Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik
Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen
Institutsleiter

Institut für Werkstoff- und Fügetechnik
Lehrstuhl Fügetechnik
Hon. Prof. Dr.-Ing. I. Martinek
Lehrstuhlleiter

AiF-Forschungsvorhaben-Nr. 15.816 B / DVS-Nr. 1.062
Statusbericht zur FA1-Sitzung am 16.09.2010

Themenlaufzeit: **01.10.2008 – 31.12.2010**
Berichtsdatum: **26.08.2010**

1 Forschungsthema

Entwicklung von Verschleißschutzschichten auf Basis von Nickelhartlegierungen auf Aluminiumbauteilen mittels Plasma-Pulver-Auftragschweißen

2 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Verschleißschutzschichten auf Nickelbasis eignen sich wegen ihrer im Gegensatz zu Aluminium hohen Härte, Verschleiß- und Warmfestigkeit grundsätzlich hervorragend zum Schutz hoch beanspruchter Al-Bauteile. Die unzureichende Schichthaftung verhindert allerdings ein Auftragschweißen der Ni-Schichten auf das Aluminium.

3 Forschungsziel / Arbeitsplan / Ergebnisse

3.1 Forschungsziel

Das Ziel des Forschungsvorhabens besteht in der Verbesserung der Härte und Verschleißbeständigkeit von Aluminiumoberflächen u. a. auch unter erhöhten Temperaturbedingungen, um die Einsatzmöglichkeiten von Al-Legierungen auszuweiten bzw. die Substitution von Stahl- durch Al-Bauteile zu ermöglichen. Zur Erhöhung der Verschleißbeständigkeit soll eine Verschleißschutzschicht auf Nickelbasis mit oder ohne Hartstoffverstärkung verwendet werden. Da ein direktes Aufbringen der Nickelschicht auf das Aluminium schweißmetallurgisch nicht sinnvoll ist, werden Cu-basierte Auftragschweißschichten als Haft- bzw. Pufferschichten eingesetzt. Entsprechende Verbundschichtsysteme sind mithilfe des Plasma-Pulver-Auftragschweißens herzustellen und zu untersuchen.

3.2 Arbeitsplan gemäß Forschungsantrag und Arbeitsplanänderungen

Wie im Bericht zur letzten Sitzung beschrieben, wurde das Projekt kostenneutral um drei Monate verlängert. Der angepasste Arbeitsplan und der aktuelle Bearbeitungsstand sind nachfolgend aufgeführt. Wie daraus ersichtlich ist, waren mit Zustimmung des pbA Arbeitspakete der Arbeitsschwerpunkte 4 und 5 in die Arbeitsschwerpunkte 2 und 3 verschoben worden, da die Entscheidung für das besser geeignete Verfahren noch ausstand. Nachdem diese Entscheidung auf der vierten pbA-Sitzung im Juli getroffen wurde, werden die Arbeiten nun wieder der ursprünglichen Planung entsprechend fortgeführt. Das Projekt befindet sich im Zeitplan.

Nr.	Arbeitsschwerpunkte	1 Jahre				2 Jahre				Verl.
	ISF / IWF	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I
1	Vorbereitung der Grundwerkstoffe und Beschichtungsversuche	X X								
2	Entwicklung der Cu-Basishaftschicht durch PPA-Schweißen (Vergleich Wechselstrom – Pluspolung)		X X	X X	X X	X X		X		
3	Entwicklung der Verschleißschutzschicht auf Basis von Ni-Hartlegierungen durch PPA-Schweißen (Vergleich Wechselstrom – Pluspolung)			X X	X X	X X		X		
4	Entwicklung der Cu-Basishaftschicht durch PPA-Schweißen mit dem technologisch besseren Verfahren								X X	
5	Entwicklung der Verschleißschutzschicht auf Basis von Ni-Hartlegierungen durch PPA-Schweißen mit dem technologisch besseren Verfahren								X X	
6	Schichtcharakterisierung		X	X	X	X		X	X	
7	Untersuchungen der Schichteigenschaften		X	X	X	X		X	X	
8	Konkrete Umsetzung an beispielhaften Demonstratoren								X	
9	Abschließende Auswertung der Untersuchungen und Erarbeitung des Schlussberichtes									

rote Linie – aktueller Zeitpunkt
schraffiert – Verzögerung durch Anlagenausfall
X – abgearbeitet bzw. in Bearbeitung

3.2 Ergebnisse der Arbeitsschwerpunkte 2, 3, 4, 5, 6 und 7

Für die verschiedenen entwickelten Schichtsysteme wurden vergleichende Mikrobiegeversuche zur Bewertung der Haftfestigkeit durchgeführt. Um möglichst aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, wurden, wie vom pbA beschlossen, von jedem Schichtsystem 3 Proben (Nahtanfang, Nahtmitte, Nahtende) geprüft. Es wurde jeweils die erreichte Durchbiegung bis zum Bruch der Probe gemessen, des Weiteren wurde der Biegekraftverlauf aufgezeichnet.

Differenzen in den erreichten Durchbiegungen treten sowohl zwischen den unterschiedlichen Schichtsystemen als auch zwischen den geprüften Proben eines Schichtsystems auf. Letzteres ist durch die Änderungen in Schichtaufbau und –struktur (Aufmischung bzw. Aufschmelzgrad, Porosität etc.) von Nahtanfang bis Nahtende zu erklären.

Neben der Art der Haftschicht, hat auch die Art der aufgetragenen Funktionsschicht deutlichen Einfluss auf die Haftfestigkeit des jeweiligen Schichtsystems. Die Ursachen liegen u.a. in den unterschiedlichen thermophysikalischen und mechanischen Eigenschaften der eingesetzten Ni-Basispulver. Bei Schichtsystemen mit NiCuBSi-Funktionsschicht wurden bis zum Abplatzen oder dem Auftreten von Rissen Durchbiegungen zwischen 1,39 (Biegewinkel α = 6,4°) und 3,06 mm (α = 14°) erreicht. Im direkten Vergleich wurden für Schichtsysteme mit NiBSi-Funktionsschicht nahezu durchgängig geringere Werte für die Durchbiegung erzielt, sodass für die weiteren Versuche die NiCuBSi-Funktionsschicht ausgewählt wurde.

Im Hinblick auf die eingesetzte Verfahrensvariante ergeben sich beim Vergleich der erzielten Durchbiegungen leichte Vorteile für das PPA-DCCP-Verfahren. Die maximale Durchbiegung liegt dabei bei 3,06 mm (α = 14°) im Gegensatz zu maximal 2,4 mm (α = 11°) für das PPA-AC/DC-Verfahren. Trotz der etwas geringeren Durchbiegung wurde das PPA-AC/DC-Verfahren für die Durchführung der weiteren Untersuchungen ausgewählt. Gründe dafür sind unter anderem die größere Flexibilität hinsichtlich der zu verarbeitenden Werkstoffe sowie das im Vergleich zum PPA-DCCP-Verfahren teilweise deutlich größere Prozessfenster. Diese Unterschiede sind allerdings vermutlich weniger durch die Verfahrensvariante als vielmehr durch die Art der Pulverzuführung (innere bzw. äußere Pulverzufuhr) bedingt.

Das größere Prozessfenster ist, ebenso wie die kompaktere Bauform des PPA-AC/DC-Brenners, bei der Übertragung der Ergebnisse auf den Anwendungsfall „Ventilsitzfläche“ von großer Bedeutung. Als Haftschicht für die weiteren Versuche soll eine Cu+CuAlFe-Mischung (60/40 Gew.%) dienen, mit der

die größte Durchbiegung bei den PPA-AC/DC-geschweißten Schichten erreicht wurde. Quer- und Längsschliffe einer der zugehörigen Biegeproben nach dem Mikrobiegeversuch zeigt Bild 1.

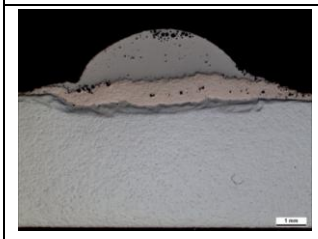
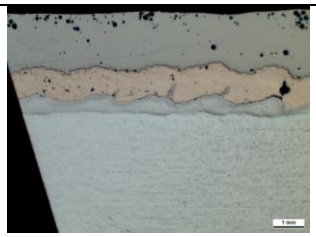
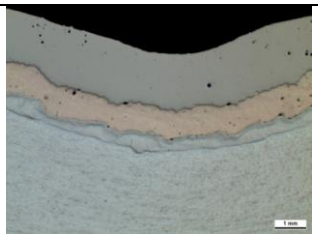
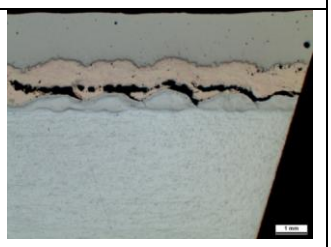
Querschliff	Längsschliff links	Längsschliff Mitte	Längsschliff rechts
			

Bild 1: Quer- und Längsschliffe einer Mikrobiegeprobe (GWS: AlMg4,5Mn, Haftschicht: Cu+CuAlFe, Funktionsschicht: NiCuBSi)

Um die Schichten hinsichtlich der beabsichtigten Anwendung der Schichtsysteme im Bereich des Zylinderkopfes zu optimieren, wurden zylinderkopfähnliche Kreisgeometrien beschichtet, Bild 2. In den weiteren Versuchen sollen eine verringerte Schweißnahtbreite angestrebt und die Kreisnahtschweißungen auf die AlSi10Mg(Cu)-Gusslegierung ausgedehnt werden. Weitere Verbesserungen sind auch beim Auftragen der Funktionsschicht erforderlich, um ein sicheres Aufschmelzen der gut wärmeleitenden Cu-Basis-Haftschicht zu gewährleisten.

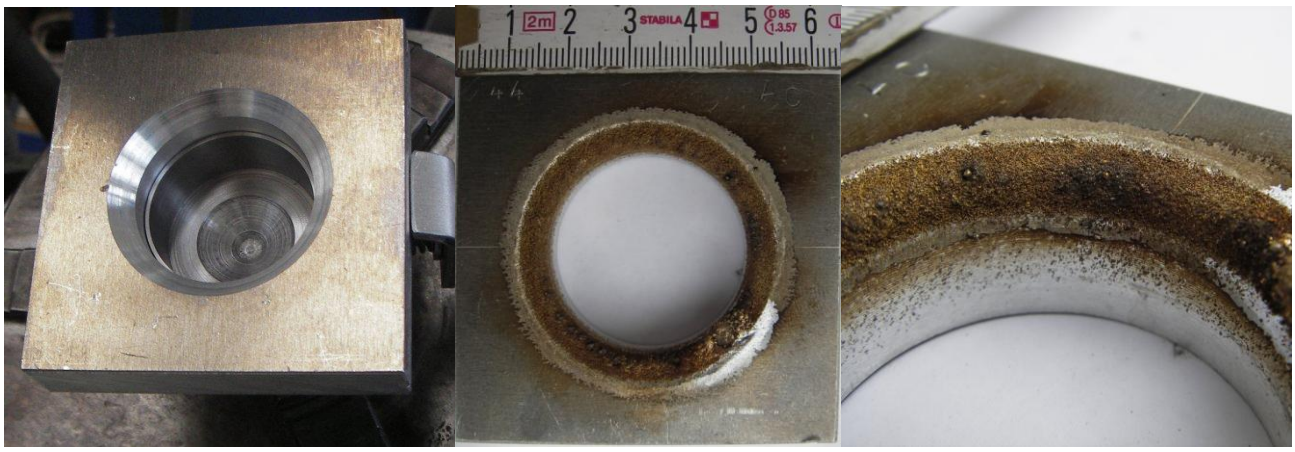


Bild 2: Beschichtung von zylinderkopfähnlichen Kreisgeometrien (Cu+CuAlFe-Haftschicht)

Die abschließenden Untersuchungen der Schichteigenschaften (Verschleißtests, Korrosionstest) werden am favorisierten Schichtsystem durchgeführt. Für die Verschleißuntersuchungen liegt das Augenmerk verstärkt auf Verschleißuntersuchungen (Reibverschleißprüfungen) bei erhöhter Temperatur bis ca. 300°C.

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

Die Forschungsergebnisse können generell von allen Herstellern auf dem Gebiet der Beschichtungen von Aluminiumlegierungen oder anderen Leichtmetallen genutzt werden (z. B. Hersteller von Schweißzusatzwerkstoffen, Jobshops etc.), ebenso wie von der Vielzahl Aluminium verarbeitender Unternehmen (Maschinen- und Anlagenbauer), deren Produkte mithilfe der neuen Technologie weiterentwickelt werden können. Die Mehrzahl dieser potenziellen Nutzer sind kmU.

5 Bisherige Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Die Kurzfassung des Vorhabens wurde in das Forschungsportal Sachsen-Anhalt (http://www.forschung-sachsen-anhalt.de) aufgenommen und ist ebenfalls über die Webseite des ISF abrufbar und somit über das Internet präsent. Ausgewählte Zwischenergebnisse wurden auf den letzten vier FA1-Sitzungen (19.05.2010 in der SLV Halle, 09.12.2009 an der RWTH Aachen, 21.04.09

in Düsseldorf beim DVS, 02.12.08 an der Universität Bremen) dem dort anwesenden Personenkreis aus Wirtschaft und Forschung vorgestellt. Ferner fanden 4 Sitzungen mit dem pbA statt:

- 1. Sitzung: 12.11.2008 am Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik, RWTH-Aachen
- 2. Sitzung: 12.05.2009 am Institut für Werkstoff- und Fügetechnik, OvG Universität Magdeburg
- 3. Sitzung: 20.11.2009 am Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik, RWTH-Aachen
- 4. Sitzung: 07.07.2010 am Institut für Werkstoff- und Fügetechnik, OvG Universität Magdeburg

Die fünfte und abschließende Sitzung des pbA ist für die 49. KW. am Institut für Schweißtechnik in Aachen geplant.

6 Durchführende Forschungsstellen

Forschungsstelle 1:
RWTH Aachen
Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik
Pontstraße 49, 52062 Aachen
Tel.: 02 41/80-93 870
Fax: 02 41/80-92 170
E-Mail: office@isf.rwth-aachen.de
Leiter der Forschungsstelle:
Herr Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen
Projektleiter: Herr Dr.-Ing. L. Stein
Projektbearbeiter: Herr Dipl.-Ing. Ch. Geffers

Forschungsstelle 2:
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik (IWF)
Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel.: +49 (0) 391 / 67- 18613
Fax: +49 (0) 391 / 67- 12037
E-Mail: iwf@uni-magdeburg.de
Leiterin der Forschungsstelle:
Frau Prof. Dr.-Ing. I. Martinek
Projektleiterin: Frau Dr.-Ing. M. Zinke
Projektbearbeiter: Herr Dipl.-Ing. E. Shirinov