

# Bericht 5130/2004

AiF-Nr. 13.134

DVS-Nr. 4.031

## **Standmengenerhöhung beim Widerstandspunkt- schweißen durch Elektrodenfräsen**

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 134 Seiten.

Juni 2004

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

/ IV

AiF-Vorhaben-Nr. / GAG  
13.134

01.03.2002 bis 29.02.2004  
Bewilligungszeitraum

## **Schlussbericht für den Zeitraum: 01.03.2002 bis 29.02.2004**

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWi über die



geförderten Forschungsvorhaben

Forschungsthema: Standmengenerhöhung beim Widerstandspunktschweißen  
durch Elektrodenfräsen

## Zusammenfassung

Das Widerstandspunktschweißen ist in der blechverarbeitenden Industrie ein innovatives, weitverbreitetes und wirtschaftliches Schweißverfahren. In der Serienfertigung der Automobil- und Zulieferindustrie ist das Widerstandsschweißen nicht wegzudenken. Insbesondere dort ist der Bedarf an verzinkten Stahlblechen in den letzten Jahren stark gestiegen. Während des Schweißens werden die Beschichtungen (Schmelzpunkt von Zink beträgt ca. 420°C) aufgeschmolzen und legieren teilweise auf den Elektrodenkappen an und beeinflussen durch die veränderten Kontaktverhältnisse stark den Schweißprozess. Eine effektive Möglichkeit die Elektrodenstandmenge zu erhöhen, stellt das Elektrodenfräsen dar. Die Anlegierungsschicht wird dabei nach einer vorab festgelegten Anzahl von Schweißpunkten durch einen spanabhebenden Vorgang entfernt bzw. reduziert. Die Elektrodenkappenoberfläche wird wieder in einen Ausgangsnahenzustand versetzt. Die Störgröße Elektrodenkappenverschleiß wird dadurch deutlich minimiert und die Standmenge der Elektrodenkappen erheblich erhöht.

Die Elektrodenfräseinheit ist eine eigenständige Geräteeinheit, die im Einflussbereich des Roboters montiert ist. In einem Fräserkopf sind je nach Hersteller und Anwendungsfall verschiedene Fräsmesser integriert. Es gibt einschneidige bis vierschneidige Systeme. Die Systeme unterscheiden sich in Form und Geometrie der Schneiden. Prinzipiell kann für fast jeden Anwendungsfall (z.B. Form A, D, F) ein geeigneter Fräskopf hergestellt werden. Das Elektrodenfräsen gliedert sich in Start-, Folge und Endfräsen auf. Die Wahl der Fräsparameter ist vor allem vom Fräsabtrag abhängig, den ein Frässystem in Abhängigkeit von Kraft, Drehzahl und Zeit erbringt. In den Abtragsdiagrammen ist für blanke und anlegierte Elektrodenkappen der Abtrag für verschiedene Elektrodenkräfte dargestellt. Die Anhaltswerte der Fräsabtrage dienen dem Anwender als Hilfestellung für die Wahl der Fräsparameter. Je nach Aufbau des Frässystems und Fräskopfes werden verschiedene Fräsabträge ermittelt die von Kraft, Drehzahl und Zeit teilweise direkt abhängig sind. Je höher die Fräsdrehzahl und Fräskraft gewählt wird, umso größer wachsen die Abtragsraten.

Die erreichbaren Standmengen pro Elektrodenpaar durch Elektrodenfräsem hängen maßgeblich von der gewählten Schweißpunktzahl und den Fräsparametern ab.

Bei der geschweißten Blechpaarung DX54D+Z100,  $t = 1,0$  mm, können mit Blankfräsen der Elektrode bis zu 18000 Punkte und mit Restbelagfräsen bis zu 35000 Punkte geschweißt werden. Bei der Blechdicke  $t = 1,5$  mm erhöhen sich die Standmengen im Vergleich um den Faktor 2 auf 40000 Punkte. Nach jedem Fräsvorgang ist für die ersten 5 Schweißpunkte der Strom um ca. 2-5 % anzuheben, da durch die Beseitigung der Anlegierungsschicht die Kontaktwiderstände reduziert werden.

Das Elektrodenfräsen bietet eine höchst effektive und wirtschaftliche Methode, um die Standmenge beim Widerstandsschweißen sowie die Fertigungssicherheit zu erhöhen und zusätzlich eine gleichbleibende Qualität der Schweißverbindungen sicherzustellen. Ständige Optimierungen der Fräsgerätehersteller an Antriebssystem, Fräskopf und Kontrolleinheit werden in Zukunft von großem Nutzen für die Anwender sein. Die größten Vorteile des Elektrodenfräsens liegen u.a. in der deutlichen Erhöhung der Elektrodenstandmenge, der Verbesserung der Schweißpunktqualität über eine große Schweißpunktzahl, den konstanteren Schweißpunktdurchmesser und höhere Prozesssicherheit und der Reduzierung der Stillstandzeiten durch Elektrodenwechsel.

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

# Standmengenerhöhung beim Widerstandspunktschweißen durch Elektrodenfräsen

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vorgehensweise</b> .....	<b>5</b>
2.1	Arbeitsplan .....	6
<b>3</b>	<b>Stand der Technik / Theorie</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Experimentelle Randbedingungen</b> .....	<b>13</b>
4.1	Punktschweißroboter .....	13
4.2	Schweißpunktzange.....	13
4.3	Fräseinrichtungen .....	13
4.4	Messgeräte .....	14
4.4.1	Wegmesssystem .....	14
4.4.2	Kraftmessung: .....	15
4.4.3	Strom-, Spannungs- und Widerstandsmessung .....	15
4.4.4	Drehzahlbestimmung.....	16
4.4.5	Rauhigkeitsmessung .....	16
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>18</b>
5.1	Elektrodenfräseinheiten .....	18
5.1.1	Fräseinrichtung A .....	20
5.1.2	Fräseinrichtung B .....	21
5.1.3	Fräseinrichtung C .....	22
5.1.4	Fräseinrichtung D .....	23
5.1.5	Umformeinrichtung A.....	24
5.1.6	Fräs - und Umformeinrichtung B.....	24
5.1.7	Kurzzusammenfassung der Fräs- und Umformeinrichtungen .....	25
5.2	Variationen beim Elektrodenfräsen .....	26
5.3	Spanbildung beim Elektrodenfräsen .....	27
5.3.1	Spanbildung bei Fräseinrichtung A.....	27
5.3.2	Spanbildung bei Fräseinrichtung B.....	28
5.3.3	Spanbildung bei Fräseinrichtung C.....	29
5.3.4	Kurzzusammenfassung Spanbildung beim Elektrodenfräsen .....	30

5.4	Fräsphilosophien.....	30
5.5	Ermittlung der Schweißparameter.....	32
5.6	Untersuchungen des Fräsbildes .....	33
	5.6.1 Anfangsfräsen .....	33
	5.6.2 Untersuchung der Rauigkeit .....	35
	5.6.3 Fräsbilder von geschweißten Elektrodenkappen .....	40
	5.6.4 Kurzzusammenfassung Untersuchungen des Fräsbildes.....	42
5.7	Mögliche Probleme beim Fräsen .....	44
	5.7.1 Positionierung des Fräasers.....	44
	5.7.2 Probleme mit dem Fräsantrieb .....	44
	5.7.3 Probleme mit dem Fräskopf .....	45
	5.7.4 Probleme mit anhaftenden Spänen .....	45
	5.7.5 Kurzzusammenfassung der Probleme beim Fräsen.....	46
5.8	Ausbildung der Anlegierungsschicht und Masseverlust .....	48
5.9	Ermittlung der Fräsabträge für die verschiedenen Fräseinrichtungen.....	51
	5.9.1 Abtrag der Fräseinrichtung A.....	51
	5.9.2 Abtrag der Fräseinrichtung B.....	58
	5.9.3 Abtrag der Fräseinrichtung C .....	61
	5.9.4 Abtrag der Fräseinrichtung D - pneumatisch .....	65
	5.9.5 Abtrag der Fräseinrichtung D - hohe Drehzahl .....	67
	5.9.6 Erprobung des Elektrodenumformens.....	70
	5.9.7 Kurzzusammenfassung der Ermittlung der Fräsabträge für die verschiedenen Fräseinrichtungen.....	75
5.10	Einfluss des Messerverschleißes.....	77
5.11	Einfluss der Ausgleichseinheit im Elektrodenfräser .....	79
5.12	Vergleich stehende oder rotierende Fräser.....	79
5.13	Einfluss der Elektrodenmasse auf die Bildung der Anlegierungsschicht.....	80
5.14	Ermittlung der optimierten Elektrodenstandmenge .....	82
	5.14.1 Bestimmung der maximal möglichen Schweißpunktzahl ohne Fräsen... 82	
	5.14.2 Schweißen und blank fräsen .....	84
	5.14.3 Schweißen und nicht blank fräsen.....	85
	5.14.4 Zusammenfassung zur Ermittlung der optimierten Elektrodenstand- menge.....	87
5.15	Einstellung der Schweißparameter nach dem Fräsen .....	88
5.16	Erprobung des Elektrodenfräsens an Aluminiumwerkstoffen.....	89
5.17	Überprüfung eines optischen Restbelagsensors.....	93
	5.17.1 Einfluss des Elektrodenkappenabstandes.....	95

5.17.2 Einfluss der Größe der Anlegierungsschicht .....97

5.17.3 Einfluss der Lage der Anlegierungsschicht.....98

5.17.4 Zusammenfassung .....98

5.18 Ermittlung des Eigenspannungszustandes .....99

5.19 Tribologische Untersuchungen .....99

5.20 Fertigungsbegleitende Untersuchungen (Übergangswiderstandsmessung und Thermografie).....99

5.21 Numerische Simulation (Finite Elemente)..... 100

**6 Diskussion ..... 101**

**7 Zusammenfassung..... 104**

**8 Literatur..... 110**

Die Untersuchungen wurden aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AIF-Nr. 13134 N) gefördert und von der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren des DVS unterstützt. Die SLV München NL der GSI mbh, Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart und Institut für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Festigkeitslehre Universität Stuttgart bedanken sich bei den unterstützenden Firmen AEG SVS Schweißtechnik GmbH , Audi AG, BMW AG, DaimlerChrysler AG, Düring Schweißtechnik GmbH, Lutz Technik GmbH, Matuschek Widerstandsschweißtechnik GmbH, Schweißtechnik Bräuer GmbH, Thyssen Edelstahl Service GmbH und WEDO Werkzeugbau GmbH für die aktive Mitarbeit und Unterstützung des Forschungsprojektes.

Der Abschlussbericht kann direkt von der SLV München bezogen werden.

München, den 14.6.2004

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. D. Böhme