	
13.1	Abkürzungen.....	
13.2	Formelzeichen .....	
14	Durchführende Forschungsstellen .....	
14.1	Forschungsstelle 1 .....	
14.2	Forschungsstelle 2.....	