

Innovationen für die Wirtschaft
**Forschung in
der Fügetechnik**

Geschäftsbericht **2011**

Die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS
ist Mitglied in der



Arbeitsgemeinschaft
industrieller Forschungsvereinigungen
„Otto von Guericke“ e.V.

Das Jahr 2011 war für die Forschungsvereinigung ein Jahr der besonderen Herausforderungen. Schlagworte wie „Bewilligungswettbewerb“, „Gemeinnützigkeit“, „Corporate Finance Codex“ und „Beitragsordnung“ waren nur einige Begriffe, die im Zuge einer offen geführten Diskussion die eigentlichen Forschungsaktivitäten teilweise sehr plakativ begleiteten. Andererseits war 2011 für die Aktivitäten der Forschungsvereinigung aber auch ein prägendes Jahr. Die Forschungsvereinigung steht als Synonym für die industrielle fügetechnische Gemeinschaftsforschung! Nur über ein klares Bekenntnis zur industriellen Gemeinschaftsforschung können die Erfolge der Vergangenheit in der Zukunft fortgeführt werden.

Der bemerkenswerte Mitgliederzuwachs (Industrie +14%, Körperschaften +42%) und das erfolgreiche Zusammenspiel zwischen Industrie und Wissenschaft dokumentiert sehr beeindruckend den Bedarf für einen weiteren Ausbau der industriellen fügetechnischen Gemeinschaftsforschung. Insgesamt besteht das Forschungsnetzwerk des DVS derzeit aus mehr als 500 Mitgliedern.

Diese sehr positive Entwicklung ist auch zurückzuführen auf die engere Vernetzung der technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit im DVS, hier insbesondere in den Bereichen Forschung, Technik, Bildung, Normung untereinander sowie mit dem regionalen Netzwerk des DVS. Kaum eine Vortragsveranstaltung mit fügetechnischen Schwerpunkten kann in- und außerhalb des DVS heute durchgeführt werden, ohne Inhalte der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung im Vortragsprogramm anzubieten.

Die aktive Identifikation von Forschungsbedarfen hat permanent an Bedeutung im DVS gewonnen. Die laufende Erarbeitung einer Forschungsagenda 2025 und die Initiierung eines europäischen Forums für fügetechnische Forschungsbedarfe im Rahmen der Manufuture-Plattform sind zwei herausragende Beispiele, die nachhaltig begründen, dass Engagement und Initiative im DVS „pro Forschung“ wächst.

Mit dem klaren Bekenntnis zur industriellen Gemeinschaftsforschung hat die Forschungsvereinigung nachhaltig auch ihre Maßnahmen zur Steigerung der Qualität ausgebaut. Nie zuvor wurden hierzu mehr Aktivitäten initiiert und umgesetzt. Unter Einbindung aller Beteiligten, wurden von der Forschungsfindung, über die Antragsausarbeitung bis hin zur Projektbegleitung und der Ergebnisnutzung alle Projektschritte qualitativ hinterfragt und optimiert.

Mit Blick in die Zukunft wird die Forschungsvereinigung, ihrem Zweck entsprechend, verstärkt aktuellen Forschungsbedarf erkennen, Lösungen erarbeiten und diese öffentlichkeitswirksam darstellen. Jüngst wurde mit Durchführung des DVS-Forschungseminars „Kunststofffügetechnik in Leichtbau und erneuerbaren Energien: Effizienter Materialeinsatz durch intelligente Verbindungslösungen“ die Erarbeitung einer Forschungsagenda begonnen, die branchenübergreifend die weiteren Forschungsaktivitäten im Bereich des Kunststofffügens prägen wird.

Im Vergleich zum Rekordjahr 2010 ist in 2011 ein leichter Rückgang der eingeworbenen Fördermittel auf eine Höhe von 7,5 Mio. zu verzeichnen. Insgesamt wurde jedoch das hohe Niveau der Vorjahre erfolgreich fortgeführt. Realisiert wurden mit diesen Mitteln insgesamt 107 Vorhaben. Davon wurden 23 Projekte neu begonnen, 45 weitergeführt und 39 Vorhaben erfolgreich abgeschlossen. Nach Abschluss der erfolgreichen AiF/DFG-Forschungscluster „Thermisches Spritzen“ und „Lichtbogenphysik“ ist es der Forschungsvereinigung mit ihren Partnern gelungen, drei weitere Forschungscluster zu beginnen.

Für die im Jahr 2011 geleistete Forschungsarbeit und das sehr gute Ergebnis danken wir herzlich den engagierten Mitgliedern aus Industrie und Wissenschaft. Unser Dank gilt ebenso dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) für die kontinuierliche Förderung und Weiterentwicklung der industriellen Gemeinschaftsforschung.

Dr.-Ing. Godehard Schmitz

Stuttgart/Düsseldorf
im April 2012

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgaben und Strukturen	5
2	Fügetechnische Gemeinschaftsforschung 2011	9
3	Forschungsschwerpunkte und Forschungsfelder 2011	11
4	Forschungskooperationen	21
5	Fachausschüsse der Forschungsvereinigung	35
6	<i>Dokumentation</i>	103
	• Mitglieder der Forschungsvereinigung	103
	<i>Übersicht 1 - Unternehmen</i>	103
	<i>Übersicht 2 - Körperschaften</i>	107
	<i>Übersicht 3 - Forschungsinstitute und Institutsleiter</i>	111
	• Veröffentlichungen 2011	115
	<i>Übersicht 4 - Veröffentlichungen von abgeschlossenen Vorhaben</i>	115
	Team der Forschungsvereinigung	118
	Impressum	119

Fügetechnische Gemeinschaftsforschung

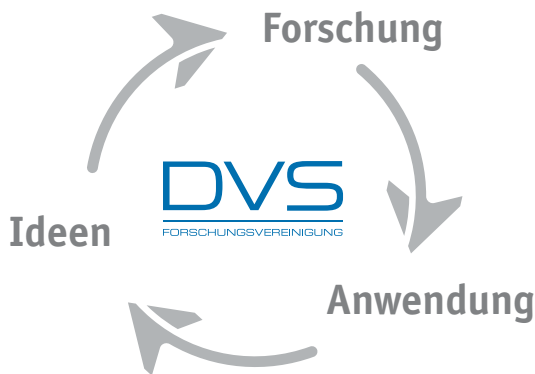


Bild 1

Finanzierung



Bild 2

Fügetechnische Gemeinschaftsforschung - Kooperation zwischen Industrie und Wissenschaft

Zentrales Tätigkeitsfeld der Forschungsvereinigung des DVS ist die industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) auf den Gebieten des Fügens, Trennens und Beschichtens. Im Mittelpunkt stehen hierbei Unternehmen, Körperschaften und Forschungsinstitute aus allen Bereichen der Fügetechnik, die das tragende Rückgrat der IGF bilden. Das Programm zur Förderung der IGF wurde 1954 durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gegründet und nimmt eine zentrale Stellung in der mittelstandsorientierten Technologieförderung des Bundes ein. Durch die Förderung von Projekten angewandter Forschung und Entwicklung im vorwettbewerblichen Raum wird kleinen und mittleren Unternehmen (kmU) die Möglichkeit gegeben, sich aktiv an kooperativ organisierten Forschungsprozessen zu beteiligen, um größenbedingte strukturelle Nachteile im Bereich von Forschung und experimenteller Entwicklung gegenüber großen Unternehmen auszugleichen.

Unternehmen als Impulsgeber für Forschungsbedarf

Die Unternehmen benennen ihren Forschungsbedarf mit geeigneten Schwerpunkten, die als Ausgangsbasis für die Durchführung von Forschungsvorhaben dienen. Die Ergebnisse werden anschließend in die Unternehmen getragen und dort umgesetzt. Gleichzeitig sind diese ebenso als Partner für Maßnahmen zur Qualifizierung im Rahmen der Aus- und Weiterbildung des DVS sowie für die Erarbeitung von DVS-Regelwerken und Normen in der Fügetechnik tätig.

Forschungsinstitute als Ideenschmieden

Die Forschungsinstitute nehmen die Vorschläge der Industrie auf und entwickeln Forschungsprojekte, die sie mit unmittelbarer Beteiligung der Unternehmen durchführen. Gemeinsame Plattform sind dabei die projektbegleitenden Ausschüsse (PAs). Hier findet die Kooperationstätigkeit in den Vorhaben statt, und hier haben die Unternehmen die Möglichkeit, direkten Einfluss auf den Verlauf des Projektes zu nehmen. Die projektbegleitenden Ausschüsse sind deshalb das Instrument zur Sicherstellung des Praxisbezuges und der kmU-Relevanz von Vorhaben der IGF. Diese Vorgehensweise garantiert einen größtmöglichen Bezug der Forschungsthemen für eine direkte praktische Anwendung in den Betrieben und lässt damit eine optimale Nutzung der Ergebnisse zu. Die frühe Beteiligung von Industrievertretern an allen Prozessschritten ermöglicht einen schnellen Wissenstransfer in die Unternehmen, im Idealfall einen konformen Verlauf von Forschungsarbeit und Ergebnisnutzung.

Die Mission der Forschungsvereinigung des DVS

Die Forschungsvereinigung ist das tragende Element für die Strukturierung der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung. In ihrer Rolle als zentraler Kommunikator bildet sie das Forum für alle technisch-wissenschaftlichen Diskussionen zwischen Industrie und Wissenschaft. Mittelpunkt ihrer Aktivitäten ist die Unterstützung und Begleitung des Transfers der Forschungsergebnisse und die Sicherstellung des Anwendernutzens für die Industrie (**Bild 1**, vorherige Seite). Zur finanziellen Förderung der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung arbeitet die Forschungsvereinigung eng mit der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) zusammen (**Bild 2**, vorherige Seite). Die AiF handelt hierbei administrativ und begleitet das IGF-Programm u.a. in Form der Begutachtung der Projektanträge und der Verwaltung der vom Ministerium bereitgestellten Fördermittel. Durch die Forschungsförderung wird ein technologisches Orientierungswissen geschaffen, das allen interessierten Unternehmen, insbesondere den klein- und mittelständischen Unternehmen zugänglich ist. Projekte der IGF werden im Auftrag der Forschungsvereinigung von den Forschungsstellen durchgeführt. Die Forschungsvereinigung kooperiert hierbei mit allen geeigneten und fachlich ausgewiesenen Forschungseinrichtungen öffentlicher oder privater Rechtsträger zur Verfolgung aller wissenschaftlichen Fragestellungen auf dem Gebiet der Füge-, Trenn-, und Beschichtungstechnik. Von unschätzbarem Wert sind hierbei die zahlreichen Kontakte zu Spezialisten und Unternehmern entlang der Wertschöpfungskette. Aus der Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Experten aus den Unternehmen und den Wissenschaftlern der Forschungsinstitute entstehen wertvolle Wissensnetzwerke. Neue Projektideen können intensiv diskutiert und gemeinsam auf den Weg gebracht werden.

Aufgabe der Fachausschüsse

Mit ihren Fachausschüssen stellt die Forschungsvereinigung im Bereich des Fügens, Trennens und Beschichtens die zentrale Forschungsplattform in Deutschland zur Verfügung, mit deren Hilfe alle Abläufe der IGF, angefangen von der Idee bis zur Anwendung unter zentraler Mitwirkung, von den Akteuren aus Industrie und Forschung professionell organisiert und begleitet werden. Sie sind die entscheidenden Schaltstellen, in denen Vorschläge in Form von Projektskizzen für Forschungsthemen von den Forschungsstellen eingebracht, konkretisiert und von den Vertretern der Industrie für die weitere Begutachtung durch die AiF diskutiert und ausgewählt werden. Die wesentlichen Phasen von der Ermittlung des Forschungsbedarfs, der von einer Projektidee über die Antragstellung, Bewilligung und Durch-

Die fügetechnische Gemeinschaftsforschung – von der Projektidee bis zur Umsetzung und Ergebnisnutzung

- *Bestehen von Forschungsbedarf in Form einer Fragestellung bei mehreren klein- und mittelständischen Unternehmen*
- *Formulierung einer Projektskizze durch (mindestens) eine Forschungsstelle (n)*
- *Veröffentlichung der Skizze auf der Website des zuständigen Fachausschusses zur Vorbewertung im Online-Verfahren*
- *Vorstellung, Diskussion und Entscheidung über die aktualisierte Projektskizze in der Sitzung des Fachausschusses unter Berücksichtigung der Vorbewertung*
- *Einreichung des ausgearbeiteten Forschungsantrags bei der AiF*
- *Begutachtung durch eine Gutachtergruppe der AiF; im Falle der Befürwortung Vorlage des Antrages durch die AiF beim BMWi zur Bewilligung der Anfinanzierung*
- *Im Falle der Bewilligung Arbeitsstart des Projektes im Rahmen einer festgelegten Laufzeit*
- *Permanente Berichterstattung über aktuelle Projektergebnisse in den Gremien des DVS und den Fachausschüssen der Forschungsvereinigung*
- *Nach Abschluss des Projektes Veröffentlichung der Ergebnisse in den Publikationsorganen des DVS und in der Wissenschaft*
- *Transfer, Umsetzung und Nutzung der Projektergebnisse in den Unternehmen*
- *Entwicklung von Regelwerken (DVS-Merkblätter und -Richtlinien und Normen) aus den Forschungsergebnissen*

Bild 3

führung bis zur Umsetzung der Ergebnisse eines Forschungsvorhabens führt, sind in **Bild 3** zusammengefasst.

Die Mitglieder in der Forschungsvereinigung

Insgesamt haben im Berichtszeitraum 522 Mitglieder in der Forschungsvereinigung mitgewirkt (**Bild 4**, nächste Seite), darunter 339 Industrieunternehmen, 119 Körperschaften sowie 64 Forschungsinstitute. Zu den Forschungsinstituten gehören 8 Forschungsinstitute des DVS, 38 Hochschulinstitute, 8 Fraunhofer Institute sowie 10 sonstige Forschungsinstitute. Detaillierte Informationen finden sich in **Kapitel 6** (S. 103).

Mitglieder der Forschungsvereinigung

339	Industrieunternehmen
119	Körperschaften
8	DVS-Forschungsinstitute (5 GSI-Mitglieder / 2 SLV / 1 ifw)
38	Hochschul institute
8	Fraunhofer Institute
10	Sonstige Forschungsinstitute

522 Mitglieder

Bild 4

Die Mitgliedschaft in der Forschungsvereinigung steht allen Unternehmen und Forschungsstellen aus der Füge-, Trenn- und Beschichtungstechnik offen. Grundsätzlich kann sich jedes interessierte Unternehmen und jede interessierte Forschungsstelle an der IGF in der Forschungsvereinigung des DVS beteiligen.

Weitere Forschungsförderinstrumente der fūgetechnischen Gemeinschaftsforschung

Neben dem IGF-Normalverfahren werden weitere Fōrdervarianten als Instrumente für die fūgetechnische Gemeinschaftsforschung von der Forschungsvereinigung genutzt.

Fōrdervariante CLUSTER

Mit der Fōrdervariante CLUSTER des IGF-Programms werden mehrere thematisch eng zusammenhängende Forschungs- und Entwicklungsvorhaben unterstützt, die zusammen ein CLUSTER-Gesamtprojekt bilden und von Vorhaben der Grundlagenforschung bis hin zu Vorhaben zur Umsetzung in Produkte, Verfahren und Dienstleistungen reichen können. Die im Rahmen der IGF zu fördernden CLUSTER-Vorhaben müssen deren Kriterien genügen, insbesondere der Vorwettbewerblichkeit und der wirtschaftlichen Bedeutung für kleine und mittlere Unternehmen. Innerhalb der Fōrdervariante CLUSTER sind zwei Verbundformen als Antragstypen zu unterscheiden: Gemeinschaftsprojekte im Rahmen der Initiative der AiF mit grundlagenorientierten DFG-Vorhaben und IGF-Vorhaben sowie Gesamtprojekte mit mehreren IGF-Vorhaben zusammen mit eigenmittelfinanzierten Projekten der Wirtschaft. Informationen hierzu unter: www.aif.de/igf/cluster.php.

CORNET („COLlective Research NETworking“)

Darüber hinaus umfassen die Aktivitäten der Forschungsvereinigung die Unterstützung von Forschungsstellen bei der Teilnahme im europäischen Förderprogramm CORNET II, einer Vernetzung von nationalen und regionalen Programmen der Gemeinschaftsforschung in Europa. Ziel des von der AiF koordinierten Programms ist es, die europäische Zusammenarbeit zwischen nationalen und regionalen Programmen für Gemeinschaftsforschung zu vertiefen.

CORNET organisiert zwei Ausschreibungsrunden pro Jahr für gemeinsam geförderte Projekte der Gemeinschaftsforschung. Nähere Informationen: www.aif.de/igf/cornet.php.

Kooperationen mit anderen Forschungsvereinigungen

Mit der Bildung von Gemeinschaftsausschüssen auf den Fachgebieten „Klebtechnik“ (2005) und „Anwendungsnahe Schweißsimulation“ (2006) wurden auf verschiedenen Forschungsfeldern weitreichende, branchenübergreifende, interdisziplinäre Kooperationen mit anderen Mitgliedsvereinigungen der AiF geschaffen. Das erklärte strategische Ziel dieser Kooperationen ist die Bündelung aller Aktivitäten zur Verbesserung der Auswahl, Beantragung, Betreuung sowie des Ergebnistransfers von Forschungsvorhaben in diesen Fachbereichen (Bild 5). Die unterschiedlichen Kernkompetenzen der beteiligten Forschungsvereinigungen werden dabei in ganz besonderer Weise hervorgehoben, was nachhaltig die Akzeptanz bei Industrieunternehmen und -vertretern gesteigert hat.

Motivation für die Gründung der Gemeinschaftsausschüsse

- Erfassung weiterer branchenübergreifender, für die Zukunft bedeutsamer Forschungsthemen und Technologie- und Verfahrensfelder
- Ressourcenbündelung zur Vermeidung von „Doppelforschung“ und inhaltlicher Überschneidungen von Forschungsbedarf
- Kompetenzerhöhung der Gremien durch Bündelung des Expertenwissens (Bedarfsermittlung, Bewertung und Begleitung von Forschungsvorhaben)
- Weitere Professionalisierung der Organisationen von Forschungsvorhaben der industriellen Gemeinschaftsforschung
- Verbesserung des Ergebnistransfers in die Unternehmen

Bild 5

Strategische Ausrichtung der Gemeinschaftsausschüsse

Für den Industrie- und Wirtschaftsstandort Deutschland gehören die Fügetechnik und ihre Weiterentwicklungen zu wichtigen Technologie-Schlüsselkompetenzen. Die Globalisierung der Märkte macht es insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen notwendig, auf diesen Gebieten erzielte Forschungsergebnisse sehr viel schneller als bisher umzusetzen. Dies im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung zu gewährleisten, ist das strategische Ziel der Gemeinschaftsausschüsse. Eine Verbesserung der Auswahl, Beantragung, Betreuung von Forschungsvorhaben sowie des Transfers der Ergebnisse und deren Umsetzung in den Unternehmen stehen ebenso im Mittelpunkt. Um diese strategische Zielsetzung zu erreichen, wird sich die Arbeit der Kooperationen zwischen der Forschungsvereinigung des DVS und den Partner-Mitgliedsvereinigungen zunehmend darauf konzentrieren, mit Hilfe von Gemeinschaftsausschüssen die Möglichkeiten der weiteren AiF-Fördervarianten „Cluster“ und „CORNET“ auszuschöpfen. Vorteil ist, dass mit diesen Fördervarianten Arbeitsbereiche angesprochen werden, die vom IGF-Normalverfahren nicht erfasst werden. Durch die Komponenten „förderprogrammübergreifend“, „interdisziplinär“ und „international“ werden vorwettbewerbliche Förderkontexte erschlossen und das Innovationspotential, die Basis für den Ergebnis- und Technologietransfer sowie die Möglichkeiten für industrielle Umsetzungen durch kmUs entscheidend verbessert.

Als „Promoter“ bilden die Gemeinschaftsausschüsse Kompetenznetze zwischen Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern aus Forschung und Industrie, die als Foren den Fachleuten regelmäßig die Möglichkeit zur Begegnung und zum Informationsaustausch bieten.

Qualitätsoffensive der Forschungsvereinigung für die IGF

Die aktive Erarbeitung von Forschungsbedarfen hat kontinuierlich an Bedeutung gewonnen. 2011 initiierte die Forschungsvereinigung des DVS verschiedene Maßnahmen, um die Qualität aller Aktivitäten rund um die IGF weiter entscheidend zu verbessern. Mit dem klaren Bekenntnis zur industriellen Gemeinschaftsforschung hat sie nachhaltig ihre Maßnahmen zur Steigerung der internen und externen Qualitätsanforderungen ausgebaut. Nie zuvor wurden hierzu mehr Aktivitäten initiiert und umgesetzt. Unter Einbindung aller Beteiligten, angefangen bei der Forschungsfindung, über die Antragsausarbeitung bis hin zur Projektbegleitung und der Ergebnisnutzung wurden alle Projektschritte qualitativ hinterfragt und optimiert.

Die laufende Erarbeitung einer Forschungsagenda 2025 und die Initiierung einer europäischen Diskussionsplattform für fügetechnische Forschungsbedarfe im Rahmen der Manufuture-Plattform sind zudem zwei herausragende Beispiele, die nachdrücklich zeigen, dass das Engagement und die Initiative im DVS „pro Forschung“ intensiv an Bedeutung gewinnt. Nicht zuletzt wurde diese erfolgreiche Entwicklung durch die engere Vernetzung der technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit im DVS unterstützt, hier insbesondere in den Disziplinen Forschung, Technik, Bildung und Normung untereinander sowie mit dem regionalen Netzwerk des DVS.

Forschungsvorhaben und Fördermittel

Im Jahr 2011 wurden von der Forschungsvereinigung insgesamt 7,5 Mio. EUR vom Haushaltstitel des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die AiF für die fügetechnische Gemeinschaftsforschung eingeworben. Im Vergleich zum Rekordjahr 2010 war damit ein leichter Rückgang zu verzeichnen; insgesamt wurde jedoch das hohe Niveau aus den Vorjahren erfolgreich fortgeführt. Realisiert wurden mit diesen Mitteln insgesamt 107 Vorhaben. Davon wurden 23 Projekte neu begonnen, 45 weitergeführt und 39 Vorhaben erfolgreich abgeschlossen. Die Entwicklung der Zahlen aus der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung und die Höhe der Fördermittel der letzten zehn Jahre zeigen die **Bilder 6, 7 und 8**.

Fördermittel

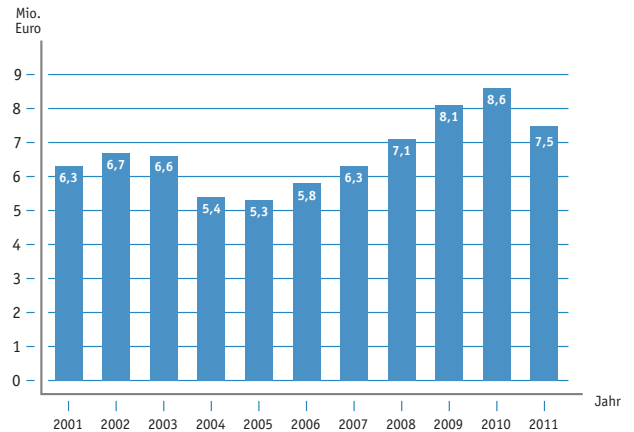


Bild 8

Anzahl neu begonnener Vorhaben 2001 - 2011

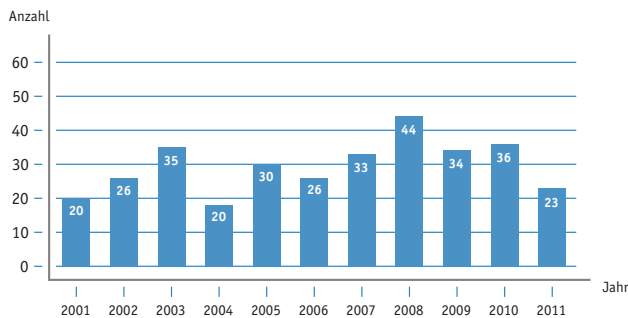


Bild 6

Zahl der Vorhaben der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung

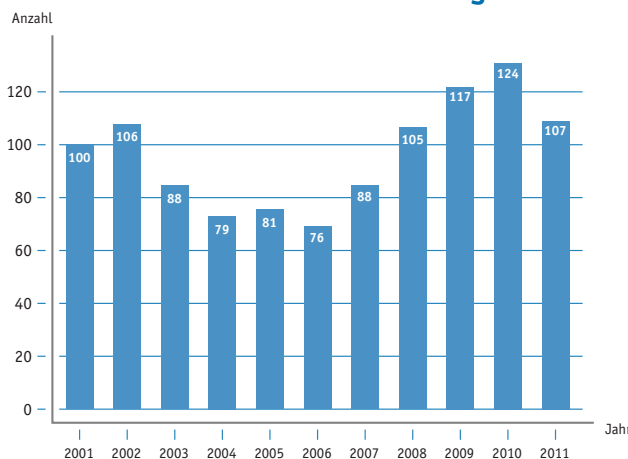


Bild 7

Mittelsituation in der gesamten Industriellen Gemeinschaftsforschung der AiF 2011

Für 2011 hat das BMWi insgesamt 135,4 Mio. Euro Fördermittel für die Industrielle Gemeinschaftsforschung zur Verfügung gestellt. Das entspricht einem Zuwachs von 4,5 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Von den Gesamtfördermitteln flossen 14,5 Mio. Euro in die Fördervariante ZUTECH, 4,0 Mio. Euro in CLUSTER-Vorhaben, 7,9 Mio. Euro in transnationale CORNET-Projekte sowie 2,2 Mio. Euro in Pilotprojekte der Fördervariante Leittechnologien für klein- und mittelständische Unternehmen. Insgesamt erhielt die AiF im Jahr 2011 genau 700 Anträge zur Begutachtung, wovon 461 bewilligt (gestartet) wurden.

Die durchschnittliche Fördersumme eines IGF-Vorhabens betrug 310.000 Euro (als Vorhaben im Normalverfahren durchschnittlich 290.000 Euro, als Vorhaben in ZUTECH 500.000 Euro). Einzelvorhaben in den Fördervarianten Cluster und CORNET wurden durchschnittlich mit 310.000 Euro beziehungsweise mit 410.000 Euro gefördert. Im Jahr 2011 laufende IGF-Vorhaben wurden in der Regel interdisziplinär durch zwei Forschungsstellen bearbeitet (Durchschnitt 1,6). (Quelle: AiF)

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

Zu den 39 Forschungsvorhaben, die im Jahr 2011 abgeschlossen wurden, stehen die Abschlussberichte bei den Forschungsstellen, der AiF und bei der Forschungsvereinigung zur Verfügung. Titel, IGF-Nr., DVS-Nr. und Informationen zu den Forschungsstellen aller Projekte können den jeweiligen Übersichten im **Kapitel 5** (ab S. 35) entnommen werden.

Transfer der Forschungsergebnisse

Mit entscheidend für einen schnellen Transfer der Forschungsergebnisse sind die in den projektbegleitenden Ausschüssen aktiven Unternehmen sowie die Unternehmen in den Fachausschüssen, die ebenfalls ausführlich und zu einem frühen Zeitpunkt über die Resultate und den Projektfortschritt informiert werden. Weitere Transfermaßnahmen sind die Veröffentlichungen der Ergebnisse in Fachzeitschriften und anderen Publikationen wie in den Kongressbänden der DVS Media GmbH sowie die Weitergabe der Schlussberichte. Die entsprechenden Veröffentlichungen im Jahr 2011 (**Bild 9**) sind in **Kapitel 6** (S. 103) zusammengefasst.

Veröffentlichungen 2011

- 24 Veröffentlichungen in „Schweissen & Schneiden“
- 3 Veröffentlichungen in „Joining Plastics - Fügen von Kunststoffen“
- 6 Veröffentlichung in „Thermal Spray Bulletin“
- 5 Veröffentlichungen in „Welding & Cutting“

Bild 9

Auch im Jahr 2011 wurden im Rahmen und mit Unterstützung des technisch-wissenschaftlichen DVS-Netzwerks eine Reihe hochinteressanter Veranstaltungen (**Bild 10**) von der Nanotechnologie bis zur Unterwassertechnik durchgeführt, die ihren Höhepunkt in Hamburg mit dem DVS Congress und der DVS Expo 2011 fanden.

Im Dezember 2011 führte die Forschungsvereinigung mit der EFB und der FOSTA ein erstes Kolloquium zum Thema „Gemeinsame Forschung in der Mechanischen Füge-technik“ durch. Mit ihren Partnern hat sie damit erneut ein aktuelles Thema aus der Füge-technik aufgegriffen und öffentlichkeitswirksam in den Interessensfokus aus Forschung und Industrie gestellt.

Als Teil der technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit des DVS und der Forschungsvereinigung des DVS haben diese Veranstaltungen zu einem effizienten, praxisbezogenen und wissenschaftsorientierten Transfer der Ergebnisse der IGF-Projekte in die Unternehmen entscheidend beigetragen.

Technisch-wissenschaftliche Veranstaltungen des DVS 2011

Februar

- Workshop „Anwendungsnahe Schweißsimulation“, Berlin
- 2. DVS-Tagung Weichlöten 2011
- „Forschung & Praxis für die Elektronikfertigung“, Hanau
- 11. Kolloquium „Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik“, Frankfurt a.M.

März

- 5. DVS-Kolloquium „Lichtbogenschweißen“, Duisburg

Juni

- DVS-Forum SCHWEISSTEC 2011, Stuttgart
- 8. „Löttechnisches Forum“, Hanau

September

- DVS Congress & DVS Expo 2011
- Große Schweißtechnische Tagung
- DVS-Studentenkongress 2011
- Schweißen im Schiffbau und Ingenieurbau 2011
- Unterwassertechnik 2011
- Roboter 2011
- Abschlusskolloquien: Lichtbogenschweißen und Thermisches Spritzen
- ITSC 2011

Oktober

- DVS/NAS-Kolloquium 2011 „Nanotechnologie – Innovationspotentiale und Herausforderungen für die Füge-technik“
- Workshop „Die Bedeutung der Messtechnik für das MSG-Schweißen“, Finsterwalde

November

- 2. Kolloquium „Fügen von Metall, Keramik und Glas“, Hanau

Dezember

- Gemeinschaftskolloquium „Widerstandsschweißen“, Düsseldorf
- 1. Füge-technisches Gemeinschaftskolloquium 2011 „Gemeinsame Forschung in der Mechanischen Füge-technik“, Garbsen

Bild 10

Insbesondere der DVS Congress bot den Unternehmen, die nicht unmittelbar an einem konkreten IGF-Forschungsbereich beteiligt waren, die Möglichkeit, ebenfalls an den Forschungsergebnissen zu partizipieren. Damit wurde auch eine weitere wesentliche Bedingung der IGF erfüllt, dass Transferaktivitäten auch gezielt Unternehmen adressieren, die nicht direkt dem Kreis der in der IGF engagierten Firmen angehören.

Forschungsschwerpunkte

Die Analyse der Forschungsvorhaben wurde im Berichtszeitraum 2011 fortgeführt. Sie umfasst den zurückliegenden Zeitraum bis einschließlich zum Jahr 2003. Die Ergebnisse (**Bilder 11, 12 u. 13-15**, nächste Seite) der Untersuchung und Auswertung dienen der kontinuierlichen Bewertung der Ziele und Inhalte der Forschungsarbeiten und geben die Möglichkeit, mit Blick auf zukünftige Antragsthemen und unter Einbeziehung der Entwicklung der Forschungsfelder Schwerpunkte zu setzen.

Ausrichtung der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung

Um die aktuellen und zukünftigen Forschungsschwerpunkte und -bedarfe laufend festzustellen und zu bewerten, wurde unter den Industrievertretern in der Forschungsvereinigung und im Ausschuss für Technik des DVS die Umfragen die Befragung via Online-Verfahren auch im Jahr 2011 fortgesetzt.

Die Umfrage zur Bewertung der Fachausschüsse der Forschungsvereinigung und im Ausschuss für Technik ergab für das Jahr 2011 eine Beteiligung von 496 Fachleuten, die insgesamt 1443 Bewertungen abgegeben haben. Die Forschungsschwerpunkte der Forschungsvereinigung wurden daher erfolgreich bestätigt. Die Befragung wird auch im Jahr 2012 erneut durchgeführt.

In allen Fachausschüssen wird die Diskussion über die laufende und zukünftige Ausrichtung der Forschungsaktivitäten kontinuierlich fortgeführt. Im Vordergrund stehen die Vernetzung der Forschung sowie eine Fokussierung auf bestimmte Forschungsfelder. Das im Jahr 2004 verabschiedete Leitbild und die Strategie der Forschungsvereinigung werden fortlaufend überprüft und weiter entwickelt. Forschungsschwerpunkte, die in diesem Findungsprozess bereits identifiziert wurden, werden exakt umrissen und dem „Ideenpool“ für die Ausarbeitung von konkreten Forschungsanträgen zugeführt.

Die Forschungsvereinigung arbeitet dabei kontinuierlich mit mehr als 60 Forschungsstellen in der Füge-, Trenn- und Beschichtungstechnik zusammen. Der Erkenntnisgewinn, der sich aus dieser engmaschigen Kooperation zwischen Unternehmen und Wissenschaft aus den Forschungsstellen entwickelt, gibt einen unbezahlbaren Vorteil für die Technologie- und Innovationskompetenz der Füge-technik in Deutschland. Für die nächsten Jahre werden weitere Schwerpunkte definiert. Umsetzungen in Form interdisziplinärer Forschungsverbände und Forschungs Kooperationen wurden bereits erfolgreich verwirklicht. Engagement und

Initiative im DVS „pro Forschung“ wachsen weiter an. Dies zeigt sich vor allem in den jüngst getroffenen Maßnahmen wie die laufende Erarbeitung einer Forschungsagenda 2025 und die Initiierung eines europäischen Forums für fügetechnische Forschungsbedarfe im Rahmen der Manufuture-Plattform.

Fügen, Trennen & Beschichten

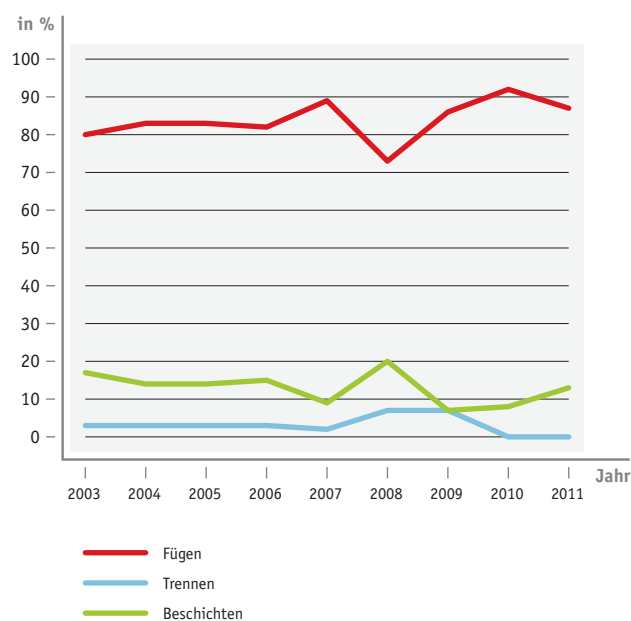


Bild 11

Fügeverfahren

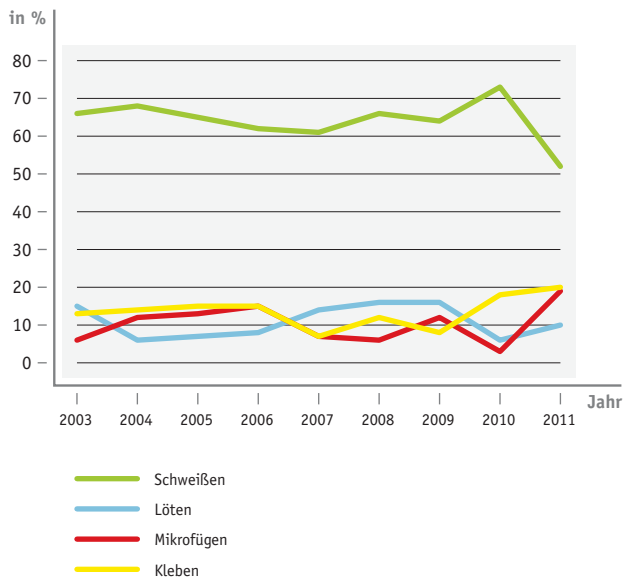


Bild 12

Werkstoffe

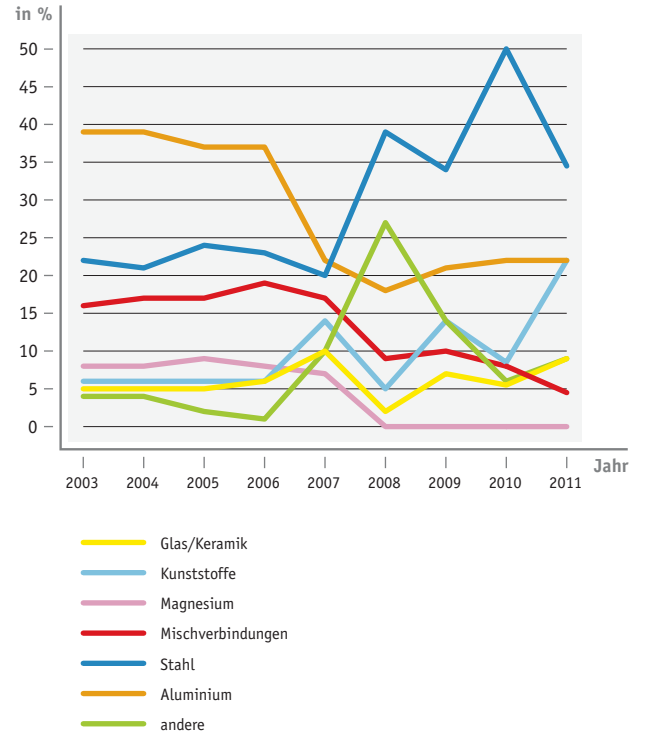


Bild 14

Schweißverfahren

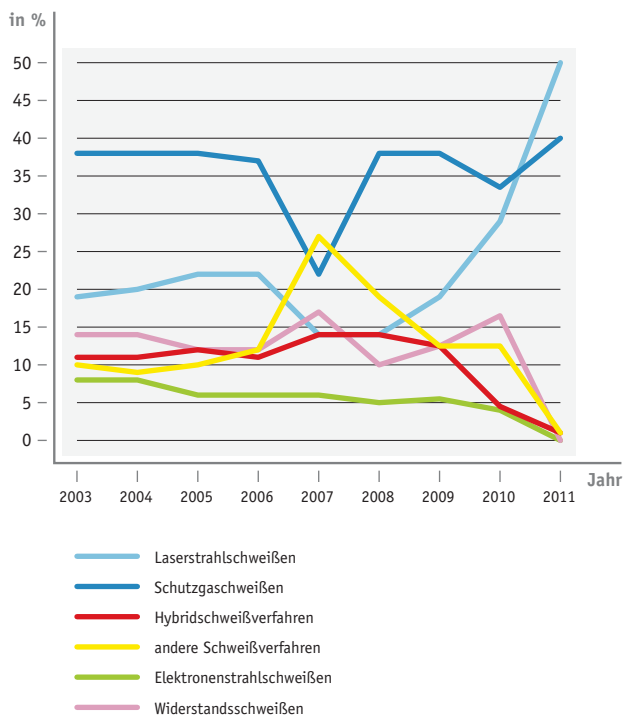


Bild 13

Forschungsfelder

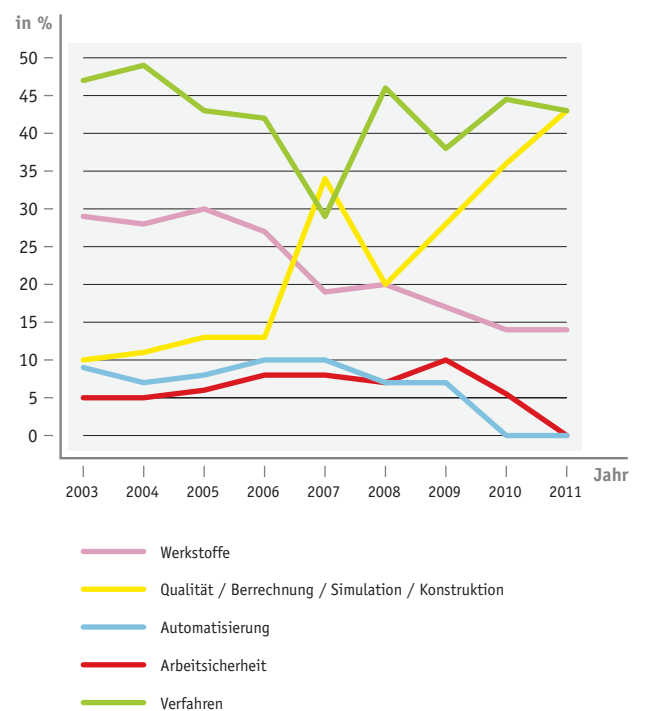


Bild 15

Perspektiven

Der Tätigkeitsschwerpunkt in der Forschungsvereinigung bleibt die Koordinierung und Förderung von Projekten der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF). Die Förderung von Projekten mit erweiterten oder spezifischeren Zielrichtungen steht dabei ebenfalls im Blickfeld. Die Perspektiven und die programmatische Ausrichtung aller Aktivitäten sind in **Bild 16** zusammengefasst. Die Forschungsvereinigung wird auch in Zukunft wegweisende Forschungsfelder der fūgetechnischen Gemeinschaftsforschung identifizieren und diese im Rahmen ihrer Strukturen aufgreifen, begleiten und abbilden.

Die Beteiligung der Institute an Vorhaben und Anträgen im Jahr 2011 zeigen die Übersichten in **Bild 17** und in **Bild 18** auf den nächsten Seiten.

Perspektiven der fūgetechnischen Gemeinschaftsforschung

Maßnahmen	Partner	Ziel / Status
IGF-Forschungsvorhaben im Normalverfahren AiF / DFG - Gemeinschaftsvorhaben („Cluster“) CORNET II	AiF BMW BMBF BMW	Kontinuierliche Beteiligung
Jährliche DVS-Forschungsseminare Fachkolloquien / Fachveranstaltungen	Mitglieder der Forschungsvereinigung	Darstellung von Forschungsbedarf Transfer von Forschungsergebnissen
DVS-Forschungsfonds	Unternehmen	Finanzierung von Studien

Bild 16

Beteiligungen der Institute an Vorhaben und Anträgen 2011

Hochschul institute

Nr.	Institutsleiter	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
1.	BACH	1	2	1		4
2.	BEHRENS *			1		1
3.	BERGER / OECHSNER				1	1
4.	BERGMANN					
5.	BLECK			1		1
6.	BOBZIN	1	1	2	1	5
7.	BÖHM	1			3	4
8.	DIETRICH *			1		1
9.	DILGER	2	9	1	7	19
10.	DOTT *				1	1
11.	DRUMMER			1	1	2
12.	EIFLER					
13.	EISELE *	1				1
14.	EMMELMANN *		1		1	2
15.	ESDERTS		1			1
16.	FELDMANN *			1		1
17.	FRANKE				1	1
18.	FÜSSEL		1	2	1	4
19.	GEHDE	1	1	1	1	4
20.	GEISS *	1		3		4
21.	GESSNER				1	1
22.	GRAF					
23.	GRALLA *		1			1
24.	HAHN / MESCHUT	1	2		1	4
25.	HEIM				1	1
26.	KLASSEN			1		1
27.	KRUSCHA *			1		1
28.	KURZ *	1				1
29.	LAMPKE *				1	1
30.	LIEBENOW *				1	1
31.	LINDEMANN		1			1
32.	LION *	1			1	2
33.	LUHMANN *	1			1	2
34.	MAHNKEN *		1			1
35.	MARTINEK / JÜTTNER		3		1	4
36.	MATTHES / MAYR		1		1	2
37.	MATZENMILLER *	1	1	1		3
38.	MICHAELI / HOPMANN	1				1
39.	MICHAILOV		1	1	1	3
40.	MORITZER	1				1
41.	MÜLLER		1		1	2
42.	PLOSHIKHIN					
43.	REIMERS *				1	1
44.	REISGEN	2	2	4	6	14
45.	ROOS					
46.	SCHAAF *				1	1
47.	SCHAUMANN *	1	1			2
48.	SCHEIN	1		1		2
49.	SCHMIDT (BREMEN) *		1			1
50.	SCHMIDT (KASSEL)				1	1
51.	STANDKE *		1			1
52.	STARK / WILDEN	1	4	4	1	10
53.	STRANGHÖNER *		1			1
54.	SCHÖPPNER			2	1	3

(* kein forschendes Mitglied in der Forschungsvereinigung)

Beteiligungen der Institute an Vorhaben und Anträgen 2011

Hochschulinstitute

Nr.	Institutsleiter	begonnen	fortgeführt	abgeschlossen	Anträge	Gesamt
55.	SCHULZ *		1			1
56.	TILLMANN		2	1	2	5
57.	UNGERMANN *		1			1
58.	VOIGT *			1		1
59.	VORMWALD *				1	1
60.	WAGNER *		1			1
61.	WERNER *	1		1		1
62.	WESLING		1			1
63.	WIELAGE	2	1	4	2	9
64.	WILDE		1		1	2
65.	WILDEMANN *			1		1
66.	WILDEN				1	1
67.	WITT *		1		3	4
68.	WOLTER	1			1	2
69.	ZÄH			1	3	4

DVS-Institute

1.	CRAMER		1	3	1	5
2.	HOFFMANN					
3.	KEITEL / MÄHRLEIN		3		1	4
4.	MITTELSTÄDT					
5.	PAULINUS				1	1
6.	ROTH					
7.	SÄNDIG			1	2	3
8.	STRÖFER			1	2	3

Fraunhofer Institute

1.	BENECKE	1		1	1	3
2.	BEYER	1	2	1	2	6
3.	ELSNER *				1	1
4.	GUMBSCH		3	1	3	7
5.	HANSELKA		3	2	1	6
6.	HARTWIG / MAYER	1	3	3	1	8
7.	KRÖNING / BOLLER					
8.	LANG			1		1
9.	MICHAELIS *		1			1
10.	NEUGEBAUER *	1			1	2
11.	POPRAWA	1			1	2

sonstige Institute

1.	BARTHELMÄ			1		1
2.	BASTIAN				1	1
3.	BLOSS *				1	1
4.	BOUAIFI			2		2
5.	DIEDEL *	1				1
6.	HANEL					
7.	HUBER / KAYSSER					
8.	KRACHT	1	1		1	3
9.	KRAUS					
10.	RETHMEIER	1	2	4	3	10
11.	SCHINKE / PÄFFGEN *	1				1
12.	SCHMIDT (ERLANGEN)	1	1			2
13.	VOLLERTSEN	1	3	1		5
14.	WELTMANN *		1		1	2
15.	ZOCH *	1	1			2

(* kein forschendes Mitglied in der Forschungsvereinigung)

Zusammensetzung des Vorstandes der Forschungsvereinigung



Dr.-Ing. Godehard Schmitz (Vorsitzender)

Robert Bosch GmbH, STUTTGART
Vorsitzender des Fachausschusses 10



Dipl.-Ing. Frank Palm (stellvertretender Vorsitzender)

EADS Deutschland GmbH, MÜNCHEN
Vorsitzender des Fachausschusses 1



Prof. Dr.-Ing. Thomas Reiner (stellvertretender Vorsitzender)

Siebe Engineering GmbH & Co. KG,
NEUSTADT-FERNTHAL
Mitglied des Vorstandes des Gemeinschafts-
ausschusses „Klebtechnik“
Vorsitzender des Fachausschusses 8
Stellvertretender Präsident der Arbeitsgemein-
schaft industrieller Forschungsvereinigungen
„Otto von Guericke“ e.V.

Bild 19

Der Vorstand und weitere Gremien der Forschungsvereinigung

Der Vorstand leitet die Forschungsvereinigung. Die gewählten Mitglieder des Vorstandes zeigt **Bild 19**.

Herr Dr. Schmitz und Herr Palm wurden am 6. 10. 2011 in der Sitzung des Forschungsrates in ihren jeweiligen Ämtern wiedergewählt.

Der Forschungsrat hat lenkende und koordinierende Funktion. Er nimmt Stellung zu allen relevanten Fragen der Forschungsvereinigung. Zur Durchführung der fachlichen Arbeit beruft der Forschungsrat Fachausschüsse, deren Tätigkeit er überwacht. Der Forschungsrat trägt die Verantwortung für die fachliche Ausrichtung der Fachausschüsse sowie die Festlegung von Forschungsthemen und die erforderliche Prioritätensetzung im Hinblick auf geplante Forschungsvorhaben.

Bild 20 (nächste Seite) gibt die Zusammensetzung des Forschungsrates wieder (Stand: Dezember 2011).

Neu in den Forschungsrat aufgenommen wurden:

Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Füssel
Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik,
Technische Universität Dresden

Prof. Dr.-Ing. Volker Wesling
Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren, Technische Universität Clausthal

Durch Beschluss des Forschungsrates vom 6. Oktober 2011 wurden folgende neue Forschungsstellen als forschende Mitglieder in die Forschungsvereinigung aufgenommen:

Technische Universität Ilmenau
Fachgebiet Fertigungstechnik
(Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Jean Pierre Bergmann)

Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung
und Produktionssystematik
(Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke)

Mitglieder des Forschungsrates 2011

Vorsitzender der Forschungsvereinigung

Dr.-Ing. G. Schmitz
Robert Bosch GmbH, Stuttgart
Vorsitzender des FA 10 Mikroverbindungstechnik
(ex officio Mitglied bis 31.12.2015)

Stellvertretende Vorsitzende der Forschungsvereinigung

Prof. Dr.-Ing. T. Reiner
Siebe Engineering GmbH & Co. KG, Fernthal
Vorsitzender des FA 8 Klebtechnik
Mitglied des Vorstandes des GA-K „Klebtechnik“
(ex officio Mitglied bis 31.12.2013)

Dipl.-Ing. F. Palm
EADS Deutschland GmbH, München
Vorsitzender des FA 1
„Metallurgie und Werkstofftechnik“
(ex officio Mitglied bis 31.12.2015)

Ehrenmitglieder

Dr. rer. nat. A. Farwer
Tett nang

Dr.-Ing. W. Lehrheuer
Aachen

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. H.-D. Steffens
Dortmund

Gewählte Mitglieder des Forschungsrates

Prof. Dr.-Ing. F. W. Bach
Universität Hannover
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dipl.-Ing. H. Beschow
Eisenbahn Bundesamt, Bonn
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. K. Bobzin
RWTH Aachen
(Amtszeit bis 31.12.2015)

Prof. Dr.-Ing. H. Cramer
SLV München Niederlassung der GSI mbH, München
(Amtszeit bis 31.12.2014)

Prof. Dr.-Ing. K. Dilger
Technische Universität Braunschweig
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. S.-F. Goecke
Fachhochschule Brandenburg
(Amtszeit bis 31.12.2015)

Dr.-Ing. J. Härtl
KUKA Schweißanlagen GmbH, Augsburg
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. O. Hahn
Universität Paderborn
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dr.-Ing. Th. Harrer
Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG,
Ditzingen
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. S. Keitel
GSI mbH, Duisburg
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dr.-Ing. M. Koschlig
Buhlmann Rohr-Fittings-Stahlhandel
GmbH & Co. KG, Burghausen
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. habil. K.-J. Matthes
Technische Universität Chemnitz
(Amtszeit bis 31.05.2013)

E. Miklos
Linde AG Geschäftsbereich Linde Gas AG,
Unterschleißheim
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dipl.-Ing. S. Müller
AUDI AG, Neckarsulm
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. P. Puschner
ELMATECH AG, Morsbach
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. U. Reissen
RWTH Aachen, Institut für Schweißtechnik
und Fügetechnik, Aachen
(Amtszeit bis 31.12.2014)

Prof. Dr.-Ing. M. Rethmeier
BAM, Berlin
(Amtszeit bis 31.12.2014)

Dr.-Ing. S. Sändig
Günter Köhler-Institut für Fügetechnik und
Werkstoffprüfung GmbH, Jena
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dr.-Ing. S. Trube
Schunk Ultraschalltechnik GmbH, Wettenberg
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. B. Wielage
Technische Universität Chemnitz
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Dr.-Ing. H.-J. Wieland
Stahlinstitut VDEH, Düsseldorf
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Prof. Dr.-Ing. R. Winkler
SLV Duisburg Niederlassung der GSI mbH
(Amtszeit bis 31.05.2013)

Vorsitzende der Fachausschüsse - Ex Officio Mitglieder

Dr.-Ing. Gerhard Bloeschies
Gesellschaft für Wolfram Industrie mbH,
Traunstein
Vorsitzender des FA 2
„Thermisches Beschichten und Autogentechnik“

Dr.-Ing. W. Scheller
Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH,
Duisburg
Vorsitzender des FA 3 „Lichtbogenschweißen“

Dr.-Ing. K. Pöll
Matuschek Messtechnik GmbH, Alsdorf
Vorsitzender des FA 4
„Widerstandsschweißen“

Ing. J. Silvanus
EADS Deutschland GmbH, München
Vorsitzender des FA 5
„Sonderschweißverfahren“

Dr.-Ing. R. Holtz
LASAG AG, Thun/CH
Vorsitzender des FA 6 „Strahlverfahren“

Dipl.-Ing. Ingo Reinkensmeier
Siemens AG Energy
Vorsitzender des FA 7 „Löten“

Dr.-Ing. M. Kaßner
Alstom LHB GmbH, Salzgitter
Vorsitzender des FA 9
„Konstruktion und Berechnung“

Dr.-Ing. M. Wacker
Oechsler AG, Ansbach
Vorsitzender des FA 11
„Kunststoff-Fügen“

Prof. Dr.-Ing. Andreas Gebhardt
Centrum für Prototypenbau GmbH
Vorsitzender FA 13
„Generative Fertigungsverfahren –
Rapidtechnologien“

Dr.-Ing. habil. E. Schubert
Alexander Binzel Schweißtechnik
GmbH & Co. KG, Buseck
Vorsitzender des FA Q6
„Arbeitsicherheit und Umweltschutz“

Dr.-Ing. D. Tikhomirov
INPRO – Innovationsgesellschaft
Vorsitzender des FA I2
„Anwendungsnahe Schweißsimulation“

Dipl.-Ing. R. Kolbusch
KWE Ingenieur-Büro
Vorsitzender FA V4
„Unterwassertechnik“

Gäste

Dr.-Ing. B. Hildebrandt
Messer Group GmbH
(Rechnungsprüfer bis 31.05.2013)

Dipl.-Wirt.-Ing. U. Schlattmann
Handwerkskammer
Bildungszentrum Münster
(Rechnungsprüfer bis 30.04.2014)

Mitglieder laut Satzung - Ex Officio Mitglieder

Prof. Dr.-Ing. H. Flegel
Daimler AG, Stuttgart
Präsident des DVS

Prof. Dr.-Ing. B. Leuschen
Fachhochschule Düsseldorf
Vorsitzender des
Ausschusses für Technik

Dr.-Ing. K. Middeldorf
Hauptgeschäftsführer des DVS

Dipl.-Ing. J. Jerzembeck
Geschäftsführer der
Forschungsvereinigung

Forschungspolitische Aktivitäten

Die Forschungsvereinigung hat ihre Aktivitäten, die AiF bei ihrer politischen Arbeit zur Förderung der Forschung zu unterstützen, im Jahr 2011 fortgesetzt. In zwei AiF-Geschäftsführerkreisen (Düsseldorfer Geschäftsführerkreis und Westdeutscher Geschäftsführerkreis) ist die Forschungsvereinigung kontinuierlich vertreten und steht darüber hinaus im Dialog mit Mitgliedern aus Parlamenten und Ministerien auf Landes- und Bundesebene.

Alle Maßnahmen und forschungspolitischen Aktivitäten in der Forschungsvereinigung des DVS dienen dazu, eine aktive Schnittstelle der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung zu den Mitgliedern des DVS aus Industrie, Handwerk und Körperschaften zu bilden (**Bild 21**).

Schnittstellenfunktion

Körperschaften

DVS
FORSCHUNGSVEREINIGUNG

Forschungs-
institute

Unternehmen

*Schnittstelle der
fügetechnischen
Gemeinschaftsforschung*

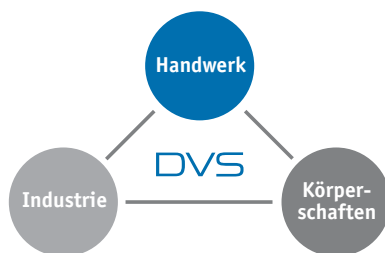


Bild 21

Workshop Anwendungsnahe Schweißsimulation 2011 19. Mai 2011, Berlin

Ausgangspunkt für die Initiierung des Workshops war ein abgeschlossenes IGF-Forschungscluster des Gemeinschaftsausschusses „Anwendungsnahe Schweißsimulation“, der am 15. März 2006 auf Initiative der Forschungsvereinigung des DVS und der FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. in Abstimmung mit den AiF-Mitgliedsvereinigungen GFaI und FAT entstand. Der FA I2 erfüllt eine Mehrfachfunktion sowohl als Gemeinschaftsausschuss zwischen mehreren Forschungsvereinigungen, als Fachausschuss der Forschungsvereinigung als auch als Arbeitsgruppe des Ausschusses für Technik im DVS. Neben der Antragstellung in der industriellen Gemeinschaftsforschung befasst sich das Gremium auch mit Fragen zur Normungsarbeit und der Erstellung von DVS-Richtlinien und Merkblättern. Ausgehend von den Ergebnissen des IGF-Clusters zur Schweißsimulation wurde im Fachausschuss beschlossen, aufgrund des großen Interesses aus der Industrie eine Workshop-Reihe ins Leben zu rufen, in der regelmäßig aktuelle Fragen der Schweißsimulation in Vorträgen sowohl aus den Forschungsinstituten als auch von den Unternehmen diskutiert werden können. Vor diesem Hintergrund fand am 19. Mai 2011 in der BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin der erste Workshop „Anwendungsnahe Schweißsimulation“ statt.

Über hundert Teilnehmer des Workshops erhielten einen umfassenden Überblick über die aktuellen Trends, Grenzen



Dr.-Ing. Dmitrij Tikhomirov, Vorsitzender des FA I2, bei der Eröffnung des Workshops

Bild 22

und Herausforderungen bei der Simulation von Schweißprozessen. Der Workshop bot zudem die Möglichkeit zur Diskussion aktueller Forschungsthemen als ideale Plattform zum Austausch von Erfahrungen unter Fachleuten. Die Veranstaltung wurde gemeinschaftlich von der Forschungsvereinigung des DVS, der FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung und der BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Fachgruppe 5.5 „Sicherheit gefügter Bauteile“ organisiert und durchgeführt.

Der nächste Workshop findet am 9. Mai 2012 am BIAS - Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH statt.

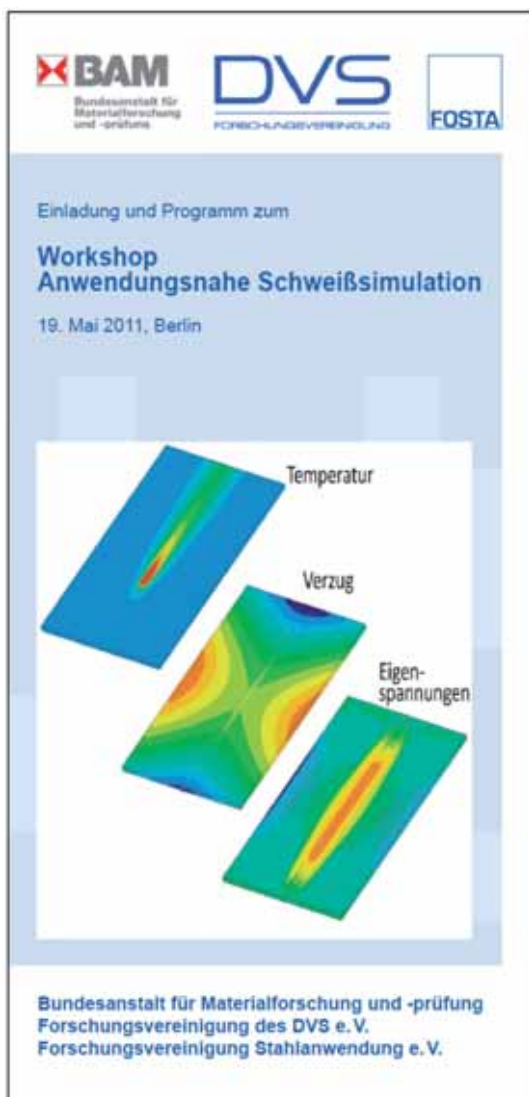


Bild 23

Erstes Fügetechnische Gemeinschaftskolloquium „Gemeinsame Forschung in der Mechanischen Fügetechnik“

Um aktuelle Forschungsergebnisse, Trends und neuen Anwendungen in der mechanischen Fügetechnik öffentlichkeitswirksam darzustellen und den Transfer der Ergebnisse in die Unternehmen zu unterstützen, veranstalteten EFB, FOSTA und DVS am 6. und 7. Dezember 2011 im Produktionstechnischen Zentrum Hannover (PZH) in Garbsen gemeinsam das 1. Fügetechnische Gemeinschaftskolloquium und das Abschlusskolloquium des DFG/IGF-Forschungsclusters KOMMA. Das Kolloquium bot den 150 Teilnehmern eine breit gefächerte thematische Perspektive und brachte sie gleichzeitig mit vielen Herstellern und Anwendern ins Gespräch. Die verschiedenen Schwerpunkte wurden in den Sektionen „Fügen gleicher Werkstoffe“, „Auslegung und Bemessung“, „Fügen hybrider Werkstoffe“ und „Festigkeit und Prüftechnik“ dargestellt. Die Vorträge thematisierten Anwendungen zu einem großen Materialspektrum, wie zum Beispiel zu Feinblechen für den Automobilbau, Fügebeispiele zu dicken Blechen, wie beispielsweise bei Windkraftanlagen oder im Nutzfahrzeug- bzw. Schienenfahrzeugbau erforderlich. Insbesondere die Verbindung von werkstofflich unterschiedlichen Materialien miteinander wurde behandelt. Hochfeste Stahlsorten, Leichtmetalle und faserverstärkte Kunststoffe stehen im Fokus der fachlichen Diskussion und werfen viele Fragen zur Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit auf.



Bild 24

Besonderen Zuspruch fanden die beiden Keynote-Vorträge „Fügetechnologien im Wettbewerb – Anforderungen der Automobilindustrie“ von Volkswagen und „Anforderungen an die Fügetechnik aus der Sicht „Weiße Ware“ von Miele, die einen Blick in die Zukunft der Fügetechnik aus Sicht der Großserienanwender wagten.

Einen Teil und besonderen Schwerpunkt des Gemeinschaftskolloquiums bildete das Abschlusskolloquium des IGF/DFG-Clusterprojektes KOMMA. In diesem übergreifenden Projekt zur „Kombinierten Mechanisch-Medialen Alterung“ haben vier Forschungsstellen die Fragen der Lebensdauer von mechanisch gefügten Werkstoffverbindungen grundsätzlich und unter Realbedingungen untersucht. Die von der DFG geförderten Grundlagenteilprojekte haben wesentliche Effekte möglicher Schädigungen beleuchtet und Wege für stabile Randbedingungen aufgezeigt.

Die Fügetechnik entwickelt sich zunehmend zu einer industriellen Schlüsseltechnologie. Alle Anforderungen an die Produkte der Blech verarbeitenden Investitions- und Konsumgüterbereiche, wie z.B. Automobile, Transport und Schiene, Weiße Ware, Medizin und Haustechnik zielen in die gleiche Richtung: Hochwertiges Design und nachhaltige Qualität sind Grundvoraussetzungen für die Produktion. Dabei werden Funktionalität und Leichtbau durch eine breite Palette verschiedener Materialien erreicht, die jedoch weitgehend neuartige mechanische Fügeverfahren bedingen.

Die Forschung bei EFB, FOSTA und DVS fokussiert sich neben Grundlagen- und Anwendungsuntersuchungen der vielfältigen Verfahren auch auf Fragen der Qualitätssicherung, Lebensdauerfestigkeit und vor allem Wirtschaftlichkeit. Aufgrund der positiven Resonanz hinsichtlich Inhalt und Rahmen der Tagung mit begleitender Ausstellung, planen die drei Forschungsvereinigungen bereits die Fortführung des Gemeinschaftskolloquiums.

Die nächste Veranstaltung findet am 4. und 5. Dezember 2012 in Paderborn statt.



Die Veranstalter (von links):

Dr.-Ing. Norbert Wellmann (EFB)

Dipl.-Ing. Franz-Josef Heise (FOSTA)

Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck (DVS)

Bild 25

Cluster-Projekte als fruchtbare Zusammenarbeit von Grundlagenforschung und industrienaher Forschung

Im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) fördert das BMWi branchenorientierte Projekte von Mitgliedsvereinigungen der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF). Eine spezielle Fördervariante ist die Projektform des „Clusters“, das die Verbindung von parallel durchzuführenden grundlagenorientierten und angewandten Forschungsprojekten in einem auf ein übergreifendes Forschungsziel hin orientiertes Gesamtprojekt vorsieht. Die Kombination sich inhaltlich ergänzender, miteinander vernetzter und dennoch klar voneinander abgegrenzter Teilprojekte ermöglicht es, mit der Förderung den gesamten Innovationsprozess von der Grundlagenforschung bis zur Umsetzung in neue Produkte, Verfahren und Dienstleistungen anzusprechen. Im Vergleich zu den Normalvorhaben der IGF lassen sich mit diesem Forschungswerkzeug noch umfassendere Synergien für Forschungsstellen und Unternehmen realisieren. Der interdisziplinäre Ansatz bietet neue Lösungsansätze insbesondere für klein- und mittelständische Unternehmen.

Realisierung von weiteren Forschungs-Clustern 2011

Im Jahr 2011 setzte die Forschungsvereinigung ihre Aktivitäten bei der Initiierung und Antragstellung von IGF/DFG-Forschungs-Clustern weiter fort. Die beiden Projekte „Thermisches Spritzen“ und „Lichtbogenschweißen – Physik und Werkzeug“ wurden erfolgreich abgeschlossen. Zwei weitere eingereichte Projektvorschläge wurden bereits gestartet, ein drittes Projekt zur Förderung bewilligt.

Erfolgreich begonnene Cluster

IGF/DFG-Forschungscluster „BestKleb – Beständigkeit von Klebungen verstehen und berechnen“

Laufzeit: 1. Oktober 2011 – 31. März 2014

Internet: www.processnet.org

Am 1. Oktober 2011 startete das vom Gemeinschaftsausschuss „Klebtechnik“ initiierte IGF/DFG-Forschungscluster „BestKleb - Beständigkeit von Klebungen verstehen und berechnen“. Es besteht aus drei Vorhaben aus der Anwendungsforschung und drei Projekten im Bereich der Grundlagenforschung. Am 8. Dezember 2011 fand das gemeinsame Kick-Off-Meeting statt. Im Gesamtprojekt wird von der Forschungsvereinigung des DVS gemeinsam mit der FOSTA das Teilprojekt „Klebstoffe als dauerhaftes Verbundmittel bei Stahlverbundträgern“ verantwortlich administriert.

Kernfragen des Gemeinschaftsvorhabens „BestKleb“ sind die Berechenbarkeit von Klebverbindungen, die Reproduzierbarkeit fertigungstechnischer Abläufe mit höchster Qualität und die verlässliche Prognose der Lebensdauer von Klebungen unter zunehmend extremen Anforderungsprofilen. Zugleich wird das Gesamtprojekt einen Anwendungsbezug zum Fahrzeugbau und zum Bauwesen herstellen. „BestKleb“ wird auch die Erkenntnisse und Vorgehensweisen, die bisher im Fahrzeugbau entwickelt wurden, branchenübergreifend auf Anwendungen im Bauwesen übertragen.

Beteiligte AiF-Mitgliedsvereinigungen in „BestKleb“



Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS, Düsseldorf



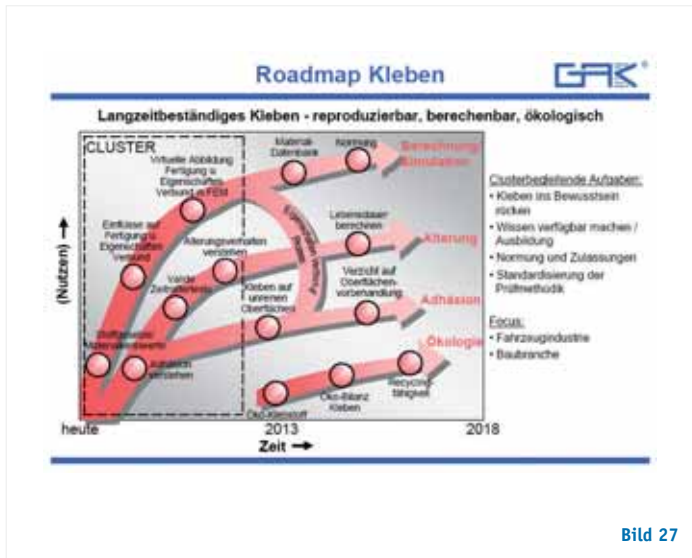
FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V., Düsseldorf



DECHEMA - Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Frankfurt a.M.



ivTH - Internationaler Verein für Technische Holzfragen e.V., Braunschweig



Ziel des Vorhabens ist es, die Anwendung der Klebtechnik als Alternative oder als Ergänzung zu den mechanischen Verbindungsmitteln bei Stahlverbundbauteilen im praxisrelevanten Maßstab zu untersuchen. Dabei wird der Schwerpunkt auf die Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit der Klebfuge unter Berücksichtigung der Eigenspannungen sowie der Alterung unter Umwelteinflüssen gelegt. Neben der Tragfähigkeit der Verbindung wird dabei auch die Änderung des Verformungsvermögens unter Umwelteinflüssen wie Feuchte und Temperatur untersucht. Um die Möglichkeiten großflächiger Verklebungen in typischen Tragstrukturen des Verbundbaus zu untersuchen, wird dabei auch die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Kleinversuchen auf großformatige Bauteile überprüft.

Inhaltliche Schwerpunkte der anwendungsorientierten Teilprojekte sind die Untersuchung des Bruchverhaltens von Klebverbindungen, die Entwicklung einer praxistauglichen FE-Modellierung und die Verbesserung der Zuverlässigkeit durch Einsatz von Leistungultraschall bei der Klebstoffapplikation, sowie - um schließlich die Berechnung alternder Klebungen auf der Grundlage der neuen Erkenntnisse verifizieren zu können - in zwei weiteren Teilprojekten Verbundfestigkeitsuntersuchungen an neuartig geklebten hybriden Bauteilen aus Holz und Beton beziehungsweise an Stahlverbundträgern.

In der Auftaktveranstaltung der beteiligten Partner am 8. Dezember 2011 wurde entschieden, jährlich ein Kolloquium des Verbundvorhabens mit angegliederten PbA-Sitzungen und pro IGF-Projekt jährlich eine zusätzliche PbA-Sitzung durchzuführen. Zum Kolloquium werden die Ergebnisse und das weitere Vorgehen aus allen Projekte des Verbundvorhabens vorgestellt.

Das nächste Kolloquium findet am 21. November 2012 in Düsseldorf bei der FOSTA statt.

IGF-Forschungscluster „Reaktive Fügeverfahren in der Mikroverbindungstechnik“ (ReMTec)

Laufzeit: 1. Dezember 2011 - 30. November 2014

Die Mikrosystemtechnik bietet heute für nahezu alle Branchen ein hohes Innovationspotenzial. Im Rahmen umfangreicher Forschungsarbeiten wurden vielfältige neue Möglichkeiten geschaffen und zum Teil in industrielle Anwendungen umgesetzt. Eine besondere Herausforderung stellt hierbei die Aufbau- und Verbindungstechnik dar, die jedoch mit der Weiterentwicklung zu höheren Leistungsdichten und Einsatztemperaturen an ihre Grenzen gerät.

Einzelne aktuelle Forschungsarbeiten und Anwendungsentwicklungen zur reaktiven Fügetechnik deuten auf ein hohes Innovationspotenzial und neue Lösungsansätze für aktuelle Fragestellungen aus der Industrie speziell auch für Mikrofügeverfahren hin. Die Komplexität dieser Fügetechnologie, angefangen bei den chemisch-physikalischen Zusammenhängen exothermer Reaktionen, über die Entwicklung anforderungsgerechter Lote bis hin zur ingenieurmäßigen Anwendung in industriellen Fertigungsprozessketten unter Berücksichtigung der Mikrosystemtechnik und Mikroelektronik hinsichtlich Miniaturisierungsgrad, Technologiekompatibilität und Materialauswahl verlangt nach einem interdisziplinären Lösungsansatz.

In einem zunächst als IGF/DFG-Forschungscluster konzipierten Gemeinschaftsvorhaben sollten experimentell das grundlegende Verständnis des Fügeprozesses in enger Wechselwirkung mit Modellierungsansätzen erarbeitet werden, so dass das Prozessverhalten mittels Simulation vorhergesagt bzw. abgeschätzt werden kann. Parallel zu diesen Arbeiten sollte in anwendungsorientierten Projekten die Umsetzung unter technologischen und wirtschaftlichen Aspekten erfolgen. Besondere Bedeutung wird hierbei sowohl unterschiedlichen Herstellungsmethoden nanostrukturierter Multilayerschichten beigemessen, um anwendungsspezifisch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine entsprechende Technologie auswählen zu können, als auch der Umsetzung in Fertigungsprozessketten für den Aufbau von Mikrosystemen und mikroelektronischen Bauelementen. Aus der Begutachtung resultierte ein anwendungsorientiertes IGF-Verbundprojekt mit vier Teilprojekten.

Beteiligte AiF-Mitgliedsvereinigungen in „ReMTec“



Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS, Düsseldorf



Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V., Hilden



Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V., Villingen-Schwenningen



Deutsche Forschungsgesellschaft für Automatisierung und Mikroelektronik e.V., Frankfurt a.M.

Bild 28

IGF/DFG - Forschungscluster „IBESS – Integrale Bruchmechanische Ermittlung der Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen“

Laufzeit: 1. Mai 2012 – 30. April 2015

Mit dem Forschungs-Cluster IBESS wird das Ziel verfolgt, ein integrales Bruchmechanikkonzept zu entwickeln, mittels dessen die Schwingfestigkeit praxisrelevanter Schweißverbindungen ermittelt werden kann. Das Konzept soll einerseits die rechnerische Ermittlung der Lebensdauer, andererseits die Berechnung von Wöhlerlinien im Zeitfestigkeitsbereich und, darauf aufbauend, von FAT-Klassen ermöglichen. Diese können anschließend in Verbindung mit den existierenden Regelwerken zur konventionellen Betriebsfestigkeitsauslegung herangezogen werden. Integral ist das Konzept insofern, als es die Parameter Nahtgeometrie, Bauteilgeometrie, geometrische Imperfektionen, Eigenspannungen, Kurzrissverhalten, lokale Plastizität und die Entwicklung der Rissform umfasst. Diese Parameter bestimmen im Wesentlichen die Schwingfestigkeit einer Schweißnaht.

Entscheidender Vorteil des Bruchmechanikkonzepts ist die explizite Berücksichtigung von Parametern wie der Schweißnahtgeometrie und -abmessungen einschließlich ihrer Unregelmäßigkeiten oder der Eigenspannungen („Fitness-for-Service“-Prinzip der Bruchmechanik). Damit eröffnet sich ein weites Anwendungsfeld von der Variation von FAT-Klassen mit geometrischen Parametern (Plattendicke u.a.), der Generierung von FAT-Klassen für neue Konfigurationen bis zur Abschätzung des Effekts von Nahtoptimierungen und -nachbehandlungen auf FAT-Klasse und Lebensdauer. Die Entwicklung der Methodik verbindet Untersuchungen von ausgesprochenem Grundlagencharakter (Entwicklung des Risschließeffektes, Einfluss der Vorbelastung auf die Eigenspannungen u.a.) mit anwendungsorientierten Arbeiten

(fraktografische Bestimmung charakteristischer Ausgangsdefektgrößen, Entwicklung eines analytischen Modells zur Beschreibung von Kurz- und Langrisswachstum u.a.).

Das Konzept ist integral, da es die Parameter Nahtgeometrie, Bauteilgeometrie, geometrische Imperfektionen, Eigenspannungen, Kurzrissverhalten, lokale Plastizität und die Entwicklung der Rissform umfasst, welche ganz wesentlich die Schwingfestigkeit einer Schweißnaht mitbestimmen. Im Ergebnis verfolgt das Projekt die Entwicklung einer anwendungs- und erweiterungsfähigen Prozedur („IBESS“-Prozedur), die auch denjenigen Fachleuten, die keine Experten auf dem Feld der Bruchmechanik sind, die schnelle und problemlose Analyse von Schweißverbindungen ermöglichen wird. Das Konzept wird einerseits die rechnerische Ermittlung der Lebensdauer, andererseits die Berechnung von Wöhlerlinien im Zeitfestigkeitsbereich und, darauf aufbauend, von FAT-Klassen ermöglichen. Diese können anschließend in Verbindung mit den existierenden Regelwerken zur konventionellen Betriebsfestigkeitsauslegung herangezogen werden.

Dieser Antrag wurde entwickelt mit Unterstützung des Fachausschusses 9 „Konstruktion und Berechnung“.

Rissausbreitungsstadien

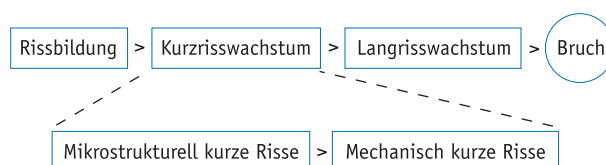


Bild 29

Beteiligte AiF-Mitgliedsvereinigungenin „IBESS“



Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS, Düsseldorf



FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V., Düsseldorf



FAT – Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V., Frankfurt a.M.



Center of Maritime Technologies e.V. (CMT), Hamburg

Bild 30

Erfolgreich abgeschlossene Cluster

IGF/DFG-Forschungscluster

„Lichtbogenschweißen - Physik und Werkzeug“

Laufzeit: 1. November 2008 - 31. Oktober 2011

Internet: www.schweisslichtbogen.de

Mit den drei Schwerpunkten Diagnostik, Modellierung und Umsetzung in die Anwendung bearbeiteten sechs Forschungseinrichtungen (Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik an der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Fügetechnik und Montage an der TU Dresden, Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik an der TU Berlin, Fachbereich Informatik-Elektrotechnik-Maschinenbau an der HS Lausitz, Institut für Plasmatechnik und Mathematik an der UniBw München und das INP Greifswald) im Zeitraum vom 1. November 2008 bis 31. Oktober 2011 acht Teilvorhaben zu aktuellen Forschungsthemen mit dem Fokus auf dem gepulsten Metall-Schutzgas-Schweißprozess (MSG-Prozess) von Stahl.

Es wurden neue experimentelle Analysetechniken für den Lichtbogen und den Werkstoffübergang erarbeitet und eingesetzt. Die gewonnenen Erkenntnisse konnten das Prozessverständnis des MSG-Schweißens nachhaltig erweitern und gleichzeitig den Ausbau von Modellen und Simulationsverfahren fördern. Dies betrifft insbesondere die Rolle des Metaldampfes im MSG-Lichtbogen sowie die Prozessdynamik und die Mechanismen der Tropfenablösung. Im Ergebnis entstanden unter anderem Konzepte zur Steigerung der Prozesssicherheit beim MSG-Schweißen wie ein durch Simulationen optimiertes Brennerdesign sowie Methoden der Ereignisdetektion und ereignisorientierten Regelung auf Basis der Auswertung elektrischer Signale.

Neue Analysemethoden für das MSG-Schweißen

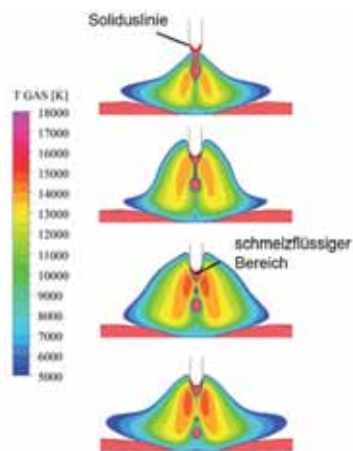
Eine Reihe von Forschungsarbeiten konzentrierte sich auf die Bereitstellung neuer Methoden zur Untersuchung des Lichtbogens und des Werkstoffübergangs sowohl im experimentellen Schweißversuch als auch für eine online-Analyse im Prozess. Herausfordernd war dabei die Übertragung von grundsätzlich bekannten Messprinzipien für thermische Plasmen auf die komplexen Bedingungen eines gepulsten MSG-Prozesses.

Modellbildung und validierte Prozesssimulation

Mit Hilfe der oben genannten Diagnostiken konnten wertvolle Daten zum gepulsten MSG-Prozess gewonnen werden, welche insbesondere zur Erarbeitung, Anpassung und Kontrolle von Modellen und Simulationsverfahren eingesetzt wurden.

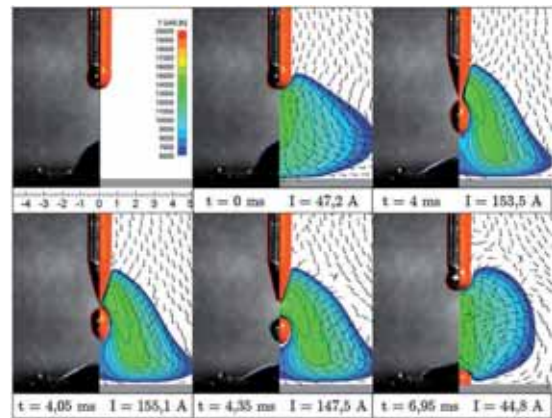
Drei unterschiedliche Modellierungstypen haben sich dabei als erfolgreich erwiesen:

- die magnetohydrodynamische Simulation
- die strömungsbasierte Simulation
- die inverse Modellbildung



Numerische Berechnung von Lichtbogen und Tropfenablösung für einen Stahldraht mit einem Durchmesser von 1,2 mm bei einem Drahtvorschub von 4 m/min und einer Stromstärke von 170 A.

Bild 31



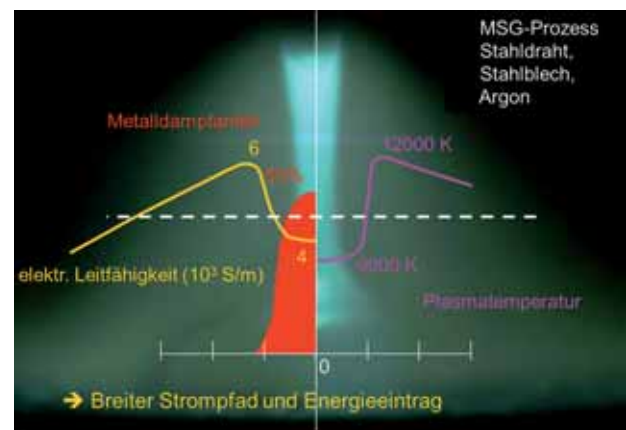
Beispiel einer Simulation (Temperatur rechts) mit Vorgabe der Tropfenform aus Hochgeschwindigkeitsaufnahme (links)

Bild 32

Neue Erkenntnisse zum MSG-Prozess

Ein wesentliches Ergebnis der Lichtbogendiagnostik und -simulation ist die Quantifizierung des Metaldampfanteils und des Temperaturprofils im Lichtbogen einschließlich ihrer Interpretation. Die Metallverdampfung am Tropfen führt zu Metaldampfanteilen von bis zu 50% im Lichtbogen. Bei Verwendung von Schutzgasen mit hohem Edelgasanteil bildet sich ein schmaler metaldampfdominierter Bogenkern heraus. Dieser ist aufgrund intensiver Abstrahlung kühler als seine Umgebung und verschiebt den Stromtransfer in die vom Edelgas dominierten Außenbereiche. **Bild 33** demonstriert neben dem typischen Temperaturprofil die radiale Variation der elektrischen Leitfähigkeit. Folglich ergibt sich ein relativ breites Bogenprofil über dem Schmelzbad mit einem Minimum des Energietransfers im Zentrum des Bogenansatzes.

Eine automatisierte Detektion der Tropfenablösung aus den elektrischen Signalen (Methodik E) gestattet zusätzlich die Ermittlung der im Intervall zwischen den Ablösungen umgesetzten elektrischen Energie. Es wurde gezeigt, dass sowohl Tropfengröße als auch Tropfenimpuls (Tropfenmasse * Fallgeschwindigkeit) mit oben genannter Energie tendenziell ansteigen. Die genannten Erkenntnisse eröffnen Perspektiven, allein aus den elektrischen Signalen signifikante Daten zum Werkstoffübergang abzuleiten und für Regelungszwecke einzusetzen.



Typische Ergebnisse der Spektroskopie für Metaldampfanteil, Temperatur und Leitfähigkeit im MSG-Lichtbogen unter Argon über einem Hochgeschwindigkeitsbild

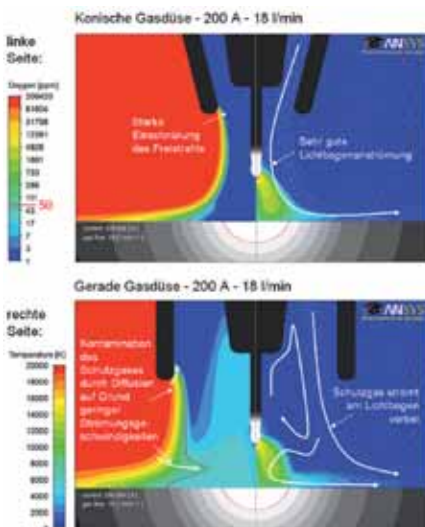
Bild 33

Erhöhte Prozesssicherheit

Die neuen Methoden und Erkenntnisse konnten in den Anwendungsprojekten des Gemeinschaftsvorhabens genutzt werden, um exemplarisch Lösungsansätze für ausgewählte technische Problemstellungen beim Lichtbogenschweißen zu erarbeiten. Hierbei standen Maßnahmen zur Erhöhung

der Prozesssicherheit im Fokus. Ein wesentlicher Schritt konnte in der simulationsgestützten Optimierung von Brennersystemen erreicht werden. Die bisherige Entwicklung von MSG-Schweißbrennern wurde hinsichtlich des Strömungsverhaltens vorwiegend durch die Analyse von Kaltgasströmungen, d.h. ohne Berücksichtigung des Lichtbogens realisiert. Relevante Wechselwirkungen zwischen Strömung und Prozess können dabei nicht abgebildet werden.

Einen weiteren Forschungsschwerpunkt zur Erhöhung der Prozesssicherheit bildete die Erarbeitung von Methoden zur ereignisorientierten Regelung im Gegensatz zur bisher meist praktizierten Zeitsteuerung des MSG-Impulsprozesses. Ziel ist es dabei, Regelungsmöglichkeiten zu finden, die auch bei schwankenden Prozessrandbedingungen und Störungen Instabilitäten und unerwünschte Ereignisse, wie z.B. Kurzschlüsse, vermeiden.



Darstellung der Lichtbogenanströmung in Abhängigkeit der Gasdüsenform und Simulation der Sauerstoffkonzentration im MSG-Brennersystem

Bild 34

Aktueller Forschungsbedarf und Perspektiven

Bei der Initiierung des Gemeinschaftsvorhabens „Lichtbogenschweißen - Physik und Werkzeug“ durch die Forschungsvereinigung des DVS und die FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung war von deutschen Industrie-

vertretern ein dringender Forschungsbedarf zum MSG-Schweißen insbesondere in den Gebieten Prozessverständnis, Steuerung des Wärmeeintrags, Prozesssicherheit, Vermeidung schädlicher Emissionen, neue Regelkonzepte und neue Anwendungsfelder für das Werkzeug Lichtbogen formuliert worden. Die erzielten Ergebnisse bilden eine wichtige Basis zur Abarbeitung dieses Forschungsbedarfs.

Im Sinne der Zusammenführung der unterschiedlichen Expertisen der Einrichtungen bei der Methodenentwicklung waren die Untersuchungen bewusst auf den gepulsten MSG-Prozess von Stahl unter Schutzgasen mit hohem Argonanteil eingeschränkt. Die Anwendung der Analysetools und die Übertragung der Erkenntnisse zum Prozessverständnis auf MSG-Prozesse anderer Materialien bei Variation der Schutzgase sowie auf alternative Prozessführungen stellen wichtige Meilensteine für nachfolgend notwendige Forschungsarbeiten dar.

Aus der Anknüpfung an die konkreten neuen Erkenntnisse zum Lichtbogen und zum Werkstoffübergang ergaben sich weitere Perspektiven:

- Die Analysemethoden bieten neue Möglichkeiten, Bogenansatz und Energieübertrag im Bereich des Werkstoffübergangs (Draht und Tropfen) näher zu untersuchen und zu verstehen. Hier muss vor allem die Dynamik des Bogenansatzes weiter analysiert werden, um Korrelationen mit den Prozessparametern und Möglichkeiten der Beeinflussung aufzudecken. Da der Energieumsatz im Lichtbogen und der Energieübertrag auf die Elektroden wesentlich durch die Fallgebiete im Bogenansatz beeinflusst wird, müssen die zugrunde liegenden Mechanismen weiter untersucht und modellmäßig besser erfasst werden.
- Die neuen Erkenntnisse zur Lichtbogenstruktur sind mit Analysen des Schmelzbadverhaltens zu korrelieren. Tropfenform, -energiegehalt und -impuls können Schmelzbadströmungen ebenfalls signifikant verändern. Hier ist es anknüpfenden Forschungen vorbehalten, ein Gesamtbild zu erarbeiten, das vom Lichtbogen über Werkstoffübergang und Schmelze bis zur Erstarrung reicht. Ziel ist es, letztlich die Korrelation zwischen Prozessparametern einerseits und Nahtqualität andererseits auf physikalischer Basis herzustellen, wobei weitere Hinweise zur Optimierung der Prozessparameter erwartet werden.
- Sowohl die neuen Methoden zur Analyse elektrischer Signale wie auch der Einsatz optischer Sensoren eröffnen neue Möglichkeiten für eine Prozesskontrolle in Echtzeit. Das genannte erste Beispiel einer „sensorlosen“ Prozessregelung demonstriert das Potenzial für neue Regelungsstrategien.

- Ansätze zur Reduzierung der Emissionen beim MSG-Prozess waren nicht Gegenstand der Projekte im Gemeinschaftsvorhaben. Jedoch bilden hier die Erkenntnisse zu Bogentemperatur und Metaldampfverhalten eine wichtige Basis, da beides die Rauchgasbildung wie auch die UV-Emission wesentlich bestimmen. Weitere Forschungen werden sich den Mechanismen und Einflussgrößen der Partikelbildung widmen, wobei neben der Partikelanzahl und Gesamtmasse die Partikelgröße im Mittelpunkt steht.
- Durch eine Fortführung physikalischer Untersuchungen am MSG-Prozess sind weitere signifikante Ergebnisse zum Prozessverständnis zu erwarten. Diese sind dringend erforderlich, um das Potenzial für die Entwicklung nachhaltig konkurrenzfähiger Lichtbogenfügeverfahren auszuschöpfen.

IGF/DFG-Forschungscluster „Thermisches Spritzen: Eine Schlüsseltechnologie für Innovation und Wettbewerbsfähigkeit“

Laufzeit: 1. Februar 2008 - 31. Januar 2011

Internet: www.iot.rwth-aachen.de/index.php?id=1189

So sollte Forschung idealerweise umgesetzt werden: Vertreter aus der Industrie adressieren aktuellen Forschungsbedarf an die Forschungsvereinigung des DVS. Aus diesem Bedarf entstehen konkrete Forschungsprojekte, die der Industrie praxisnahe Ergebnisse liefern.

Beim Forschungscluster „Thermisches Spritzen“ konnte dieser Prozess genauso umgesetzt werden. Kleine und mittelständische Unternehmen haben gemeinsam formuliert, welches Wissen sie für Anwendungen im Oberflächenschutz brauchen. Verschiedene Institute haben daraus ein gemeinsames Forschungsprojekt generiert.

Das Forschungscluster „Thermisches Spritzen“ teilte sich am Anwendungsbeispiel der Druck- und Papierindustrie in drei Schwerpunkte auf:

- Erforschung neuer Werkstoffkonzepte mit Betrachtung auf eisenbasierte Nano- und Feinstpulvertechnologien, um gleichwertige Eigenschaften im Vergleich zu konventionellen teureren Legierungen herzustellen
- Konzentration der Forschungsaktivitäten auf die Verfahren Hochgeschwindigkeitsflamspritzen (HVOF) und Atmosphärisches Plasmaspritzen (APS) und die Verifizierung von Applikationsmöglichkeiten durch das Kaltgasspritzen (CGS)
- Entwicklung neuer zerstörungsfreier Prüfverfahren zur Prozess- und Produktkontrolle

Das Forschungscluster wurde über eine Studie in enger Zusammenarbeit zwischen der Forschungsvereinigung des DVS und der GTS – Gemeinschaft Thermisches Spritzen eingeleitet und über die gesamte Projektlaufzeit sehr erfolgreich durch eine sehr große Anzahl von Industrieunternehmen begleitet und unterstützt. Die Kooperation im Projekt und dessen Durchführung wurde von den Partnern äußerst positiv bewertet:

„...die Art und Weise der Veranstaltung fabelhaft [...] Dies ermöglicht den Unternehmensvertretern, ungezwungen mit den Bearbeitern der Teilprojekte Fragestellungen anzusprechen, die Einfluss auf das Projekt nehmen können.“ (W. Dürig, RWI).

„...Hervorragende, offene und faire Zusammenarbeit der beteiligten Forschungsstellen [...]“ (P. Heinrich, Linde Gas AG, Obmann des Projektbegleitenden Ausschusses).

Die erarbeiteten Ergebnisse haben wesentlich dazu beigetragen, entscheidende technische und wirtschaftliche Leistungssteigerungen für bestehende sowie neue Anwendungen des thermischen Spritzens zu erreichen. Sie können wie folgt zusammengefasst werden:

- **Fe-Basis-Nanotechnologie:** Verschleißverhalten und Korrosionsverhalten der entwickelten Fe-Basis-Schichtsysteme im Bereich von konventionellen HVOF-gespritzten $\text{Cr}_3\text{C}_2/\text{NiCr}$ -Schichten bei deutlich reduzierten Werkstoffkosten (bis zu 50 %)
- **Fe-Basis-Feinstpulvertechnologie:** Kostenvorteile bei Werkstoffen bis zu 50 % gegenüber Ni-Basis bei ähnlichem Verschleißverhalten (abhängig von der Zusammensetzung des Fe-Basis-Werkstoffs); Reduzierung des Nachbearbeitungsaufwands der gespritzten Schichten durch endkonturnahe Beschichtungen um bis zu 30 %
- **Qualitätssicherung:** mobiles Diagnostiksystem hoher Genauigkeit zum Online-Monitoring von Partikel- und Spritzstrahleigenschaften zur Realisierung gleichbleibender Schichtqualitäten; leistungsfähige Lock-In-Thermografie zur zerstörungsfreien Detektion von Fehlstellen in Spritzschichten.

Die erzielten Ergebnisse wurden im Rahmen des Ergebnistransfers auch in zahlreichen bilateralen Kooperationen mit Unternehmen außerhalb der Druck- und Papierindustrie auf die jeweiligen Anwendungen übertragen. Dazu gehörten u.a. Anwendungen aus der Energietechnik, der Luft- und Raumfahrttechnik, dem allgemeinen Maschinenbau der Textilindustrie und dem Automobilbau. Die Manuskripte zum Forschungscluster mit den ausführlichen Ergebnisdarstellungen sind in der Ausgabe 2/2011 des „Thermal

Spray Bulletin“ bei der DVS-Media GmbH erschienen (www.thermal-spray-bulletin.info). Finanziert wurde das Forschungscluster sowohl aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie und des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung.

Beteiligte Institute und Förderorganisationen



Bild 35

Durchführung der Erweiterten Erfolgskontrolle beim Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) im Zeitraum 2011 – 2013

Im Jahr 2010 befasste sich zunächst das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) mit der Untersuchung von drei Cluster-Vorhaben, die bereits in der Schlussphase der erweiterten Erfolgskontrolle 2005 bis 2009 Gegenstand begleitender Analysen waren. Bei einem der drei Projekte handelt es sich um das IGF/DFG-Cluster „Thermisches

Spritzen“, das von der Forschungsvereinigung initiiert wurde. Das „Cluster“ war von der Forschungsvereinigung des DVS initiiert worden. Die Projektlaufzeit endete 2011. Die Ergebnisse der Evaluierung des gesamten Clusterprojektes wurden im Geschäftsbericht der Forschungsvereinigung 2010 bereits dargestellt.

In einer weiteren Maßnahme zur Erfolgskontrolle evaluierte das VDI/VDE Institut für Innovation + Technik GmbH, Berlin eines der Teilvorhaben aus dem Gesamtprojekt, das IGF-Projekt Nr. 15.502 N „Entwurf, Aufbau und Anwendung mobiler Diagnostiken für den Hartchromersatz-Beschichtungsprozess“.

Ex post Evaluation des IGF-Projekts Nr. 15.502 N „Entwurf, Aufbau und Anwendung mobiler Diagnostiken für den Hartchromersatz-Beschichtungsprozess“

Nachstehend Auszüge aus dem Abschlussbericht:

- Gegenstand des Projekts war die Weiterentwicklung von Diagnostiken für das thermische Beschichten von Werkstoffoberflächen, speziell auf dem Gebiet des Hartchromersatz-Beschichtungsprozesses mit Fe-Feinstpartikeln. Das Projekt war Teil des IGF/DFG-Forschungsclusters „Thermisches Spritzen: Eine Schlüsseltechnologie für Innovation und Wettbewerbsfähigkeit“, das fünf anwendungsnahe IGF-Vorhaben und drei grundlagenorientierte DFG-Projekte umfasste.
- Das Projekt verlief inhaltlich und zeitlich weitgehend planmäßig und wurde eng vernetzt mit den weiteren Clusterprojekten durchgeführt. Die ursprünglichen Ziele des Projekts wurden erreicht. Die erarbeiteten Diagnostiken haben sich im Projektverlauf bei der Durchführung von Messkampagnen in mehreren Unternehmen bewährt, Nachfragen von weiteren Unternehmen nach entsprechenden Beratungsleistungen liegen vor.
- Im Kontext mit den anderen Clusterprojekten konnte am Beispiel von Walzen aus der Druck- und Papierindustrie ein komplettes Werkstoffsystem untersucht werden. Die erzielten Ergebnisse sind auf eine Reihe weiterer Anwendungsbereiche, wie Maschinenbau und Automobilindustrie, übertragbar und könnten so eine erhebliche Breitenwirkung erzielen.
- Die Arbeit des PA des Forschungsclusters wurde so gestaltet, dass auch in der Interaktion mit Industrievertretern eine möglichst hohe Verzahnung zwischen den Einzelprojekten des Forschungsclusters erreicht werden konnte.

- Wesentliche Motivation für die Teilnahme am PA sind die Möglichkeiten, die Forschung mit zu beeinflussen und die resultierenden Ergebnisse schnell zu bekommen. Darüber hinaus besteht das Interesse, Anregungen aus der Forschung für das eigene Angebotsspektrum zu erhalten. Durch den Aufbau der PA-Sitzungen und PA-Workshops konnte sich aber jedes Unternehmen sehr gut orientieren und die für das eigene Unternehmen relevanten Forschungsaspekte identifizieren.
- Die ursprünglichen Ziele des Projekts wurden erreicht. So wurden mehrere Techniken zur Messung der Systemstabilität von Prozessen des technischen Spritzens und zur Bestimmung der Partikelparameter weiterentwickelt und insbesondere an die Anforderungen der HVOF-Prozessen mit Feinstpulvern adaptiert.
- Das hier betrachtete Projekt hatte im Forschungscluster eine besonders wichtige Rolle für den Technologietransfer, da diesem Projekt die Vorabstimmung für die Messkampagnen bei der Industrie und deren Durchführung oblag. In diesem Zusammenhang wurden während der Projektlaufzeit neben den oben erwähnten Messkampagnen Beratungsgespräche zur Diagnostik bei zwei weiteren industriellen Interessenten (Voith Paper und Robert Bosch GmbH) durchgeführt.

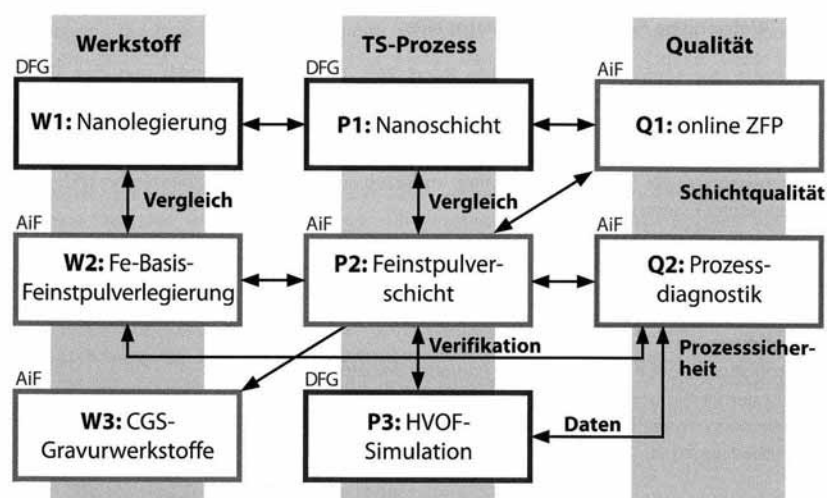
- Kleinere Unternehmen haben zudem eine relativ kompakte Übersicht über die Diagnostikmöglichkeiten zum aktuellen Stand bekommen.
- Ein Teil der Unternehmen hat bereits Interesse an einer weiteren Unterstützung durch die Forschungsstelle geäußert.

Zum Ergebnistransfer nutzt die Forschungsvereinigung einerseits die eigenen Fachausschüsse und bezieht andererseits den gesamten Verband mit ein. So werden die Projekte und Ergebnisse auf den Internetseiten der Fachausschüsse sehr transparent dargestellt. Darüber hinaus erfolgt die Publikation über den DVS-Newsletter und den DVS-Newsticker. Die direkte Projektvorstellung wird neben den Fachausschusssitzungen über DVS-Fachveranstaltungen und dem jährlichen DVS-Congress realisiert. In zunehmendem Maße gehen die Ergebnisse auch in die Regelwerksarbeit und den Bildungsbereich des DVS ein.

Die Ex post Evaluation wurde von Vertretern des Projekt begleitenden Ausschusses (PA), der Forschungsstelle und der Forschungsvereinigung unterstützt.

(Quelle: Abschlussband zum IGF/DFG-Forschungscluster - Auszug aus dem Projektportrait 2011 der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin)

Struktur und Vernetzung des IGF/DFG-Forschungsclusters



Zukünftige Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Fügetechnik

Nachwuchsförderung im DVS wird aktiv von der Forschungsvereinigung unterstützt. Herr Dennis Sekulic hat im Rahmen seiner Bachelorarbeit aktuelle und zukünftige Forschungsschwerpunkte in der Schweißtechnik analysiert. Im Folgenden werden ausgewählte Schwerpunkte exemplarisch vorgestellt.



Dennis Sekulic, Düsseldorf

In der Schweißtechnik wird versucht, durch wärmereduzierte Schweißverfahren Werkstoffe wie höherfeste Stähle, Aluminium und Magnesium qualitativ besser zu verarbeiten. Infolge dessen konzentriert sich die derzeitige schweißtechnische Forschung darauf, die bislang etablierten Verfahren im Bereich Lichtbogenschweißen in Richtung „wärmearm“ zu optimieren. Ebenso werden noch „junge“ Fügeverfahren wie das Rührreißschweißen und das Laserstrahlschweißen weiterentwickelt.

Aufgrund der geringeren Energieeinbringung können geringere Fertigungskosten realisiert werden. Somit wird gleichzeitig eine höhere Produktivität dieser Verfahren erreicht. Eine große Herausforderung der heutigen Schweißtechnik liegt vor allem darin, hochwertige, leichte Werkstoffe, Werkstoffkombinationen sowie Leichtbaustrukturen prozesssicher zu fügen.

Neue erfolgreiche und kostenreduzierte Leichtbaukonzepte realisieren die Verarbeitung unterschiedlicher Werkstoffe zu einer Struktur. Als fügetechnische Schlüsseltechnologien sind dabei hybride Schweißverfahren zu nennen. Hybride Fügeverfahren ermöglichen neben verbesserten Nahtqualitäten auch höhere Prozessgeschwindigkeiten. Durch den Einsatz und die Kombination unterschiedlicher Fügeverfahren z.B. dem Nieten und dem Punktschweißen, als sogenanntes Schweißnieten, bieten sich neue fügetechnische Möglichkeiten. So können erstmals faserverstärkte Kunststoffe mit Stahlwerkstoffen schweißtechnisch verbunden werden. Hybridfügeverfahren sind geprägt durch die Kombination von verschiedenen Fügeverfahren z.B. dem Laserstrahl- und dem MSG-Schweißen, siehe **Bild 37**. Das prozesssichere Schweißen größerer Blechdicken bei gleichzeitig geringeren Fertigungskosten wird so ermöglicht.

Vorteile des MSG-Hybridschweißens

Lichtbogen:

- preiswerte Energiequelle
- gezielte Beeinflussung der Wärmeführung
- Gefügebeeinflussung
- Spaltüberbrückbarkeit



Laserstrahl:

- hohe Schweißgeschwindigkeit
- große Einschweißtiefe
- berührungslos arbeitendes Verfahren
- hoher, definierter Wärmeeintrag

Kombination als Hybridprozess:

- Prozessstabilisierung durch Wechselwirkungen
- Steigerung des thermischen Wirkungsgrades
- höhere Spaltüberbrückbarkeit
- höhere Schweißgeschwindigkeiten
- geringere Fertigungszeiten

Auch außerhalb der Schweißtechnik wird versucht, die Vorteile der Hybridfügetechnik effizient zu nutzen. Der Trend hin zu Verfahrenskombinationen ist deshalb auch in anderen Bereichen der Fügetechnik abzusehen, zum Beispiel beim thermischen Spritzen (Plasma- und Hochgeschwindigkeitsflammspritzen). Die Kombination von Fügeverfahren bleibt auch in Zukunft ein effektives Werkzeug, um neuen produktspezifischen Anforderungen zur Nachhaltigkeit und anderen gesellschaftlichen Herausforderungen gerecht zu werden.

Neben der Schweißtechnik wird auch die Klebtechnik eine bedeutende Rolle in der zukünftigen Fügetechnik spielen. Obwohl die Schweißtechnik schon heute sehr zukunftsweisende Technologien bereitstellt, wird sie zunehmend mit Anforderungen konfrontiert, bei denen wärmewirkenden Fügeverfahren nicht mehr effizient und den individuellen Anforderungen der Werkstoffe und Anwendungen eingesetzt werden können. Die Fügetechnik muss sich in diesen Punkten umstellen und alternative Technologien bereitstellen. Die Klebtechnik weist hier innovative Potenziale auf und bietet besonders im Strukturbau neue Einsatzmöglichkeiten. Bei der Anwendung und Verarbeitung faserverstärkter Kunststoffe erweist sich die Klebtechnik als das effizienteste Fügeverfahren. Denn mit ihr lassen sich Fügeverbindungen mit nur geringer Temperatureinwirkung und ohne Beeinträchtigung der Bauteile herstellen. Desweiteren kann die Klebtechnik in Kombination mit verschiedenen Schweiß- und mechanischen Fügeverfahren ideal eingesetzt werden, was sich bei Hybridverbindungen und im „Multi-Material-Design“ widerspiegelt. Auch im Bereich der Mikroelektronik werden Klebverbindungen zukünftig eine bedeutendere Rolle spielen. Vor allem der Trend zur Elektromobilität stellt einen wichtigen Innovationsfaktor der heutigen Entwicklung dar. Insbesondere die Miniaturisierung der eingesetzten Bauteile treibt diese Entwicklungen voran. Der verfügbare Bauraum wird immer kleiner und immer dichter bestückt. Das Bauteil wird damit insgesamt wesentlich wärmeempfindlicher. Die Anwendungsmöglichkeiten der Klebtechnik werden in den nächsten Jahren deutlich steigen.

Wie durch die Klebtechnik ist es auch durch den Einsatz mechanischer Fügeverfahren sowie der Kombination mit dem Kleben möglich, komplexe Strukturen und neue Einsatzgebiete zu erfassen, die sich konventionellen Schweißverfahren bisher verschließen. Dem modernen Mischbau werden durch den Einsatz dieser Fügeverfahren neue Wege eröffnet. In Zukunft wird sich deshalb die mechanische Fügetechnik weiter in der industriellen Fertigung etablieren und speziell im Automobilbau einen wesentlichen Teil der Karosseriefertigung dominieren.

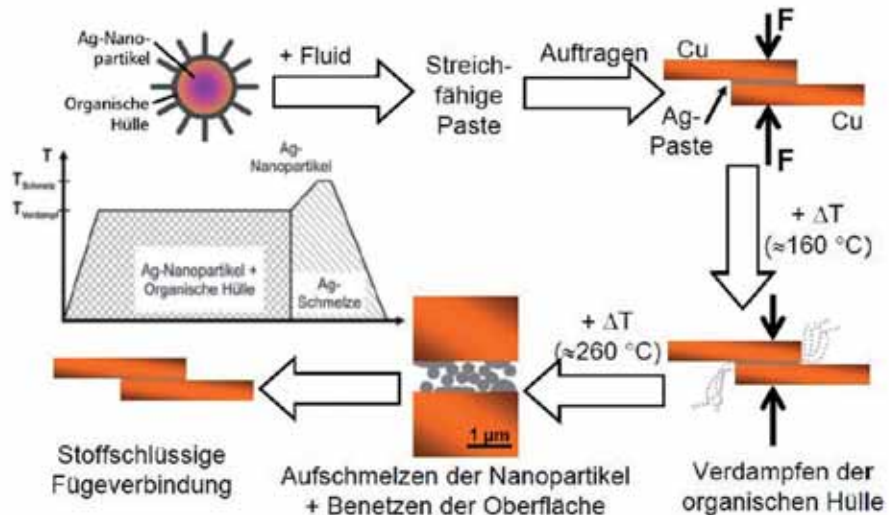
Ein weiterer Schwerpunkt der fügetechnischen Forschungsaktivitäten ist auf die Festigkeitssteigerung der Fügeverbindungen ausgerichtet. Dadurch werden sich die mechanischen Fügeverfahren mit und ohne zusätzlichen Klebstoff zu einem festen Bestandteil für den zukünftigen Leichtbau entwickeln und für Mischbauweisen als unverzichtbar erweisen.

Eine neue fügetechnische Fertigungsstrategie, die jedoch noch relativ am Anfang der Entwicklung steht, ist die Herstellung von Bauteilen durch generative Fertigungsverfahren. Dieses innovative Verfahren ist genau genommen ein Auftragsschweißen und eröffnet ganz neue Möglichkeiten hinsichtlich Individualität und Komplexität der Bauteile, die mit keinem anderen Verfahren erreicht werden, siehe Beispiel in **Bild 38**. Obwohl noch deutlicher Entwicklungsbedarf besteht, werden zukünftige Forschungsaktivitäten diese Fertigungstechnologie in die Lage versetzen, bestehenden Anforderungen zu erfüllen und sich im Markt zu etablieren.



Mittels Rapid-Technologie hergestelltes Bauteil mit komplexem Hohlraum

Nanopartikel - Fertigungsverfahren



Bildquelle: S. Jahn, Innovative Fügeprozesse auf Basis von nanostrukturierten Werkstoffen

Bild 39

Auch die Nanotechnologie zeigt der Füge­technik neue Potenziale auf (Bild 39). Durch den Einsatz von Nanofoils ist es möglich, effiziente Verbindungen herzustellen. Mit Nanopartikeln versetzte Klebstoffe und der zusätzliche Beschuss von Mikrowellen beschleunigen die Klebstoffaushärtung. Jedoch ist der Einsatz der Nanotechnologie bislang noch sehr begrenzt. Die Nutzung dieser Technologie steckt bezogen auf die Füge­technik noch in den Kinderschuhen. Die Nanotechnologie bietet der Füge­technik, besonders der Mikroverbindungstechnik, in Zukunft neue Möglichkeiten, die durch weitere Forschungsarbeiten ausgebaut werden müssen.

Plattform MANUFUTURE

MANUFUTURE ist eine rahmenbildende europäische Dachinitiative, deren Ausgangspunkt der Beschluss der EU 2002 in Barcelona war, die FuE-Ausgaben der Mitgliedsländer auf 3% des Bruttoinlandproduktes zu steigern. Damit sollte der Wandel in der Struktur der europäischen produzierenden Industrie eingeleitet werden.

Anforderung: Konkrete Schritte in der Forschung und der schnellen Anwendung, um mehr und bessere Beschäftigung nachhaltig zu erreichen.



Die nationalen MANUFUTURE Plattformen haben dabei zur Aufgabe, die hierfür relevanten Forschungsaktivitäten zusammen mit der Industrie zu identifizieren und zu priorisieren. Die Ergebnisse der nationalen Initiativen aus 27 Ländern fließen in die Formulierung von Strategischen Forschungsagenden für die europäische Industrie ein. Auf Basis dieser Strategischen Forschungsroadmaps werden im 7. und nächsten 8. Forschungs-Rahmenprogramm der EU die Forschungsschwerpunkte entsprechend verankert.

Hauptziele der nationalen Initiative MANUFUTURE Germany sind:

- Formulierung und Priorisierung der Forschungsinteressen deutscher Produktionsunternehmen in Roadmap Prozessen
- Einbringung der identifizierten Interessen der Unternehmen im 7. und 8. Forschungsrahmenprogramm der EU (demnächst als „Horizon 2020“ von 2014 - 2020)
- Sicherstellung der praxisnahen und branchenorientierten Forschungsförderung
- Bildung von Netzwerken zwischen Wirtschaft, Wissenschaft, Verbänden und Politik für effiziente Forschungsallianzen deutscher Unternehmen

Industrie, Politik und Wissenschaft arbeiten gemeinsam daran, einen Wandel in der Struktur der europäischen produzierenden Industrie einzuleiten. Nachhaltiges Wachstum und Sicherung des Wohlstandes sowie der sozialen Standards ist das primäre Ziel. Die Vision ist der Wandel von einer industriell geprägten Gesellschaft hin zu einer wissensbasierten Ökonomie mit einer forschungs- und innovationsgetriebenen Industrie. Die Montage- und Verbindungstechnik wurde als strategisches Zukunftsthema zur Stärkung der Produktion („Advanced Manufacturing Technologies“) in Europa positioniert.

Wie engagiert sich der DVS mit seinem Forschungsnetzwerk?

Der DVS hat hierzu mit Unterstützung seines Forschungsnetzwerkes mit Fachleuten ein Positionspapier entwickelt. Das DVS-Papier „Joining technology as a core element of modern and sustainable production – Manufacturing 2030: How joining will contribute!“ wurde mit Vertretern technisch-wissenschaftlicher Organisationen aus Portugal, Spanien, Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Norwegen und Schweden diskutiert.

Sub Plattform „Joining Technology“ als Teil der European Technology Platform Manufuture

Das Ziel ist es, eine „europäische“ Position zur Füge-technik zu erarbeiten. Es ist geplant, dieses „europäische“ Papier noch im Jahr 2012 der EU-Kommission vorzustellen und damit eine Sub Plattform „Joining Technology“ zu etablieren.

Unabhängig von der weiteren Arbeit zur Vorbereitung einer Sub Plattform Joining im Manufuture-Programm plant der DVS Vorschläge für mögliche Ausschreibungen für das nächste EU-Programm vorzubereiten.

Als Schwerpunkte hierfür sind u. a. „sustainable energy supply“ und „light weight construction“ und „e-mobility“ vorgesehen.

Weitere Informationen zum MANUFUTURE-Programm:

<http://www.manufuture.de>

<http://www.manufuture.de/uebereu.php>

<http://www.manufuture.org/manufacturing>

DVS Congress und DVS EXPO 2011 in Hamburg - ein Rückblick

Vom 26. bis zum 29. September 2011 fand das fügetechnische Großereignis des DVS, der DVS Congress und die DVS Expo im CCH Congress Centrum in Hamburg statt. Nationale und internationale Fachtagungen, Forschungskolloquien und der DVS-Bundeswettbewerb „Jugend schweißt“ erwarteten die Besucher des DVS Congress und der begleitenden Fachausstellung DVS Expo 2011. Das Fachprogramm bot den Fachbesuchern das gesamte Spektrum der Füge-, Trenn- und Beschichtungstechnik, das vor allem unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit stand.

Begleitend zum DVS Congress 2011 fand erstmalig die DVS Expo statt. Die Fachausstellung bot den Unternehmen der Branche die ideale Plattform, sich dem Fachpublikum zu präsentieren. Zum ersten Mal präsentierte sich der DVS-Bundeswettbewerb „Jugend schweißt“ im Rahmen dieser Veranstaltung.

Ein weiteres „Highlight“ stellte der Tauchcontainer der Firma Wittmann Tauchen GmbH & Co. KG dar. Zwei Tauchschweißer führten in dem mit 20.000 Liter Wasser gefüllten Tank den Besuchern abwechselnd neueste Techniken und Prüfverfahren im Unterwasserschweißen vor.

Insgesamt kamen 1.800 Teilnehmer aus dem In- und Ausland zum DVS Congress 2011. Dazu gesellten sich rund 1.200 Besucher der DVS Expo, die ausschließlich die kongressbegleitende Fachausstellung betraten. Täglich fanden rund 10 praktische Vorträge der Expo-Aussteller im „Industrieforum“ statt, das für die Ausstellungsbesucher frei zugänglich war. 154 Unternehmen aus 16 Nationen stellten auf rund 7.000 Quadratmetern Ausstellungsfläche ihre neuesten Produkte, Dienstleistungen und Technologien rund um das Fügen, Trennen und Beschichten aus.



Congress Centrum Hamburg

Bild 40

Die International Thermal Spray Conference & Exposition (ITSC) brachte Experten aus aller Welt zusammen, um sich über die Schlüsseltechnologien des thermischen Spritzens auszutauschen und dabei Forschung, Technik und Qualifizierung zu verbinden. Unter anderem wurden maritime Technologien als Beispiel für wachsende und zukünftige Anwendungen des thermischen Spritzens vorgestellt. Die deutschsprachigen Fachveranstaltungen umfassten die „Große Schweißtechnische Tagung“, den „DVS-Studentenkongress“, die Tagungen „Schweißen im Schiffbau und Ingenieurbau“, „Unterwassertechnik“ und die „ROBOTER“ sowie die Abschlusskolloquien der beiden Forschungscluster „Thermisches Spritzen“ und „Lichtbogenschweißen - Physik und Werkzeug“.



Schweißvorführung durch einen Taucher
(Lichtbogenschweißen mit speziell umhüllten Elektroden)

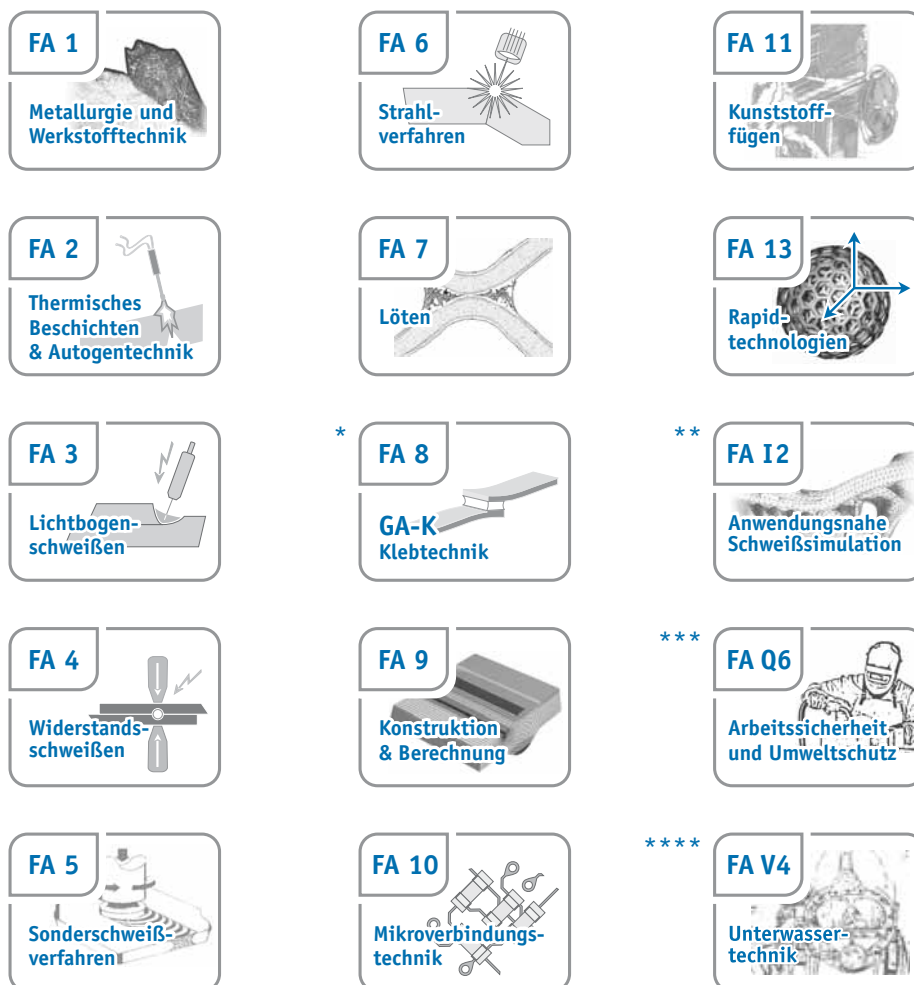
Bild 41

Die Fachausschüsse

Für eine effiziente und erfolgreiche kooperative Forschungsförderung ist es von entscheidender Bedeutung, dass ein enger Kontakt zwischen Forschungsvereinigung, Unternehmen und Forschungsstellen besteht. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Unternehmen mit ihren Forschungsanliegen Gehör finden und ein kontinuierlicher wissenschaftlich-technischer Gedankenaustausch zwischen den Akteuren stattfindet.

Diese Aufgabe obliegt den Fachausschüssen der Forschungsvereinigung (**Bild 42**), die das gesamte Spektrum der fügetechnischen Gemeinschaftsforschung repräsentieren. Sie sind verantwortlich für die Planung, Begleitung, Steuerung und Bewertung von Forschungsvorhaben. Darüber hinaus haben sie entscheidenden Einfluss auf den Prozess des Transfers der Ergebnisse in die Unternehmen.

Wesentliches Element der Tätigkeit der Fachausschüsse ist der technisch-wissenschaftliche Meinungs-austausch zwischen den Vertretern der Industrie, der Körperschaften und der Forschungsinstitute.



* GA-K Gemeinschaftsausschuss Klebtechnik

** I2 Hauptbereich I des AFT „Information“

*** Q6 Hauptbereich Q des AFT „Qualitätssicherung, Konstruktion, Berechnung und Arbeitsschutz“

**** V4 Hauptbereich V des AFT „Verfahren“

5 Fachausschuss 1



www.dvs-ev.de/fv/FA01

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

Marcus Kubanek

Tel.: 0211 / 1591-120

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: marcus.kubanek@dvs-hg.de

Vorsitzender Dipl.-Ing. Frank Palm
EADS Deutschland GmbH, München

Stellvertr. Vorsitzender N.N.

Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- W 1 „Technische Gase“ - www.dvs-aft.de/AfT/W/W1
- W 2 „Schweißen von Gusswerkstoffen“ - www.dvs-aft.de/AfT/W/W2
- W 3 „Fügen von Metall, Keramik und Glas“ - www.dvs-aft.de/AfT/W/W3
- W 4 „Fügen von Kunststoffen“ - www.dvs-aft.de/AfT/W/W4
- W 5 „Schweißzusätze“ - www.dvs-aft.de/AfT/W/W5
- W 6 „Schweißen von Aluminium und Magnesium“ - www.dvs-aft.de/AfT/W/W6

IIW - Gremien (International Institute of Welding) - www.iiw-iis.org

Commission II „Lichtbogenschweißen und Zusatzwerkstoffe“

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Entwicklung von Füge-technologien für Leichtbauanwendungen mit schmiegbaren Gamma-Titanaluminiden verbesserter Duktilität

(IGF-Nr. 15.596 N / DVS-Nr. 1.063)

Laufzeit: 1. Juni 2008 - 28. Februar 2011

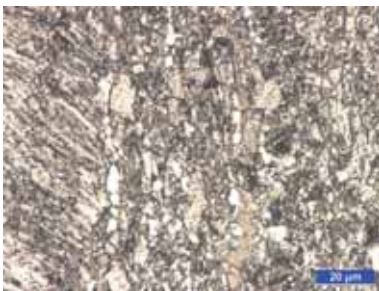
Prof. Dr.-Ing. H. Cramer, GSI mbH, NL SLV München

Herkömmliche TiAl-Legierungen weisen aufgrund ihrer geringen Duktilität eine hohe Riss- und Bruchgefahr unter mechanischer Belastung beim Pressschweißen oder Thermoschock beim Schmelzschweißen auf, weshalb die Anwendbarkeit von Fügeverfahren weitgehend auf quasi-isotherme Prozesse begrenzt ist (z.B. Diffusionsschweißen, Hochtemperatur-Vakuumlöten). Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde das Reibschweißen (Pressschweißen) und das Laserstrahlschweißen (Schmelzschweißen) für seine Anwendung zum Fügen neuer Titanaluminide mit erhöhter Duktilität weiterentwickelt. Als Versuchswerkstoff wurde die TNM-Legierung Ti-43,5Al-4Nb-1Mo-0,1B in stranggepresstem und gegossenem/gehittem Ausgangszustand verwendet. Schwerpunkt war die Untersuchung des Werkstoffverhaltens und der Schweißseignung sowie die Beeinflussung des Gefügestandes und der Verbindungseigenschaften. Neben artgleichen Verbindungen TiAl/TiAl wurden auch Mischverbindungen mit Nickelbasiswerkstoff bzw. mit Stahl untersucht. Die TiAl-Versuchsproben – Rundproben zum Reibschweißen bzw. Flachproben zum Laserstrahlschweißen – wurden durch Drahterodieren aus stranggepressten Stäben oder gegossenen Zylinderblöcken hergestellt.

Begünstigt durch die erhöhte Duktilität der neuen TiAl-Legierung ist die Bruchgefahr beim Reibschweißen (ohne Vor- oder Nachwärmung) auf ein unkritisches Maß reduziert. Im β -Phasengebiet (unterhalb Schmelztemperatur) zeigt der TiAl-Werkstoff eine gute Plastifizierfähigkeit. Das Verhalten beim Reibschweißen ist mit einem Titanwerkstoff wie TiAl6V4 vergleichbar.

Bei ausreichender Wärmeeinbringung ist eine rissfreie Luftabkühlung nach dem Reibschweißen möglich. Das Reibschweißen ist ohne zusätzliche Maßnahmen - ohne Vor- oder Nachwärmung, ohne Schutzgas - prozesssicher anwendbar (**Bilder 1a, b**). Beim Laserstrahlschweißen kann die Vor-/Nachwärmzeit im Vergleich zur Ofenschweißung konventioneller TiAl-Werkstoffe mit lokaler Vor/Nachwärmung des Schweißbereiches deutlich reduziert werden (< 4 min), um rissfreie Schweißverbindungen zu gewährleisten. Die TNM-Legierung Ti-43,5Al-4Nb-1Mo-0,1B zeichnet sich zudem dadurch aus, dass sich der Gefügestand für optimierte Hochtemperatureigenschaften durch eine zweistufige Wärmebehandlung (1240°C/1h/AC, 850°C/6h/FC) einstellen lässt. Als Wärmenachbehandlung nach dem Schweißen kann damit für bestimmte Ausgangszustände eine einheitliche Regenerierung des Werkstoffes mit Ausheilung des Schweißbereiches erzeugt werden (**Bild 1c**).

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sowohl beim Reibschweißen als auch beim Laserstrahlschweißen artgleicher Verbindungen aus Ti-43,5Al-4Nb-1Mo-0,1B eine deutliche Verbesserung der Schweißseignung mit einer wirtschaftlich relevanten Vereinfachung der Arbeitsrandbedingungen, einer verbesserten Prozesssicherheit und gesteigerten Verbindungseigenschaften verbunden ist. Damit sind die fägetechnischen Voraussetzungen für den Einsatz dieser neuen TiAl-Werkstoffe mit verbesserter Duktilität für die Fertigung innovativer Leichtbauteile geschaffen worden.



a) TiAl-Grundwerkstoff, stranggepresst



b) Fügezone reibgeschweißt – ohne Wärmenachbehandlung



c) Fügezone reibgeschweißt - mit Wärmenachbehandlung (1240°C/1h/AC, 850°C/6h/FC)

Bild 1 - Mikrogefüge einer Reibschweißverbindung aus Ti-43,5Al-4Nb-1Mo-0,1B

Dr.-Ing. V. Güther, GfE Metalle und Materialien GmbH, Nürnberg: „Die GfE Metalle und Materialien GmbH hat das in hohem Maße aktuelle Forschungsprojekt mit qualifiziertem Versuchsmaterial aus der neuen β - γ -TiAl Legierung TNM®-B1 unterstützt. Diese Legierung wurde speziell mit Hinblick auf eine verbesserte Prozessierbarkeit entwickelt und ist nicht zuletzt aus diesem Grund für den Serieneinsatz von Niederdruckturbinenschaufeln in Flugzeugtriebwerken und neuerdings auch für den Serieneinsatz von Turboladern vorgesehen.“

Die Ergebnisse zum artgleichen Reibschweißen und Laserstrahlschweißen bestätigen eindrucksvoll die wirtschaftlichen Potenziale der TNM-Legierung. Es ist gelungen, reproduzierbare Schweißverbindungen herzustellen, in denen die durch den Schweißprozess geänderten Gefüge speziell in den Füge- und Wärmeeinflusszonen durch nachträgliche Wärmebehandlungen praktisch vollständig ausgeheilt werden können. Damit besitzen die Schweißverbindungen keine negativen Einflüsse auf die thermomechanischen Eigenschaften von geschweißten Bauteilen. Damit werden neue Optionen auf γ -TiAl Blisk-Bauteile im Turbinenbau eröffnet. Die Ergebnisse lassen sich aber auch grundsätzlich auf Reparaturschweißungen speziell in Turbinenanwendungen übertragen. Die Möglichkeit von Reparaturschweißungen beseitigt eine wichtige wirtschaftliche Hürde für den Einsatz von Titanaluminiden im Triebwerksbau.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Verbesserung der Schweißbeignung von Aluminium durch Kornfeinung

(IGF-Nr. 16.242 N / DVS-Nr. 01.067)

Laufzeit: 1. Oktober 2009 – 30. September 2011

Prof. Dr.-Ing. M. Rethmeier, BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung

Prof. Dr.-Ing. F. Vollertsen, BIAS – Bremer Institut für angewandte Strahltechnik

In diesem Forschungsvorhaben wurde die mittlere Korngröße von Aluminiumschweißnähten gezielt minimiert, um ihren Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Schweißnähte und auf die Heißrissanfälligkeit des Grundwerkstoffs zu ermitteln. Dazu wurde durch Gießen zunächst ein stabförmiger Schweißzusatz hergestellt, der aus dem jeweiligen Grundwerkstoff und definierten Zugaben an kommerziellem Al Ti5B1-Kornfeiner bestand. Diese Gusseinlagen wurden anschließend im Grundwerkstoff (Blechdicke 3 mm) vordeponiert und im WIG- und Laserstrahlschweißverfahren aufgeschmolzen. Als Grundwerkstoffe kamen die Legierungen AW-1050A (Al 99,5), 2098 lean (Al CuLiMgAg), AW-5083 (Al Mg4,5Mn0,7) und AW-6082 (Al Si1MgMn) zum Einsatz.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Al Ti5B1-Zugaben zu einer deutlichen Verringerung der Schweißgute Korngröße geführt haben (**Bild 1a**). Hauptgrund für diese Kornfeinung war die durch die Zugaben verursachte Erhöhung der Anzahl effektiver, Ti-reicher Erstarrungskeime. Solche Partikel konnten mittels ESMA- Elektronenstrahlmikroanalyse) in feinkörnigem Schweißgut gefunden werden. Anhand der Ergebnisse wurden Ti/B-Sollgehalte für das Schweißgut in Abhängigkeit von Legierung, Schweißverfahren und -parametern festgelegt, um eine vollständige Kornfeinung (d.h. vollständig globulithische Körner mit minimaler Korngröße) im Schweißgut sicherstellen zu können. Es wurde für verschiedene Werkstoffe und Schweißverfahren gezeigt, dass sich die Schweißgute Duktilität und –zähigkeit durch Kornfeinung verbessern lassen und dass die Heißrissanfälligkeit des Grundwerkstoffs dadurch deutlich verringert (**Bild 1b**).

Darüber hinaus wurde anhand eines mit Al Ti5B1 angereicherten Versuchsdrahtes aus AW-6082 (Al Si1MgMn) gezeigt, dass die Herstellung drahtförmiger, kornfeinender Schweißzusatzwerkstoffe für das Al-Schweißen prinzipiell möglich ist. Dieser Versuchsdraht kam schließlich in MIG-Schweißungen zum Einsatz und führte eine deutlich geringere Schweißgute Korngröße herbei als bei der Verwendung von herkömmlichem Al Si5-Draht.

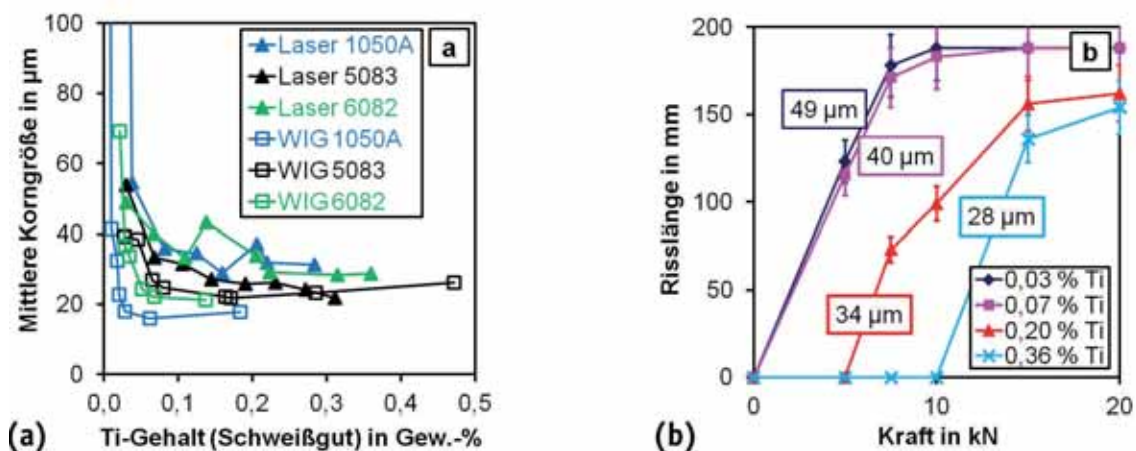


Bild 1 - Mittlere Schweißgute Korngröße in Abh. von Ti-Gehalt, Schweißverfahren und Grundwerkstoff (a) und Risslänge in Delta-Heißrissstests an Laserstrahlschweißnähten in Abhängigkeit von Prüfkraft, Ti-Gehalt und mittlerer Korngröße (b), Grundwerkstoff: AW-6082

Dipl.-Ing. G. Wimmer, Linde AG, Engineering Division, Werk Schalchen, Leiter Schweißtechnik: „Die Arbeit stellt einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Duktilität und Heißrissicherheit von Aluminium-Schweißgut dar. Darüber hinaus ist man mit dieser Arbeit einen Schritt weiter in Richtung der Entwicklung von artgleichen Zusatzwerkstoffen für Legierungen der Reihe 6000 gekommen.“

Ing. R. Lahnsteiner, MIG WELD GmbH International, Landau/Isar, Geschäftsführer: „Die bei den Versuchen erzielte Kornfeinung ist beeindruckend und bedeutet einen erheblichen Fortschritt für das Schmelzschweißen von Aluminium. Als Grundlage für weitere Entwicklungen ist das Projekt Kornfeinung von größter Bedeutung.“

Durchlaufende Forschungsprojekte 2011 im FA 1 5

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
01.066 16.277 B	Metallkundlich-technologische Untersuchungen zum Elektronenstrahlschweißen mit kombinierter Mehrprozessechnik von austenitisch-ferritischen Stählen ohne Schweißzusatz Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.277B	01.12.2009	31.05.2012
01.069 16.316 B	Schweißmetallurgische Untersuchungen zum wärmereduzierten MAG-Verbindungsschweißen heißrissempflicher Ni-Basislegierungen Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.316B	01.03.2010	29.02.2012
01.071 16.364 B	Schweißen von pulvermetallurgisch hergestellten ferritischen Chromstählen Prof. Dr. Mayr, IFS Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.364B	01.02.2010	31.01.2012
01.072 16.492 N	Generieren und Fügen von SLM-Bauteilen aus Hartmetall Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen Prof. Dr.-Ing. Wesling, ISAF Clausthal Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.492N	01.05.2010	30.04.2012
01.073 16.748 B	Untersuchungen zur Vermeidung von Heißrissen beim Laserstrahlschweißen von austenitischen Cr-Ni-Stählen und Nickelbasislegierungen mittels Temperaturfeld-Tailoring Prof. Dr. Beyer, IWS Dresden Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.748B	01.10.2010	30.09.2012

5 Abgeschlossene Forschungsprojekte 2011 im FA 1

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
01.063 15.596 N	Entwicklung von Füge-technologien für Leichtbauanwendungen mit schmiedbaren Gamma-Titanaluminiden verbesserter Duktilität Prof. Dr.-Ing. Cramer, GSI mbH, SLV München Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.596N	01.06.2008	28.02.2011
01.065 16.034 B	Legierungssysteme für Fülldrähte zum MSG-Schweißen von Aluminium-Knet- und Druckgusslegierungen Dr.-Ing. Ströfer, SLV Halle Dr.-Ing. habil. Bouaifi, CeWOTec Chemnitz Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov, BTU Cottbus Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.034B	01.04.2009	31.12.2011
01.067 16.242 N	Verbesserung der Schweißseignung von Aluminium durch Kornfeinung Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.242N	01.10.2009	30.09.2011



www.dvs-ev.de/fv/FA02

Anprechpartner der Forschungsvereinigung
Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck
 Tel.: 0211 / 1591-173
 Fax: 0211 / 1591-200
 E-Mail: jens.jerzembeck@dvs-hg.de

Vorsitzender Dr.-Ing. Gerhard Blosschies
 Gesellschaft für Wolfram Industrie mbH, Traunstein
Stellvertr. Vorsitzender Werner Krömmner
 Linde AG (Geschäftsbereich Linde Gas), Unterschleißheim

Veranstaltungen

International Thermal Spray Conference and Exposition (ITSC)

Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- Gemeinschaftsausschuss DIN NA 092-00-14 AA / DVS AG V 7 - www.dvs-aft.de/AfT/V/V7
 „Thermisches Spritzen und thermisch gespritzte Schichten“

IIW-Gremien (International Institute of Welding) - www.iiw-iis.org

Commission I „Thermisches Schneiden und verwandte Verfahren“

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Zerstörungsfreie Charakterisierung thermisch gespritzter Schichten mittels thermografischer Prüfmethoden

(IGF-Nr. 15.504 B / DVS-Nr. 2.004)

Laufzeit: 1. Februar 2008 - 31. Januar 2011

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. B. Wielage,

Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik der Technischen Universität Chemnitz

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Leistungsfähigkeit von Prüfsystemen für die zerstörungsfreie thermografische Charakterisierung und Qualitätssicherung von thermisch gespritzten Schichten sowohl im statischen als auch im Online-Einsatz zu ermitteln. Dabei wurden mit kontrolliert eingebrachten Fehlstellen versehene Probenkörper und reale Bauteile systematisch untersucht, um einen Leistungskatalog für verschiedene Schichtwerkstoffe und Fehlerklassen zu erstellen.

Die repräsentativen Probenkörper wurden mit thermisch gespritzten metallischen, keramischen und Verbundschichten versehen (316L, Nickelbasis-Schichten, WC/Co-Cr 86/10-4, Al₂O₃/TiO₂ 97/3), um über deren breites physikalisches Eigenschaftsspektrum die Einsatzgrenzen der thermografischen Prüfmethoden untersuchen zu können. Die Systematisierung der Proben umfasste dabei Fehlerart, -lage und -größe, Schicht-Substrat-Werkstoffkombination, Schichtdicke, Schichtmorphologie, Oberflächenzustand, Bauteiltemperatur und Bauteilgeometrie.

Demnach sind mit einem impulsthermografischen Aufbau bei 200-Hz-Anregung über Blitzlampen und einer entsprechenden Hochleistungs-Thermografiekamera Delaminationen, Anbindungsfehler, Risse, Einschlüsse, größere Poren und Porenester bis zu einer tiefenabhängigen Größe lokalisierbar.

Weiterhin können integrale Porositätsniveaus von Schichten über das gesamte Prüffeld qualitativ bestimmt werden. Mit einem validierten eindimensionalen Modell der impulsthermografischen Prüfung wurden die theoretischen Fehlerdetektierungsgrenzen für das eingesetzte thermografische Prüfsystem unter Beachtung des Messzeitpunkts bestimmt, allgemeine Kriterien zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines beliebigen vorhandenen Prüfsystems formuliert, und die daraus folgenden Detektierungsgrenzen für verschiedene Unregelmäßigkeiten angegeben. Im Rahmen des Verbundvorhabens „TS-Cluster“ wurde zudem die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Impuls-Lock-In-Thermografie erfolgreich an Proben neuartiger Eisenbasis- und kaltgasgespritzter Zink-Schichten nachgewiesen. Vom projektbegleitenden Ausschuss wurden verschiedene demonstratorische und reale Bauteile zur Verfügung gestellt und erfolgreich geprüft. Als Demonstrator zur Qualifizierung einer Online-Prüfmethode wurde ein Druckzylinder gestellt, in dessen industrienahe Beschichtung thermografische Untersuchungen integriert und erfolgreich am bewegten Bauteil durchgeführt wurden.

Lohn- und In-House-Beschichter betrachten die zerstörungsfreie Prüfung thermisch gespritzter Schichten als einen Schlüssel zum Erschließen neuer Anwendungsfelder, da die so verbesserten Qualitätsmerkmale maßgeblich zur Akzeptanz thermisch beschichteter sicherheitsrelevanter oder großflächiger Bauteile beitragen. Insbesondere zuliefernden Betrieben wird die Möglichkeit eröffnet für jedes Bauteil und die gesamte beschichtete Oberfläche nachweisbar und schnell die Produktqualität zu erfassen. Die Ergebnisse können dabei branchenübergreifend von verschiedensten Spritztechnologieanwendern genutzt werden.

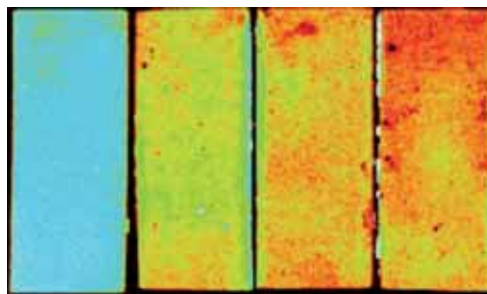


Bild 1: Phasenbilder von NiCrBSi-Schichten unterschiedlicher Porositätsniveaus (von links nach rechts: 1,5 %, 2,9 %, 3,5 %, 5,6 %)

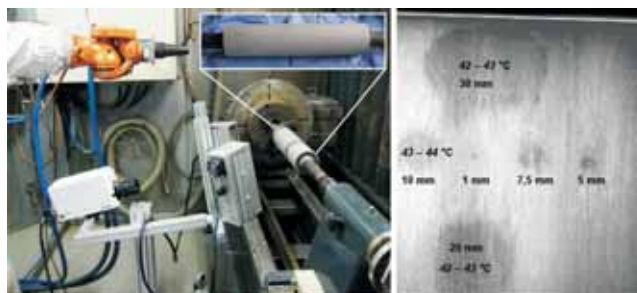


Bild 2: Versuchsaufbau der Online-Thermografie an einem Demonstrator (Druckzylinder) zur Qualifikation der Online-Thermografie und Prüfergebnis für Anbindungsfehler am rotierenden Druckzylinder mit Keramikschiicht und Fehlertiefen von 150 µm

Dipl.-Ing. SFI Sven Hartmann, obz innovation GmbH, Bad Krozingen: „Die Möglichkeit der zerstörungsfreien Charakterisierung von thermisch- oder kaltgassgespritzten Schichten ist sehr vorteilhaft, um im laufenden Beschichtungsbetrieb im Rahmen der Qualitätssicherung Aussagen über die Beschichtungsqualität machen zu können. Die Ergebnisse dieses Projekts geben wichtige Hilfestellungen, um die untersuchten thermografischen Prüfmethodiken in einen Lohnbeschichtungsbetrieb zu integrieren. Die obz innovation gmbh plant, die Thermografie im Produktionsprozess einzusetzen.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Feinstrukturierte Werkstoffe auf Fe-Basis und korrespondierende Verarbeitungsverfahren für den Verschleiß- und Korrosionsschutz

(IGF-Nr. 15.505 N / DVS-Nr. 02.005)

Laufzeit: 1. Februar 2008 - 31. Januar 2011

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. W. Tillmann, Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, Technische Universität Dortmund

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Fe-Basis-Feinstpulverlegierung“, das zum AiF/DFG-Forschungscluster „Thermisches Spritzen“ gehörte, wurde ein Verfahrenskonzept zur Feinstpulverherstellung, basierend auf einer konventionell verfügbaren Lichtbogenspritzanlage (LiBo), entwickelt. Hierbei wurde eine flexible Alternative zur Herstellung unterschiedlicher Pulverzusammensetzungen auf Fe-Basis geliefert, mit der Feinstpulver effizient und wirtschaftlich erzeugt werden können. Die Fe-Basis-Legierungen wurden mit dem neuentwickelten Verfahrenskonzept, das vom Spritzprozess bis hin zum verarbeitbaren Feinstpulver erstellt wurde, als draht- oder pulverförmiger Ausgangswerkstoff zu Feinstpulver verarbeitet. Ziel war es hier, Pulver mit gezielt angepassten Eigenschaften und Partikelgrößen im Bereich von 5-15 µm zu erzeugen und so die Möglichkeit zur Herstellung neuartiger und innovativer Korrosions- und Verschleißschutzschichten mit feinstskaliger Strukturierung zu liefern. Der Schwerpunkt lag dabei auf einer qualitativen Erzeugung von hochwertigen Pulvern mit gleichmäßigen Kornverteilungen, sphärischer Form, minimalen Oxidanteilen und in ausreichender Menge für Spritzprozesse (> 1 kg). Eine Optimierung der Reproduzierbarkeit der gewünschten Partikelgrößenverteilung und der prozessbedingten Partikeloxidierung stand dabei im Hauptfokus der Untersuchungen. Um eine Reproduzierbarkeitsanalyse im eigentlichen Spritzprozess durchführen zu können, wurde eng mit dem Projekt „Prozessdiagnostik“ (LPT München) zusammengearbeitet, das während der Projektlaufzeit stichprobenartig die Erzeugungsversuche analytisch überwachte und auswertete. Neben den reinen Werkstofffragen wurden hier auch Probleme der Verarbeitung wie etwa der Förderbarkeit und der Eindüsung der feinen Pulverfraktionen mittels Pulvermischdüse im nachfolgenden Spritzprozess detailliert analysiert. Die Feinstpulver wurden unmittelbar nach der Herstellung in HVOF-Prozessen am LWT und im Projekt „Feinstpulverschicht“ (IOT Aachen) hinsichtlich ihrer Verarbeitbarkeit untersucht. Dabei wurde das Potential der Pulver erfasst und aufgrund der Ergebnisse die Legierungs- bzw. Pulverzusammensetzung modifiziert und angepasst. Zwischen der entwickelten Legierung und dem verdüsten Pulver wurde eine Korrelation der relevanten Parameter durchgeführt, um Aussagen über die chemische Zusammensetzung bzw. eine Änderung der chemischen Zusammensetzung nach dem Verdüsungsvorgang treffen zu können. In diesem Punkt der Legierungsentwicklung wurden grundlegende Erkenntnisse des Projekts W1 „Nanolegierung“ (IW Hannover) berücksichtigt. Das abschließend erzeugte Pulver wurde dann erst in kleinen Mengen (< 1 kg) und im fortlaufenden Projekt in größeren Pulvermengen (> 1 kg) an das Projekt „Feinstpulverschicht“ geliefert. Dort wurden Feinstpulverschichten hergestellt und metallographisch sowie chemisch hinsichtlich Haftfestigkeit, Impactverhalten, Verschleiß- und Abrasionsbeständigkeit, korrosivem Verhalten und Benetzungsverhalten untersucht.

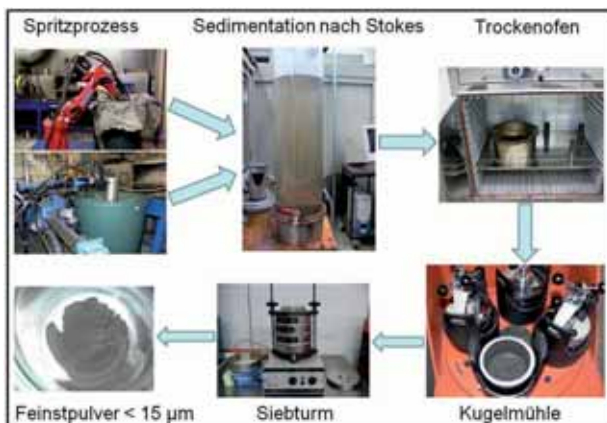


Bild 1: Ablaufschemata Pulvererzeugung

Dr.-Ing. K.laus Nassenstein, GTV Verschleiss-Schutz GmbH: „Im Zuge der Prozesskettenoptimierung und der Forderung nach immer feiner gradierten Schichten gerät der Bereich Feinstpulver immer mehr in den Fokus der Industrie. Leider war es bis dato für KMUs nicht möglich, kleine Mengen an Feinstpulvern für die Prototypen-Forschung zu generieren. Durch die Ergebnisse aus dem IGF-Vorhaben 15.505 N ist dies nun endlich möglich. Hier durch ergeben sich ganz neue Möglichkeiten für die Inhouse-Forschung in Unternehmen.“

Dr.-Ing. Frank Schreiber, DURUM Verschleiss-Schutz GmbH: „Das IGF-Vorhaben 15.505 N hat gezeigt, dass es auch mit einem geringen finanziellen Aufwand in Kombination mit Fülldrähten möglich ist, kleine Mengen an Feinstpulver zu erzeugen. Diese Tatsache ergibt für die Zukunft ganz neue Perspektiven für den Bereich der Fülldrähte und die Verwendung von Feinstpulvern.“

5 Durchlaufende Forschungsprojekte 2011 im FA 2

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
02.068 17.049 B	Einsatz von Fülldrähten mit großem Durchmesser für das Thermische Spritzen Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, WSK Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.049B	01.08.2011	31.01.2014
02.065 17.099 B	Oberflächenfunktionalisierung von Hochleistungspolymeren Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, WSK Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.099B	01.07.2011	30.06.2013
02.060 16.411 N	Qualifikation der Bestimmung der Porosität und der Eindruckhärte an thermisch gespritzten Schichten Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Tillmann, LWT Dortmund Prof. Dr.-Ing. Bach, IW Hannover Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.411N	01.03.2010	29.02.2012
02.062 16.412 B	Verbesserung der Qualität lichtbogengespritzter Schichten durch den Einsatz modifizierter Brennertechnik und Hochgeschwindigkeitsgasströmungen Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, WSK Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.412B	01.03.2010	29.02.2012
02.064 17.371 B	Funktionalisierung von Keramikoberflächen durch thermisch gespritzte Schichten Prof. Dr. habil. Michaelis, IKTS Dresden Prof. Dr. Beyer, IWS Dresden Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.371B	01.06.2010	31.12.2012

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
02.905 00.283 Z	Neuartige thermisch applizierte Schutzschichten für korrosiv beanspruchte Anlagenkomponenten in der Müll- und Biomasseverbrennung Dr.-Ing. habil. Bouaifi, CeWOTec Chemnitz Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, WSK Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.283Z	01.04.2008	28.02.2011
02.001 15.501 N	Entwicklung und Herstellung nachbearbeitungsarmer Schichtsysteme zum kostenkünstigen Korrosions- und Verschleißschutz mit Fe-Basis-Feinstpulvern Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.501N	01.02.2008	31.01.2011
02.002 15.502 N	Entwurf, Aufbau und Anwendung mobiler Diagnostiken für den Hartchromersatz-Beschichtungsprozess Prof. Dr.-Ing. Schein, EIT 1 Neubiberg Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.502N	01.02.2008	31.01.2011
02.003 15.503 N	Kaltgasgespritzte Schichten zum Lasergravieren für Tiefdruckwalzen Prof. Dr.-Ing. Klassen, HSU Hamburg Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.503N	01.02.2008	31.01.2011
02.004 15.504 B	Zerstörungsfreie Charakterisierung thermisch gespritzter Schichten mittels thermografischer Prüfmethode Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, WSK Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.504B	01.02.2008	31.01.2011
02.005 15.505 N	Feinstrukturierte Werkstoffe auf Fe-Basis und korrespondierende Verarbeitungsverfahren für den Verschleiß- und Korrosionsschutz Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Tillmann, LWT Dortmund Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.505N	01.02.2008	31.01.2011
02.056 16.029 B	Entwicklung einer schnellen zerstörungsfreien Prüfmethode zur Messung mechanischer Kennwerte und der Porosität an thermisch gespritzten Schichten Prof. Dr. Beyer, IWS Dresden Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.029B	01.04.2009	31.03.2011
02.057 16.033 B	Verbesserung des Eigenschaftsprofils thermisch gespritzter Schichten aus Manganhartstählen und metastabilen austenitischen Stählen während der spanenden Bearbeitung Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, WSK Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.033B	01.04.2009	30.09.2011
02.904 16.434 N	Weiterentwicklung eines optimierten korrosionsgeschützten Systems für niedrig legierten Baustahl mit einer thermisch gespritzten Schutzschicht auf Basis modifizierter Zinklegierungen als Ergänzung zum Stückverzinken von Bauteilen Prof. Dr.-Ing. Bleck, IEHK Aachen Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen Prof. Dr.-Ing. Feldmann, STB Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.434N	01.12.2009	30.11.2011



www.dvs-ev.de/fv/FA03

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

Dipl.-Ing. Wolfgang Queren

Tel.: 0211 / 1591-116

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: wolfgang.queren@dvs-hg.de

Vorsitzender Dr.-Ing. Wolfgang Scheller

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg

Stellvertr. Vorsitzender Ing. Robert Lahnsteiner

MIG WELD GmbH Deutschland, Landau a.d. Isar

Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V 2 „Lichtbogenschweißen“ mit über 45 Untergruppen - www.dvs-aft.de/AFT/V/V2

IIW - Gremien (International Institute of Welding) - www.iiw-iis.org

- Commission II „Lichtbogenschweißen und Zusatzwerkstoffe“
- Commission IX „Verhalten der Metalle beim Schweißen“

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Strömungstechnische Auslegung von Brennersystemen zum wirtschaftlichen und emissionsreduzierten Lichtbogenschweißen (Teilprojekt des Lichtbogen-Clusters)

(IGF-Nr. 15.871 BR / DVS-Nr. 03.090)

Laufzeit: 1. November 2008 – 31. Oktober 2011

Prof. Dr.-Ing. habil. U. Füssel, Lehrstuhl für Fügetechnik und Montage der TU Dresden

Für die Entwicklung und den wirtschaftlichen Einsatz von MSG-Schweißbrennern ist eine fundierte Bewertung sowohl der Schutzgasströmung im Inneren des Brenners als auch in der Prozessumgebung erforderlich.

Zur Bewertung der Gasströmung wurden im Rahmen des Vorhabens numerische und experimentelle Methoden der Strömungsanalyse entwickelt und an Lichtbogenprozessen angewendet. Zur Messung der Sauerstoffkonzentration im Prozessbereich am Werkstück (mit und ohne Lichtbogen) wurde ein Sondenverfahren mit einer Lambda-Messzelle verwendet. Zur Visualisierung des Strömungsfeldes wurde die Schlierentechnik weiterentwickelt. Durch die Adaption von spektralselektiven Filtern kann die Gasströmung jetzt auch während des Lichtbogenschweißens in unmittelbarer Prozessumgebung visualisiert werden. Die PIV-Methode ermöglicht die Quantifizierung der Strömungsgeschwindigkeit. Weiterhin wurde ein numerisches Modell entwickelt, welches neben dem Strömungs- und Turbulenzeffekten auch die Wirkung des Lichtbogens und dessen Dynamik auf die Schutzgasströmung berücksichtigt.

Durch Anwendung der Simulation erfolgte die Visualisierung der Strömung im Schweißbrenner. Hierbei wurde festgestellt, dass am Gasverteiler Turbulenzen erzeugt werden, die in derzeitigen Brennerkonzepten teilweise unzureichend dissipieren und die Qualität der Schutzgasabdeckung am Werkstück beeinträchtigen (**Bild 1**, nächste Seite). Auf Grundlage der Analysen wurden Konstruktionsvarianten für eine optimierte Gasverteilung erarbeitet, die eine gleichmäßige Strömung und eine hochwertige Schutzgasabdeckung gewährleisten. Bei der strömungstechnischen Auslegung gasgekühlter Systeme ist weiterhin darauf zu achten, dass die thermische Expansion des Schutzgases im Brenner zu hohen Strömungsgeschwindigkeiten und Turbulenzen führt, denen durch die Gasverteilung und ausreichend große Strömungsquerschnitte entsprochen werden muss. Bereits jetzt werden von den Brennerherstellern eigene Prototypen gefertigt und getestet, deren Gasführung und -verteilung auf der Grundlage der im Projekt erzielten Ergebnisse basieren.

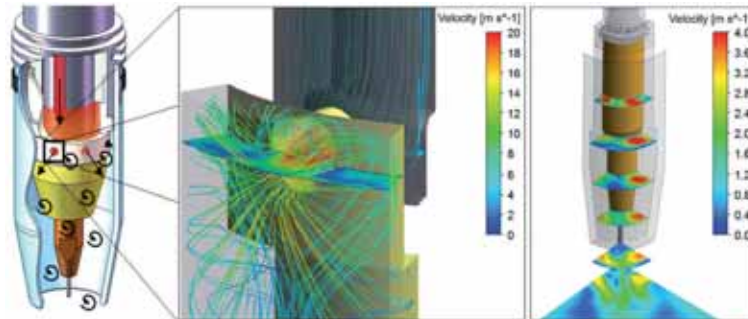


Bild 1: Entstehung von Turbulenzen an einer Bohrung des Gasverteilers (links) und Ausbildung einer ungleichmäßigen Strömung bis zum Werkstück (rechts)

Neben den strömungstechnischen Vorgängen im Brennerinneren wird die Gasabdeckung entscheidend durch die Wechselwirkungen mit dem Lichtbogen beeinflusst. Die Form und die Position der Schutzgasdüse zeigen in den Untersuchungen einen signifikanten Einfluss (**Bild 2**). Im Allgemeinen erzielen breite Gasdüsen im Vergleich zu stark konischen Düsen auch eine breitere, hochwertigere Schutzgasabdeckung. Es wurde jedoch festgestellt, dass Schutzgasdüsen auch zu breit dimensioniert werden können. Dies führt gerade bei hohen Gasmengen zu einer ungünstigen Lichtbogenanströmung und Verunreinigung der Schutzgasabdeckung. Zurückstehende Schutzgasdüsen bzw. große Abstände zwischen Schweißbrenner und Werkstück führen ebenso zu verstärkter Kontamination und sind durch größere Schutzgasmengen zu kompensieren. Bei eingeschränkter Zugänglichkeit ist aus Sicht einer guten Schutzgasabdeckung eher das Zurücksetzen des kompletten Brenners zu empfehlen als kürzere Gasdüsen mit vorstehendem Stromkontaktrohr zu verwenden.

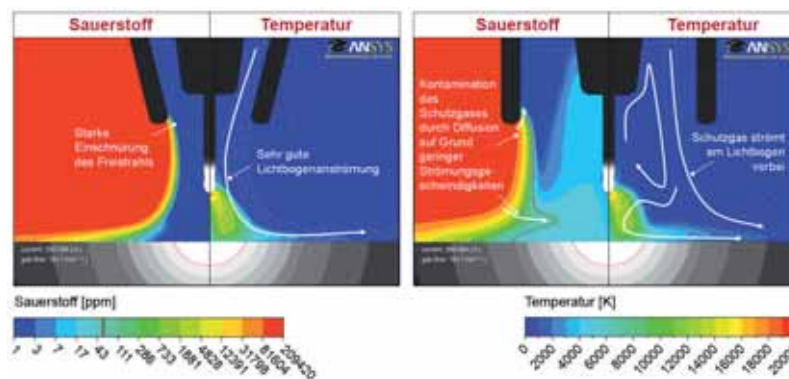


Bild 2: Darstellung der Lichtbogenanströmung in Abhängigkeit der Gasdüsenform. Stark konische Gasdüse (links) und breite Gasdüse (rechts)

Hubert Metzger, Leiter Entwicklung und Konstruktion, Alexander Binzel Schweißtechnik: „Die Arbeit im PbA wurde durchweg positiv empfunden. Die Sitzungen liefen in einer ruhigen sachlichen Atmosphäre ab, die Präsentationen waren gut strukturiert und lieferten einen sehr guten Überblick über den jeweils aktuellen Stand der Arbeiten sowie der erzielten Ergebnisse und das weitere Vorgehen. Es wurde ausreichend Zeit für Fragen und Diskussionen eingeplant.

Erkenntnisse aus dem Vorhaben konnten in unserem eigenen Schweißlabor über die im Institut ebenfalls verwendete Schlierentechnik nachvollzogen werden und liefern konkrete Ansätze um Schweißbrenner mit optimierter Gasführung zu entwickeln. Mehrere Aspekte haben bereits Eingang in die Entwicklung von Schweißbrennern gefunden und werden die Wettbewerbsfähigkeit dieser und zukünftiger Produkte weiter verbessern.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Entwicklung einer ereignisorientierten Regelung auf der Basis der inversen Modellierung zur robusten Prozessführung komplexer MSG-Impulsschweißprozesses

(IGF-Nr. 15.872 BG / DVS-Nr: 03.091)

Laufzeit: 1. November 2008 - 31. Oktober 2011

Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF), RWTH Aachen

Prof. Dr. rer. nat. habil. J. Kruscha, Institut für Inverse Modellierung (I2M), Hochschule Lausitz

In Ergänzung zu den existierenden, zeitgesteuerten Regelungskonzepten für den Impulsschweißprozess war das Ziel dieses Forschungsvorhabens die Entwicklung und Realisierung einer ereignisorientierten Regelung. Diese gewinnt aus den transienten Strom-/Spannungssignalen Informationen über den aktuellen Prozesszustand und beeinflusst basierend darauf bei Prozessinstabilitäten den Schweißprozess.

Im Rahmen der Arbeiten wurde zur Generierung von Prozessverständnis Module zur Signalvorverarbeitung für eine differenzierte, modelltechnische Analyse und Methoden zur automatisierten Bildbearbeitung von Hochgeschwindigkeitskameraaufnahmen entwickelt. Zur systematischen Analyse der Strom-, und Spannungsverläufe wurden die transienten Prozessgrößen durch geeignete numerische Operationen, wie Ableitungen, Divisionen und Multiplikationen, aufbereitet und in physikalisch relevanten Prozessphasendiagrammen dargestellt, die ein neues Instrument zum Verständnis der Prozess- und Regelungsdynamik zur Verfügung stellen (**Bild 1**). Diese Phasenraumdarstellungen sind ein neues sehr hilfreiches Instrument zur Bewertung des Prozesses und zeigen Wege auf zur Verbesserung der Stabilität und Regelmäßigkeit.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt beinhaltete die Entwicklung und Realisierung eines echtzeitfähigen Sensormoduls zur Bereitstellung von Informationen über Prozessereignisse und Systemzustände mittels interner Sensorik. Für den Impulslichtbogenprozess detektiert das Sensormodul aus den transienten Strom-/Spannungssignalen den Zeitpunkt der Tropfenablösung und daraus abgeleitete prozessphasenbezogene Energieeinträge. Ferner stellt das Modul durch Korrelation mit Ergebnissen der Bildauswertung der Hochgeschwindigkeitsaufnahmen Informationen über die Tropfeneigenschaften (Tropfengröße, Tropfengeschwindigkeit) zur Verfügung. Mit diesen Informationen wurde ein Regelungskonzept (**Bild 2**, nächste Seite) realisiert, dass eine Tropfenablösung im nächsten Puls bei Nichtablösung im vorher gegangenen Puls initiiert und im statistischen Mittel die geforderten Tropfeneigenschaften sicherstellt.

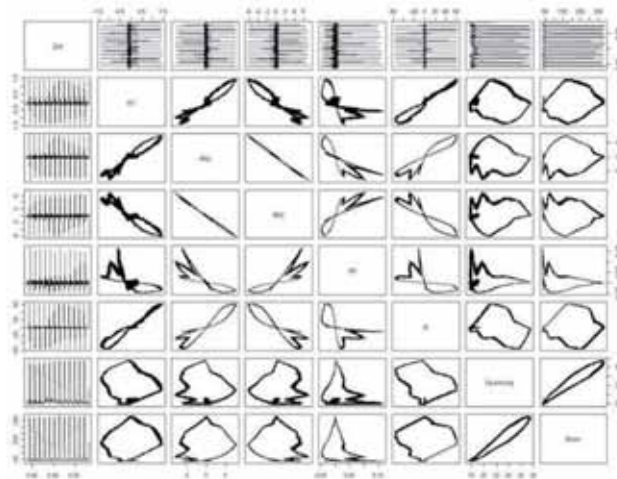


Bild 1: Phasenraumdarstellungen unter Einbeziehung differentieller Größen

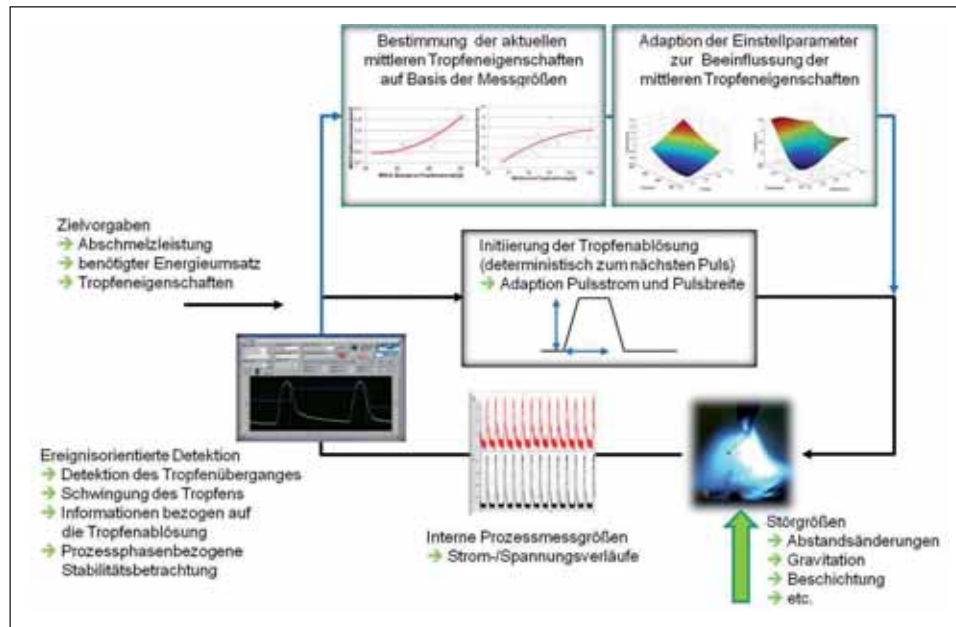


Bild 2: Ereignisorientiertes Regelungskonzept

Dipl.-Ing. K.-P. Schmidt, Spartenleiter Gerätetechnik, Carl Cloos Schweißtechnik GmbH: „Dieses Projekt wurde von uns von Anfang an begleitet und unterstützt. Die theoretischen Ergebnisse des Forschungsvorhabens zeichnen neue Wege zur Generierung von Prozessverständnis auf. Die entwickelte und realisierte ereignisorientierte Regelung für den Impulsschweißprozess ist eine konsequente Ergänzung zu bestehenden Regelungskonzepten.“

Dr.-Ing. B. Jaeschke, Teamleiter Entwicklung Stromquellen, Lorch Schweißtechnik GmbH: „Die im Forschungsprojekt erzielten Ergebnisse zeigen für den Impulsschweißlichtbogen mit Hilfe der differenzierenden Phasenraumanalyse innovative Methoden zur systematischen Klassifizierung der prozessabhängigen Strom- und Spannungsverläufe auf. Desweiteren sind die entwickelten und realisierten Sensor- und Reglermodule vielversprechende Ansätze für zukünftige ereignisbasierte Regelungskonzepte, die dem Impulsschweißprozess zu noch höherer Prozess-Stabilität verhelfen können.“

Dipl.-Ing. G. Neukirchner, PPS Pipeline Systems, Standort Ilmenau: „Die im Rahmen der Arbeiten zu diesem Forschungsprojekt entwickelten Methoden bieten neue Möglichkeiten zur Analyse komplexer Lichtbogenschweißprozesse. Weiterhin können die für den Impulsschweißprozess entwickelten und realisierten ereignisorientierten Sensor- und Reglermodule bei abweichenden Prozessrandbedingungen zur Verbesserung der Prozessstabilität beitragen. Diese Ergebnisse bieten langfristig Möglichkeiten zur Verbesserung anspruchsvoller Schweißaufgaben, z.B. dem Rohrleitungsschweißen auf der Baustelle, und schließlich Potentiale hinsichtlich der Einhaltung und Sicherstellung der finalen Schweißnahtqualität.“

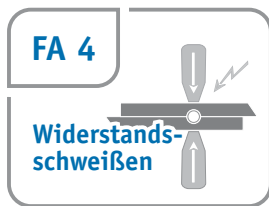
5 Durchlaufende Forschungsprojekte 2011 im FA 3

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
03.101 16.954 N	Entwicklung einer Online-Schmelzbaddiagnostik zur Schweißnahtqualitätsüberwachung und zur Vermeidung von Schweißnahtfehlern beim Lichtbogenschweißen Prof. Dr.-Ing. Schein, EIT 1 Neubiberg Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.954N	01.07.2011	30.06.2013
03.105 17.351 N	Unterpulver-Impulsschweißen zur Reduzierung des Wasserstoffeintrages beim Schweißen hochfester Feinkornbaustähle Prof. Dr.-Ing. Reisgen, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.351N	01.12.2011	31.05.201
03.098 16.414 B	Plasma-Hybrid-Schweißen mit integriertem Laser und Sensorik - PiLS - Prof. Dr.-Ing. Emmelmann, iLAS Hamburg Prof. Dr. Weltmann, INP Greifswald Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.414B	01.03.2010	29.02.2012
03.095 16.557 N	Schweißseignungsuntersuchungen an hochfesten Feinkornbaustählen beim Einsatz neuer Sprühlichtbogenprozesse Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.557N	01.09.2010	31.08.2012
03.097 16.779 B	Wirtschaftliches WIG-Fügen durch magnetisches Pendeln des Lichtbogens Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.779B	01.11.2010	31.10.2012

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
03.085 15.859 N	Auftragschweißen von nanokristallin erstarrenden Eisenbasiswerkstoffen auf Aluminiumsubstraten mittels geregelter Kurzlichtbogentechnik Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.859N	01.11.2008	30.04.2011
03.090 15.871 B	Strömungstechnische Auslegung von Brennersystemen zum wirtschaftlichen und emissionsreduzierten Lichtbogenschweißen / CLUSTER Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.871B	01.11.2008	31.12.2011
03.091 15.872 B	Entwicklung einer ereignisorientierten Regelung auf Basis der inversen Modellierung zur robusten Prozessführung komplexer MSG-Impulsschweißprozesse / CLUSTER Prof. Dr. rer. nat. habil. Kruscha, FH Lausitz Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.872B	01.11.2008	31.10.2011
03.086 16.028 B	Erhöhung der Prozessstabilität beim MSG-Schweißen durch modifizierte Schutzgasströmung Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel, IOF Dresden Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.028B	01.04.2009	31.03.2011
03.093 16.172 N	Modifikation des Elektrogasschweißens zur Verringerung der Wärmeeinbringung Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.172N	01.08.2009	31.07.2011



www.dvs-ev.de/fv/FA04

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung:

Dipl.-Ing. Axel Janssen

Tel.: 0211 / 1591-117

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: axel.janssen@dvs-hg.de

Vorsitzender Dr.-Ing. Karl Pöll

Matuschek Meßtechnik GmbH, Alsdorf

Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Heiko Beenken

ThyssenKrupp Steel AG, Dortmund

Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- Gemeinschaftsausschuss DIN NA 092-00-12 AA / DVS AG V 3 - www.dvs-aft.de/AFT/V/V3
„Widerstandsschweißen“

IIW - Gremien (International Institute of Welding) - www.iiw-iis.org

Commission III „Widerstandsschweißen und verwandte Verfahren“

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Entwicklung eines geeigneten Elektrodenbearbeitungsverfahrens für das Widerstandspunktschweißen von Aluminiumwerkstoffen

(IGF-Nr. 16.096, DVS-Nr. 4.047)

Laufzeit: 1. Juni 2009 – 31. Mai 2011

Prof. Dr.-Ing. H. Cramer, GSI mbH, NL SLV München

Untersucht wurde die Steigerung der Elektrodenlebensdauer beim Widerstandspunktschweißen von verschiedenen Aluminiumblechwerkstoffen (AW5182 AlMg4,5Mn – AW6016 AlSi1,2Mg0,4, $t = 1,5$ mm und 1,0 mm, TiZr passiviert) durch eine geeignete Vorbereitung bzw. variierende Bearbeitungszyklen der Elektrodenoberfläche. Ermittelt wurde der Einfluss von gefrästen, geschliffenen und polierten Elektrodenoberflächen.

Die Durchführung der Schweißversuche erfolgte mit einer geeigneten robotergeführten Mittelfrequenz-Punktschweißzange. Als Kriterien für das Lebensdauerende wurden Punktdurchmesser $d_p < 5\sqrt{t}$ und Prozessfähigkeitswert $C_{pK} < 1,67$ festgelegt.

Die Ergebnisse zeigen auf, dass das Widerstandspunktschweißen von Aluminiumlegierungen mit guter Prozesssicherheit möglich ist, wenn frühzeitig eine Elektrodenbearbeitung mit geringem Abtrag, beispielsweise polieren, erfolgt. Bei hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität der Schweißpunkte sind bei der Legierung AW5182 ($t = 1,5$ mm, TiZr passiviert) ca. 30 Punkte möglich. Bei einer möglichst frühzeitigen Polierbearbeitung der Elektroden nach 30 Punkten werden die Anlegierungsrückstände auf der Elektrode vollständig entfernt und es bilden sich fast keine Erosionsstellen. Mit Anwendung der Polierbearbeitung nach jeweils 30 Punkten sind mit einem Elektrodenpaar mehrere tausend Schweißpunkte möglich. Danach treten stärkere Anlegierungen auf, die aber den Punktdurchmesser nicht negativ beeinflussen. Werden schlechtere Oberflächenqualitäten zugelassen, sind auch 60 Schweißpunkte möglich. Jedoch muss dann neben der Polierbearbeitung auch ein Elektrodenfräsen (z.B. nach fünfmal Polieren) durchgeführt werden, um die stärkeren Anlegierungen vollständig zu beseitigen. Dadurch wird die Elektrodenlebensdauer reduziert, da die Abträge deutlich höher sind. Restrückstände auf der Elektrodenoberfläche beeinträchtigen nur das Erscheinungsbild des Schweißpunktes.

Bei der Legierung AW6016 ($t = 1,5 \text{ mm}$, TiZr passiviert) reduzieren sich die Punktzahlen, wenn saubere und blanke Schweißpunktoberflächen gewünscht werden, auf ca. 10 bis 15 Punkte. Danach treten häufig stärkere Anhaftungen und Anlegierungen auf. Für diese Legierungen empfehlen sich kürzere Bearbeitungszyklen durch Polieren oder Fräsen mit geringen Abträgen. Durch die gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse des Projektes sind grundlegende Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Einsatz des Widerstandspunktschweißens von Aluminiumlegierungen in der Serienfertigung geschaffen worden.



a) leichte Erosionen auf der Arbeitsfläche Elektrodenoberfläche nach 35 Intervallen

b) Punktoberfläche nach 35. Intervall

Schweißparameter und Randbedingungen: $FE = 7,5 \text{ kN}$, $t_s = 160 \text{ ms}$, $I_s = 37,5 \text{ kA}$, $DEL = 20 \text{ mm}$, Rauigkeit: $4,0 \mu\text{m}$

Bild 1: Elektrode- und Punktoberfläche nach 35 Intervallen je 30 Schweißpunkten – Schleifmedium AMTRU Vlies fein

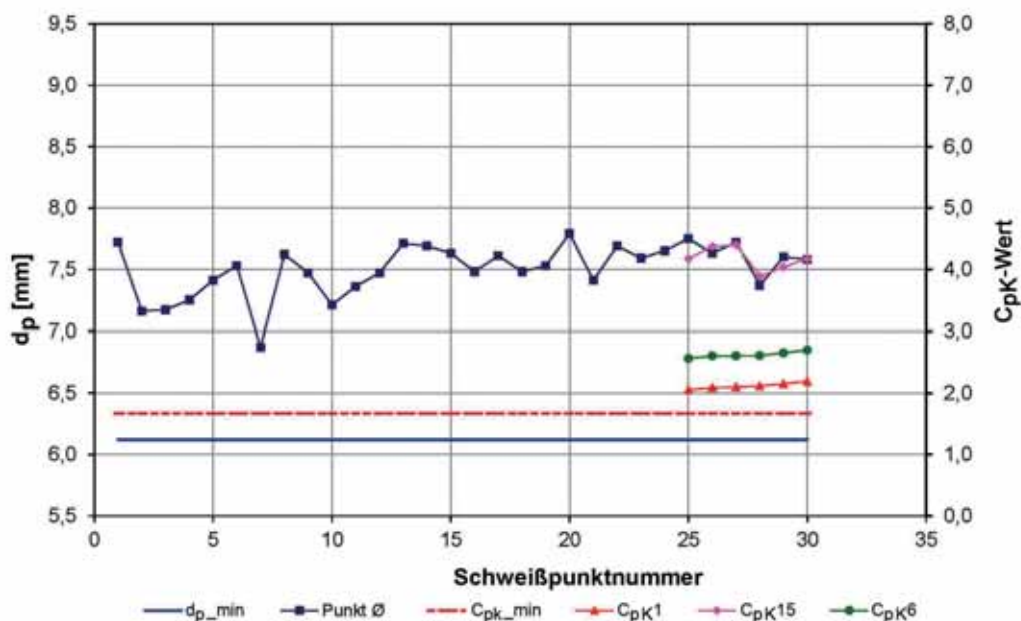


Bild 2: Verlauf von Punktdurchmesser und C_{pK} -Werten in Abhängigkeit der Schweißpunktzahl beim Intervallpolieren mit Vlies fein nach 30 Punkten (35. Schweißreihe)

Ralf Bothfeld, Geschäftsführer, Harms & Wende GmbH & Co. KG: „Harms & Wende als Steuerungsspezialist beim Widerstandsschweißen konnte durch dieses IGF-Forschungsprojekt sein Know-How erweitern. Die grundsätzlichen Erkenntnisse des Projektes zur geeigneten Elektrodenbearbeitung und deren Auswirkungen auf die Schweißqualität bei Aluminiumwerkstoffen werden in der Praxis für unsere Kunden genutzt.“

Stefan Reitmeier, BMW AG München: „Die im Forschungsprojekt erarbeiteten Ergebnisse sind für uns daher von großem Nutzen, da jederzeit neue Fügeaufgaben mit Leichtbauwerkstoffen wie Aluminium denkbar sind. In diesem Fall können wir sofort auf die optimierten Lösungsvorschläge zur Wahl der Bearbeitungsmethoden zurückgreifen. Bei zukünftigen Anwendungen zum Aluminiumpunktschweißen werden die gewonnenen Ergebnisse umgesetzt.“

Andrea Kreuzwieser, Audi AG Ingolstadt: „Die Ergebnisse brachten für uns sehr interessante Hinweise hinsichtlich der Elektrodenstandmenge und Elektrodenlebensdauer. Wir sind dadurch in der Lage, unsere Fertigungsprozesse hinsichtlich Qualität und Effektivität zu optimieren.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Grundlegende Untersuchung zur Kontaktsituation beim Widerstandsschweißen von Kupferwerkstoffen

(IGF-Nr. 15710 N / DVS-Nr. 04.046)

Laufzeit: 1. Juli 2008 - 31. Oktober 2010

Prof. Dr.-Ing. habil. E. Roos, Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

Ausgehend von einer Beschreibung der Werkstoff- und Fügeteileigenschaften wurden an Halbzeugen aus Kupferwerkstoffen systematische Untersuchungen zur Darstellung der Kontaktverhältnisse beim Aufsetzen der Elektroden und beim Schweißen durchgeführt. Die gemeinsam mit den am Vorhaben beteiligten Industrieunternehmen festgelegten Arbeitsschritte wurden von Studien mittels numerischer Simulation begleitet. Diese Arbeiten führten zur Entwicklung verfeinerter und effizienterer Prüfmethode für die Übergangswiderstandsmessung und zur Erfassung und Beschreibung der Kontaktverhältnisse beim Widerstandspunktschweißen mit Hilfe numerischer Simulationsverfahren.

Die Untersuchungen wurden an gebräuchlichen 0,2 bis 1,0 mm dicken Blechen aus Kupfer und Kupferlegierungen unterschiedlicher Festigkeit (Messing- und Bronzelegierungen sowie niedriglegierte Kupferfederwerkstoffe) mit und ohne Schweißbuckel sowie in den anwendungsspezifischen Oberflächenmodifikationen durchgeführt. Im Einzelnen wurden die Oberflächenzustände blank, schmelztauchverzinnt, elektrolytisch verzinnt, elektrolytisch vernickelt, elektrolytisch versilbert und nickelphosphatiert untersucht. Dabei wurde eine umfangreiche Datenbasis mit gemessenen Übergangswiderstandswerten erstellt, die für Maßnahmen der Qualitätssicherung genutzt werden kann.

Die zuverlässige Erfassung zeitlich veränderlicher Widerstandsverläufe durch eine dynamische Widerstandsmessung mit rampenförmigen Stromimpulsen oder bei Schweißversuchen wurde in Abhängigkeit von Blechwerkstoff, Blechoberfläche, Buckelform, Stromanstiegsgeschwindigkeit, Stromrichtung, Elektrodenkraft, Elektrodengeometrie und Elektrodenwerkstoff an ausgewählten Chargen untersucht.

Dabei wurde erfolgreich eine neue Messmethode mit Spannungsabgriffen an den Probenblechkanten erprobt, welche die simultane Erfassung der Übergangswiderstände zwischen Elektroden und Fügeteilen sowie zwischen den Fügeteilen selbst ermöglicht und dadurch den experimentellen Aufwand deutlich reduziert (**Bild 1**, nächste Seite).

Darüber hinaus wurden im Rahmen des Vorhabens die Verfahren zur numerischen Simulation des Widerstandspunktschweißprozesses weiterentwickelt und erfolgreich ein neues zeitbasiertes Kontaktwiderstandsmodell entwickelt und erprobt, das als Datenbasis die bei Referenzschweißversuchen gemessenen Widerstand-Zeitverläufe nutzt. Auf der Grundlage der Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung wurde eine detaillierte Prüfanweisung zur Durchführung von Übergangswiderstandsmessungen an Kupferwerkstoffen formuliert und als Basis zur Übernahme in das DVS-Regelwerk vorbereitet (neues Merkblatt DVS 2929-4).

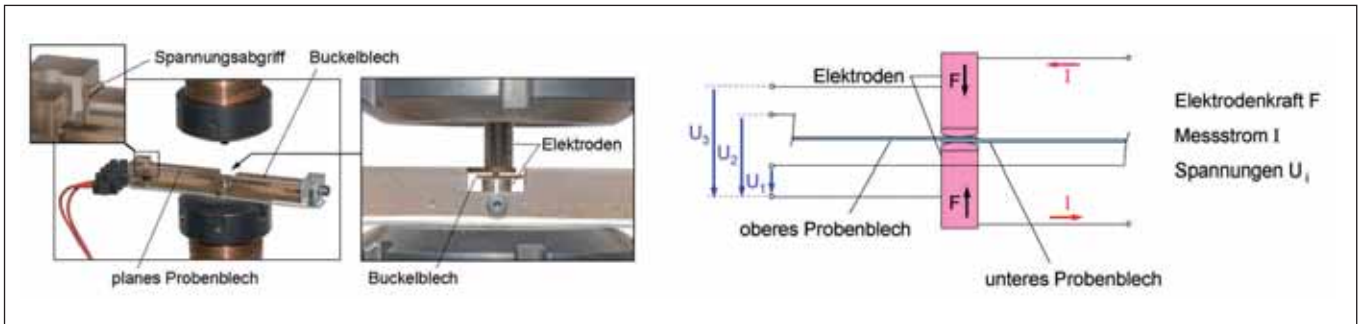


Bild 1: Messaufbau zur simultanen Erfassung des Übergangswiderstands zwischen zwei zu fügenden Blechen und der Übergangswiderstände zwischen Elektroden und Blechen

Dr. rer. nat. Eduard Schenuit, Branchenmanager Metall, Zwick GmbH & Co. KG, Ulm: „Die Firma Zwick konnte im Rahmen der Teilnahme an diesem IGF-Projekt ein spezielles Werkzeug in eine Standardmaterialprüfmaschine integrieren, mit dem es möglich wurde, unter sehr genau einstellbaren Kräften Übergangswiderstände zu messen und einzustellen. Die Integration des Werkzeugs ist soweit standardisiert worden, dass es Anwendern im Bereich der Schweißtechnik für Entwicklungsfragen und zur Überwachung von Produktionsparametern als Produkt zur Verfügung gestellt werden kann.“

Dipl.-Ing. Udo Adler, New Technology & Product Innovation Manager, KME Germany AG & Co. KG, Stolberg: „Mit dieser Arbeit sind wir in der Lage, unsere Kunden im Rahmen der technischen Kundenberatung Aussagen und Daten zu liefern für die Schweißbarkeit von verschiedenen blanken und beschichteten Kupferwerkstoffen. Dies ermöglicht unseren Kunden schneller und effektiver bestehende und neue Schweißaufgaben zu optimieren bzw. umzusetzen.“

Dr.-Ing. Dirk Herrmann, Projektleiter Verbindungstechnik, Zentrale Entwicklung, Wieland-Werke AG, Ulm: „Als Lieferant von Halbfabrikaten aus Kupferwerkstoffen sind uns Kenntnisse hinsichtlich der Verarbeitbarkeit unserer Produkte sehr wichtig. Viele unserer Kunden verwenden das Widerstandsschweißen bei der Herstellung von elektromechanischen Komponenten (z.B. Anbindung von Kontaktfedern). Die im Forschungsprojekt ermittelten Kontaktwiderstände für unterschiedliche Werkstoffe bilden somit eine wertvolle Datenbasis, die wir an unsere Kunden weitergeben. Besonders die erarbeiteten Einflüsse von Beschichtung, Lagerung, Oxidation und Reinigung auf den Kontaktwiderstand erhöhen das Prozessverständnis enorm und ermöglichen eine verbindliche und kompetente Beratung unserer Kunden.“

Dipl.-Ing. Rainer Rauch, Geschäftsstellenleiter, CADFEM GmbH, Geschäftsstelle Stuttgart: „Die im Forschungsvorhaben erarbeiteten Ergebnisse sind für uns von großem Nutzen, da wir als Softwarehersteller nicht über versuchstechnische Einrichtungen verfügen. Die Messergebnisse dienen zur Validierung unserer numerischen Modelle und ermöglichen uns so, Kunden in Fragen der Schweißsimulation kompetent zu beraten. Aus der Diskussion mit den Anwendern in der Forschung gewinnen wir Anregungen zur Verbesserung unserer Software.“

Dr.-Ing. Heiko Beenken, ThyssenKrupp Steel Europe AG, Dortmund: „Die in diesem IGF-Projekt erarbeiteten Ergebnisse ermöglichen es der DVS-Arbeitsgruppe AG V 3.4 „Widerstandsschweißen beschichteter Metalle“ im DVS, das neue Know How in das Regelwerk des DVS zu übernehmen. Die grundlegenden Erkenntnisse und die detaillierte Prüfanweisung zur Durchführung von Übergangswiderstandsmessungen an Kupferwerkstoffen sind für den Anwender sehr hilfreich und werden in einem Merkblatt DVS 2929 die Wirtschaft schnell erreichen.“

5 Durchlaufende/Abgeschlossene Forschungsprojekte 2011 im FA 4

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
04.048 16.140 N	Einfluss der mechanisch/dynamischen Maschineneigenschaften beim Widerstandspunktschweißen mit Schweißzangen Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.140N	01.07.2009	31.03.2012
04.049 16.334 N	Möglichkeiten zur Beeinflussung der Einschmelztiefe sowie der Linsenposition beim Widerstandspunktschweißen asymmetrischer Mehrblechkombinationen mit normal- und höherfesten Stahlblechen Dipl.-Ing. Mährlein, SLV Duisburg Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.334N	01.01.2010	30.06.2012
04.050 16.335 N	Verbesserung der Prozesssicherheit des Punktschweißklebens von Aluminiumwerkstoffen und Ermittlung von Verbindungskennwerten für Konstruktion und Simulation Dipl.-Ing. Mährlein, SLV Duisburg Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.335N	01.01.2010	30.06.2012
04.052 16.776 B	Referenzsystem für die Berechnung von elektrischen Gewebefeldstärken (Stromdichten) im menschlichen Körper beim Widerstandsschweißen Prof. Dr.-Ing. Lindemann, ISEY Magdeburg Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.776B	01.11.2010	31.10.2012

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
04.047 16.096 N	Entwicklung eines geeigneten Elektrodenbearbeitungsverfahrens für das Widerstandspunktschweißen von Aluminiumwerkstoffen Prof. Dr.-Ing. Cramer, GSImbH, SLV München Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.096N	01.06.2009	31.05.2011



www.dvs-ev.de/fv/FA05

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

Dipl.-Ing. Axel Janssen

Tel.: 0211 / 1591-117

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: axel.janssen@dvs-hg.de

Vorsitzender Dipl.-Ing. Jürgen Silvanus
EADS Deutschland GmbH, München

Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Axel Meyer
RIFTEC GmbH, Geesthacht

Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

· V 11 „Reibschweißen“ - www.dvs-aft.de/AfT/V/V11

Forschungsbilanz Beispiel - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Untersuchung des konduktiven Rührreibschweißens an Aluminiumwerkstoffen

(IGF- Nr. 15.687 N / DVS-Nr. 5.001)

Laufzeit: 1. Juli 2008 - 31. Dezember 2010

Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, ISF Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik, RWTH Aachen

Das Anwendungsfeld des Rührreibschweißens wird durch zwei wesentliche Faktoren begrenzt. Zum einen wird durch die vergleichsweise hohen Prozesskräfte und die damit verbundene aufwendige Schweißmaschinenausführung und Spanntechnik das mögliche Anwendungsfeld reduziert, da die Kosten sehr hoch sind und ein Spannen direkt an der Schweißzone nur bedingt möglich ist. Zum anderen wird die notwendige Prozesswärme im Wesentlichen durch die Werkzeugschulter im Bereich der Fügeiteiloberfläche generiert. Das führt besonders bei dicken Blechen zu dem Nachteil, dass entweder sehr langsam oder von beiden Seiten geschweißt werden muss.

Das konduktiv unterstützte Rührreibschweißen hat sich zum Ziel gesetzt diese Nachteile des konventionellen Rührreibschweißens zu minimieren. Dazu wird ein Strom im kA-Bereich über das Werkzeug in das Bauteil zur Schweißunterlage geleitet, um das Bauteil im unmittelbaren Fügebereich zu erwärmen.

Durch eine initiale Widerstandserwärmung in der Eintauchphase des Werkzeugs kann sowohl die Eintauchzeit als auch die wirkende Prozesskraft reduziert werden. Durch die Widerstandserwärmung erreichen sowohl das Werkzeug als auch der Fügebereich schnell betriebsnahe Temperaturen, so dass reproduzierbare Prozessbedingungen gewährleistet sind und Inhomogenitäten am Nahtanfang vermieden werden. Durch geschickte Werkstoffwahl der Schweißunterlage können die Übergangswiderstandsverhältnisse zwischen Bauteil und Unterlage eingestellt werden, so dass das Bauteil im Wurzelbereich stärker erwärmt wird und eine Durchschweißung im Wurzelbereich sichergestellt ist. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass mit Hilfe der konduktiven Erwärmung der nutzbare Schweißbereich deutlich erweitert wird, d.h. es ist möglich bei gleicher Drehzahl höhere Schweißgeschwindigkeiten zu erreichen, ohne das zwingend die Prozesskräfte steigen.

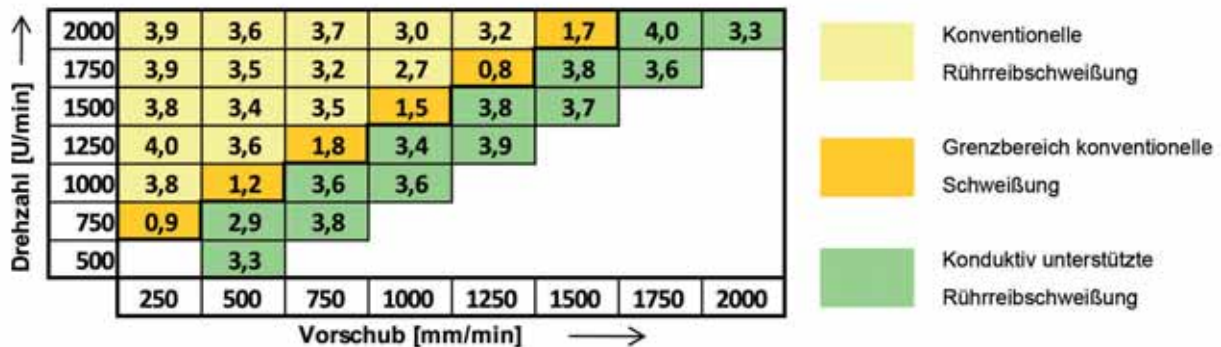


Tabelle 1: Schweißbereich AW-5754-0, Blechdicke: 1,5mm, Schulter-Ø: 8 mm, Pin-Ø: 3 mm, Zugprobenbreite: 12 mm, Strom 3,0 kA, Werkzeuganstellung: 2°

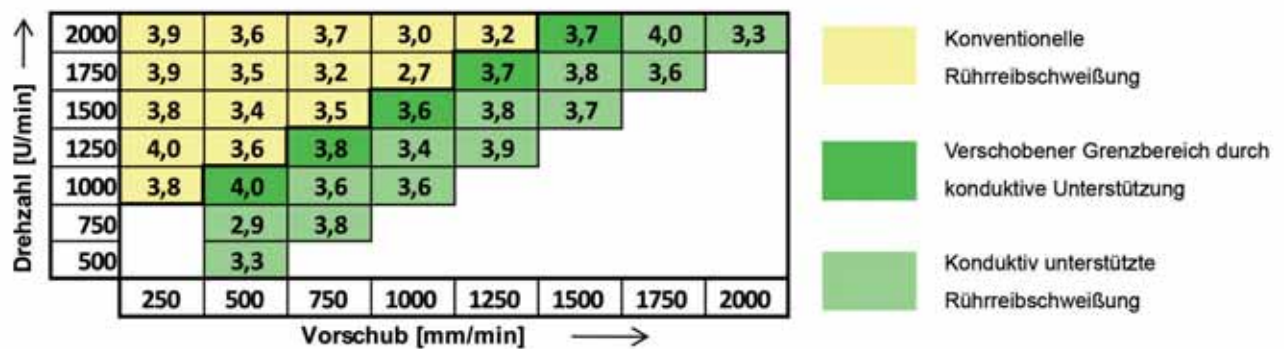


Tabelle 2: Schweißbereich AW-5754-0, Blechdicke: 1,5mm, Schulter-Ø: 8 mm, Pin-Ø: 3 mm, Zugprobenbreite: 12 mm, Strom 3,0 kA, Werkzeuganstellung: 2°, verschobener Grenzbereich

Mit diesem Forschungsvorhaben wurde gezeigt, dass die Schweißgeschwindigkeiten bei gleichzeitig reduzierten Prozesskräften mindestens verdoppelt werden könnten. Durch die Möglichkeit bei konduktiver Unterstützung die Einschweißtiefe zu erhöhen, konnten Dickenschwankungen bei den verwendeten 3,5 mm Blechen bis zu 1 mm kompensiert werden, ohne die Pinlänge variieren zu müssen. Des Weiteren ist es möglich, das Werkzeug als auch den Fügebereich schnell auf Prozesstemperatur zu bringen, so dass Ungängen besonders im Bereich des Nahtanfangs vermieden werden.

Diese Vorteile machen die Verfahrensvariante besonders attraktiv für Anwendungen, bei denen die bestehende Anlagentechnik bereits an ihre Grenzen stößt und so bei vergleichsweise geringen Kosten nachgerüstet werden kann. Die Ergebnisse nutzen zudem Anwendern, die im Bereich Schiff- Waggon- Fahrzeugbau tätig sind, also in Anwendungsbereichen bei denen lange Schweißnähte an Paneelen hergestellt werden. So wird die Schweißzeit bei gleichbleibend hoher Schweißnahtqualität mittels konduktiver Unterstützung halbiert. Besonders interessant sind die Ergebnisse für Anwender, die Hohlprofile verarbeiten, durch die geringeren Prozesskräfte können auch Bauteile geringerer Steifigkeit verschweißt werden.

Dipl.-Ing. (BA) Harald Konz IWE, Manager Production Rail Interior/Friction Stir Welding, EURO-COMPOSITES S.A., Echternach: „Wir versprechen uns mit konduktiv unterstütztem Rührreißschweißen niedrigere Fertigungskosten bei existierenden Strukturen sowie durch die Reduzierung von Prozesskräften den Einsatz des Rührreißschweißens bei noch „leichteren Konstruktionen“. Als klein- und mittelständisches Unternehmen ist es für uns ferner bedeutsam, dass wir mit einer Zusatzinvestition in entsprechende Stromquellen die Einsatzbreite unserer heutigen Rührreißschweißanlage erweitern können.“

Dr. Frank Ellermann, Leiter Processing, Hammerer Aluminium Industries Extrusion GmbH, Ranshofen, Österreich:

„Im Ergebnis der Untersuchungen wurde gezeigt, dass die spezielle Technik einer zusätzlichen thermischen Prozessunterstützung dem erwarteten Ergebnis zuträglich ist. Obwohl es noch eine Reihe von Prozessoptimierungen geben muss, kann die Tendenz einer Erweiterung des spezifischen Parameterfensters des FSW-Prozess als nachgewiesen gelten. Als bereits jetzt erkennbare, positive Effekte der konduktiven Unterstützung des Rührreibschweißens von Aluminium sind, neben der potenziellen Steigerung der Schweißgeschwindigkeit, auch die Möglichkeit der geometrischen Optimierung der Aluminiumprofile zu nennen. Unmittelbare Vorteile ergeben sich für den Anwender sowohl durch reduzierte Bauteilgewichte als auch durch neue geometrische Lösungen für die Gestaltung der FSW-Fügestellen.“

Dipl.-Ing. Ralf Bothfeld, Geschäftsführer, Harms & Wende GmbH & Co.KG, Hamburg: „Unser Unternehmen, die Harms & Wende GmbH & Co. KG, ist sowohl im Bereich Widerstandsschweißen als auch im Bereich Reibschweißen in der Forschung, Entwicklung sowie im Vertrieb aktiv. Durch dieses Projekt wurden beide Verfahren zusammengeführt. Für uns ergaben sich aus den Untersuchungen und Ergebnissen des Vorhabens neue Erkenntnisse und Synergien, die unter anderem zu einem gemeinsamen ZIM Projekt mit dem ISF führten.“

Durchlaufende/Abgeschlossene Forschungsprojekte 2011 im FA 5 5

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
05.045 00.040 E	Investigations on magnetic pulse crimping of tubular overlap joints with and without filler material Prof. Dr.-Ing. Cramer, GSImbH, SLV München Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.040E	01.07.2010	30.06.2012
05.042 16.278 N	Schockschweißverfahren – wirtschaftliches Fügen für industrielle Anwendungen Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.278N	01.12.2009	31.05.2012

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
05.043 16.318 N	Qualifizierung des Friction-Stir-Welding für das Fügen von Aluminium-Druckguss-Komponenten Prof. Dr.-Ing. Zäh, IWB Garching Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.318N	01.01.2010	31.12.2011

5 Fachausschuss 6



www.dvs-ev.de/fv/FA06

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

Dipl.-Ing. Christoph Eßer-Ayertey

Tel.: 0211 / 1591-178

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: christoph.esser@dvs-hg.de

Vorsitzender Dr.-Ing. Ronald Holtz
LASAG AG, Thun/Schweiz

Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Johannes Weiser
BBW Lasertechnik GmbH, Prutting

Veranstaltungen

Gemeinsames Kolloquium mit den Arbeitsgruppen

V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ und V 9.2 „Laserstrahlschweißen“

Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“ - www.dvs-aft.de/AfT/V/V9.1
- V 9.2 „Laserstrahlschweißen“ - www.dvs-aft.de/AfT/V/V9.2

IIW-Gremien (International Institute of Welding) - www.iiw-iis.org

Commission IV „Schweißen mit hoher Energiedichte“

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Einfluss des Umformgrades (Kaltverfestigung) auf die Laserstrahlschweiß- und Löt eignung von Feinblechen mit $R_m 800 \text{ N/mm}^2$

(IGF-Nr. 15.744 / DVS-Nr. 06.063)

Laufzeit: 1. November 2008 - 31. Oktober 2010

Prof. Dr.-Ing. H. Cramer, SLV München, Niederlassung der GSI mbH

In diesem Forschungsprojekt wurde der Einfluss der Kaltverfestigung auf die Schweiß- bzw. Löt eignung warm- bzw. kaltgewalzter Dual- bzw. Komplexphasenstähle HCT780C+ZE75/75, HCT780X+ZE75/75, HDT780C (CP-W800) untersucht. Um diese Ziele zu erreichen, erfolgten zunächst definierte Kaltumformungen durch Recken (Blindnaht, I-Naht, Überlappnaht) bzw. Biegen und anschließend Schweißungen bzw. Lötungen mit optimierten Parametern. Die Bewertungen der Schweiß- bzw. Löt eignung gründen sich auf Untersuchungen der mechanisch-technologischen Eigenschaften und zur Nahtgüte. Sie basieren auf direkten Vergleichen zwischen dem Grundwerkstoff, dem unverformten und verschweißten Grundwerkstoff sowie dem kaltverfestigten, verschweißten Grundwerkstoff mit jeweils zwei unterschiedlichen Reckgraden (ca. 45 % und ca. 90 %) der Gleichmaßdehnung bzw. Biegeradien mit $r = 2,5 \text{ mm}$ und $r = 3,25 \text{ mm}$.

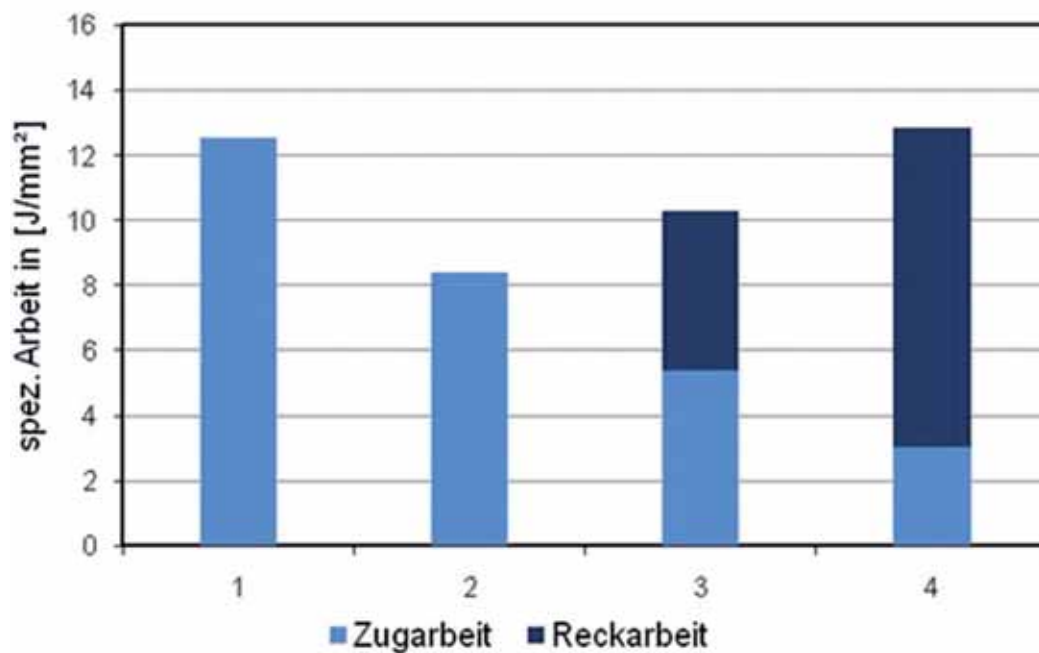
Bei zahlreichen Schweißungen an vorgereckten Blechen wurden keine signifikanten Einflüsse der Kaltverfestigung auf den Schweißprozess festgestellt. Die Zugfestigkeit steigt i.d.R. durch die Kaltverfestigung, wogegen die Bruchdehnung ebenso wie das Energieaufnahmevermögen zum Teil deutlich abnehmen (**Bild 1**, nächste Seite).

Die Auswertung von Wöhlerdiagrammen an I-Nähten der kaltgewalzten Komplex- und Dualphasenstähle ergibt eine höhere Dauerfestigkeit der kaltverfestigten und geschweißten Proben (**Bild 2**, nächste Seite). Ein Einfluss der Kaltverfestigung auf die maximalen Härtewerte wurde nicht festgestellt, wie auch ein über die stärkere Längsorientierung des feinkörnigen Grundwerkstoffgefüges hinausgehender Einfluss auf die Nahtgüte.

Die Untersuchungen an den gebogenen Blechen zeigen eine stärkere Abnahme der Kopfzugfestigkeit bei den T-Proben als bei den A-Proben beim Schweißen, bezogen auf den Grundwerkstoff. Je größer dabei der Kaltumformgrad, desto stärker sinken die Kopfzugfestigkeiten durch die Schweißung. Ein Einfluss der Kaltverfestigung auf die Nahtgüte wurde bei den Untersuchungen zu den gebogenen T- und A-Proben nicht festgestellt.

Die Schweiß- bzw. Löteignung ist bei diesen härtesten Werkstoffen auch bei großen Kaltverfestigungsgraden gegeben, jedoch wird die Beanspruchbarkeit geschweißter und gelöteter Verbindungen im Betrieb auf Grund der reduzierten Bruchdehnung herabgesetzt.

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes werden bereits in den Unterrichten, Schulungen und Beratungen von Industriekunden in die Praxis transferiert.



1) Grundwerkstoff

2) Grundwerkstoff verschweißt

3) mit ca. 4,9 % kaltverfestigt und verschweißt

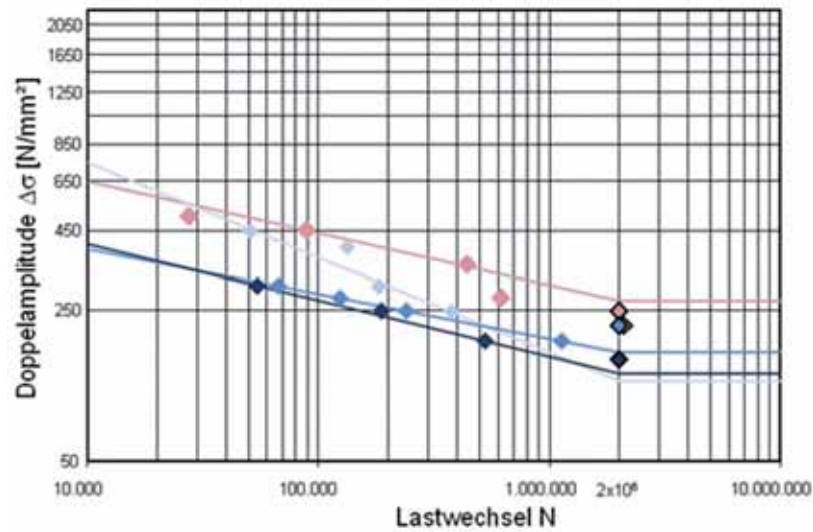
4) mit ca. 11,1 % kaltverfestigt und verschweißt

PL = 3 kW

vS = 3 m/min

Bruchlage: GW

Bild 1: Einfluss der Kaltverfestigung auf die Zugarbeit HCT780X+ZE75/75, I-Naht



GW		GW verschweißt		$\varepsilon = 5\%$ verschweißt		$\varepsilon = 11\%$ verschweißt	
◆	Versuchswerte	◆	Versuchswerte	◆	Versuchswerte	◆	Versuchswerte
◆	Durchläufer	◆	Durchläufer	◆	Durchläufer	◆	Durchläufer
—	Wöhlerlinie	—	Wöhlerlinie	—	Wöhlerlinie	—	Wöhlerlinie
$\sigma_D = 270 \text{ N/mm}^2$		$\sigma_D = 149 \text{ N/mm}^2$		$\sigma_D = 184 \text{ N/mm}^2$		$\sigma_D = 158 \text{ N/mm}^2$	
$k = 3,93 \times 10^{-4}$		$k = 9,23 \times 10^{-4}$		$k = 4,36 \times 10^{-4}$		$k = 4,29 \times 10^{-4}$	

Bild 2: Einfluss der Kaltverfestigung auf die Schwingfestigkeit des laserstrahlgeschweißten Komplexphasenstahles HCT780X+ZE75/75, I-Naht; PL = 3 kW, vS = 3 m/min

Dipl.-Ing. Albert Bernhard, Fa BKLT Lasersystemtechnik GmbH : „Es ist für uns äußerst wichtig, das Verhalten von höherfesten Stählen beim Laserschweißen -vor allem im Umformbereich (Zonen der Kaltverfestigung) - zu kennen. Als Systemlieferant im automobilen Bereich, in dem der Schwerpunkt der Verwendung dieser Stähle ist, wird es immer notwendiger, den Kunden auch hinsichtlich metallurgischer Wechselwirkungen zu beraten. Mit dieser Untersuchung sind wir nun in der Lage, bisherige Annahmen auch entsprechend wissenschaftlich zu begründen.“

Dr.-Ing. Claus Thumm, Fa. Thumm Technologie GmbH: „Als Lohnfertiger und Spezialist zum Laserschweißen haben wir immer wieder mit unterschiedlichen Materialien zu tun. Im abgeschlossenen Projekt ging es nicht nur um die reinen Werkstoffeigenschaften, sondern eben auch um den Einfluss der Materialvorbehandlung auf die Fügeigenschaften. Für uns sind nicht nur die konkret gewonnenen Ergebnisse für die untersuchten hochfesten Feinbleche von praktischem Interesse. Die bei diesem Projekt gewonnenen Erfahrungen lassen sich auch zum erfolgreichen Schweißen von artverwandten Laserschweißapplikationen einsetzen.“

R. I. LAS, Rzany Ingenieurbüro Laseranwendung: „Die vorliegende Arbeit hat für uns wichtige Erkenntnisse über das Verhalten dieser neuen, hochfesten Werkstoffe nach der Bearbeitung mit Laserstrahlung gebracht. Zuerst erwartete negative Einflüsse der untersuchten Fügeverfahren Laserstrahllöten und -schweißen auf die hochfesten Stahlfeinbleche, insbesondere in kaltumgeformten Bereichen, konnten nicht bestätigt werden.

Das gewonnene Know-How wird uns, bei der Einführung dieser ökologisch bedeutenden Blechwerkstoffe, in die unterschiedlichen Bereiche des Maschinen- und Fahrzeugbaus in Zusammenhang mit der Erarbeitung schweißtechnischer Lösungen erleichtern.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Qualifizierung und Optimierung des Fügens mit dem Elektronenstrahl in Zwangspositionen

(IGF-Nr. 15.560 / DVS-Nr. 06.064)

Laufzeit: 1. August 2008 - 31. Oktober 2010

Prof. Dr.-Ing. U. Reisinger, ISF – Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik, RWTH Aachen

Ziel des Projektes war es, herauszufinden, inwieweit durch prozessbedingte Maßnahmen Schweißverbindungen mit dem Elektronenstrahl in Zwangslagen ermöglicht und / oder deren Güte verbessert werden können. Um die Wechselwirkung zwischen der Position, den Schweißparametern, und der sich einstellenden Schmelzbaddynamik systematisch zu untersuchen, wurden umfassende Versuche mit dem Elektronenstrahl im Vakuum (VEB) und an Atmosphäre (NV-EB) durchgeführt. Dabei sollten die Verfahrensgrenzen erarbeitet und dokumentiert werden. In Anlehnung an die industriell gebräuchlichen Werkstoffe wurde ein Werkstoffspektrum von austenitischem und ferritischem Stahl sowie einer gängigen 5000er Aluminiumlegierung mit einer Blechdickenbandbreite von 2 bis 50 mm gewählt. Es werden hier nur die Ergebnisse des EB im Vakuum vorgestellt. Die Schweißuntersuchungen mit dem Elektronenstrahl im Vakuum ergaben für alle Werkstoffe bis zu einer Blechdicke von 10 mm zufriedenstellende Ergebnisse in sämtlichen untersuchten Schweißpositionen. Für die Blechdicken 2 mm und 10 mm hat die Gravitation einen untergeordneten Einfluss auf die Stabilität des Schmelzbades. Ausgehend von der Referenzposition PA ließen sich die jeweiligen Referenzparameter in allen Zwangslagen mit vergleichbaren Ergebnissen anwenden. Für die Schweißuntersuchungen an 50 mm dicken Blechen wurde die PC Position als Referenzlage gewählt. Die Überführung der Referenzparameter in die übrigen Positionen bereitet wegen des hohen Schmelzevolumen Probleme. Insbesondere in der Position PF erweist sich die Schmelze als schwierig beherrschbar.

Um eine möglichst hohe Erstarrungsgeschwindigkeit und damit kleine Schmelzbäder zu erreichen, muss die aufgewendete Streckenenergie auf ein Minimum reduziert werden. So konnte auch für den S355J2N mit 50 mm Blechdicke in der Position PB ein Referenzparameter gefunden werden, der in allen Lagen, außer PF, zu vergleichbar guten Schweißergebnissen führt. Die Position PC stellt daher für dickwandige Bauteile auch weiterhin die einfachste Möglichkeit dar, Verbindungen mit hoher Qualität zu erstellen. Hier liegt der größte Spielraum zur Parameteranpassung vor. Ausgehend von einem stabilen Parametersatz, hat die Veränderung der einzelnen Schweißparameter in den unterschiedlichen Schweißpositionen qualitativ den jeweils gleichen Einfluss auf die Nahtausbildung. Aufhärtung und Gefügeveränderung sind nur indirekt mit der Schweißposition verknüpft. Ursächlich sind hier letztlich die Streckenenergie und die damit verbundene Erstarrungsgeschwindigkeit.

Bild 1 zeigt Makroschliffe der einzelnen Schweißpositionen, die mit einem in PB ermittelten Referenzparameter erstellt wurden (außer PF, Anpassung der Pendelfigur, Strahl schleppend angestellt), links S355, rechts AW-5083, Blechdicke jeweils 50 mm.

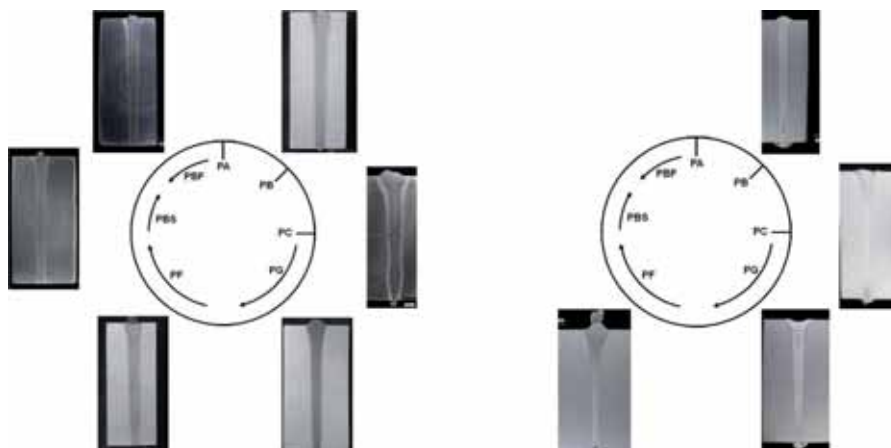


Bild 1: Vergleich der Nahtausbildung in den einzelnen Schweißpositionen (links: S355J2+N, 50 mm, rechts: AW5083, 50 mm)

Stefan Schmidt, pro-beam AG & Co. KGaA: „Die Ergebnisse sind insbesondere für die Lohnschweißerei gewinnbringend, da nachgewiesen werden konnte, dass in einem Blechdickenbereich um 10 mm ein Schweißparameter zum Fügen komplexer Strukturen in nahezu beliebigen Schweißpositionen verwendet werden kann. In dem für den Elektronenstrahl besonders relevanten Dickblechbereich um 50 mm wird zwar die PC Position zum Schweißen auch weiterhin überwiegen, jedoch kann nach den erzielten Ergebnissen eine Schweißung in der oberen Halborbitalen ohne Werkstückmanipulation erfolgen. Wichtig hierbei ist, dass sich Nahtfehler durch geeignete Parameterwahl fast vollständig vermeiden, bzw. leicht mit Hilfe von oberflächlichen Kosmetiknähten beheben lassen.“

5 Durchlaufende Forschungsprojekte 2011 im FA 6

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
06.901 16.600 N	Prozesssicheres und leistungsstarkes Fügen von hochfesten Feinkornbaustählen durch ein Hybridschweißverfahren mit integrierter Vorwärmung (DOVOR) Prof. Dr.-Ing. Schaumann, Uni Hannover Dr.-Ing. Kracht, LZH Hannover Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.600N	01.02.2011	31.07.2013
06.075 17.148 N	Laserstrahlschweißen von Mischverbindungen aus ferritischen und austenitischen rostfreien Edeltählen für Anwendungen im Dünnblechbereich Prof. Dr.-Ing. Schmidt, BLZ Erlangen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.148N	01.05.2011	30.04.2013
06.076 17.264 N	Erweiterung der Prozessgrenzen beim Laserstrahlschweißen von hochfesten Aluminiumlegierungen durch kontrollierte Temperaturbedingungen Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm, Uni Kassel Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.264N	01.09.2011	31.08.2013
06.078 17.265 N	Verbesserung der Nahtqualität von lasergeschweißten Verbindungen aus Aluminiumlegierungen mittels oszillierender Magnetfelder Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.265N	01.09.2011	31.08.2013
06.068 16.260 N	Erweiterung der Anwendungsgrenzen beim Fügen mittels puls-modulierbarer Strahlquellen durch den synergetischen Einsatz eines zeitlich vorgelagerten Plasmalichtbogens Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.260N	01.11.2009	30.04.2012

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
06.070 16.362 B	Verbesserung der Prozessstabilität beim Laserpunktschweißen von Kupfer und Cu-Mischverbindungen durch den Einsatz prozessinterner dynamischer Leistungsregelungen pulsmodulierbarer Laserstrahlquellen Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jüttner, IWF Magdeburg Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.362B	01.02.2010	30.04.2012
06.071 16.517 N	Einsatz der Mehrfokustechnik beim Laser- und Elektronenstrahl-schweißen zur Beeinflussung der Schmelzbaddynamik am Beispiel ausscheidungshärtender Nickelbasis-Superlegierungen Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.517N	01.06.2010	31.05.2012
06.072 16.671 N	Laser-MSG Hybridschweißen unter Zuhilfenahme niederenergetischer Lichtbogenschweißverfahren Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.671N	01.08.2010	31.07.2012

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
06.067 15.917 N	Laser-MSG-Hybridschweißen von dickwandigen Präzisionsrohren Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.917N	01.12.2008	28.02.2011
06.069 16.139 N	Anwendung der Mehrstrahltechnik zur Reduzierung der Eigenspannungen bei EB- und LB-geschweißten Bauteilen Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Prof. Dr.-Ing. Reisinger, ISF Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.139N	01.07.2009	30.06.2011



www.dvs-ev.de/fv/FA07

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

Dipl.-Ing. Michael Weinreich

Tel.: 0211 / 1591-279

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: michael.weinreich@dvs-hg.de

Vorsitzender Dipl.-Ing. Ingo Reinkensmeier

Siemens AG, Energy Sector, Berlin

Stellvertr. Vorsitzender N.N.

Veranstaltungen

Internationales Kolloquium „Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen“

DVS / GMM-Tagung „EBL – Elektronische Baugruppen und Leiterplatten“

Fachtagung „Weichlöten - Forschung & Praxis für die Elektronikfertigung“

Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG A 2 „Fügen in Elektronik und Feinwerktechnik“ - www.dvs-aft.de/AfT/A/A2
- AG A 2.5 „Mikrolöten in der Elektronik und Feinwerktechnik“ - www.dvs-aft.de/AfT/A/A2.5
- AG V 6.1 „Hart- und Hochtemperaturlöten“ - www.dvs-aft.de/AfT/V/V6.1
- AG V 6.2 „Weichlöten“ - www.dvs-aft.de/AfT/V/V6.2
- Fachgesellschaft „Löten“ im DVS - www.dvs-loeten.de/loeten



IIW-Gremien (International Institute of Welding) - www.iiw-iis.org

Commission XVII „Hartlöten, Weichlöten und Diffusionsschweißen“

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Bor- und phosphorfreie Nickelbasislote für das Löten im Schutzgasdurchlaufofen

(IGF-Nr. 16.036 N / DVS-Nr. 07.060)

Laufzeit: 1. April 2009 - 31. März 2011

Prof. Dr.-Ing. Fr.-W. Bach, Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover

Der stetig steigende Kostendruck bei der löstechnischen Fertigung von Edelstahlbauteilen, wie sie in Form unterschiedlichster Wärmeübertrager millionenfach in Kraftfahrzeugen, Anlagen der Energie- und Klimatechnik sowie im allgemeinen Anlagenbau benötigt werden, erfordert einen effektiven Einsatz der zu verarbeitenden Lotwerkstoffe, einen hohen Automatisierungsgrad bei der Vorbelotung der zu fügenden Komponenten und nicht zuletzt ein ökonomisches Lötverfahren. Bei den Herstellern o. g. Bauteile wird das Hartlöten in einem Schutzgasdurchlaufofen favorisiert, da dieses Verfahren in der Massenfertigung wesentlich wirtschaftlicher ist als das hierzu konkurrierende Löten in einem Vakuumofen. Für eine Verarbeitung in Schutzgasdurchlauföfen geeignete Nickelbasislote enthalten in der Regel Phosphor oder Bor als schmelzpunkterniedrigende Zusätze. Damit werden die gewünschten Löttemperaturen unter 1100 °C realisiert. Mit diesen Loten hergestellte Edstahlhlotverbindungen erreichen hinsichtlich Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit bislang nicht die technologischen Eigenschaften, die mit bor- und phosphorfreien Nickelbasisloten, wie mit dem Ni 650, erreicht werden. Aufgrund seiner hohen Liquidustemperatur von 1135°C ist dieser Lotwerkstoff für konventionelle Schutzgasdurchlauföfen ungeeignet.

Die Zielsetzung dieser Arbeit bestand in der Entwicklung von Nickelbasisloten für die Verarbeitung im Schutzgasdurchlauf-ofen, welche einen Schmelzbereich $<1100\text{ °C}$ besitzen und gegenüber den kommerziellen bor- und phosphorhaltigen Nickelbasisloten verbesserte mechanische und korrosionsbeständige Eigenschaften besitzen. Dazu wurden die Elemente Bor und Phosphor durch Kupfer und Mangan ersetzt. Als weiteres Legierungselement wurde den zu entwickelnden Loten Silizium hinzugefügt, so dass Legierungssysteme aus Ni-Cr-Cu-Si bzw. Ni-Cr-Mn-Si resultieren.

Auf Basis thermophysikalischer Betrachtungen und Modellierungen wurden geeignete Legierungszusammensetzungen aus den genannten Systemen festgelegt und schmelz-metallurgisch hergestellt, für die Schmelzbereiche unterhalb von 1100 °C nachgewiesen wurden. Ausgewählte Lote aus dieser Reihe wurden auf ihre Verarbeitbarkeit im Durchlauf-ofen untersucht. Gegenüber dem borhaltigen Referenzlot NI 620 besitzen die neu entwickelten Lote sowohl in NaCl- als auch in H_2SO_4 -haltigen Elektrolyten eine signifikant bessere Korrosionsbeständigkeit. Ebenfalls ist die Oxidationsanfälligkeit der mit Kupfer modifizierten Lote im Vergleich zum Referenzlot nach einwöchiger Auslagerung bei 800 °C deutlich geringer. Die an gelöteten Edelstahlblechen in Schälzugversuchen ermittelten Festigkeiten der modifizierten Lote sind abhängig von der Lötspaltbreite und mit denen des Referenzlots vergleichbar.

Als Resultat der Untersuchungen wurde ein optimiertes Lotsystem der Zusammensetzung Ni-13,5Cr-10,5Cu-6Mn-11Si (Zahlenangaben in Gewichtsprozent) zu einem Lotpulver verarbeitet und dessen Anwendungstauglichkeit für das Löten von Edelstahl nachgewiesen. Das Lot weist einen Schmelzbereich von 1010 bis 1070 °C auf, lässt sich -verdüst als Pulver- mittels konventioneller Lotapplikationstechniken (Bepasten, Siebdruck, Sprühen) verarbeiten und hiermit belotete Bauteile können im Schutzgasdurchlauf-ofen problemlos gelötet werden, vgl. **Bild 1** und **2**. Da die Lotlegierung kein Bor enthält, kann der Lötprozess in N_2/H_2 -Mischungen oder gar reinem Stickstoff (mit Silandotierung) erfolgen. Die entwickelte Lotrezeptur wurde von einem Lothersteller bereits zu Testzwecken umgesetzt. Zurzeit befindet sich das Lot bei diversen Anwendern in der Bemusterungsphase.

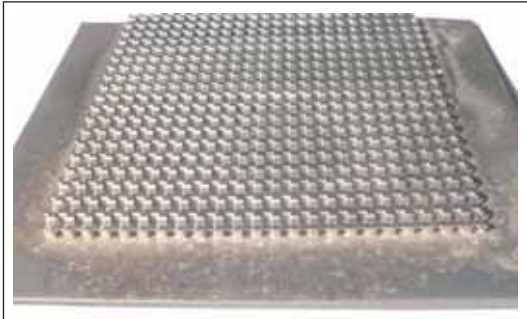


Bild 1: Im Durchlauf-ofen gelötetes Demonstratorbauteil aus Edelstahl
(Lot: Ni-13,5Cr-10,5Cu-6Mn-11Si)



Bild 2: Metallographischer Anschliff aus der Lötnaht des Demonstratorbauteils

Martin Stroiczek, Höganäs GmbH, Düsseldorf: „Dieses Forschungsprojekt wurde mit sehr gut verwertbaren Ergebnissen abgeschlossen. Eigene Lötversuche bestätigen die gute Lötbarkeit. Wir testen derzeit das Lot in weiteren charakterisierenden Versuchen für unser anwendungstechnisches Verständnis. Entscheidend für eine großtechnische Herstellung wird das Interesse unserer Kunden sein. Eine Hürde stellen dabei die erforderlichen Qualifizierungsmaßnahmen speziell bei automotiven Anwendungen dar. Ein Einsatz des neuen Lotes wird deshalb erst mittelfristig erreichbar sein.“

Dr.-Ing. Knud Nörenberg, Volkswagen AG, Bereich GQL-LM/1, Wolfsburg: „Aus Sicht der Automobilindustrie eröffnen die Forschungsergebnisse sowohl wirtschaftliche als auch funktionelle Fortschrittspotenziale bei der Einhaltung aktueller und künftiger Abgasnormen. Die Umsetzung in entsprechende Produkte wird durch die Zulieferindustrie, also vorwiegend KMU's erfolgen.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Lötwärmebeständigkeit und Zuverlässigkeit neuer Konstruktionen im manuellen Reparaturprozess bleifreier elektronischer Baugruppen

(IGF- Nr. 15.535 N / DVS-Nr. 07.057)

Laufzeit: 1. Februar 2008 – 31. Juli 2010

Prof. Dr.-Ing. W. Benecke, Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie ISIT, Itzehoe

In diesem Projekt wurden Daten zum abgesicherten Prozessfenster durch manuelle Lötbelastung (manueller Reparatur- und Nacharbeitsprozess) an elektronischen Baugruppen erarbeitet. Diese wurden mittels Zuverlässigkeitsuntersuchungen abgesichert und für den industriellen Anwender als Prozess-Empfehlung inklusive Informationen zum Schädigungspotenzial mit ausführlichen Bildbeispielen in Form von Gut- und Schlechtmustern bereitgestellt.

Ermittlung des Prozessfensters für den manuellen Lötprozess

Ausgehend vom Padlayout eines Bauelementanschlusses wurde die Lötspitze jeweils so dimensioniert, dass diese seitlich nicht über das Leiterplattenpad hinausragte. Zur Untersuchung der Wärmebelastung im Leiterplattenmaterial und an den Komponenten durch den Wärmeeintrag während des manuellen Lötprozesses wurden die Baugruppen mit unterschiedlichen Lötspitzentemperaturen und Lötzeiten belastet und anschließend visuell und mittels Querschliffanalyse untersucht. Das Schädigungspotenzial an der Leiterplatte durch manuelle Lötwärmebelastung wurde an Durchkontaktierungen der 24poligen Stiftleisten untersucht.

Alle LP-Varianten wiesen bei 350°C Lötwärmebelastung Padlifting auf. Bei größerer Wärmebelastung (Temperatur und/oder Zeit) nahm das Padlifting ebenfalls zu. Bereits nach dem Wellenlöten war jedoch auch Padlifting zu beobachten. Dieses wurde, sofern keine signifikante Zunahme von Harzrückzügen oder weitergehende Delamination auftrat, als unkritisch eingestuft. Je nach Lötspitzentemperatur und Löttdauer wurden unterschiedlich starke Schädigungen festgestellt, siehe **Bilder 1 – 3** (S.69 u. 70). Dies waren (stark) erhöhte Harzrückzüge im Hülsenbereich, Laminatrisse und Delamination bis hin zur Materialzersetzung. Anhand der Ergebnisse lassen sich für die untersuchten Materialien Prozessgrenzen für den manuellen Lötprozess herleiten. Nicht nur Lötwärme kann die Leiterplatte schädigen. Insbesondere mechanische Einwirkung durch die Lötspitze während des Lötprozesses kann zu einer Deformation führen. Schädigung des Leiterplattenmaterials durch Lötwärme in Verbindung mit mechanischer Einwirkung, die durch manuelle SMD-Lötprozesse in die Baugruppe eingebracht wird, zeigen die **Bilder 4 und 5** (S. 70). Abhängig vom Basismaterial ist bereits bei geringen Kräften eine deutliche mechanische Schädigung durch den manuellen Lötprozess möglich.

Neben der Leiterplatte stellten auch die eingesetzten Komponenten für den Lötprozess hinsichtlich der Wärmebelastbarkeit ein begrenzendes Element dar. Deren oftmals eingeschränkte Lötwärmebeständigkeit begrenzte den Lötprozess in Temperatur und Zeitdauer. Bei den Untersuchungen wurde insbesondere deutlich, dass die Lötspitzengeometrie nicht nur an das Padlayout angepasst sein muss, sondern auch die Anforderungen des Bauelements zu berücksichtigen sind. Eine an die Löttaufgabe nicht angepasste Lötspitzengeometrie kann bei unsachgemäßer Handhabung sehr leicht zur Zerstörung des Bauteils (Aufschmelzen, Rissbildung oder Abplatzungen) führen. Auch bei richtiger Handhabung ist das Prozessfenster durch wärmeempfindliche Komponenten deutlich eingeschränkt. Selbst eine für den Prozess geeignete Lötspitze kann bei zu hoher Lötspitzentemperatur und damit zu großem Wärmeeintrag zur Bauelementbeschädigung führen.

Ergebnisse

Insbesondere temperaturempfindliche Komponenten und auch Leiterplattenlaminare mit eingeschränkter Temperaturbeständigkeit sind als Schwachstellen im Gesamtsystem elektronische Baugruppe zu finden. Unter Beachtung dieser Vorgaben und bei Wahl des an die Löttaufgabe angepassten Werkzeuges ist eine Baugruppen schonende Reparatur möglich. Ein Einfluss auf die Zuverlässigkeit im manuellen Reparaturlötprozess durch unterschiedliche Lötssysteme wurde für die untersuchten Werkzeuge ausgeschlossen.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit einem richtig ausgeführten manuellen bleifreien Lötprozess (Reparaturlötprozess) auf FR4-Leiterplatten die Zuverlässigkeit von elektronischen Baugruppen hinsichtlich Temperaturwechselbeständigkeit gegenüber

Baugruppen, die nur Serienlötprozesse (Reflow- und Wellenlöten) durchlaufen haben, nicht negativ beeinflusst wird. Voraussetzung dafür ist allerdings die Einhaltung der in diesem Vorhaben empfohlenen Lötparameter für den manuellen Reparaturlötprozess.

Wichtig für die Baugruppen schonende Lötung ist, dass der Prozess unter Einhaltung von definierten Prozessparametern durchgeführt wird. Hierbei muss die Lötspitzengeometrie an die Bauelement- und Leiterplattenanforderungen angepasst sein. Empfohlen wird eine Lötspitzentemperatur von 350°C und Lötprozesszeiten von bis zu 3 s. Somit wird gewährleistet, dass im Fall eines bis zu 2x wiederholten Lötprozesses keine signifikante zusätzliche Schädigung in die Baugruppe eingetragen wird. Damit ergeben sich die empfohlenen Lötparameter für einen FR4-materialübergreifenden sicheren manuellen Lötprozess wie folgt:

- maximal 350°C Lötspitzentemperatur
- maximale Lötzeit je Lötprozess: 3 s
- maximale Anzahl Lötprozesse: 3

Eine über 350°C hinaus gehende Lötspitzentemperatur erhöht das Schädigungspotenzial des manuellen Lötprozesses derart stark, dass ein Überschreiten dieser Grenze nicht empfohlen werden kann. Eine FR4-materialübergreifende Prozesssicherheit mit einer Lötspitzentemperatur oberhalb von 350°C kann nicht gewährleistet werden. Ist der manuelle Lötprozess nur mit dem LötKolben aufgrund zu großer thermischer Massen bei 350°C Lötspitzentemperatur nicht durchführbar, muss die Baugruppe vorgewärmt bzw. während des Lötprozesses zusätzlich erwärmt werden.

Zu beachten ist allerdings, dass eine direkte Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf andere Leiterplattenaufbauten und insbesondere andere Materialvarianten nicht ohne weiteres möglich ist. Hier müssen für den jeweiligen Anwendungsfall das verwendete Leiterplattenmaterial, der Lagenaufbau und die Anbindungen (auch die von außen nicht immer sichtbaren Innenlagenanbindungen) im speziellen betrachtet werden.

Umsetzung der Ergebnisse in die Industrie / Ergebnistransfer

Die im projektbegleitenden Ausschuss beteiligten Firmen werden die Ergebnisse, insbesondere Handbuch und Workmanship, in eigene Arbeitsplatzrichtlinien und Arbeitsanweisungen sowie interne Schulungsunterlagen integrieren. Des Weiteren ist die Umsetzung der Ergebnisse in die Industrie durch eine Aufnahme des Handbuches in die DVS-Ausbildungsunterlagen nach der Richtlinie DVS 2620 „Handlötarkraft/Elektronik“ geplant.



Bild 1: Optische Inspektion, Leiterplatte nach übermäßiger manueller Lötwärmebelastung

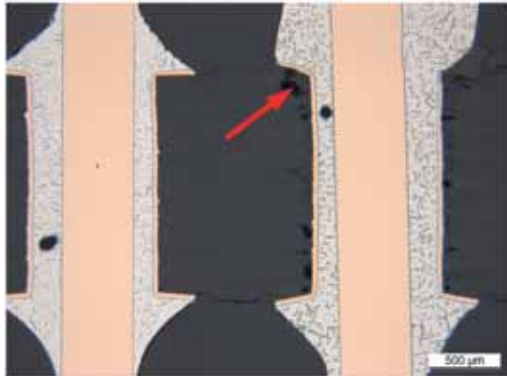


Bild 2: Querschliff, Pin links unbelastet, Pin rechts thermisch überlastet

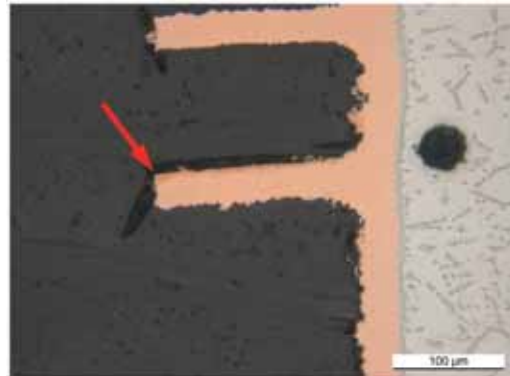


Bild 3: Querschliff, Delamination im Laminat

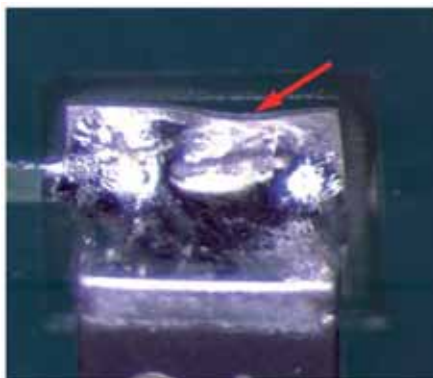


Bild 4: Optische Inspektion, Leiterplattenschaden durch mechanische Einwirkung

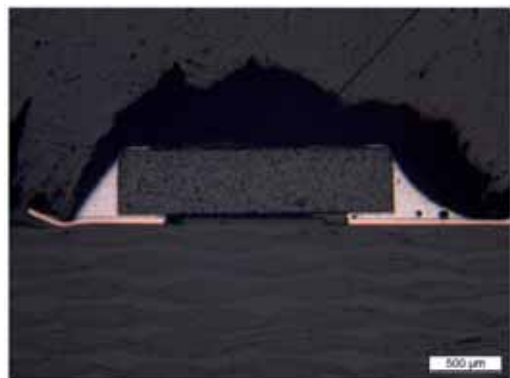


Bild 5: Querschliff, Leiterplattenschaden durch mechanische Einwirkung

Petrik Lange, Hella KGaA: „Das Reparaturlöten stellt auch für Hella einen sehr wichtigen Prozess dar, die Umweltziele, Lieferfähigkeit und Wirtschaftlichkeit unserer Elektronikproduktion sicherzustellen. Insbesondere im Automotive-Bereich sind jedoch die Bedenken bei unseren OEM-Kunden hinsichtlich der Qualität des Reparaturlötens sehr hoch. Vor diesem Hintergrund ist unser Projekt ein ganz wichtiger Beitrag zum Nachweis der bedingten Prozessfähigkeit und gleichzeitig völlig ausreichenden Qualität und Robustheit von Reparaturlötstellen gewesen. Darüber hinaus bietet er Anwendern wie Hella konkrete Ausführungshinweise für eine fachgerechte hochqualitative Lötstellenreparatur. Wir haben unseren bis dato existierenden Reparaturkatalog deshalb um zahlreiche neue oder bessere Reparaturprozeduren aus diesem IGF-Projekt ergänzen können. Gleichzeitig wurden auch viele Prozeduren durch unser Projekt bestätigt und quasi damit nochmals legitimiert.“

Hendrik Müller, Airbus Operations GmbH: „Die Umsetzung der Projektergebnisse ist in unserem Hause in vollem Gange. Folgende Dinge sind schon umgesetzt: Theoretische Schulung der Mitarbeiter, Ergebnistransfer an unsere französischen Kollegen, Ergebnistransfer an unsere Fremdfertiger, Aufnahme der wesentlichen Punkte in den Auditplan 2012 – Prozessaudits bei Lieferanten. Die Umsetzung in Prozessbeschreibungen, Prozessvarianten und Arbeitsanweisung, die ihren Platz natürlich an den Einsatzstellen finden und im Qualitätsmanagementhandbuch gem. ISO 9100 (das ist die ISO 9001 plus Luftrecht) zusammengefasst werden, wird kurzfristig erfolgen.“

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
07.901 00.376 Z	Lotdrähte für das Laserstrahl- und Lichtbogenlöten von Aluminium - SprühlöWe Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen Prof. Dr.-Ing. Zoch, IWT Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.376Z	01.01.2011	30.06.2013
07.064 16.871 N	Industrielle Nutzung des Reactive Air Brazings zum Fügen von lekdichten Keramik-Keramik- und Keramik-Metall-Verbunden Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.871N	01.01.2011	31.12.2012
09.051 16.195 N	Berechnungsmethoden und Auslegungskriterien für die betriebsfeste Bemessung von gelöteten Verbindungen aus Stahlwerkstoffen sowie Mischverbindungen unter Berücksichtigung neuartiger Prozessstrategien Prof. Dr.-Ing. Esderts, IMAB Clausthal Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.195N	01.09.2009	29.02.2012
07.062 16.558 N	Systematische Untersuchung der Eigenschaften gelöteter Fügeverbunde mit anwendungsrelevanten Prüfverfahren II Prof. Dr.-Ing.Dipl.-Wirt.Ing. Tillmann, LWT Dortmund Prof. Dr.-Ing. Bobzin, IOT Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.558N	01.05.2010	30.04.2012

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
07.060 16.036 N	Bor- und phosphorfreie Nickelbasislote für das Löten im Schutzgasdurchlauföfen Prof. Dr.-Ing. Bach, IW Hannover Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.036N	01.04.2009	31.03.2011
07.061 16.194 B	Entwicklung niedrigschmelzender Lote für hochfeste Aluminiumlegierungen Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage, WSK Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.194B	01.09.2009	31.08.2011

5 Fachausschuss 8



www.dvs-ev.de/fv/FA08
www.klebtechnik.org

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung
Marcus Kubanek
Tel.: 0211 / 1591-120
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: marcus.kubanek@dvs-hg.de

Vorstandsvorsitzender Dr.-Ing. Wilko Flügge
Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter

Vorstandsmitglieder

Prof. Dr.-Ing. Thomas Reiner
Siebe Engineering GmbH & Co. KG, Neustadt-Ferndal

Dipl.-Ing. Karl Moser
MERK-Project GmbH, Aichach

Prof. Dr. Rainer Marutzky
iVTH e.V., Braunschweig

Dr. Hans-Günther Cordes
Jork

Dr.-Ing. Hans Christian Schmale
DAIMLER AG, Bremen

Dipl.-Ing. Helmut Diekmann
Bayer Technology Services GmbH, Leverkusen

Prof. Dr. Kurt Wagemann
DECHEMA e.V., Frankfurt a.M.

Vertreter der vier Forschungsvereinigungen

FA 8 „Klebtechnik“:

Vorsitzender Prof. Dr.-Ing. Thomas Reiner
Siebe Engineering GmbH & Co. KG, Neustadt-Ferndal

Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Horst Stepanski
Stepanski Engineering, Leverkusen



Tragende AiF-Mitgliedsvereinigungen

- **Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (DECHEMA)**
Arbeitskreise „Fertigung und Konstruktion“ und „Adhäsion und Klebstoffchemie“ der DECHEMA
- **Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA)**
Expertenausschuss „Kleben von Stahl“ der FOSTA
- **Internationaler Verein für technische Holzfragen e.V. (iVTH)**
Mitglieder des IVTH aus Forschung und Industrie
- **Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS**
Fachausschuss 8 „Klebtechnik“ der Forschungsvereinigung des DVS



Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Wirksamkeit von Verfahren zur Entfernung von Trennstoffen auf Al-Druckguss-Bauteilen

(IGF-Nr. 15.636 N / DVS-Nr. 8.047)

Laufzeit: 1. August 2008 - 31. Juli 2010

Prof. Dr.-Ing. K. Dilger, ifs – Institut für Füge- und Schweißtechnik, TU Braunschweig

Als Alternative zum Schweißen bietet das Kleben von komplexen und dünnwandigen Leichtmetall-Druckgussbauteilen dem Automobilbau aus vielen Gründen interessante wirtschaftliche Perspektiven. Dabei kommt zunehmend neben den etablierten Dichtklebungen die Fertigung struktureller Klebungen in Betracht. Bei der Herstellung von Aluminium-Druckgussbauteilen werden Formtrennmittel eingesetzt, um eine Verbindung der Aluminiumschmelze mit der Druckgussform zu vermeiden. Nach dem Erstarren des flüssigen, über 600°C heißen Aluminiums verbleiben die Trennmittelrückstände an der Oberfläche (Gusshaut als oberflächennahe Schicht) in sehr unterschiedlichen Konzentrationen und in einem undefinierten (vercrackten) Zustand. Somit stellt eine Druckguss-oberfläche aus klebtechnischer Sicht äußerst komplexe Randbedingungen dar. Zur Gewährleistung einer sicheren Klebbarkeit solcher Druckgussverbunde ist es notwendig, detaillierte Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen der jeweiligen Oberflächenbeschaffenheit und der Wirkungsweise von Vorbehandlungsverfahren zu erhalten und deren Auswirkung auf die Klebeignung zu untersuchen.

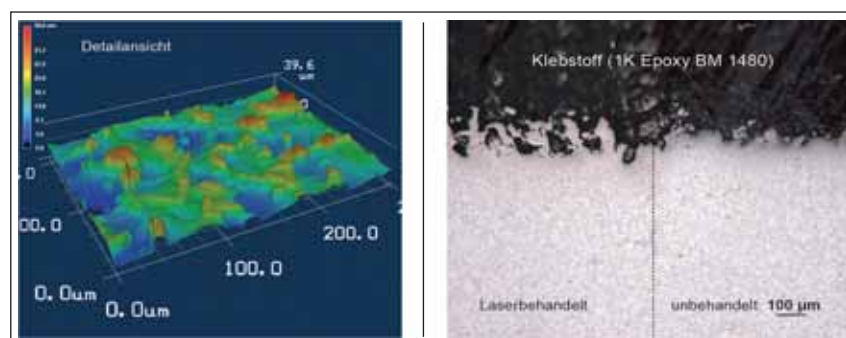


Bild 1: Laserbehandelte Oberfläche

Die Untersuchungen zeigen, dass Aluminium-Druckgussbauteile generell mit einer großen Streubreite an Trennmittelrückständen auf der Gusshaut vorliegen und die verschiedenen Vorbehandlungsmethoden wie konventionelle wässrige und physikalische Verfahren die Entfernung von Trennmittelrückständen unterschiedlich wirksam bewältigen. Bauteile aus der Druckgießerei können klebgerecht verarbeitet werden, wenn die Materialien und alle Stadien der Behandlung gut aufeinander abgestimmt werden. Ein Gleitschleifprozess hat sich als positive Basisbehandlung für alle weiteren Schritte zur Entfernung von Trennstoffen herausgestellt, schafft jedoch selbst noch keine Klebbarkeit. Die nasschemischen Prozesse aus alkalischer Reinigung und saurer Beize, gegebenenfalls noch durch einen zusätzlichen silanbasierten Konversionsbeschichtungs-schritt ergänzt, stellten sich in den meisten Fällen als überaus wirksame Reinigungs- und Vorbehandlungsverfahren zum Kleben von Aluminium-Druckgussbauteilen heraus. Ob der dritte Schritt mit der Konversionsschicht im Einzelfall sinnvoll oder notwendig ist, muss jeder Anwender im Vorfeld individuell prüfen. Neben den wässrigen Vorbehandlungsmethoden weist auch die Laserstrahlbehandlung eine gute Reinigungswirkung auf Aluminium-Druckguss auf und empfiehlt sich damit als eine gute ökologische Alternative (siehe Abbildung). Mit dem untersuchten Atmosphärendruckplasma wurde keine ausreichende Reinigungswirkung erzielt. Daher ist keine alleinige Behandlung mit dem Verfahren empfehlenswert. Interessant wäre es, eine Kombination mit den trennstoffabtragenden Vorbehandlungsverfahren zu untersuchen. Allerdings müssen hierbei die entsprechenden Mehrkosten mit berücksichtigt werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die gereinigten Bauteile direkt nach der Vorbehandlung geklebt werden sollten. Eine Lagerungszeit bis zum Kleben wirkt sich sowohl auf die Kurzzeitfestigkeit als auch auf die Langzeitbeständigkeit bei allen Vorbehandlungsverfahren negativ auf die Verbindungsfestigkeiten aus.

Darko Tomazic, Vertriebsleiter Druckguss CTG, Chem-Trend (Deutschland) GmbH: „Durch das Projekt konnten fundamentale Erkenntnisse bezüglich der Einflüsse von Trennstoffen auf die Verklebbarkeit von druckgegossenen Aluminium-Bauteilen gewonnen werden. Chem-Trend als innovativer und führender Trennstoffhersteller wird die Projektergebnisse bei zukünftigen Trennstoffentwicklungen berücksichtigen und Komponenten bei neuen Trennstoffformulierungen verwenden, die die Anforderungen beim Kleben von druckgegossenen Aluminiumbauteilen unterstützen.“

Ansgar Pithan, Director Materials Development, Martinrea Honsel Germany GmbH: „In diesem Forschungsvorhaben wurden Probleme und Lösungsansätze bei der Vorbehandlung von Druckgussbauteilen im Hinblick auf eine anschließende Klebung deutlich herausgearbeitet. Martinrea Honsel, eines der größten Unternehmen der Leichtmetallindustrie, ist es mit dieser Untersuchung möglich geworden, neue Bauteile vor allem aus dem Bereich der Karosserie zielgerichtet bezüglich einer optimalen Füge-technik zu entwickeln.“

Edwin Büchter, Geschäftsführender Gesellschafter, Clean-Lasersysteme GmbH: „Die Entfernung von Trennmittelrückständen von Alu-Druckguss-Bauteilen stellt für unsere Kunden eine große Herausforderung dar. Durch das Projekt konnten die Zusammenhänge zwischen der Formeneintrennung und dem Einfluss auf die Verklebbarkeit von Druckgussbauteilen gezeigt werden. Die nachweislich prozesssichere Entfernung dieser Kontaminationen mit dem Laserverfahren eröffnet uns ein weiteres Einsatzpotenzial für unsere Technologie und damit neue Märkte.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Falzklebeprozess im automobilen Rohbau

(IGF-Nr. 294 ZBG / DVS-Nr. GK.002)

Laufzeit: 4. Juni 2008 – 31. Mai 2010

Prof. Dr. rer. nat. B. Meyer,

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. R. Neugebauer,

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Dresden

Im Karosseriebau werden Bleche form- und kraftschlüssig durch Falzkleben miteinander verbunden. Ein eingebrachter Strukturklebstoff im Falzspalt sorgt dabei für eine schubsteife Verbindung der Bleche. Zum Schutz vor Korrosion wird der Falzspalt mit einer Nahtabdichtung gegen das Eindringen von Feuchtigkeit versehen. Bisher gelingt es nicht diese Nahtabdichtung prozesssicher und blasenfrei zu fertigen. Auftretende Fehlstellen müssen aufwendig nachgearbeitet werden. Das Projekt „Falzklebeprozess im automobilen Rohbau“ hatte daher das Ziel diejenigen Prozessparameter zu identifizieren, die für Fehler in der Nahtabdichtung verantwortlich sind. Darüber hinaus galt es das Prozessfenster zu identifizieren, welches den Falzklebeprozess in hoher Qualität ermöglicht.

Ausgehend von einer Analyse der Prozessbedingungen in der Fertigung sowie der Auswertung von Fehlerbildern an industriellen Werkstücken wurden Thesen für die Ursachen von Fehlern in der Nahtabdichtung aufgestellt. In einem Versuchsprogramm wurde die Wirkung ausgewählter Prozessparameter in einem seriennahen Falzklebeprozess untersucht. Dabei wurde bestätigt, dass die Vermeidung von Kavitäten im Falzklebstoff eine Schlüsselfunktion für einen fehlerfreien Prozess ist. Das Verständnis für die am Prozess beteiligten Einflussgrößen wurde wesentlich erweitert.

Beispielsweise wurde analysiert, dass die Verteilung des KTL-Lackes an der Beschnittkante des Außenbleches und innerhalb des Falzspaltes einen grundlegenden Einfluss auf die Fehlstellenentstehung in der Nahtabdichtung aufweist. Im Vorfeld der KTL-Beschichtung kommt es während des Falzens der Blechbauteile zu Verdrängungs- bzw. Strömungsvorgängen innerhalb der applizierten Klebstoffschicht. Hierdurch entstehen Schwankungen bezüglich des Klebstofffüllgrades. Diese Schwankungen führen unter gegebenen Umständen zur Ausbildung einer Kavität mit einem Schadenspotential gegenüber der Nahtabdichtung. In Kombination mit dem bereits erwähnten KTL-Lack kann sich dieses Schadenspotential verstärken oder abmildern. Es wurden Prozessparameterkombinationen ermittelt, die im Probenumfang des seriennahen Versuches fehlerfreie Testreihen lieferten. Es wurden auch solche Prozessvarianten beschrieben, bei denen eine hohe Fehlerwahrscheinlichkeit zu erwarten ist. Wegen der Vielzahl der Einflussmöglichkeiten und deren komplexen Zusammenwirken war es in diesem Projekt noch nicht möglich, solche Prozessparameter abschließend zu definieren, die regelmäßig fehlerfreie Prozesse garantieren.



Bild 2: Industrielles Bauteil mit einer blasenförmigen Fehlstelle in der Nahtabdichtung

Jürgen Krause, Leiter der Karosseriefertigung, DAIMLER-Werk Bremen: „Die im Rahmen des Projektes 'Falzkleben im automobilen Rohbau' gesammelten Erkenntnisse haben unser Verständnis für die Entstehung von Fehlstellen in der Nahtabdichtung grundlegend erweitert.“

Dr. Frank Schulz, Leiter der Konstruktion, AUDI Neckarsulm: „Das Aufzeigen des Zusammenhangs zwischen Falz- bzw. Strömungsvorgängen innerhalb der Klebschicht und der Klebstoffverteilung im Fertigfalz hat unser Prozessverständnis erweitert.“

5 Durchlaufende Forschungsprojekte 2011 im FA 8

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
GK.006 00.369 Z	Methodenentwicklung zur Simulation und Bewertung fertigungs- und betriebsbedingter Klebschichtschädigungen infolge Temperaturwechselbeanspruchung Prof. Dr.-Ing. Lion, LRT München Prof. Dr.-Ing. Matzenmiller, IFM Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF Paderborn Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.369Z	01.01.2011	30.06.2013
08.072 16.956 B	Applikation und Einsatz von faserverstärkten Klebstoffen im Bauwesen - FibrAdh Prof. Dr.-Ing. habil. Werner, IKI Weimar Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.956B	01.02.2011	31.01.2013
GK.005 17.266 B	Komplementäres Konzept zur blasenfreien Nahtabdichtung von Falzklebungen Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Prof. Dr.-Ing. habil. Neugebauer, IWU Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.266B	01.09.2011	31.08.2013
08.077 17.275 N	Klebstoffe als dauerhaftes Verbundmittel bei Stahlverbundträgern Prof. Dr.-Ing. Geiß, AWOK Kaiserslautern Prof. Dr.-Ing. Kurz, STB Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.275N	01.10.2011	31.03.2014
08.070 00.034 E	Increase of the safety of cars for the Protection of pedestrians by Crash Resistant Adhesive Bonding on LACquered Surfaces (CRAB LACS) Dr.-Ing. Kracht, LZH Hannover Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.034E	01.06.2010	31.05.2012
GK.003 00.338 Z	Robustheit und Zuverlässigkeit der Berechnungsmethoden von Klebverbindungen mit hochfesten Stahlblechen unter Crashbedingungen Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Prof. Dr.-Ing. Matzenmiller, IFM Prof. Dr.-Ing. habil. M.Sc. Mahnken, LTM Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.338Z	01.12.2009	31.05.2012
08.053 16.317 N	Qualitätssicheres Vorbehandeln und Kleben durch den Einsatz optischer Emissionsspektroskopie - SAFE BOND Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.317N	01.03.2010	30.04.2012
08.067 16.384 N	Neue wirtschaftliche Messmethoden zum geregelten Klebstoffauftrag hochviskoser Klebstoffe (ThermoFlowSens) Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.384N	01.03.2010	29.02.2012
08.068 16.559 N	Einfluss der Dosier- und Mischtechnik auf das Eigenschaftsprofil von 2K Klebstoffen: DoMinik 2K Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF Paderborn Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.559N	01.05.2010	30.04.2012

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
08.069 16.560 N	Untersuchungen zum Einfluss einer Elektronenstrahlvorbehandlung von Titanoberflächen zur Verbesserung der Alterungsbeständigkeit von Klebungen (unter erhöhter Temperatur- und Feuchtebelastung) - OBTITAN Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.560N	01.05.2010	30.04.2012
08.071 16.778 N	Eigenschaftsprofil Klebebolzen Prof. Dr.-Ing. Meschut, LWF Paderborn Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.778N	01.11.2010	31.10.2012

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
GK.000 00.307 Z	Schwingfestigkeitsauslegung von geklebten Stahlbauteilen des Fahrzeugbaus unter Belastung mit variablen Amplituden Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Prof. Dr.-Ing. Hanselka, LBF Darmstadt Prof. Dr.-Ing. Matzenmiller, IFM Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.307Z	01.01.2009	31.10.2011
GK.004 00.319 Z	Entwicklung einer Systematik zur Anpassung von Klebstoffen und Klebverbindungen an die Anforderungen beim Kleben hochfester Stähle Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Prof. Dr.-Ing. Geiß, AWOK Kaiserslautern Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.319Z	01.04.2009	30.09.2011
GK.001 15.638 N	Entwicklung einer Prozesskette zur Herstellung partiell verstärkter Blechstrukturen durch neuartige Basisklebstoffe und daran angepasste Verarbeitungstechniken Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Prof. Dr.-Ing. Behrens, IFUM Hannover Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.638N	01.06.2008	31.05.2011
08.050 16.031 B	Klebtechnisches Verbinden von Hartstoffschnitten mit Schneideinsatzträgern für Hochleistungswerkzeuge Prof. Dr.-Ing. Geiß, AWOK Kaiserslautern Dr. Sändig, IFW Jena Dr.-Ing. Barthelmä, GFE e.V. Schmalkalden Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.031B	01.04.2009	31.03.2011
08.051 16.030 N	Einsatz rationeller partieller Reinigungsverfahren zur Verbesserung der Raumtemperatur-Klebarkeit beölter und umgeformter Feinbleche, „Ratioclean“ Prof. Dr. rer. nat. Dietrich, HS Ulm Prof. Dr.-Ing. Geiß, AWOK Kaiserslautern Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.030N	01.04.2009	31.12.2011



www.dvs-ev.de/fv/FA09

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

Marcus Kubanek

Tel.: 0211 / 1591-120

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: marcus.kubanek@dvs-hg.de

Vorsitzender Dr.-Ing. Manfred Kaßner
Alstom LHB GmbH, Salzgitter

Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Genbao Zhang
Volkswagen AG, Wolfsburg

Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG Q1 „Konstruktion und Berechnung“ - www.dvs-aft.de/AFT/Q/Q1

In der Forschungsvereinigung des DVS

- Fachausschuss I2 „Anwendungsnahe Schweißsimulation“

IIW-Gremien (International Institute of Welding) - www.iiw-iis.org

- Commission X „Strukturverhalten von Schweißverbindungen – Versagensvermeidung“
- Commission XIII „Schwingfestigkeitsverhalten geschweißter Bauteile“
- Commission XV „Grundlagen der Konstruktion, Berechnung und Fertigung von Schweißkonstruktionen“

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Bewertung und Optimierung der Tragfähigkeit von Gewindebolzenschweißverbindungen unter Ermüdungsbeanspruchung

(IGF-Nr. 16.027N / DVS-Nr. 9.048)

Laufzeit: 1. April 2009 – 31. März 2011

Prof. Dr.-Ing. H. Cramer, GSI mbH NL SLV München

Das Ermüdungsverhalten von M6 und M12 Gewindebolzenschweißungen an unlegierten Stählen (S235, S355, S690Q, 8MnSi7, HCT780C) wurde durch Schwingprüfungen nach dem Nennspannungskonzept sowie lokalen Berechnungen nach dem Kerbspannungskonzept für zwei Wulstformen (hoher bzw. kehlnahtförmiger Wulst) ermittelt.

Die anhand von Wöhlerkurven bewerteten Schwingergebnisse zeigen eine höhere Ermüdungsfestigkeit der Schutzgasbolzenschweißungen mit kehlnahtförmigem Wulst im Vergleich zu den Keramikringbolzenschweißungen mit hohem Wulst auf (**Bild 1**, nächste Seite). Die Schwingbrüche beginnen an oberflächennahen Fehlstellen an den Nahtübergängen des Wulstes zum Bolzen (70 % Anteil) oder zum Blech.

Darüber hinaus wurde keine nennenswerte Verbesserung der Schwingfestigkeit sowohl bei Einsatz höherfester Materialien als auch durch eine PIT-Nachbehandlung des Schweißwulstes bzw. bei einer Plastifizierung (Zugbelastung) des Schweißquerschnittes erzielt.

Röntgenografisch ermittelte Eigenspannungen sind an den Wulstoberflächen der Bolzenschweißungen in einem Bereich zwischen $\sigma = -100$ N/mm bis $\sigma = +300$ N/mm vorhanden. Berechnungen der Eigenspannungszustände innerhalb der Schweißzone mit Hilfe des Programms Sysweld auf der Basis einer modellierten Ersatzwärmequelle nach Goldak ergaben Eigenspannungen mit Maxima bis ca. 600 MPa in der Wärmeeinflusszone (WEZ) des Bleches unterhalb der Schweißnaht.

Der Nutzen der Ergebnisse besteht in einer genaueren Einordnung von Bolzenschweißungen in Schwingfestigkeitsklassen gemäß IIW-Richtlinie und Eurocode 3. Dies unterstützt den Konstrukteur bzw. den Statiker bei der Bemessung unterschiedlicher Konstruktionen in der metallverarbeitenden Industrie. Dementsprechend ist anhand einer einfachen Summenbilanz der Versuchsreihen eine mögliche Zuordnung des M12 Keramikringbolzenschweißens zur FAT-Klasse 71 oder 80 bei einem Mittelwert $\sigma_{A,nom}$ von 40 MPa vorzuschlagen, wogegen die M12 Schutzgasbolzenschweißungen mindestens die FAT-Klasse 90 bei einem Mittelwert $\sigma_{A,nom}$ von 53 MPa erreichen. Bei den M6 Bolzenschweißungen hat sich aufgrund der dünnen Bleche (< 3 mm) eine derartige Klassifizierung als nicht sinnvoll erwiesen.

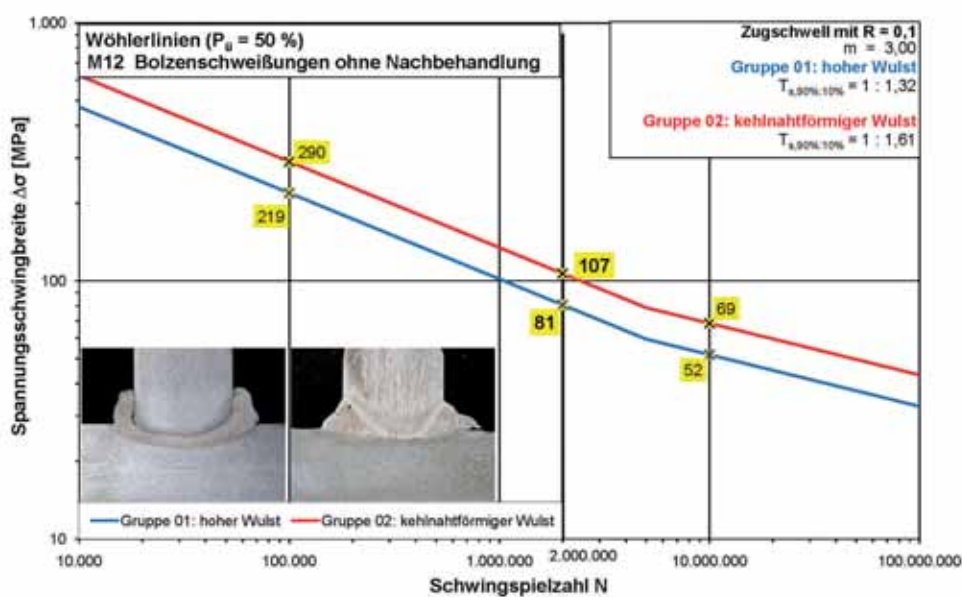


Bild 1: Wöhlerlinien von M12 Bolzenschweißungen mit hohem Wulst (Gruppe 01) und kehlnahtförmigem Wulst (Gruppe 02) mit Angaben zum Bezugswert $\Delta\sigma_c$ der Ermüdungsfestigkeit bei $NC = 2 \times 10^6$ Schwingspielen gemäß Eurocode 3

Dipl.-Ing. Rainer Trillmich, Fa. Köster & Co GmbH: „Die Untersuchung beseitigt viele Unsicherheiten, die bisher den Einsatz von Schweißbolzen in ermüdungsbeanspruchten Strukturen verhindert haben. Der Konstrukteur kann auf belastbare Ergebnisse zurück greifen, wobei der wirtschaftlichen Bolzenschweißtechnik weitere Gebiete, z.B. im Hoch- und Brückenbau, aber auch im Bereich der regenerativen Energien, erschlossen werden. Das vorgeschlagene Bemessungskonzept entspricht den Anforderungen der Praxis. Wir erwarten einen verstärkten Einsatz von Gewindebolzen an Bauteilen mit Ermüdungsbeanspruchung.“

Klaus Schramm, Fa. AS Schöler + Bolte GmbH: „Die weitgehende Bestätigung der experimentell ermittelten Schwingfestigkeiten (Nennspannungskonzept) durch die rechnerische Bewertung nach dem Kerbspannungskonzept zeigt die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen dieser Technik genau auf. Bei unseren Kundenberatungen werden wir insbesondere auf den Einfluss der fehlerarmen Wulstausbildung hinweisen.“

Dipl.-Ing. Ronald Klier, Fa. HBS Bolzenschweißsysteme GmbH & Co. KG: „Die Bewertung der Bolzenschweißverbindungen anhand des Eurocode 3 und die Zuordnung zu Schwingfestigkeitsklassen unterstützt besonders Konstruktionsbüros bei technischen Entwicklungen. Dadurch ergeben sich neue Gestaltungsmöglichkeiten unter Zuhilfenahme der wirtschaftlichen Bolzenschweißtechnik. Dies stärkt die Marktpräsenz des Verfahrens. Eine weitere Anschlussuntersuchung zum Thema Kerbspannungen und Belastungsfähigkeit wäre wünschenswert.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Lebensdauerbewertung von Schweißverbindungen mit werkstoffmechanischen und statistischen Modellen unter besonderer Berücksichtigung von Eigenspannungen

(IGF-Nr. 15.913 N / DVS-Nr. 09.049)

Laufzeit: 1. Dezember 2008 – 30. November 2011

Prof. Dr. P. Gumbsch, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM), Freiburg

Prof. Dr. H. Hanselka, Institut für Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik (SzM), TU Darmstadt, Darmstadt

Die Bewertung von Schweißverbindungen im Hinblick auf die Bauteillebensdauer ist von zentraler Bedeutung für geschweißte Konstruktionen. Bedingt durch den Wärmeeintrag im Schweißprozess und den damit verbundenen Aufheiz- und Abkühlvorgängen sowie lokalen Umwandlungen des Werkstoffs resultieren in Schweißverbindungen Eigenspannungen. Diese können neben den Spannungen aus der Betriebsbelastung einen teils erheblichen Einfluss auf die Gesamtlebensdauer eines Bauteils haben. Nach den gängigen Richtlinien werden die Schweiß Eigenspannungen pauschal als Mittelspannungen interpretiert. Ein Abbau (Relaxation) der Eigenspannungen während des Betriebs wird zwar experimentell beobachtet, dieser ist aber von vielfältigen Faktoren (Höhe der Eigenspannungen und Lastspannungen, lokaler Spannungszustand, Mehrachsigkeit) abhängig und kann aufgrund fehlender Bewertungskonzepte nicht berücksichtigt werden.

Im aktuellen Forschungsvorhaben wurde als Werkstoff der Feinkornbaustahl S460NL (Werkstoffnummer 1.8903) verwendet, dessen zyklische, elastisch-plastische Eigenschaften experimentell ermittelt wurden. Eine rechnerische Abbildung der Versuchsergebnisse konnte über eine Anpassung von vorhandenen Werkstoffmodellen, die die zyklische Wechselplastifizierung beschreiben können, erreicht werden.

Eine Validierung der Berechnungsmodelle erfolgte an einer Längssteife, deren Schwingfestigkeit unter Axialbeanspruchung bei den Spannungsverhältnissen $R = -1$ und $R = 0$, im Schweißzustand und spannungsarmgeglüht ermittelt wurde. Experimentell zeigte sich bei den Längssteifen im Schweißzustand nahezu kein Einfluss der Mittelspannung auf die Lebensdauer. Bei den spannungsarmgeglühten Proben wurde eine Mittelspannungsempfindlichkeit von $M = 0,33$ ermittelt.

In einer Schweißprozesssimulation wurde die Verteilung der Schweiß Eigenspannung in der Längssteife bestimmt. Diese korreliert mit den Ergebnissen aus röntgenographischen Messungen der Eigenspannungen im Bereich der versagenskritischen Kerbe. Unter Verwendung der an den Werkstoffproben abgeleiteten Materialkennwerte wurde eine zyklische Belastung auf das Berechnungsmodell der Steife aufgebracht. Es zeigte sich ein Abbau der Schweiß Eigenspannungen, der mit der Maximalbeanspruchung zunimmt, so dass die Eigenspannungen nur einen geringen Einfluss auf die Schwingfestigkeit haben. Dieses Ergebnis korreliert gut mit den Ergebnissen aus den Schwingfestigkeitsversuchen.

Eine einfache Abschätzung der Wirkung der Schweiß Eigenspannungen konnte auf Basis des Dehnungskonzepts erreicht werden. Als Eingangswerte müssen hierbei nur die Härtewerte aus dem versagenskritischen Bereich berücksichtigt werden. Über einfache Näherungslösungen kann dann das lokale Spannungs-Dehnungsverhalten berechnet und über einen Schädigungsparameter der Einfluss der Schweiß Eigenspannung abgeschätzt werden.

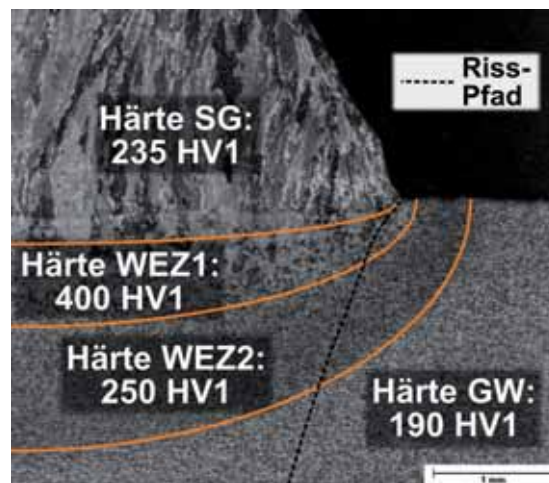


Bild 1: Mittlere Härte der einzelnen Gefügezonen (Schweißgefüge, Wärmeeinflusszone und Grundwerkstoff) in der Schweißnaht

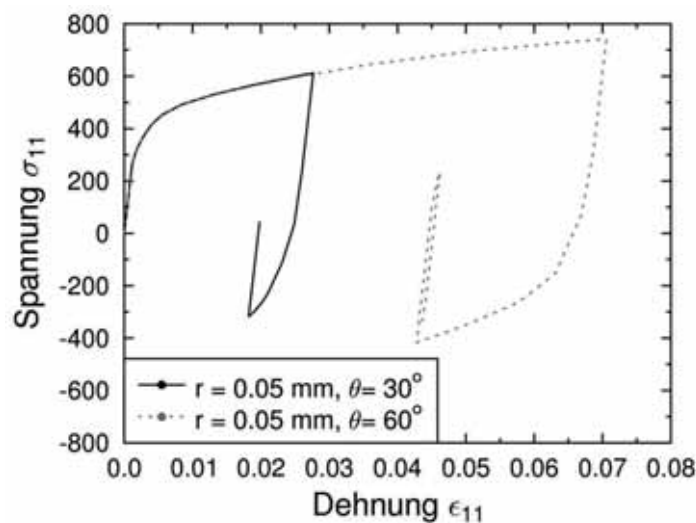


Bild 2: Lokales Spannungs-Dehnungsverhalten an der versagenskritischen Kerbe in Abhängigkeit des Nahtanstiegswinkels θ .
Vorlast: $\Delta\sigma = 120$ kN ($R = 0$), zyklische Last: $\Delta\sigma = 40$ kN ($R = -1$)

Dr.-Ing. Manfred Kassner, ALSTOM Transport Deutschland GmbH: „Zugeigenspannungen wirken sich nachteilig auf die Beanspruchbarkeit schwingbeanspruchter Schweißkonstruktionen aus, sofern sich diese nicht durch äußere Belastung deutlich verringern. Um die Reduzierung der Zugeigenspannungen während äußerer Belastungen einschätzen zu können, werden geeignete Berechnungsmöglichkeiten benötigt. Das abgeschlossene Projekt zeigt neue Ansätze zur Berechnung der Eigenspannungsveränderungen in der Nutzungsphase auf und unterstützt somit die Auslegung geschweißter Verbindungen.“

Dr. Michael Hack, LMS Deutschland GmbH: „Die Berechnung der Lebensdauer von geschweißten Komponenten ist zurzeit in der Industrie ein wichtiges Thema. Das hat sich auch in einem LMS-Seminar mit dieser Thematik Ende Februar 2012 gezeigt, an dem 120 Personen aus der Industrie teilgenommen haben. In diesem Seminar wurde unter anderem auch Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt vorgestellt, die auf großes Interesse der Teilnehmer stießen.“

5 Durchlaufende/Abgeschlossene Forschungsprojekte 2011 im FA 9

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
09.054 16.870 N	Qualifizierung mechanischer Randschichtverfestigungsverfahren zur Schwingfestigkeitsverbesserung geschweißter Aluminiumbauteile - Wiedervorlage Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.870N	01.08.2011	31.01.2014
09.900 16.431 N	Erweiterung des Kerbspannungskonzeptes auf Nahtübergänge von Linienschweißnähten an dünnen Blechen Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Hanselka, LBF Darmstadt Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.431N	01.12.2009	31.05.2012
09.901 16.598 N	Bauen im Bestand - Potenziale und Chance der Stahlleichtbauweise Prof. Dipl.-Ing. Standke, TU Dortmund Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gralla, TU Dortmund Prof. Dr.-Ing. Ungermann, TU Dortmund Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.598N	01.05.2010	30.04.2013
09.902 16.599 N	Methodenentwicklung und Leitfadenerstellung für die Bewertung der Nachhaltigkeit stählerner Konstruktionen für erneuerbare Energien Prof. Dr.-Ing. Schaumann, Uni Hannover Prof. Dr.-Ing. Wagner, Ruhr-Universität Bochum Prof. Dr.-Ing. habil. Stranghöner, Universität Duisburg-Essen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.599N	01.05.2010	31.10.2012
09.053 16.602 N	Einflussgrößen auf die Lage des Abknickpunktes der Wöhlerlinie für den Schwingfestigkeitsnachweis von Schweißverbindungen Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Hanselka, LBF Darmstadt Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.602N	01.06.2010	31.05.2013
09.052 16.719 N	Einfluss der Schweißnahtqualität auf die Schwingfestigkeit bei Aluminiumlegierungen Prof. Dr.-Ing. Hanselka, LBF Darmstadt Prof. Dr.-Ing. Dilger, IFS Braunschweig Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.719N	01.11.2010	30.04.2013

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
09.049 15.913 N	Lebensdauerbewertung von Schweißverbindungen mit werkstoffmechanischen und statistischen Modellen unter besonderer Berücksichtigung von Eigenspannungen Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle Prof. Dr.-Ing. Hanselka, LBF Darmstadt Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.913N	01.12.2008	31.05.2011
09.048 16.027 N	Bewertung und Optimierung der Tragfähigkeit von Gewindebolzenschweißverbindungen unter Ermüdungsbeanspruchung Prof. Dr.-Ing. Cramer, GSImbH, SLV München Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.027N	01.04.2009	31.03.2011



www.dvs-ev.de/fv/FA10

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung
Dipl.-Ing. Michael Weinreich
 Tel.: 0211 / 1591-279
 Fax: 0211 / 1591-200
 E-Mail: michael.weinreich@dvs-hg.de

Vorsitzender Dr.-Ing. Godehard Schmitz
 Robert Bosch GmbH, Stuttgart

Stellvertr. Vorsitzender Dipl.-Ing. Bernhard Petermann
 Miele & Cie. KG, Gütersloh

Veranstaltungen

- DVS/GMM-Tagung „EBL – Elektronische Baugruppen und Leiterplatten“
- Gemeinsames Kolloquium mit der Arbeitsgruppe A2

Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG A2 „Fügen in Elektronik und Feinwerktechnik“ - www.dvs-aft.de/AFT/A/A2

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Thermosonic-Drahtbonden auf chemisch Silber als Endoberfläche in der COB-Technik

(IGF-Nr. 15.244B / DVS-Nr. 10.048)

Laufzeit: 1. Juli 2007 – 30. Juni 2009

Prof. Dr.-Ing. habil. K.-J. Wolter, Technische Universität Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Dr. sc. techn. K.-D. Lang (in Fortführung von Prof. Dr.-Ing. Dr. E.h. Reichl), Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Berlin

In dem Projekt wurde die Eignung chemisch abgeschiedener Ag Schichten für die COB Technik untersucht. Dazu wurden Schichten von 4 verschiedenen Herstellern in die Untersuchung mit einbezogen. Um gleiche Ausgangsbedingungen für den Vergleich zu schaffen, wurden die Leiterplatten alle von einem Hersteller mit dem im Projektverlauf entworfenen Layout gefertigt und an die Beschichter zum Beschichten verteilt. In der anschließenden Überprüfung der Bondbarkeit musste festgestellt werden, dass erhöhte Anforderungen an die Qualität des Metallisierungsschichtaufbaus für einen aussagekräftigen Vergleich der Eigenschaften der Ag- Oberflächen im Bezug auf ihre Drahtbondbarkeit zu stellen sind. Aus diesem Grund mussten zunächst Breite, Höhe Ebenheit und Rauigkeit der Leiterbahnen optimiert werden.

An beiden Forschungsstellen wurde zunächst die Bondbarkeit im Ausgangszustand bestimmt. Dabei konnten bei den Proben von Atotech, Umicore und Würth qualitätsgerechte Bondstellen in einem großen Parameterbereich hergestellt werden. Die Leiterplatten von Multek fielen durch kleinere Prozessfenster und starke Schwankungen von Substrat zu Substrat auf und wurden deshalb bei den Untersuchungen zur Drahtbondbarkeit am IZM nicht weiter berücksichtigt.

Die Untersuchungen zur Vorlagerung unter Stickstoff zeigten auch noch nach 4 Monaten eine hervorragende Bondbarkeit in einem weiten Bondparameterbereich. Bei Lagerung an der Luft ließen sich die Proben innerhalb von 2 Monaten qualitätsgerecht verarbeiten. Die Vorbehandlung mit einem Temperaturschritt entsprechend dem Aushärten einer Klebeverbindung (20 min 120°C) führte zu keiner signifikanten Beeinträchtigung der Bondbarkeit. Ebenso konnten nach dem Durchlauf durch eine Reflow-Anlage mit einem Standard-Bleifrei-Profil (Peak 254°C) unter Stickstoff nur sehr geringe Unterschiede in der Bondbarkeit festgestellt werden. Ein Reflow unter Luft führte jedoch zu einer leichten Beeinträchtigung der Bondergebnisse bei den Proben

von Atotech und Umicore bzw. zur Nichtbondbarkeit bei den Proben von Würth. Bei den Untersuchungen zum Kleben und Löten konnte der Nachweis angetreten werden, dass sowohl Klebe- als auch Lötverbindungen qualitätsgerecht herstellbar waren und auch verschiedene Vorbehandlungen zu keiner Verschlechterung führten. Ein Unterschied zwischen den Beschichtern war nicht festzustellen. Das gleiche gilt für die Verkapselung mit gängigen Verkapselungsmaterialien.

Die abschließenden Untersuchungen zur Zuverlässigkeit verkapselter und offener Aufbauten führten zu dem Ergebnis, dass 150°C Temperaturlagerung und Feuchte Wärme (85°C/85% r.F.) bis zu 1000 h bei verkapselten und offenen Aufbauten nicht zu Ausfällen oder Degradationserscheinungen der Bondstelle führten. Darüber hinaus wurden die verkapselten Proben mit Temperaturwechseln -55/+125°C belastet wobei auch nach 1000 TW keine Ausfälle zu verzeichnen waren. Dies führt zu dem Schluss, dass chemisch abgeschiedenes Ag ein hervorragend verarbeitbares und langzeitzuverlässiges Finish für die COB-Technik ist.

Meinungen aus der Industrie

J. Gossler, Micro Systems Engineering GmbH: „MSE stellt Hybridschaltungen und Flachbaugruppen in Chip-On-Board-Technik her. Für die Herstellung der Drahtbondverbindungen wird bisher auf organischen Verdrahtungsträgern das Ultraschallbonds mit Aluminiumdraht bei Raumtemperatur eingesetzt, während der Thermosonic-Ball-Wedge-Prozess mit Golddrähten den Keramiksubstraten vorbehalten ist.

Durchsatz- und damit ökonomische Gründe (der Ball-Wedge-Prozess ist bei niedrigeren Maschinenkosten schneller) und immer kleinere Pitches und Bondpadgrößen auf den Halbleitern machen jedoch zukünftig bei MSE den Einsatz des Ball-Wedge-Verfahrens auch auf organischen Boards erforderlich. Nachdem nun seit einigen Jahren, speziell getrieben durch den Übergang zu bleifreier Lötmontage, auch organische Boardmaterialien verfügbar sind, die durch höhere Glasübergangstemperatur auch das problemlose Drahtbonds mit Golddraht ermöglichen, fehlte noch ein universell einsetzbares Finish, das sowohl für Lötmontage als auch Drahtbonds gut geeignet ist. Die bisher verfügbaren Platings sind Ni + galvanisch Gold sowie NiPdAg. Die galvanische Goldbeschichtung hat neben Designbeschränkungen (Verbindung aller Bondpads zum Zeitpunkt des Platings) noch den Nachteil, dass die Lötflächen entweder selektiv mit Flashgold (Mehrkosten) beschichtet werden müssen oder Einbußen in der Lötqualität durch gelöstes Gold in Kauf genommen werden müssen. NiPdAu ist beschränkt verfügbar und bringt ebenfalls Kostennachteile. Die im Projekt untersuchte Oberfläche chemisch Silber bietet jetzt eine Alternative ohne die genannten Einschränkungen mit zusätzlichem Kostenvorteil. Die erarbeiteten und präsentierten Ergebnisse sind für uns bei der Bewertung der Technologie außerordentlich hilfreich und geben uns die Möglichkeit, diese Metallisierung ohne aufwendige Vorarbeiten in Kundenprojekten anzubieten und einzusetzen.“

Dipl.-Ing. (TU) Lutz Mattheier, Microelectronic Packaging Dresden GmbH: „Für MPD als mittelständisches Unternehmen hat die COB-Technologie seit Jahren eine große Bedeutung. FR4 als Basismaterial für verschiedene elektronische Nacktchip-Schaltungen, verschiedene Sensorlösungen sowie MEMS und optische Applikationen stehen im wachsenden Brennpunkt des Kundeninteresses. In den weitaus meisten technischen Anwendungsfällen in der COB-Technologie wird momentan das Ultraschall-Wedge-Wedge-Drahtbondverfahren mit AlSi-Draht eingesetzt. Dies hat vielfach historische Gründe und hängt stark von der Verfügbarkeit der Ausrüstungen ab. In vielen neuen Anwendungen besteht jedoch aus layouttechnischen und ökonomischen Gründen die Notwendigkeit, das variabelere und deutlich schnellere TS-Ball-Wedge-Bonds mit Au-Mikrodraht einzusetzen. Dafür fehlt aber bislang die erforderliche bondfähige Metallisierung. Die durch die Leiterplattenhersteller angebotenen Metallisierungen wie ENIPIG; ENEPIG, galv. Au sind jedoch noch nicht durchgängig verfügbar und zeigen auch deutliche Schwachstellen. Die vorgestellte Lösung mit chemisch Silber als Endoberfläche schließt hier die vorhandene Lücke und bietet eine zuverlässig bondbare Oberfläche für das Thermosonic-Drahtbonds. Die aufgezeigten Ergebnisse bezüglich Lagerung von COB-Substraten, Parameterfenstern für das Drahtbonds und Zuverlässigkeitstests lassen eine baldige Etablierung dieser Endoberfläche erwarten. Für MPD ist diese Endoberfläche Neuland im Bereich COB. Wir sind jedoch optimistisch, dass die gezeigten Ergebnisse bald in Kundenapplikationen umgesetzt werden können.“

Andreas Groß, Dr. Norbert Sitte, Umicore Galvanotechnik GmbH: „Umicore Galvanotechnik beteiligte sich an der Studie mit dem Sudsilberbad PRESA RGA-14 ihrer japanischen Partnerfirma C. Uyemura, deren europäische Vertriebsrechte sie besitzt. Die vielversprechenden Ergebnisse des geförderten Vorhabens unterstreichen eindeutig, dass die Sudsilberschicht in die Klasse der golddrahtbondbaren Metallisierungssysteme aufgenommen werden muss. Sie steht damit als kostengünstige Alternative zu den genannten Ni/Pd/Au-Überzügen und dicken Goldschichten auf Nickel zur Verfügung. Die Aussagekraft der gewonnenen

Daten der Bondversuche nach verschiedenen Alterungsbedingungen, Verkapselungen, des Klebe- und Lötverhaltens ist eindeutig und instruktiv.

Der Umfang der Ergebnisse des präsentierten Forschungsvorhabens beeindruckt durch seine Breite der angewandten Untersuchungsmethoden. Wir empfehlen, die vorliegenden Ergebnisse sowohl zu publizieren, als auch separat Leiterplattenhersteller und OEM-Unternehmen durch Seminare, Tagungen etc. damit vertraut zu machen, damit die Silberschicht als golddrahtbondbare Oberfläche bekannt und somit eingesetzt wird.“

Frando van der Pas, Cookson Electronics – Enthone, B.V.: „For Cookson Electronics (Enthone) as major supplier in the electronics industry through electroplating processes, the electronics industry is of major strategic importance. Important part of Enthone’s commitment to the industry, including COB, is the reduce the overall cost of manufacturing and therefore make technologies more competitive.

The participation of Enthone was through the development of the Alphastar immersion silver which potentially would be considered and applied as a lower cost alternative to current electroless nickel and electroless gold, the surface finish used today for thermosonic wire bonding. The results which were gathered and tested through IZM-Fraunhofer and its partners in this project clearly demonstrated the possibility of utilising immersion silver as an alternative to ENIG for this application. The quality of the presented data is of first class level and very usable for further promotion and demonstration of the application of silver as a viable solution.“

Dr.-Ing. Dieter Metzger, Atotech Deutschland GmbH: „Für die chemisch Silberoberfläche wurde neben der bisher bekannten bleifreien Mehrfachlötbarkeit eine weitere Anwendung in der Verbindungstechnologie erschlossen. Insbesondere in der COB-Technologie wurden in dem Projekt die Möglichkeiten und Grenzen aufgezeigt. Dem Elektronikmarkt wird nun eine kostengünstige Oberflächenvariante für das Au-Drahtbonden angeboten. Chemisch Silber hat das Potenzial, sich mit chemisch Nickel/Sudgold als momentan meist angewandter Oberfläche in der COB-Technologie zu messen.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Prozessoptimierung beim Selektivlöten für Anwendungen in der Leistungselektronik

(IGF-Nr. 16.174 N / DVS-Nr. 10.056)

Laufzeit: 1. August 2009 – 31. Juli 2011

Prof. Dr.-Ing. Dr. sc. techn. K.D. Lang, Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Berlin

Prof. Dr.-Ing. W. Benecke, Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie, Itzehoe

Die Verarbeitung von Baugruppen aus der Leistungselektronik mit wärmeintensiven THT-Bauteilen und Leiterplatten mit Dickkupfer und großen Kupferflächen stellt besondere Herausforderungen an den bleifreien Selektivlötprozess. Inhalt des Vorhabens war die Untersuchung des Einflusses der Prozessparameter beim Selektivlöten auf die Qualität der Lötverbindungen in Abhängigkeit von der Kupferschichtdicke, dem Leiterplattenaufbau und der Bauteilkonfiguration mit dem Ziel Prozessfenster für einen zuverlässigen Selektivlötprozess für Baugruppen der Leistungselektronik zu erarbeiten.

Beim Laserlöten zeigte sich, dass geringe Änderungen im Padlayout und in den Anbindungsvarianten zu deutlich schwankenden Lötgergebnisse führen. Es steht somit nur ein geringes Prozessfenster zur Verfügung, um ausreichend Wärme in die Lötstellen zu bringen, ohne dass die Leiterplatte geschädigt wird. Beim Kolbenlöten wurden nur in Verbindung mit Kupferlagen bis 70 µm zufriedenstellende Ergebnisse erreicht. Bei dickeren Kupferlagen waren Vorheiztemperaturen bis 180 °C und Löttemperaturen bis 400 °C notwendig, um einen Lotdurchstieg zu erzielen, was jedoch zu unzulässigen Laminatschädigungen führte.

Das selektive Wellenlöten ist unter bestimmten Voraussetzungen als ein geeignetes Verfahren einzustufen. Ein wichtiger Punkt ist eine ausreichende Vorwärmung der Bauteile und Leiterplatten, d.h. der Einsatz einer Vorheizung ist unbedingt erforderlich. Ein deutlicher Einfluss ergibt sich durch die Anbindungen der Kupferlagen (siehe Abbildung). So kann bei vollflächig angebondenen Anschlüssen in Verbindung mit Kupferlagen bis zu 400 µm, auch bei kleineren Bauteilen, kein ausreichender Lotdurchstieg

erzielt werden. Wärmefallen bringen hier eine erhebliche Verbesserung, wobei die Auswahl geeigneter Wärmefallen zu beachten ist. Unabhängig von der Bauteilform wurden bei einer doppelten Anbindung bessere Lötresultate erzielt als bei einer einfachen Anbindung. Durch das Anbringen von Thermal Vias im Pad der Durchkontaktierung kann dieser Effekt noch verstärkt werden. Thermal vias sind jedoch nicht ausreichend, um bei einer vollflächigen Anbindungen an eine 400 µm starke Masselage einen nach der IPC A 610 vorgegebenen Lotdurchstieg zu erreichen. Schädigungen der Kupferhülse oder Risse an den Innenlagenanbindungen traten selbst bei Löttemperaturen von 320°C und Kontaktzeiten bis 6 Sekunden nicht auf. Problematisch ist die starke Ablagerung des Kupfers im Kantenbereich der Hülse.



Bild 1: Lötresultate – Anschluss mit Schraube, Löttemperatur 285°C , Kupferlagendicke 400 µm
(links: Wärmefalle einfach mit vias; rechts: Wärmefalle einfach ohne vias)

Manfred Grimmeisen, Schweizer Electronic AG: „Bei der Firma Schweizer Elektronik AG, die maßgeblich bei der Testboardentwicklung mitgewirkt und alle Testboards kostenlos bereitgestellt hat, fließen die Ergebnisse des Projektes direkt in die Designempfehlungen für Leiterplatten in Dickkupfertechnik an Kunden aus verschiedensten Anwendungsgebieten ein. Darüber hinaus nutzt Schweizer die Testergebnisse für Kundenberatungen zum Thema „Löttechnik in der Leistungselektronik“.“

Jürgen Friedrich, Ersu GmbH: „Die Firma Ersu als Hersteller von Selektivlötanlagen stellt fest, dass zahlreiche Baugruppen aus der Leistungselektronik aufgrund falscher Layouts nicht lötbar sind. Die aufgezeigten Grenzen des Selektivlötens in den Projektergebnissen werden deshalb dafür verwendet, den Kunden aufzuzeigen, dass nicht das Lötverfahren, sondern das Layout die Ursache für schlechte Lötresultate sind. Parallel dazu werden auf der Basis der Projektergebnisse entsprechende Empfehlungen bezüglich Layout und Prozessparameter für die Kunden erarbeitet.“

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
10.063 16.933 N	Laserstrahlfügen metallischer Funktionswerkstoffe in der Mikrotechnik Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.933N	01.08.2011	31.01.2014
10.065 17.240 B	MAXIKON Zuverlässige Kontaktierung von Höchstleistungsbaulementen in der Leistungselektronik durch innovative Bändchen- und Litzeverbindungen Prof. Dr. Eisele, FH Kiel Prof. Dr.-Ing. Benecke, ISIT Itzehoe Prof. Dr.-Ing. habil. Wolter, IAVT Dresden Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.240B	01.07.2011	30.06.2013
10.064 17.370 B	Entwicklung und Herstellung von neuartigen reaktiven Multilayer-systemen (RMS) für die Mikroverbindungstechnik durch PVD Prof. Dr. Beyer, IWS Dresden Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.370B	01.12.2011	30.11.2014
10.901 00.364 Z	Wandlung von Abwärme in elektrische Energie –Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium unter Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte Dipl.-Ing. Mährlein, SLV Duisburg Prof. Dr.-Ing. habil. Witt, Uni Duisburg Essen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.364Z	01.08.2010	31.01.2013
10.055 16.173 N	Steigerung der Lebensdauer elektronischer Komponenten und Sensoren durch eine neuartige Kombination von Klebe- und Dichttechnik Prof. Dr. rer. nat. Mayer, IFAM Bremen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.173N	01.08.2009	31.01.2012
10.060 16.279 N	Entwicklung einer Fügetechnologie für die Mikro- und Elektrotechnik unter Ausnutzung der Schmelztemperaturabsenkung bei kleinsten Partikeln Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin Prof. Dr.-Ing. Müller, LKM Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.279N	01.12.2009	31.05.2012
10.062 16.672 N	Chipcrack: Modellierung der Stressempfindlichkeit von Halbleiter-baulementen aufgrund von Schädigung bei der Vereinzelnung Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle Prof. Dr.-Ing. Wilde, IMTEK Freiburg Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.672N	01.08.2010	31.07.2012

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
10.052 15.912 N	Wärme- und eigenspannungsarmes Fügen für die Mikrotechnik Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.912N	01.04.2009	30.09.2011
10.056 16.174 N	Prozessoptimierung beim Selektivlöten für Anwendungen in der Leistungselektronik Prof. Dr.-Ing. Benecke, ISIT Itzehoe Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Lang, IZM Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.174N	01.08.2009	31.07.2011

5 Fachausschuss 11



www.dvs-ev.de/fv/FA11

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung:

Dipl.-Ing. Axel Janssen

Tel.: 0211 / 1591-117

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: axel.janssen@dvs-hg.de

Vorsitzender Dr.-Ing. Marco Wacker
Oechsler AG, Ansbach

Stellvertr. Vorsitzender Dipl.-Ing. Jörg Vetter
Fill GmbH, Gurten / Österreich

Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG W 4 „Fügen von Kunststoffen“ - www.dvs-aft.de/AfT/W/W4

IIW-Gremien (International Institute of Welding) - www.iiw-iis.org

Commission XVI „Fügen von Polymeren und Klebtechnologie“

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Zykluszeitreduzierung ohne Qualitätsverlust beim Heizelementschweißen durch Zwangsabkühlung mittels Druckluft

(IGF-Nr. 16.035 / DVS-Nr. 11.022)

Laufzeit: 1. April 2009 - 31. Juli 2011

Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, KTP Fachgebiet Kunststoffverarbeitung, Fakultät Maschinenbau, Universität Paderborn

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden Potential und Grenzen der erzwungenen Konvektion mittels Druckluft zur Kühlzeitoptimierung beim Heizelementschweißen ermittelt. Zu diesem Zweck wurden unterschiedliche Druckluftparameter untersucht, um die Wirkung auf die Abkühlzeitverkürzung und ihren Einfluss auf die Fügenaht-Qualität herauszustellen. Der Zusammenhang wurde zwischen verschiedenen Einflussparametern auf die erzwungene Konvektion und die Kühlwirkung systematisch hergestellt. Dazu wurden die Einflussgrößen der Abkühlbedingungen (Volumenstrom/Geschwindigkeit, Temperatur, Anströmung und Feuchtigkeitsgehalt) variiert. Zur Variation dieser Druckluftparameter ist ein Versuchsaufbau unter Einsatz von Standard-Druckluftkomponenten entstanden. Die Untersuchungen der verschiedenen Druckluftparameter wurden an zwei amorphen Kunststoffen (PC, PC+ABS) und zwei teilkristallinen Kunststoffen (HDPE, PP) durchgeführt. Als Probekörper wurden halbe Schulterstäbe in unterschiedlichen Dicken (2 und 4 mm) eingesetzt, die beidseitig gekühlt wurden. Zudem wurde die Wirkung einer einseitigen Kühlung an einem geschlossenen sechseckigen Probekörper analysiert. Der Versuchsaufbau erlaubte es unmittelbar nach dem Fügen den konvektiven Volumenstrom auf die Fügenaht zu leiten. Die Temperaturmessung erfolgte mit Thermoelementen im Bauteil sowie mit thermographischen Aufnahmen der Probekörperoberfläche. Neben Untersuchungen der Festigkeit im Kurzzeitzugversuch bei Umgebungstemperatur und Tieftemperatur (-35°C) wurden Probekörper im Standzeitzugversuch sowie im Pendelschlagversuch analysiert. Des Weiteren wurden Einflüsse auf die Gefügestruktur mittels Mikroskopie untersucht und Einflüsse auf den Spannungshaushalt unter Zuhilfenahme der Spannungsoptik betrachtet. Unter den untersuchten Druckluftparametern zeigte der Volumenstrom den stärksten Einfluss auf die Kühlzeitreduktion, ohne negative Wirkung auf die Fügenaht-Qualität hervorzurufen.

Die Ergebnisse der praktischen Versuche und von theoretischen Betrachtungen führten zur Entwicklung von zwei Systematiken zur Anwendung der Kühlung mittels Druckluft beim Heizelementschweißen. Die eine Systematik beruht auf theoretischen Betrachtungen unter Berücksichtigung der Freistrahtheorie, der erzwungenen Konvektion und der instationären Wärmeleitung und stößt an ihre Grenzen sobald komplexe geometrische Einflüsse an Bedeutung für die Umströmung gewinnen. Die andere

Systematik erfordert ein eher empirisches Vorgehen, um die optimale Kühlwirkung und damit die optimale Kühlzeitreduzierung zu erreichen. Grundsätzlich wird eine Empfehlung zur Anordnung der Düsen über der zu kühlenden Fläche gegeben, um den notwendigen Volumenstrom bzw. Geschwindigkeit auf dem Bauteil zu gewährleisten. Im Rahmen der umfangreichen Untersuchungen der Füge-naht-Qualität konnten keine negativen Auswirkungen des Verfahrens festgestellt werden. Dennoch sind bei der Übertragung des Verfahrens prozessbegleitende Kontrollen sinnvoll.

Das Potential der Kühlung mittels Druckluft beim Heizelementschweißen konnte in diesem Projekt nachgewiesen werden (exemplarisch siehe **Bild 1**) und wurde projektbegleitend bereits in der Serie durch ein Mitglied des projektbegleitenden Ausschusses erprobt.

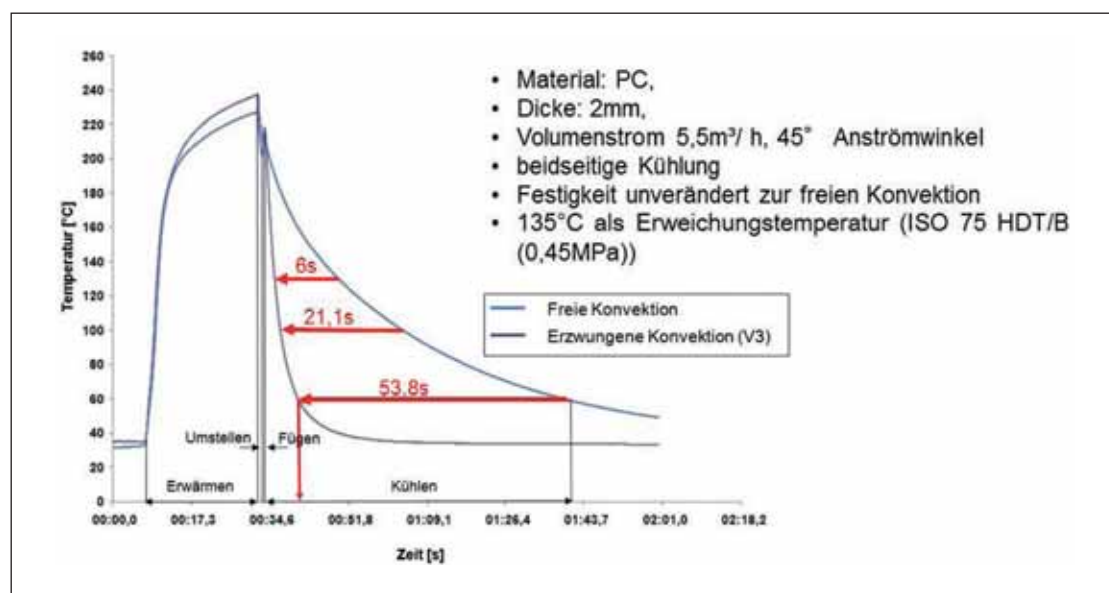


Bild 1: Abkühlkurven freier und erzwungener Konvektion (Volumenstrom 5,5m³/h)

Dipl.-Ing. Stefan Gövert, 3 Pi Consulting & Management GmbH, Projektingenieur: „Die Untersuchungen konnten ausreichend verdeutlichen, dass eine Zykluszeitverkürzung bei gleichbleibender Qualität durch den Einsatz einer druckluftbehafteten Zwangskühlung möglich ist. Betrachtet man die Vielzahl von Produkten bei denen das Heizelementschweißen zum Einsatz kommt, so lässt sich durchaus die Wirtschaftlichkeit der Zwangskühlung mittels Druckluft und damit verbundenen Zykluszeiteinsparung erkennen.“

Dr.-Ing. Tobias Beiß, bielomatik Leuze GmbH & Co. KG, Leiter Innovationsmanagement Kunststoff: „Die Umsetzung der Ergebnisse aus dem Projekt wird im Unternehmen bielomatik gerade begonnen. Es wurde eine Kaltluftdüse beschafft und es ist geplant, erste experimentelle Untersuchungen an einigen Kundenprodukten im Rahmen von Prototypenschweißungen oder Vorabnahmen durchzuführen. Zusätzlich wird eine Bachelorarbeit ausgeschrieben, die sich mit möglichen Düsenformen für industrielle Schweißnahtgeometrien auseinander setzen soll.“

Dr.-Ing. Odo Karger, Hella KGaA Hueck & Co., Leiter Prozessentwicklung Fügetechnik: „Die Ergebnisse des Forschungsprojektes haben eine interessante Erweiterung des bekannten Heizelementschweißens aufgezeigt. Durch die aktive konvektive Kühlung kann ohne Qualitätsverlust eine Reduktion der Kühl- und damit der Zykluszeit erreicht werden. Sicherlich eine vielversprechende Option für viele Anwender.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Selbstoptimierung und Qualitätssicherung auf Basis eines neuen Maschinenkonzeptes beim Heizelementschweißen

(IGF-Nr. 15.561N / DVS-Nr. 11.015)

Laufzeit: 1. August 2008 - 31. Januar 2011

Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner, KTP Fachgebiet Kunststoffverarbeitung, Fakultät Maschinenbau, Universität Paderborn

Ziel des Vorhabens war es, auf Basis der Ermittlung und der Überwachung von dynamischen Optimierungskriterien, eine Vereinfachung der Betriebspunktfindung, wie auch der Überwachung des Betriebspunktes, durch eine selbstoptimierende Schweißmaschine herbeizuführen.

Die Grundlage hierfür bietet eine Heizelementschweißmaschine, die durch den Einsatz eines Linearantriebs in der Lage ist definierte, sehr langsame Verfahrensgeschwindigkeiten entgegen der Fügerichtung zu realisieren. Dadurch besteht die Möglichkeit, Zerreißversuche direkt auf der Heizelementschweißmaschine durchzuführen. Für die Ermittlung der Zerreißkräfte wurde ein Doppelschlittenkonzept entwickelt, welches die direkte Bestimmung der Zerreißkräfte ermöglicht.

Um die Daten von den Zerreißversuchen für eine Parameteroptimierung und Qualitätsüberwachung nutzen zu können, müssen Zusammenhänge zwischen der Kurzzeitzugfestigkeit im abgekühlten Zustand und der Festigkeit der Verbindung im noch schmelzflüssigen Zustand erarbeitet werden.

Die im Rahmen des Forschungsprojektes erarbeiteten Ergebnisse haben gezeigt, dass eine materialübergreifende Korrelationsfunktion nicht identifizierbar ist, was exemplarisch im **Bild 1** unten zu sehen ist.

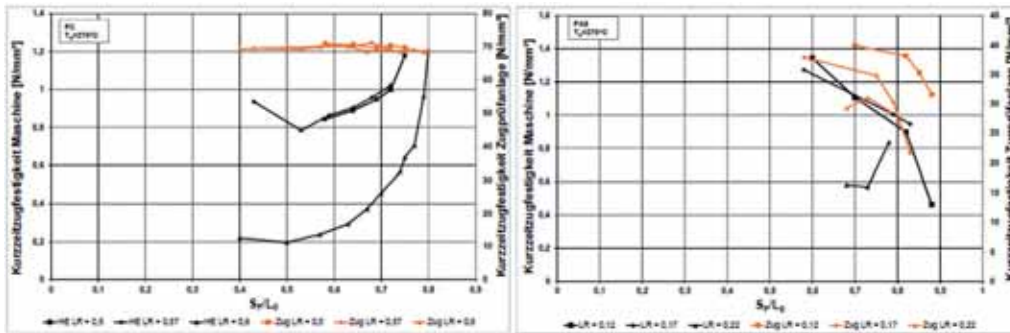


Bild 1: Vergleich der Festigkeiten auf der Heizelementschweißmaschine mit den Festigkeiten auf der Zugprüfanlage über dem sF/L0-Verhältnis für PC und PA6 bei unterschiedlicher Restschmelzeschichtdicke LR

Um die Ergebnisse dennoch im Rahmen des Forschungsziels zu nutzen, wurden alternative Lösungswege angedacht. Als Ergebnis liegt eine Systematik vor, mit der durch die Zerreißversuche auf der Heizelementschweißmaschine direkt gute Betriebspunkte zu ermitteln sind. So können Zeit- und Personalaufwand reduziert werden. Die Systematik eignet sich ebenfalls für den Einsatz im Bereich der Qualitätsüberwachung in der laufenden Serienproduktion. Jedoch wird die Umsetzung der Systematik in der industriellen Praxis generell als schwierig eingestuft. Die hier verwendete Heizelementschweißmaschine stellt einen Prototypen dar, der durch die besondere Ausstattung mit Linearantrieben, Kraftmessdosen und einem Programm zur Datenerfassung erst die Durchführung des Vorhabens ermöglicht hat. Diese technischen Voraussetzungen sind in der praktischen Anwendung nicht gegeben.

Im Forschungsprojekt wurde im Labormaßstab mit Probekörpern, die eine Fügefläche von 60 mm² aufweisen, gearbeitet. Betrachtet man typische Hezelementanwendungen, wie KFZ-Rückleuchten, Handschuhkästen o.ä., weisen diese eine wesentlich höhere Fügefläche auf. Dadurch sind auch wesentlich höhere Kräfte bei den Zugversuchen zu erwarten. Wie im Vorfeld beschrieben, war die pneumatische Einspannung der verwendeten Maschine nicht in der Lage, die Probeteile während der Versuche ausreichend in Position zu halten. Auch in der Serienfertigung werden die Maschinen nicht in der Lage sein, die Probekörper zu halten. Ebenfalls ist durch die Geometrie der Praxisbauteile ein Einfluss auf die Festigkeit zu erwarten. Es muss sichergestellt sein, dass die Probeteile definiert versagen (gleichmäßig über die gesamte Fügefläche).

Frank Krause, Lanxess Deutschland GmbH, Application Development: „Das Forschungsprojekt zeigt Zusammenhänge auf, die zu einer maschinenbasierten Qualitätskontrolle genutzt werden können. Allerdings gibt es große Unterschiede zwischen den einzelnen Kunststoffen, so dass eine generelle Aussage oder Verfahrensregel nicht aufgestellt werden kann. Für einzelne Kunststoffe ist die Selbstoptimierung möglich und kann zu einer Verbesserung der gesamten Prozesskette beitragen. Für die Umsetzung sind hier die Schweißmaschinenhersteller besonders gefragt.“

Dr.-Ing. Odo Karger, Hella KGaA Hueck & Co., Leiter Prozessentwicklung Fügetechnik: „Auch wenn das Projekt die erwarteten Korrelationen zwischen Fertigteilqualität und "Schmelzefestigkeit" nicht vollumfänglich bestätigen konnte, so sind doch einige interessante Ergebnisse erzielt worden. So konnten im Rahmen der aufgezeigten physikalischen Grenzen Systematiken erarbeitet werden, die eine Vereinfachung der Prozessoptimierung und -überwachung des Hezelementsweißens ermöglichen.“

Dipl.-Ing. Stefan Gövert, 3 Pi Consulting & Management GmbH, Projektingenieur: „Leider konnten keine materialübergreifenden Korrelationen zwischen den Zerreißproben auf der Schweißmaschine und auf der Zugprüfmaschine ermittelt werden, die eine wirtschaftliche Nutzung hinsichtlich einer selbstoptimierenden Schweißmaschine ermöglichen. Jedoch bietet das untersuchte Maschinenkonzept die Möglichkeit zur Auffindung eines optimalen Betriebspunktes, wie auch der Erkennung von Fehlern in der Fügezone. Die beiden letztgenannten Punkte erweitern somit den Einsatz herkömmlicher Hezelementsweißmaschinen, was die Nutzung einer solchen Anlage eventuell attraktiver macht.“

5 Durchlaufende/Abgeschlossene Forschungsprojekte 2011 im FA 11

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
11.028 16.955 N	Laserschweißen von Kunststoffen - Verfahrensvergleich und Prozessmodellierung zur Vereinfachung der fügetechnischen Qualifizierung und Auswahl sowie industriellen Umsetzung Päffgen, RFH Köln Prof. Dr. rer. nat. Poprawe, ILT Aachen Prof. Dr.-Ing. Hopmann, IKV Aachen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.955N	01.02.2011	31.01.2013
11.030 17.024 B	Zeitstandfestigkeit alternativer Schweißverfahren im Apparate- und Behälterbau - Verifizierung der Prozessstruktur-Eigenschaftsbeziehung als verfahrensunabhängige Qualitätsbeschreibung beim Schweißen Prof. Dr.-Ing. Gehde, KT Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.024B	01.11.2011	31.10.2013
11.031 17.100 N	Entwicklung einer neuartigen mechanischen Befestigungslösung mit gleichmäßig krafteinleitendem Hinterschnitt Professor Dr.-Ing. Moritzer, LKT Paderborn Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.100N	01.04.2011	31.03.2013
11.026 16.280 N	Laserstrahlschweißen optisch transparenter Kunststoffe ohne Absorberzusatz Prof. Dr.-Ing. Schmidt, BLZ Erlangen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.280N	01.12.2009	29.02.2012
11.023 16.363 B	Einfluss des Bauteilverzugs beim Vibrationsschweißen auf Prozessführung und Bauteileigenschaften Prof. Dr.-Ing. Gehde, KT Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.363B	01.02.2010	31.01.2012

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
11.018 15.561 N	Selbstoptimierung und Qualitätssicherung auf Basis eines neuen Maschinenkonzeptes beim Heizelementschweißen Prof. Dr.-Ing. Schöppner, KTP Paderborn Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.561N	001.08.2008	31.01.2011
11.020 15.971 B	Strahlungserwärmung beim Kunststoffschweißen mit Infrarotstrahlung Prof. Dr.-Ing. Gehde, KT Chemnitz Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=15.971B	01.02.2009	31.01.2011
11.021 16.032 N	Vibrationsschweißtechnologie zur Klebstoffhärtung beim Fügen von Kunststoffen Prof. Dr.-Ing. Drummer, LKT Erlangen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.032N	01.04.2009	31.03.2011
11.022 16.035 N	Zykluszeitreduzierung ohne Qualitätsverlust beim Heizelement- und Vibrationsschweißen durch Zwangsabkühlung mittels Druckluft Prof. Dr.-Ing. Schöppner, KTP Paderborn Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.035N	01.04.2009	31.07.2011



www.dvs-ev.de/fv/FA13

Anprechpartner der Forschungsvereinigung
Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck
 Tel.: 0211 / 1591-173
 Fax: 0211 / 1591-200
 E-Mail: jens.jerzembeck@dvs-hg.de

Vorsitzender Prof. Dr.-Ing. Andreas Gebhardt
 Centrum für Prototypenbau GmbH, Erkelenz

Stellvertr. Vorsitzender Dipl.-Ing. Christian Kolbe
 FKT Formenbau und Kunststofftechnik GmbH, Triptis

Grundsätze der Forschungsplanung

Der Fachausschuss befasst sich mit den Forschungsfeldern, die die gesamte Prozesskette betreffen, inkl. Vor- und Nachbehandlung. Dabei stehen die generative Technologieentwicklung, die Steigerung der Akzeptanz zur Nutzung dieser Technologie bei kmU, der Ausbau bestehender und die Schaffung neuer Anwendungsbereiche im Vordergrund.

Forschungsfelder

- Prozessbezogene, werkstoffkundliche Fragestellungen
- Robuste Fertigungsprozesse
- Systemtechnische Fragestellungen
- Eingliederung in vorhandene Prozessketten
- Steigerung der Wirtschaftlichkeit
- Qualitätsdefinierende und –steigernde Aspekte
- Prozessbezogene Konstruktionsmethoden
- Bauteil- und Prozesssimulation
- Arbeitssicherheit und Umweltschutz

Korrespondierende Gremien

In der Forschungsvereinigung des DVS

- FA 1 „Metallurgie und Werkstofftechnik“
- FA 2 „Thermisches Spritzen und Autogentechnik“
- FA 6 „Strahlverfahren“

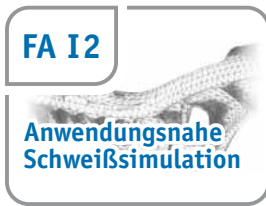
Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG V 7 „Thermisches Spritzen
 und thermisch gespritzte Schichten“
- AG V 9.1 „Elektronenstrahlschweißen“
- AG V 9.2 „Laserstrahlschweißen und verwandte Verfahren“

Forschungsbedarf

- Steigerung der Bauteilgröße
- Steigerung der Oberflächenqualität
- Baustrukturen / Bauen ins Pulverbett
- Vermeidung von Eigenspannungen / Verzug
- Konzepte für belastbare Lebensdauerbewertung
- Steigerung der Prozessgeschwindigkeit / Aufbauraten
- Reduzierung von Nacharbeit
- Reduzierung der Kostensituation
- Alternde Beschichtungssysteme
- Datenhandling
- Digitale Prozesskette
- Gradierte Werkstofftechnologien
- Aktivgase / Pulvertechnologie
- Bionische Konstruktionsmethoden
- Steigerung der Maß- und Formgenauigkeit
- ZfP-Verfahren / Kopplung Simulation
- Steigerung des Materialverständnisses
- Physikalische Effekte der Werkstoffe auf Mikroebene
- Online Prozessdiagnose
- Qualifizierung der Werkstoffe

5 Fachausschuss I2



www.dvs-ev.de/fv/FAI2

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

Marcus Kubanek

Tel.: 0211 / 1591-120

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: marcus.kubanek@dvs-hg.de

Vorsitzender Dr.-Ing. Dmitrij Tikhomirov

INPRO - Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene
Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH, Berlin

Stellvertr. Vorsitzender Dr.-Ing. Tobias Loose

Ingenieurbüro Tobias Loose GbR, Wössingen

Tragende AiF-Mitgliedervereinigungen

- Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS
- Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA)
- GFaI - Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V.
- FAT - Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V.



Korrespondierende Gremien

Arbeitsgruppen im Ausschuss für Technik des DVS

- AG Q 1 „Konstruktion und Berechnung“ - www.dvs-aft.de/Aft/Q/Q1

In der Forschungsvereinigung des DVS

- Fachausschuss 9 „Konstruktion und Berechnung“

IIW-Gremien (International Institute of Welding) - www.iiw-iis.org

- Commission X „Strukturverhalten von Schweißverbindungen – Versagensvermeidung“
- Commission XIII „Schwingfestigkeitsverhalten geschweißter Bauteile“
- Commission XV „Grundlagen der Konstruktion, Berechnung und Fertigung von Schweißkonstruktionen“

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

AiF-Vorhaben: Schnelle und automatisierte Temperaturfeldgenerierung für die Schweißverzugsimulation
(IGF-Nr. 16.216 N / DVS-Nr. I2.003)

Laufzeit: 1. September 2009 - 31. August 2011

Prof. Dr.-Ing. M. Rethmeier, BAM - Bundesanstalt für Materialforschung- und prüfung

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, die für den Anwender in der Industrie oft sehr zeitaufwendige manuelle Kalibrierung der Temperaturfeldmodelle gegen durchgeführte Schweißexperimente durch eine automatisierte Methodik zu ersetzen, welche eine Kombination aus schnellen direkten Lösungen zur Berechnung des Strukturtemperaturfeldes sowie einen globalen Optimierungsalgorithmus einsetzt. Das verwendete globale Optimierungsverfahren basiert auf neuronalen Netzwerken und hat den entscheidenden Vorteil, dass keine Startwerte an Modellparametern definiert werden müssen. Dadurch kann die Bestimmung der optimalen Modellparameter automatisiert erfolgen, wodurch der Anwender signifikant entlastet wird.

In **Bild 1** ist die Anwendung des globalen Optimierungsverfahrens für einen zweidimensionalen Modellparameterraum anhand eines numerischen Experiments dargestellt. Der bestimmte Suchpfad innerhalb des Modellparameterraumes unterscheidet sich für wiederholte Optimierungsläufe. Dies ist durch den heuristischen Ansatz basierend auf Zufallszahlen und neuronalen Netzwerken bedingt und gewährleistet neben der Berücksichtigung des gesamten Parameterraumes auch eine Aussage bezüglich der Eindeutigkeit des ermittelten Minimums zu treffen.

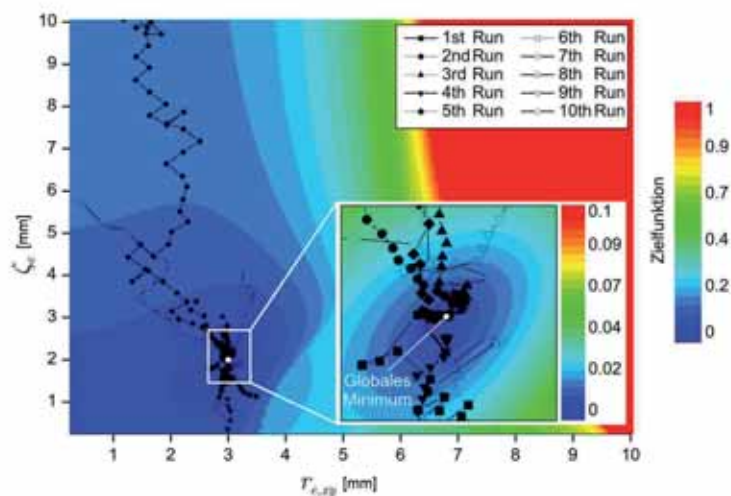


Bild 1: Bestimmung des globalen Minimums für einen zweidimensionalen Modellparameterraum

Während der Untersuchungen wurde gezeigt, dass die Kalibrierung des Temperaturfeldes stark durch die Wahl der experimentellen Referenzgrößen bestimmt wird. Hierbei ist es notwendig, Referenzdaten aus den experimentellen Messdaten zu extrahieren, welche das Temperaturfeld eindeutig charakterisieren. Andernfalls kann keine eindeutige Lösung gefunden werden. Für die hier durchgeführten Schweißversuche ergab sich, dass neben der Schmelzlinie im Makroschliff auch Thermoelementmessungen notwendige Referenzdaten darstellen. Letztere determinieren den Energieeintrag ins Werkstück, welcher nicht durch alleinige Kalibrierung gegen die Geometrie des Schmelzbades ermittelt werden kann.

Ein weiterer Aspekt, der während der Forschungsarbeiten betrachtet wurde, war die Reduzierung der Dimension des Optimierungsproblems. Diese bestimmt neben der Geschwindigkeit des direkten Simulationsmodells signifikant den Aufwand des Temperaturfeldabgleichs. Im Rahmen dieses Vorhabens wurde daher eine Methodik entwickelt, welche die Energieverteilung direkt aus der Geometrie des Querschliffs ableitet. Dadurch wird die Anzahl an Freiheitsgraden des Modells gesenkt, wodurch die Kalibrierung des Wärmequellenmodells für den Anwender wesentlich einfacher wird.

In **Bild 2** ist die Anwendung der automatisierten Temperaturfeldgenerierung für eine Laser-MSG-Hybridschweißung an einem Präzisionsstahlrohr mit einer Wandstärke von 14,5 mm dargestellt. Hierbei wurde gezeigt, dass das automatisch generierte Temperaturfeld eine sehr gute Übereinstimmung mit dem Experiment aufweist, wodurch dieses für weiterführende Analysen wie Schweißverzugsimulation verwendet werden kann.

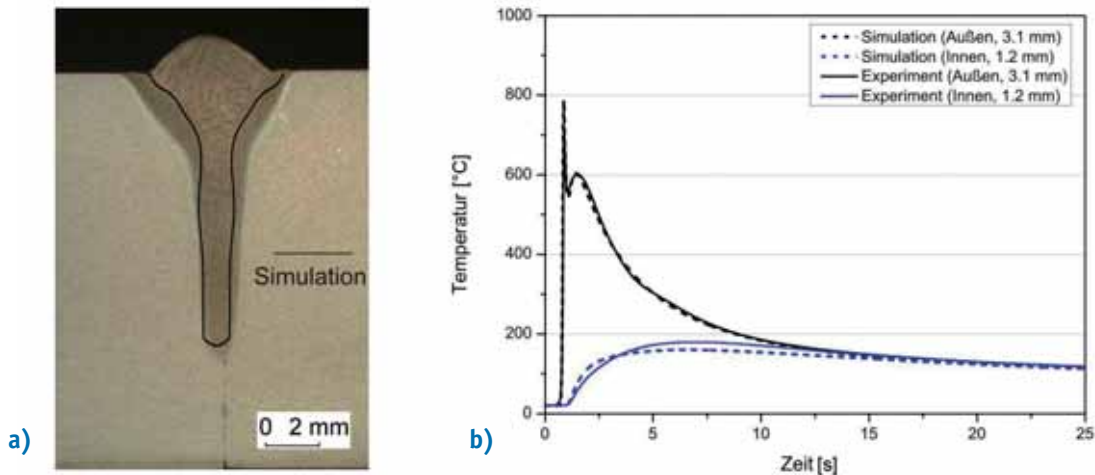


Bild 2: Laser-MSG-Hybridschweißung von dickwandigem Präzisionsstahlrohr: Vergleich der automatisch generierten Temperaturfelder mit dem Experiment **a)** Schmelzlinie im Makroschliff, **b)** Temperaturverlauf an der Rohraußen- sowie Innenseite

Stellungnahmen beteiligter PbA-Unternehmen

Dipl.-Ing. Jens Sakkietitbutra, Simufact Engineering GmbH, Hamburg, Project Manager: „Als Unternehmen bieten wir unseren Kunden Softwarelösungen zur Auslegung und Optimierung von Fertigungsprozessen. Eine einfach handhabare automatisierbare Schweißsimulation ermöglicht dabei eine Verzugsminimierung und liefert den Werkstoff- und Spannungszustand für weiterführende Analysen und Festigkeitsbewertungen. Wesentliche Voraussetzung hierfür ist jedoch eine schnelle sowie zuverlässige Rekonstruktion der Temperaturverteilung während des Prozesses und der für eine Schweißstruktursimulation zu verwendenden Ersatzwärmequelle. Dies aus experimentellen Messdaten zu rekonstruieren stellt jedoch für Anwender eine sehr schwierige Aufgabe dar. Die Ergebnisse des durchgeführten Forschungsvorhabens ermöglichen es, die notwendigen experimentellen Daten zu charakterisieren, welche zur eindeutigen Rekonstruktion des Temperaturfeldes benötigt werden. Der angewendete globale Optimierungsalgorithmus in Kombination mit analytischen Verfahren erlaubt zudem die schnelle Berechnung des optimalen Temperaturfeldes. Diese Erkenntnisse können wir für die weitere Verbesserung unserer Produkte nutzen und so an unsere Kunden in der Industrie weitergeben.“

Dipl.-Ing. William Perret, Audi AG Ingolstadt, Projektplaner Technologieentwicklung Fügen: „Als Audi AG ist für uns die Analyse der Wärmewirkungen des Schweißprozesses ein wichtiger Aspekt in der Technologieentwicklung. Dabei stellt die Bewertung des resultierenden Schweißverzugs einen zentralen Arbeitspunkt da. Durch die stetige Komplexitätserhöhung bei Einsatz neuer Schweißverfahren, Werkstoffe sowie die ansteigende Funktionsintegration, gewinnt die anwendungsnahe Schweißsimulation in unserem Unternehmen immer mehr an Bedeutung. Hierbei ist die Kalibrierung des Temperaturfeldes gegen experimentelle Daten für uns als Anwender jedoch bisher am aufwendigsten. Die in diesem Vorhaben dargestellte automatisierte Methodik reduziert hierbei die Anforderungen sowie den Zeitaufwand für den Nutzer von Schweißsimulationssoftware. Dadurch können Analysen des Temperaturfeldes als Grundlage für die Verzugsimulation schneller durchgeführt werden. Des Weiteren können wir die Erkenntnisse bezüglich der notwendigen experimentellen Daten, welche zur eindeutigen Charakterisierung des Temperaturfeldes erforderlich sind, nutzen, um experimentelle Validierungsdaten zielgerichtet zu bestimmen.“

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
I2.006 00.360 Z	Kopplung von Prozess-, Gefüge- und Struktursimulation zur Beurteilung der quasi-statischen Festigkeit laserstrahlgeschweißter Hybrid-Verbindungen (HyProMiS) Prof. Dr.-Ing. Zoch, IWT Prof. Dr.-Ing. Vollertsen, BIAS Bremen Prof. Dr. Schmidt, Zetem Bremen Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=00.360Z	01.06.2010	31.05.2012
I2.004 16.441 B	Rechnergestützte Vorhersage der Kaltrissicherheit laserstrahlgeschweißter Bauteile aus hochfesten Stählen Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch, IWM Freiburg/Halle Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov, BTU Cottbus Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.441B	01.12.2009	30.06.2012
I2.005 16.718 N	Schnelle numerische Methoden für die effiziente Temperaturfeldberechnung in bauteilnahen Geometrien und Mehrlagenschweißungen Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil Schulz, Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.718N	01.09.2010	31.08.2012

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
I2.003 16.216 N	Schnelle und automatisierte Temperaturfeldgenerierung für die Schweißverzugsimulation Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier, BAM Berlin Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.216N	01.09.2009	31.08.2011



www.dvs-ev.de/fv/FAQ6

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck

Tel.: 0211 / 1591-173

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: jens.jerzembeck@dvs-hg.de

Vorsitzender / Obmann Prof. Dr.-Ing. habil. Emil Schubert,
Alexander Binzel Schweißtechnik GmbH & Co. KG, Buseck

Stellvertr. Vorsitzender / Obmann Jürgen Gleim
3M Deutschland GmbH, Kleinostheim

IIW-Gremien (International Institute of Welding) - www.iiw-iis.org

Commission XIII „Arbeits- und Gesundheitsschutz“

Forschungsbilanz Beispiel 1 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Optimierung der Schweißbraucherfassung an brennerintegrierten Absauganlagen

(IGF-Nr. 14.436 BR / DVS-Nr. Q6.001)

Laufzeit: 1. Juni 2005 - 31. Mai 2007

Prof. Dr.-Ing. habil. K.-J. Matthes, Institut für Fertigungstechnik / Schweißtechnik der TU Chemnitz

Die Grenzwerte für Gefahrstoffe wurden in den letzten Jahren kontinuierlich abgesenkt. Steigende Schweißleistungen und die zunehmende Verarbeitung von beschichteten Werkstoffen bringen jedoch eine Erhöhung der Gefahrstoffbelastung am Arbeitsplatz mit sich. Die wirksamste Reduktion der Aerosole im Atembereich des Schweißers lässt sich durch die Absaugung der Gefahrstoffe direkt im Entstehungsbereich realisieren. Die dazu eingesetzten MSG-Absaugbrenner unterscheiden sich in der Gestaltung und Anordnung der Absaugdüse (**Bild 1**).



Bild 1: Typen von MSG-Absaugbrennern

Bei den brennerintegralen Absaugdüsen, die auf die Schutzgasdüse aufgesteckt werden, wird zwischen Loch- oder Schlitzmanteldüsen **a)** und Trichterdüsen **b)** unterschieden. Der Schweißrauch wird durch die Griffschale über das Brennerschlauchpaket abgeleitet. Bei der Variante der Zusatzabsaugung **c)** erfolgt die Rauchableitung über einen separaten Schlauch. Die Absaugdüse wird parallel zur Schutzgasdüse an den Brenner angeflanscht und lässt sich somit an Standardbrennern nachrüsten. Der zur Absaugung erforderliche Unterdruck wird in jedem Fall von einer separaten Absaugeinheit erzeugt. In den durchgeführten Untersuchungen wurden die Wirksamkeit verfügbarer brennerintegrierter Absauganlagen bewertet und mögliche Optimierungsansätze aufgezeigt.

Als primäre Bewertungskriterien wurden die Ausbildung des Absaugfeldes, der Erfassungsgrad des Systems und der Einfluss der Absaugung auf die Schutzgasströmung definiert. Die Saugfeldausbildung wurde strömungstechnisch simuliert um vorhandene und virtuell neu gestaltete Düsengeometrien zu untersuchen. Dabei wurde festgestellt, dass die Gestaltung des Absaugelementes weit weniger Einfluss auf die Saugfeldausbreitung hat als vermutet. Durch die Geometrie des Absaugelementes wird vor allem die Orientierung des Luftströmungsfeldes gesteuert. Für das Erfassungsverhalten ist in erster Linie der Abstand der Saugdüse zur Aerosolquelle entscheidend. In anemometrischen Messungen an realen Brennern wurde eine minimal erforderliche Absauggeschwindigkeit ermittelt. Diese betrug brennerunabhängig 0,3 m/s im Entstehungsbereich der Schweißrauche. Bei geringeren Geschwindigkeiten wurden die Schweißraucherosole nicht mehr sicher erfasst.

Der Erfassungsgrad der unterschiedlichen Absaugbrenner wurde in Emissionsmessungen nach DIN EN ISO 15011 ermittelt. In Position PA lassen sich reproduzierbar Erfassungsgrade von über 90% erzielen. Beim Schweißen in anderen Positionen verschlechtert sich der Erfassungsgrad signifikant. Hier bietet die Zusatzabsaugung Vorteile, da diese an die Ausbreitungsrichtung des Schweißrauches angepasst werden kann. Zur Erzielung des notwendigen Unterdrucks waren in jedem Fall Hochvakuumssysteme erforderlich. Optimierungspotenzial besteht vor allem in der Auslegung des Strömungsweges von der Absaugpumpe bis zur Brennerdüse. Zielgröße ist dabei ein minimaler Druckverlust. Auch hier bietet die Zusatzabsaugung Vorteile, da keine Einbauten oder Querschnittsprünge die Strömung behindern.

Zur Untersuchung des Einflusses der Absaugung auf die Schutzgasströmung wurde die Schutzgasströmung visualisiert. Mit steigender Absaugleistung verkleinert sich das Schutzgasfeld, der eigentliche Schweißnahtbereich bleibt jedoch geschützt.



Bild 2: Visualisierung der Schutzgasströmung unter dem Einfluss der Absaugung

In Röntgenuntersuchungen von geschweißten Nähten war beim Einsatz brennerintegraler Absaugdüsen, auch bei hohen Absaugleistungen, kein Anstieg der Nahtporosität nachweisbar. Beim Schweißen mit Zusatzabsaugung besteht bei zu hohen Absaugleistungen die Gefahr von vermehrter Porenbildung im Schweißgut.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die am Markt verfügbaren MSG-Absaugbrenner, trotz markenspezifischer Unterschiede, sehr gut geeignet sind, die Schweißrauche aus dem Atembereich des Schweißers fernzuhalten. Um die Akzeptanz für den Einsatz von Absaugbrennern beim Schweißen weiter zu erhöhen, spielen Aspekte wie Design, Handhabbarkeit, etc. jedoch eine fast ebenso wichtige Rolle wie die Wirksamkeit der Absaugung.

Dr.-Ing. Khaled Alaluss, Industrial Research & Engineering GmbH: „Bisher wurden MSG-Absaugbrenner überwiegend empirisch gestaltet. Das Projekt untersuchte erstmals systematisch die Einflussgrößen auf die Absaugeffektivität der Systeme. Für unsere Arbeit besonders interessant ist das generierte Äquipotentialfeldmodell zur Simulation von Düsengeometrien. Damit können wir beliebige Geometrievarianten vorab testen und auf Ihre Eignung für spezielle Anwendungsfälle überprüfen.“

Dipl.-Ing. Jörg Haase, Schweißtechnische Fertigung GmbH: „MSG-Absaugbrenner werden von unserem Schweißpersonal trotz der einfachen Anwendbarkeit nur eingeschränkt akzeptiert. Als Gegenargumente werden vor allem die Gefahr des Absaugens von Schutzgas sowie nicht reproduzierbare Erfassungsgrade angeführt. Das Forschungsvorhaben entkräftet diese Argumente weitgehend und zeigt Randbedingungen für eine nahezu vollständige Schweißraucherefassung in unserer Fertigung auf.“

Forschungsbilanz Beispiel 2 - Ergebnistransfer und Umsetzung im Vorhaben:

Schweißerschutzkleidung mit verbessertem Tragekomfort und erhöhter Schutzwirkung

(IGF-Nr. 00.213 Z / DVS-Nr. Q6.005)

Laufzeit: 1. April 2006 - 31. März 2008

Prof. Dr.-Ing. S. Keitel, GSI SLV Duisburg

Prof. Dr.-Ing. S. Mecheels, Institut Hohenstein e.V., Schloss Hohenstein, Bönningheim

Allein in Deutschland sind ca. 150.000 Schweißer tätig. Bei Schweißarbeiten muss eine spezielle Schutzbekleidung getragen werden, die insbesondere vor heißen Metalltropfen und damit vor Verbrennungen schützt. Diese Kleidung wird bisher überwiegend aus Baumwollgeweben hergestellt, die durch eine zusätzliche Ausrüstung, z. B. mit Metallsalzen, mit flammhemmenden Eigenschaften versehen wird.

Diese traditionelle Schweißerschutzbekleidung besitzt aber mehrere gravierende Nachteile bezüglich des Tragekomforts und der Schutzwirkung, weswegen neuartige Konstruktionen mit verbesserten Eigenschaften der Direktive der EN 340 besser entsprechen und beachtliche Marktchancen hätten. Bisher ist zur Erzielung der Schutzwirkung bei Schweißerschutzkleidung ein hohes Flächengewicht der Baumwollkonstruktionen notwendig, das zwischen 450 und 900 g/m² liegt. Die Kleidung wird dadurch zum einen sehr schwer, zum anderen ist im warmen Klima die Wärmeisolation dieser Kleidung zu hoch. Die traditionellen Materialien müssen zudem dicht geschlagen sein. In Verbindung mit der notwendigen Ausrüstung führte dies zu einem hohen Wasserdampfdurchgangswiderstand, also einer schlechten „Atmungsaktivität“ sowie einem unbefriedigenden Schweißtransport. Die bisherigen Konstruktionen müssen zudem steif sein, damit die Metalltropfen abperlen und sich nicht durch den Stoff brennen und Verletzungen verursachen. Die dadurch bedingten ungünstigen hautsensorischen Eigenschaften der Textilien können zu Hautirritationen führen. Dieser Effekt wird durch die hydrophobe Ausrüstung noch verstärkt.

Zudem lässt die Wirkung dieser Ausrüstung durch ölhaltige Verschmutzungen, die starke UV-Belastung beim Schweißen und insbesondere Pflege (Wäsche) stark nach. Dadurch ergeben sich nur geringe Standzeiten der Kleidung von maximal 3 bis 4 Pflegezyklen, häufig kann die Schutzkleidung nur ein einziges Mal verwendet werden. Bei Schweißen in engen Räumen müssen die Schweißer auf dem Boden oder auf Metallplatten knien oder liegen (z. B. Schiffs-, Rohrleitungs- und Kesselbau). Hier bietet die bisherige Kleidung keinerlei druckreduziernde Einschübe an den Knien, Ellbogen oder Schultern.

Im Winter führt die Kontaktfläche mit dem kalten Boden oder Metallplatten zu Kältebrücken, die zu lokalen Unterkühlungen führen. Es gab noch keine effiziente Prüfmethodik zur Ermittlung der Schutzwirkung von Geweben bei Einwirkungen von Schweißspritzern, wie sie für eine schnelle Beurteilung von Neuentwicklungen von Textilien für Schweißerschutzbekleidung notwendig wäre (Bild 1).



Bild 1: Neue Prüfmethodik zur Ermittlung der Schutzwirkung von Geweben



Bild 2: Konfektionierte Arbeitsschutzanzüge mit T-Shirt, Unterhemd, Unterhose, Socken und Arbeitsschuhen zu Kleidungssystemen kombiniert

Das Forschungsprojekt hat die grundlegenden Konstruktionsprinzipien für eine innovative Schutzbekleidung für Schweißer erarbeitet, die bei höherer Schutzwirkung gleichzeitig eine gute physiologische Funktion mit einem für den Träger spürbar verbesserten Tragekomfort aufweist. Am Ende des Projekts wurden hierzu konkrete und vom Textil- Bekleidungshersteller direkt in neuartige Schweißerschutzkleidung umsetzbare Konstruktionsleitlinien erarbeitet (**Bild 2**, vorhergehende Seite).

Die in dem Projekt erarbeiteten Konstruktionsleitlinien werden es den deutschen Schutztextil- und Schutzbekleidungsherstellern aber auch textilen Mietdiensten erlauben, ab sofort Schweißerschutzbekleidung anzubieten, die folgende Vorteile gegenüber dem bisherigen Stand der Technik besitzen:

1. Verbesserte Schutzfunktion gegen heiße Metalltropfen und gegen lokale Unterkühlungen
2. Guter Tragekomfort (Atmungsaktivität, Schweißtransport)
3. Längere Standzeiten (Ziel: Mindestens 10 Pflegezyklen)

Meinungen aus den Unternehmen

Silke Mertgen, Leitung Produktionsentwicklung, HB Schutzbekleidung, Produktions GmbH & Co. KG: „Unser Unternehmen hatte in dem Projekt Materialien zur Verfügung gestellt, aus denen zertifizierte und baumustergeprüfte Schweißerschutzbekleidung hergestellt wird. Die Untersuchungen mit den anderen Materialien zeigen, dass die herkömmlichen Schweißerschutzkleidungen durch moderne Materialien substituiert werden können und einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Arbeitsqualität beim Schweißen leisten.“

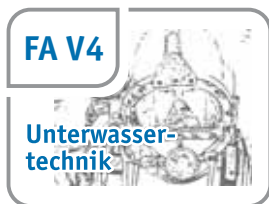
Wolfgang Hildebrand-Peters, Bildungszentren Rhein-Ruhr, Niederlassung der GSI mbH, Oberhausen: „Wir, die Bildungszentren Rhein-Ruhr, haben einen Jahresbedarf an Schweißer-schutzkleidung von siebenhundert bis tausend Anzügen. Insbesondere die Benotung der im Projekt untersuchten Textilien hat uns dazu bewogen, mit den Herstellern Kontakt aufzunehmen, um nach diesen neuen Materialien zu fragen. Sowohl die Ergebnisse der optischen Auswertung von Schweißerschutztextilien als auch die Ergebnisse der Benotung des hautsensorischen Tragekomforts lassen vermuten, dass mit diesen Textilien ein hoher Tragekomfort, verbunden mit hoher Sicherheit, in unseren Werkstätten möglich ist. Wir verhandeln derzeit mit zwei Unternehmen, die Schutzbekleidung herstellen, um Schweißeranzüge aus diesen neuen Materialien herstellen zu lassen. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes werden in eine Richtung weisen, die deutliche Veränderungen in den Werkstätten nach sich ziehen werden.“

Abgeschlossene Forschungsprojekte 2011 im FA Q6 5

Abgeschlossene Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
Q6.012 16.515 N	Analyse und Verbesserung eines integrierten Absaugbrenners zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Prozesses und zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen Prof. Dr.-Ing. Stark, IWF TU Berlin Beginn: 01.04.2010 Laufzeitende: 30.09.2011 Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.515N	01.04.2010	30.09.2011

5 Fachausschuss V4



www.dvs-ev.de/fv/FAV4

Ansprechpartner der Forschungsvereinigung

Dipl.-Ing. Holger Zuther

Tel.: 0211 / 1591-115

Fax: 0211 / 1591-200

E-Mail: holger.zuther@dvs-hg.de

Vorsitzender / Obmann Dipl.-Ing. Rudolf Kolbusch

KWE Ingenieurbüro, Oldenburg

Stellvertr. Vorsitzender / Obmann Dipl.-Ing. SFI Walter Henz

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Hannover

Niederlassung der GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH

Veranstaltungen

Sondertagung - Unterwassertechnik 2011, Hamburg

Korrespondierende Gremien

FA Q 6 „Arbeitssicherheit und Umweltschutz“

FA 3 „Lichtbogenschweißen“

5 Durchlaufende Forschungsprojekte 2011 im FA V4

Durchlaufende Forschungsvorhaben

DVS-Nr. IGF-Nr.	Titel / Institutsleiter	Start	Ende
V4.004 17.149 N	Hydrophobierung von Stabelektroden für das Lichtbogenhandschweißen unter Wasser Dr. rer. nat. Diedel, FGK Höhr-Grenzhausen Prof. Dr.-Ing. Bach, IW Hannover Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.149N	01.05.2011	30.04.2013
V4.005 17.333 N	Entwicklung und Qualifizierung automatisierter zerstörungsfreier Prüftechniken zur Bauwerk- und Schweißnahtprüfung unter Wasser Prof. Dr.-Ing. Luhmann, FH Oldenburg Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=17.333N	01.11.2011	31.10.2013
V4.002 16.777 N	Systematische Untersuchung von Lichtbogenprozessen für das nasse Elektrodenschweißen unter Wasserin Tiefen größer 20 Meter Prof. Dr.-Ing. Bach, IW Hannover Weitere Informationen siehe: http://www.dvs-ev.de/fv/?IGF=16.777N	01.11.2010	31.10.2012

Übersicht 1 - Unternehmen

3 Pi Consulting & Management GmbH, Paderborn
3D-Micromac AG, Chemnitz
3D-Schilling, Sondershausen OT Oberspier
3M Deutschland GmbH, Kleinostheim/Neuss

ABB Calor Emag Mittelspannung GmbH, Ratingen
Adam Opel AG, Rüsselsheim
AEG SVS Schweisstechnik GmbH, Mülheim
AG der Dillinger Hüttenwerke, Dillingen/Saar
Air Liquide Deutschland GmbH, Düsseldorf/Krefeld
Air Products GmbH, Bochum
Airbus Operations GmbH Cabin & Cargo CoE Fuselage & Cabin, Buxtehude
Aleris Aluminum Bonn GmbH, Bonn
Aleris Aluminum Koblenz GmbH, Koblenz
Alexander Binzel Schweisstechnik GmbH & Co. KG, Buseck
Alia Technik GmbH, Achim
ALSITEC, Haguenau (FRANKREICH)
ALSTOM Switzerland Ltd, Baden/Birr (SCHWEIZ)
ALSTOM Transport Deutschland GmbH, Salzgitter
Aluminium-Technologie-Service, Meckenheim
AMBAAU GmbH Stahl- und Anlagenbau Werk Cuxhaven, Cuxhaven
AMT Maschinenbau GmbH, Aachen
aprocas GmbH, Barleben
AREVA NP GmbH, Erlangen
ARKEMA, Inc., Wetmore, CO 81253 (USA)
AUDI AG, Ingolstadt
August Rüggeberg GmbH & Co. KG PFERD-Werkzeuge, Marienheide

BALVER ZINN KG Josef Jost GmbH & Co. KG, Balve
BASF SE, Ludwigshafen
BBW Lasertechnik GmbH, Prutting
Behr GmbH & Co. KG, Stuttgart
Benteler Automobiltechnik GmbH, Paderborn/Warburg
Bergmann & Steffen Sondermaschinenbau, Spenge
Berkenhoff GmbH, Heuchelheim
BHR Hochdruck-Rohrleitungsbau GmbH, Dortmund/Essen
Bielomatik Leuze GmbH & Co. KG, Neuffen
Blohm + Voss Shipyards GmbH, Hamburg
BLS Lasertechnology GmbH, Grafenau-Döffingen
BMW AG, Dingolfing/Leipzig/München
Böhler Schweisstechnik Deutschland GmbH, Düsseldorf/Hamm
Böllhoff Automation GmbH, Bielefeld
Bombardier Transportation GmbH Site Welding Coordination, Netphen
Borit Leichtbau-Technik GmbH, Herzogenrath
Bosch Rexroth Electric Drives and Controls GmbH, Erbach
BPW Bergische Achsen KG, Wiehl
Branson Ultraschall Niederlassung der
Emerson Technologies GmbH & Co. oHG, Dietzenbach
Buhlmann Rohr-Fittings-Stahlhandel GmbH & Co. KG, Burghausen

CADFEM GmbH, Hannover
Carl Cloos Schweißtechnik GmbH, Haiger
Castolin GmbH, Kriftel
CFX Berlin Software GmbH, Berlin
Christian Koenen GmbH, Ottobrunn-Riemerling
CIF GmbH, Grünstadt
Coatec GmbH, Schlüchtern
Coating Center Castrop GmbH, Castrop-Rauxel
CONCEPT Laser GmbH, Lichtenfels
Continental Automotive GmbH, Regensburg
CORODUR Fülldraht GmbH, Willich
CORODUR Verschleiß-Schutz GmbH, Thale
Corroconsult GmbH, Hamburg

Daimler AG, Bremen/Rastatt/Sindelfingen/Stuttgart/Untertürkheim
Daimler AG Forschungszentrum Ulm, Ulm
DALEX Schweißmaschinen GmbH & Co. KG, Wissen
Danfoss Silicon Power GmbH, Schleswig
DB Systemtechnik GmbH Team Schweißtechnik, Minden
DEK Printing Machines GmbH, Bad Vilbel
DODUCO GmbH, Pforzheim
Dr. Moeller GmbH / IMS Nord, Bremerhaven
Drahtwerk Elisental W. Erdmann GmbH & Co., Neuenrade
Drahtzug Stein wire & welding GmbH & Co. KG, Altleiningen
DURUM Verschleiss-Schutz GmbH, Willich

EADS Deutschland GmbH, München
Eastcoat Oberflächentechnik KG, Chemnitz
Ed. Züblin AG, Hamburg
Eisenbau Krämer GmbH, Kreuztal-Kredenbach
EJOT GmbH & Co. KG Verbindungstechnik, Obermichelbach-Rothenberg
ELH Eisenbahnlaufwerke Halle GmbH & Co. KG, Halle
EnBW Erneuerbare Energien GmbH, Hamburg
Endress + Hauser GmbH & Co. KG, Maulburg/Stahnsdorf
EOS GmbH, Krailling
ERSA GmbH, Wertheim
ESI Engineering System International GmbH, München
ESTA Apparatebau GmbH & Co. KG, Senden
Eszet Autogentechnik GmbH, Haan
EURO-COMPOSITES S.A., Echternach (LUXEMBURG)
EUROMAT GmbH, Aachen
EUTECT GmbH Löt- und Schweißautomation, Dußlingen
evobeam GmbH, Mainz
Evonik Degussa GmbH, Marl
EWM HIGHTEC WELDING GmbH, Mündersbach

Faurecia Emissions Control Technologies Germany GmbH, Augsburg
 Festo AG & Co. KG, Esslingen
 FILL GmbH, Gurten (ÖSTERREICH)
 First Sensor Technology GmbH, Berlin
 FKT Formenbau u. Kunststofftechnik GmbH, Triptis
 Flame Spray Technologies bv, RL Duiven (NIEDERLANDE)
 Flensburger Schiffbaugesellschaft mbH & Co. KG, Flensburg
 Fontargen GmbH, Eisenberg
 Ford Forschungszentrum Aachen GmbH, Aachen
 Ford-Werke GmbH, Köln
 Frank GmbH, Mörfelden-Walldorf
 FRONIUS Deutschland GmbH, Neuhoftal Dorfborn
 FRONIUS International GmbH, Wels-Thalheim (ÖSTERREICH)

GEA Tuchenhausen GmbH, Büchen
 GEA Westfalia Separator Production GmbH, Oelde
 Gesellschaft für Wolfram Industrie mbH, Traunstein
 GfE Fremat GmbH, Freiberg
 Global Beam Technologies AG Steigerwald Strahltechnik GmbH, Maisach
 Gottwald Port Technologie GmbH, Düsseldorf
 Grillo-Werke AG, Goslar
 GTV Verschleiss-Schutz GmbH, Luckenbach

H.C. Starck GmbH, Laufenburg
 HABS GmbH, Mogendorf
 Fa. Hans van't Hoen, Wirges
 Harms & Wende GmbH & Co. KG, Hamburg
 Heinz Gothe GmbH & Co. KG, Mönchengladbach
 Heinz Soyer GmbH Bolzenschweißtechnik, Wörthsee/Ettersschlag
 Heinz Wagner GmbH, Römerberg
 Helbling Technik AG, Aarau (SCHWEIZ)
 Hella KG Hueck & Co., Lippstadt
 Hella Leuchtensysteme GmbH, Paderborn
 Hengst GmbH & Co. KG, Münster
 Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf
 Henkel Teroson GmbH, Heidelberg
 Henze GmbH Kunststoffwerke, Troisdorf
 Heraeus Materials Technology GmbH & Co. KG, Hanau
 Herding GmbH Filtertechnik, Amberg
 Hermann Fliess & Co. GmbH, Duisburg
 Hessel Ingenieurtechnik GmbH, Roetgen
 Hilger u. Kern Industrietechnik GmbH, Mannheim
 Hilti Cooperation Liechtenstein, Schaan (LIECHTENSTEIN)
 Hilti GmbH, Kaufering
 HKS-Prozessechnik GmbH, Halle
 Höganäs GmbH, Düsseldorf
 Hottinger Baldwin Meßtechnik GmbH, Darmstadt
 Howaldtswerke - Deutsche Werft GmbH, Kiel
 Hugo Miebach GmbH, Dortmund
 Hydro Aluminium Deutschland GmbH, Bonn
 Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Grevenbroich

IBEDA Sicherheitsgeräte und Gastechnik GmbH & Co. KG, Neustadt
 IBFU Ingenieurbüro für Unterwassertechnik, Elmshorn
 IBL-Löttechnik GmbH, Königsbrunn
 IDEAL-Werk C.+E. Jungeblodt GmbH & Co. KG, Lippstadt
 IFF Engineering & Consulting GmbH, Leipzig
 IFF GmbH, Ismaning
 IMAWIS Maritime Wirtschafts- und Schiffbauforschung GmbH, Wismar
 Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, Oldenburg
 Ingenieurbüro Dr. Knödel, Ettlingen
 Ingenieurbüro Dr.-Ing. Andreas Trautmann
 Lasertechnik, Lasersicherheit, München
 Ingenieurbüro Franz, Sindelfingen-Maichingen
 Ingenieurbüro für Lasertechnik und Verschleißschutz (ILV), Schwalbach
 Ingenieurbüro für Stahlbau und Schweißtechnik
 Bürogemeinschaft Kuhlmann-Gerold-Günther-Eisele, Ostfildern
 Ingenieurbüro für Werkstofftechnik (IWT), Aachen
 Ingenieurbüro Tobias Loose, Wössingen
 Innobrazo GmbH für Löt- und Verschleißtechnik, Esslingen
 INOCON Technologie GmbH, Attnang-Puchheim (ÖSTERREICH)
 INPRO - Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH, Berlin
 IPG Laser GmbH IPG Photonics Corp., Burbach
 ISATEC GmbH, Aachen

Janke - Engineering GmbH, Berlin
 JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH, Jena
 Josch Strahlschweisstechnik GmbH, Teicha

Kemper GmbH, Vreden
 Kemppi GmbH, Butzbach
 Kjellberg Finsterwalde Plasma und Maschinen GmbH, Finsterwalde
 Kjellberg Finsterwalde Schweißtechnik und Verschleißschutzsysteme GmbH, Witten
 Klaus Raiser GmbH, Eberdingen-Hochdorf
 KLN Ultraschall AG, Heppenheim
 KMW Schweißtechnik GmbH, Hamburg
 KS Kolbenschmidt GmbH, Neckarsulm
 KSM Castings GmbH Kloth-Senking Metallgießerei, Hildesheim
 KUKA Systems GmbH, Augsburg
 KVT Kurlbaum GmbH, Osterholz-Scharmbeck
 KWE Ing.-Büro, Oldenburg

LANXESS Deutschland GmbH, Dormagen
 LASAG AG, Gwatt bei Thun (SCHWEIZ)
 LASAG Industrial Lasers, Pforzheim
 LASER on demand GmbH, Langenhagen
 Liebherr Elektronik GmbH, Lindau
 Liebherr-Werke-Ehingen GmbH, Ehingen
 Linde AG, Hamburg/Unterschleißheim
 Listemann AG Werkstoff- und Wärmebehandlungstechnik, Eschen (LIECHTENSTEIN)
 LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, Ranshofen (ÖSTERREICH)

LKT Klebtechnik GmbH, Aachen
 Lorch Schweißtechnik GmbH, Auenwald
 Lorenz GmbH & Co. KG, Landshut
 Lyondell Basell Industries, Frankfurt

MagCam NV, Leuven (BELGIEN)
 Matuschek Messtechnik GmbH, Alsdorf
 MEDICOAT AG, Mägenwil (SCHWEIZ)
 Merkle & Partner GbR Ingenieurbüro für Strukturanalyse, Heidenheim
 Merkle Schweißanlagen Technik GmbH, Kötz
 Messer Group GmbH, Krefeld
 Micro-Hybrid Electronic GmbH, Hermsdorf / Thüringen
 microspace Messtechnik GmbH, Chemnitz
 microTEC Gesellschaft für Mikrotechnologie mbH, Bad Dürkheim
 Miele & Cie. KG, Gütersloh
 MIG WELD GmbH International, Landau a.d. Isar
 Minimax GmbH & Co. KG, Bad Oldesloe
 Modell Technik Rapid Prototyping GmbH, Waltershausen
 Modine Europe GmbH, Filderstadt
 MT Aerospace AG, Augsburg
 MTU Aero Engines GmbH, München
 Multi Orbital Welding Systems GmbH, Eschenfelden

NDT Applications and Sensoric intelligente NDT Systems & Services GmbH & Co. KG, Erlangen
 Nederman GmbH, Köngen
 Neue Materialien Bayreuth GmbH, Bayreuth
 Nordic Yards Holding GmbH, Rostock
 Nordic Yards Wismar GmbH, Wismar
 Nutech GmbH Institut für Lasertechnik, Neumünster

obz innovation gmbh, Bad Krozingen
 odelo GmbH, Schwaikheim
 Oechsler AG, Ansbach
 Oerlikon Schweißtechnik GmbH, Eisenberg
 OKAMEX Ingenieurbüro, Stuttgart
 Ostseestaal GmbH, Stralsund

Pallas GmbH & Co. KG Oberflächentechnik, Würselen
 Panacol-Elosol GmbH, Steinbach
 Panasonic Industrial Devices Sales Europe GmbH, Neuss
 PAV CARD und Paul Albrechts Verlag GmbH, Lütjensee
 PF-Schweißtechnologie GmbH, Alsfeld
 Pierburg GmbH, Nettetal
 Plasticon Germany GmbH, Dinslaken
 PM Engineering, Leimen
 PMT Präventions-Management-Team, Reutlingen
 Polysius AG, Beckum
 Portec GmbH, Zella-Mehlis
 Praxair Deutschland GmbH, Düsseldorf
 Precitec KG, Gaggenau
 Precitec Optronik GmbH, Rodgau
 PRETECH Predictive Design Technologies GmbH, Hamburg

Primes GmbH, Pfungstadt
 pro-beam AG & Co. KGaA, Burg
 Putzier Oberflächentechnik GmbH, Leichlingen
 PVA Löt- und Werkstofftechnik GmbH, Wetzlar

QUAST Anlagentechnik GmbH, Eschweiler

R+K CAD/CAM Technologie GmbH & Co. KG, Berlin
 Rampf-Formen GmbH, Allmendingen
 REHM GmbH & Co. KG Schweißtechnik, Udingen
 REpower Systems SE Tech Center, Osterrönnfeld
 Resistronic AG Widerstands-Schweißtechnik, Untersiggenthal (SCHWEIZ)
 RIFTEC GmbH, Geesthacht
 Robert Bosch GmbH, Bamberg/Stuttgart/Waiblingen
 Rofin-Baasel Lasertechnik, Ohmden
 Rolls-Royce Deutschland Ltd. & Co. KG, Oberursel
 RS elektronik GmbH, Friedberg
 RWE Power AG, Frechen/Köln
 RWP GmbH, Roetgen

S1 Optics GmbH - The Coating Company, Nürtingen
 Saint-Gobain Coatin Solutions, Bonn
 Salzgitter Magnesium Technologie GmbH, Salzgitter
 Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg
 SAXOBRAZE GmbH, Chemnitz
 SBI Produktion techn. Anlagen GmbH & Co. KG, Hollabrunn (ÖSTERREICH)
 SCHERDEL INNOTEC Forschungs- und Entwicklungs-GmbH, Marktredwitz
 Schmidt + Clemens GmbH + Co. KG, Lindlar
 Schmied Engineering GmbH, Gerlafingen (SCHWEIZ)
 Schmitz Cargobull AG, Altenberge
 Schulze-Consulting, Neuberg
 SCHUNK Lasertechnik GmbH, Lauffen am Neckar
 Schunk Sonosystems GmbH, Wetzlar
 SCOUT Dr. Barthel Sensorsysteme GmbH, München
 SEHO Systems GmbH, Kreuzwertheim
 SGT Service Gesellschaft Thüringen
 für Bildung-Schweißen-Personal mbH, Ilmenau
 Siebe Engineering GmbH & Co. KG, Neustadt-Fernthal
 Siebert TFT GmbH, Hermsdorf
 Siemens AG Berlin/Duisburg
 Siemens AG Österreich, Graz (ÖSTERREICH)
 Sika Technology AG Material Mechnics, Zürich (SCHWEIZ)
 SIMONA AG, Kirn
 simufact engineering gmbh, Hamburg
 SKT-Kunststoffschweißtechnik Pipeline-Equipment, Limburg
 SLM Solutions GmbH, Lübeck
 SMS Siemag Aktiengesellschaft, Düsseldorf
 SOSTA GmbH & Co. KG, Könnern
 SOUTEC AG, Neftenbach (SCHWEIZ)
 Stadler Altenrhein AG, Altenrhein (SCHWEIZ)
 Stannol GmbH, Wuppertal
 Stepanski Engineering Ingenieurbüro
 für Kunststoff- und Klebtechnik, Leverkusen

6 Unternehmen

Suisse Technology Partners AG, Neuhausen am Rheinfall (SCHWEIZ)

Sulzer Markets and Technology Ltd., Winterthur (SCHWEIZ)

Sulzer Metco Coatings GmbH, Salzgitter

Sulzer Metco Europe GmbH, Kelsterbach

Sulzer Metco WOKA GmbH, Barchfeld

SÜSS MicroTec AG, Sternenfels

TAKATA-Petri AG, Aschaffenburg

Tauchbetrieb Helgoland, Bremerhaven

Tauchmayer GmbH, Seelze

TBi Industries GmbH, Fernwald

Technologieberatung Dr.-Ing. Wahl GmbH, Stuttgart-Frauenkopf

TechnologieCentrum Kleben TC-Kleben GmbH, Übach-Palenberg

TEKA GmbH, Velen

TeroLab Surface GmbH, Langenfeld

ThyssenKrupp Metallurgie GmbH, Essen

ThyssenKrupp Steel Europe AG, Dortmund

ThyssenKrupp VDM, Altena

TIM Schweisstechnik GmbH, Burgwedel

TIME Technologie-Institut für Metall & Engineering GmbH, Wissen / Sieg

Trainalytics GmbH, Lippstadt

Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen

Trumpf Laser Vertriebsbüro, Hemer

T-Spray, Lenningen

Uhde GmbH, Dortmund

Umicore AG & Co. KG, Hanau

Unterwasserkräuse, Schellhorn

V & M Deutschland GmbH Vallourec & Mannesmann Tubes, Düsseldorf

Vacuumschmelze GmbH & Co. KG, Hanau

Vautid GmbH, Ostfildern

voestalpine Stahl GmbH, Linz (ÖSTERREICH)

Volkswagen AG, Wolfsburg

W.C. Heraeus Thin Film Materials Division, Hanau

Wärtsilä Schweiz AG, Winterthur (SCHWEIZ)

Weld Consult GmbH, Essen

Welding Alloys Deutschland GmbH Werk Wachtendonk, Wachtendonk

WELTRON Steuerungs- und Schweißanlagenbau GmbH, Burbach

Westfalen AG, Münster

Wieland-Werke AG Metallwerke, Ulm

Wittmann Tauchen GmbH & Co. KG, Henstedt-Ulzburg

Witzenmann GmbH, Pforzheim

Wolf & Partner GmbH, Berlin

Zenker Consult, Mittweida

ZIGERLIG TEC GmbH, Klingnau (SCHWEIZ)

Übersicht 2 - Körperschaften

RWTH Aachen

Lehr- u. Forschungsgebiet für nichtlineare
Dynamik der Laser- und Fertigungsverfahren
[Aachen](#)

Schweißtechnische Lehranstalt Magdeburg GmbH
[Barleben](#)

BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft - Prävention
[Berlin](#)

Deutsches Institut für Normung e. V.
[Berlin](#)

Forschungskuratorium Textil e.V.
[Berlin](#)

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V.
[Berlin](#)

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. - GDV
[Berlin](#)

GFaI Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V.
[Berlin](#)

Technische Universität Berlin
Institut für Metallphysik
[Berlin](#)

Technische Universität Berlin
Institut für Mechanik
[Berlin](#)

VDI/VDE Innovation & Technik GmbH
[Berlin](#)

Arbeitsmedizinisch- u. Sicherheitstechnisches Zentrum
Bocholt/Rhede e. V.
[Bocholt](#)

Hochschule Bochum
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik
[Bochum](#)

KRV - Kunststoffrohrverband e.V.
[Bonn](#)

Technische Universität Braunschweig
Institut für Konstruktionstechnik
[Braunschweig](#)

Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Präventionsdienst Bremen
[Bremen](#)

IWT - Stiftung Institut für Werkstofftechnik
[Bremen](#)

Universität Bremen
Zentrum für Technomathematik
[Bremen](#)

Fraunhofer Einrichtung
Elektronische Nanosysteme ENAS
[Chemnitz](#)

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
[Chemnitz](#)

Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Maschinenbau
Lehrstuhl für Schweißtechnik
[Chemnitz](#)

Institut für Materialprüfung und Werkstofftechnik
Dr. Dölling und Dr. Neubert GmbH
[Clausthal-Zellerfeld](#)

Hochschule für Bauwesen Cottbus
Lehrstuhl für Stahlbau
[Cottbus](#)

Technische Universität Darmstadt
Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik
[Darmstadt](#)

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik
[Denkendorf](#)

Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Qualitätswesen
[Dortmund](#)

Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Stahlbau
[Dortmund](#)

Technische Universität Dortmund
Fachbereich Chemietechnik
[Dortmund](#)

Institut für angewandte Naturwissenschaften Dresden (IAND)
[Dresden](#)

Institut für Holztechnologie Dresden gGmbH
[Dresden](#)

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH
[Dresden](#)

Technische Universität Dresden
Institut Textil- und Bekleidungstechnik
[Dresden](#)

Technische Universität Dresden
Institut für Werkstoffwissenschaften
[Dresden](#)

6 Körperschaften

Technische Universität Dresden
Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik
[Dresden](#)

Universität Duisburg Essen
Institut für Produkt Engineering - ipe Fertigungstechnik
[Duisburg](#)

Berufsgenossenschaft Holz und Metall
[Düsseldorf](#)

Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG)
[Düsseldorf](#)

Deutscher Stahlbau-Verband DSTV
[Düsseldorf](#)

Deutsches Kupferinstitut e. V.
[Düsseldorf](#)

Fachhochschule Düsseldorf
Fachbereich Maschinenbau- und Verfahrenstechnik
[Düsseldorf](#)

Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. FOSTA
[Düsseldorf](#)

Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V. (GDA)
[Düsseldorf](#)

Institut für angewandte Forschung GmbH des VDEh
[Düsseldorf](#)

VDI - Verein Deutscher Ingenieure e. V.
[Düsseldorf](#)

Centrum für Prototypenbau GmbH
[Erkelenz](#)

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen Nürnberg
Lehrstuhl für Photonische Technologien
[Erlangen](#)

Hochschule Esslingen
[Esslingen](#)

Forschungsvereinigung Elektrotechnik beim ZVEI e.V.
[Frankfurt am Main](#)

DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
[Frankfurt/Main](#)

Technische Universität Bergakademie Freiberg
[Freiberg](#)

Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik
Ernst-Mach-Institut
[Freiburg](#)

Entwicklungszentrum Röntgentechnik
Abteilung der Fraunhofer Institute IZFP Saarbrücken
und IIS-A Erlangen
[Fürth](#)

Zentralinstitut für Neue Materialien
und Prozesstechnik ZMP
Universität Erlangen-Nürnberg
[Fürth](#)

Technische Hochschule Mittelhessen
Hochschule für Technik u. Wissenschaft
[Gießen](#)

Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V.
INP Greifswald
[Greifswald](#)

Landesamt für Verbraucherschutz
Gewerbeaufsicht Süd
[Halle](#)

CMT
Center of Maritime Technologies e. V.
[Hamburg](#)

DGZfP Ausbildung und Training GmbH
[Hamburg](#)

Germanischer Lloyd SE
[Hamburg](#)

Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik - HAW Hamburg
[Hamburg](#)

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Nord gGmbH
[Hamburg](#)

Technische Universität Hamburg-Harburg
Institut für Konstruktion und Festigkeit von Schiffen
[Hamburg](#)

Technische Universität Hamburg-Harburg
Institut für Laser- und Anlagensystemtechnik
[Hamburg](#)

Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V.
[Hannover](#)

Fachhochschule Hannover
Lehrgebiet Simulationsverfahren im Maschinenbau
[Hannover](#)

Leibniz Universität Hannover
Institut für Stahlbau
[Hannover](#)

TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG
[Hannover](#)

Hermsdorfer Institut für Technische Keramik e.V.
[Hermsdorf](#)

FGK Forschungsinstitut für Anorganische Werkstoffe Glas/Keramik GmbH
[Höhr-Grenzhausen](#)

Wasser- und Schifffahrtsamt Rheine
Taucherlehrbetrieb
[Hörstel](#)

Friedrich-Schiller-Universität
Institut für Organische Chemie und Makromolekulare Chemie
[Jena](#)

Forschungszentrum Jülich GmbH
[Jülich](#)

IFOS GmbH
Institut für Oberflächen- und Schichtanalytik
[Kaiserslautern](#)

Institut für Verbundwerkstoffe GmbH an der TU Kaiserslautern
[Kaiserslautern](#)

Technische Universität Kaiserslautern
[Kaiserslautern](#)

Bundesanstalt für Wasserbau
Referat Stahlbau/Korrosionsschutz
[Karlsruhe](#)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine
[Karlsruhe](#)

Technische Universität Karlsruhe
[Karlsruhe](#)

Universität Kassel
Institut für Mechanik
[Kassel](#)

Institut für Mechatronik
Fachhochschule Kiel
[Kiel](#)

HWK Koblenz
[Koblenz](#)

Berufsgenossenschaft Energie Textil
Elektro Medienerzeugnisse
[Köln](#)

Deutsche Keramische Gesellschaft e.V.
[Köln](#)

IGV Industriegaseverband e.V.
[Köln](#)

Rheinische Fachhochschule Köln gGmbH
[Köln](#)

Hochschule Niederrhein
[Krefeld](#)

KUZ - Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH
[Leipzig](#)

Fachhochschule Südwestfalen-Meschede
[Meschede](#)

Hochschule Mittweida
[Mittweida](#)

Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V.
[München](#)

Hochschule München
Fakultät 03 - Maschinenbau/Fahrzeugtechnik/Flugzeugtechnik
[München](#)

Technische Universität München
Fachbereich Holztechnologie
[München](#)

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
[München](#)

HWK Münster
[Münster](#)

Universität der Bundeswehr München
Institut für Mechanik
Fakultät Luft- und Raumfahrttechnik
[Neubiberg](#)

Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl FAPS
[Nürnberg](#)

Bildungszentren Rhein Ruhr
Niederlassung der GSI mbH
[Oberhausen](#)

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
[Oldenburg](#)

Jade Hochschule
FH Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth
[Oldenburg](#)

Universität Paderborn
DMRC Direct Manufacturing
[Paderborn](#)

Fachhochschule Gelsenkirchen
Abteilung Recklinghausen
[Recklinghausen](#)

Universität Rostock
Fakultät Maschinenbau und Schiffstechnik
[Rostock](#)

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Saarbrücken
Niederlassung der GSI mbH
[Saarbrücken](#)

Universität des Saarlandes
Strukturforschung, Polymere, Grenzflächen
[Saarbrücken](#)

IFA - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
[Sankt Augustin](#)

Hochschule Lausitz
Senftenberg und Cottbus
[Senftenberg](#)

6 Körperschaften

Fachhochschule Münster
Labor für Schweißtechnik
[Steinfurt](#)

Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Präventionsdienst Stuttgart
[Stuttgart](#)

Universität Stuttgart
Institut für Fertigungstechnologie keramischer Bauteile
[Stuttgart](#)

Universität Stuttgart
Institut für Konstruktion und Entwurf
[Stuttgart](#)

Hochschule Ulm
Fakultät Maschinenbau und Fahrzeugtechnik
[Ulm](#)

Hahn-Schickard-Gesellschaft
Institut für Mikro- und Informationstechnik
[Villingen-Schwenningen](#)

Bauhaus-Universität Weimar
Professur Simulation und Experiment
[Weimar](#)

Bauhaus-Universität-Weimar
Institut für konstruktiven Ingenieurbau
[Weimar](#)

Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik
[Wien \(ÖSTERREICH\)](#)

Hochschule Rhein Main
[Wiesbaden](#)

Wasser- u. Schifffahrtsamt Wilhelmshaven
[Wilhelmshaven](#)

Leibniz Universität Hannover
Institut für Werkstoffkunde
Bereich FORTIS
[Witten](#)

Bergische Universität Wuppertal
[Wuppertal](#)

Übersicht 3 - Forschungsinstitute und Institutsleiter

Aachen

RWTH Aachen
Institut für Eisenhüttenkunde

Prof. Dr.-Ing. Bleck

RWTH Aachen
Institut für Oberflächentechnik im Maschinenbau

Prof. Dr.-Ing. Bobzin

RWTH Aachen
Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk

Prof. Dr.-Ing. Hopmann / Prof. Dr.-Ing. Michaeli

Universitätsklinikum Aachen
Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin

Prof. Dr. med. Kraus

Fraunhofer-Gesellschaft e. V. / Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Prof. Dr. rer. nat. Poprawe

RWTH Aachen
Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik

Prof. Dr.-Ing. Reisgen

Berlin

Fraunhofer Gesellschaft e. V.
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM

Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Lang

Technische Universität Berlin
Institut für Mechanik
Fachgebiet für Kontinuumsmechanik und Materialtheorie

Prof. Dr.-Ing. Müller

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV Berlin-Brandenburg

Prof. Dr.-Ing. Paulinus

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Fachgruppe V.5.5 - Sicherheit gefügter Bauteile

Univ. Prof. Dr.-Ing. Rethmeier

Technische Universität Berlin
Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF
Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Stark / Prof. Dr.-Ing. habil. Wilden

Braunschweig

Technische Universität Braunschweig / Institut für Füge- und Schweißtechnik

Prof. Dr.-Ing. Dilger

Bremen

Fraunhofer Gesellschaft e. V.
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik
und angewandte Materialforschung IFAM

Prof. Dr. rer. nat. Mayer

Universität Bremen / Bremen Center for Computational Materials Science

Prof. Dr.-Ing. Ploshikhin

Bremer Institut für angewandte Strahltechnik

Prof. Dr.-Ing. Vollertsen

Chemnitz

CeWOTec gGmbH / Chemnitzer Werkstoff- und Oberflächentechnik

Dr.-Ing. habil. Bouaifi

Technische Universität Chemnitz
Institut für Fördertechnik und Kunststoffe / Professur Kunststoffe

Prof. Dr.-Ing. Gehde

Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Professur für Mikrotechnologien

Prof. Dr.-Ing. Geßner

6 Forschungsinstitute und Institutsleiter

Chemnitz

Technische Universität Chemnitz
Institut für Fertigungstechnik und Schweißtechnik
Professur Schweißtechnik

Prof. Dr. Mayr / Prof. Dr.-Ing. habil. Matthes

Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Maschinenbau
Professur Verbundstoffe

Prof. Dr.-Ing. habil. Wielage

Clausthal-Zellerfeld

Technische Universität Clausthal
Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit

Prof. Dr.-Ing. Esderts

Technische Universität Clausthal
Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren

Prof. Dr.-Ing. Wesling

Cottbus

Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Lehrstuhl Füge- und Schweißtechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michailov

Darmstadt

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Prof. Dr.-Ing. Hanselka

Zentrum für Konstruktionswerkstoffe
Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt
Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde

Prof. Dr.-Ing. Oechsner / Prof. Dr.-Ing. Berger

Dortmund

Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Werkstofftechnologie
Fakultät Maschinenbau

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Tillmann

Dresden

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.
Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Prof. Dr. Beyer

Technische Universität Dresden
Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik
Professur für Fügetechnik und Montage

Prof. Dr.-Ing. habil. Füssel

IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH

Dr.-Ing. Hanel

Technische Universität Dresden
Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik

Prof. Dr.-Ing. habil. Wolter

Duisburg

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik
International mbH
Niederlassung SLV Duisburg

Dipl.-Ing. Mährlein / Prof. Dr.-Ing. Keitel

Erlangen

Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Kunststofftechnik

Prof. Dr.-Ing. Drummer

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik

Prof. Dr.-Ing. Franke

Bayerisches Laserzentrum GmbH

Prof. Dr.-Ing. Schmidt

Fellbach

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik
International mbH
Niederlassung SLV Fellbach

Dipl.-Ing. Roth

Freiburg

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM

Prof. Dr. rer. nat. Gumbsch

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Mikrosystemtechnik, Aufbau- und Verbindungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Wilde

Garbsen

Leibniz Universität Hannover
Institut für Werkstoffkunde

Prof. Dr.-Ing. Bach

Garching

Technische Universität München
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften

Prof. Dr.-Ing. Zäh

Geesthacht

Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH

Prof. Dr. Kaysser / Prof. Dr.-Ing. Huber

Halle

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt
Halle GmbH

Dr.-Ing. Ströfer

Hamburg

Helmut Schmidt Universität
Universität der Bundeswehr Hamburg
Institut für Werkstofftechnik / Laboratorium für Werkstoffkunde

Prof. Dr.-Ing. Klassen

Hannover

Laserzentrum Hannover e.V.

Dr.-Ing. Kracht

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV Hannover

Dr.-Ing. Mittelstädt

Ilmenau

Technische Universität Ilmenau
Fakultät Maschinenbau / Fachgebiet Fertigungstechnik

Univ. Prof. Dr.-Ing. habil Bergmann

Itzehoe

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.
Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie ISIT

Prof. Dr.-Ing. Benecke

Jena

Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH

Dr.-Ing. Sändig

Kaiserslautern

Technische Universität Kaiserslautern
Lehrstuhl für Werkstoffkunde

Prof. Dr.-Ing. habil. Eifler

6 Forschungsinstitute und Institutsleiter

Kassel

Universität Kassel
Institut für Produktionstechnik und Logistik
Fachgebiet Trennende und Fügende Fertigungsverfahren

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Böhm

Universität Kassel
Institut für Werkstofftechnik / Fachgebiet Kunststofftechnik

Prof. Dr.-Ing. Heim

Universität Kassel
Fachbereich Bauingenieurwesen / Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens

Prof. Dr.-Ing. habil. Schmidt

Magdeburg

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik / Lehrstuhl Fügetechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jüttner / Prof. Dr.-Ing. Martinek

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Institut für Elektrische Energiesysteme

Prof. Dr.-Ing. Lindemann

München

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München

Prof. Dr.-Ing. Cramer

Neubiberg

Universität der Bundeswehr München
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Institut für Plasmatechnik und Grundlagen der Elektrotechnik

Prof. Dr.-Ing. Schein

Paderborn

Universität Paderborn
Fakultät für Maschinenbau / Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik

Prof. Dr.-Ing. Meschut / Prof. Dr.-Ing. Hahn

Universität Paderborn
Kunststofftechnik Paderborn / Lehrstuhl für Kunststofftechnologie

Prof. Dr.-Ing. Moritzer

Universität Paderborn
Kunststofftechnik Paderborn
Lehrstuhl für Kunststoff- und Kautschukverarbeitung

Prof. Dr.-Ing. Schöppner

Rostock

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt
Mecklenburg-Vorpommern GmbH

Dipl.-Phys. Hoffmann

Saarbrücken

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Prof. Dr.-Ing. Boller

Schmalkalden

Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e. V.

Dr.-Ing. Barthelmä

Stuttgart

Universität Stuttgart
Institut für Strahlwerkzeuge

Prof. Dr. rer. phil. Graf

Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. habil. Roos

Würzburg

Süddeutsches Kunststoffzentrum e. V.

Prof. Dr.-Ing. Bastian

Übersicht 4

Veröffentlichungen von abgeschlossenen Forschungsvorhaben in 2011

„Schweissen & Schneiden“ 2011

IGF-Nr. 15.563	B. Wielage/C. Rupprecht/T. Lindner/M. Kunze/D. Franik/D. Wocilka/A. Gebert Wasserverdünste Pulver für Auftragschweiß- und thermische Spritzprozesse veröffentlicht: 7/11
IGF-Nr. 15.442 N	G. Hemken/K. Dilger/J. Kolbe/M. Stuve Steigerung der Durchsatzrate und der Prozesssicherheit bei der Herstellung von Smart-Labels durch eine neuartige Aufbau- und Verbindungstechnik veröffentlicht: 6/11
IGF-Nr. 15.724 N/1	H. Cramer/A. Petropoulos/A. Lechner Verbesserung der Genauigkeit der Schweißverzugsimulation durch die Berücksichtigung des Tiefziehprozesses veröffentlicht: 5/11
IGF-Nr. 15.596 N	H. Cramer/L. Appel/P. Limley Reib- und Laserstrahlschweißen von neuen TiAl-Legierungen mit verbesserter Duktilität veröffentlicht: 11/11
IGF-Nr. 16.433 N	H. Wildemann/K.-I. Voigt Komplexitätsindex-Tool: Entscheidungsgrundlagen für die Produktprogrammgestaltung bei KMU veröffentlicht: 10/11
IGF-Nr. 15.710 N	H.-J. Wink/D. Krätschmer/O. Volz Untersuchungen zum Übergangswiderstand an unbeschichteten und beschichteten Blechen aus Kupferwerkstoffen veröffentlicht: 8/11
IGF-Nr. 15.775 N	J. Walter/M. Hustedt/C. Hennigs/J. Stein/S. Barcikowski/V. Wesling Emissionsbewertung zur umweltbezogenen Kostenermittlung beim Laserstrahlfügen metallischer Werkstoffe veröffentlicht: 4/11
IGF-Nr. 15.636 N	K. Dilger/E. Minin/M. Frauenhofer/G. Wisner Klebgerechte Vorbehandlung von Aluminium-Druckgussbauteilen veröffentlicht: 6/11
IGF-Nr. 15.275 N	M. F. Zäh/A. Schober Simulationsgestützte, bauteilbezogene Analyse industriell relevanter Einspannsituationen beim Schweißen veröffentlicht: 4/11
IGF-Nr. 15.594 N	M. F. Zäh/S. Braunreuther Entwicklung technischer Anlagensicherheitskonzepte für Hochleistungslaser der neuesten Generation veröffentlicht: 3/11
IGF-Nr. 15.674 N	M. Kleemeier/M. Sebald Bedeutung der Fügeiteiloberflächen für die Wärmeleitfähigkeit von Klebverbindungen veröffentlicht: 4/11
IGF-Nr. 15.562 B	M. Kusch/A. Hälsig/S. Thurner Bestimmung von Wirkungsgraden an Schutzgasschweißverfahren veröffentlicht: 1/11
IGF-Nr. 15.745 B	M. Kusch/F. Podlesak Ursachen und Bewertung von Unregelmäßigkeiten MIG-lichtbogengelöteter Verbindungen veröffentlicht: 8/11

6 Veröffentlichungen

„Schweissen & Schneiden“ 2011

- IGF-Nr. 15.317 N M. Serve, L. Appel, H. Cramer
Reibpunktschweißen von Überlappverbindungen an Aluminiumknet- und -gusslegierungen im Vergleich
veröffentlicht: 3/11
- IGF-Nr. 15.645 N O. Hahn, F. Flüggen
Einsetzbarkeit des Bolzensetzens zum Fügen von Aluminium- Hohlprofilen
veröffentlicht: 9/11
- IGF-Nr. 15.914 B S. Göthel, G. Bürkner
Einsatz neuer Nicht-Kupferwerkstoffe zur Schweißdrahtkontaktierung in MSG-Schweiß-
und Lötprozessen insbesondere für Aluminium und niedrigschmelzende Zusatzwerkstoffe
veröffentlicht: 7/11
- IGF-Nr. 15.112 N S. Heinz, G. Wagner, D. Eifler
Metall-Ultraschallschweißen von flexiblen Flachleiterkabeln
veröffentlicht: 11/11
- IGF-Nr. 15.536 N U. Reisgen, S. Olschok, M. Mavany
Laserstrahl-MIG-Hybridschweißen — Die Erweiterung vom Makro in den Mikrobereich
veröffentlicht: 1/11
- IGF-Nr. 15.560 N U. Reisgen, S. Olschok
Elektronenstrahlschweißen in Zwangspositionen
veröffentlicht: 7/11
- IGF-Nr. 15729 BG U. Reisgen, K. Willms, M. Beckers, G. Buchholz, H.-M. Voigt, W. Harder
Modellbasierte Bausteine für die Automatisierung beim MSG- Schweißen
veröffentlicht: 6/11
- IGF-Nr. 15.915 N U. Reisgen, G. Buchholz, K. Willms
Werkstoffgerechtes Fügen von hochfesten Pipelinebaustählen der Qualitäten X100 unter Baustellenbedingungen
veröffentlicht: 11/11
- IGF-Nr. 15.916 N U. Reisgen, L. Stein, M. Steiners
Vollmechanisiertes System zum Wurzelschweißen an V- Nahtvorbereitungen ohne und mit Steg
mit geregelten Lichtbogenverfahren und digitaler Kurzschlussauflösung
veröffentlicht: 10/11
- IGF-Nr. 15.687 N U. Reisgen, M. Schleser, A. Harms, A. Schiebahn, A. Naumov
Erweiterung des Parameterfelds zum Rührreißschweißen mittels konduktiver Unterstützung
veröffentlicht: 12/11
- IGF-Nr. 15.377 N W. Böhme, D. Memhard, M. Brand, D. Siegele
Versagensverhalten crashrelevanter Aluminium-Schweißverbindungen
veröffentlicht: 12/11

„Joining Plastics - Fügen von Kunststoffen“ 2011

- IGF-Nr. 15.817 N B. Baudrit, M. Bogdanovic, M. Hoffmann, P. Heidemeyer, M. Bastian
SKZ – Das Kunststoff-Zentrum, Würzburg / WPCs sind mittels HS, US und VIB schweißbar
veröffentlicht in Heft 3-4/2011
- IGF-Nr. 15.561 N R. Hoffschlag, V. Schöppner, H. Potente
Kunststofftechnik Paderborn (KTP) Universität Paderborn
Selbstoptimierung und Qualitätssicherung auf Basis eines neuen Maschinenkonzeptes beim Heizelementschweißen
veröffentlicht in Heft 3-4/2011
- IGF-Nr. 15.971 BR R. Fuhrich, M. Gehde, S. Friedrich,
TU Chemnitz, Institut für Fördertechnik und Kunststoffe, Professur Kunststoffe, Chemnitz
Mechanische Eigenschaften von Infrarotschweißverbindungen

„Thermal Spray Bulletin“ 2011

- IGF-Nr. 15.441 B B. Wielage, T. Grund, S. Kümmel,
IMTEK Institut für Mikrosystemtechnik, Universität Freiburg;
J. Wilde, E. Rastjagaev,
IWW Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik, TU Chemnitz
Realisierung neuer Aufbaukonzepte für die Mechatronik durch kaltgasgespritzte Schichten
veröffentlicht in Heft 1/2011
- IGF-Nr. 15.503 N K. Onizawa, M. Schulze, F. Gärtner, T. Klassen, H. Schmidt
University, Hamburg
Kaltgasspritzen von Zink- und Zinklegierungsschichten für Druckenwendungen
veröffentlicht in Heft 2/2011
- IGF-Nr. 115.501 N K. Bobzin, T. Schläfer, T. Warda, M. Schäfer,
Institut für Oberflächentechnik, RWTH Aachen University, Aachen
Nachbearbeitungsarme Fe-Basis-Feinstpulverschichten zum kostengünstigen Korrosions- und Verschleißschutz
veröffentlicht in Heft 2/2011
- IGF-Nr. 15.505 N W. Tillmann, B. Rüter,
Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, TU Dortmund
Feinstrukturierte Werkstoffe auf Fe-Basis und korrespondierende Verarbeitungsverfahren für den Verschleiß- und Korrosionsschutz
veröffentlicht in Heft 2/2011
- IGF-Nr. 15.502 N S. Zimmermann, J.-L. Marqués, S. Lange, S. Kirner, G. Forster, K. Landes, J. Schein,
LPT, Universität der Bundeswehr, München
Entwurf, Aufbau und Anwendung mobiler Prozessdiagnostiken im TS-Cluster für den Thermischen Beschichtungsprozess
veröffentlicht in Heft 2/2011
- IGF-Nr. 15.504 B B. Wielage, T. Grund,
Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik der TU Chemnitz
Leistungsfähigkeit der zerstörungsfreien Lock-In-Thermografie thermisch gespritzter Schichten
veröffentlicht in Heft 2/2011

„WELDING AND CUTTING“ 2011

- IGF-Nr. 15.534 N T. Bschorr, H. Cramer, F. Zech
Optimisation of the projection geometry for the resistance welding on newly
developed advanced high-strength to ultrahigh-strength steel materials
veröffentlicht: 2/2011
- IGF-Nr. 15.595 N O. Hahn, C. Girolstein
Properties of inductively cured adhesive-bonded joints under cyclic loads
veröffentlicht: 3/2011
- IGF-Nr. 15.296 N U. Reisgen, L. Stein, C. Geffers, K. Dilger, T. Nitschke-Pagel, H. Babory
Development of a cost-effective seam tracking system for the automated GMY welding of aluminium alloys
veröffentlicht: 4/2011
- IGF-Nr. 15.724 N H. Cramer, A. Petropoulos, A. Lechner
Improving the accuracy of welding distortion simulation by taking account of the deep drawing process
veröffentlicht: 6/2011
- IGF-Nr. 15.275 M. Zaeh, A. Schober
Simulation-assisted, component-related analysis of industrially relevant clamping situations during welding
veröffentlicht: 6/2011

Das Team der Forschungsvereinigung



Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck

Geschäftsführung

Tel.: 0211 / 1591-173
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: jens.jerzembeck@dvs-hg.de

Fachausschüsse 2, 13, Q6



Dipl.-Ing. Andrea Pierschke

Stellvertretende Leiterin

Tel.: 0211 / 1591-113
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: andrea.pierschke@dvs-hg.de

Projektadministration



Dipl.-Ing. Christoph Eßer-Ayertey

Tel.: 0211 / 1591-178
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: christoph.esser@dvs-hg.de

Fachausschuss 6



Dipl.-Ing. Axel Janssen

Tel.: 0211 / 1591-117
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: axel.janssen@dvs-hg.de

Fachausschüsse 4, 5, 11



Marcus Kubanek

Tel.: 0211 / 1591-120
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: marcus.kubanek@dvs-hg.de

Fachausschüsse 1, 9, GA-K, GA I2



Dipl.-Ing. Wolfgang Queren

Tel.: 0211 / 1591-116
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: wolfgang.queren@dvs-hg.de

Fachausschuss 3



Dipl.-Ing. Michael Weinreich

Tel.: 0211 / 1591-279
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: michael.weinreich@dvs-hg.de

Fachausschüsse 7, 10



Dipl.-Ing. Holger Zuther

Tel.: 0211 / 1591-115
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: holger.zuther@dvs-hg.de

Fachausschuss V4



Jutta Altenburger

Tel.: 0211 / 1591-181
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: jutta.altenburger@dvs-hg.de

Sekretariat



Diana Otten

Tel.: 0211 / 1591-180
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: diana.otten@dvs-hg.de

Projektassistenz



Christian Habel

Tel.: 0211 / 1591-118
Fax: 0211 / 1591-200
E-Mail: christian.habel@dvs-hg.de

System-Administration

Herausgeber

Forschungsvereinigung Schweißen
und verwandte Verfahren e.V. des DVS

Aachener Straße 172
40223 Düsseldorf
www.dvs-forschung.de

Redaktion

Christian Habel
Jens Jerzembeck
Marcus Kubanek
Andrea Pierschke

Titelfoto

„Elektrische Zündung einer reaktiven Nanometermultischicht“

mit freundlicher Genehmigung

Prof. Dr.-Ing. habil. Eckhard Beyer
Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden

Gestaltung

josefkproduktbuero.de

Druck

das druckhaus beineke dickmanns gmbh
Korschenbroich

www.dvs-forschung.de

DVS
FORSCHUNGSVEREINIGUNG