

SCHWEISSEN und SCHNEIDEN

DVS
1-2
2020

Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren

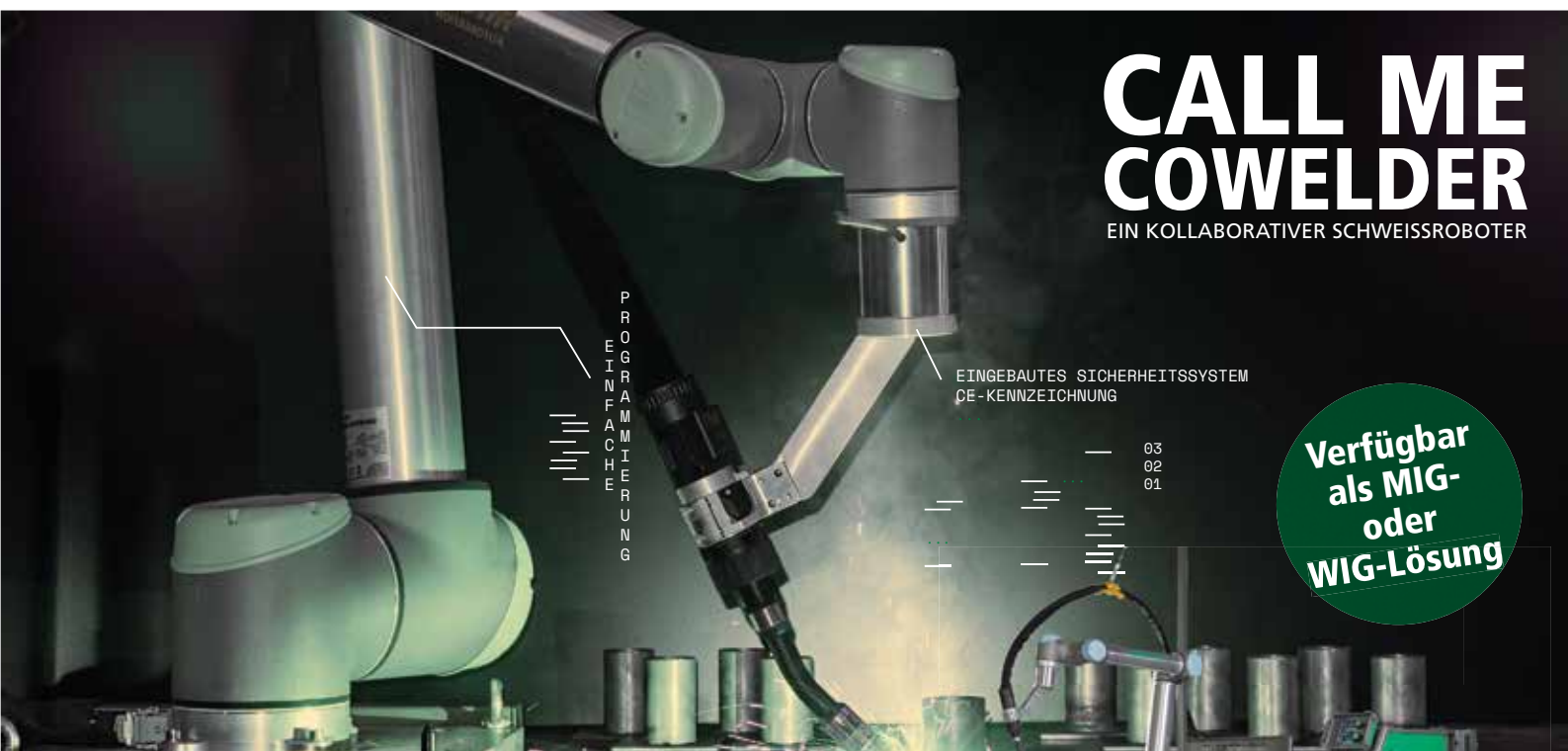
www.schweissenundschneiden.de

72. JAHRGANG

MIGATRONIC
WELDING VALUE

IHR NEUER SCHWEISSASSISTENT

Ein kostengünstiger Schritt in die Schweißautomatisierung



**CALL ME
COWELDER**
EIN KOLLABORATIVER SCHWEISSROBOTER

PROGRAMMIERUNG
EINFACH

EINGEBAUTES SICHERHEITSSYSTEM
CE - KENNZEICHNUNG

03
02
01

Verfügbar
als MIG-
oder
WIG-Lösung

Roboterschweißen einfach wie noch nie: Der CoWelder wird als komplettes System bedienbereit geliefert. Dank einfachster Programmierung produzieren Sie schon nach einem Tag die ersten Teile. Kurze Rüstzeiten sorgen für höchste Flexibilität.

Wir zeigen Ihnen einen einfachen und kostengünstigen Schritt in die Schweißautomatisierung.

Rufen Sie uns unter +49 641-982840 an und vereinbaren Sie einen kostenlosen Vorführtermin.

www.migatronik.de



■ Widerstandsbuckel-
schweißen von Alumi-
nium mit Kupfer

■ Additiv gefertigte
Bauteile kleben – Teil 2:
Klebfestigkeit steigern

■ Alterungsbewertung
hochtemperaturbelas-
teter Klebungen

■ Kleben von Nitinol-
Mischverbindungen in
der Medizintechnik



Tipp des Monats

Schweißschäden

Ursachen - Bewertung - Vermeidung

Schäden im Metallbau: Band 4 (100 neue Fälle).

Ein eigenes Kapitel über zulässige Unregelmäßigkeiten an Schweißverbindungen zeigt Ihnen die Grenzen zwischen Schaden und fachgerechter Ausführung. Sie bekommen wichtige Hinweise für die normgerechte Prüfung von Schweißnähten (nach DIN EN 1090). Checklisten helfen Ihnen bei der systematischen Dokumentation und Prüfung von Schweißarbeiten. Und auch für den Metallbauer, der als Sachverständiger tätig ist, bieten Schadensbeispiele eine gute Anleitung für die Analyse und Bewertung von Schäden und für die rechtssichere Formulierung des Gutachtens.

Best.-Nr.: 500256
2019. Gebunden.
280 Seiten mit 250 Abbildungen und diversen Tabellen.

Preis: 89,00 EUR

Schweißen im Metallbau

Planen - Ausführen - Nachbehandeln - Toleranzen

Sie wollen fehlerfrei Schweißen, zuverlässige Produkte erstellen und effizient planen. Sie wissen, dass Fehler beim Schweißen teuer werden können und sogar Menschenleben gefährden können. „Schweißen im Metallbau“ fasst erstmals die Grundlagen und das anwendungsbezogene Wissen zum Schweißen von Stahl und Edelstahl zusammen. Der Aufbau des Buchs orientiert sich am praktischen Ablauf des Schweißprozesses.

Best.-Nr.: SW10085
2015. Gebunden.
349 Seiten mit 205 Abbildungen.

Preis: 79,00 EUR





72. Jahrgang 2020

Technisch-wissenschaftliche Fachzeitschrift des DVS, Düsseldorf

Aktuell

- 4 Zukunftsfähige Wirtschaftsmodelle: Nachhaltigkeit beschleunigt dauerhaften Geschäftserfolg
- 5 Auf fortlaufende Nummerierung der Ausgangsrechnungen achten
- 5 Digitalisierung in Deutschland: Rahmenbedingungen top, Umsetzung ausbaufähig
- 6 Vom Ritt auf Kanonenkugeln: Karriere-Fallstricke für Frauen
- 8 Für Sie notiert

Aus Unternehmen

- 10 Mit dem selbst geschweißten Amphibienfahrzeug auf Tour durch Alaska
- 11 Mittelgroße Serien flexibel produzieren
- 13 100 Jahre Metallbearbeitung mit flexibler Schneidtechnologie
- 15 Kurzmeldungen
- 17 Produkte

Fachbeiträge

- 22 Widerstandsbuckelschweißen von Aluminium mit Kupfer für elektrische Bauteile
U. Reisgen, A. Schiebahn, G. Gintrowski, M. Essers
- 30 Additiv gefertigte Bauteile erfolgreich kleben – Teil 2: Konstruktive Maßnahmen zur Steigerung der Klebfestigkeit
H. Watschke, E. Türck, T. Vietor, V. Fischer, E. Stammen, K. Dilger
- 36 Quantitative Alterungsbewertung von hochtemperaturbelasteten Klebungen
O. Hölck, J. Kolbe
- 40 Kleben von Nitinol-Mischverbindungen in der Medizintechnik
S. Mechtold, D. Martin, M. Veltrup, U. Specht, J. Hummel, S. Böhm

Berichte

- 46 Über die Anfänge des Plasmaschneidens
- 54 IIW-Kommission X „Strukturverhalten von Schweißverbindungen – Versagensvermeidung“
- 55 IIW-Kommission XVI „Fügen von Kunststoffen und Klebtechnologie“
- 56 IIW-Kommission XIII „Schwingfestigkeitsverhalten von geschweißten Komponenten und Strukturen“
- 58 DVS CONGRESS 2019 – Teil 2: Bericht über die Vortragsveranstaltungen des DVS im September 2019 in Rostock

Aus dem Verband

- 66 Forum für neue Entwicklungen auf dem Gebiet der additiven Fertigung
- 67 Personalwechsel im Präsidium und in der Hauptgeschäftsführung des DVS
- 67 Anerkennung für DVS-PersZert auf nationaler und internationaler Ebene
- 68 Neue DVS-Bildungseinrichtung
- 70 Wir gratulieren

Veröffentlichungen

- 72 Bücher
- 72 Zeitschriften
- 73 Normen
- 76 Impressum
- 77 Firmenverzeichnis zum Anzeigenteil

Zukunftsfähige Wirtschaftsmodelle: Nachhaltigkeit beschleunigt dauerhaften Geschäftserfolg

Klimawandel, ungleiche Arbeitsbedingungen, Korruption: Unternehmen müssen ihre Geschäftsmodelle neu ausrichten, um die globalen Herausforderungen zu meistern. Gleichwohl erkennen Führungskräfte immer mehr, dass Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit untrennbar miteinander verbunden sind. Die Studie „Transforming Business for a Sustainable Economy“ der internationalen Managementberatung Bain & Company bringt zutage, dass für 81% der befragten Unternehmen Nachhaltigkeit heute wichtiger ist als noch vor fünf Jahren. Bei 85% besteht die Meinung, dass das Thema in den kommenden fünf Jahren noch bedeutsamer wird, und sogar 99% sind sich bewusst, dass die notwendigen Veränderungen schnell oder schneller als bisher umgesetzt werden müssen. An der Studie nahmen 297 weltweit tätige Firmen teil.

„Viele Unternehmen haben bestimmte Nachhaltigkeitsziele bereits als ‚Best Practices‘ in ihr Geschäftsmodell integriert“, stellt Bain-Partner und Industrieexperte Michael Staebe fest. „Einige Pioniere sind aber schon den nächsten Schritt gegangen. Sie haben mit den sogenannten ‚Next Practices‘ neue Zielstrategien entwickelt, die ihnen ein umfassend nachhaltiges Geschäftsmodell ermöglichen.“ Diese neue Art des Wirtschaftens kann für jede Industriesparte anders aussehen. Für die Automobilbranche bedeutet das etwa den Einsatz autonomer, mit sauberer Energie betriebener Fahrzeuge und gemeinsam genutzte Mobilität. In der Finanzwirtschaft wiederum geht es beispielsweise um die Verzahnung von Investitionsentscheidungen und Umwelt- sowie Sozialzielen.

Veränderungsprozess ist Chefsache

„Eine überzeugende Geschäftsphilosophie, mutige Ziele und Selbstbewusstsein beschleunigen die Transformation“, erklärt Bain-Partner und Transformationsexperte Lars Dingemann. „Außerdem ist es nötig, den Veränderungsprozess auf Vorstandsebene anzusiedeln und einflussreiche Meinungsbildner einzubinden, um die

verantwortlichen Innovationsmanager tatkräftig zu unterstützen.“

Im Rahmen der Studie hat Bain sechs strategische Ansätze identifiziert, die helfen, sowohl Nachhaltigkeits- als auch Geschäftsziele zu erreichen. Dabei ist es unerheblich, wie erfahren oder unerfahren ein Unternehmen in puncto Nachhaltigkeit ist.

■ **Mutige Vision kontrolliert umsetzen:** Nachhaltigkeitspioniere entwerfen zunächst ihr Geschäftsmodell der Zukunft und entwickeln dann Strategien, um es in die Tat umzusetzen („Future Back Thinking“). Bei den befragten Unternehmen wird sich die Zahl derer, die eine umfassende Nachhaltigkeitstransformation anstreben, in den nächsten fünf Jahren fast verdreifachen, von heute 9 auf dann 26%.

■ **Kundenloyalität neu denken:** Künftig wird die langfristige Kundenbindung zum wichtigsten Treiber für den Erfolg nachhaltiger Unternehmen werden – noch vor Reputation und Kosteneinsparungen. Vorreiter überzeugen ihre Kunden mit einem ganzheitlichen Ansatz: Nachhaltige Produkte werden zu einem Teil des Leistungsversprechens, der Veränderungsprozess wird beschleunigt durch innovative Produkteigenschaften und Preisvorteile.

■ **Partner umfassend einbinden:** Viele Firmen nutzen neue Kooperationsformen, um ihr unternehmerisches Ökosystem grundlegend zu verändern. 64% der Studienteilnehmer halten diesen Wandel für sehr wichtig. Die Befragten erwarten, dass sie in den kommenden fünf Jahren die Zusammenarbeit unter anderem mit Regulierungsbehörden, Gesetzgeber und Wettbewerbern verstärken werden.

■ **Neue Technologien verantwortungsbewusst nutzen:** Der Einsatz innovativer Technologien ist so zu gestalten, dass sich schnell nachhaltige Erfolge einstellen, und das ohne unerwünschte Nebeneffekte für Gesundheit und Umwelt. Vorreiter sind in dieser Hinsicht etwa Apple mit der Anwendung

von Recycling-Robotern oder Google mit der Nutzung von künstlicher Intelligenz, durch die beim Kühlprozess in Rechenzentren bis zu 40% der benötigten Energie eingespart wird.

■ **Art der Wertschaffung neu definieren:** Pioniere gehen im Rahmen ihrer Geschäftsstrategie über reine Finanzkennzahlen hinaus. Erste Großunternehmen beziehen ökologische und soziale Aspekte in ihre Investitionsentscheidungen ein. „All diese Firmen sind von ihrer Strategie überzeugt“, so Bain-Partner Staebe. „Für sie ist es mehr als nur ein Kompromiss zwischen Profitabilität und Nachhaltigkeit.“

■ **Kerngeschäft nach Bedarf anpassen:** 90% der befragten Unternehmen haben erkannt, dass sie ihr Kerngeschäftsmodell verändern müssen, um nachhaltiger zu werden. 38% halten sogar eine radikale Umgestaltung für unerlässlich. Der Strategiewandel hin zu mehr Nachhaltigkeit kann Produkte, Kundenbeziehung, aber auch das Kerngeschäft umfassen.

Fehler vermeiden, langfristig Erfolg haben

Unternehmen, die grundlegend umstrukturieren wollen, stehen vor der Herausforderung, ihr aktuelles Geschäftsmodell aufrechtzuerhalten und gleichzeitig den Umbau hin zur Nachhaltigkeit voranzutreiben. Das Risiko eines Fehlschlags ist groß. Laut Bain-Studie ist bei lediglich 4% der Studienteilnehmer die Transformation in vollem Umfang erfolgreich gewesen. 47% geben an, bisher gescheitert zu sein.

„Diese Misserfolgsrate zeigt, wie schwer es ist, ein wirklich nachhaltiges Geschäftsmodell aufzubauen“, betont Bain-Partner Dingemann. „Doch sie ist auch ein Beleg dafür, wie ernst die Unternehmen die Transformation nehmen und wie kritisch sie ihre Arbeit bewerten.“ Und er fügt hinzu: „Wer den Strategiewechsel jetzt startet, kann sich durch seine Vorreiterrolle einen enormen Wettbewerbsvorteil verschaffen.“ (Nach Pressemittd. Bain; www.bain.com)

Auf fortlaufende Nummerierung der Ausgangsrechnungen achten

Als Unternehmer weiß man, dass sich Betriebsprüfungen durch die Finanzverwaltung im Regelfall nicht vermeiden lassen. Jeden Unternehmer trifft es früher oder später. Steuerberater Roland Franz, Geschäftsführender Gesellschafter der Steuerberatungs- und Rechtsanwaltskanzlei Roland Franz & Partner in Düsseldorf, Essen und Velbert, weist darauf hin, dass die fortlaufende Nummerierung der Ausgangsrechnungen ein Problem ist, das einheitlich bei allen Betriebsprüfungen auftaucht.

„Allen sollte bekannt sein, dass es gesetzlich vorgeschrieben ist, bei den Ausgangsrechnungen bestimmte Formalien zu beachten“, so Franz. „Eine dieser Formalien ist die fortlaufende Rechnungsnummer. Die Software der Betriebsprüfer gibt es her, dass bei Einspielung der

digitalen Buchhaltungsdaten – hierzu ist man gesetzlich verpflichtet – innerhalb von Minuten festgestellt werden kann, welche Rechnungsnummern fehlen und welche Rechnungsnummern doppelt vergeben wurden. Wenn es die Auswertung ergibt, dass hier entsprechende Differenzen aufgetreten sind, unterstellt der Betriebsprüfer – was er am Anfang nicht direkt sagt –, dass Rechnungen geschrieben worden sind, die eventuell keinen Eingang in die Finanzbuchhaltung gefunden haben.

Bei derartigen Feststellungen ist man direkt im Bereich der leichtfertigen Steuerverkürzung bzw. der Steuerhinterziehung. Man bekommt von dem Betriebsprüfer dann eine Aufstellung über die entsprechenden Rechnungsnummern, die betroffen sind, und hat anschließend die mühselige Aufgabe, detailliert zu überprüfen, was

es mit den fehlenden bzw. doppelten Rechnungsnummern auf sich hat. Dies bedeutet viel Klärungsbedarf und viel Arbeit.

„Sollten sich die Differenzen nicht klären lassen, ist eine Zuschätzung zu erwarten, die sich in den Bereichen Umsatzsteuer, Gewerbesteuer und Einkommensteuer oder Körperschaftsteuer auswirkt. Man sollte auch an die Vollverzinsung denken, die die Finanzverwaltung nach wie vor mit 6% p.a. durchführt. Dies kann eventuell sehr teuer werden und auch dazu führen, dass ein Strafverfahren eingeleitet wird“, erklärt Steuerberater Roland Franz. Er rät daher dringend, unbedingt auf die fortlaufende Nummerierung der Ausgangsrechnungen zu achten. (Nach Pressemitt. Roland Franz & Partner; www.franz-partner.de)

Digitalisierung in Deutschland: Rahmenbedingungen top, Umsetzung ausbaufähig

Deutschland hat bei der Digitalisierung weltweit die zweitbesten Rahmenbedingungen – bei der Umsetzung allerdings teilweise noch Luft nach oben. Zu

diesem Schluss kommt die Studie „Enabling Digitalization Index 2019“ (EDI) des internationalen Kreditversicherers Euler Hermes. Demnach sind einzig in den USA

die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Digitalisierung noch besser als in der Bundesrepublik. In den „Top 10“ befinden sich mit Dänemark (3), den Niederlanden (4),

JOBPORTAL FÜGETECHNIK

Der Stellenmarkt für die Branche.
www.home-of-welding.com/jobportal

Wir beraten Sie gerne!

Britta Wingartz | Vanessa Wollstein
Tel. +49 211 15 91-155 /-152 | anzeigen@dvs-media.info

In Kooperation mit  StepStone

Großbritannien (5), der Schweiz (7) und Schweden (10) weitere europäische Staaten. Aber auch China (9) hat es erstmals unter die besten zehn geschafft (2018: Rang 17). Schlusslichter bei den 115 im EDI ausgewerteten Ländern sind Liberia, Burundi und Tschad.

„Digitalisierungs-Ampel“ steht auf Grün – aber manche fahren nicht los

„Die ‚Digitalisierungs-Ampel‘ in Deutschland steht definitiv auf Grün“, sagt Ron van het Hof, CEO von Euler Hermes in Deutschland, Österreich und der Schweiz. „Allerdings ist das Verhalten der Unternehmenslenker sehr unterschiedlich: Die einen sind sozusagen mit quietschenden Reifen losgefahren und hervorragend unterwegs im digitalen Zeitalter. Anderen wiederum stehen immer noch an der Ampel und finden das Gaspedal nicht. Rahmenbedingungen und Umsetzung sind definitiv zweierlei Schuhe.“

Deutschland punktet vor allem mit dem besten „Ökosystem“ für Wissen und Bildung sowie einer hervorragenden Infrastruktur beim Handel. Sowohl in der Kategorie Wissen als auch bei der Konnektivität hat die Bundesrepublik im Vergleich zum Vorjahr noch weiter zugelegt.

„Sechs der zehn Weltbesten sind westeuropäische Staaten. Dabei fällt auf, dass die skandinavischen Länder – insbesondere gemessen an der relativ geringen Größe der

Länder – besonders stark abschneiden“, sagt Ludovic Subran, Chefvolkswirt der Euler Hermes Gruppe und stellvertretender Chefvolkswirt der Allianz. „Sie kompensieren die fehlende Größe mit Top-Resultaten bei Wissen, Regulierung und Infrastruktur. Davon können sich viele Länder eine Scheibe abschneiden. Dänemark hat dabei den größten Sprung hingelegt und es von Rang zwölf direkt aufs Podium geschafft, mit nur noch knappem Abstand. Deutschland muss also Gas geben.“

Viel ungenutztes Potenzial und Risiko von „digitalen Zombies“

Um zu analysieren, wer bei der Umsetzung die Nase vorne und wer noch Nachholbedarf hat, hat Euler Hermes die Ergebnisse aus dem EDI mit sieben bestehenden Indikatoren für die tatsächliche Umsetzung der Digitalisierung verglichen. In zahlreichen Ländern haben die Experten erhebliche Diskrepanzen entdeckt.

„Das zeigt, dass die Digitalisierung bei vielen Unternehmen nicht immer offene Türen einrennt“, sagt Van het Hof. „Viele Unternehmen lassen noch Potenzial ungenutzt auf der Straße liegen – vor allem in Deutschland, aber auch in Österreich, der Schweiz, Frankreich, Spanien oder Südkorea. Wenn sie nicht ins Hintertreffen geraten wollen, sollten die Unternehmen deutlich Gas geben bei der Digitalisierung. Anderenfalls könnten vermehrt ‚digitale Zombies‘ entstehen. Insbesondere die

schwächsten Unternehmen sind gefährdet, die nicht genug in die Digitalisierung investieren. Das könnte das Insolvenzrisiko bei diesen Firmen nach oben treiben, denn die Konkurrenz aus den USA oder auch zunehmend aus China schläft definitiv nicht.“

Deutsche Unternehmen zeigten vor allem im Bereich „Cloud Computing“ und bei Spezialisten für Informations- und Kommunikationstechnologie Nachholbedarf.

China: Sprung nach vorne und zum ersten Mal unter den Top Ten

China hat seine Rahmenbedingungen im letzten Jahr erheblich verbessert und hat sich erstmals in die Top Ten des EDI auf Rang 9 katapultiert. Zwar sind die Bedingungen in Singapur oder auch Japan nach wie vor noch besser, allerdings ist der Abstand rapide geschmolzen.

„China hat das klare Ziel, digitaler Weltmeister zu werden. Dafür tut das Land viel“, sagt Subran. „Ein Knackpunkt für den Sprung nach vorne ist die deutliche Verbesserung beim Regulierungsindex in China. Ein Unternehmen zu gründen, ist inzwischen sehr viel leichter und geht vor allem schneller. Langwierige Prozesse wurden drastisch verschlankt: Mit durchschnittlich neun Tagen für eine Neugründung liegt China nun gleichauf mit den OECD-Ländern mit hohen Einkommen.“ (Nach Pressemitt. Euler Hermes; www.eulerhermes.com)

Vom Ritt auf Kanonenkugeln: Karriere-Fallstricke für Frauen

Es ist kein Geheimnis, dass Frauen es auf dem Arbeitsmarkt – und besonders bezüglich höherer Positionen – nach wie vor oft schwerer haben als ihre männlichen Mitbewerber. Gründe dafür gibt es viele. Einer davon erinnert an den berühmten Lügenbaron Münchhausen. Münchhausen, bekannt für seine Hochstapeleien, ist der Inbegriff davon, mehr zu versprechen, als man halten kann.

Genau dieses Gefühl, nur mit umgekehrten Vorzeichen, beschleicht viele Frauen in entscheidenden beruflichen Situationen. Mit Gedanken wie: „Bin ich wirklich so kompetent, wie ich denke?“

neigen sie eher zum Tiefstapeln denn zum Hochstapeln. Diese ungerechtfertigte Angst davor, als Hochstaplerin eingestuft zu werden, bremst die betroffenen Frauen in entscheidenden beruflichen Situationen aus, unter anderem auch im Bewerbungsgespräch.

Menetekel im Kopf

Aber sogar schon vorher beim Formulieren von Anschreiben und Lebenslauf geistert ihnen zuweilen der Lügenbaron Münchhausen wie ein Menetekel durch den Kopf. Mit dem Grundgefühl, nicht genug zu wissen oder nicht kompetent

genug zu sein, fällt es verständlicherweise schwer, die eigenen Stärken und Kompetenzen anzupreisen. Natürlich gibt es auch Männer, auf die das zutrifft. Frauen sind allerdings eher anfällig für dieses Phänomen. Denn Frauen fällt es in der Regel schwerer als den männlichen Mitbewerbern, mit den eigenen Fähigkeiten hausieren zu gehen.

Implizite Verhaltensmuster tief verankert

„Eigenlob stinkt!“ ist eine gesellschaftliche Botschaft, die in besonderem Maße von Frauen verinnerlicht wird. Das Rollenbild

beeinflusst nach wie vor die impliziten Verhaltensmuster, die wir im Laufe von Erziehung und Sozialisation in uns aufnehmen: Frauen stehen eher für Bescheidenheit, Männer eher für Erfolg und Stärke. Kulturelle Botschaften wie diese tragen dazu bei, dass es vielen Frauen schwer fällt, ihre eigenen Stärken zu sehen, diese anzuerkennen und als Trumpf auszuspielen, wenn es drauf ankommt. Obwohl diese Haltung teilweise tief verankert ist, ist es möglich, umzulernen.

Öfter dick auftragen hilft

Coaches und Berater können bei diesem Prozess unterstützen und Tricks und Techniken vermitteln, wie die eigenen Kompetenzen gesehen, anerkannt und hervorgehoben werden können. Nicht selten wächst die innere Überzeugung von der eigenen Leistungsfähigkeit mit zunehmender Erkenntnis und Transparenz der eigenen Stärken und Vorzüge. Und das Wissen um die Qualität der eigenen Arbeit, um die eigenen Ressourcen und „Soft Skills“ hilft zu überzeugen – nicht nur im Bewerbungsgespräch. Als erstes müssen Frauen sich ihrer Stärken bewusst werden und eine realistische Wahrnehmung des eigenen Kompetenzprofils erlangen. Ist die Wahrnehmung der eigenen Person dann nicht länger negativ verzerrt, ist eine fundamentale Basis geschaffen.

Frauen sollten sich weniger vor dem Lügenbaron fürchten, sondern am Ende vielmehr von ihm lernen. Der durch seinen angeblichen Ritt auf einer Kanonenkugel bekannte Käpt'n Blaubär der Sagenwelt ist ein echter Tausendsassa. Mit einer großen Portion Schneid ausgestattet, konnte er sich immerhin am eigenen Schopf aus dem Sumpf ziehen.

Ein Hauch mehr Selbstbewusstsein als Stütze

Ein erster Schritt kann es sein, sich selbst und seinen eigenen Gedanken zuzuhören und ein Bewusstsein dafür zu entwickeln, wann sich das Hochstapler-Gefühl einstellt. Im zweiten Schritt gilt es dann, Wege zu finden, die eigenen Fähigkeiten realistischer einzuschätzen. Solange das noch nicht möglich ist, kann ein Hauch Münchhausen als Krücke dienen: Einfach mal so tun, als ob, und ab jetzt jeden Tag mindestens einmal mutiger handeln, als man es sich eigentlich zutrauen würde. Das kann

Energien freisetzen. Die so gewonnenen Erfolgserlebnisse können zukünftig dabei helfen, das Gefühl zu widerlegen, nur eine unzureichend befähigte Hochstaplerin zu sein. Langfristig führt diese Einstellung zu mehr Selbstvertrauen, den eigenen

Leistungen angemesseneren Positionen und einer größeren beruflichen Zufriedenheit.

Anke Hopp, Selecteam Deutschland GmbH, Hamburg
www.selecteam.de

Anzeige

Mit den Linien Terra & Uranos setzen wir neue Maßstäbe in allen Standard- und Sonderschweißprozessen. Die branchenweit einzigartige aufeinander abgestimmte Kombination von Schweißzusatz und Stromquelle, basierend auf unserem anwendungstechnischen Know How, ermöglicht Präzision in neuer Dimension. Damit erzielen Sie BEST in CLASS-Schweißverbindungen, auf die Sie stolz sein werden. Dafür stehen wir – mit 5 Jahren Garantie auf alle Terra & Uranos Schweißgeräte.



Scannen für
Zusatzin-
formationen

voestalpine Böhler Welding Germany GmbH
www.voestalpine.com/welding

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

Für Sie notiert

■ Der bauforumstahl e.V. (BFS), Düsseldorf, Spitzenverband für das Bauen mit Stahl in Deutschland, sucht für das Jahr 2020 die besten Bauwerke und Studienarbeiten. Mit dem **Ingenieurpreis, dem Förderpreis und dem Preis des Deutschen Stahlbaues 2020** werden Tragwerksplaner, Studierende und Architekten angesprochen. „Wir gehen nun den nächsten Schritt zur volldigitalen Einreichung: Für unsere Teilnehmer steht ab sofort ein benutzerfreundliches Portal bereit, um an den Wettbewerben teilzunehmen“, so Dr. Rolf Heddrich, Sprecher der Geschäftsführung von BFS. „Neu ist auch, dass wir nun den Ingenieurpreis mit den anderen Preisen zusammengelegt haben, um allen Gewinnern den glanzvollen Rahmen des ‚Tag der Stahl.Architektur‘ für die Preisverleihung zu bieten“. Die Teilnehmer erfahren jetzt erst auf der Preisverleihung, welche Projekte gewonnen haben. Bis zu 12 Projekte nominiert die Jury pro Wettbewerb. Die Architekten- und die Ingenieurkammer Bremen sind ideeller Partner der Preise. Die Auslobungen laufen noch bis Februar bzw. März 2020. Alle Informationen und die Anmeldung befinden sich im Internet unter bauforumstahl.de/wettbewerbe.

■ Eine Umfrage des Service-Verbands KVD hat herausgefunden: IT-Kenntnisse, Kundenorientierung und Kommunikationsfähigkeit werden die **wichtigsten Anforderungen an Service-Mitarbeiter** in der Zukunft sein. Hauptsächlich beschäftigt mit Reparatur (73,5%), Fehlerdiagnose (55,9%), Kundenberatung (41,2%) und Wartung (45,6%), verbringt der Service-Mitarbeiter im technischen Kundendienst als Einzelkämpfer viel Zeit auf der Straße. Die

deutlich gestiegenen Fahrtzeiten werden von den Befragungsteilnehmern am dritthäufigsten als Belastung genannt (36,8%). Top 1 und 2 der Liste der Belastungen sind gestiegene Komplexität der Aufgaben (52,9%) und höhere Kundenerwartungen (60,3%). Auch in Zukunft werden Kommunikationsfähigkeit (57,3%) und Kundenorientierung (55,9%) des Service-Mitarbeiters weiterhin gefragt sein, ebenso seine Flexibilität (47,1%). IT-Kenntnisse werden deutlich an Bedeutung gewinnen (61,8%). Künftig wird es darauf ankommen, intelligente und praxisnahe Ideen zu entwickeln, wie zum Beispiel mit Hilfe der Digitalisierung etwas Last genommen werden kann. Zudem kann es – mit Blick auf eine lebensphasenorientierte Gestaltung von Laufbahnen – auch um die Gestaltung von flexiblen Jobwechseln zwischen dem Service und anderen Funktionsbereichen gehen.

■ Messetermine und Kontaktdaten für die Auslandsmessebeteiligungen des Bundes und der Länder enthält die **Broschüre „Auslandsmesseprogramme der Bundesrepublik Deutschland und der Bundesländer 2020“**, die der AUMA – Verband der deutschen Messewirtschaft, Berlin, jetzt herausgegeben hat. Der AUMA ist Mitveranstalter der Gemeinschaftsbeteiligungen des Bundes, auf denen sich deutsche Unternehmen zu günstigen Konditionen präsentieren können. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) hat in Abstimmung mit der exportorientierten Wirtschaft und dem AUMA 299 Beteiligungen festgelegt, von denen 134 in Süd-, Ost- und Zentralasien stattfinden, darunter 61 in China einschließlich Hongkong. 43 Beteiligungen sind in den europäischen Ländern außerhalb der EU geplant, davon 34 in Russland; innerhalb der EU sind fünf Beteiligungen geplant. Es folgen

Nordamerika (33), der Nahe und Mittlere Osten (32), Afrika (30), Lateinamerika (19) und Australien/Ozeanien (3). Für die Realisierung der Beteiligungen des Bundeswirtschaftsministeriums im Jahr 2020 hat der Haushaltsausschuss des Bundestages einen Etat von 44 Mio. Euro empfohlen. Darüber hinaus werden im Zuge der Initiative „Pro! Afrika“ weitere 1,5 Mio. Euro für die Ausstellerförderung bereitgestellt. Die Broschüre kann kostenlos beim AUMA bestellt oder als PDF-Datei heruntergeladen werden: <https://www.auma.de/de/medien/publikationen#pubId=86>.

■ Die zunehmenden Handelskonflikte in der Welt verursachen höheren finanziellen und bürokratischen Aufwand. Damit wird auch das globale Geschäft für deutsche Unternehmen schwieriger. Das zeigt der vom Deutschen Industrie- und Handelskammertag (DIHK) veröffentlichte **Außenwirtschaftsreport 2019** auf der Basis von Erfahrungsberichten von Außenwirtschaftsexperten in den 79 Industrie- und Handelskammern. Demzufolge steigt bei den Unternehmen die Nachfrage nach wirksamen Hilfsmitteln gegen immer höhere Zollhürden. So ist die Zahl der von den IHKs ausgestellten Ursprungszeugnisse im vergangenen Jahr auf das Rekordhoch von 1,43 Mio. gestiegen. Diese Dokumente ermöglichen den Unternehmen gegenüber den Zollbehörden im In- und Ausland einen glaubhaften Nachweis, wo etwa die wesentliche Wertschöpfung ihrer Produkte erfolgt ist. Weitere Analysen des Reports betreffen den erhöhten Beratungsaufwand zum EU-Japan-Handelsabkommen, zum Brexit, den Zollstreit zwischen den USA und China und zu Geschäftsbeziehungen zur Türkei. Weitere Informationen unter www.dihk.de. (AUMA Compact 15/2019)

Schalten Sie Ihre Stellenangebote oder -gesuche gezielt und wirkungsvoll in unseren Fachzeitschriften.

Unsere Anzeigenabteilung erreichen Sie direkt unter folgenden Nummern:

☎ +49 211 1591-155/-152 📠 +49 211 1591-150

✉ britta.wingartz@dvs-media.info ✉ vanessa.wollstein@dvs-media.info

www.dvs-media.eu



Schweißen verbindet You'll Never Work Alone

Schweißen verbindet! Aber nicht nur Stahl. Auch Menschen. Beruflich und privat. Über Ländergrenzen hinweg. Interkontinental.

Dieses schweißtechnische Phänomen entdeckt und erlebt der Autor, gelernter Kupferschmied und Schweißfachmann, immer wieder während seiner beruflichen Weltreisen.

„Querweltein“ stellt er immer wieder fest, dass beim Schweißen stabile Verbindungen entstehen, die weit über das bloße Fügen von Werkstoffen hinausgehen: Das Schweißen und die Schweißtechnik verbinden überall Menschen miteinander.

Fachlich fundiert, aber in einem von Comics und Filmen inspirierten Stil, wird von außergewöhnlichen Ereignissen während seiner Reisen in schweißtechnischer Mission erzählt. Zwischen dem beim Schweißen so entscheidenden „w“ und interessanten Fakten rund um Stahl, Edelstahl oder auch den Laser, bleibt dabei Platz für Jedi-Ritter, Klärschlammmtrockner und den Erzengel Raphael, ein Krill-Fangschiff im antarktischen Sturm, eine magische Industrie und erfüllte Kinderträume.

Über diese teils merkwürdig anmutenden Verbindungen klärt Sie diese unterhaltsame, vergnügliche Fach-, Sach- und Lachlektüre auf. Sie gewährt Branchenfremden faszinierende Einblicke in die Welt der Schweißtechnik und liefert selbst Branchenkennern so manche neue Erkenntnis.

Schweißen verbindet

Autor: Thiemoths, St.

2., aktualisierte und erweiterte Auflage 2020

320 Seiten

Artikel-Nr.: 600089

ISBN: 978-3-96144-078-8

Preis: 15,00 Euro



Mit dem selbst geschweißten Amphibienfahrzeug auf Tour durch Alaska

Abenteuer – was bedeutet das eigentlich? Ein Abenteuer ist es, wenn zwei Brüder den Plan schmieden, mit einem selbst konstruierten, pedalbetriebenen Amphibienfahrzeug namens „Urmel“ quer durch Alaska zu fahren. Ein Abenteuer ist es aber auch, wenn diese Brüder das Fahrzeug als fast völlige Laien komplett selbst zusammenschweißen. Damit das gelingen kann, hat die EWM AG, Mündersbach, ihnen ein Lichtbogen-Schweißgerät samt Zubehör zur Verfügung gestellt und sie bei ihrem Vorhaben begleitet und unterstützt.

Außergewöhnliche Reiseabenteuer

Wenn die Brüder Paul und Hansen Hoepner aufbrechen, um die Welt zu sehen, dann ist das keine gewöhnliche Reise. Im Jahr 2012 sind die beiden mit dem Fahrrad von Berlin nach Schanghai gefahren: 13.600 km und acht Länder in sieben Monaten. Sie durchquerten die Taklamakan-Wüste und radelten im Himalaya in bis zu 5.250 m Höhe. Auf ihrer zweiten Reise 2015 versuchten sie, die Welt in 80 Tagen ohne Geld zu umrunden. Mit der Unterstützung von mehr als 1.000 Menschen weltweit haben es die zwei in 104 Tagen durch 18 Länder geschafft. Und nun

also das dritte Abenteuer: 4.000 km durch Alaska mit einem selbst gebauten, pedalbetriebenen Amphibienfahrzeug namens „Urmel“. Das Fahrzeug ist so konstruiert, dass die Brüder abseits von Straßen oder Wegen und durch sehr unwegsames Gelände fahren können.

Ein Abenteuer dieser Dimension benötigt Unterstützer und Sponsoren. Bei den ersten Konstruktionsplänen für das Fahrzeug wurde schnell klar, dass ein professionelles und leistungsstarkes Schweißgerät notwendig sein würde. Die Suche führte die Hoepners zur EWM AG, die mit sehr guter Onlinedokumentation und hoher Präsenz in den sozialen Medien überzeugte. Von EWM kam zusätzlich das Angebot einer Schulung und die Zusage, jederzeit mit Rat und Tat zur Seite zu stehen. EWM stellte den Zwillingen das WIG-Schweißgerät „Tetrix 351 AC/DC Comfort 2.0 puls“ zur Verfügung. Damit können die beiden bis zu einer Stromstärke von 350 A schweißen und sind somit in der Lage, auch dicke Aluminiumbauteile zu verbinden.

Schweißen lernen in nur zwei Tagen – geht das?

Vor dem Start des Projekts hatten die Brüder nur wenig Erfahrung beim

Schweißen von Stahl gesammelt. „Aluminiumschweißen, wie wir es jetzt am Fahrzeug umsetzen, ist aber eine ganz andere Hausnummer. Das ist nicht vergleichbar“, sagt Paul Hoepner. Daher sei es unbedingt notwendig gewesen, eine Schulung auf diesem Anwendungsgebiet zu erhalten, um die vielen Einstellungsmöglichkeiten des „Tetrix“-Geräts entsprechend nutzen zu können. Die EWM-Außendienstmitarbeiter Adeline Lützenkirchen (EWM Wittstock) und Rene Conradi (EWM Göttingen) reisten deshalb nach Berlin, um den Brüdern an zwei Tagen die vielen Funktionen des Schweißgeräts zu erklären und ihnen zu zeigen, worauf es beim Aluminiumschweißen grundsätzlich ankommt.

Natürlich lernt niemand das Schweißen vollständig innerhalb von nur zwei Tagen – schließlich ist Schweißer ein eigener Ausbildungsberuf. Die Absprache der Hoepners mit EWM sah daher so aus, dass ihnen schwerpunktmäßig jene Dinge beigebracht werden, die sie beim Bau von „Urmel“ unbedingt beherrschen müssen. „Das hat perfekt funktioniert. Wir schweißen seitdem alles selbst. EWM hat aber jederzeit ein offenes Ohr für uns“, sagt Paul Hoepner.

Durch Ausprobieren entsteht das „Urmel-Museum“

Die Tage nach der Schulung experimentierten die Brüder viel mit dem Gerät herum. Bevor sie die eigentliche Schweißnaht am Fahrzeug schweißten, wurde mit ähnlichen Bauteilen getestet, ob die geplante Verbindung in der Praxis umsetzbar ist. Dementsprechend viel Aluminiumschrott hat sich in der Werkstatt der Hoepners mittlerweile angesammelt. Sie nennen es liebevoll das „Urmel-Museum“. Nach den zwei Schulungstagen hatten die Zwillinge das Gefühl, dass sie sich ans Schweißen heranwagen können.

„Wenn man den Kern der Sache verstanden hat und beispielsweise eine gute von einer schlechten Schweißnaht zu unterscheiden weiß, dann traut man sich auch zu, so ein Gefährt zu bauen“, sagt Paul Hoepner. Dabei kam den beiden auch zugute, dass die Basisfunktionen des EWM-Geräts intuitiv bedienbar und auf dem grafischen Display logisch dargestellt



Als Laien haben die Brüder Paul und Hansen Hoepner ihr Fahrzeug „Urmel“ komplett selbst zusammenschweißt. (Bild: David Dollmann)



Die geplante Reiseroute führt 4.000 km durch Alaska – abseits von Straßen oder Wegen und durch sehr unwegsames Gelände.



Der Vorstand der EWM AG unterstützt die Zwillinge bei ihrem Vorhaben.

sind. Die Hauptbedienelemente sind über Knöpfe direkt steuerbar, ohne dass sich die beiden in den Tiefen verschiedener Menüs verlieren.

Puls-Funktionen erleichtern Anfängern das Schweißen

Neben den Einstellungsmöglichkeiten war für die beiden Abenteurer vor allem das Thema Leistung wichtig. Denn es waren zum einen Teile aus dickem Aluminium miteinander zu verschweißen, zum anderen aber auch dickes mit sehr dünnem Aluminium. „Wenn wir dicke und dünne Aluminiumteile miteinander verbinden wollen, kann es vorkommen, dass das dünne Teil wegbrennt, bevor das dicke zu schmelzen beginnt“, erklärt Hoepner.

Damit solche Konstruktionen gelingen, verfügt das Schweißgerät über

verschiedene Funktionen wie das Puls-schweißen. Hiermit ist es den Brüdern möglich, sehr komplizierte Schweißnähte umzusetzen. „Eine weitere Anforderung war, dass wir ein Gerät brauchten, mit dem wir auch als Anfänger schweißen können. Durch die Puls-Funktionen haben wir mehr Kontrolle, weil der Schweißvorgang nicht so heiß abläuft und somit weniger die Gefahr besteht, dass das Material verbrennt“, erklärt Paul Hoepner.

Neue Konstruktionsmöglichkeiten ergeben sich

Das professionelle Schweißgerät ermöglichte es den Brüdern hin und wieder sogar, den eigentlichen Plan noch einmal neu zu überdenken. Es ergaben sich viele Konstruktionsmöglichkeiten, die überhaupt erst durch das Schweißgerät möglich wurden.

„Wir haben jetzt zum Beispiel viele Bauteile verschweißt, statt sie wie ursprünglich geplant zu vernieten. Das Gefährt wird dadurch leichter und stabiler als gedacht“, berichtet Hoepner.

Grundsätzlich konstruieren die Zwillinge nach dem Prinzip „Doppelt hält besser“. Wenn dann mal ein kleiner Einschluss oder eine Pore in der Naht vorhanden ist, sollte sich das nicht negativ auf die Stabilität des Fahrzeugs auswirken. Mit allen verschweißten Teilen führen sie Tests durch, um zu prüfen, ob die Verbindungen extremen Belastungen standhalten. Sie sind zuversichtlich, dass „Urmel“ ihnen in Alaska nicht auseinanderbrechen wird. (Nach Pressemitl. EWM, www.ewm.de)

Mittelgroße Serien flexibel produzieren

Viele Serienfertiger ähneln noch immer einem Manufakturbetrieb. Bei geringen und mittelgroßen Stückzahlen wundert es auch nicht, dass der Automatisierungsgrad eher gering ist. Doch in Zeiten von „Industrie 4.0“ gilt gerade für Zulieferer von Bauteilen ein effektives Produktionsmanagement als Voraussetzung, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können. Es geht um kurze Reaktionszeiten, schnelle Bearbeitungsprozesse und natürlich um gute Qualität.

Galt vor einigen Jahren noch die Serienproduktion von großen Stückzahlen als

Maß aller Dinge, so ging es in letzter Zeit zunehmend darum, die Stückzahl 1 wirtschaftlich zu fertigen. Geschuldet ist dies den immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen sowie der stetig wachsenden Vielfalt an Produktvarianten. Das Produktionsumfeld, das sich in der Regel zwischen diesen beiden Extremen befindet, wird allerdings häufig noch zu wenig betrachtet. Dabei liegt hier für sehr viele Produktionsunternehmen eine interessante Marktposition, und zwar jenseits der großen Serienhersteller und Spezialisten für Losgröße 1.

Hohe Anforderungen an die Flexibilität

Das gilt etwa für Stückzahlen zwischen 50 und 1.000 Stück. Diese können weder in einer Fertigung, die auf Großserien von mehr als 10.000 optimiert ist, wirtschaftlich hergestellt werden, noch in Unternehmen, die auf Losgröße 1 spezialisiert sind. Allerdings ergeben sich auch in diesen Bereichen Veränderungen, und gerade die Anforderungen an die Flexibilität werden immer höher. Dabei geht es hauptsächlich um stark schwankende Losgrößen, die sich weder mit detaillierten Vorhersagen noch



Schweißen eines Bauteils mit einem Laserstrahlschweißroboter (Bild: Trumpf Gruppe)



Laserbearbeitetes Rohrbauteil zum Knicken. (Bild: Metallbau Nick)

einer normalen Produktionsplanung erfassen lassen. Hier zeigt sich dann die Meisterklasse der Produktion: mittelgroße Serien flexibel innerhalb von wenigen Wochen komplett herzustellen.

Gerade dieses Können führt zu der Chance, sich von dem heutzutage globalen Wettbewerb abzusetzen, da ein wirtschaftlicher Transport über mehrere Kontinente immer auch Zeit kostet. Der lokale Hersteller zeichnet sich hingegen durch seine Schnelligkeit und die Fähigkeit, flexibel zu reagieren, aus. Die Metallbau Nick GmbH aus Lampertheim arbeitet seit Jahren erfolgreich nach dieser Maxime – ob es dabei um laserbearbeitete Metallteile, Schweißbaugruppen oder Pulverbeschichtung geht.

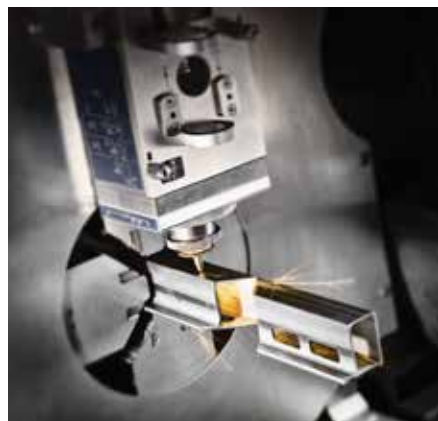
Durchgängige Prozesskette erhöht Effizienz

Um diese Flexibilität und Geschwindigkeit zu erreichen, muss die komplette

Prozesskette optimiert werden und durchgängig sein. Dies beginnt bei einem leistungsfähigen ERP-System (Enterprise-Resource-Planning) und geht etwa über ein damit verbundenes geeignetes CAD/CAM-System, das den Prozessdatenverlauf im Unternehmen unterstützt. Diese Daten werden dann über das firmeninterne Netzwerk an die Maschinen verteilt. Gleichzeitig kann die Auslastung und Verfügbarkeit der Maschinen überwacht und optimiert werden. Wichtig dabei ist, die Verfügbarkeit der Maschinen auch mit Hilfe vorbeugender Wartung möglichst hoch zu halten und ungeplante Maschinenstillstände zu reduzieren oder sie im besten Fall komplett zu vermeiden.

Um eine optimale Wirtschaftlichkeit zu erreichen, ist der Einsatz moderner Technologien besonders wichtig. Betrachtet man zum Beispiel die Entwicklungen in der Laserbearbeitung, so haben sich besonders in den letzten Jahren neue Lösungen hervor getan, die die Flexibilität und die Geschwindigkeit innerhalb des jeweiligen Prozesses stark verbessern. So bringt der Einsatz von Faserlasern anstelle von CO₂-Lasern gerade bei geringeren Blechdicken eine Verdoppelung der Schneidgeschwindigkeiten mit sich.

Weiterhin ist diese neue Generation von Lasern auch wesentlich energieeffizienter und hat dadurch einen höheren Wirkungsgrad. Gerade diese Voraussetzungen machen diese Laserstrahlschneidmaschinen für moderne Produktionen so wichtig, da sie zu höheren Kapazitäten und kürzeren Schneidzeiten führen.



Schneiden verschiedener Geometrieelemente auf einem Rohrlaser. (Bild: BLM Adige)

Verringerung der Arbeitsschritte durch Laserstrahltechnik

Die Laserstrahltechnik hat auch im Bereich des Schweißens neue Maßstäbe gesetzt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Schweißverfahren, die meistens mit Zusatzwerkstoff funktionieren, werden hier die zwei zu verschweißenden Werkstücke im Berührungspunkt sehr stark erwärmt, damit beide Bauteile direkt miteinander verschmelzen. Diese Erwärmung geschieht beim Laserstrahlschweißen nur in einem sehr kleinen begrenzten Bereich, sodass Materialveränderungen und auch ein thermischer Verzug nahezu ausgeschlossen sind. So kann am Ende ein viel präziseres Bauteil hergestellt werden, und kostspielige Nacharbeiten zum Richten des Verzugs entfallen.

Gerade die Verringerung nachfolgender Arbeitsschritte aus der Prozesskette ist eine Stärke des Laserstrahlschweißens. So muss zum Beispiel bei optisch anspruchsvollen Werkstücken die Schweißnaht vom konventionellen Schweißverfahren nach der Bearbeitung durch einen Schleifprozess wieder geglättet werden. Da im Vergleich dazu beim Laserstrahlschweißen selten Zusatzwerkstoff eingesetzt werden muss, kann bei vielen Bauteilen auf einen nachfolgenden Schleifprozess verzichtet werden.

Die Oberfläche des Werkstücks ist bereits glatt. Durch den sehr geringen Erwärmungsbereich kann auch eine optisch sehr schöne und gleichmäßige Schweißnaht erzeugt werden. Die Schweißzeit ist zudem kürzer als bei konventionellen

Verfahren. Verschiedene Untersuchungen bei Prüfinstituten bescheinigen der Laserschweißnaht, obwohl sie fast unsichtbar ist, eine größere Widerstandsfähigkeit gegenüber Zugbeanspruchung als bei anderen Schweißverfahren. Diese Vorteile konkurrieren allerdings mit den hohen Anschaffungskosten der Laserstrahlschweißanlage.

Höhere Geschwindigkeit beim Schneiden von Rohren

Ein weiteres Bearbeitungsverfahren zeigt ebenso seine Stärke bei Produktivität und Flexibilität: das Laserstrahlschneiden von Rohren. Wegen der freien Programmierbarkeit des Rohrlasers können ganz verschiedene Strukturen und Geometrien geschnitten werden. Die Maschine schafft nicht nur Kappschnitte und Bohrungen, sondern erzeugt nahezu alle geometrisch darstellbaren Geometrien wie Langlöcher, Ausbrüche, Steckverbindungen, Hakenstrukturen, Sechskantausschnitte usw.

Dadurch werden völlig neue Konzepte bei der Konstruktion und Entwicklung von Rohrbaugruppen ermöglicht. Diese Bauteile müssen nicht nur seltener geschweißt werden, sondern können einfach gesteckt oder geknickt werden. Mit Hilfe eines Ausschnitts lässt sich eine Metallrohrverbindung so vorbereiten, dass ein Winkel nicht aus zwei Teilen zusammengesweißt, sondern das Rohr geknickt wird und nur noch an wenigen wichtigen Stellen geschweißt werden muss.

Hoher Automatisierungsgrad mithilfe von Robotik

Neben dem Einsatz moderner Technologien ist bei den mittleren Stückzahlen auch die Auswahl der richtigen Automatisierung entscheidend. Gerade hier kann das falsche Konzept die Flexibilität und Produktivität behindern, wenn etwa die Umrüstzeiten zu hoch sind. Andererseits wiederum ist eine Automatisierung zwingend notwendig, um

in diesem Stückzahlbereich die maximale Produktivität zu erzielen.

Erreicht werden kann dies durch den Einsatz moderner, hochflexibler Robotersysteme, die auf der einen Seite eine sehr große Flexibilität bei der Programmierung und Teilevielfalt zulassen, auf der anderen Seite allerdings auch eine sehr hohe Produktivität, insbesondere für mannarme oder mannlose Fertigungen gewährleisten. Hierbei unterscheiden sich die Anlagen deutlich von denen für eine große Serienproduktion. In der Verknüpfung dieser Anlagen mit den anderen Produktionsmaschinen können Flexibilität und Produktivität für mittlere Stückzahlen deutlich gesteigert werden.

Dr. Markus Stanik,
Metallbau Nick GmbH, Lampertheim
www.nick-gmbh.de

100 Jahre Metallbearbeitung mit flexibler Schneidtechnologie

2019 war ein Anlass zum Feiern für die Henschel Stahlbau GmbH & Co. KG aus Tornitz in Sachsen-Anhalt, denn das Unternehmen besteht seit 100 Jahren. Neben 250 geladenen Gästen gesellten sich auch der Innenminister Sachsen-Anhalts, Holger Stahlknecht, zur Feier – und die Messer Cutting Systems GmbH, Groß-Umstadt, präsentierte ihre dort installierten Anlagen sowie technische Neuerungen live vor Publikum.

Henschel Stahlbau hat eine bewegte Geschichte: Was vor 100 Jahren als Betrieb entstand, der sich in erster Linie um den Hufbeschlag und Reparaturen bei den umliegenden Bauern kümmerte, entwickelte sich zu einem europaweit agierenden mittelständischen Unternehmen mit derzeit 170 Mitarbeitern. Das Leistungsspektrum umfasst nicht nur die Fertigung und Lieferung von Stahlkonstruktionen, sondern auch die Montage vor Ort. Zur termingerechten und qualitativ hochwertigen Fertigung setzt das Unternehmen seit vielen Jahren auf Schneidmaschinen von Messer Cutting Systems.

Anspruchsvolle Komplettlösungen im Stahl- und Metallbau

Henschel erweiterte stetig seine Produktionsflächen auf nun 6.600 m² und parallel dazu seinen Maschinenpark. „Schließlich möchten wir unseren Kunden so viele Anforderungen wie möglich erfüllen“, so Dipl.-Ing. Eckard Henschel, Geschäftsführer der Henschel Stahlbau GmbH & Co. KG. „Dazu gehören anspruchsvolle und qualitativ hochwertige Komplettlösungen im Stahl- und Metallbau, von der Planung bis zur Realisierung. Stahl und Edelstahl sind die am meisten verarbeiteten Werkstoffe, aber je nach Einsatzzweck, kommen uns auch sämtliche anderen Materialien auf den Schneidisch.“

Und das mit Erfolg, durchlaufen doch rund 2.000 t Stahlkonstruktionen im Jahr die Fertigungshallen. Immer eng mit der Optimierung des Betriebs betreut war die Messer Cutting Systems GmbH mit ihren Schneidmaschinen. „Mittlerweile hat die Firma Henschel alle verfügbaren Schneidmethoden – Autogen-, Plasma- und Laserstrahlschneiden – in ihren

Produktionsprozess integriert. Sowohl eine ‚OmniMat‘ als auch ein ‚MetalMaster 2.0‘ und seit 2018 ein Faserlaser verrichten erfolgreich ihren Dienst in Tornitz“, so Dirk



Dipl.-Ing. Eckard Henschel, Geschäftsführer der Henschel Stahlbau GmbH & Co. KG, auf der Feier zum 100-jährigen Unternehmensjubiläum; mit dabei waren auch Projektleiter Dirk Stratmann (links) und Jörg Mosser (rechts), Vertriebs- und Marketingleiter Europa, der Messer Cutting Systems GmbH.



Live-Vorfürhungen der Schneidmaschinen von Messer.

Stratmann, verantwortlicher Projektleiter bei Messer Cutting Systems.

Zuverlässig und wartungsarm

Da im Drei-Schicht-Betrieb produziert wird, sind zuverlässige und wartungsarme Lösungen gefragt – ein Grund, weshalb Henschel 2016 in eine Anlage „OmniMat L 5600“ mit einer Arbeitsfläche von 3.000 mm × 9.000 mm investierte. Ausgestattet ist die Maschine unter anderem mit einem Bohraggregat mit Fünffach-Wechsler sowie „SkewRotor“-Fasenaggregat und einem „ALFA“-Brenner. „Die Kombi-Anlage optimierte unseren Fertigungsprozess enorm, da die Bauteile sozusagen in einem Arbeitsgang mit Fase versehen und gebohrt werden, und das bei Blechdicken von 5 mm bis 200 mm. Das macht uns extrem flexibel und spart obendrein viel Zeit“, sagt Henschel.

Der „MetalMaster“ von Messer ist mittlerweile ein Klassiker, wenn es um wirtschaftliche Schneidmaschinen auf kleinstem Raum geht. Daher setzte Henschel die erste Generation seit 2005 ein. Wegen der guten Erfahrungen damit stieg das Unternehmen 2017 auf den „MetalMaster 2.0“ mit dem Präzisionsplasma-Aggregat „HPR 260 XD“ von Hypertherm um. Die Anlage wird für Blechdicken von 5 mm bis 25 mm eingesetzt.

Automatisiertes Laserstrahlschneiden

„In den vergangenen Jahren häuften sich die Anfragen, Blechdicken von 0,5 mm bis 5 mm zu bearbeiten“, berichtet Henschel. „Um dort in Sachen Wirtschaftlichkeit ein neues Niveau zu erreichen, empfahl uns Messer die Faserlaser-Maschine

„FiberBlade“ mit 4 KW Leistung. Und um dies noch effizienter zu gestalten, suchten wir nach einer automatisierten Lösung, die möglichst wenige Bedienereingriffe verlangte.“

Damit die „FiberBlade IV“ für Großformatbleche der Dimensionen 1,5 m × 3 m möglichst hoch ausgelastet werden kann, wurde die Anlage mit Lager- und Be- bzw. Entladetechnik der Firma Remmert aus Löhne ergänzt. Dazu Ingo Staudinger, Projektleiter bei Messer Cutting Systems: „Ein Lagerturm „Basic Tower“ mit 21 Lagerfächern ermöglicht die Lagerung und Bereitstellung von Blechvorrat. Im Einzelfall kann er auch Restbleche oder Teilaufträge rücklagern. Mittels des Handling-Systems „LaserFlex 4.0“ wird die Laseranlage vollautomatisch be- und entladen.“

Obwohl sämtliche Anlagen von Messer auf Wartungsarmut ausgelegt sind, muss auch für den produktionstechnischen Notfall schnelle Hilfe her. Das übernehmen zum einen die nächstgelegenen Servicetechniker. Zum anderen wird ein Online-Service angeboten, bei dem der Kunde sein Problem in Echtzeit über die „D-Morits“-Software zu Supportspezialisten oder Trainern weltweit übertragen kann.

Dazu präsentierte Messer auf dem Jubiläums-Event bei Henschel seine speziell mit „D-Morits“ bestückte Fernservicebrille. Mit ihr lässt sich die Software komplett via Spracheingabe steuern – nicht nur auf Deutsch, sondern bald auch mit Übersetzungsprogramm in anderen Sprachen. (Nach Pressemitl. Messer Cutting Systems; www.messer-cutting.com)



Besuchen Sie unseren Onlineshop!

Übersichtlicher, moderner,
benutzerfreundlicher...



DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf • T +49 211 1591-162 • F +49 211 1591-150 • media@dvs-media.info • www.dvs-media.eu

Kurzmeldungen

5. „RoboPlan“-Symposium bei Cloos veranstaltet

Am 5. Dezember 2019 hat die Carl Cloos Schweißtechnik GmbH, Haiger, ihre Kunden zum 5. „RoboPlan“-Symposium eingeladen. Rund 40 Besucher tauschten sich über alle Neuigkeiten rund um den Einsatz der Software „RoboPlan“ in der Schweißtechnik aus. Die Teilnehmer erwartete ein abwechslungsreiches Programm mit Vorträgen, Live-Demonstrationen und vielen Möglichkeiten für individuelle Fragen und Erfahrungsaustausch. Ein Highlight des Symposiums war die Vorstellung der neuen optionalen „RoboPlan“-Funktionen, welche die Offline-Programmierung stark vereinfachen und die Effizienz der Schweißfertigung um ein Vielfaches erhöhen. Die Software von Cloos ermöglicht die Offline-Programmierung von automatisierten Roboter-Schweißanlagen. Mithilfe von „RoboPlan“ werden Schweiß- und Verfahrwege sowie Sensorroutinen an 3D-Modellen erstellt und direkt in die Steuerung des Roboters übertragen. Die neuen optionalen Funktionen vereinfachen die Offline-Programmierung nochmals erheblich. Weitere Informationen unter: <https://www.cloos.de/de-de/cloos-tv/cloos-offline-programmierung-mit-roboplan/>.

„Tube-ExpertenTreff“ am 30. März in Düsseldorf

Vom 30. März bis zum 3. April 2020 findet in Düsseldorf wieder das Messeduo „wire“ und „Tube“ rund um die Draht-, Kabel- und Rohrindustrie statt. Zur „Tube“ organisiert die stahlnews.de GmbH & CO. KG am Abend des ersten Messetages, am 30. März 2020, ab 18.00 Uhr den „Tube-ExpertenTreff“. Der steht in diesem Jahr unter dem Motto: „Werkstoffe, Technologien und Märkte – die Zukunft der Rohrindustrie“. Die bisher angemeldeten Referenten sind unter anderem Antonio Marcegaglia (Vorsitzender und CEO Marcegaglia Group), Hanns-Jörg Westendorf (CEO Hoberg & Driesch) und Dr. Dirk Bissel (CEO Vallourec Deutschland GmbH). Im Anschluss an die Fachvorträge gibt es ausreichend Zeit zum „Networken“. Für das leibliche Wohl der Teilnehmer wird gesorgt. Die Teilnahme ist kostenlos, eine Anmeldung ist im Internet unter <http://www.stahlnews.de/Tube-ExpertenTreff/>.



Beim „RoboPlan“-Symposium informierten sich die Anwender über die neuen Funktionen rund um die Software.

www.stahlnews.de/Tube-ExpertenTreff/
Anmeldung möglich.

Prof. Dr. Martin Bastian ist neuer Präsident der Zuse-Gemeinschaft

Die Mitglieder der Zuse-Gemeinschaft haben auf ihrer Versammlung am 29. Oktober 2019 Prof. Dr. Martin Bastian einstimmig zu ihrem neuen Präsidenten gewählt. Er tritt damit die Nachfolge von Dr. Ralf-Uwe Bauer an, der seit der Gründung der Zuse-Gemeinschaft im Jahr 2015 an der Spitze des Verbunds gemeinnütziger Forschungseinrichtungen stand und nun das

Amt des Vizepräsidenten übernimmt. Dr. Martin Bastian ist seit 2003 am SKZ – Das Kunststoffzentrum in Würzburg tätig und seit 2006 Direktor des Instituts mit mehr als 400 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von rund 40 Mio. Euro. An der Julius-Maximilians-Universität Würzburg ist er zudem seit 2011 Professor für das Fachgebiet Technologie der polymeren Werkstoffe. Der neue Präsident erklärte anlässlich seiner Wahl: „Ich danke den Mitgliedern für ihr großes Vertrauen und Dr. Bauer für die exzellenten Grundlagen, die er für eine erfolgreiche Arbeit unserer Gemeinschaft gelegt hat. Künftig wollen wir unsere Forderungen für mehr Fairness in der Forschungsförderung mit einer deutlichen Stärkung des Transfers von der Wissenschaft in die Praxis noch stärker in die Politik tragen, um konkrete Verbesserungen für die gemeinnützigen, unabhängigen Forschungsinstitute auf Bundesebene umzusetzen.“



SKZ-Institutsdirektor Prof. Dr. Martin Bastian wurde zum neuen Präsidenten der Zuse-Gemeinschaft gewählt.

DGZfP zu Gast bei VisiConsult

Die Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP) lud ihren Fachausschuss Durchstrahlungsprüfung (FAD) für zwei Tage vom 26. bis 27. November nach Stockelsdorf bei Lübeck zur Firma VisiConsult ein. Zu dem Fachausschuss gehören die Unterausschüsse Computertomografie (CT) und Digitale Radiografie. Dr.-Ing. Frank Herold ist stellvertretender Vorsitzender des Unterausschusses CT und zugleich VisiConsults Leiter der



Der Fachausschuss Durchstrahlungsprüfung der DGZfP am ersten Tag der Sitzung bei VisiConsult in Stockelsdorf.

Applikation. Er empfing die Gäste gemeinsam mit dem kaufmännischen Leiter Lenart Schulenburg. Die DGZfP ist weltweit die älteste Gesellschaft zur zerstörungsfreien Prüfung, die Wissenschaft und Forschung zum Thema fördert und die Kommunikation zwischen den Interessensgruppen organisiert. Zum ersten Mal fand die Veranstaltung bei VisiConsult statt. Rund 50 Mitglieder und Gäste folgten der Einladung. Die Durchstrahlungsprüfung als bildgebendes Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung bietet immer wieder Raum für spannende Vorträge wie „Poren- und Defekterkennung mit künstlicher Intelligenz“, gehalten von Patrick Fuchs. Dr. Frank Herold ging auf den Stand der Normung bezüglich dimensionellen Messens mit CT bei ASTM und ASME ein. Als Entwickler und Hersteller von Röntgenanlagen zur zerstörungsfreien Inspektion schätzt VisiConsult die Arbeit mit der DGZfP.

Innovationspreis Kupfer vergeben

Mehr als 100 Teilnehmer informierten sich auf dem „Kupfer-Symposium 2019“ Ende November in Dresden über aktuelle Trends in Forschung und Entwicklung von Kupferwerkstoffen. Zusammen mit dem Kooperationspartner TU Dresden hatte das Deutsche Kupferinstitut, Düsseldorf, einmal mehr eine hochkarätig besetzte Tagung organisiert. Höhepunkt war die Vergabe des mit 2.500 Euro dotierten Innovationspreises Kupfer an Alexander von Müller von der TU München für seine Arbeit über „Schmelzinfiltrierte Wolfram-Kupfer-Verbundwerkstoffe als Wärmesenkenmaterialien in plasmabelasteten Komponenten“. Darin untersuchte er

Wolfram-Kupfer-Komposite als mögliche Hochleistungswerkstoffe für Wärmesenkenanwendungen in plasmabelasteten Komponenten. Diese Verbundwerkstoffe können zum Beispiel wegen der Kupfer-Matrix eine hohe Wärmeleitfähigkeit mit einer guten Warmfestigkeit verbinden oder aufgrund ihrer makroskopischen Werkstoffeigenschaften so eingestellt werden, dass thermisch induzierte Spannungen an Fugestellen aufgrund von unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten innerhalb einer Komponente minimiert werden können. Das nächste Kupfer-Symposium findet 2021 in Jena statt. 2020 organisiert das Deutsche Kupferinstitut wieder die internationale Tagung „Copper Alloys“ (www.copperalloys.eu).



Alexander von Müller von der TU München ist der diesjährige Gewinner des Innovationspreis Kupfer des Deutschen Kupferinstituts. (Bild: Kupferinstitut)

Neuer Geschäftsführer bei den Verbänden FDBR, WVIS und SET

Im Zuge der Neuausrichtung bei den Verbänden FDBR, WVIS und SET hat zum 1. Dezember 2019 Dr. Dietmar Kestner die Geschäftsführung für die Verbände übernommen. Er folgt auf Dr. Martin Eckert,

der seine Ämter niedergelegt hat. Der FDBR – Fachverband Anlagenbau und der WVIS – Wirtschaftsverband für Industrieservice sowie der gemeinsame Dachverband SET stehen vor einer umfassenden Neuausrichtung. Hierzu wurden die Mitglieder der Verbände am 12. Dezember 2019 gebeten, dem Vorschlag der jeweiligen Vorstände der drei Verbände zu einer Verschmelzung auf einen Verband in einer außerordentlichen Mitgliederversammlung zuzustimmen. Ziel der strategischen Neuausrichtung ist es, auf die rasant geänderten Rahmenbedingungen und Marktanforderungen bei Energie- und Industrieanlagen und deren Service angemessen zu reagieren. Der neue Geschäftsführer wird nun den beabsichtigten Verschmelzungsprozess begleiten sowie die Strategie für den geplanten neuen Verband umsetzen. Dr. Dietmar Kestner bringt seine Expertise aus zwanzig Jahren operativer Managementenerfahrung im internationalen Maschinen- und Anlagenbau sowie im Bereich der technischen Dienstleistungen in das neue Amt ein.



Dr. Dietmar Kestner hat die Geschäftsführung der Wirtschaftsverbände FDBR, WVIS und SET übernommen.

Produkte

Brenner zum WIG-Schweißen mit neuartigem Konstruktionsprinzip

Mit den Baureihen „DIX TAZ 8000“, „TETZ 8000“, „85xx“ und „75xx“ bringt Dinse neue Brenner zum WIG-Schweißen mit einem innovativen, zum Patent angemeldeten Konstruktionsprinzip auf den Markt: Die neuen Brennerköpfe verfügen über eine Elektrodeneneinheit, mit deren Hilfe die Schweißelektrode schnell und unkompliziert ausgetauscht werden kann (**Bild 1**): Anstatt wie bislang üblich die Elektrode anzuschleifen und in den Kopf einzumessen, wird die benutzte Elektrodeneneinheit nun einfach heraus- und eine neue eingeschraubt. Dadurch ist ein reproduzierbarer Werkzeugmittelpunkt (TCP) sichergestellt, und ein erneutes Justieren der Wolframelektrode ist nicht mehr notwendig. Die Prozesssicherheit ist gewährleistet, da jede Elektrodeneneinheit ein gleichbleibend präzises Ergebnis liefert. Dank des neuen Konstruktionsprinzips können die Brennerköpfe an zahlreiche verschiedene Bauteilgeometrien angepasst werden. Die Elektrode ist fest in den Kupferkern der Elektrodenaufnahme eingepresst und wird dann in den Brenner geschraubt, statt, wie bei herkömmlichen Modellen, lediglich in eine Spannzangenaufnahme geklemmt zu werden. Dadurch entsteht eine hohe Flächenpressung, die wiederum einen hervorragenden Stromübergang ermöglicht. Darüber hinaus führt der Kupferkern die Wärme zügig von der Elektrodenspitze ab. (Dinse G.m.b.H., Tarpen 36, 22419 Hamburg; www.dinse.eu)



Bild 1

Schweißen mit Rutil- und Metallpulverfülldrähten

Für seine Schweißprozesse „SpeedArc“, „SpeedArc XT“ und „SpeedUp“ bietet Lorch neue, innovative Fülldraht-Pakete an, die das Schweißen mit Rutil- und Metallpulverfülldrähten beschleunigen und deutlich effizienter gestalten. Fülldrähte werden

bevorzugt beim Schweißen von dicken und schweren Bauteilen eingesetzt, die hohen dynamischen Belastungen standhalten müssen. Typische Anwendungsgebiete finden sich im Schiffbau oder bei der Herstellung von Land- und Baumaschinen. Durch die fokussierte Energieeinbringung und die hohe Dynamik des „SpeedArc“- und „SpeedArc XT“-Lichtbogens ist es möglich, Rutilfülldrähte in Zwangspositionen schneller zu schweißen und die Energieeinbringung auf ein Minimum zu begrenzen. Somit sind dünne bis mittlere Bleche von 4 bis 8 mm nun mit Rutilfülldrähten problemlos schweißbar. Der hohe Lichtbogendruck des „SpeedArc“-Prozesses stellt zudem bei dickeren Rutilfülldrähten (zum Beispiel 1,6 mm) eine optimale Wurzelersfassung sicher. Eine deutliche Effizienzsteigerung bringt der Einsatz der „Speed“-Prozesse auch beim Schweißen mit Metallpulverfülldrähten. Angeboten werden die Pakete für Fülldrähte mit 1,2 und 1,6 mm Durchmesser. (Lorch Schweißtechnik GmbH, Im Anwänder 24-26, 71549 Auenwald; www.lorch.eu)

Roboterreihe für das Lichtbogenschweißen

Yaskawa vergrößert das Schweißroboter-Portfolio mit der „Motoman AR“-Serie um sechs neue Modelle: Mit Arbeitsbereichen von 727 bis 3.120 mm ist die Bearbeitung verschiedenster Werkstücke sowie das Montieren von Zubehör möglich. Die präzisen Sechs-Achsen-Roboter wurden speziell für die hohen Anforderungen im Bereich Lichtbogenschweißen entwickelt, darunter das Modell „AR1440“ (**Bild 2**). Sie bieten eine erhebliche Platzersparnis und erlauben eine Anordnung auf engstem Raum. Die beiden kompakten Roboter „AR700“ und „AR900“ eignen sich für einfache Schweißanwendungen ohne großen Programmieraufwand wie das Heften oder Schweißen von Vorbaugruppen. Der mittelgroße „AR1440“ ermöglicht mit seiner Traglast von bis zu 12 kg, Raum für das Schlauchpaket mit integrierter Medienführung und einem maximalen Arbeitsbereich von 1.440 mm die einfache Bearbeitung von sperrigen und schwer zugänglichen Werkstücken. Bei den Schweißrobotertypen „AR1440“, „AR1730“, „AR2010“ und „AR3120“ kann die Drahtzufuhr an der dritten Achse montiert werden, um kurze Abstände und die zentrale Versorgung des Schweißdrahts zum Schweißbrenner zu



Bild 2

erlauben. (Yaskawa Europe GmbH, Hauptstr. 185, 65760 Eschborn; www.yaskawa.eu.com)

Mobiles System zum Absaugen von Schleifstäuben

Das mobile Absaugsystem „CD Dust Remover“ für „Combidisc“-Schleifwerkzeuge von Pferd (**Bild 3**) nimmt Schleifstäube direkt dort auf, wo sie entstehen. Es ist universell mit allen Staubabsaugsystemen (mobil oder stationär) einsetzbar. Der „Dust Remover“ kann mit den Stützstellern der Ausführung CD und CDR eingesetzt werden. Antriebsseitig können BiegeWellen-antriebe, Geradschleifer, Winkelschleifer oder Akkuwinkelschleifer genutzt werden. Allein die Aufnahme des 6-mm-Schaftes muss gewährleistet sein. Für eine effektive Absaugung sollte zudem der Volumenstrom des Absaugsystems mindestens 300 m³/h betragen. (Pferd-Werkzeuge August Rüggeberg GmbH & Co. KG,



Bild 3

Hauptstr. 13, 51709 Marienheide; www.pferd.com)

Modulares Konzept für die Kunststoffbearbeitung mit dem Laserstrahl

Hans von der Heyde, Spezialist im Maschinenbau, hat ein modulares Konzept für Lasermaschinen im Bereich der Kunststoffbearbeitung entwickelt (**Bild 4**): Je nach Anwendung werden Lasersysteme zum Schneiden, Beschriften, Abtragen oder Schweißen eingesetzt. Generell sind sämtliche Lasermodule in die Maschinen integrierbar, wie zum Beispiel CO₂-, Faser-, UV- oder Diodenlaser. Je nach Anforderung werden mehrere Lasersysteme in einer Anlage eingesetzt. Diese Systeme sind ebenfalls modular aufgebaut, sodass

Kunden zwischen spezifischen Laserkonfigurationen und weiteren Optionen frei wählen können. Abhängig vom zu bearbeitenden Werkstoff und der erforderlichen Geschwindigkeit wird die optimale Leistungsklasse ausgewählt. Die Arbeitsfeldgrößen reichen je nach Anforderung von 100 mm × 100 mm bis 600 mm × 600 mm, und auch die Bauform des Lasermoduls ist variabel. Das Lasersystem oder das Werkstück wird individuell in der Maschine positioniert, feststehend oder verfahrbar. Die Bewegung erfolgt über verschiedene Achssysteme – Riemen-, Spindel- oder Linearmotorantriebe – oder das Lasersystem wird an einem Sechs-Achsen-Roboter befestigt. Bestückt wird die Laseranlage entweder manuell oder maschinell. Außerdem ist eine Rundtischzuführung für eine zeitgleiche Bestückung und Bearbeitung

integrierbar. (Hans von der Heyde GmbH & Co. KG, Nobelstr. 7, 48477 Hörstel; www.hvdh.de)



Bild 4



Fachbuchreihe Schweißtechnik



Taschenbuch DVS-Merkblätter und -Richtlinien: Fügen von Kunststoffen

Die Neuauflage unseres Fachbuches enthält sämtliche Merkblätter, Richtlinien und Richtlinienentwürfe in deutscher Sprache, die sich mit dem Fügen im Rohrleitungs-, Behälter- und Anlagenbau sowie in der Serienfertigung beschäftigen

Weiterhin werden die in englischer Sprache erhältlichen Richtlinien sowie die mittlerweile erschienenen korrespondierenden DIN EN-Normen genannt. Ebenso sind die Ausbildungs- und Prüfungsrichtlinien in dieser Auflage enthalten.

Gegenüber der 17. Auflage enthält die aktuelle Auflage 42 neue beziehungsweise überarbeitete Dokumente aus allen Bereichen des Kunststofffügens.

Vollständigkeit, Aktualität und die internationale Perspektive machen das Taschenbuch unverzichtbar für alle, die sich fachlich mit dem Fügen von Kunststoffen befassen.

18. Auflage, erschienen: Dezember 2019
1586 Seiten, 1428 Bilder u. Abb. / 372 Tabellen
Best.-Nr.: 102082, ISBN: 978-3-96144-082-5

Preis: 124,00 EUR

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf
T +49 211 1591 162 • F +49 211 1591 150 • vertrieb@dvs-media.info • www.dvs-media.eu



Kostenlose
Basis-Mitgliedschaft
für Studierende

Unser Netzwerk, Deine Zukunft

Wir fördern Talente - Werde jetzt kostenlos Mitglied

www.dvs-ev.de

Bei uns dreht sich alles um das Fügen, Trennen und Beschichten von metallischen und nicht metallischen Werkstoffen und Werkstoffverbunden.

Profitiere als Mitglied von unserem Netzwerk! Knüpfe Kontakte und finde qualifizierte Ansprechpartner für jeden Bereich deines Studiums! Nimm an internationalen Veranstaltungen teil und stelle deine wissenschaftliche Arbeit vor!

Der kostenlose Zugriff auf die 500 DVS-Richtlinien und -Merkblätter gibt dir einen guten Einstieg in jede Thematik. Als DVS Young Professional erhältst du auch exklusiven Einblick in die Normung und Regularien und kannst an Fachsitzungen teilnehmen!

Stelle die Weichen, werde jetzt Mitglied im DVS!

J. Dupke | M. Kelzenberg | M. Schultheis

**DVS – Deutscher Verband
für Schweißen und
verwandte Verfahren e. V.**

Aachener Straße 172 40223 Düsseldorf
T +49 211 1591-169/-170/-168
F +49 211 1591-370
mitglieder@dvs-hg.de







Nederman



Drehbare Schweißstromübertragungen



CREATING METAL ARTISTS

www.otc-daihen.com

Panasonic
INDUSTRY

PLYMVENT[®]
clean air at work



SIP/A[®]
SPA-WELDING.COM



THERMACUT[®]
THE CUTTING COMPANY[®]



VALCO
– Entstaubungstechnik –



CUTTING
WELDING
SINCE 1898



Widerstandsbuckelschweißen von Aluminium mit Kupfer für elektrische Bauteile

Es werden die Untersuchungen zum Nutzen des Widerstandsbuckelschweißens fürs Erzeugen von elektrisch und mechanisch langzeitstabilen Verbindungen zwischen den Werkstoffen Aluminium (Al) und Kupfer (Cu) vorgestellt. Es wurden elektrische Messungen der Al-Cu-Schweißproben durchgeführt, welche anschließend zerstörend auf deren Festigkeit geprüft wurden. Parallel wurden metallografische Untersuchungen der entstehenden intermetallischen Phasen erstellt. Ausgewählte Proben wurden künstlich gealtert, um die typischen Umweltbelastungen im Betrieb eines elektrischen Leiters nachzubilden. Die Ergebnisse wurden mit denen des etablierten und bei diesen Werkstoffkombinationen üblichen Ultraschallschweißens verglichen. Es hat sich gezeigt, dass buckelgeschweißte Al-Cu-Kontakte ähnliche mechanische und elektrische Eigenschaften aufweisen.

1 Problemstellung und Lösungsansatz

In verschiedenen Industriezweigen, wie der Automobilindustrie, der Elektrotechnik und der Energietechnik, wird aus Kosten- und Leichtbaugründen Kupfer zunehmend durch Aluminium als elektrischer Leiterwerkstoff ersetzt. Diese Entwicklung stellt bestehende Verbindungstechnologien vor neue Herausforderungen, da das Erzeugen einer mechanisch und elektrisch langzeitstabilen Al-Cu-Mischverbindung unter fertigungsnahen und wirtschaftlichen Bedingungen durch diverse materialbezogene Eigenschaften der beiden Nichteisenmetalle erschwert wird. Hierzu zählen beispielsweise die deutlichen Unterschiede in den physikalischen Werkstoffeigenschaften. Bisherige kraft- und formschlüssige Al-Cu-Verbindungen (Schraub- und Quetschverbindungen) werden den Anforderungen hinsichtlich mechanischer und elektrischer Langzeitbeständigkeit ohne die Anwendung entsprechender,

DIE AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Uwe Reisgen

Leiter des Instituts für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen University
reisgen@isf.rwth-aachen.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=200940



Dr.-Ing. Alexander Schiebahn

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen University
schiebahn@isf.rwth-aachen.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=202551



Gregor Gintrowski, M. Eng.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen University
gintrowski@isf.rwth-aachen.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=307165



Dipl.-Ing. Marc Essers

Projektleiter Wärmearme Schweißverfahren, FEF Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft Fügetechnik GmbH
essers@fef-aachen.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=400113

STICHWÖRTER

Aluminium, Kupfer, metallurgische Fragen, Ultraschallschweißen, Werkstofffragen, Widerstandspressschweißen

ABSTRACT

Resistance projection welding of aluminium with copper for electrical connections

The investigation on the benefits of resistance projection welding for producing electrical and mechanically long-term stable connections between the materials aluminium and copper are presented. Electrical measurements of the Al-Cu welding samples were carried out and the sample strength was destructively tested. At the same time, metallographic investigations of the intermetallic phases were performed. Selected samples were artificially aged to simulate the typical environmental impact of operating an electrical conductor. As process comparability the

established ultrasonic metal welding common for these material combinations was used. The results show that projection-welded Al-Cu contacts have comparable mechanical and electrical properties.

KEYWORDS

aluminium, copper, metallurgical questions, ultrasonic welding, material questions, resistance pressure welding

meist aufwändiger und kostenintensiver Maßnahmen, wie der Einsatz von Silber- und Nickel-Beschichtungen [1] sowie die Einhaltung von Wartungsintervallen (zum Beispiel Überprüfung von Schraubenanzugsmomenten in Schaltanlagen), in der Regel nicht gerecht. Da Aluminium zum Kriechen neigt, werden bei kraftschlüssigen Verbindungen zur Festigkeitssteigerung zudem oftmals Al-Legierungen eingesetzt, die deutlich höhere elektrische Materialwiderstände aufweisen als Reinaluminium. Daher wird zurzeit verstärkt nach alternativen, meist Stoffverbindungstechniken geforscht. Bei Bildung einer Stoffverbindung entstehen intermetallische Al-Cu-Phasen, deren ungünstigen technischen Eigenschaften im Fokus der internationalen Forschung liegen [2]. Es werden zum Erzeugen von Mischverbindungen oftmals sogenannte „Wärmearme Fügeprozesse“ bzw. „Festkörperschweißverfahren“ eingesetzt, beispielsweise das Ultraschallschweißen, um die Bildung technisch ungünstiger, spröder intermetallischer Phasen innerhalb der Verbindung deutlich zu reduzieren oder zu verhindern. In diesem Zusammenhang sind weiter noch die Verfahren Laserstrahlschweißen, Elektronenstrahlschweißen, Walzplattieren, Löten, Diffusionsschweißen, Reibschweißen, Widerstandspresstumpfschweißen, Leitleben, Fügen mit reaktiven Nanofolien und elektromagnetische Impulstechnologie (EMPT) zu nennen. Die meisten, der zuvor genannten Prozesse sind allerdings häufig nur für bestimmte Einzelanwendungen geeignet bzw. nur unter definierten Randbedingungen einsetzbar [3 bis 6]. Insbesondere die Schmelzschweißverfahren erzeugen unterschiedlich dicke intermetallische Phasen, die bei mechanischer Belastung zu einem spröden Bruch durch die diversen intermetallischen Strukturen neigen. So zeigen Zugproben, hergestellt mit sowohl dem Laserstrahlschweißen als auch dem Elektronenstrahlschweißen, ein Versagen innerhalb der intermetallischen Al-Cu-Mischverbindung [7 und 8].

Während die Herstellung von Al-Cu-Mischverbindungen mit dem Ultraschallschweißen bereits industriell etabliert ist, sind auf dem Gebiet der Widerstandsschweißverfahren bislang kaum nennenswerte Anwendungen für Stoffverbindungen von Blechen oder flachen Bauteilen der Werkstoffkombination Al-Cu im Überlappstoß zu finden. Dies ist hauptsächlich darin begründet, dass die Werkstoffe Aluminium und insbesondere Kupfer sehr gute thermische und elektrische Leitfähigkeit besitzen. Diese, für die Anwendung im Grunde nützlichen, Eigenschaften führen mitunter dazu, dass sehr hohe Stromdichten für das Aufschmelzen des Werkstoffs notwendig sind. Hohe Stromdichten können beim Widerstandsschweißen wiederum zum schnellen Verschleiß der Elektroden oder zum ungewollten Verschweißen der Werkstücke mit den Elektroden führen und somit zu einem nicht-robusten und unwirtschaftlichen Prozess. Eine Möglichkeit, die hohe Stromdichte von den Elektroden in die Fügezone zu verschieben, ist die Anwendung von Schweißbuckeln. Das Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen [9] war

es, zu erforschen, ob sich mit Hilfe des Widerstandsbuckelschweißens (RPW) gute elektrische und mechanische Al-Cu-Kontaktierungen reproduzierbar erzeugen lassen. Metallografische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen sollten Aufschluss über die Bildung von intermetallischen Phasen geben. Zur Beurteilung der Ergebnisse diente der am Markt etablierte Ultraschallschweißprozess als Referenzverfahren. Sowohl die buckelgeschweißten als auch die ultraschallgeschweißten Proben wurden gemeinsam einem Alterungszyklus unterworfen und anschließend elektrisch und mechanisch geprüft.

2 Werkstoff und Versuchsaufbau

Es wurden Werkstoffe Kupfer Cu-OF (CW008A; 2.0040) im Zustand R360 nach DIN EN 1652 und Aluminium EN AW-1050A (Al99,5; 3.0255) im Zustand H111, bzw. „weich“, nach DIN EN 485-2 eingesetzt. Das Kupferwerkstoff wurde sowohl mit als auch ohne eine Feuer-Zinnbeschichtung untersucht. Der Probenquerschnitt war 1,0 mm × 45 mm sowohl für das Aluminiumwerkstück als auch für das nicht beschichtete Kupferwerkstück und 1,2 mm × 45 mm für das feuerverzinnete Kupferwerkstück. Die Herstellung der Buckel erfolgte mit einer einfachen pneumatisch betriebenen Vorrichtung zum Druckumformen mit Hilfe von gehärteten Stempeln und Matrizen aus Werkzeugstahl. Die Buckel wurden ausschließlich in die Kupferproben eingebracht, da es sich hierbei um das härtere und festere der beiden ausgewählten Werkstoffe handelt. Die im Artikel vorgestellten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf Schweißungen mit eingepprägten Langbuckel mit der in **Bild 1** angegebenen Buckel-Projektionsfläche von 2,6 mm × 14 mm.

Die Al-Cu-Schweißversuche wurden an einer pneumatischen Dreiphasen-DC-Schweißanlage mit einer maximalen Leistung von 1.000 kVA im Phasenanschnitt durchgeführt. Die hiermit erzeugten Ergebnisse konnten mit jeweils einer pneumatischen und einer elektromagnetischen 1.000-Hz-MFDC-Schweißanlagen (2 × 260 kVA) mit dem Einsatz von Konstantstromregelung (KSR) verifiziert werden. Dabei wurden Schweißströme von 35 kA bis 60 kA genutzt, abhängig von Blechdicken, Elektrodenkraft und Buckelgeometrie. Die Elektrodenkraft

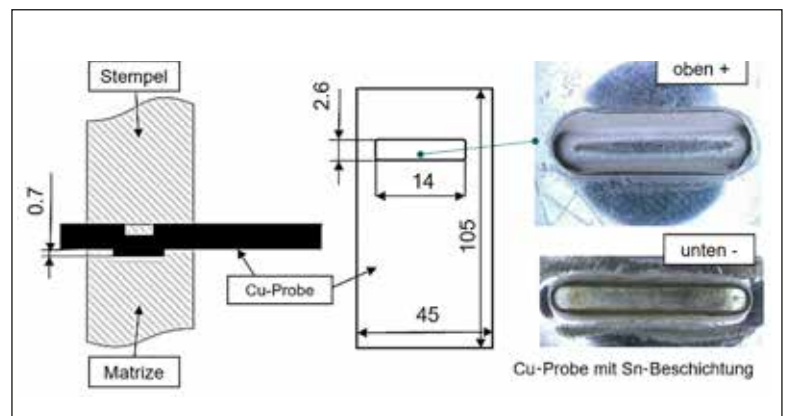


Bild 1 • Gepprägte Langbuckelgeometrie auf einer verzinneten Kupferprobe mit 1,2 mm Dicke.

Tabelle 1 • Die in Untersuchungen genutzten Schweißparameter.

Schweißparameter	Nutzbarer Einstellbereich	Untersuchte Einstellung
Elektrodenkraft /kN	2,5 – 4,5	3,2
Effektiver Schweißstrom /kA	35 – 60	47
Schweißstromzeit /ms	40 – 120	80

bewegte sich dabei zwischen 2,5 kN und 4,5 kN. Die Schweißzeit wurde zwischen 40 und 120 ms variiert. Als Elektrodenwerkstoff wurde CuCr1Zr genutzt. Spätere Untersuchungen zeigten aber, dass Elektroden aus CuAg0,1 (Aluminiumseite, Kathode) und WCu80/20 (Kupferseite, Anode) deutlich bessere Standzeiten erzielen. Die Stromstärke musste beim Wechsel der Elektrodenwerkstoffe nicht angepasst werden. Als optimierter Parametersatz der 1 mm dicken Schweißproben mit Langbuckel (2 mm × 14 mm) wurden effektiv 47 kA, 80 ms und 3,2 kN ausgewählt, siehe **Tabelle 1**.

Zur Überprüfung der elektrischen Leitfähigkeit wurde ein Messstand in Anlehnung an die Vier-Punkt-Methode aufgebaut. Bei der Vier-Punkt-Methode fließt über zwei der vier Leitungen bzw. die Probeneinspannung ein bekannter elektrischer Strom (hier DC 180 A für 10 s) durch die Probenquerschnitte und die Fügestelle. Die an den Widerständen bzw. über die Schweißung abfallende Spannung wird hochohmig über zwei weitere Leitungen (bzw. Cu-Messnadeln mit 40 mm Abstand) abgegriffen und mit einem Labor-Spannungsmessgerät gemessen; der zu messende Widerstand der Schweißverbindung wird daraus nach dem ohmschen Gesetz berechnet. Damit übliche Veränderungen der Al- und Cu-Grundwerkstoffe (Alterung, Toleranzbereiche für Dicke, Oberflächen und Legierungszusammensetzung) den gemessenen Widerstand über die Al-Cu-Fügestelle im späteren Ergebnisvergleich nicht verzerren, wird eine Formel genutzt, die einen einheitslosen Quotienten aus dem Widerstand über die Al-Cu-Fügestelle zu den jeweiligen Widerständen aus Cu-Probe und Al-Probe bildet. Hierbei wird der gemessene Verbindungswiderstand auf den Widerstandswert der Leiterwerkstoffe bezogen. Der Versuchsstand und die Definition des elektrischen Gütefaktors k_u [10] für Überlapp-Mischverbindungen sind in **Bild 2** dargestellt. Werte für k_u über 1,5 gelten erfahrungsgemäß als nicht mehr langzeitstabil und sollten vermieden werden. Es wurde somit angestrebt, ausschließlich Werte unter 1,5 zu erzielen. Die theoretisch besten Werte ($k_u = 0,51$) werden dabei

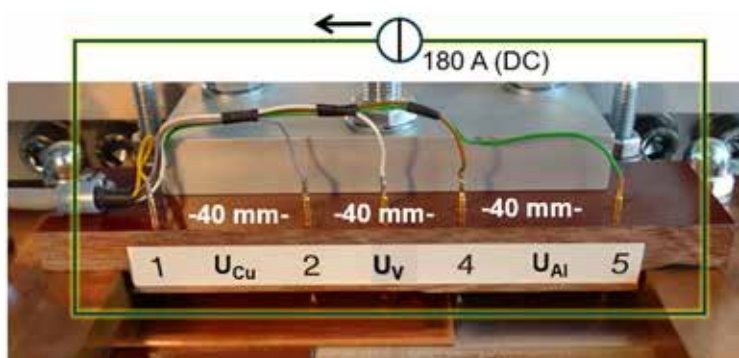
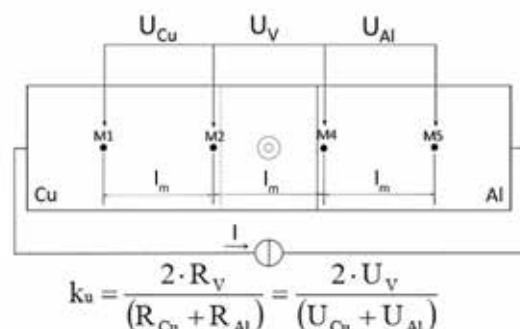
mit dem Walzplattieren erreicht [11], aufgrund der Verdopplung des Leiterquerschnitts bei vollständiger Oberflächenanbindung zwischen Al- und Cu-Oberfläche. Bei gegebener Querschnittsgeometrie der Proben und einer Strombelastung mit 180 A über 10 s findet eine vernachlässigbare Erwärmung bzw. Widerstandserhöhung statt.

Es wurde festgestellt, dass, insofern ein Stoffschluss zwischen Al und Cu vorliegt bzw. die Oxidschichten entfernt werden, die elektrische Güte der Verbindung wenig durch Parametervariation bzw. intermetallische Phasenausbildung beeinflusst wird. Anders verhielt es sich mit der mechanischen Güte der Verbindung. Änderung in den Parametern Strom oder Kraft hatten deutliche Auswirkung auf die Dicke der intermetallischen Phasen und dadurch auf das Versagensverhalten und Bruchkraft bei Zugbelastung der Schweißproben. Aufgrund der gewählten Probengeometrie für die elektrische Prüfung wurden die Proben zerstörend hauptsächlich im Scherzug nach DIN EN ISO 14273 geprüft.

3 Metallografische Betrachtung der intermetallischen Verbindung

Als wissenschaftlicher Konsens gilt, dass intermetallische Verbindungen aufgrund ihrer speziellen Kristallstruktur (Überstruktur) spröder und schlechter elektrisch leitfähig sind als die jeweiligen Grundwerkstoffe der Verbindung bzw. deren Mischkristalle [12]. Je dicker die intermetallische Verbindung, desto ungünstiger sind die technischen Eigenschaften der gesamten Verbindung. Das binäre Phasendiagramm für Al-Cu nach Murray [13], **Bild 3**, zeigt mögliche intermetallische Verbindungen, die bei einer Vermischung von Kupfer mit Aluminium entstehen können. Links im Bild ist ein typischer intermetallischer Phasensaum einer Al-Cu-Widerstandsbuckelschweißung mit den zuvor angegebenen Parametern dargestellt.

In Querschliffen der geschweißten Proben konnten drei Strukturen identifiziert werden: θ -Al₂Cu, Eutektikum und das Aluminiummischkristall α -Al. Die intermetallische Verbindung θ -Al₂Cu mit Stoffmengenanteil an Cu von 32% stellt sich besonders ausgeprägt nach dem Widerstandsbuckelschweißen dar und ist die einzige intermetallische Al-Cu-Verbindung, die in Querschliffen nachgewiesen werden konnte. Der experimentale Nachweis wird im Schlussbericht [9] und einer weiteren zugehörigen Veröffentlichung [14] beschrieben.

Bild 2 • Versuchsstand nach Vier-Leiter-Methode und Formel zur Bestimmung des elektrischen Gütefaktors k_u .

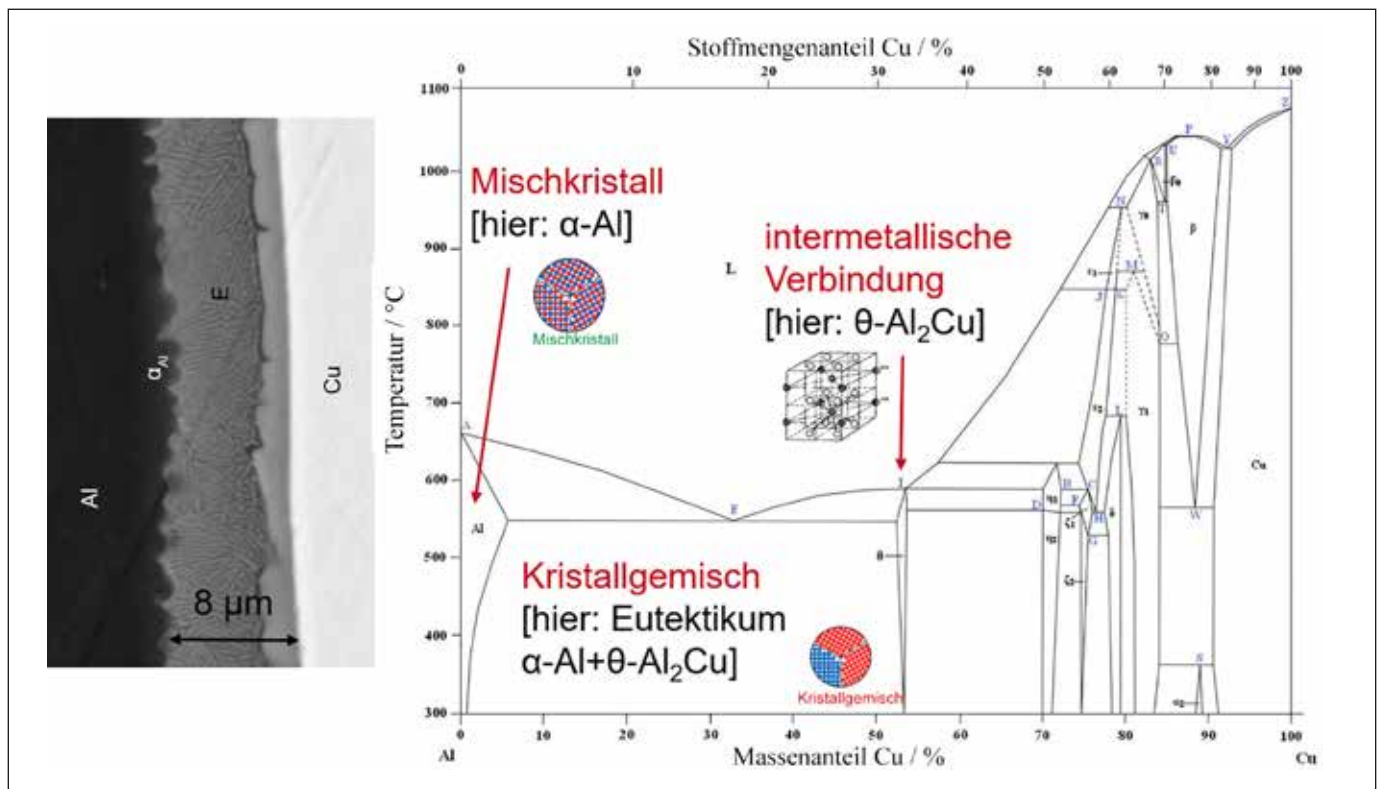


Bild 3 • Binäres Phasendiagramm Al-Cu (rechts) und eine 10.000x REM-Aufnahme im Querschnitt einer Buckelschweißung (links).

Die fingerartige Kristallstruktur wächst ausgehend vom Cu-Buckel in eine eutektische Struktur hinein. Die Dicke der θ -Al₂Cu-Verbindung liegt meistens unter 10 µm. Das entstehende Eutektikum ist eine feine Lamellenstruktur aus der intermetallischen θ -Al₂Cu-Verbindung und dem α -Al-Mischkristall. Bei mit Zinn beschichteten Kupferproben konnte zudem beobachtet werden, dass die niedrigschmelzende Zinnbeschichtung von der

Oberfläche vollständig abgelöst und entweder vollständig verdrängt wird oder sich anteilig im Eutektikum als einzelne Körner ausscheidet. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass durch den hohen Elektrodendruck große Anteile der entstehenden intermetallischen Schmelze neben den Buckel verdrängt werden, wo sie schlussendlich auch verbleiben, **Bild 4**. Hierdurch verbleibt nur ein schmaler restlicher Phasensaum nach dem

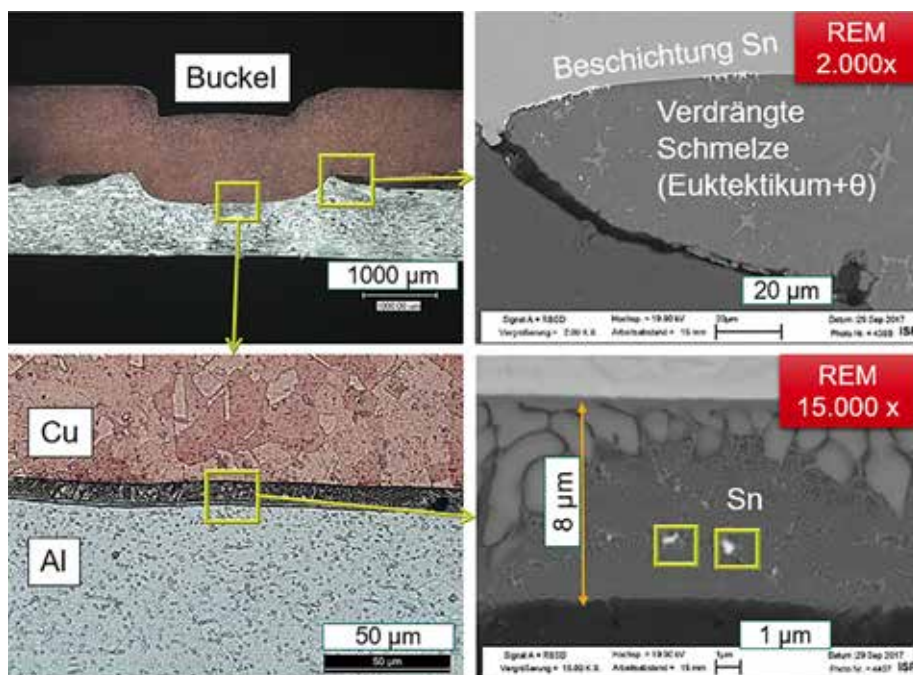


Bild 4 • Mehrfache Vergrößerung der intermetallischen Al-Cu-Verbindung (links und rechts unten) und REM-Aufnahme der verdrängten Schmelze (rechts oben) im Querschnitt einer Buckelschweißung.

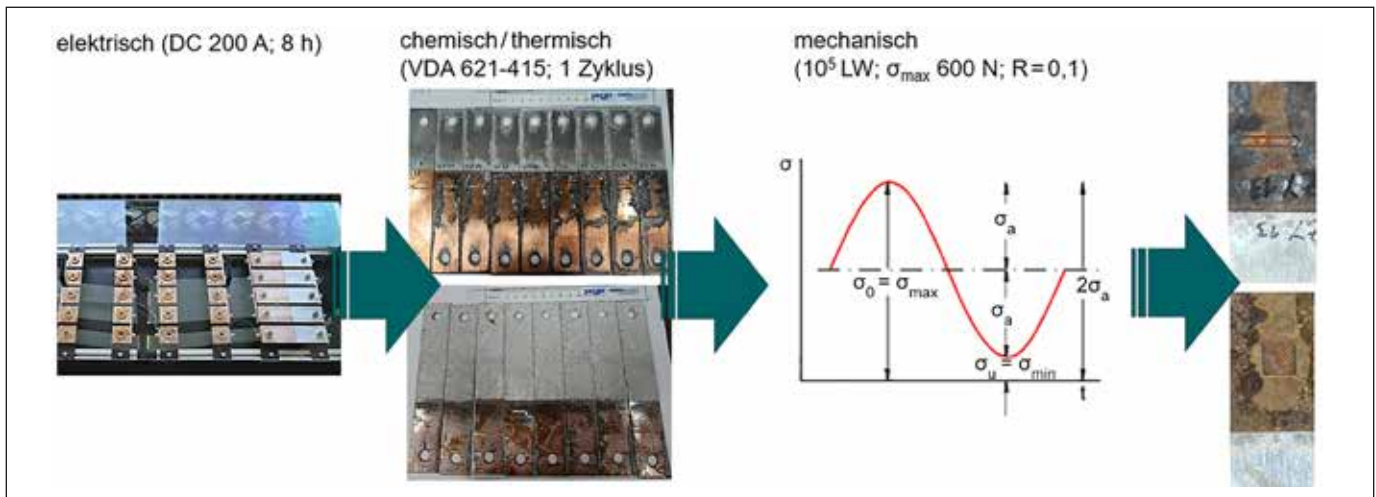


Bild 5 • Alterungszyklus der Schweißproben.

Schweißen in der Fügezone, der nicht von Rissen oder Kavitäten durchzogen wird. Dieser positive Nebeneffekt des Widerstands buckelschweißens kann auch als eine Art „Selbstreinigung“ von überschüssigen intermetallischen Verbindungen bezeichnet werden.

4 Qualität der Verbindung vor und nach einer Alterung der Proben

Um typische Umwelteinflüsse auf die Verbindung zu untersuchen, wurden industrietypische Belastungstests durchgeführt. Hierfür wurden 20 Proben geschweißt

und anschließend elektrisch, chemisch-thermisch und mechanisch beschleunigt gealtert. Die elektrische Alterung erfolgte in einer Vorrichtung in der alle Proben gleichzeitig als eine Reihe von seriellen Widerständen verbunden und für 8 h mit einem konstanten Strom (DC) von 200 A beaufschlagt werden. Die chemische (chemisch-thermische) Alterung erfolgte nach VDA 621.415 als ein aggressiver Korrosionstest. Die abschließende mechanische Alterung erfolgte zerstörungsfrei an einer dynamischen Zug-Druck-Prüfmaschine als eine schwelende (R = 0,1) Schwingbeanspruchung

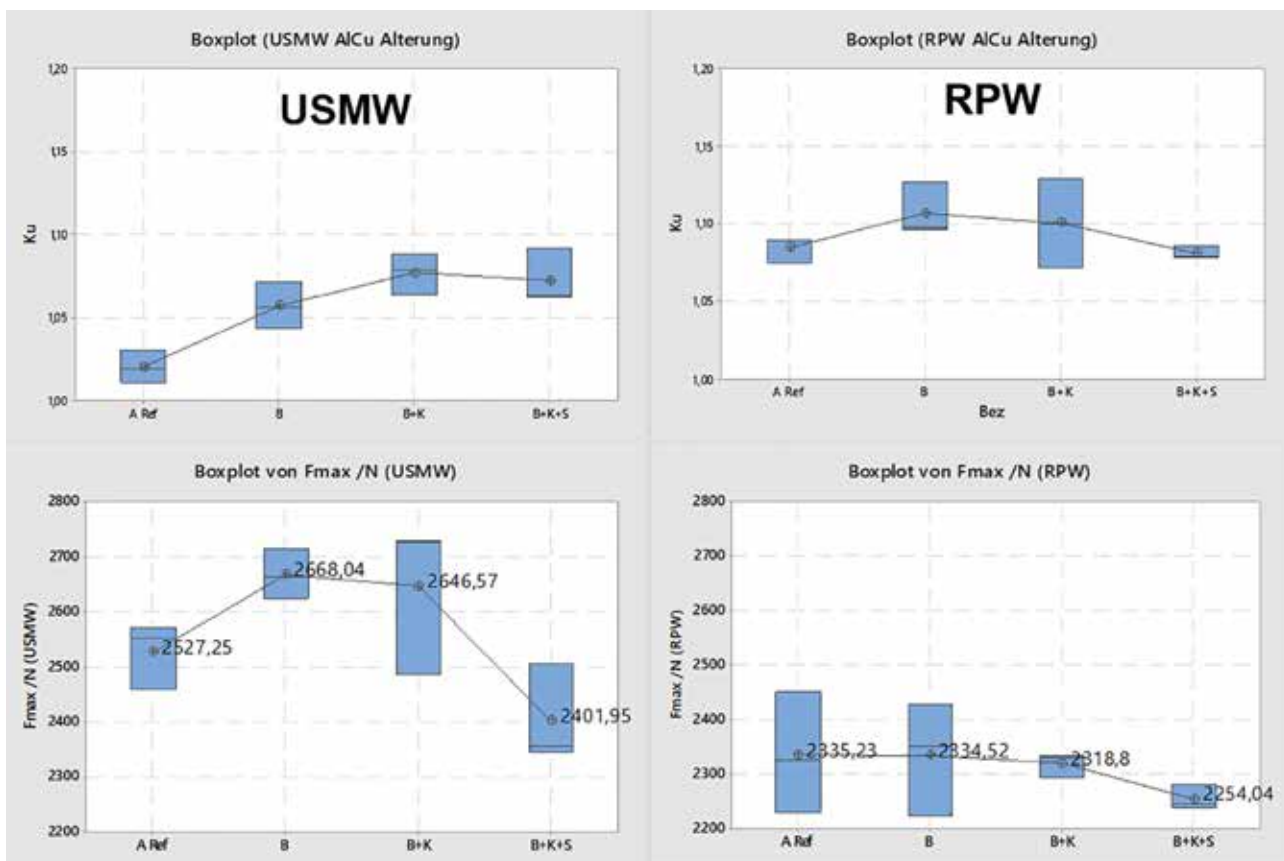


Bild 6 • Ergebnisse der elektrischen (oben) und mechanischen (unten) Prüfung für gealterte Widerstands buckelschweißungen (rechts) und Ultraschallschweißungen (links).

mit 100.000 Wiederholungen und einer Frequenz von 15 Hz bei maximalen oberen Scherzugkraft von etwa 600 N, **Bild 5**.

Neben den mit dem Widerstandsbuckelschweißen erstellten Proben wurden weitere Proben mit den Ultraschallschweißen erstellt. Die Ultraschallschweißvorgänge wurden mit einer 8 mm × 8 mm Sonotrode auf der Kupferseite durchgeführt. Als Parameter wurden 1,5 kN Schweißdruck und 600 Ws Schallenergie bei 100% Amplitude gewählt. Höhere Schweißenergien führten zu einer Beschädigung der weichen Aluminiumproben auf der Ambosseite. Für die stufenweise Auswertung wurden nach jedem Alterungsschritt jeweils fünf Proben entnommen und elektrisch sowie mechanisch geprüft. Die ersten fünf Referenzproben wurden nicht gealtert und unmittelbar nach dem Widerstandsbuckel- bzw. Ultraschallschweißen geprüft.

Bild 6 zeigt die Ergebnisse der elektrischen und mechanischen Prüfung für gealterte Widerstandsbuckelschweißungen und Ultraschallschweißungen. „A Ref“ markiert die Ergebnisse der nicht gealterten Referenzproben, „B“ die Ergebnisse der nur elektrisch gealterten Proben, „B+K“ die Ergebnisse für die elektrisch und chemisch-thermisch gealterten Proben und abschließend „B+K+S“ die Ergebnisse der Proben, die den vollständigen Alterungszyklus, inklusive der mechanischen Schwingbelastung, durchlaufen haben. Die Ergebnisse der elektrischen Prüfung zeigen, dass der Mittelwert des elektrischen Gütefaktors k_u der Widerstandsbuckelschweißungen über den gesamten Alterungszyklus nur knapp zwischen 1,05 und 1,15 schwankt. Die Streuung der Güte ist nach der chemischen Alterung leicht erhöht, stabilisiert sich aber wieder nach der mechanischen Schwingbelastung, vermutlich durch das Ablösen von Korrosionsprodukten. Bezogen auf die mittlere Güte von nicht gealterten Proben kann kein Einfluss des vollständigen Alterungszyklus auf die elektrische Güte der Widerstandsbuckelschweißungen festgestellt werden. Der elektrische Gütefaktor der ultraschallgeschweißten Referenzproben ist um etwa 0,05 besser und zeigt einen leichten Trend zur Verschlechterung durch den Alterungszyklus. Die zuvor elektrisch geprüften Proben wurden abschließend mechanisch-zerstörend geprüft (quasi-statisch; Prüfgeschwindigkeit 25 mm/min). Die Bruchkraft der Scherzugproben ohne Alterung mit durchschnittlich 2,34 kN wird nur unwesentlich durch den vollständigen Alterungszyklus auf durchschnittlich 2,25 kN reduziert. Die Bruchkraft der ultraschallgeschweißten Proben ist bedingt durch die etwas höhere Fügefläche (8 mm × 8 mm zu 2,4 mm × 14 mm) mit durchschnittlich 2,53 kN etwas höher. Anfänglich steigt die Bruchkraft nach der elektrischen und chemischen Alterung und fällt dann nach der abschließenden mechanischen Alterung auf durchschnittlich 2,4 kN. Für eine bessere Abschätzung der elektrischen Leitfähigkeit nach der Alterung, können in **Bild 7** auch die absoluten Messwerte (in mΩ) sowohl der Al-Cu-Verbindung als auch der beiden Grundwerkstoffe abgelesen werden. Zu erkennen ist, dass das Aluminiumgrundwerkstoff durch

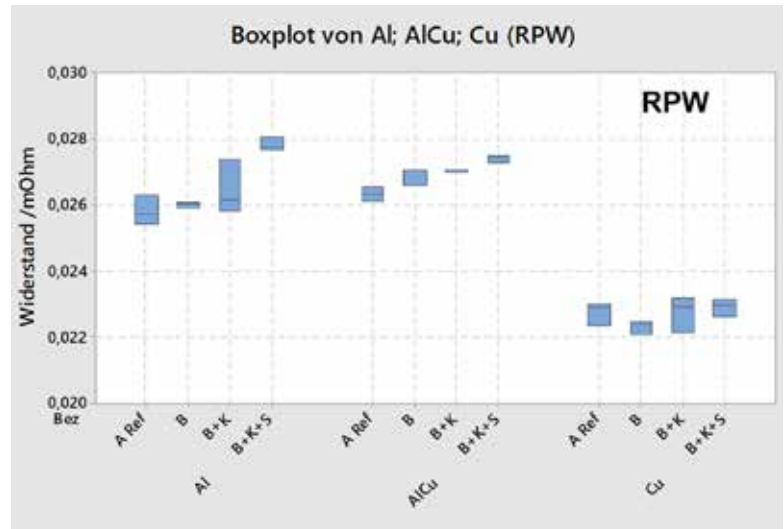


Bild 7 • Widerstandswerte für die stufenweise gealterte Al-Cu-Buckelschweißungen sowie die jeweiligen Grundwerkstoffe Aluminium und Kupfer.

die Alterung eine ähnliche Entwicklung des Widerstands vollzieht wie die intermetallische Al-Cu-Verbindung. Der Kupfergrundwerkstoff hingegen wird nicht durch den Alterungszyklus beeinflusst. Würde nicht der elektrische Gütefaktor k_u Güte als Vergleichskriterium der Entwicklung des Widerstands der Al-Cu-Verbindung im Bezug zum Grundmaterial gebildet werden, würde bei alleiniger Betrachtung der Al-Cu-Messwerte aus der Grafik geschlossen werden, dass die intermetallische Verbindung durch den Alterungszyklus sichtbar verschlechtert. Tatsächlich verschlechtert sich aber nicht die intermetallische Verbindung, sondern das Aluminiumgrundmaterial, welches auch anteilig Bestandteil der Al-Cu-Verbindung ist.

5 Ausblick und Folgerungen für die Praxis

Es konnte gezeigt werden, dass durch die Nutzung von Schweißbuckeln auch das Schweißen von Aluminium und Kupfer durch das Widerstandsschweißen ermöglicht wird. Die Buckel, die im härteren Kupfer eingepreßt werden, zerstören beim Eintauchen in die Aluminiumoberfläche die Oxidschichten und konzentrieren den Schweißstrom ausreichend, um eine Stoffverbindung zwischen Kupfer und Aluminium zu ermöglichen. Der Stoffschluss setzt sich aus einem eutektischen Phasensaum mit großen Anteilen an der intermetallischen Verbindung θ -Al₂Cu zusammen. Trotz des intermetallischen Charakters der Al-Cu-Verbindung können technisch gute und vor allem alterungsstabile elektrische und mechanische Qualitätswerte erzielt werden. Die dünne intermetallische Verbindung hat keinen messbaren Einfluss auf den ohmschen Widerstand der Schweißverbindung und bewegt sich im Widerstandsbereich des Aluminiumgrundwerkstoffs. Teilweise ist dies dadurch möglich, dass der Elektrodendruck große Anteile an der entstehenden intermetallischen Schmelze aus der Fügezone mechanisch verdrängt und nur ein sehr feiner intermetallischer Phasensaum zurückbleibt. Im Vergleich zu ähnlich großen Ultraschallschweißungen

kann das Widerstandsbuckelschweißen fast identische Qualitätswerte erzielen. Zudem können anders als beim Ultraschallschweißen mit Hilfe des Widerstandsbuckelschweißens auch mit Zinn beschichtete Kupferwerkstücke geschweißt werden. Die Zinnbeschichtung hat keine negative Auswirkung auf die Prozessstabilität und wird durch die Wärmeentwicklung beim Schweißen aus der Fügezone entfernt. Somit können auch mit Zinn beschichtete Kupferstecker auf Aluminiumflachleiter geschweißt werden. Die Berechnung eines elektrischen Gütewertfaktors (k_u), der als Quotient den Widerstand der Schweißverbindung zu den Widerständen der beiden Grundwerkstoffe bezieht, ermöglicht es, zuverlässige Aussagen über den tatsächlichen Fortschritt der Alterung der Schweißverbindung zu geben, ohne die Alterung der Grundwerkstoffe außer Acht zu lassen. Grundsätzlich zeigen die Ergebnisse, dass das Widerstandsbuckelschweißen genutzt werden kann, um Werkstücke mit Vollquerschnitten zu schweißen, wenn Kupfer- und Aluminiumwerkstücke in einem Dickenbereich um etwa 1,0 bis 1,5 mm vorliegen. Hierfür können sowohl Mittelfrequenz- als auch Gleichstromquellen älterer Bauart (Dreiphasen-DC) genutzt werden. Die Leistung der Buckelschweißmaschinen sollte einen Strombereich von etwa 40 bis 60 kA für bis zu 120 ms abdecken. Die Elektrodenkraft sollte sich in einem Bereich von 2,5 bis 4,5 kN bewegen, um den harten Kupferbuckel vollständig in die Aluminiumoberfläche eindringen zu lassen und die überschüssige intermetallische Schmelze zu verdrängen.

DANKSAGUNG

Das IGF-Vorhaben Nummer 18.581 N/DVS-Nummer 04.071 der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS, Aachener Str. 172, 40223 Düsseldorf, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Ein besonderer Dank gilt neben dem Fördermittelgeber allen Mitgliedern im projektbegleitenden Ausschuss für die gute Zusammenarbeit sowie die fachliche und technische Unterstützung.



Literatur

- [1] Schneider, R., u. a.: Langzeitverhalten von Aluminium-Kupfer-Verbindungen in der Elektroenergie-technik. Metall 63 (2009), H. 11, S. 591/94.
- [2] Ponweiser, R., u. a.: Re-investigation of phase equilibria in the system Al-Cu and structural analysis of the high-temperature phase η_1 Al₁₁- δ Cu, Intermetallics 19 (2011), H. 11, S. 1737/46, ISSN 0966-9795, DOI: 10.1016/j.intermet.2011.07.007.
- [3] Bergmann, J. P., F. Petzoldt: Möglichkeiten und Perspektiven zum stoffschlüssigen Fügen von Kupfer mit Aluminium – Verbindungen durch Pressschweißverfahren. DVS Berichte Band 275, S. 97/101. DVS Media, Düsseldorf 2011.
- [4] Imaizumi, S.: Welding of aluminium to dissimilar metals. In: Journal of Light Metal Welding & Construction 34 (1996), H. 2, S. 15/27.
- [5] Kaspar, J., u. a.: Challenges in joining aluminium with copper for applications in electro mobility. Materials Science Forum 783/786 (2014), S. 1747/52.
- [6] Zhao, J.-L., u. a.: Effect of immersion Ni Plating on interface microstructure and mechanical properties of Al/Cu bimetal. Science Direct – Trans. Nonferrous Met. Soc. China 24 (2014), S. 1659/65.
- [7] Otten, C., u. a.: Electron beam welding of aluminum to copper: mechanical properties and their relation to microstructure. Welding in the World. 60 (2016), H. 1, S. 21/31, DOI: 2015 10.1007/s40194-015-0280-x.
- [8] Mathivanana, K., u. a.: Laser overlap joining from copper to aluminum and analysis of failure zone. Tagungsbeitrag. Lasers in Manufacturing Conference 2019, München 2019 (<http://hdl.handle.net/10993/40126>).
- [9] Schiebahn, A., u. a.: Untersuchungen zum Widerstandsbuckelschweißen zur Erzeugung elektrischer Al-Cu-Kontak-tierungen. Schlussbericht. Forschungsvorhaben IGF-Nr. 18.581 N/DVS-Nr. 04.071. RWTH Aachen 2019.
- [10] Böhme, H.: Mittelspannungstechnik. Schaltanlagen berechnen und entwerfen. 2. Auflage. Huss Medien, Berlin 2005. ISBN: 3-341-01495-0.
- [11] Schmidt, P. A.: Laserstrahlschweißen elektrischer Kontakte von Lithium-Ionen-Batterien in Elektro- und Hybridfahrzeugen. Forschungsberichte IWB Bd. 304, S. 112/115. Utz Verlag, München 2015, ISBN 9783831645190.
- [12] Nakamura, M.: Fundamental properties of intermetallic compounds. MRS Bulletin 20 (1995), H. 8, S. 33/39.
- [13] Murray, J. L.: The aluminium-copper system. International Metals Reviews 30 (1985), H.1, S. 211/34.
- [14] Gintrowski, G.: Characteristics of resistance projection-welded aluminum-copper interconnects. Welding in the World 63 (2019), H.6, S. 1593/99, DOI: 10.1007/s40194-019-00794-1.

Großer Atlas Schweiß-ZTU-Schaubilder: Hilfe bei der Lösung von Problemen der Wärmeführung beim Schweißen von Stählen

Wer sich beruflich mit dem Schweißen von Stählen befasst, findet in diesem Atlas über 200 Schaubilder zur Schweiß-Zeit-Temperatur-Umwandlung, mit denen sich viele Fragen bei Problemen der Wärmeführung von Stahl beantworten lassen.

Die Schaubilder geben Auskunft über Vorwärmtemperaturen, über Abkühlgeschwindigkeiten, Grenzabkühlzeiten und Abkühlzeitkonzepte, über die anzuwendende Streckenenergie, die Parameter einer Kurzzeitwärmenachbehandlung, die Wärmewirkung von Zwischenlagentemperaturen oder auch die erreichbaren mechanisch-technologischen Kennwerte in der Wärmeeinflusszone oder im Schweißgut.

Dank dieser umfangreichen Informationen lassen sich mit Schweiß-ZTU-Schaubildern nicht nur Werkstoffe und Schweißverfahren auswählen, sondern beispielsweise auch Schweißdaten ermitteln und die Schweißbeignung von Stählen bereits bei der Stahlientwicklung beurteilen.

Die vorliegende, 2. Auflage des Großen Atlas mit Schweiß-ZTU-Schaubildern bringt die Inhalte der ersten Ausgabe aus dem Jahr 1992 in die Gegenwart. Die Schaubilder-Sammlung wurde um mehr als 90 Bilder ergänzt.

Der Große Atlas der Schweiß-ZTU-Schaubilder ist ein praktisches Hilfsmittel für Ingenieure, Mitarbeiter von Stahlwerken, technische Überwachungsbehörden, wissenschaftliche Institute sowie für Konstruktions- und technologische Abteilungen von stahlverarbeitenden Betrieben.

Seyffarth, P.; Meyer, B.; Scharff, A.
Großer Atlas Schweiß-ZTU-Schaubilder

2., aktualisierte und erweiterte Auflage 2018
284 Seiten
Artikel-Nr.: 104010
ISBN: 978-3-96144-010-8
Preis: 96,00 Euro



Additiv gefertigte Bauteile erfolgreich kleben – Teil 2: Konstruktive Maßnahmen zur Steigerung der Klebfestigkeit

Wie in Teil 1 des Beitrags (SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN 12/2019) dargestellt, kann das Kleben eine geeignete Füge-technologie für additiv gefertigte Bauteile sein. Im Teil 2 werden konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der Klebeignung der Bauteile aus schwer klebbaren Kunststoffen am Beispiel von Polypropylen beschrieben. Für die Untersuchungen wurde das Verfahren der Materialeextrusion eingesetzt. Es werden die Einbringung von oberflächennahen Verankerungsstrukturen, die Füllgradvariation und die Integration einer Fügefläche aus Acrylnitril-Butadien-Styrol betrachtet. Die im Zugscherversuch erzielten Ergebnisse werden mit denen für die unbehandelten und plasmavorbereiteten Prüfkörpern verglichen.

1 Einleitung

Die additive Fertigung erlaubt neben der Herstellung von Prototypen auch eine direkte Fertigung von Endprodukten und wird beispielsweise in der Luftfahrt zur Realisierung von Leichtbaustrukturen eingesetzt [1]. Aufgrund der werkzeuglosen Fertigung sowie der erweiterten konstruktiven Freiheiten im Vergleich zu konventionellen Fertigungsverfahren, wie abtragenden Verfahren, bieten additive Fertigungsverfahren dem Produktentwickler neue Möglichkeiten in der Bauteilgestaltung. Restriktionen wie Hinterschneidungen oder Hohlräume existieren für additiv gefertigte Bauteile nur bedingt [2]. Aufgrund der einfachen Handhabung und der großen Auswahl an thermoplastischen Kunststoffen hat sich unter anderem das additive Fertigungsverfahren der Materialeextrusion, auch „Fused Layer Modeling“ (FLM) genannt, zur direkten Herstellung funktionsfähiger Bauteile etabliert [3; 4]. Infolge der vergleichsweise hohen Kosten ist ein Einsatz additiv gefertigter Bauteile jedoch nur dort sinnvoll, wo ein konkreter Nutzen durch die Gestaltungsfreiheit erzielt werden kann oder das Abbilden geringer Stückzahlen erforderlich ist. Hierdurch ergibt sich ein Bedarf an geeigneten Füge-technologien zur Integration additiv gefertigter Bauteile in mit konventionellen Fertigungsverfahren hergestellte Produkte. Die Technologie des Klebens erlaubt eine hohe Variabilität innerhalb der Gestaltung der Fügezonengeometrie sowie eine Kombination von unterschiedlichen Werkstoffen. Hierfür ist jedoch eine ausreichende Benetzbarkeit erforderlich [5], sodass zum Beispiel bei Polypropylen (PP) aufgrund der geringen Oberflächenenergie eine Klebeignung ohne Zusatzmaßnahmen, beispielsweise durch eine Plasmavorbereitung, nicht gegeben ist [6]. Im Rahmen der im Beitrag vorgestellten Untersuchungen wurden daher konstruktive Maßnahmen entwickelt und im Hinblick auf eine Steigerung der Klebfestigkeit ohne zusätzliche Vorbehandlungsmaßnahmen für die Materialeextrusion am Beispiel von PP untersucht. Neben der Einbringung

DIE AUTOREN



Dr.-Ing. Hagen Watschke

Leiter der Arbeitsgruppe Additive Fertigungstechnologien am Institut für Konstruktionstechnik der Technischen Universität Braunschweig
h.watschke@tu-braunschweig.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=400107



Dr.-Ing. Eiko Türck

Leiter der Arbeitsgruppe Leichtbau und hybride Bauweisen am Institut für Konstruktionstechnik der Technischen Universität Braunschweig
www.schweissenundschneiden.de/?id=400109



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor

Leiter des Instituts für Konstruktionstechnik der Technischen Universität Braunschweig
t.vietor@tu-braunschweig.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=400110



Vitali Fischer, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Füge- und Schweißtechnik der Technischen Universität Braunschweig
www.schweissenundschneiden.de/?id=400108



Dipl.-Chem. Elisabeth Stammen

Abteilungsleiterin Kleben und mechanisches Fügen am Institut für Füge- und Schweißtechnik der Technischen Universität Braunschweig
e.stammen@tu-braunschweig.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=289775



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Klaus Dilger

Leiter des Instituts für Füge- und Schweißtechnik der Technischen Universität Braunschweig
k.dilger@tu-bs.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=200754

STICHWÖRTER

additive Fertigung, Festigkeit, Kleben, Werkstofffragen

von formschlüssigen Verankerungsstrukturen wurde die Möglichkeit der Kombination mehrerer Werkstoffe innerhalb eines Bauteils betrachtet, bei der eine

Fügefläche aus Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) in einen Grundkörper aus PP eingebracht wird.

2 Stand der Technik

Im Vergleich zu konventionellen Fertigungsverfahren wird bei der additiven Fertigung ein Bauteil nicht durch das Abtragen von Werkstoff erzeugt oder durch das Umformen eines Halbzeugs hergestellt, sondern schichtweise durch das Hinzufügen von Werkstoff aufgebaut. Die Schichten werden direkt aus einem digitalen dreidimensionalen Modell im sogenannten „Slicing“-Prozess generiert. Dabei wird das Bauteil virtuell in horizontale Schichten zerlegt und die Pfade für die jeweilige Einzelschicht abhängig von der Bauteilkontur festgelegt [1; 7].

2.1 Verfahrensprinzip der Materialextrusion

Die Materialextrusion ist eines der am häufigsten eingesetzten additiven Fertigungsverfahren und bietet eine

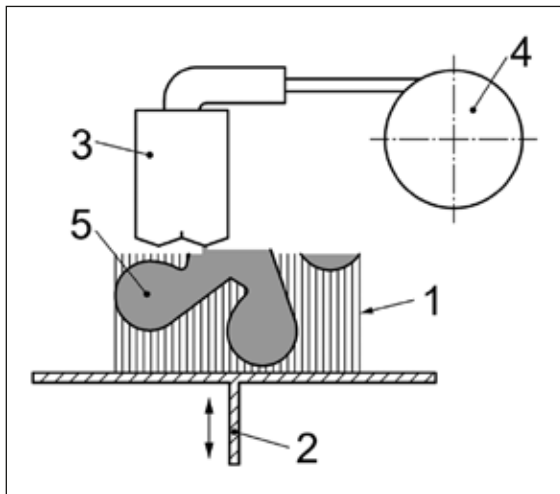


Bild 1 • Verfahrensprinzip der Materialextrusion nach DIN EN ISO 17296-2 [8] (1 Stützkonstruktion, 2 Bauplattform und Aufzug, 3 beheizte Düse, 4 Ausgangswerkstoffversorgung, 5 Produkt).

große Werkstoffpalette an thermoplastischen Kunststoffen. In **Bild 1** ist das Verfahrensprinzip schematisch dargestellt. Der Werkstoff wird über Vorschubrollen zum Extrusionskopf transportiert, aufgeschmolzen und anschließend über eine Düse strangförmig ausgetragen. Ein stoffschlüssiger Schichtverbund in der Bauebene und -richtung entsteht anschließend durch ein An- bzw. Aufschmelzen der benachbarten Stränge infolge der eingebrachten thermischen Energie. Durch das Absenken der Bauplattform in Baurichtung wird das Bauteil sukzessive durch das Hinzufügen von Einzelschichten generiert. Wird ein spezifischer Überhangwinkel (in der Regel 45°) unterschritten, sind Stützstrukturen erforderlich, welche nachträglich mechanisch oder chemisch entfernt werden müssen [3; 8].

2.2 Mechanische Verankerungsstrukturen zur Steigerung der Klebfestigkeit

Die Gestaltungsfreiheit der additiven Fertigung ermöglicht eine gezielte Anpassung der Fügeflächen, um beispielsweise durch mechanische Verankerungsstrukturen eine Steigerung der Klebfestigkeit zu erreichen. Schmidt et al. [9] demonstrieren die Nutzung von hinterschnittigen Strukturen zur Steigerung des Biegeschälwiderstands von Klebverbindungen nach DIN 54461 durch die Erzeugung einer formschlüssigen Verbindung. Durch die Einbringung von Verankerungsstrukturen nach dem Feder-Nut-Prinzip konnte für Polylactide (PLA) und Polyamid (PA) unter Verwendung eines zweikomponentigen (2K) Epoxydharzes eine Steigerung der mittleren Schälkraft im Vergleich zu einer Vorbehandlung mit Niederdruckplasma erreicht werden. Die Gestaltungsfreiheit der additiven Fertigung in Bezug auf dreidimensionale, gradierte gitterförmige Strukturen (siehe zum Beispiel [10]) oder auch die Möglichkeit des Multi-Material-Drucks wurden bisher noch nicht in Bezug auf die Beeinflussung der Klebfestigkeit untersucht.

ABSTRACT

Effective bonding of additively manufactured parts – Part 2: Design features to increase the bond strength

Part 1 of this paper (SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN 12/2019) described adhesive bonding as a suitable joining technology for additively manufactured parts. Part 2 uses polypropylene to investigate design features to improve the adhesion of specimens made of difficult-to-adhere polymers. The focus is on the incorporation of near-surface interlocking features and integration of a joining surface made of acrylonitrile-butadiene-styrene. Material extrusion is

used for the investigations. The results obtained are compared in the single-lap shear test with untreated and plasma pre-treated specimens.

KEYWORDS

additive manufacturing, strength, adhesive bonding, material questions

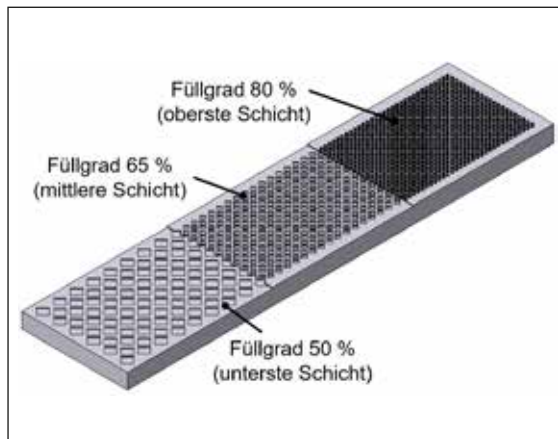


Bild 2 • Schematische Darstellung der Füllgradvariation bei einer Zugscherprobe.

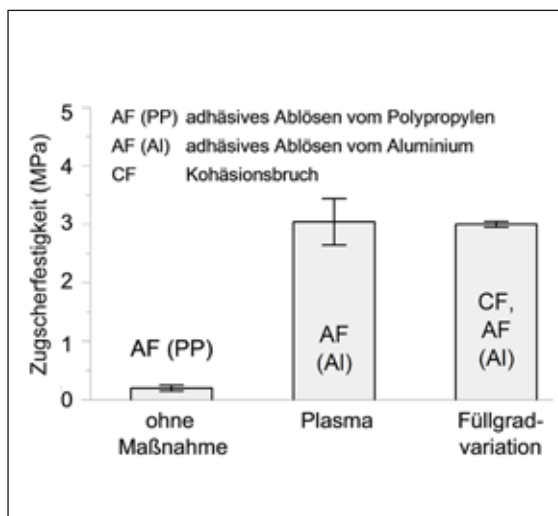


Bild 3 • Effekt der Füllgradvariation auf die Zugscherfestigkeit.

3 Werkstoff und Methoden

3.1 Fertigungsanlage, Werkstoffe, Klebstoff

Zur Herstellung der Proben durch Materialextrusion wurde eine Anlage verwendet, welche über ein Doppelpextrusionssystem verfügt. Hierdurch wird einerseits die Verwendung unterschiedlicher Düsendurchmesser (0,25 mm und 0,4 mm) zur Generierung filigraner Verankerungsstrukturen (Zellengeometrien #1 und #2, Abschnitt 4.2) ermöglicht und andererseits die Kombination unterschiedlicher Werkstoffe innerhalb eines Fertigungsprozesses realisierbar (Abschnitt 4.3). Im Rahmen der letzteren Untersuchungen wurde ein PP [11] und ein ABS [12] verwendet. Ohne zusätzliche Vorbehandlungsmaßnahmen ist das PP nur in wenigen Ausnahmefällen zum Kleben geeignet, wobei dann speziell formulierte Klebstoffe zum Einsatz kommen müssen (siehe Bild 3).

Zum Kleben der FLM-Proben wurde ein 2K-Polyurethan eingesetzt. Das verwendete Klebstoffsystem hat eine Zugfestigkeit von etwa 10 MPa. Die Klebschichtdicke betrug bei allen Proben 250 bis 300 µm und wurde mithilfe von Glasperlen eingestellt. Die mechanischen Verankerungsstrukturen (Abschnitte 4.1 und 4.2) wurden dabei vollständig mit Klebstoff ausgefüllt. Nach dem

Kleben wurden die Proben unter Laborbedingungen für sieben Tage ausgehärtet.

3.2 Prüfkörper und Methode

Die Wirksamkeit der Maßnahmen zur Steigerung der Klebfestigkeit der additiv gefertigten Proben wurde in Anlehnung an die DIN EN 1465 untersucht. Die Geometrie der additiv gefertigten Fügeteile wurde auf 70 mm × 25 mm × 6 mm festgelegt. In Voruntersuchungen hat sich gezeigt, dass sich die Proben während der Zugscherprüfung aufbiegen, sodass diese auf der Unterseite durch Aluminiumbleche (70 mm × 25 mm × 2 mm) verstärkt wurden. Als Fügepartner wurden Proben aus Aluminiumlegierung (AlMg3, 100 mm × 25 mm × 1,5 mm) eingesetzt, welche mit dem Druckguss-Verfahren hergestellt, mit Korund vorbehandelt und mit Isopropanol gereinigt wurden. Ein Prüflos umfasste fünf Fügeverbindungen. Die durch Kleben gefügten Proben wurden mit einer elektromechanischen Universalprüfmaschine unter Verwendung einer Kraftmessdose von 10 kN geprüft. Die Prüfgeschwindigkeit betrug 2 mm/min.

4 Ergebnisse

Die konstruktiven Freiheiten der additiven Fertigung bieten zahlreiche Möglichkeiten, um die Klebeigenschaften von Bauteilen zu verbessern. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die folgenden drei Maßnahmen entwickelt und untersucht:

- Füllgradvariation (siehe Bild 2, Abschnitt 4.1),
- dreidimensionale Gitterstrukturen (siehe Bild 4, Abschnitt 4.2),
- Multi-Material-Druck (siehe Bild 6, Abschnitt 4.3).

Die Prüfkörper für die Versuche wurden aus PP bzw. aus einer Kombination von PP und ABS hergestellt. Aufgrund der schlechten Klebeignung des Polypropylen war eine Beurteilung der Verbesserungsmaßnahmen im Vergleich zu den unbehandelten Proben sowie zu den plasmabehandelten Proben gut möglich. Zur Ermittlung von Referenzwerten wurde daher eine Versuchsreihe ohne jegliche Zusatzmaßnahmen und eine Versuchsreihe mit einer Vorbehandlung mit Atmosphärendruckplasma durchgeführt. Für die Plasmavorbehandlung wurde der Abstand zur Substratoberfläche auf 10 mm und die Geschwindigkeit auf 50 mm/s festgelegt [6]. Diese Einstellungen konnten zuvor in Voruntersuchungen (Teil 1 dieses Beitrags) als optimal für diesen Werkstoff ermittelt werden.

4.1 Füllgradvariation

Durch eine Variation des Füllgrads in Baurichtung konnten mechanische Verankerungsstrukturen erzeugt werden, die sich positiv auf das Klebverhalten auswirken. Zu diesem Zweck wurde der Füllgrad der zwölf oberen Schichten der Prüfkörper jeweils von oben nach unten auf einen Füllgrad von 80%, 65% und 50% reduziert, Bild 2. Die Schichthöhe wurde zu 0,2 mm gewählt, sodass der Füllgrad im Abstand von vier Schichten variiert wurde. Durch die in Bild 2 schematisch dargestellte

Maßnahme der Füllgradvariation entsteht eine hinter-schnittige Struktur, in die der Klebstoff eindringen kann. Nach dem Aushärten des Klebstoffs bildet sich eine formschlüssige Verbindung aus.

In **Bild 3** ist der Effekt der Füllgradvariation auf die Zugscherfestigkeit im Vergleich zu den Versuchsreihen ohne Vorbehandlung und nach einer Plasmavorbehandlung dargestellt. Durch diese konstruktive Maßnahme kann die Klebfestigkeit unter Zugscher-Beanspruchung gegenüber der unbehandelten Probenreihe deutlich gesteigert werden, sodass sie in etwa auf dem Niveau der plasmavorbehandelten Proben liegt. Im Bruchbild ist ein Mischversagen mit überwiegend kohäsiven Anteilen in der Klebschicht sowie einem adhäsiven Ablösen vom Aluminiumfügeteil zu erkennen. Die geringe Standardabweichung der Ergebnisse deutet darauf hin, dass die Füllgradvariation eine gute Reproduzierbarkeit und somit eine gute Tauglichkeit für die industrielle Praxis aufweist.

4.2 Dreidimensionale Gitterstrukturen

Die Konstruktion von dreidimensionalen Gitterstrukturen bietet in Kombination mit den Freiheiten der additiven Fertigung eine Vielzahl an Möglichkeiten im Hinblick auf deren Gestaltung, zum Beispiel bezüglich der Festlegung der Zellengeometrie, des Stabdurchmessers oder der Zellenanzahl. Die Erzeugung der Gitterstrukturen erfolgte mithilfe von generativen Algorithmen, sodass eine parametrische Erzeugung der Strukturen mit unterschiedlichen Ausprägungen und Geometrien teilautomatisiert erfolgen konnte. Zudem war es so möglich, Auflösungsgrenzen durch die Festlegung von Grenzwerten in Bezug auf die minimalen Stabdurchmesser zu berücksichtigen. Die additiv gefertigten Probenkörper wurden durch Doppelextrusion hergestellt. Der Grundkörper wurde mit einer Düse mit einem Durchmesser von 0,4 mm aufgebaut. Die Gitterstrukturen wurden hingegen mit einer Düse mit einem Durchmesser von 0,25 mm erzeugt. Somit konnten geringere Wanddicken mit einer minimalen Auflösung von bis zu 0,5 mm realisiert werden. Im Rahmen dieser Versuchsreihe wurden die in **Bild 4** dargestellten Variablen bzw. Einflussfaktoren untersucht: Zellengeometrie, Zellenanzahl und Gradient des Stabdurchmessers. Die Graduierung erfolgte in Richtung der Krafteinleitung und in Baurichtung.

Als Zellengeometrie wurde eine kubisch-raumzentrierte Zelle (#1) und ein Dodekaeder (#2) eingesetzt, **Bild 4** oben. Bei der Applikation des Klebstoffs wurde insbesondere darauf geachtet, dass die Fügefläche bzw. die Hohlräume innerhalb der Gitterzellen vollständig mit Klebstoff ausgefüllt wurden. Andernfalls können Poren innerhalb der Klebschicht entstehen, die zu einer Schwächung der Verbindung führen.

Der Stabdurchmesser war in Kraft- und Baurichtung gradiert, wobei dieser in Baurichtung abnimmt. Hierdurch wurde eine feste Anbindung der Verankerungsstrukturen an den Grundkörper erreicht und gleichzeitig eine möglichst große Oberfläche für den Klebstoff an der

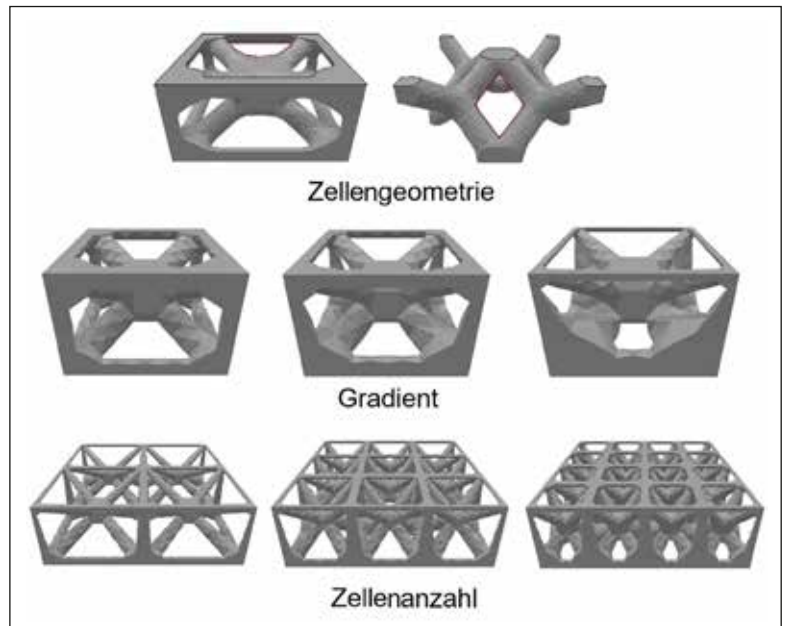


Bild 4 • Möglichkeiten zur Erzeugung von dreidimensionalen Gitterstrukturen.

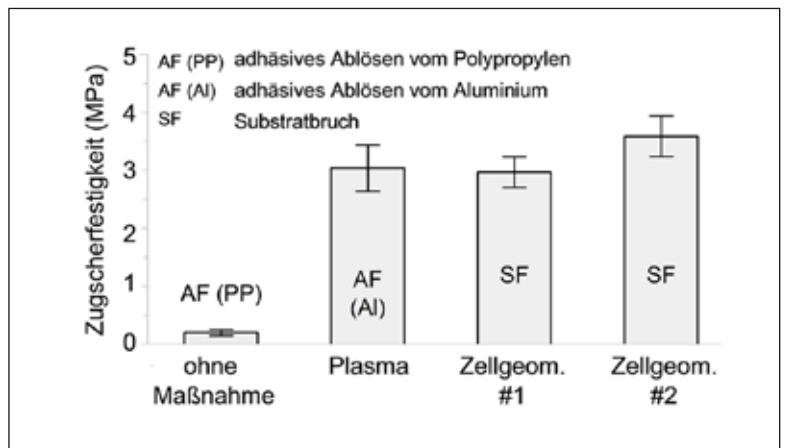


Bild 5 • Ergebnisse der Versuchsreihen mit dreidimensionalen Gitterstrukturen.

Probenoberseite geschaffen. Die Zellenanzahl wurde auf $2 \times 3 \times 1$ (Länge \times Breite \times Höhe) festgelegt.

In **Bild 5** sind die Ergebnisse der Zugscherprüfung für die beiden unterschiedlichen Zellengeometrien im Vergleich zu den Referenzwerten gezeigt. Die Zugscherfestigkeit der Proben mit der Zellengeometrie #2 ist dabei sogar höher als der plasmavorbehandelten Proben, was für die Effektivität der Maßnahme und den großen Gestaltungsspielraum spricht. Insgesamt ist die Festigkeit der Fügeverbindung bei beiden Zellengeometrien so hoch, dass sich die PP-Fügeteile von der Aluminiumverstärkung auf der Unterseite lösen und es dadurch zu einem Fügeteilversagen kam. Somit konnte in diesen Versuchsreihen das volle Potenzial dieser konstruktiven Maßnahme nicht ausgeschöpft werden.

In weiteren Versuchsreihen [13], welche hier nicht dargestellt sind, konnte festgestellt werden, dass die maximal übertragbaren Kräfte auch von der Wahl der Zellenanzahl und von dem Gradienten des Stabdurchmessers beeinflusst werden. Hieraus ergeben sich weitere Forschungsbedarfe, um eine belastungsangepasste

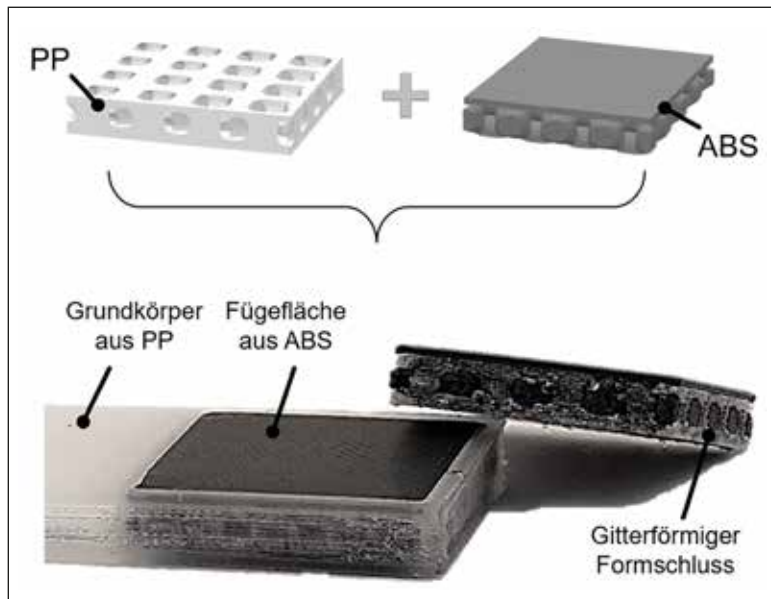


Bild 6 • Darstellung einer mithilfe des Multi-Material-Drucks hergestellten Zugscherprobe; Grundkörper aus PP und Fügefläche aus ABS (schwarz).

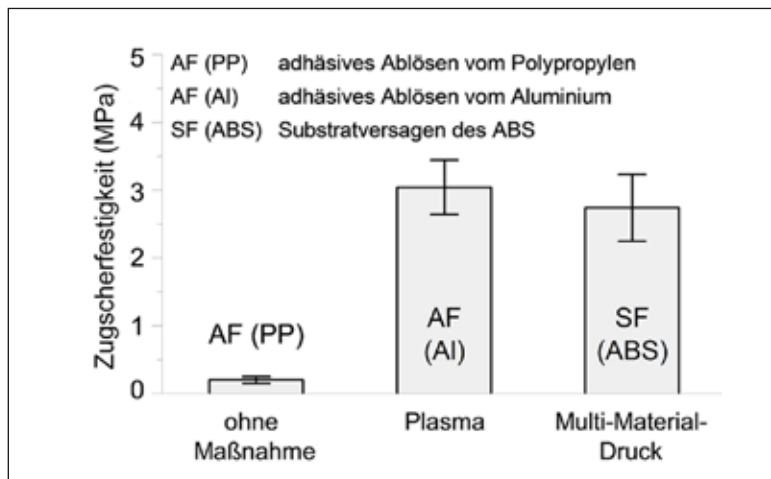


Bild 7 • Ergebnisse der Zugscherversuche mit Multi-Material-Druck-Proben.

Gestaltung der dreidimensionalen Gitterstrukturen zu erreichen und die Gestaltungsfreiheit der additiven Fertigung gezielt ausnutzen zu können.

4.3 Multi-Material-Druck

Ein wesentlicher Vorteil des FLM-Verfahrens gegenüber anderen additiven Fertigungsverfahren ist die Möglichkeit zur Herstellung von Bauteilen aus einer Kombination von mehreren Materialien, ohne dass hierzu ein zusätzlicher Füge- oder Montageprozess erforderlich ist. Hierfür sind lediglich mehrere Extruder in der Fertigungsanlage notwendig. In den hier beschriebenen Untersuchungen wurde ein ABS verwendet, um in den Grundkörper aus PP eine Fügefläche zu integrieren. Da diese beiden Werkstoffe grundsätzlich keine Kompatibilität aufweisen, wurden sie konstruktiv durch einen gitterförmigen Formschluss miteinander verbunden, Bild 6.

Bild 7 zeigt das Ergebnis der Zugscherversuche für die Proben, welche mittels Multi-Material-Druck (MMD) hergestellt wurden im Vergleich zu den Referenzwerten des unbehandelten und des plasmavorbehandelten Prüfloses. Im Vergleich zu den Maßnahmen der Füllgradvariation (Abschnitt 4.1) und der dreidimensionalen Gitterstrukturen (Abschnitt 4.2) sind die Festigkeitswerte zwar etwas geringer, dennoch zeigen sie, dass mithilfe von MMD eine signifikante Steigerung der Zugscherfestigkeit der Fügeverbindung erzielt werden kann. Die Multi-Material-Prüfkörper versagen vorwiegend innerhalb der ABS-Struktur durch einen Füge teilbruch, wodurch die maximal übertragbare Kraft limitiert wird.

Der Grund für die geringeren Festigkeitswerte innerhalb der ABS-Struktur könnte in dem beim MMD erforderlichen Extruderwechsel begründet sein. Dadurch kann es zum einen zu einer Unterextrusion in den Ansatzpunkten kommen, wodurch Kerben oder Poren entstehen, die wiederum zu einem frühzeitigen Substratversagen führen. Zum anderen kühlen die bereits erzeugten Schichten während des Extruderwechsels infolge der längeren Fertigungsdauer stärker ab, was in einer geringeren Festigkeit in Baurichtung resultieren kann. Durch eine Anpassung der formschlüssigen Verbindung zwischen dem ABS und dem PP kann die maximal übertragbare Kraft wahrscheinlich gesteigert werden. Hierzu sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, die nicht Gegenstand dieser Arbeit waren.

5 Ausblick und Schlussfolgerungen

In dem vorliegenden Beitrag sind am Beispiel von Polypropylen unterschiedliche konstruktive Maßnahmen zur Steigerung der Klebfestigkeit – speziell für das FLM-Verfahren – aufgezeigt worden, welche die konstruktiven Freiheiten der additiven Fertigung gezielt nutzen. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass durch die Maßnahmen der Füllgradvariation, der Integration von dreidimensionalen Gitterstrukturen und des Multi-Material-Drucks Zugscherfestigkeiten erreicht werden können, die auf dem Niveau der mit Atmosphärendruckplasma vorbehandelten Probekörper liegen. Die erzielten geringen Standardabweichungen der Ergebnisse zeigen darüber hinaus die Tauglichkeit für die industrielle Praxis auf.

Zukünftige Forschungsarbeiten sollten sich auf eine gezielte Auslegung der untersuchten konstruktiven Maßnahmen fokussieren, um die Gestaltungsmöglichkeiten der additiven Fertigung zur Steigerung der Klebfestigkeit umfänglich auszunutzen. Auf diese Weise kann die Notwendigkeit einer Oberflächenvorbehandlung umgangen bzw. Alternativen hierzu geschaffen werden. Vor allem die Möglichkeit der Herstellung dreidimensionaler, gradierter Gitterstrukturen bietet ein großes Potenzial zur Erzeugung mechanischer Verankerungsstrukturen, welche an den jeweiligen Belastungsfall und die Fügezonengeometrie angepasst werden können.

DANKSAGUNG

Das IGF-Vorhaben Nummer 19.206 N/DVS-Nummer 08.104 der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS, Aachener Str. 172, 40223 Düsseldorf, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Literatur

- [1] Wohlers Associates (Hrsg.): Wohlers Report 2018 – 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry: Annual Worldwide Progress Report. Wohlers Associates, Fort Collins 2018. ISBN: 978-0-9913332-4-0.
- [2] Gebhardt, A.: Additive Fertigungsverfahren – Additive Manufacturing und 3D Drucken für Prototyping – Tooling – Produktion, 5. Aufl. Carl Hanser Verlag, München 2016. ISBN: 978-3-446-44401-0.
- [3] VDI-Richtlinie 3405 Blatt 3.4, Entwurf: Additive Fertigungsverfahren – Gestaltungsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Materialextrusionsverfahren (Ausgabe Juli 2019).
- [4] Fischer, A., S. Gebauer, E. Khavkin: 3D-Druck im Unternehmen – Entscheidungsmodelle, Best Practices und Anwendungsbeispiele. Am Beispiel Fused Layer Modeling (FLM), 1. Aufl. Carl Hanser Verlag, München 2018. ISBN: 978-3-446-44008-1.
- [5] Habenicht, G.: Kleben: Grundlagen, Technologie, Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin 2009. ISBN: 978-3-540-85266-7.
- [6] Doobe, M.: Kunststoffe erfolgreich kleben – Grundlagen, Klebstofftechnologien, Best-Practice-Beispiele, 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg, Wiesbaden 2018. ISBN: 978-3-658-18444-5.
- [7] Grund, M.: Implementierung von schichtadditiven Fertigungsverfahren. Springer-Verlag, Berlin, 2015. ISBN: 978-3-662-44266-1.
- [8] DIN EN ISO 17296-2 „Additive Fertigung, Grundlagen – Teil 2: Überblick über Prozesskategorien und Rohmaterialien“ (Ausgabe Dezember 2016).
- [9] Schmidt, W., G. Jacobs, Y. Yang, M. Löwer (Hrsg.): Festere Klebeverbindungen durch Flächenstrukturierung additiv gefertigter Teile. Tagungsbd. 14. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik: Traditio et Innovatio – Entwicklung und Konstruktion, 6. – 7. Oktober 2016, Rostock., S. 155/64. Shaker Verlag, Aachen 2016. ISBN: 978-3-8440-4732-5.
- [10] Li, D., u. a.: Optimal design and modelling of gyroid-based functionally graded cellular structures for additive manufacturing. Computer-Aided Design 104 (November 2018), S. 87/99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cad.2018.06.003>.
- [11] Ultimaker BV (Hrsg.): Technisches Datenblatt PP. Version 1.006, 2017. [online] <https://ultimaker.com/download/67834/TDS%20PP%20v1.006-ger-DE.pdf> [Zugriff: 26.08.2019].
- [12] Innofil3D BV (Hrsg.): Technical data sheet – ABS by Innofil3D BV, Version No.: 2.0, 2016. [online] <https://www.innofil3d.com/wp-content/uploads/2016/05/TDS-Innofil3D-ABS-160609.pdf> [Zugriff: 26.08.2019].
- [13] Watschke, H., H. Gruhn, V. Fischer, T. Vietor: Verbesserung der Klebeignung von Polypropylen durch additive gefertigte Oberflächenstrukturen und Multi-Material-Druck. In: R. Lachmayer, B. R. Lippert, S. Kaieler (Hrsg.): Konstruktion für die Additive Fertigung 2018. Springer Vieweg, Berlin 2019. ISBN: 978-3-662-59057-7.

Synchrofeed



A NEW LEVEL OF PERFECTION

- **Höhere Schweißgeschwindigkeit**
- **Erhöhte Abschmelzleistung**
- **Minimale Wärmeeinbringung**

Quantitative Alterungsbewertung von hochtemperaturbelasteten Klebungen

Es wird der Entwicklungsprozess einer Methode zur Untersuchung und quantitativen Vorhersage der Alterung von Klebungen unter Hochtemperaturbedingungen vorgestellt. Hierzu wurden zum einen thermogravimetrische Untersuchungen an gealterten Klebstoffproben herangezogen und die kinetischen Parameter bestimmt. Zum anderen wurde eine Monitorstruktur entwickelt, die eine dielektrische Analyse in der Klebefuge gestattet und so den Alterungszustand bewertbar macht. Die Ergebnisse wurden mit Tests an gealterten Zugescherproben korreliert, um so eine Vorhersage des Beitrags der Alterung zur Beständigkeit von Klebverbindung unter Temperaturlastprofilen zu ermöglichen.

1 Einleitung

Klebungen sorgen in der Mikrosystemtechnik für systemrelevante Verbindungen zwischen Komponenten und Substraten. Insbesondere für langlebige oder sicherheitsrelevante Anwendungen muss die Integrität dieser Verbindung sichergestellt werden. Zusätzlich wird immer häufiger von den Klebstoffen eine hohe thermische Stabilität, das heißt eine Dauertemperaturbeständigkeit bei Temperaturen bis über 175°C gefordert. Dies betrifft etwa Anwendungen im Bereich der Leistungselektronik oder der Sensorik im Fahrzeugbereich. Unter solchen Bedingungen ist für die Einschätzung der Lebensdauer unter anderem das Alterungsverhalten der Klebung bzw. des eingesetzten Klebstoffs zu berücksichtigen.

Klebstoffe bestehen im abgeordneten bzw. gehärteten Zustand aus Polymeren, Füllstoffen, diversen Additiven und eventuell noch vorhandenen Monomeren oder Oligomeren. Im Verlauf der Zeit können sich sowohl alle diese einzelnen Bestandteile als auch der Zustand der Gesamtmischung in Wechselwirkung mit den Umgebungsbedingungen verändern. Man unterscheidet dabei zwischen physikalischer, chemischer und biologischer Degradation [1]. Im Forschungsvorhaben, der diesem Beitrag zugrunde liegt, sollte zunächst die thermische Alterung in Gegenwart von Luftsauerstoff als für die im Fokus stehenden Anwendungen wesentlicher Degradationsmechanismus untersucht werden. Dazu wurden neben Untersuchungen der thermischen Oxidationsreaktion mit Hilfe der Chemilumineszenz, die in diesem Rahmen nicht vorgestellt werden können, die Methoden der thermogravimetrischen Analyse (TGA) sowie der dielektrischen Analyse (DEA) genutzt, um die Veränderungen des Klebstoffs mit zunehmender Auslagerungszeit quantitativ zu erfassen [2; 3]. Basierend auf den thermogravimetrischen Messungen wurden die kinetischen Parameter für die thermische Alterung bestimmt. Diese Parameter erlauben eine Umsatzprognose für beliebige Zeit-Temperatur-Profile. Die in Abhängigkeit vom Alterungszustand erhaltenen Haftfestigkeiten konnten mit dem prognostizierten Umsatz korreliert werden. Diese Korrelation kann genutzt werden,

DIE AUTOREN

Dr. rer. nat. Ole Hölck

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Gruppe Montage und Verkapselung, Abteilung Systemintegration und Verbindungstechnologien am Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, Berlin
ole.hoelck@izm.fraunhofer.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=400106

Dr. rer. nat. Jana Kolbe

Gruppenleitung Klebstoffe und Analytik, Abteilung Klebstoffe und Polymerchemie am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen
jana.kolbe@ifam.fraunhofer.de
www.ifam.fraunhofer.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=201967

STICHWÖRTER

Festigkeit, Kleben, Werkstoffragen

um die Festigkeit einer Klebung unter einem gewünschten Temperaturlastprofil abzuschätzen.

2 Material und Methoden

Der Klebstoff, an dem die Ergebnisse exemplarisch vorgestellt werden sollen, ist ein zweikomponentiges Epoxid-System, bestehend aus Araldite GY250 (ein flüssiges Epoxidharz auf Basis des Bisphenol A) und Aradur 250 (ein aminischer Härter). Harz und Härter wurden im Verhältnis 100 : 50 vermischt und entgast. Die Klebungen wurden 48 h bei Raumtemperatur und anschließend 30 min bei 100°C gehärtet. Sie wurden im Initialzustand sowie nach verschiedenen Auslagerungszeiten und -temperaturen mit den jeweiligen Methoden vermessen.

Die thermogravimetrische Analyse (TGA) ist ein weit verbreitetes Verfahren um an Materialproben einen auftretenden Gewichtsverlust zu bestimmen. Hierzu wird eine kleine Probe eines Werkstoffs in einer in der Ofenkammer integrierten Waage einem Temperaturlastprofil ausgesetzt. Thermische Degradation, thermooxidative Alterung [3; 4] und das Ausgasen der dabei entstehenden flüchtigen Stoffe führen zu einem Gewichtsverlust, der im Mikrogrammbereich erfasst und analysiert werden kann. Die Messungen wurden sowohl mit Stickstoff als auch mit Pressluft als Spülgas durchgeführt.

Die dielektrische Analyse (DEA) ist eine Methode zur Untersuchung der Beweglichkeit von Dipolen im elektrischen Wechselfeld. Polymere sind Isolatoren (Dielektrika), in denen resultierend aus ihrer chemischen Struktur permanente Dipole vorhanden sind oder induziert werden können. Im elektrischen Wechselfeld

können diese sich je nach Frequenz im Feld ausrichten und beeinflussen so die Polarisation des Dielektrikums [5; 6]. Wird die chemische Struktur des Dielektrikums etwa durch Alterungsvorgänge verändert, können sich auch die mit der DEA gemessenen Eigenschaften verändern [7]. Gemessen werden die Eigenschaften eines Kondensators, in dem sich der Klebstoff als Dielektrikum befindet. Aus den komplexen Messgrößen Strom I^* und Spannung U^* , sowie deren Phasenverschiebung im Wechselfeld einer Frequenz f lässt sich der Realteil der Admittanz $Y_p^* = Y_p' + Y_p'' = I^*/U^*$ als Maß für die Beweglichkeit der Dipole bestimmen. Für die Bewertung des Alterungszustands wurde in dieser Arbeit der Plateauwert Y_{p0} herangezogen, der sich aus der Messung bei 125°C im niedrigen Frequenzbereich ergibt (10^{-1} bis 10^1 Hz). Vermessen wurden Klebungen eines versilberten Kupferplättchens auf einer verkupferten Leiterplattenoberfläche in Plattenkondensatorkonfiguration nach verschiedenen Auslagerungszeiten und Temperaturen.

Parallel dazu wurde ein Testvehikel entwickelt, das als Monitorstruktur in der Klebefuge unabhängig vom zweiten Klebepartner die Bewertung der Alterung des Klebstoffs zulässt. Hierzu wurde in einem nass chemischen/lithographischen Prozess ein interdigitaler Kondensator (IDK) auf einer Keramikoberfläche aufgebracht. Das Wechselfeld der DEA sondiert über die IDK Struktur die Klebefuge eines aufgeklebten Keramikchips und kann so die Alterung einer Klebung bewerten. Die Monitorstruktur ist in **Bild 1** als Aufsicht und als Querschliff einer Klebung dargestellt.

Um zu einer Prognose der Alterung unter einem Temperaturlastprofil zu gelangen, werden die kinetischen Parameter der vorherrschenden Alterungsreaktionen bestimmt. Bei der sogenannten Mehrkurvenanalyse werden die Umsatz-Zeit-Kurven bei verschiedenen Aufheizraten (dynamische Reaktionsführung) oder Reaktionstemperaturen (isotherme Reaktionsführung) ausgewertet. Zur Analyse der Kurven wurde die Software „Advanced Kinetics and Technology Solution (AKTS)“ [8] eingesetzt.

3 Untersuchungen

Für die Bestimmung der kinetischen Parameter wurden TGA-Messungen durchgeführt, die

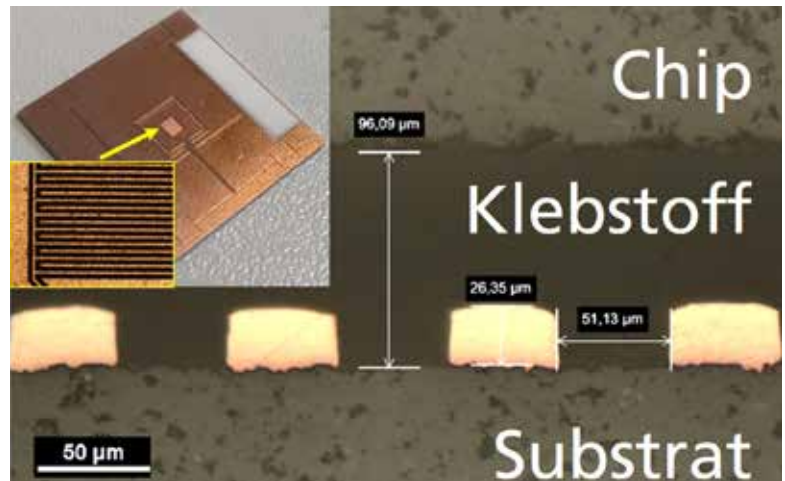


Bild 1 • Die Monitorstruktur besteht aus ineinandergreifenden Kupferstrukturen (IDK Struktur), die es erlauben die dielektrischen Eigenschaften des Klebstoffs in der Klebefuge (Querschliff) zu untersuchen.

den Masseverlust bei jeweils fünf verschiedenen Heizraten (1 bis 20 K/min) ermittelt haben. Aus dem wie oben angegeben ausgehärteten Klebstoff wurden Proben einer Dicke von 100 µm präpariert (Mikrotom Schnitt) und getrocknet. Durch die Wahl des Spülgases im Ofenraum kann entschieden werden, welche thermischen Alterungsvorgänge stattfinden können. Bei Ausschluss von Sauerstoff kann die thermische Degradation beobachtet werden. Bei Anwesenheit von Sauerstoff tritt sowohl die thermooxidative Alterung als auch die thermische Degradation auf. Unter Verwendung der Mehrkurvenanalyse wurden die kinetischen Parameter bestimmt, mit deren Hilfe der Umsatz für beliebige Zeit-Temperatur-Profile berechnet werden kann. Zu beachten ist, dass die in den Prognosen angestrebten Temperaturen in dem Temperaturbereich liegen, der auch bei der Berechnung der kinetischen Parameter berücksichtigt wurde. Für eine erste Überprüfung der Qualität solcher Umsatzprognosen (Vorhersage des Umsatzes) wurden mit Hilfe der erhaltenen kinetischen Parameter isotherme Umsatzkurven (Auftragung des Umsatzes gegen Temperatur oder Zeit) berechnet und mit realen isothermen Messkurven aus der TGA verglichen – **Bild 2** zeigt einen solchen Vergleich für Messungen in Gegenwart von Stickstoff. Es ist eine relativ gute Übereinstimmung zwischen den isothermen Messungen und den auf dynamischen Messungen basierenden Prognosen zu sehen.

Für die Untersuchung der dielektrischen Eigenschaften wurden Proben in der Konfiguration eines Plattenkondensators hergestellt und initial sowie nach Auslagerung bei verschiedenen Zeiten und Temperaturen mit der DEA untersucht. **Bild 3** zeigt exemplarisch die Messkurven in doppelt logarithmischer Darstellung nach Alterungszeiten bis 2.000 h bei 200°C. Die

ABSTRACT

Quantitative aging evaluation of high temperature stressed bondings

This project developed a method which allows investigation and quantitative prediction of aging on bondings under high temperature conditions. For this purpose, thermogravimetric investigations on aged adhesive samples were performed and kinetic parameters were determined. A monitor structure was also developed to permit dielectric analysis of the adhesive joint and thus to allow assessment of its aging condition. The

results were correlated with tests on aged tensile shear specimens to predict the contribution of aging to the resistance of adhesive joints under temperature load profiles.

KEYWORDS

strength, adhesive bonding, material questions

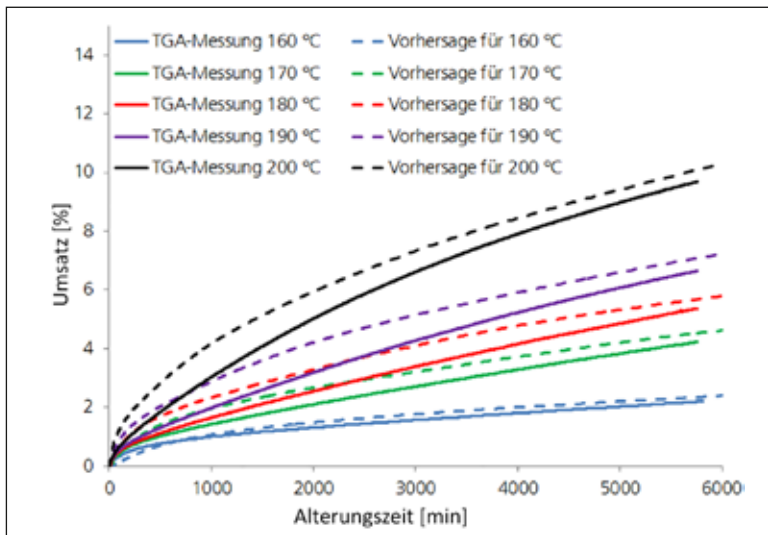


Bild 2 • Umsatz in isothermer Messung und Umsatzprognose aus Multikurvenanalyse dynamischer Messungen gegen die Alterungszeit. Die sehr gute Übereinstimmung validiert die Vorgehensweise.

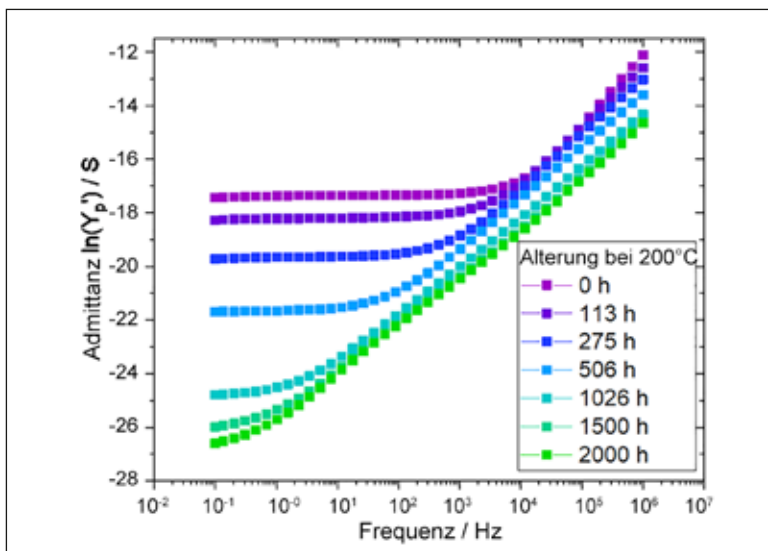


Bild 3 • Admittanz im Frequenzspektrum zu verschiedenen Alterungszeiten. Das charakteristische Plateau im niederfrequenten Bereich nimmt mit zunehmender Alterung ab.

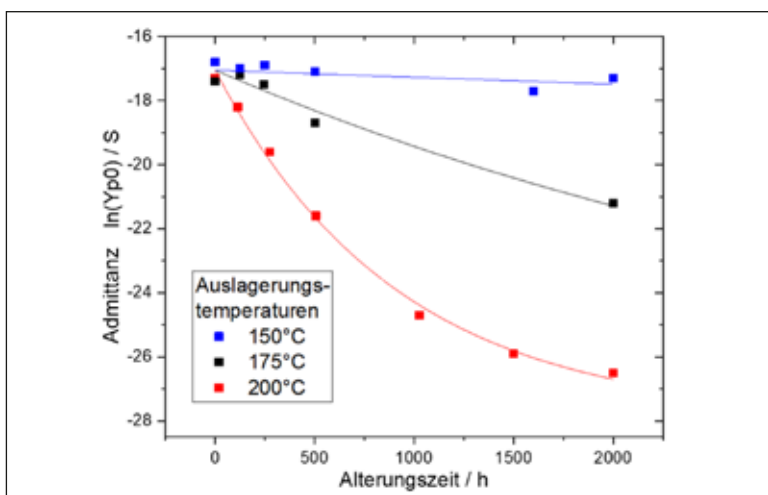


Bild 4 • Abnahme der Admittanz mit zunehmender Alterung für 3 Temperaturen. Mit einer einfachen exponentiellen Funktion kann jeweils eine Zeitkonstante zur kinetischen Beschreibung extrahiert werden.

einzelnen Kurven können mit der empirischen Formel $Y_p' = Y_{p0} + \log(1+(f/f_0)^p)$ ausgewertet werden, wobei der Plateauwert Y_{p0} als Maß für die Beweglichkeit der Dipole zur Alterungsbewertung herangezogen wurde, während den weiteren Fitparametern f_0 (Knickpunkt der Frequenz) und dem Exponenten p hier keine weitere Bedeutung beigemessen wird. **Bild 4** zeigt die ermittelten Plateauwerte gegen die Alterungszeit für die Auslagerungstemperaturen 150, 175 und 200 °C. Der Verlauf der Kurven lässt sich mit einem einfachen exponentiellen Gesetz beschreiben: $y = y_0 + A \cdot \exp(-t/t_0)$. Aus der nach 2.000 h bereits in Sättigung gehenden Kurve für 200 °C können die Fitparameter y_0 (Startwert) und A (Sättigungswert, entspricht 100% Umsatz), sowie die Zeitkonstante t_0 ermittelt werden. Für die Temperaturen 175 und 150 °C wurden nur noch die Zeitkonstanten ermittelt.

Parallel zu den Untersuchungen des Klebstoffs mit der TGA und des Klebstoffs in der Klebefuge mit der DEA wurden Untersuchungen an gealterten Zugscherproben vorgenommen. Hierzu wurden Zugscherproben in Anlehnung an DIN EN ISO 1465 [9] mit AlMg3 gefertigt und bei verschiedenen Temperaturen ausgelagert. Die Ergebnisse sind in **Bild 5** dargestellt. Es ist der typische Abfall der Festigkeit mit zunehmender Alterung der Klebungen zu erkennen. Besonders für Temperaturen oberhalb 190 °C können deutliche Einbrüche schon nach wenigen 100 h verzeichnet werden.

4 Vorhersagen

Die in **Bild 5** gezeigten Ergebnisse der Zugscherfestigkeit können in Beziehung zu den in **Bild 2** gezeigten Prognosen gesetzt werden. Dazu wird der Umsatzwert, der sich aus der Prognose mit Hilfe der kinetischen Parameter (basierend auf TGA-Messungen in Gegenwart von Stickstoff) ergibt, gegen die jeweilige Haftfestigkeit aufgetragen, **Bild 6**. Aus der Grafik, die alle Temperaturen aus **Bild 5** beinhaltet, ergibt sich ein linearer Zusammenhang. In dieser Auftragsart ist ein direkter Zusammenhang der Haftfestigkeit mit der prognostizierten thermischen Alterung zu erkennen. Basierend darauf können Vorhersagen für anwendungsspezifische Temperaturlastprofile erstellt werden. In **Bild 7** ist dies exemplarisch für zwei typische Temperaturzyklen (-20 bis 140 bzw. bis 180 °C dargestellt. Die prognostizierten Umsatzwerte nach 1.000 h (entspricht 6.000 Zyklen) von 0,06 bzw. 0,11% lassen eine Zugscherfestigkeit von 100 bzw. 75% erwarten.

5 Ausblick und Schlussbemerkungen

Es wurde am Beispiel eines einfachen Klebstoffsystems eine Methodik erarbeitet, die es zulässt, eine Prognose zur Beständigkeit von Klebungen unter Hochtemperaturbelastung vorzunehmen. Damit ist ein wichtiger Beitrag zur Bewertung der Lebensdauer von Klebungen im Bereich der Mikrosystemtechnik erfolgt. Darüber hinaus wurde eine Monitorstruktur vorgestellt, die es erlaubt, die Alterung mit Hilfe der dielektrischen

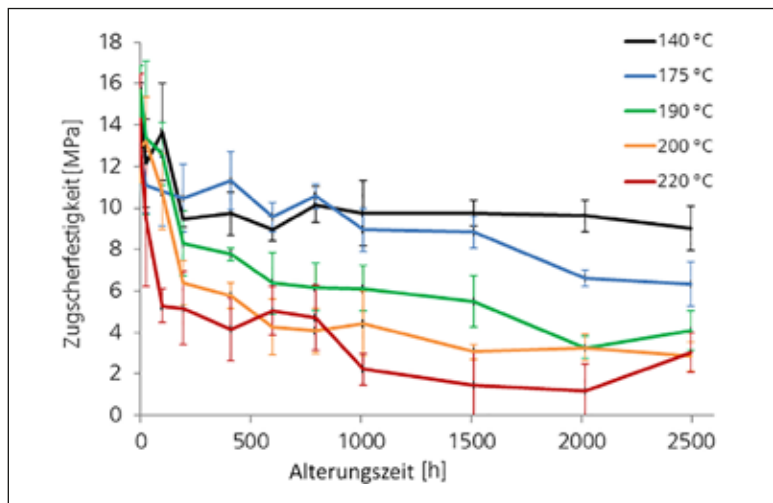


Bild 5 • Zugscherfestigkeit von Klebungen bei Raumtemperatur und Dehnrate von 10 mm/min gegen die Alterungszeit bei verschiedenen Temperaturen.

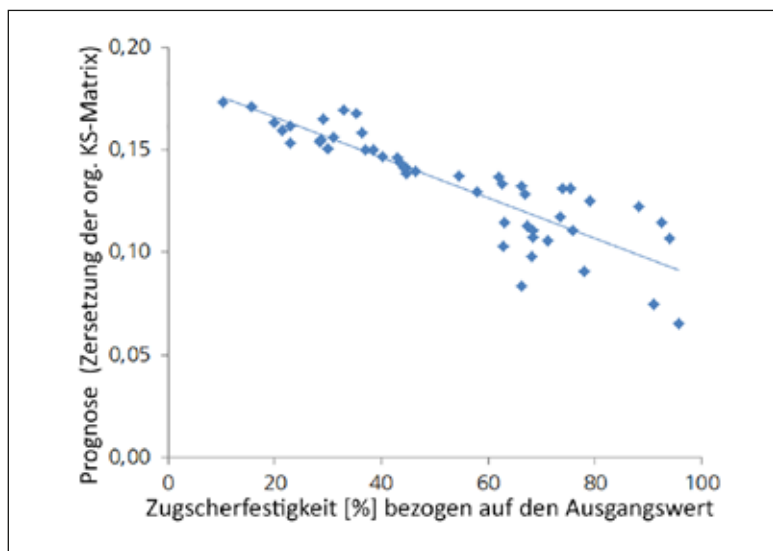


Bild 6 • Zusammenhang zwischen Umsatzprognose und Haftfestigkeit gealterter Klebungen (KS Klebstoff).

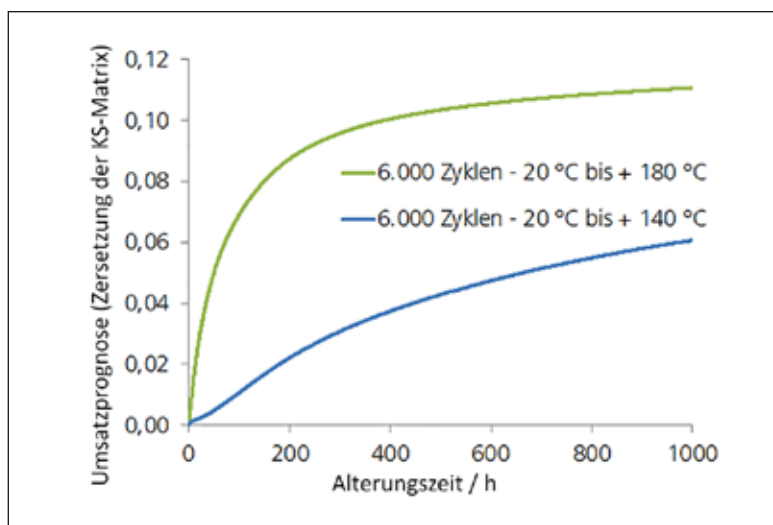


Bild 7 • Umsatzprognose der Alterung von Klebungen gegen die Zeit für 6.000 Temperaturlastzyklen bei zwei verschiedenen Bedingungen. Aus dem prognostizierten Wert kann aus Bild 6 die erwartete Haftfestigkeit der Klebung abgelesen werden.

Spektroskopie in der Klebefuge zu bewerten. Es sind jedoch auch Fragen offengeblieben. So konnte für andere untersuchte Klebstoffsysteme die DEA-Monitorstruktur nicht ohne Weiteres angewandt werden. Als Ursache dafür wird die komplexe Chemie mit teils mehrstufigen Abbaureaktionen vermutet, die in der dielektrischen Spektroskopie gegenläufige Effekte hervorrufen können. Auch konnte der Einfluss von Füllstoffpartikeln und deren Alterung bzw. Beitrag zu dielektrischen Effekten im Rahmen des hier vorgestellten Forschungsvorhabens nicht genauer untersucht werden. Jedoch wurden in diesem Projekt die Grundlagen gelegt, um über die Auswahl geeigneter Parameter (Messtemperatur, Frequenzband) und elektrischer Größen in weiterführenden Projekten die Alterung auch komplexerer Klebstoffe zu charakterisieren und so die Entwicklung zuverlässiger mikroelektronischer Systeme zu unterstützen.

DANKSAGUNG

Das IGF-Vorhaben Nummer 18.879 N/DVS Nummer 10.085 der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS, Aachener Str. 172, 40223 Düsseldorf, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Für diese Förderung sei gedankt.



Literatur

- [1] Habenicht, G.: Kleben: Grundlagen, Technologien, Anwendungen. Springer Verlag, Berlin 2008.
- [2] Lacey, D. J., Dudler, V.: Chemiluminescence from polypropylene. Part 1: Imaging thermal oxidation of unstabilised film. *Polymer Degradation and Stability* 51 (1996), H. 2, S. 101/108.
- [3] Hong, S.-G.: The thermal-oxidative degradation of an epoxy adhesive on metal substrates: XPS and RAIR analyses. *Polymer Degradation and Stability* 48 (1995), H. 2, S. 211/18.
- [4] Kolbe, J.: Die Alterung von Klebungen – ein Überblick. *adhäsion* 4 (2017).
- [5] Runt, J. P., J. J. Fitzgerald: Dielectric spectroscopy of polymeric materials. American Chemical Society, Washington, DC 1997.
- [6] Alig, I., G. P. Johari: Relaxations in thermosets. XIX. Dielectric effects during curing of diglycidyl ether of bisphenol-A with a catalyst and the properties of the thermoset. *J. Polymer Sci.: Part B: Polym. Phys.* 31 (1993).
- [7] Becker K.-F., u. a.: Einsatz der Dielektrischen Analyse zur Untersuchung der Alterung von Polymeren bei Hochtemperaturlagerung. Tagungsbd. *Mikrosystemtechnik* 2013. VDE Verlag, Berlin 2013.
- [8] AKTS Advanced Kinetics and Technology Solutions: AKTS-Thermokinetics. [Online]. <https://www.akts.com/akts-thermokinetics-tga-dsc-dta-tma-ftir-ms/download-tga-dsc-dta-tma-ms-ftir-akts-thermokinetics-software.html> [Zugriff am: 16.12.2019].
- [9] DIN EN 1465 „Klebstoffe – Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen“ (Ausgabe Juli 2009).

Kleben von Nitinol-Mischverbindungen in der Medizintechnik

Die Nickel-Titan-Legierung Nitinol wird wegen der hervorragenden Biokompatibilität und der hohen elastischen Dehnung häufig für medizinische Instrumente, beispielsweise Steinfangkörbchen für die minimalinvasive Entfernung von Nierensteinen, eingesetzt. Bei vielen Instrumenten wird das teure Nitinol aus Kostengründen nur an den Stellen eingesetzt, an denen die überragenden mechanischen und biologischen Eigenschaften erforderlich sind, wodurch eine Verbindung des Nitinols mit artfremden Materialien nötig wird. Bisher wird die Klebtechnik als alleinige Füge-technik nur verhalten eingesetzt und häufig durch mechanische Verbindungselemente unterstützt. Die im Folgenden vorgestellten Forschungsergebnisse zeigen eine Vorbehandlungsmethode für eine Klebung von Nitinol, die die Anforderungen an medizinische Instrumente erfüllt.

1 Einleitung

In der Medizintechnik wird Nitinol (Abkürzung für „Nickel-Titan Naval Ordnance Laboratory“ [1]) aufgrund der hervorragenden mechanischen Eigenschaften sowie der sehr guten Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität für die Herstellung verschiedenster Produkte wie beispielsweise Führungsdrähte, Endoskope und Steinfangkörbchen zur minimalinvasiven Entfernung von Nierensteinen eingesetzt. Nitinol besteht aus zueinander in etwa stöchiometrischem Verhältnis stehenden Nickel und Titan. Neben dem bekannten Formgedächtniseffekt zeichnet sich diese Legierung durch sogenannte Super- oder Pseudoelastizität aus. Nachdem der Werkstoff seine Gebrauchsform erhält, zum Beispiel durch Warmumformen, wird durch eine nachgelagerte Wärmebehandlung entschieden, ob ein Formgedächtniseffekt oder eine Superelastizität vorliegt. Bei einer mechanischen Belastung des Werkstoffs zeigt sich ein typisches Plateau im Spannungs-Dehnungs-Verlauf, so dass die Dehnung bei gleichbleibender Spannung weiter zunimmt. Dies liegt an einer diffusionslosen Umwandlung der Austenitkristalle in spannungsinduzierten Martensit. Bei der Entlastung erfolgt eine Rückumwandlung in die ursprüngliche Form und Gitterstruktur. Liegt Nitinol bei der Gebrauchstemperatur austenitisch vor, können elastische Dehnungen von bis zu 8% erreicht werden, Bild 1 [2; 3].

Nitinol wird wegen des hohen Preises in der Regel nur an den Stellen eingesetzt, an denen die beschriebenen mechanischen Eigenschaften erforderlich sind. Daraus folgt die Notwendigkeit, Nitinol mit anderen Metallen, in der Regel „medizinischen“ nichtrostenden Stählen, zu verbinden. Während artgleiche Nitinol-Verbindungen, hergestellt beispielsweise durch Laserstrahlschweißen, die Zugfestigkeiten von bis zu 80% des Grundwerkstoffs erreichen, bereitet das Verbinden von Nitinol mit artfremden Werkstoffen erhebliche Probleme. Bei der metallurgischen Verbindung dieser Werkstoffe entstehen versprödhend wirkende intermetallische Phasen,

DIE AUTOREN



Dipl.-Wirtsch.-Ing. Sascha Mechtold, M. Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Trennende und Fügende Fertigungsverfahren der Universität Kassel
s.mechtold@uni-kassel.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=289781



Dr. rer. nat. Dagmar Martin
Gruppenleiterin Grenzflächenanalytik im Produktionsprozess am Naturwissenschaftlichen und Medizinischen Institut (NMI) der Universität Tübingen
dagmar.martin@nmi.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=400104



Dr.-Ing. Markus Veltrup
Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Plasmatechnik und Oberflächen (PLATO) am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung
markus.veltrup@ifam.fraunhofer.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=400115



Dr.-Ing. Uwe Specht
Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Plasmatechnik und Oberflächen (PLATO) am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung
uwe.specht@ifam.fraunhofer.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=400114



Joana Hummel, M. Sc.
Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Naturwissenschaftlichen und Medizinischen Institut (NMI) der Universität Tübingen
joana.hummel@nmi.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=400105



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. Stefan Böhm
Leiter des Fachgebiets Trennende und Fügende Fertigungsverfahren Der Universität Kassel
s.boehm@uni-kassel.de
www.schweissenundschneiden.de/?id=206399

STICHWÖRTER

Kleben, Medizin, Nickel, Nickellegierungen, Werkstofffragen, Werkstoffkombinationen

sodass Schmelzschweißverfahren nur bedingt und nur bei deutlich reduzierten Anforderungen an die Festigkeit eingesetzt werden können. Zusätzlich führt auch die Heißrissneigung zu einer deutlichen Reduzierung der Festigkeiten [2].

Die Klebtechnik ist grundsätzlich dazu geeignet, Nitinol vor allem mit artfremden Materialien zu verbinden. Bei einigen Anwendungen wird Nitinol bereits geklebt. Allerdings wird bei vielen dieser Verbindungen das Kleben durch eine weitere Füge-technik oder einen makroskopischen Formschluss unterstützt. Für einen Einsatz der Klebtechnik als alleiniges Fügeverfahren fehlt neben einer Vorbehandlungsmethode, welche die Dauerhaftigkeit der Klebverbindung sicherstellt, auch ein grundlegendes Vertrauen der Anwender. Die im vorherigen Absatz erwähnten Nachteile der Schmelzverfahren zeigen, dass eine Weiterentwicklung des Klebens notwendig ist, um Nitinol mit artgleichen und artfremden Werkstoffen unter Berücksichtigung der Alterungseinflüsse im medizinischen Anwendungsumfeld dauerhaft zu verbinden.

2 Stand der Technik

Obwohl das Kleben von Nitinol nicht neu ist, zeigen viele Untersuchungen in diesem Zusammenhang auftretende Probleme auf. Langbein et al. weisen darauf hin, dass das Kleben zwar eine interessante Füge-technik für Nitinolverbindungen ist, Erkenntnisse zur industriellen Eignung des Verfahrens für diesen Fall aber nicht vorliegen [5].

Matsamura et al. untersuchten Titan-, Nitinol- und Nickel-Klebungen vor und nach hydrothermaler Alterung und stellten eine gravierende Abnahme der Zug-scherfestigkeiten von rund 40 MPa auf unter 20 MPa fest, welche auf die hydrothermale Alterung der Grenzfläche zwischen Klebstoff und Metall zurückgeführt wurde [6]. Gümpel et al. untersuchten artgleiche Klebungen von Nitinol mithilfe der kommerziell erhältlichen Klebstoffe und identifizierten eine mangelnde Kraftübertragung in der Adhäsionszone infolge der hohen Elastizität und der damit einhergehenden hohen Kräfte als problematisch. Eine Klebeverbindung wird als grundsätzlich möglich dargestellt, allerdings nur unter Verwendung makroskopischer Formschlüsse [7]. Literaturstellen, die eine allgemeine Verfahrensweise zum effizienten Kleben von Nitinol mit nichtrostendem Stahl für den Einsatz in

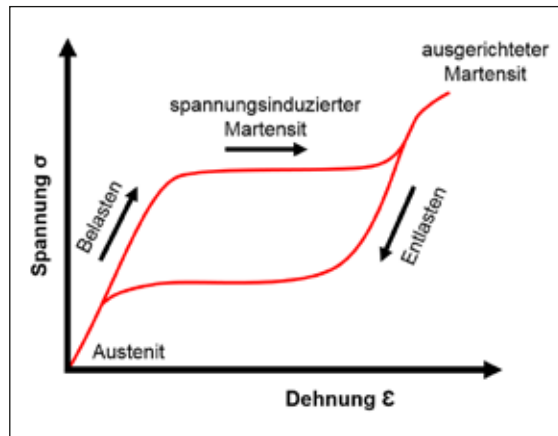


Bild 1 • Typisches Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Nitinol mit Phasenumwandlung, in Anlehnung an [4].

der Medizintechnik beschreiben, konnten weder in der Patentliteratur noch in den Veröffentlichungen gefunden werden.

3 Versuchsaufbau und eigene Untersuchungen

3.1 Entwicklung einer Vorbehandlungsmethode

Als Füge-Teilwerkstoffe wurden Nitinol nach dem Standard ASTM F2063-12 sowie nichtrostender Stahl der Werkstoffnummer 1.4301 verwendet. Die Versuche zur Identifikation geeigneter Vorbehandlungsparameter wurden mit einfach überlappten Zugscherproben in Anlehnung an DIN EN 1465 in modifizierter Geometrie ausgeführt. Die Füge-Teilmaße wurden auf 10 mm × 50 mm verringert. Die Überlapplänge wurde auf 6 mm reduziert. Die Dicke des Nitinols betrug 0,5 mm, die des nichtrostenden Stahls 1,5 mm. Als Klebstoff wurde ein ungefüllter, vorwiegend in der optischen und medizinischen Fertigung eingesetzter zweikomponentiger Epoxidklebstoff vom Typ 302-3M des Unternehmens John P. Kummer, Augsburg, eingesetzt.

Für eine alterungsstabile Klebung von Nitinol mit nichtrostendem Stahl ist eine Vorbehandlung beider Fügepartner unumgänglich. Eigene Untersuchungen

ABSTRACT

Bonding of mixed nitinol compounds in medical technology

Due to its excellent biocompatibility and high elastic elongation, Nitinol is frequently used for medical instruments such as stone baskets for minimally invasive removal of kidney stones. In many instruments, the expensive Nitinol is for cost reasons only used where the superior mechanical and biological properties are required, making it necessary to join the Nitinol with dissimilar materials. So far, the bonding technique has only been used moderately

as the sole joining technique and is often supported by mechanical connecting elements. The research results presented below show a pre-treatment method for bonding Nitinol that meets the requirements of medical instruments.

KEYWORDS

adhesive bonding, medicine, nickel, nickel alloys, material questions

Tabelle 1 • Verwendete Lasersysteme und Laserstrahlparameter

Lasersystem	CL 300 (Flat-Top)	CL 100 (Gauß)		CL 50 (Gauß)
Substrat	Nitinol			1.4301
Parameterbezeichnung	L59	L66	L84	L4
Fokusbereich [µm]	460	110	110	54
Mittlere Laserstrahlleistung [W]	176	100	40	100
x/y-Spotüberlapp [%]	66	66	66	50
Energiedichte [J/cm²]	7,7	10,6	4,2	42,9

zeigten, dass die Klebverbindung insbesondere bei hydrothormaler Alterung erheblich an Festigkeit verliert. Ursächlich scheint dabei die Unbeständigkeit der NiTi-Oxidoberfläche zu sein. Ohne weitere Vorbehandlung versagten die Proben daher makroskopisch adhäsiv auf der Seite des Nitinols.

Als Vorbehandlungsmethoden wurden sowohl für den nichtrostenden Stahl als auch für das Nitinol verschiedene Laserstrahlvorbehandlungen mit Gauß- und Flat-Top-Strahlprofil bei unterschiedlichen Leistungsdichten betrachtet, **Tabelle 1**. Weiter wurden Nitinol-Prüfkörper mithilfe von Atmosphärendruck-Plasmadüse mit Titanoxid beschichtet, um die NiTi-Klebstoffgrenzfläche gegenüber feuchtwarmer Alterung zu passivieren. Bei der Plasmavorbehandlung wurden die Prüfkörper im Vorfeld laserstrahlgereinigt.

Die vorbehandelten Proben wurden zur Beurteilung der Beständigkeit der Adhäsionszone autoklaviert. Ein Autoklavierzyklus bestand dabei aus einem

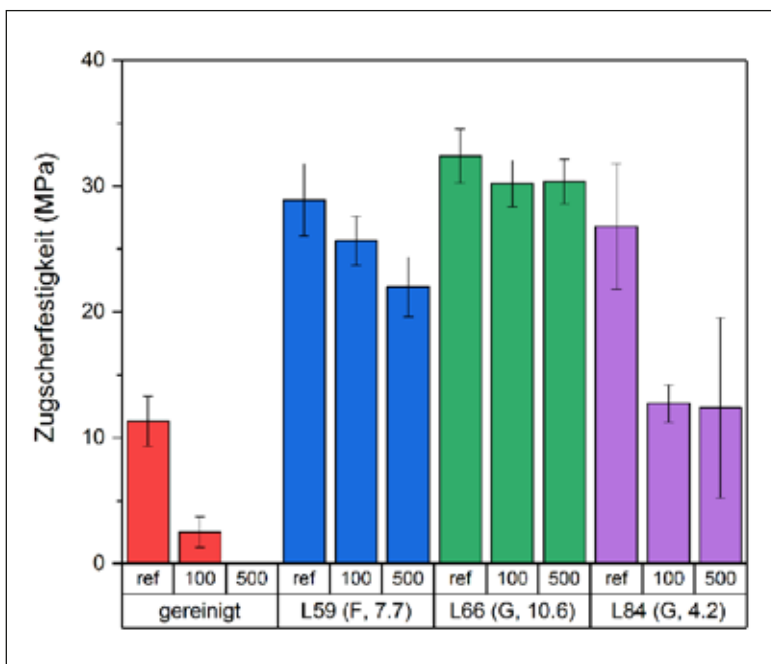


Bild 2 • Zugscherfestigkeiten der laserstrahlbehandelten Proben (Nitinol und 1.4301) vor und nach Autoklavierung (100 und 500 Zyklen). Die Angaben in Klammern geben die Strahlform (F: Flat-Top, G: Gauss) und die Energiedichte in J/cm² an. Die Prüfgeschwindigkeit betrug 10 mm/s, die Prüfkörper wurden vor der Prüfung für 24 h bei 24°C und 50% r. f. konditioniert.

fraktionierten Aufheizen und einer Haltezeit von 8 min bei 134°C. Die Gesamtdauer inklusive Aufheiz- und Abkühlzeit betrug dabei etwa 20 min. Der erste Zyklus startete bei Raumtemperatur, alle folgenden bei 90°C. Während der Haltezeit sind die Proben gesättigtem Wasserdampf ausgesetzt worden. Es ist anzumerken, dass die Autoklavierung durch die hohe Temperatur und den erhöhten Druck von 3,3 bar eine erheblich stärkere Beanspruchung der Klebung bedeutet als gängige Alterungsverfahren wie die Auslagerung bei 85°C und 85% relativer Luftfeuchtigkeit. Weitere Beständigkeitsuntersuchungen wurden mit Ethylenoxid-Sterilisation und einem Immersionstest für 30 Tage bei 37°C in Ringerlösung durchgeführt.

3.2 Zytotoxizität und Nickelfreisetzung

Entsprechend den Anforderungen in der Medizintechnik dürfen medizinische Produkte bestimmte Grenzwerte für die Zytotoxizität und für den freigesetzten elementaren Nickel nicht überschreiten. In diesem Zusammenhang musste überprüft werden, ob die entsprechenden Grenzwerte bei der Veränderung der Oberflächenchemie und -morphologie durch die Laserstrahlbehandlung eingehalten werden. Da die Untersuchungen in der Praxis immer an verkaufsfertigen Produkten und nicht einzelnen Komponenten durchgeführt werden, wurden beide Untersuchungen an einschnittig überlappenden Zugscherproben durchgeführt. Die vorbehandelten Flächen der Fügepartner waren dabei vollständig mit Klebstoff bedeckt. Die Zytotoxizität wurde nach der Norm DIN EN 10993-5 bestimmt. Die Nickelfreisetzungsrates wurde mithilfe der Polarografie bestimmt und die Grenzwerte nach der Richtlinie EG 1907/2006 wurden zur Beurteilung herangezogen.

4 Ergebnisse

An einfach überlappenden Zugscherproben (Nitinol und nichtrostender Stahl) konnte gezeigt werden, dass bei einer Laserstrahlvorbehandlung mit ausreichend hoher Energiedichte besonders beständige Klebungen erzeugt werden, **Bild 2**. Der nichtrostende Stahl wurde mit dem Parametersatz 4, **Tabelle 1**, behandelt. Die Abnahme der Zugscherfestigkeit durch die Autoklavierung (100 und 500 Zyklen) korreliert mit der Energiedichte bzw. Intensität der Laserstrahlbehandlung. Höhere Intensitäten führen dabei zu beständigeren Klebungen. Die Prüfkörper, die mit dem Parametersatz L66 behandelt wurden, zeigten dabei ein kohäsives Klebstoffversagen mit substratnahen Versagsbereichen auf der Nitinol-Seite.

Weitere analytische Untersuchungen konnten zeigen, dass bei ausreichend hohen Strahlungsintensitäten eine nanoporöse Oberflächenschicht aus Nickel- und Titanoxiden auf der Oberfläche entsteht. Diese Schicht wird vermutlich durch den Klebstoff infiltriert und trägt so maßgeblich zur hohen Initialfestigkeit und Beständigkeit der Klebung bei [8; 9]. **Bild 3** zeigt eine Transmissionselektronenmikroskop-Aufnahme einer mit

fokussiertem Ionenstrahl aus der behandelten Oberfläche herausgetrennten Lamelle. Während bei der Behandlung mit dem Parametersatz L66 eine dichte, an Watte erinnernde Struktur entsteht, werden beim Parametersatz 84 mit deutlich geringerer Leistungsdichte nur sehr kleine und vereinzelt wirkende Oberflächenstrukturen erzeugt. Dies spiegelt sich auch in der Verringerung der Zugscherfestigkeiten nach der Autoklavierung wider.

Durch die Laserstrahlvorbehandlung mit dem Parameter L66 entsteht eine ausgeprägte etwa 200 nm dicke nanoporige Oxidschicht. Die Elementbestimmung durch energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) zeigt, dass diese Oxidschicht aus Nickel und Titan besteht. Unmittelbar unterhalb dieser Oxidschicht befindet sich eine dünne, nur wenige Nanometer dicke Schicht, die mit Titanoxiden angereichert ist und fast kein Nickel enthält, **Bild 4**.

Die nanoporige Oxidschicht entsteht durch laserinduzierte Verdampfung, Oxidation und Redeposition der Substratoberfläche [9]. Das Modell zum Mechanismus der hydrothermalen Alterung von Nitinol-Klebungen geht von der Ausbildung einer nanoporigen Nitinol-Oxidschicht durch Redeposition von Laserstrahlablationsprodukten aus. Die Stabilität solcher nanoporigen Oberflächen in Klebungen gegenüber hydrothermalen Alterung wird über zwei Aspekten erklärt. Zum einen wird davon ausgegangen, dass die laserinduzierte dicke Oxidschicht vor weiterer Oxidation auch bei feuchtwarmer Alterung schützt, sodass die Topographie des Oxids unterhalb der Klebungen erhalten bleibt. Zum anderen bleiben kristalline Umordnungseffekte, welche bei hydrothema-ler Alterung von Titanoxiden auftreten, auf die Nanometerskala beschränkt, sodass auch hier

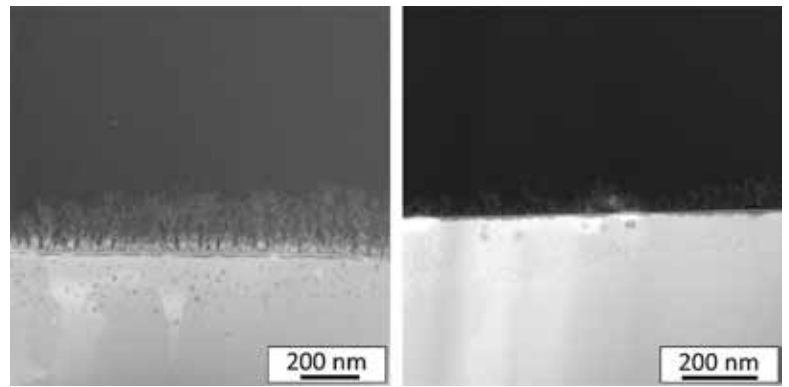


Bild 3 • Lamelle der laserbehandelten Nitinoloberfläche im Transmissionselektronenmikroskop; links: L66, rechts: L84. Herstellung der Lamelle durch Präparation mit fokussiertem Ionenstrahl.

die Topographie nicht gestört wird [10]. Die Strukturen liegen hierbei bereits vor der Alterung zumindest teilweise in Domänen kristallin vor. Hierbei wird vermutet, dass das Nickel als Kristallisationskeim fungiert. Die mit dem Laserparametersatz L66 vorbehandelten Proben erwiesen sich auch beständiger gegen hydrothermale Alterung. Aussagen, ob eine mechanische Verklammerung auf nanoskaliger Ebene oder der Aufbau chemischer Bindungen für die hohe Beständigkeit verantwortlich ist, lassen sich auf Basis der durchgeführten Untersuchungen allerdings nicht eindeutig treffen.

Durch das Kleben konnte für alle Proben, bei denen das Nitinol mit dem Parametersatz L66 und der nichtrostende Stahl mit dem Parametersatz L4 behandelt wurden, das pseudoelastische Plateau des Nitinols auch nach Alterung durchlaufen werden, **Bild 5**. Dies zeigt deutlich, dass durch die

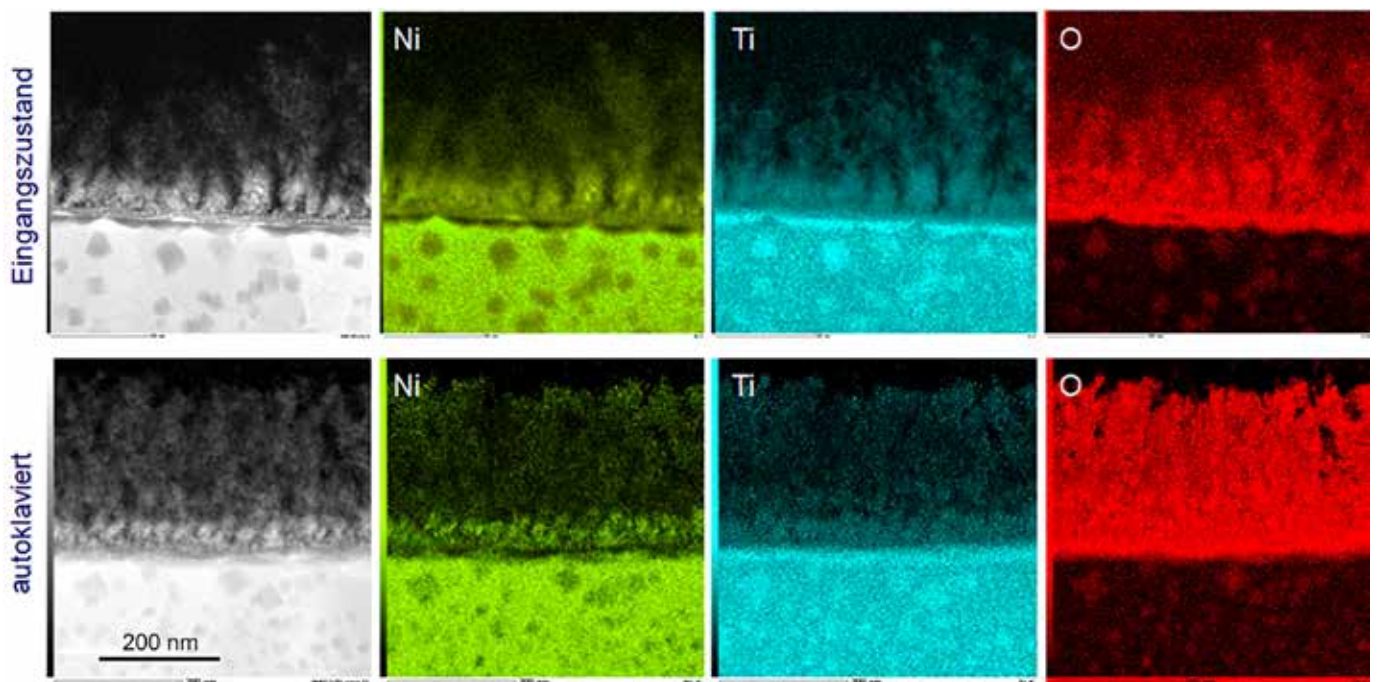


Bild 4 • Elementmapping mit EDX an einer Lamelle der laserstrahlbehandelten Nitinoloberfläche (Parameter L66) im Transmissionselektronenmikroskop vor und nach Autoklavierung. Die Lamelle wurde aus einem mit ausgehärtetem Klebstoff bedeckten Substrat geschnitten.

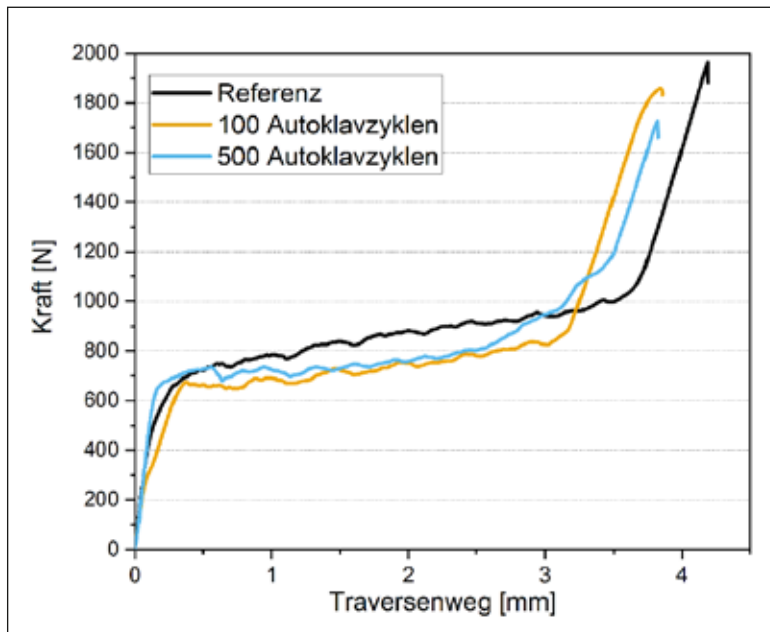


Bild 5 • Kraft-Weg-Verläufe ausgesuchter Zugscherproben. Das pseudoelastische Plateau des Nitinol ist deutlich erkennbar.

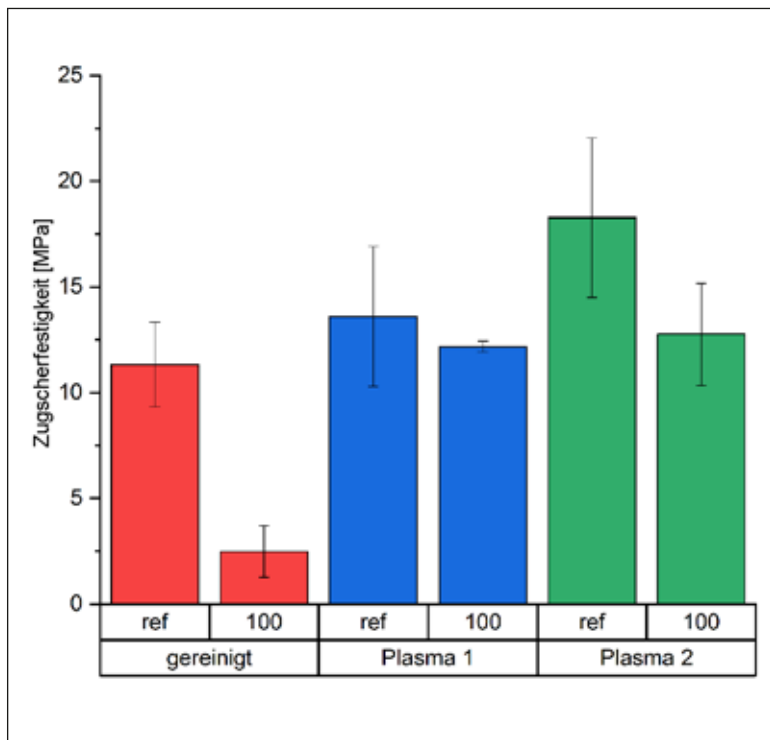


Bild 6 • Zugscherfestigkeiten der Prüfkörper mit plasmapolymere Beschichtung auf Titanbasis vor und nach Alterung im Autoklav (100 Zyklen).

Laserstrahlbehandlung eine sehr stabile Grenzschicht zwischen Klebstoff und Substrat erzeugt wird.

Weitere Alterungsversuche durch einmalige Ethylenoxid-Sterilisation und die Einlagerung der Prüfkörper in Ringerlösung für 30 Tage bei 37°C zeigten für die mit dem Parametersatz L66 behandelten Prüfkörper eine Steigerung der gemessenen Zugscherfestigkeit. Diese Steigerung ist vermutlich auf Relaxations- und Nachhärtungseffekte zurückzuführen. Eine Schädigung der Klebverbindung konnte nicht beobachtet werden.

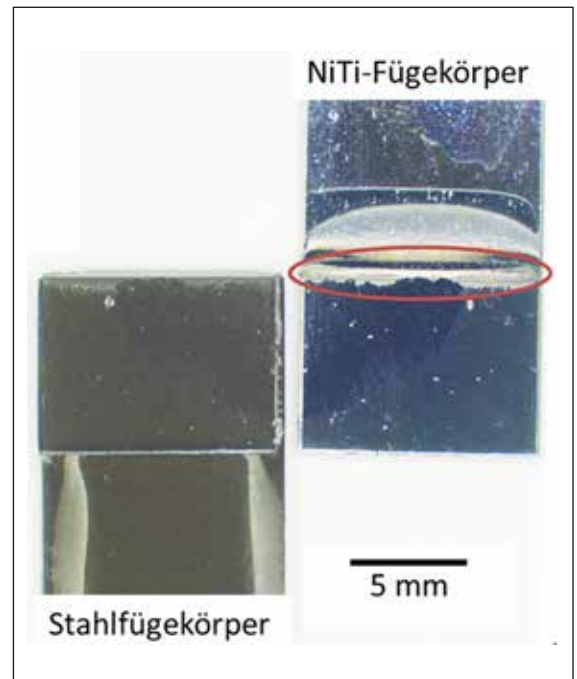


Bild 7 • Bruchbild einer hydrothermal gealterten Probe mit Titanoxidschichtung; rechts: Nitinol, laserstrahlgereinigt und plasmabehandelt, rote Markierung zeigt Delaminationsbereich der Titanoxidschicht; links: Stahlfügepartner 1.4301, laserstrahlbehandelt.

Als weitere potenzielle Vorbehandlungsmethode wurde für Nitinol die Abscheidung einer Titanoxidschicht aus dem Atmosphärendruck-Plasma untersucht. Die Beschichtung der NiTi-Oberflächen mit einer dünnen Titanoxidschicht sollte eine weitere Oxidation und eine domänenübergreifende Kristallisation vermeiden. Die Beschichtung erfolgte durch den Projektpartner Plasmatrete, Steinhagen. Hierzu wurde ein titanbasierter „Precursor“ in das austretende Plasma einer Plasmajetquelle geleitet, welcher auf den Oberflächen eine vollflächige Titanoxidschicht bildet. In den Klebungen zeigten solche mit Titanoxid beschichteten Proben deutlich reduzierte Festigkeitsverluste nach 100 Autoklavzyklen, (-10% bis -30%) gegenüber den unbeschichteten Referenzproben (-75%), Bild 6.

Bild 7 zeigt beispielhaft ein Bruchbild der Probe mit vorhergehender Titanoxid-Plasmabeschichtung. Im oberen Bereich des rechten Probenblechs ist eine teilweise Delamination der Plasmabeschichtung zu erkennen. Weitere Untersuchungen zur Wirkungsweise der Plasmaschicht und insbesondere zu den Mechanismen ihrer Anbindung ans Substrat könnten Hinweise zur weiteren Optimierung der Beschichtung geben.

5 Ausblick und Schlussfolgerungen

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass durch Laserstrahlvorbehandlung beider Fügepartner eine dauerhafte Klebeverbindung von Nitinol und nichtrostendem Stahl mit gängigen Epoxidharzklebstoffen möglich ist. Die Klebungen konnten die gängigen Beanspruchungen wie Autoklavierung, Ethylenoxid-Sterilisation und

Lagerung in Ringerlösung schadlos überstehen. Die Nickelfreisetzungsrate liegt deutlich unter dem Maximalgrenzwert und auch eine erhöhte Zytotoxizität der Verbindung konnte nicht festgestellt werden.

Untersuchungen zur titanbasierten Beschichtung des Nitinol durch Atmosphärendruckplasma zeigen, dass für diese Art der Vorbehandlung durchaus Potenziale zur Weiterentwicklung bestehen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Klebtechnik auch ohne zusätzliche Fügechnik in der Lage ist, langzeitstabile und hochfeste Verbindungen zwischen nichtrostendem Stahl und Nitinol zu ermöglichen. Die Klebtechnik wird somit für Medizinprodukte zu einem attraktiven Fügeverfahren, durch das neuartige Medizinprodukte in der Zukunft ermöglicht werden.

DANKSAGUNG

Das IGF-Vorhaben Nummer 19.207 N/DVS-Nummer 08.102 der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS, Aachener Str. 172, 40223 Düsseldorf, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Autoren bedanken sich für diese Förderung.



Literatur

- [1] Buehler, W. J., J. W. Gilfrich, R. C. Wiley: Effects of low-temperature phase changes on the mechanical properties of alloys near composition TiNi. *Journal of Applied Physics* 34 (1963), H. 5. S. 1475/76.
- [2] Schüssler A., u. a.: Laserbearbeitung in der Medizin- und Mikrosystemtechnik. In: Waidelich, W., u. a. (Hrsg.) *Laser in Forschung und Technik / Laser in Research and Engineering: Vorträge des 12. Internationalen Kongresses. Laser 95*, S. 1003/1008. Springer-Verlag, Berlin 1996.
- [3] Gugel, H.: Laserschweißen artgleicher und artfremder Materialkombinationen mit Nickel-Titan Formgedächtnislegierungen. Diss., Ruhr-Universität Bochum 2010.
- [4] Mertmann, M.: NiTi-Formgedächtnislegierungen für Aktoren der Greifertechnik: funktionelle Eigenschaften und Optimierung. VDI-Verlag, Düsseldorf 1997.
- [5] Langbein, S., A. Czechowiz: *Konstruktionspraxis Formgedächtnistechnik. Potentiale – Auslegung – Beispiele*. Springer Vieweg, Wiesbaden 2013.
- [6] Matsumura, H., u. a.: Adhesive bonding of super-elastic titanium-nickel alloy castings with a phosphate metal conditioner and an acrylic adhesive. *Journal of Oral Rehabilitation* 30 (2003), H. 6, S. 653/58.
- [7] Gümpel, P.: *Formgedächtnislegierungen: Einsatzmöglichkeiten in Maschinenbau, Medizintechnik und Aktuatorik*. expert verlag, Tübingen 2004.
- [8] Specht, U., J. Ihde, B. Mayer: Laser induced nano-porous Ti-O-layers for durable titanium adhesive bonding. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik* 45 (2014), H.12, S.1116/22.
- [9] Kurtovic, A., E. Brandl, T. Mertens, H. J. Maier: Laser induced surface nano-structuring of Ti-6Al-4V for adhesive bonding. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 45 (2013), S. 112/17.
- [10] Specht, U.: *Untersuchungen zur Entstehung laserinduzierter nanoporöser Strukturen auf Titanoberflächen für langzeitstabile Klebungen*. Diss. Universität Bremen 2015.

Anzeige



HighPULSE touch

**GENERATION TOUCH.
ALL INCLUSIVE!**

MADE IN
GERMANY



Merkle Schweißanlagen-Technik GmbH | D-89359 Kötz | Tel.: 08221 915-0 | info@merkle.de | www.merkle.de

Über die Anfänge des Plasmaschneidens

Mit diesem Beitrag bin ich auf ein Problem gestoßen, das ich bei zahlreichen Arbeiten zur Geschichte schweißtechnischer Verfahren noch nicht angetroffen habe. Das Problem besteht darin, dass das nahezu allwissende und sonst so zuverlässige Wikipedia über den Ursprung der Plasmaverfahren eine Darstellung bringt, die ich aufgrund meiner persönlichen Erfahrungen vor mehr als 60 Jahren, meiner persönlichen Mitwirkung bei der Markteinführung der Verfahren und meiner umfangreichen Recherchen in der Fachliteratur so nicht bestätigen kann. Lassen Sie mich zuerst meine Darstellung vortragen, bevor ich dann auf die Wikipedia-Darstellung eingehe.

Es begann als „Heliarc-Cutting“

Mit einem internen Rundschreiben vom 28. Dezember 1955 wurden die Mitarbeiter eines auf dem deutschen Markt tätigen Herstellers von Schutzgasschweißanlagen

auf ein neues Schneidverfahren aufmerksam gemacht, das wenige Wochen vorher auf einer schweißtechnischen Ausstellung in den USA vorgeführt worden war: das Trennen von Metall mit einem „gebündelten“ Lichtbogen, der in einem Gemisch von Argon und Wasserstoff zwischen einer Wolframelektrode und dem Werkstück brannte. Die Lichtbogenspannung betrug 55 bis 75 V bei einem Schneidstrom von 300 bis 400 A. Die ersten Erfahrungen in den USA beschränkten sich auf Aluminium. Ein 12 mm dickes Blech konnte manuell mit einer Schneidgeschwindigkeit von etwa 1,5 m/min geschnitten werden. Bei der maschinellen Brennerführung kam man auf Schneidgeschwindigkeiten von 7,5 m/min (Blechdicke 6 mm) bis 1,25 m/min (Blechdicke 25 mm). Als mögliche Obergrenze der Blechdicke wurden 30 bis 40 mm angenommen.

Der Schritt auf den deutschen Markt geschah im folgenden Jahr. Mit einem

ganzseitigen Inserat, **Bild 1**, in „Schweißen und Schneiden“ vom Dezember 1956 wurde das „neue umwälzende Verfahren“ für das Aluminium-Brennschneiden als „Argonarc-Brennschneiden“ bekannt gemacht. Schon im März des Jahres 1957 gab es auch Schneidtabellen für „Kupfer, Elektron und Hydronalium“. Mit einer Zugabe von Wasserstoff zum Argon konnten die Lichtbogenspannung auf über 70 V und damit die Lichtbogenenergie gesteigert werden. Damit ergaben sich beispielsweise für Aluminium beim manuellen Schneiden (Auszug aus der Schneidtablette) als Schneidgeschwindigkeit bei Blechdicke

- 6 mm: 1,5 m/min,
 - 12 mm: 1,0 m/min,
 - 25 mm: 0,5 m/min,
 - 38 mm: 0,38 m/min
- und beim „Maschinenschchnitt“ bei Blechdicke
- 6 mm mit 380 A: 7,50 m/min,
 - 6 mm mit 240 A: 2,5 m/min,
 - 12 mm mit 400 A: 3,8 m/min,
 - 12 mm mit 280 A: 1,9 m/min,
 - 25 mm mit 400 A: 1,25 m/min,
 - 25 mm mit 330 A: 0,90 m/min,
 - 38 mm mit 400 A: 0,90 m/min.

Noch im selben Jahr konnten die ersten Geräte ausgeliefert werden. Ihr Preis lag bei 6.000 bis 7.000 DM, dazu kam ein Umformer in Sonderausführung mit einer Zündspannung von 100 V. Der US-amerikanische Patentinhaber, die Union Carbide and Carbon Corporation, verlangte eine Lizenzgebühr von 10 DM je Lichtbogenbrennstunde – deshalb waren die Schaltgeräte mit einer elektrischen Uhr versehen, welche die reinen Brennstunden aufzeichnete. Der Anwender musste einen fünfseitigen Lizenzvertrag unterschreiben, der für das „HELIARC-CUTTING“ auf eine US-Patentanmeldung vom 26. Juli 1955 und eine deutsche Anmeldung vom 26. Juli 1956 hinwies.

Die Lizenzgebühr war angesichts der Vorteile des Verfahrens kein Kostenproblem, sie fiel ohnehin später weg. Die hier praktizierte Argon-Wasserstoff-Technik mit Spitzenelektrode hat viele Jahre lang einen Spitzenplatz beim Schneiden von Aluminium und Chrom-Nickel-Stahl eingenommen. Der von den Unternehmen Griesheim und Linde als Lizenznehmer der UCC viele Jahre lang verwendete Handschneidbrenner HC-12 (HAND Cutter)



Bild 1 • Inserat in „Schweißen und Schneiden“, Dezember 1956.



Bild 2 • Argonarc-Schneidbrenner 1956.
(Foto: Messer Group)

war eine Abwandlung des Argonarc-Handschweißbrenners HW-12 oder AS-12 – dieser musste lediglich mit einer anderen Brennerkappe und einem Schneideinsatz ausgerüstet werden, **Bild 2 und 3**. Diese Entwicklung beruhte auf dem US-Patent 2.806.124, **Bild 4**.

Mit dem „Argonarc-Schneiden“ war ein Verfahren überflüssig geworden, über welches schon 1954 in „Schweißen und Schneiden“ aufgrund einer amerikanischen Veröffentlichung von 1953 berichtet worden war [1]: das Schneiden von Aluminium mit Hilfe einer abschmelzenden Stahlelektrode unter Argon – also einer Art S.I.G.M.A.-Schneiden. Dabei war mit Drahtdurchmessern von 1,5 bis 2 mm, Strömen von 350 A (bei Blechdicke 3 mm) bis 700 A (bei Blechdicke 12 mm) und mit



Bild 3 • Schneiden mit Handschneidbrenner HC 12.
(Foto: Messer Group)

Geschwindigkeiten von 1 bis 2,5 m/min geschnitten worden. Man kann sich vorstellen, dass die ohne Stahldraht unter Argon-Wasserstoff geschnittenen Kanten erheblich besser waren.

Das gilt auch für den Wettbewerber Pulverbrennschneiden. Für den Apparatebau mit seiner Forderung nach sauberen Schnittkanten war das Pulverbrennschneiden keine Alternative mehr. Eine Kostenvergleichsrechnung für 10 mm dicke

Chrom-Nickel-Stahlbleche ergab in den sechziger Jahren für das Argonarc-Brennschneiden Schnittmeterkosten von 2,03 DM (Gerätepreis 16.000 DM, Schneidleistung 12 KW, Schneidgeschwindigkeit 1 m/min, Argonpreis 6 DM/m³, Wasserstoffpreis 1,40 DM/m³) gegenüber 5,50 DM beim Pulverbrennschneiden (Schneidgeschwindigkeit 0,6 m/min, höherer Werkstoffverlust durch breiteren Schnitt und Nacharbeit sowie höhere Nacharbeitskosten durch Nachhobeln inbegriffen). Dem Pulverbrennschneiden blieben noch Stahlindustrie, Verschrottung oder vom Argonarc-Brennschneiden nicht zu bewältigende Werkstückdicken.

Erfolgreiche Argon-Wasserstoff-Technik

Im August 1957 beschrieb E. Witting ausführlich [2] Voraussetzungen und Betriebserfahrungen mit dem neuen Verfahren. Schon 1962 hatte sich der Name „Plasmaschneiden“ anstelle des firmengebundenen „Argonarc“-Schneidens durchgesetzt. Auf der Großen Schweißtechnischen Tagung jenes Jahres wurden erfolgreiche Anwendungen beschrieben

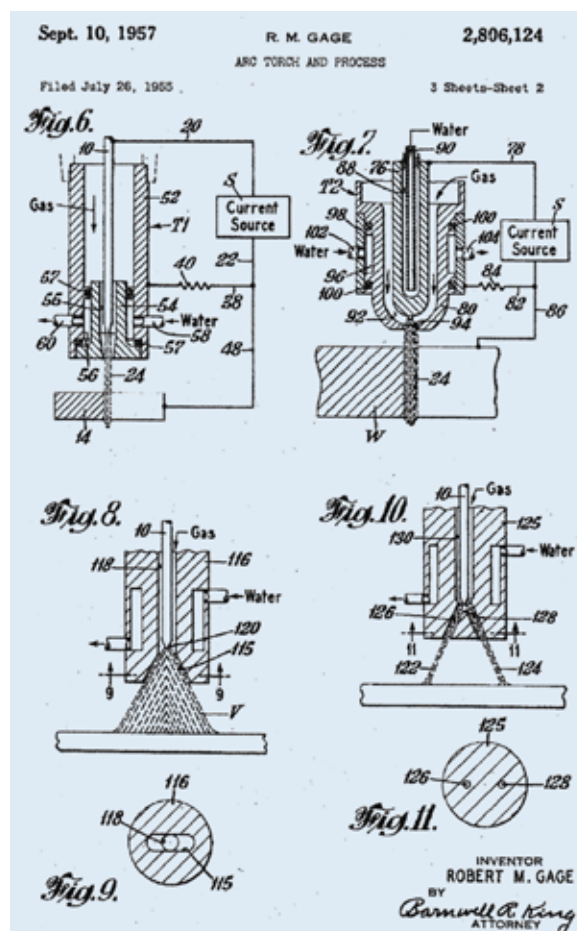


Bild 4 • Darstellungen aus dem US-Patent 2.806.124 vom 26. Juli 1955.

[3], beispielsweise auch das Schneiden von Chrom-Nickel-Stählen oder Aluminium mit verschiedenen Stickstoff-Wasserstoff-Gemischen mit oder ohne Zusatz von Argon. Etwas später wurde auch eine Brennerbauart mit flacher Wolframelektrode bekannt, die wie die Stromquellen in verschiedenen Leistungsstufen gebaut wurde und Aluminium wie Chrom-Nickel-Stahl bis 100 mm sowie Kupfer bis 40 mm schneiden konnten, jeweils mit Stickstoff-Wasserstoff-Gemischen, wobei bis auf Aluminium der Wasserstoff nur in geringen Anteilen zugesetzt wurde, selbst bei Aluminium höchstens mit 40% Anteil am Gemisch.

Ferner wurde das Schneiden von unlegierten Stählen diskutiert [3]. Als bemerkenswert wurde dabei die hohe Schneidgeschwindigkeit genannt, die aber mit wachsender Blechdicke rasch abfällt. Auch die Bartbildung, sogar manchmal eine Brückenbildung an der unteren Kante der Schnittfuge, gab Grund zur skeptischen Feststellung: „Es kann heute noch nicht gesagt werden, inwieweit der Plasmaschnitt dem Autogenschnitt auf dem Gebiet der Kohlenstoffstähle Boden abgewinnen kann“. Und es gibt den Hinweis: „Das bedeutet, dass auch atmosphärische Luft als Schneidgas verwendet werden kann“. Im übrigen sei das Plasmaschneiden von Bauteilen aus Aluminium im Schiffbau „nicht mehr zu entbehren“; im Chemieapparatbau an Chrom-Nickel-Stählen habe es sich durch die zu erzielende Kostensenkung rasch Zutritt verschafft.

Stürmische Entwicklung der Argon-Wasserstoff-Technik

Schon 1965 stellten nach R. Lohrmann [4] vier Unternehmen auf der Fachmesse Essen Geräte zum Plasmaschneiden aus: Arcos, Linde, Messer-Griesheim und Siemens-Schuckert. Ein Vortrag auf der Großen Schweißtechnischen Tagung beschrieb neue Grenzen: Produktionsschnitte an Aluminium bis 135 mm, an Chrom-Nickel-Stahl bis 100 mm Dicke; neue schwere Plasabrenner für Schneidgas Stickstoff mit Flächenelektrode und korkenzieherartig um den Lichtbogen geführtem Arbeitsgas; Spezialgleichrichter mit 400 V Leerlaufspannung und 200 V Betriebsspannung mit Brennern für Schneidgase Stickstoff oder Stickstoff-Wasserstoff; neue Plasabrenner für Druckluft zum Schneiden unlegierter Stähle mit Zirkonelektrode und Mehrlochdüse sowie als Doppelgasflußbrenner,

bei dem ein Stickstoffplasma von einem Sauerstoff- oder Druckluftmantel eingehüllt wird.

Reinheit der Gase

Im Jahr 1960 hielt es einer der Schneidanlagenhersteller für erforderlich, seine Außendienstmitarbeiter auf die Notwendigkeit der Verwendung von Schneidgasen mit hoher Reinheit hinzuweisen. Es sollten nur die Qualität „reinst“ verwendet werden: mindestens „99.75“ bei Wasserstoff und mindestens „99.99“ bei Stickstoff. Der Grund: „Die Standfestigkeit der Wolfram-Elektroden und die Qualität des Schnittes ist wesentlich geringer bei Schneidgasen minderer Reinheit. Beim Stickstoff kommt außerdem die Gefahr schwerer Gesundheitsschäden hinzu, da bei niedrigprozentigem Stickstoff die sehr giftigen Stickoxide entstehen können.“ Erstaunlich, dass der Verfasser dann in seinem Archiv ein Schreiben aus dem Jahr 1981 gefunden hat, das diesen Hinweis wiederholt und versichert, dass dieser auch in die Betriebsanleitungen aufgenommen werde.

Schon etwas früher – damit ein kleiner Vorgriff auf die spätere Geschichte – hatte ein Hersteller ein neues Plasmaschneidgas auf den Markt gebracht, mit dem das Entstehen fest haftender, schwer entfernbarer Schlacke beim Schneiden von dünnen Blechen aus niedrig- wie hochlegiertem Stahl weitgehend verringert und damit die Putzkosten gesenkt werden sollten [5]. Es war ein Gas aus vier Komponenten: 70% Stickstoff, 21% Neon, 7% Helium und 2% Wasserstoff. Diesem Gas scheint aber keine sehr lange Lebensdauer beschieden gewesen zu sein.

Ein starker Wettbewerber: Druckluft als Schneidgas

Der Verwendung von Druckluft stand man in Westdeutschland zu Beginn der siebziger Jahre skeptisch gegenüber. Dem Plasmaschneiden mit Luft wurde, im Gegensatz zu Meinungen in den Ostblockländern, nur geringe Bedeutung beigemessen. Dabei hatte schon 1968 der Vertrieb der auch für Druckluft geeigneten Anlagen PA-100 und PA-20 von Kjellberg, Finsterwalde, in Westdeutschland begonnen, **Bild 5**. In weiteren Inseraten wurde die „extrem schmale Schmelzfuge“ von 3,0 bis 1,0 mm herausgestellt, der geringe Gasverbrauch von 700 l/h Ar und 500 l/h Wasserstoff sowie der fliegende Anstich. 1971 kam

dann die Anlage PA 20-2 auf den westdeutschen Markt, bei der ohne Brennerwechsel die Umstellung von Argon-Wasserstoff auf Luft möglich war. Sie wurde unter dem neuen Firmennamen „VEB Mansfeld Kombinat Wilhelm Pieck“ in Finsterwalde gebaut. Diese Anlage führte trotz der Probleme des Druckluftschneidens mit hohen Verschleißkosten und der Notwendigkeit leistungsfähiger Absauganlagen zu guten Verkaufserfolgen im Westen – 1974 enthielt die Referenzliste schon 21 Kunden in der Bundesrepublik Deutschland.

In verschiedenen Beiträgen wurde über die Entwicklungsarbeit im ZIS (Zentralinstitut für Schweißtechnik) in Halle berichtet [6...9]. Im Jahr 1970 beispielsweise war über den Einsatz der vom ZIS in Zusammenarbeit mit der Volkswerft Stralsund entwickelten Druckluft-Plasmaschneidanlage berichtet worden. Ein neuartiger Brenner konnte sowohl mit Druckluft als auch mit einem Argon-Wasserstoff-Gemisch betrieben werden. Stahlbleche von 8 bis 20 mm Dicke wurden mit sauberen und glatten Schnittflächen ohne Schmelzgrat oder Schlackenanhang geschnitten. Dabei wurde „das Feinstrahlprinzip“ eingehalten, mit Fugenbreiten und Schnittfugenwinkel gleich denen der konventionellen Ar-H₂-Feinstrahlbrenner der Baureihe PB 20.“ Vorteilen in technischer und ökonomischer Hinsicht standen beim Druckluftschneiden allerdings höhere Anforderungen an den Arbeitsschutz zum Absaugen von Ozon und nitrosen Gasen gegenüber.

Die hier beobachteten ökonomischen Vorteile ließen sich nicht überall reproduzieren. Im VEB Transformatorenwerk Berlin wurde die Einführung des Druckluftschneidens zurückgestellt, weil trotz höherer Arbeitsproduktivität bei Blechdicken unter 20 mm „der ökonomische Vergleich im gesamten Dickenbereich zugunsten der Autogentechnik ausfällt“. Dabei spielten die sehr viel höheren Grundkosten (10% Amortisation und 6% Produktionsfondsabgabe) auf die 415.000 Mark teure Plasmaanlage („einschließlich Geräteträger, Entlüftung und drei Schneidanlagen“) eine entscheidende Rolle – die Autogeanlage war mit 110.000 Mark in die Rechnung eingegangen.

Besser fielen die Vergleichsversuche im VEB Metalleichtbaukombinat Berlin aus. Mit einer errechneten jährlichen Kosteneinsparung von 2.382 Mark aber „kann dem Verfahrenseinsatz ohne Verletzung der 5-jährigen Amortisation für

Investitionskredite nicht zugestimmt werden“. Die Verwendung von Druckluft gegenüber den „üblichen Trägergasen“ Argon und Wasserstoff konnte zwar 10.000 Mark an Gasekosten einsparen, erforderte aber zur Absaugung der toxischen Gase einen Mehraufwand von 22.000 Mark. Diese Erprobungen fanden mit der Plasma-Schneidanlage PA 20 und dem Feinstrahlbrenner PB 20-2 des Unternehmens Kjellberg, Finsterwalde, statt. Dieser „Feinstrahlbrenner“ war in Zusammenarbeit mit Manfred von Ardenne entwickelt worden.

Manfred von Ardenne und der Feinstrahlbrenner

Bei Wikipedia [10] „entwickelte sich die Technologie des Plasmaschneidens aus dem Plasmaschweißen“. Wie schon in den ersten Zeilen dieses Beitrags festgestellt, kann ich dieser Darstellung nicht folgen. Es heißt bei Wikipedia dann weiter: „Wesentliche Grundlagen der Technologie und die erste industriereife Anlage

wurden bei Kjellberg Finsterwalde entwickelt. Der erste Plasmafeinstrahlbrenner auf Argon-Wasserstoff-Grundlage wurde im Jahre 1962 von Manfred von Ardenne in Zusammenarbeit mit dem Betrieb gebaut und 1965 patentiert“.

Nun dürfte in den westlichen Bundesländern die Arbeit des Physikers Manfred von Ardenne nicht sehr bekannt sein. Deshalb soll an dieser Stelle kurz über ihn und seine Arbeit berichtet werden. Grundlage dafür ist der Text, mit dem im „Phantech-nikum“, dem technischen Museum in Wismar, an ihn erinnert wird [11]. Danach wurde „Manfred Baron von Ardenne 1907 in Hamburg geboren, ... gründete 1928 das Forschungslaboratorium für Elektronenphysik in Berlin-Lichterfelde, das er bis 1945 leitete, und gründete nach Rückkehr aus der Sowjetunion, wo er von 1945 bis 1954 bei der Entwicklung der sowjetischen Atombombe mitarbeitete, das nach ihm benannte Forschungsinstitut auf dem Weißen Hirsch in Dresden. ... Er erhielt rund

500 Patente auf dem Gebiet der Funk- und Fernsehtechnik, Elektronenmikroskopie, Nuklear-, Plasma- und Medizintechnik. ... Um 1960 wurden erstmals Grundlagenversuche für das Plasmaschneiden mit Argon-Wasserstoff durchgeführt. Beteiligt waren das Forschungsinstitut Manfred von Ardenne und das Unternehmen Kjellberg in Finsterwalde (damals VEB). ... Mit der ,50 kW WSH III-M‘ lieferte Kjellberg Finsterwalde 1962 eine industriereife Plasmaschneidanlage aus. Im gleichen Jahr wurde das Verfahren zusammen mit dem Forschungsinstitut Manfred von Ardenne zum Plasma-Feinstrahlschneiden weiterentwickelt und patentiert. Ein Jahr später arbeitete die erste in Serie gefertigte Maschine. 1966 konnte das Plasma-Feinstrahlschneiden eingeführt werden. Erhöhte Schneidgeschwindigkeiten, nachbearbeitungsfreie Schnitte und neue Bearbeitungsmöglichkeiten sorgten für internationalen Erfolg“.

In seinen Lebenserinnerungen [12] schreibt M. von Ardenne: „Im eigenen Institut und auf den Schiffswerften ging viel Zeit mit dem Trennen und Herausschneiden von Metallen verloren. 1960 kam mir die Idee, hierfür einen Plasma-Feinstrahlbrenner zu entwickeln. Dabei soll das Hochtemperatur-Plasma einer Hochdruckgasentladung so aus einer feinen wasser-gekühlten Düse austreten, dass sich ein Plasmastrahl von über 10.000°C und nur wenig über einen Millimeter Durchmesser bildet. Mit einem solchen Plasmastrahl lassen sich die sprödesten Sonderstähle und Metalle mit sehr hohem Schmelzpunkt schneiden. Um die industrielle Nutzung dieser Methode zu demonstrieren, hatte ich das Schmelzschneiden in unserem Fernsehen vorgeführt. Am nächsten Tag mußte der Verkehr auf dem weißen Hirsch geregelt werden“.

Weitere Informationen zum „Feinstrahlbrenner“ erfährt man aus [13]: „Dieses Verfahren konnte durch Kjellberg Finsterwalde und Manfred von Ardenne weiterentwickelt werden. Es entstand das Plasma-Feinstrahl-Schneiden, das 1965 patentiert wurde – bekannt als FineFocus-Technologie“. Auf der Webseite der „Von Ardenne GmbH“, Dresden, wird berichtet: „Erstes Entwicklungsprojekt des Ardenne-Institutes auf dem Gebiet der Plasmaphysik war 1963 der Plasmafeinstrahlbrenner ... Industriepartner bis 1990 war der VEB Schweißtechnik ‚Kjellberg‘ Finsterwalde, ab 1972 Betrieb des Mansfeld-Kombinates Eisleben. Die ersten Anlagen dafür wurden

Fliegendes Anschneiden in Chrom-Nickel-Stahl 90 mm

das ist ohne weiteres beim Plasma-Schmelzschneiden mit den Kjellberg-Plasma-Anlagen möglich. Die Kjellberg-Anlage PA 100 ist mit ihrem Leistungsumsatz von 100 kW zum Schneidschneiden bis 100 mm Materialdicke in Extremfällen auch weit darüber hinaus bestimmt. Das Einsatzgebiet der Plasma-Feinstrahl-Anlage PA 22 liegt bei Materialdicken bis 30 (50) mm, Normalschnitte, Konturschnitte, Schrägschnitte, fliegendes Anschneiden, Gesteifen direkt über dem Tisch, das alles leisten die Kjellberg-Anlagen. Für das Trennen von auflegen nicht schweißbaren Werkstoffen, wie Buntmetall, Leichtmetall und hochlegierte Stähle, ist das Plasma-Schmelzschneiden aufgrund der Bearbeitungs-geschwindigkeit, der Schnittgüte, der Kosten und der Betriebssicherheit das wirtschaftlichste Verfahren. Bei Bauteilen bietet die Plasma-Feinstrahl-Anlage PA 20 die Möglichkeit, Kostenverluste gegenüber dem Aufguss-schneiden bei bester Schnittqualität zu erzielen. Überprüfen Sie daher Ihre Schneid-technik und lassen Sie sich von uns beraten.

Kjellberg FINSTERWALDE ELEKTRODEN & MASCHINEN GmbH
in Verwaltung, DDR 796 Finsterwalde/Niederlausitz
Deutsche Demokratische Republik

Exporteur:
Elektrotechnik EXPORT-IMPORT
KOLLEKTIVER AUSSENHANDELSBETRIEB DER
DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK
DDR 104 BERLIN CHAUSSÉE STRASSE 115/112

Repräsentanz für die Bundesrepublik:
EMA, Eisen- und Maschinenhandel GmbH
43 Essen, Kropfenstraße 15
Telefon: 222036, Telex: 08 579525

Bild 5 • Inserat in „Schweißen und Schneiden“, Oktober 1968.

im Forschungsinstitut ab 1964 gebaut. Etwa 700 weitere kommen bis 1980 im In- und Ausland zum Einsatz“.

Bei seinen Patentrecherchen fand der Verfasser zwei Patente, die im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung von Plasmapbrennern zum Schweißen und Schneiden stehen:

- DDR-Patentschrift 42673 über „Verfahren und Anordnung zur Erhöhung der Düsenstandzeit bei Lichtbogen-Plasmapbrennern hoher Leistung“, Anmeldetag 14. Juni 1963, Ausgabetag 5. Januar 1966, Erfinder: Lothar Haase, Dresden, und Rudolf Pochert, Dresden, Inhaber: Forschungsinstitut Manfred von Ardenne, Dresden;
- DDR-Patentschrift 131217 über „Plasmapbrenner“, Anmeldedatum 7. Juni 1977, Veröffentlichungsdatum 7. Juni 1978, Erfinder und Anmelder/Inhaber: Manfred von Ardenne, Thomas von Ardenne, Alexander von Ardenne.

Der Verfasser hofft, dass er mit diesen Informationen den Lesern eine korrekte Einordnung der Arbeiten des Manfred von

Ardenne in die Geschichte des Plasmaschneidens bieten kann.

Internationale Meldungen

Wie sehr in jenen Jahren an der Plasmatechnik gearbeitet worden ist, zeigen einige Kurzmeldungen aus einer dem Verfasser vorliegenden Presseschau:

- VWD-Montan berichtet am 30. September 1968 über die Produktion von Plasma-Schneidbrennern in einem Moskauer Werk. Ein Stahlband von 15 mm Dicke lässt sich sechs bis achtmal schneller durchschneiden als mit dem herkömmlichen Autogenbrenner.
- Die VDI-Nachrichten vom 4. Dezember 1968 berichten über eine neue, in einem Moskauer Institut entwickelte Plasmastrahlanlage, unter deren Einwirkung jeder Werkstoff blitzartig verdampfen soll. Mit der Anlage „Itf-20“ können Gußstücke bearbeitet und Stahlbleche bis 25 mm Dicke geschnitten werden. Die Anlage erzeugt einen dünnen Stickstoffplasmastrahl mit einer Temperatur, die drei bis vier mal so hoch ist wie

die Temperatur auf der Oberfläche der Sonne.

- im „Blick durch die Wirtschaft“ vom 6. Oktober 1967 war zu lesen, dass britische Physiker und Techniker ein handliches Plasma-Gerät zum vielseitigen Schneiden und Schweißen entwickelt haben, das an eine Haushalt-Steckdose von 13 A angeschlossen werden kann und „insgesamt so etwas wie eine Revolution für Industrie und Werkstatt zu bedeuten scheint“.
- im „Blick durch die Wirtschaft“ vom 13. August 1970 wird „der erste mobile Plasma-Schneidbrenner der Welt“ aus England genannt – das „auf einem Lastwagen montierte Gerät besteht aus dem Generatorsatz, dem Regelungssystem und den Schneidbrennern“.

In einer Fachzeitschrift brauchen solche Meldungen sicher nicht kritisch kommentiert zu werden.

Wasser kommt ins Spiel

Eine neue Variante des Plasmaschneidens begann mit dem US-Patent 3.641.308, angemeldet 1970, **Bild 6**: das „Water Injection Plasma Cutting“, auch in Deutschland abgekürzt als „WIPC“. Über seine ersten Anwendungen in den USA wird 1970 in [14] berichtet. Es nutzt radial in den Plasmastrahl gespritztes Wasser (etwa 2 l/min), **Bild 7**, und liefert ausgezeichnete bartfreie Schnitte auch an Baustählen. Interessant sind die Angaben in einem Prospektblatt des Lieferanten Chemetron Corp.: die Schneidströme liegen zwischen 160 und 750 A für Blechdicken von 3 bis 100 mm – der Käufer erwirbt mit dem Kauf auch die Lizenz zur Nutzung des US-Patentes 2.806.124 von 1957.

Die Leser von „Schweißen und Schneiden“ wurden 1973 unter der Rubrik „Korrespondenten berichten“ über diese sowie neue Entwicklungen zum Wasserplasma-schneiden in den USA informiert [15]. Der Korrespondent beschreibt den WIPC-Brenner mit tangential eingeleitetem Wasser, das zu einer zusätzlichen Einschnürung des Plasmabogen führt (bei gleicher Rotationsrichtung des Plasmagases), zum größten Teil nicht verdampft und dann als konischer Sprühnebelstrahl um die Lichtbogensäule austritt und die Oberfläche des Werkstücks kühlt. Die Schneidkanten fallen allerdings unterschiedlich aus, wie auch schon in **Bild 7** dargestellt worden ist. Dies wurde jedoch nicht als erheblicher Kostenfaktor angesehen, da sich ohnehin „nach

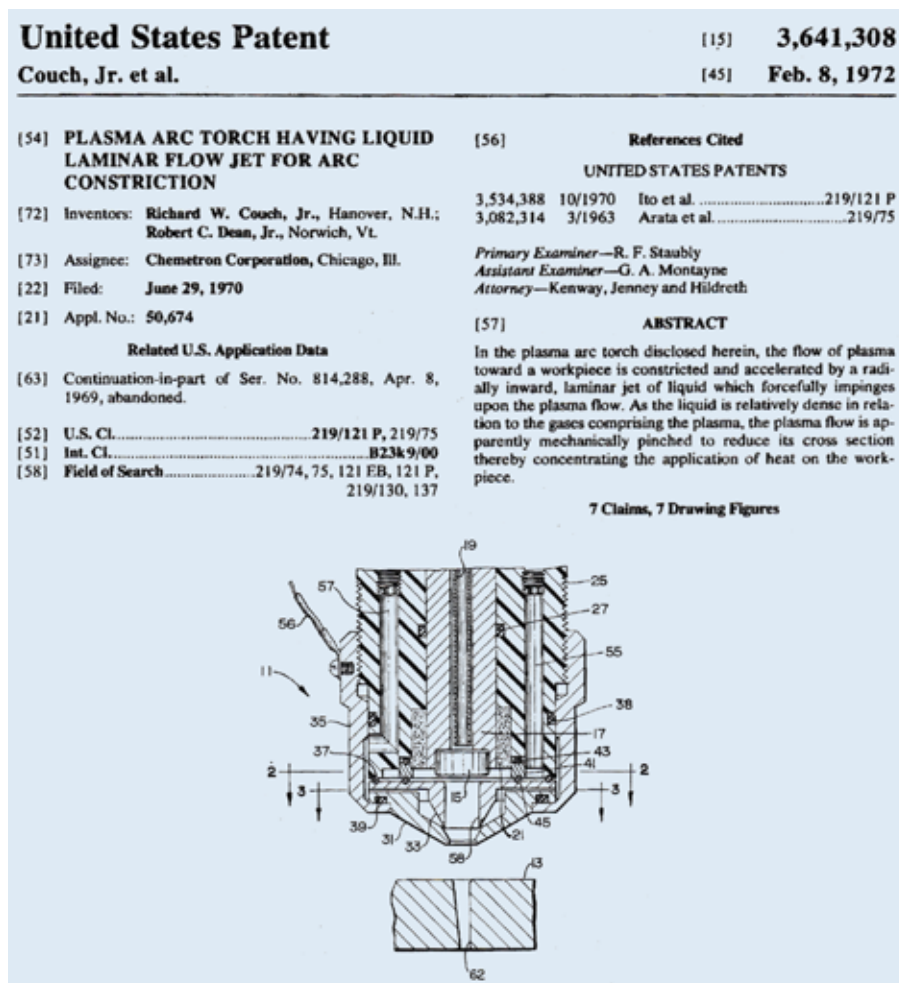


Bild 6 • Darstellung aus dem US-Patent 3.641.308 vom 8. Februar 1972.

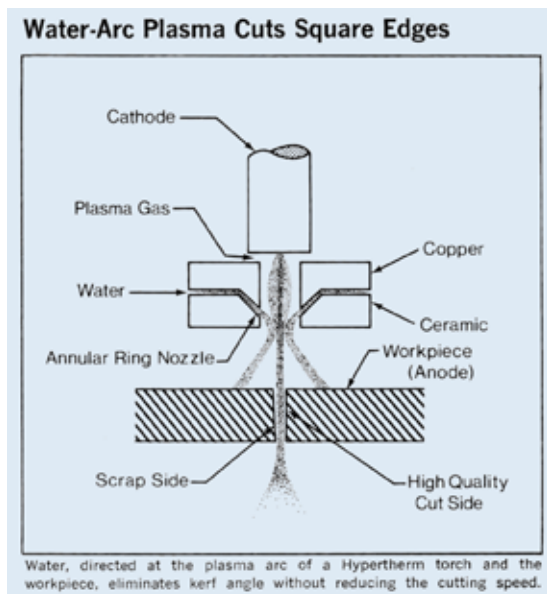


Bild 7 • Prinzip des WIPAC-Schneidens. (Quelle: [14])



Bild 9 • Unterwasser-Schneidanlage. (Foto: Messer Group)



Bild 8 • Plasmaschneiden unter Wasser. (Foto: Messer Group)

statistischen Untersuchungen nur wenige Teile in der Praxis so schachteln lassen, dass ein Trennschnitt für zwei Werkstücke gleichzeitig genutzt werden kann“. Als Plasmagas wurde Stickstoff eingesetzt bei einer Standzeit der Elektroden von 30 bis 40 h.

Beim Plasmaschneiden mit Stickstoff werden keine Absaugungen mehr benutzt, sondern es wird mit Wassertischen gearbeitet, bei denen das Wasser bis „kurz unterhalb der zu trennenden Werkstücke“ steht. Dies lässt sich sehr gut mit einer Wasserglocke kombinieren, die von einer ringförmigen, auf den Brenner aufgesteckten Düse mit etwa 60 l/min Wasser

aus einem Wasserbecken gespeist wird, in welchem die Bauteile auf dem Schneidrost so aufgelegt sind, dass sie die Wasseroberfläche berühren. Für diesen fließenden Wasservorhang ist auch in Deutschland der amerikanische Name „Water Muffler“ verwendet worden. Der Erfolg einer solchen Maßnahme: Schneidgase lösen sich im Wasser und werden fortgespült – das aus der Fuge geschleuderte Metall erstarrt zu kleinen Kugeln und sinkt auf den Boden des Beckens – der Lärm wird erheblich verringert – die UV-Strahlung wird wesentlich geschwächt – die Bleche bleiben kalt, Verzug wird vermieden – bei Chrom-Nickel-Stahl oxidiert die Oberfläche nicht. Der Schritt zum „Unterwasser-Plasmaschneiden“ war dann nicht mehr weit – mit Wasserbecken zum Fluten des Blechs und Absenken des Wasserniveaus nach dem Schneiden, **Bild 8 und 9**. Nach [16] waren die Investitionskosten der dort beschriebenen Anlage (einschließlich Wassertisch, Wasserversorgungs- und Enthärteanlage) etwa doppelt so hoch wie die einer vergleichbaren Autogen-Brennschneidanlage, die Schneidkosten jedoch infolge der höheren Schneidgeschwindigkeiten um etwa 20% günstiger.

Stand Mitte der siebziger Jahre

1975 fasste S. Rasche den Stand der Plasmaschneidtechnik etwa wie folgt zusammen [17]:

- Die Argon-Wasserstoff-Technik ist nach wie vor aktuell an hochlegierten Stählen, Kupfer und Aluminium, mit möglicher Zumischung von Stickstoff im

Dünnblechbereich und an hochwarmfesten Legierungen. Die dabei verwendete Wolfram-Spitzenelektrode sorgt für geringe Stromaufnahme bei hoher Schneidleistung, schmaler Schnittfuge und optimaler Schnittqualität. Das gilt für manuelles wie mechanisiertes Schneiden, **Bild 10**.

- Die Drucklufttechnik bietet zunächst den Vorteil einer ausgezeichneten Qualität auch an Kohlenstoffstählen bei gleichzeitig hoher Schneidgeschwindigkeit, **Bild 11**, vermeidet Bartbildung, benötigt Elektroden aus Zirkonium oder Hafnium und deren intensive Kühlung. Erforderlich ist wegen der aus der Schnittfuge austretenden und Ozon wie Stickoxide enthaltenden Gase eine Absauganlage mit nachgeschalteter Naßfiltration.
- Das Schutzgas-Plasma-Schneiden mit Plasmagas Stickstoff und dem den Plasmastrahl umgebenden Schutzgas CO₂ (oder Wasser) bringt bartfreien Baustahlschnitt, erfordert aber einen komplizierteren Brenneraufbau.
- Das „Water Injection Plasma Cutting“ mit dem Schutzgas Stickstoff erlaubt eine unkomplizierte Brennerkonstruktion, weil das Kühlwasser nicht zurückgeführt werden muss, Das Düsensystem zeigt Standzeiten, wie sie bisher nicht möglich gewesen sind.

Eine Anwendungsstudie des Verfassers aus jener Zeit zeigte, dass für den Apparatbau mit seinen bevorzugten Werkstoffen Aluminium und Chrom-Nickel-Stahl das Plasmaschneiden unentbehrlich geworden



Bild 10 • Plasmaschneiden mit Gelenkarm-Schneidmaschine. (Foto: Messer Group)

war – auch wenn die Auslastung des vorhandenen Gerät nur bei 10 bis 30 % lag. Das betraf alle acht untersuchten Betriebe mit Beschäftigtenzahlen zwischen 50 und 1.500.

Rasante Entwicklung

In den achtziger Jahren schwappte dann eine Welle kleiner kompakter Werkstattgeräte auf den westdeutschen Markt. Viele hatten nur einen luftgeköhlten Brenner; ihr Leistungsbereich ging bis 50 oder 70 A, die Preise lagen bei 5.000 bis 7.000 DM. Als Kundenkreis waren metallverarbeitende Handwerksbetriebe gedacht. Wer dabei als Hersteller noch die Position der Argon-Wasserstoff-Technik halten wollte, wurde dabei sehr bald von seinen Wettbewerbern und vom Markt eines Besseren belehrt: schon nach wenigen Jahren hatten alle Hersteller auf Druckluft umgestellt, denn im Schlossereibetrieb war an unlegierten Stählen mit Edelgasen nicht die nötige Bartfreiheit erreichbar. Mit Druckluft waren alle gängigen Metalle bis etwa 12 mm Dicke mit einem 50-A-Gerät schneidbar – in ausreichender Qualität für den im kleinen Betrieb praktizierten manuellen Schnitt.

So ersetzte beispielsweise ein Apparatebauer das bisher betriebene Ausschneiden von Kesselböden mit 1.000 mm Durchmesser aus 3 mm dickem Chrom-Nickel-Stahl mit der Schlagschere durch manuelles Plasmaschneiden mit Zirkelführung und reduzierte die Arbeitszeit von 60 min (einschließlich Nachschleifen, der

Blechdicke mm	Verfahren			
	C_2H_2/O_2 ¹⁾ mm/min	Ar/ H_2 ²⁾ mm/min	Luft ³⁾ mm/min	H_2O/N_2 ⁴⁾ mm/min
5	800	3000	5000	3800
10	725	1250	3000	2800
15	645	1150	1700	2500
20	590	650	1100	1700
25	530	500	800	1140
100	270	160	–	150 ⁵⁾

¹⁾ Baustahl (Vadura-Ac-Düse),

²⁾ CrNi-Stahl, 100-kW-Anlage, optimale Schnittgüte,

³⁾ Baustahl, 30-kW-Anlage,

⁴⁾ Baustahl, 100-kW-Anlage,

⁵⁾ Baustahl, 150-kW-Anlage.

Bild 11 • Vergleich möglicher Verfahrensvarianten des Plasmaschneidens mit dem Brennschneiden (C_2H_2/O_2) hinsichtlich erzielbarer Schneidgeschwindigkeiten (nach S. Rasche [17], 1975).

Messerverschleiß wurde nicht berücksichtigt) auf 15 min. Ein anderer Apparatebauer nutzte das neue Verfahren für Ausschnitte aus 2 mm dickem unlegiertem Stahl mit Hilfe einer Schablone, **Bild 12**, und reduzierte so die Arbeitszeit von 40 auf 15 min.

Vielfalt der Varianten

Die späteren Möglichkeiten der Plasma-Schneidtechnik sind für den Laien kaum mehr durchschaubar. Laufend gab es neue Entwicklungen. Mitte der achtziger Jahre fand man einen Weg, als Schneidgas für unlegierte Stähle Sauerstoff anstelle von Druckluft oder Stickstoff zu verwenden. Dies führte zu weiter reduzierter Schlackenbildung und beim nachträglichen Schweißen von Schnittkanten zum Wegfall von Porenproblemen, die bei Schnittkanten auftreten können, die Stickstoff aufgenommen haben. Auf der Internationalen Frühjahrsmesse in Leipzig 1991 wurde eine „Feinplasmaanlage“ eines japanischen Herstellers für das Schneiden von Bauteilen mit bis zu 6 mm Dicke mit Schneidgas Sauerstoff gezeigt, deren Schnitte „hinsichtlich Rechtwinkligkeit, Neigung und Rauhtiefe die Vorgaben der DIN 8518“ erreichten – mit erhöhter Energiedichte bei Düsendurchmessern von 0,4 bis 0,7 mm, mit geringer Wärmeeinbringung, minimalem Verzug und nur sehr schmalen Aufhärtungszonen – besonders gedacht für die Dünnblechfertigung. Die Anlage war nicht nur für Baustahl, sondern auch für Aluminium und Chrom-Nickel-Stahl (dabei für Blechdicken bis 4 mm) ausgelegt.

Ein amerikanischer Hersteller brachte 1999 eine Anlage auf den Markt, bei der normales Leitungswasser anstelle von Schutzgasen wie Stickstoff oder Luft eingesetzt werden konnte, um den mit Stickstoff gebildeten Plasmalichtbogen zu schützen.

Hinsichtlich Wasser war schon 1974 ein russischer Forscher weiter gegangen und hatte einen Brenner entwickelt, der nur mit Wasser und ganz ohne zusätzliche Gase arbeiten konnte [18]. Ausschließlich mit Wasser arbeitet auch eine im Jahr 2000 vorgestellte mobile Schneidanlage mit nicht übertragenem Lichtbogen: Wasserdampf diente als Plasmagas und trieb die Schmelze aus der Fuge. Das Gerät konnte am Wechselstromnetz mit einer Absicherung von 10 A betrieben werden. Es sollte an Teilen aus Stahl mit bis zu 5 mm, Aluminium bis 4 mm und Kupfer bis 1,5 mm Dicke gerade auch auf Baustellen angewendet werden können [19]. Verschiedene Möglichkeiten fortgeschrittener Brennerkonstruktionen, **Bild 13**, beschrieben H. Simler und Kollegen 2001 und 2008 in „Der Praktiker“ [20; 21].



Bild 12 • Plasmaschneiden mit kleinem Werkstattgerät. (Foto: Messer Group)

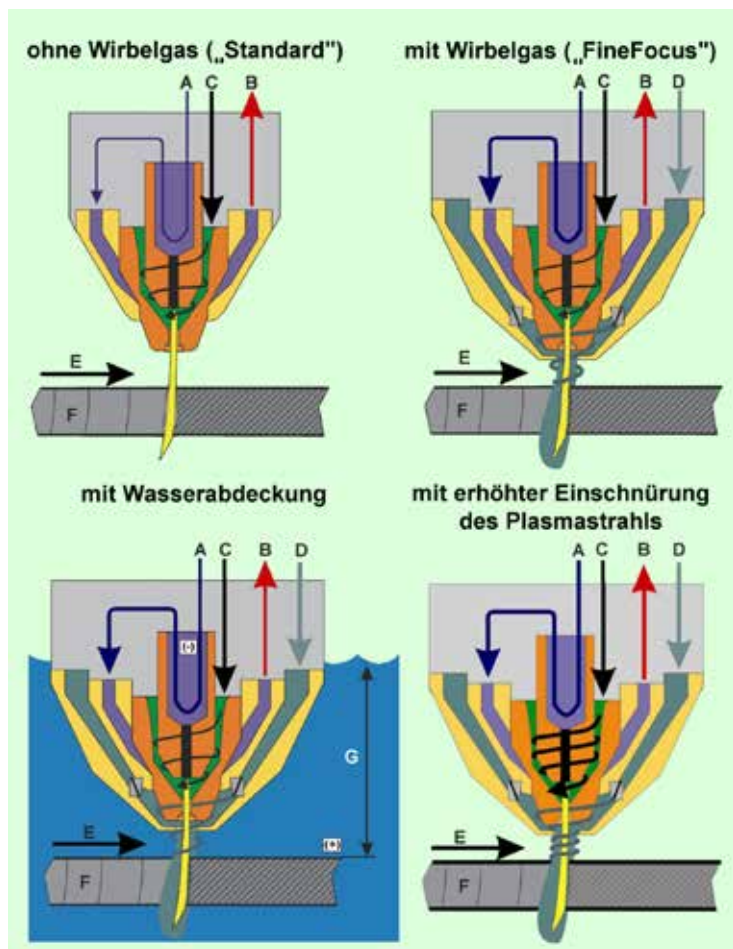


Bild 13 • Prinzip von Plasma-Schneidbrennern; A Wasservorlauf, B Wasserrücklauf, C Plasmagaszuführung, D Wirbelgaszuführung, E Schneidrichtung, F Schnittfläche, G Wasserabdeckung bis 100 mm. (Quelle: H. Simler u.a. [20; 21])

Mit diesen wenigen Hinweisen auf einige spätere Entwicklungen, die nur stellvertretend für andere technische Lösungen sein können, soll der Bericht, der sich ja nur mit den Anfängen des Plasmaschneidens befassen sollte, enden. Oder sollte man erwähnen, dass 2008 wieder über ein Hot-Wire-Plasmaschneiden berichtet worden ist [22] oder dass man mit dem Plasmaverfahren auch fugen kann [23]? Wie das Plasma-Schweißen begann, wird in einem weiteren Bericht dargestellt werden.

Der Verfasser dankt dem Obmann der DVS-Arbeitsgruppe I3 „Geschichte der Fügetechnik“ Herrn Ronald Berndt in Wismar für die freundliche Unterstützung mit Informationen über Manfred von Ardenne. Die Wahrung der Geschichte der Schweißtechnik und verwandter Verfahren ist laut Satzung Aufgabe des DVS. Zur Erfüllung dieser Aufgabe fühlt sich diese Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit dem Technischen Landesmuseum Mecklenburg-Vorpommern verpflichtet.

G. Aichele, Freiburg

Literatur

- [1] N. N.: Fortschritte auf dem Gebiet des Schweißens und Schneidens. Schw. Schn. 6 (1954), H. 2, S. 86/89.
- [2] Witting, E.: Argonarc-Brennschneiden von Nicht-Eisenmetallen. Schw. Schn. 9 (1957), H. 8, S. 391/94.
- [3] Klohnen, J. H. u. E. Witting: Plasma-Schneiden. Fachbuchreihe Schweißtechnik Bd. 27, S. 17/20. DVS Media, Düsseldorf 1962.
- [4] Lohrmann, G.: Sonderschweißverfahren. Schw. Schn. 17 (1965), H. 12, S. 661/67.
- [5] Farwer, A.: Erfahrungen beim Einsatz von Grieson zum schlackefreien Plasmaschneiden dünner Bleche. Gas aktuell, Firmenzeitschrift Messer Griesheim, H. 17, Mai 1979.
- [6] Boschnakow, I., u. a.: Druckluftschnneiden unlegierter Kohlenstoffstähle im Schiffbau. Schweißtechnik (Berlin) 20 (1970), H. 12, S. 542/44.
- [7] Schulz, W.: Kostenvergleich zwischen Brennschneiden und Druckluftschnneiden unlegierter Stähle. Schweißtechnik (Berlin) 22 (1972), H. 6, S. 261/63.
- [8] Nicht, P., u. L. Zell: Plasma-Schmelzschnneiden allgemeiner Stähle im Stahlbau. Schweißtechnik (Berlin) 22 (1972), H. 6, S. 264/66.
- [9] Boschnakow, I., u. a.: Druckluftschnneiden mit der Plasmaanlage PA 20. Schweißtechnik (Berlin) 20 (1970), H. 8, S. 337/8.
- [10] N. N.: Plasma-Schmelzschnneiden. Wikipedia – Die freie Enzyklopädie, <https://de.wikipedia.org/wiki/Plasma-Schmelzschnneiden>.
- [11] N. N.: Museumstexte Phantechnikum, Wismar 2019.
- [12] von Ardenne, M.: Erinnerungen fortgeschrieben (Düsseldorf 1977). Zitiert nach [11].
- [13] N. N.: Trocken-Plasmaschnneiden. Internet: <http://www.kjellberg.de/Schneidtechnik/Plasma/Verfahren/Prinzip-und-Varianten/Trocken.html>.
- [14] Malim, T. H.: Water-arc plasma cuts square edges. Iron Age (1970), H. Juli.
- [15] Oppe, H. J.: Neue Entwicklungen beim Plasmaschneiden. Schw. Schn. 25 (1973), H. 8, S. 302.
- [16] Rabe, P., u. D. De Keukelaere: Betrieb einer CNC-Unterwasserschneidmaschine mit Unterwasser-Plasmaschneidanlage. Hansa (1982), H. 18.
- [17] Rasche, S.: Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Plasmaschneidtechnik. DVS-Berichte Bd. 37. DVS Media, Düsseldorf 1975.
- [18] Suladze, R. N.: The water-electric cutting of metals with a high-power plasma arc. Svar. Proiz (1974), H. 8, S. 31/33.
- [19] Aretz, H.-G.: Mobiles Plasmaschneiden – Mit Wasser statt Druckluft und Plamagas. Der Praktiker 52 (2000), H. 1, S. 6/10.
- [20] Simler, H., u. a.: Wirtschaftlich, präzise und mit hoher Schnittqualität. Der Praktiker 53 (2001), H. 2, S. 64/66, H. 3, S. 118/21 und H. 4, S. 152/55.
- [21] Simler, H.: Plasmaschneiden nichtrostender Chrom-Nickel-Stähle – Teil 2: Prozessgase, Qualitätsmerkmale, und Kosten. Der Praktiker 60 (2008), H. 9, S. 304/09.
- [22] Krink, V. u. a.: Das Hot-Wire-Plasmaschneiden – ein vielseitiges Verfahren mit indirektem Lichtbogen zum Schneiden nichtleitender und problematischer Werkstoffe und Werkstoffkombinationen. DVS-Berichte Bd. 250, S. 28/33. DVS Media, Düsseldorf 2008.
- [23] van der Will, A.: Lichtbogen-Sauerstoff-Fugen und Plasmafugen. Der Praktiker 47 (1995), H. 7, S. 335/338.

IIW-Kommission X „Strukturverhalten von Schweißverbindungen – Versagensvermeidung“

Die IIW-Kommission X (C-X) befasst sich thematisch mit der Integritätsbewertung von Schweißverbindungen mittels bruchmechanischer und schädigungsmechanischer Methoden. Wesentliche Schwerpunkte der Kommissionsarbeit sind:

- Weiterentwicklung von Konzepten und Regelwerken für die Bewertung der Gebrauchseignung (Fitness-for-Service, FFS) geschweißter Bauteile mit rissartigen Fehlern,
- experimentelle und rechnerische Ermittlung von Schweißseignungsprofilen, insbesondere in dickwandigen Bauteilen,
- Quantifizierung des Einflusses von Schweißseignungsprofilen auf das Versagensverhalten metallischer Strukturen,
- Berücksichtigung lokaler Eigenschaften des Schweißnahtgefüges bei der Werkstoffprüfung und Bauteilbewertung,
- Weiterentwicklung experimenteller Verfahren zur bruchmechanischen Werkstoffcharakterisierung.

Die Leitung der Kommission X hat Prof. Fumiyoshi Minami (Osaka University/Japan) inne.

Zur Koordination der Aktivitäten im Bereich numerischer und experimenteller Ermittlung von Schweißseignungsprofilen wurde eine Arbeitsgruppe WG-A unter Leitung von Prof. Jeongung Park (Chosun University/Korea) eingerichtet. Von 2014 bis 2018 erfolgten im Rahmen von WG-A ein numerisches „Round-Robin“-Programm, eine parametrische Studie zum Einfluss der Einspannbedingungen beim Schweißen sowie zahlreiche experimentelle Messungen von Eigenspannungen an dickwandigen Schweißproben. Der Abschlussbericht zu den im Rahmen von WG-A durchgeführten Untersuchungen wurde bei der Jahresversammlung 2019 in Bratislava vorgestellt.

Eine der laufenden Aktivitäten innerhalb der Kommission X ist die Erstellung einer für die Anwendung auf Schweißverbindungen ausgerichteten FFS-Prozedur. Deren Grundlagen bilden bestehende Regelwerke, insbesondere BS 7910, während spezifische Berechnungsansätze und experimentelle Ansätze, die für geschweißte Bauteile relevant sind, in separat erstellten

Anhängen reflektiert werden sollen. Dies betrifft im Einzelnen:

- analytische Lösungen für Spannungsin-tensitätsfaktoren,
 - analytische Lösungen für plastische Grenzlasten unter Berücksichtigung von Festigkeits-Mismatch,
 - Empfehlungen zur experimentellen Ermittlung und rechnerischen Abschätzung von Schweißseignungsprofilen in dickwandigen Bauteilen,
 - Berücksichtigung der Spannungsmehr-achsichtigkeit an der Risspitze (Constraint),
 - Einfluss plastischer Vorverformungen sowie dynamischer Lasten auf die Integrität geschweißter Bauteile,
 - Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte für Schweißnähte,
 - dehnungsbasierte Bewertungskonzepte.
- Die entsprechenden Dokumente sollen bis Ende 2020 vorgestellt und anschließend veröffentlicht werden.

Eine Zwischensitzung der Kommission X, an der sechs Personen aus Belgien, Japan, Großbritannien und Deutschland teilnahmen, fand am 7. März 2019 in Freiburg statt. Dabei wurden folgende Vorträge gehalten:

- „Progress towards BS 7910:2019“ (I. Hadley, TWI/Großbritannien; X-1935-19),
- „Development of WES 2808:2017 – Fracture assessment procedure for steel structures under seismic conditions“ (F. Minami, JWRI, Osaka University/Japan; X-1897r-19),
- „Explicit finite element analysis of dynamic response of dissimilar steel joint specimen“ (Y. Takashima, F. Minami, JWRI, Osaka University/Japan; X-1937-19),
- „Towards assessment of welding residual stresses in austenitic pipe but welds by means of ANN“ (F. Dittmann, S. Moroz, I. Varfolomeev, Fraunhofer IWM/Deutschland; X-1936-19),
- „Influence of residual stresses and manufacturing defects on the lifetime of a thick-walled laser welded pipe made by Alloy 617 occ“ (I. Varfolomeev, G. Maier, S. Moroz, H. Oesterlin, Fraunhofer IWM/Deutschland, und B. Kessler, D. Ditttrich, Fraunhofer IWS/Deutschland; X-1939-19),

- „Status report of WG-A: Welding residual stresses in thick steel components“ (J.-U. Park, G. An, Chosun University/Korea, und H. Murakawa, JWRI, Osaka University/Japan, vorgestellt durch F. Minami, JWRI, Osaka University/Japan; X-1938-18).

Im Rahmen der IIW-Jahresversammlung in Bratislava fanden vom 8. bis 10. Juli 2019 drei Sitzungen der Kommission X sowie am 9. Juli eine gemeinsame Sitzung der Kommissionen X, XIII und XV statt. Dabei wurden insgesamt achtzehn Vorträge vorgestellt, die folgenden Themen zugeordnet wurden:

- Entwicklung von FFS-Prozeduren für Schweißverbindungen (1 Vortrag aus Großbritannien),
- Bruchmechanische Prüfung und Auswertung (3 Vorträge aus Japan und Ungarn),
- Versagensbewertung von Schweißverbindungen (7 Vorträge aus China, Japan und Korea),
- Bewertung von Schweißseignungsprofilen (2 Vorträge aus Deutschland und Korea),
- Fortgeschrittene Bearbeitungs- und Fügeverfahren (2 Vorträge aus China und Japan),
- Gemeinsame Sitzung von C-X, C-XIII, C-XV (3 Vorträge aus Neuseeland und USA).

Für die Veröffentlichung in der IIW-Zeitschrift „Welding in the World“ wurden drei Dokumente empfohlen. Prof. Mitsuru Ohata, Osaka University/Japan, wurde für die Zeit von 2019 bis 2021 zum stellvertretenden Kommissionsvorsitzenden gewählt. Die nächste Zwischensitzung der Kommission X ist für den 13. März 2020 in Genua beim Italian Institute of Welding geplant.

I. Varfolomeev, Freiburg

INFO

Sitzung der IIW-Kommission X anlässlich der 72. IIW-Jahrestagung im Juli 2019 in Bratislava/Slowakei und Zwischensitzung am 7. März 2019 in Freiburg. Vorsitzender: F. Minami/Japan; deutscher Delegierter: I. Varfolomeev.

IIW-Kommission XVI „Fügen von Kunststoffen und Klebtechnologie“

Das jährliche Treffen der Kommission XVI fand während der IIW-Jahresversammlung vom 7. bis 12. Juli 2019 in Bratislava/Slowakei statt. Aufgrund der Vielzahl der eingereichten Beiträge wurden drei Sitzungen durchgeführt. Zu den Vorträgen erschienen etwa 25 Personen. Die Delegierten stammten aus Deutschland (Volker Schöppner), USA (David Grewell), Slowakei (Milan Maronek) und Österreich (Sergio Amancio). Chairman der Kommission ist weiterhin David Grewell, der von der Ohio State University an die North Dakota State University gewechselt ist.

Die Leistung der Gruppe bei der Veröffentlichung der Ergebnisse in der IIW-Zeitschrift „Welding in the World“ ist gut, die Begutachtungszeiten und die Erfolgsquoten liegen im gewünschten Bereich. Die Anzahl der in die Begutachtungen eingebundenen Wissenschaftler soll jedoch erhöht werden, um die Durchlaufzeiten weiter zu verringern. In den Bereichen Schweißen von Kunststoffen und Kleben wurden zwölf technische Berichte vorgestellt.

Präsentationen

In den Bereichen Schweißen von Kunststoffen und Kleben wurden folgende technische Berichte vorgestellt:

- **„Study of tube and tank specimens repaired using a carbon fiber reinforced epoxy“** (D. Frank, D. Alveus, Kroatien; IIW-Dok. XVI-1001-19)

Das Unternehmen von Darko Frank ist im Schiffbau tätig. Gegenstand des Vortrags war ein Reparaturverfahren für Stahlrohre, die als Medienleitung im Schiff verbaut sind. Hier kommt es durch Korrosion zu Reparaturen, die aus Sicht der Reederei mit Liegezeiten verbunden sind. Die herkömmlichen Reparaturverfahren erfordern Ersatzteile, wenn die betroffenen Stellen zu groß für Reparaturschweißungen sind. Das Patchen mit carbonfaserverstärktem Epoxidharz ist schneller und auch bei schwer zugänglichen Stellen recht sicher. Wichtig für die Qualität ist die Oberflächenvorbehandlung der schadhaften Stellen.

- **„Modelling and simulation of absorber-free laser welding of transparent polymers“** (P. Nguyen, Fraunhofer

Institut für Lasertechnik ILT Aachen/Deutschland; IIW-Dok. XVI-1002-19)

Beim Laserstrahlschweißen von Kunststoffen ist die Absorption des Laserstrahls im Kunststoff notwendig zur Erwärmung. Dies wird üblicherweise durch eine entsprechende Pigmentierung des Werkstoffs erreicht, beispielsweise mit Ruß. Dies ist jedoch eine unangenehme Einschränkung der Werkstoffwahl für den Konstrukteur. Im Gegensatz dazu entwickelte das ILT eine modifizierte Strahlführung, bei der die Erwärmung durch die Fokuslage gesteuert wird. Hierdurch kann bei einigen Kunststoffen auf eine Pigmentierung verzichtet werden. Die Modellierung und Simulation setzt eine mathematische Beschreibung dieser Fokussierung und entsprechende Modelle zur Energieumsetzung in Wärme voraus, um die entstehenden Temperaturfelder zu erhalten. Die Strahlführung kann so optimal gestaltet werden.

- **„Prediction of the bond strength of thermoplastics welded by laser transmission welding“** (C. Hopmann, S. Boole, Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV)/Deutschland; IIW-Dok. XVI-1003-19)

Die erreichbare Festigkeit von Schweißverbindungen wurde vollständig berechnet, indem das Diffusionsmodell nach Doi/Edwards mit werkstoffspezifischen Kennwerten parametrisiert und ausgewertet wurde. Um dieses Verfahren beim Laserstrahlschweißen anwenden zu können, ist eine Modellierung und Berechnung des Temperaturfelds notwendig. Die Konsequenz der ganzheitlichen Betrachtung war beeindruckend, die Übereinstimmung mit experimentellen Werten ist akzeptabel.

- **„Influence of structure characteristics on the joint strength of plastic-metal-hybrid joints“** (K. van der Straeten, Fraunhofer Institut für Lasertechnik ILT/Deutschland; IIW-Dok. XVI-1010-19)

„Als Alternative zum bisher bevorzugt eingesetzten Klebverfahren hat das Fraunhofer ILT im Rahmen des ‚HyBriLight‘-BMBF-Projekts einen neuen Fügeprozess entwickelt, der Kunststoff und Metall per Formschluss und Adhäsion miteinander verbindet“, erklärte Kira van der Straeten, Wissenschaftlerin im Team

Kunststoffbearbeitung. Ein Ultrakurzimpulslaser erzeugt dazu im Metall durch flächiges Abtragen Mikro- und Nanostrukturen mit hoher Strukturdichte. Anschließend wird das Metall erhitzt und der Kunststoff über Wärmeleitung plastifiziert. Der geschmolzene Kunststoff fließt in die Mikrostrukturen und nach dem Erkalten entsteht eine feste und dauerhafte Verbindung zwischen den beiden Werkstoffen. Mit diesem Verfahren lassen sich Hybridbauteile mit extrem hoher Zugschersfestigkeit von rund 25 MPa herstellen. Diese hohen Festigkeiten sind vor allem auf die starke Adhäsionswirkung der Mikro- und Nanostrukturen aufgrund von spezifischer und mechanischer Adhäsion zurückzuführen.

- **„Process monitoring of laser-assisted metal-polymer joining using integrated fiber optical sensors“** (K. Schrick, Technische Universität Ilmenau/Deutschland; IIW-Dok. XVI-1012-10)

Thema der vorgestellten Arbeit ist ein laserstrahlbasiertes Fügeverfahren für Mischverbindungen aus Metall und Kunststoff. Der Laserstrahl wird vom Metall absorbiert, das durch seine hohe Temperaturleitfähigkeit den auf der anderen Seite angepressten Kunststoff erwärmt und aufschmilzt. Es kommt zu einer Verbindung, indem der flüssige Kunststoff in die Rauhigkeit des Metallteils eindringt. Durch den Einsatz faseroptischer Sensoren kann der Prozess beobachtet werden.

- **„Effect of insufficient homogenization during the extrusion of polyethylene pipes on butt fusion joint integrity“** (C. Yu, The Welding Institute (TWI)/Großbritannien; IIW-Dok. XVI-1004-19)

Thema der Arbeit war ein Vergleich von Fehlern in der Rohrextrusion auf die Schweißnahtqualität. Das Heizelementschweißen ist bei Großrohren Stand der Technik und wird in der Regel nicht im Werk, sondern auf der Baustelle durchgeführt. Das TWI hat die Auswirkungen typischer Fehler der Rohrextrusion untersucht, indem verschiedene Formen der schlechten lokalen Homogenisierung gezielt geschweißt wurden. Es zeigte sich, dass trotz der recht großen Schweißnähte schlechte Festigkeiten auf solche Schwachpunkte zurückgeführt werden konnten,

und zwar vorrangig durch die Betrachtung der Bruchbilder und der Rissentstehung.

■ **„Vibration welding of components with angled areas in the direction of vibration“** (S. Vogtschmidt, KTP Universität Paderborn/Deutschland; IIW-Dok. XVI-1005-19)

Das Vibrationsschweißen von Thermoplasten erfordert Fügeflächen mit Krümmungen in höchstens einer Raumrichtung, in Richtung der linearen Schwingbewegung sind Winkel größer als 20° gemäß DVS-Richtlinie nicht günstig. Am KTP wird erprobt, durch eine Infrarotvorwärmung deutlich größere Winkel schweißen zu können. Durch die Infrarotvorwärmung entsteht Schmelze, die ausreichend dehnfähig ist, um die Winkelabweichung kompensieren zu können. Bisherige Ergebnisse zeigen das Potenzial des Verfahrens, bislang getestet mit Polyamid und Polypropylen.

■ **„The influence of oxidising and inert gases on the weld seam quality in hot gas welding“** (M. Bialaschik, KTP Universität Paderborn/Deutschland; IIW-Dok. XVI-1006-19)

Das Warmgasschweißen hat sich in den letzten Jahren mit spezieller Luftführungstechnik in der Großserie für spritzgegossene Bauteile etabliert, wobei als Prozessgas Luft oder Stickstoff eingesetzt wird. Gegenstand eines Gemeinschaftsprojekts zwischen der Universität Paderborn und der TU Chemnitz sind Untersuchungen zur Notwendigkeit des Inertgases. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass das Inertgas für das Schweißen von Polyamid notwendig, für die Verarbeitung von Polypropylen hingegen entbehrlich ist. Darüber hinaus wurden alternative Luftführungen entwickelt.

■ **„Modelling of Ultrasonics welding“** (D. Grewell, North Dakota State University/USA; IIW-Dok. XVI-1007-19)

Das Ultraschallschweißen ist unter den vielen Schweißverfahren für thermoplastische Kunststoffe das schnellste und daher beliebt und häufig eingesetzt. Die Arbeitsgruppe von Dave Grewell beschäftigt sich mit der Verarbeitung biobasierter Kunststoffe, vorrangig PLA und Werkstoffe auf Maisbasis. Das Ultraschallschweißen dieser Werkstoffe wurde modelliert, wobei ähnlich wie bei den Arbeiten aus Aachen die ganzheitliche Modellierung der Temperaturfelder im Mittelpunkt steht.

■ **„Structural studies of the welded joints and hypothesis of the welding mechanism of plastics“** (M. Iurzhenko, E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine/Ukraine; IIW-Dok. XVI-1008-18)

Auch in der Ukraine wird am Paton Institut an der Beschreibung der Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen beim Schweißen von Kunststoffen gearbeitet. Die Strukturanalyse der Schweißverbindungen wurde an Proben aus Polyethylen (PE-80 und PE-100) durchgeführt und betrachtete vorrangig die entstehenden kristallinen Strukturen. Es zeigte sich, dass die entstehende Kristallitstruktur für die Schweißnahteigenschaften entscheidend ist. Gerade die Rekristallisation über die Fügefläche hinweg ist festigkeitssteigernd.

■ **„Vibration welding of natural polymers“** (D. Grewell, North Dakota State University/USA; IIW-Dok. XVI-1009-19)

Die Arbeitsgruppe von Dave Grewell beschäftigt sich mit der Verarbeitung biobasierter Kunststoffe, vorrangig PLA

und Werkstoffe auf Maisbasis. Das Vibrationsschweißen dieser Werkstoffe wurde untersucht. Die erreichbaren Festigkeiten entsprechen vom Schweißfaktor her üblichen, petrochemisch erzeugten Kunststoffen. Eine wesentliche Einflussgröße ist der Schweißdruck, der in weiten Bereichen variiert wurde. Die Ergebnisse hängen mit der Werkstoffviskosität zusammen.

■ **„Refill Friction Stir Spot Welding of Polyamide 6: Influence of process parameters on structure and mechanical properties“** (S. T. Amancio-Filho, Graz University of Technology/Österreich; IIW-Dok. XVI-10012-19)

Die Arbeitsgruppe von Sergio Amancio beschäftigt sich weiterhin mit dem Reibpunktschweißen, diesmal am Beispiel von Polyamid 6. Hierfür wurden nicht nur die mechanischen Eigenschaften, sondern auch die Werkstoffstrukturen durch mikroskopische Analysen ermittelt. Bisher lagen die Anwendungen vorrangig in der Luftfahrt, die Verwendung von PA6 zielt eher in die Automobilindustrie. Sergio Amancio hat letztes Jahr vom Helmholtz-Zentrum in Geesthacht zur TU Graz gewechselt. Die Fügetechnik bleibt auch dort im Mittelpunkt seines Interesses.

Chairman David Grewell schloss die Veranstaltung mit dem Call for Papers für die nächste Veranstaltung in Singapur.

V. Schöppner, Paderborn

INFO

Sitzung der Kommission XVI anlässlich der 72. IIW-Jahresversammlung im Juli 2019 in Bratislava/Slowakei. Vorsitzender: D. Grewell/USA, deutscher Delegierter: V. Schöppner.

IIW-Kommission XIII „Schwingfestigkeitsverhalten von geschweißten Komponenten und Strukturen“

In 2019 gab es zwei Treffen der Arbeitsgruppen von IIW-Kommission XIII „Schwingfestigkeit von geschweißten Bauteilen und Strukturen/Fatigue of Welded Components and Structures“. Ein Zwischentreffen fand am 14. und 15. März 2019 in Senlis/Frankreich statt. Die Jahresversammlung des internationalen Verbandes wurde vom 7. bis 12. Juli 2019 in Bratislava/Slowakei abgehalten. Die

Themenschwerpunkte der beiden Treffen sowie wichtige Aktivitäten werden nachfolgend kurz zusammengefasst.

Arbeitsgruppentreffen

WG 1 „Fatigue testing and evaluation of data for design“

Im Zwischentreffen in Senlis wurde ein Arbeitsdokument vorgestellt, in dem die Durchführung und statistische Auswertung

von Schwingfestigkeitsversuchen beschrieben werden soll. Bis zur Jahresversammlung wurde in einer Kleingruppe zusammen mit Mitgliedern von WG 3 und WG 4 eine Dokumentenstruktur erarbeitet, in der auch die Charakterisierung der Schweißverbindungen integriert wurde. Ziel soll es sein, möglichst alle relevanten Informationen zu Schwingfestigkeitsversuchen an Schweißverbindungen kompakt zu

beschreiben, sodass die Ergebnisse nachvollziehbar und reproduzierbar sind.

WG 2 „Techniques for improving the fatigue strength of welded joints“

In der WG 2 wurden als Schwerpunkt in den vergangenen Jahren Schweißverbindungen betrachtet, die mittels hochfrequenten Hämmerns nachbehandelt wurden. Hierbei zeigte sich, dass insbesondere bei konstanter Amplitudenbeanspruchung eine signifikante Lebensdauererhöhung erzielbar ist, die von der Festigkeit des Grundwerkstoffs abhängt. Auch in 2019 wurden Beiträge zum Einfluss des hochfrequenten Hämmerns auf die Lebensdauer insbesondere unter variabler Amplitudenbelastung vorgestellt. Zusätzlich wurde ein Beitrag zum Reparaturschweißen von angerissenen Schweißnähten sowie ein Beitrag zur Anwendung eines Lötprozesses zur Schwingfestigkeitssteigerung vorgestellt.

WG 3 „Stress analysis“

In der WG 3 wurden mehrere Themen betrachtet. Den Hauptaspekt bildete die Aufnahme einer Bewertung von geschweißten dünnen Blechen in die IIW-Empfehlungen. Hierzu wurde eine Bewertungsmethodik einschließlich einer Implementierung innerhalb der IIW-Empfehlungen vorgeschlagen. Zudem wurde der Einfluss von multiaxialer Beanspruchung (nicht-proportionale Beanspruchung) und der Einfluss von Spannungsgradienten auf die Schwingfestigkeit vorgestellt und diskutiert.

WG 4 „Effects of weld imperfections on fatigue strength“

In der WG 4 wurden mehrere Arbeiten vorgestellt, die den Einfluss von Porositäten in Schweißverbindungen bei zyklischer Beanspruchung betrachten. Hierbei wurden einerseits innere Unregelmäßigkeiten an AM-Werkstoffen betrachtet und andererseits die Interaktion von mikrostrukturell kurzen Rissen vorgestellt. Die dritte Vorstellung behandelte einen kombinierten werkstoffmechanischen und

bruchmechanischen Ansatz zur Berechnung der Anriss- und Rissfortschrittslebensdauer an inneren Ungängen.

WG 5 „Life extension of welded structures by repair, retrofitting and structural monitoring“

Die Aktivitäten der WG 5 wurden in die der WG 2 integriert.

WG 6 „Residual stress effects in fatigue“

In der WG 6 wird derzeit ein „Round Robin“ zur röntgenographischen Messung von Eigenspannungen mit mehreren Instituten durchgeführt. Es sollen potenzielle Unterschiede und deren Hintergründe identifiziert werden. Das Ziel ist es, ein Dokument zu erstellen, dass alle nötigen Randbedingungen beinhaltet, um eine zuverlässige und reproduzierbare Eigenspannungsbestimmung zu erreichen. Das Dokument sollte noch 2019 fertiggestellt werden. Zudem wurde eine Bewertungsmethodik vorgestellt, mit der eine weniger pauschale Berücksichtigung von Schweiß-eigenspannungen in der Schwingfestigkeitsbewertung möglich sein soll.

Sitzungen der Kommission XIII

In den Sitzungen der Kommission XIII wurden insgesamt 47 technische Dokumente vorgestellt. Wie bei den vorigen Jahresversammlungen stand insbesondere die Nachbehandlung der Schweißnähte und deren Auswirkung auf die Lebensdauer im Fokus. Zehn Dokumente analysieren den Einfluss einer mechanischen Nachbehandlung (unter anderem hochfrequentes Hämmern und Strahlen) unter verschiedenen Gesichtspunkten.

Bei allen Verfahren ergibt sich durch das Einbringen von Druckeigenspannungen, der Verfestigung des Werkstoffs und einer Veränderung der Geometrie ein signifikanter Lebensdauererfolg unter Belastung mit konstanten Amplituden. Bei einer Beanspruchung mit variablen Amplituden reduziert sich der lebensdauererlängernde Effekt, da Druckeigenspannungen umgelagert werden können. Dieser Aspekt

wurde in vielen Vorträgen aufgezeigt und diskutiert.

Ein weiterer Aspekt waren die Bewertungsmethoden. Hierzu wurden dreizehn Dokumente vorgestellt. Im Fokus standen klar die örtlichen Bemessungskonzepte, ganz voran die Bewertung mit linear-elastischen Kerbspannungen. Aber auch das Struktur- und Nennspannungskonzept wurde in den Präsentationen berücksichtigt. Einen weiteren Schwerpunkt bildete das Dehnungskonzept, mit dem eine Schwingfestigkeitsbewertung von Schweißverbindungen insbesondere im niederzyklischen Bereich (Kranbau, Erdbeben) möglich ist. Die Betrachtung einer ganzheitlichen Schwingfestigkeitsbewertung, also vom ersten Anriss bis hin zum Rissfortschritt und Bruch, wurde in drei Dokumenten vorgenommen. Dieser Berechnungsansatz ist zwar aufwändig, erzielt aber eine gute Übereinstimmung zwischen Berechnungs- und Versuchsergebnissen.

Der Einfluss bzw. die Berücksichtigung von Eigen- und Mittelspannungen stand im Fokus weiterer Dokumente. Für eine Schwingfestigkeitsbewertung ist hier insbesondere der Abbau der Schweiß-eigenspannung unter zyklischer Last maßgeblich, die von vielen Parametern (Werkstoff, globale Belastung, lokale Spannungsüberhöhung) abhängt. Darüber hinaus wurden Dokumente zur Schwingfestigkeit vorgestellt mit den Schwerpunkten: Schnittkanten, additiv hergestellte Bauteile, variable Amplituden, Längssteifen und Schweißnahtqualität.

J. Baumgartner, Darmstadt

INFO

Sitzung der Kommission XIII anlässlich der 72. IIW-Jahresversammlung im Juli 2019 in Bratislava/Slowakei sowie Zwischensitzung am 14. und 15. März 2019 in Senlis/Frankreich. Vorsitzender: K. MacDonald, Norwegen; deutscher Delegierter: J. Baumgartner.

DVS CONGRESS 2019 – Teil 2

Bericht über die Vortragsveranstaltungen des DVS im September 2019 in Rostock

Am 16. und 17. September 2019 veranstaltete der DVS in Rostock seinen jährlich stattfindenden Kongress. Nachstehend werden exemplarisch aus einigen Vortragsgruppen aus Sicht der Berichtersteller interessante Ergebnisse der Großen Schweißtechnischen Tagung des DVS sowie des DVS-Studentenkongresses vorgestellt. Sämtliche Beiträge enthält der DVS-Berichtband 355 (600 Seiten, gedruckter Berichtband einschließlich USB-Card, Preis 136,00 Euro zuzüglich Versandkosten), der bei der DVS Media GmbH, Düsseldorf erschienen ist (Auskunft Herr Hübner, Telefon 0211 1591162, E-Mail bernd.huebner@dvs-hg.de).

Roboter und Automatisierung

In der Vortragsgruppe wurde berichtet, welche aktuellen Entwicklungen es in der Handhabungstechnik gibt, welche Möglichkeiten die neuen Techniken für den Schweißprozess eröffnen und welche Herausforderungen und Anforderungen für die betriebliche Praxis daraus resultieren.

Kollege Roboter – Hand in Hand mit dem Schweißer

In dem Vortrag wird ein neuer Trend vorgestellt. Aktuell drängen vermehrt kollaborierende Roboter, sogenannte Cobots, auf den Markt, **Bild 11**. Sie sind dazu geeignet, in direkter Interaktion mit dem Menschen zu arbeiten. Cobots können relativ schnell eingelernt werden, benötigen nur kleine Rüstzeiten, sind flexibel einsetzbar und daher für Fertigungen mit hoher

Varianz und geringen Stückzahlen interessant. Schweißen mit Robotern bedeutet eine Entlastung für den Schweißer und eine deutliche Erhöhung der Effizienz bezüglich der Schweißgeschwindigkeit und Nahtqualität. Unabhängig von der Ausprägung des Roboters werden zum Schutz des Menschen jedoch sehr hohe Sicherheitsanforderungen zugrunde gelegt, **Bild 12**. Auch mit modernen Sicherheitssteuerungen und Leichtbauweise kann auf die üblichen Sicherheitsbetrachtungen und Gefährdungsanalysen nicht verzichtet werden.

Roboterautomatisierung in der Schweißtechnik: Möglichkeiten und Konzepte von Hand- über Cobot- bis hin zu Industrieroboter-Anwendungen

Derzeit verleihen die Entwicklungen im Kontext von Industrie 4.0 und dem Willen zur weiteren Digitalisierung von Produktionsprozessen den technischen Entwicklungen bei der Robotertechnik weiteren Aufschwung. Faktoren wie höhere Anforderungen hinsichtlich Qualität und Preis, ergonomische Betrachtungen für den Arbeitsplatz sowie weiterhin steigender Bedarf an Schweißern und Bedienern verstärken den Trend weiter. Während an konventionelle Schweißroboter keine besonderen Anforderungen gestellt werden, gibt es bei Cobots nicht nur unterschiedliche Arten der Zusammenarbeit mit dem Menschen, sondern auch besondere Sicherheitsanforderungen, **Bild 13**. Diese werden häufig durch Leichtbau, Kraftbegrenzung, Geschwindigkeitsbegrenzung, weiche und

abgerundete Oberflächen oder einer Kombination mehrerer Maßnahmen realisiert. Gefährdungen für den Menschen ergeben sich nicht nur aus dem Schweißprozess, sondern auch durch den Cobot. Aber sie haben ihren Platz in der Industrie auch bei Schweißprozessen gefunden und sind in der Lage, insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen die Schweißarbeit zu erleichtern und die Qualität zu steigern.

Fit für die Praxis – Ein neues Ausbildungskonzept fördert die Kompetenz der Roboterbediener beim Roboterschweißen

Die zuvor dargestellten technischen Entwicklungen erfordern jedoch auch neue und anforderungsgerechte Kompetenzen bei den Fachkräften in der Schweißtechnik. Der anschließend vorgetragene Bericht zeigt auf, wie in enger Zusammenarbeit von Industrie und Bildungseinrichtung ein neues, praxisgerechtes Ausbildungskonzept entstanden ist. Namhafte Roboterhersteller und DVS-Ausbildungseinrichtungen haben zukünftige Anforderungen an Fachkräfte definiert und diese in ein neues Ausbildungskonzept überführt, **Bild 14**. Es zielt darauf ab, für eine angepasste Qualifizierung von Fachkräften in der schweißtechnischen Automatisierung zu sorgen. Aktuelle Umfragen zeigen, dass sich das technische Fachwissen in den nächsten 5 bis 10 Jahren rasant weiterentwickeln, das handwerkliche Geschick hingegen weiter an Bedeutung verlieren wird. In der automatisierten schweißtechnischen Fertigung hat die Kompetenz der Mitarbeiter jedoch einen wesentlichen Einfluss auf die Prozessstabilität der Schweißanlagen und somit auf die gesamte Wertschöpfungskette. Das Ausbildungskonzept ist für die Qualifizierung von Personen richtungweisend, die relevante Schweißparameter



Bild 11 • Leichtbauroboter zum kollaborierenden Schweißen (Cobot).



Bild 12 • Beispiel eines Cobot-Arbeitsplatzes. (Foto: Lorch)

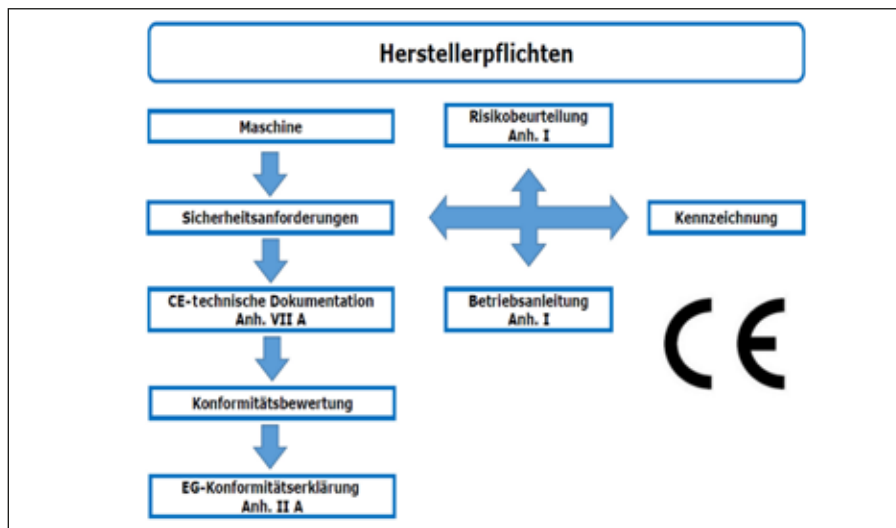


Bild 13 • Herstellerpflichten nach der EU Maschinenrichtlinie.

			Theorie	Praxis
schweiß-spezifischer Schwerpunkt	Modul 1:	schweißtechnische Grundlagen	X	
	Modul 2:	vollmechanisches und automatisches Schweißen	X	
	Modul 3:	vollmechanisches Schweißen		X
	Modul 4:	vollmechanisches Schweißen (Erweiterung)		X
Dauer Modul 1-4		inkl. abschließender Prüfung	40 UE	
roboter-spezifischer Schwerpunkt	Modul 5:	Schweißroboter	X	
	Modul 6:	Grundlagen Programmierung		X
	Modul 7:	Programmierung mit Sensorik		X
	Modul 8:	Schweißen von Fertigungsteilen		X

Bild 14 • Übersicht über die Ausbildungsmodul nach Merkblatt DVS 1184 Beiblatt 1.

an vollmechanischen und automatischen Schweißanlagen einstellen oder korrigieren und somit das Schweißergebnis signifikant beeinflussen. Der neu entwickelte Lehrgang nach Merkblatt DVS 1184-1 „Bediener für vollmechanische und automatische Schweißeinrichtungen – Metall-Schutzgasschweißen“ ermöglicht durch eine enge Zusammenarbeit von Roboterherstellern und Bildungseinrichtungen eine fundierte Wissensvermittlung in Theorie und Praxis für die Bediener von Schweißroboteranlagen. (K. Letz, Düsseldorf)

Konstruktion und Festigkeit

Bruchmechanische Methoden beim Bemessen dickwandiger Schweißkonstruktionen

Nach der geschichtlichen Entwicklung bei Begriffen der Bruchmechanik wurden Versagensmechanismen an Schweißkonstruktionen insbesondere bei vorhandenen Rissen vorgestellt. Eine wichtige Kennzahl ist hierbei der Spannungsintensitätsfaktor

(SIF). Der ertragbare SIF ist ein Werkstoffkennwert und beschreibt die Risszähigkeit. Er kann mit verschiedenen Methoden

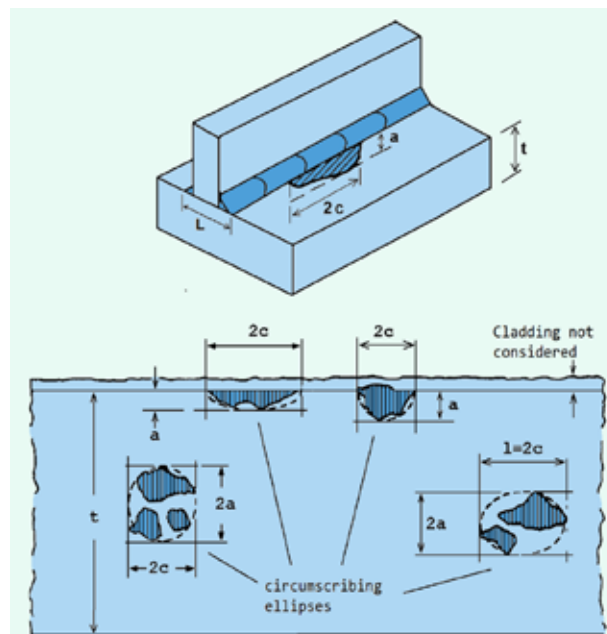


Bild 15 • Imperfektionen und Risse werden als umschreibende Ellipsen dargestellt und bruchmechanisch bewertet.

ermittelt werden, Bild 15. Eine Möglichkeit ist die Gewichtsfunktion. Abschließend wurden die Leistungen der Bruchmechanik zusammengefasst. Sie ist heute eine etablierte Methode, die in weiten Bereichen der Technik direkt oder in Regelwerken verborgen indirekt eingesetzt wird.

Betriebsfestigkeitsanalyse von Schweißverbindungen anhand von digitalisierten Real-Geometrien und FEM-Berechnungen sowie deren Validierung anhand von Schwingversuchen

Das Schwingfestigkeitsverhalten von Schweißverbindungen ist deutlich schlechter als ihr statisches Festigkeitsverhalten. Neue Methoden zur 3D-Erfassung realer Nahtgeometrien ermöglichen zunehmend eine bessere Berechnung mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) und somit eine sicherere Vorhersage des Festigkeitsverhaltens, Bild 16. Neue Erfassungsmethoden und weiter wachsende Rechenleistungen werden diesen Trend weiter vorantreiben. Methoden zur Erfassung der Nahtgeometrie wurden ihren Genauigkeiten gegenübergestellt. Abschließend wurde über Untersuchungen an Schweißproben berichtet, in denen die Korrelation von Rechnung und Versuch nachgewiesen wurde.

Simulation des Grenztragverhaltens geschweißter Aluminiumstrukturen

Aluminium ist der bedeutendste Leichtbauwerkstoff in der Transportindustrie. Aktuelle Entwicklungen in der Fahrzeugtechnik erfordern größere Wanddicken und

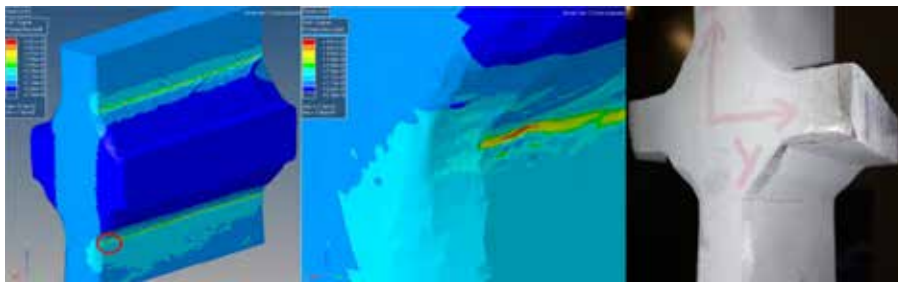


Bild 16 • Ergebnis der Berechnung einer „Kreuzprobe“ (Doppel-T-Stoß); links: farbliche Darstellung der 1. Hauptspannung, Mitte: Detail des linken Bilds (Ort der maximalen rechnerischen Spannung), rechts: Risslage an der gleichen Stelle im Schwingversuch nach 361.097 Lastspielen.

somit erhöhte Anforderungen an Schweißverbindungen. Eingegangen wurde in dem Beitrag zunächst auf die Bestimmung der Werkstoffkennwerte in Zugversuchen sowie die Kalibrierung anhand von Zug- und Schubversuchen. Des Weiteren wurde die Vorgehensweise bei den Axialdruckversuchen an geschweißten „X-Profilen“ präsentiert. Bei der anschließenden Modellbildung müssen idealisierte Imperfektionen berücksichtigt werden, da das Plattenmodell das Tragverhalten nur ungenau abbildet. Das Volumenelement hingegen zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Experimenten. Der Vortrag ist nicht im Tagungsband abgedruckt, weitere Informationen: H. Panwitt, <https://www.stm.uni-rostock.de/forschung/aktuelle-projekte/crash/>. (K. Letz, Düsseldorf)

Additive Manufacturing

Lichtbogenbasierte additive Fertigung auf dem Weg zum intelligenten 3D-Druck

Es wurde ein Einblick in die lichtbogenbasierte additive Fertigung (Wire and Arc Additive Manufacturing – WAAM) gegeben, wobei ihre Vor- und Nachteile sowie ihr Potenzial für eine effiziente und ressourcenschonende Fertigung dargestellt wurden. Am Praxisbeispiel Radsatzlagerdeckel wurde über Fertigung, Qualifizierung und Geometrieangepassung berichtet. Mit dem Verfahren konnte ein Gussbauteil mit neun Monaten Lieferzeit durch ein additiv gefertigtes Bauteil mit nur einer Woche Lieferzeit ersetzt werden, Bild 17. Für die intelligente Gestaltung einer WAAM-Anlage gibt es noch keine „Plug-and-Play“-Lösung, weshalb hier massiver Forschungsaufwand in verschiedensten Bereichen betrieben wird.

Machbarkeitsvalidierung multimaterieller Bauweisen in der additiven Fertigung

Um einen ressourceneffizienten und nachhaltigen Umgang mit Rohstoffen zu gewährleisten, eignen sich moderne

generative Fertigungsverfahren, zum Beispiel das „Wire and Arc Additive Manufacturing“ (WAAM). Das Verbinden unterschiedlicher Werkstoffe miteinander stellt aber hier besondere Herausforderungen. Ziel ist es, Werkstoffe unterschiedlicher Gittermodifikation miteinander zu kombinieren und so die positiven Eigenschaften aus beiden Gefügen nutzen zu können, Bild 18. Die vorgestellte Untersuchung zur generativen Fertigung mittels metallischer Werkstoffe folgt dem Gedanken einer Überführung der mikroskopischen Gefügemorphologie eines Duplex- bzw. Dualphasengefüges in die makroskopische Ebene.

Experimentelle und numerische Untersuchungen von Eigenspannungen beim selektiven Laserstrahlschmelzen (SLM)

Ähnlich wie beim Formschweißen werden beim SLM Bauteile durch lagenweises Aufschweißen nur aus Schweißgut erzeugt. Erfahrungen zeigen, dass die dabei auftretenden Eigenspannungen unbedingt beherrscht werden müssen. In Experimenten wurden die Eigenspannungen der Bauteile mit Hilfe der Bohrlochmethode ermittelt und den Messwerten moderner Scanstrategien gegenübergestellt. Es sind detaillierte Prozesssimulationen notwendig, um lokale Auswirkungen besser verstehen zu können. Der Vortrag ist nicht im Tagungsband abgedruckt, weitere Informationen: M. Werz, https://www.researchgate.net/publication/335940014_Numerische_Simulation_zur_Vorhersage_von_Temperaturfeldern_Eigenspannungen_und_Verzug_beim_selektiven_Laserstrahlschmelzen.

Sonder-Aluminium-Schweißzusätze optimiert für die Verarbeitung im Wire-Arc Additive Manufacturing-Prozess

Der Vortrag begann mit der Frage, inwieweit additive Fertigung mit Standard-schweißzusätzen machbar und sinnvoll ist.

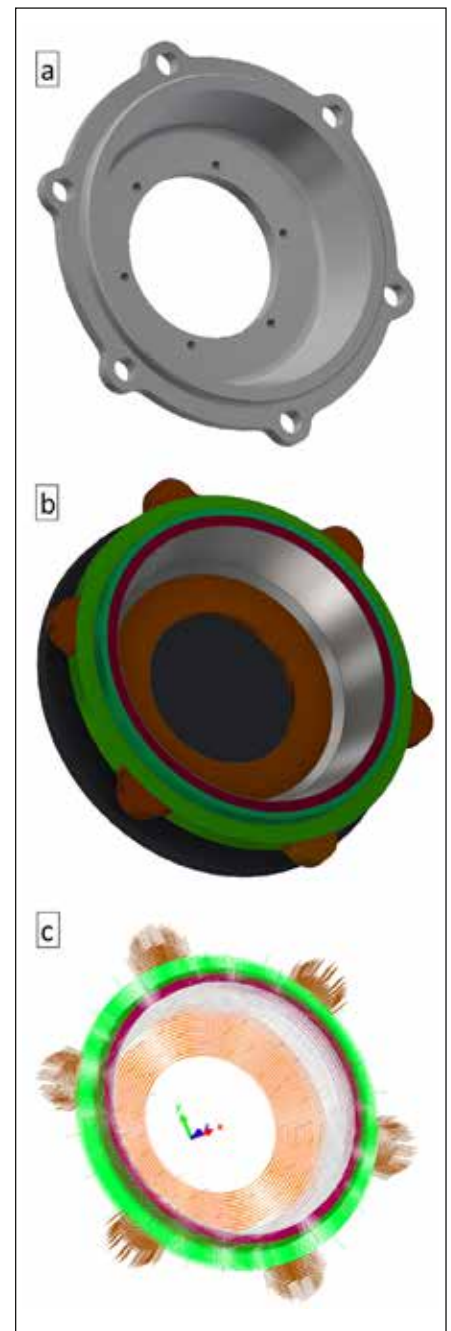


Bild 17 • Additive Fertigung; a) Original-CAD-Bauteil, b) Fertigungsgerecht angepasstes CAD-Bauteil, c) Werkzeugbahnen für die additive Fertigung.

Am Praxisbeispiel „Gehäusedeckel“, Bild 19, wurden die Bauteileigenschaften sowie verschiedene Herstellungsarten bezüglich ihrer Kosteneffizienz dargestellt. Es wurde ermittelt, dass bis zu Stückzahlen von 240 die additive Fertigung der Erzeugung über Zerspanung oder Sandguss überlegen ist. Erklärt wurden die Anforderungen an die Schweißzusätze und deren Erzeugung als Drähte. Für das Werkstoffkonzept Aluminium/Zink wurden bereits umfangreiche Untersuchungen mit guten Ergebnissen durchgeführt. (K. Letz, Düsseldorf)

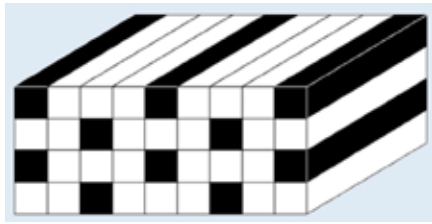


Bild 18 • Einlagerung von festem Werkstoff in einer weichen Matrix: Aufteilung der Lagen (weiß: weiche Matrix, schwarz: hochfeste Einlagerungen).

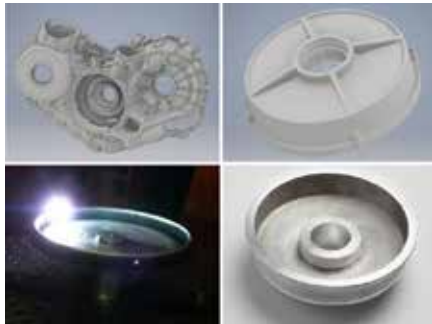


Bild 19 • Entstehungsstufen eines WAAM Bauteils (schematisch).

Lichtbogenschweißen

MSG-Engspaltschweißen mit stick-out-unabhängiger Stromquellenparametrierung und optimierter Gasdüse

Präsentiert wurde ein umfassender Ansatz zur Realisierung besonders robuster und abstandskompensierender MSG-Mehrlagenschweißungen für verschiedene Anwendungen wie im Schiffbau mit 50 mm Blechdicke, Stahlbau, Brückenbau und für Baumaschinen mit 30 mm Blechdicke, **Bild 20**. Besondere Herausforderungen sind hierbei eine Stromquellenkennlinie mit konstanten Einstellungen bereitzustellen, die einen mehr als 20 mm variierenden Stick-out kompensieren kann, sowie die Gasführung engspaltoptimierter Gasdüsen. Umfangreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass mit modifizierten Prozessen und Kennlinien deutlich reduzierte Öffnungswinkel (unter 35°) sicher geschweißt werden können.

WIG-Stichlochschiessen mit direkt gekühlter Wolframelektrode

Das Verfahren zeichnet sich, im Vergleich zum Plasma-Stichlochschiessen, durch einfachere Anlagentechnik mit zusätzlichen Prozessvorteilen aus. Stichlochschiessen funktioniert in erster Linie mit Werkstoffen geringer Wärmeleitfähigkeit und wird vorrangig für Stumpf- und Ecknähte angewandt, **Bild 21**. Der Wärmestau unter dem Lichtbogen bewirkt



Bild 20 • Langer Stick-out; oben: Schweißen der Wurzellage, Mitte: Keramikbadstütze, unten: Wurzelbildung.

eine überhitzte Schmelze, welche durch den Lichtbogendruck nach unten gedrückt wird. Es entsteht ein „Stichloch“ oder „Key-hole“, welches durch die gesamte Werkstückdicke dringen soll. Um gutes Durchschweißen und Wurzelbildung zu erreichen ist es wichtig, dass die „Flamme“ auf der Rückseite frei brennen kann. Mit gekühltem Brenner kann die Energiedichte an der Spitze weiter erhöht und somit der Prozess optimiert werden. Daher bleiben Elektrodenabstand, Anschliffwinkel und Stromhöhe auch weiterhin wichtige Schweißparameter.

Gefügebeeinflussung beim WIG-Schweißen durch modulierte Pulsen

Insbesondere das Schweißen von Duplexstählen bringt besondere Herausforderungen mit sich. Als Lösungsansatz

wird die Anpassung des Erstarrungsmoduls durch die zeitliche Modulation des Pulses vorgestellt. Beim WIG-Impulslichtbogenschweißen setzt sich der Schweißstrom aus mindestens zwei verschiedenen Strömen, dem Grundstrom und dem Impulsstrom zusammen. Durch die unterschiedlichen Energieeinträge und die auf die Impulsstromphase modulierte Frequenz lässt sich mittels pulsierendem Lichtbogendruck das Schweißbad metallurgisch beeinflussen. Bei Modulation von Grundstrom- und Hochstromphase ergeben sich insbesondere in der Wurzellage verbesserte Gefügeausbildungen.

AC/DC-WIG-Schweißen von Aluminium

Für das Schweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen hat sich das Schweißverfahren mit Wechselstrom (AC) als zuverlässige Methode bewährt, jedoch mit einigen Einschränkungen. Daher wurde das Verfahren um Wechselstrom mit Frequenzmodulation erweitert. Anschließend wurde über ein hybrides Verfahren mit Wechsel- und Gleichstromanteilen berichtet. Die jeweiligen Schweißergebnisse wurden vorgestellt. Es wurde betont, dass eine hohe AC-Pulsfrequenz Lichtbogenstabilität und Einbrandtiefe signifikant verbessert. (K. Letz, Düsseldorf)

Korrosions- und Verschleißschutz

„So viel Mies wie möglich“ – Instandsetzung, Restaurierung und technischer Umbau der Stahl-Glas-Fassaden der Neuen Nationalgalerie Berlin

Der Bericht vermittelte einen bewegenden Eindruck von den umfangreichen Sanierungsmaßnahmen. Das Gebäude wurde 1965 bis 1968 vom Stararchitekten Mies van der Rohe errichtet und ist ein architektonisches Juwel der Bundeshauptstadt. Das mächtige Stahldach ruht auf nur acht Stahlstützen und verleiht so dem

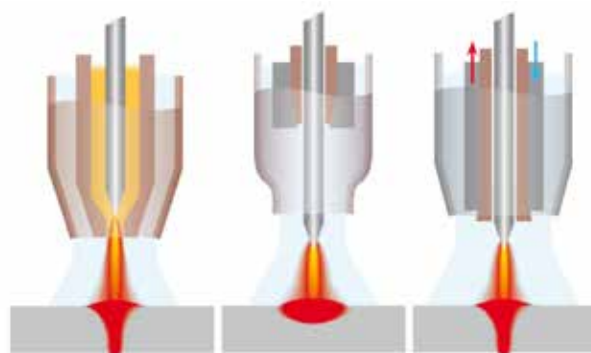


Bild 21 • Lichtbogenschiessen im Vergleich; links: Plasmaschiessen, Mitte: konventionelles WIG-Schiessen, rechts: WIG-Schiessen mit gekühlter Elektrode.



Bild 22 • Neue Nationalgalerie Berlin.

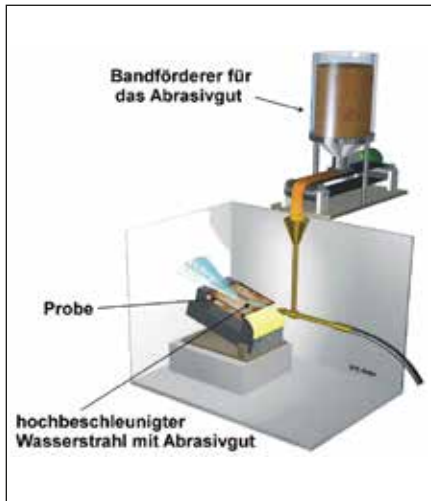


Bild 23 • Hydroabrasionsprüfstand (Abrasivstoffe: Sande, Korunde, Sonderabrasiva; Partikelgrößen 10 bis 1000 µm, Massenströme bis zu 500 g/min, Anströmwinkel 5 bis 90°, Strömungsgeschwindigkeiten 30 bis 200 m/s).

Gebäude seine Transparenz und Leichtigkeit, **Bild 22**. Die Sanierung der Neuen Nationalgalerie soll 2020 abgeschlossen werden. Die Stahl-Glas-Fassaden wurden restauriert, instandgesetzt und zur zwingungsfreien Lagerung an der Dachkonstruktion umgebaut. Die dafür notwendigen Schweißarbeiten wurden über umfangreiche Werkstoffuntersuchungen und Schweißverfahrensentwicklungen vorbereitet. Der Bestandsstahl wurde in Teilen wärmebehandelt, um Bruchdehnung und Kerbschlagarbeit zu erhöhen. Nach dem Sandstrahlen wurde eine Vielzahl von nicht normgerechten Schweißnähten an den Knoten der Stützen und Riegel festgestellt, die saniert werden mussten. Zum Trennen der Kehlnaht am Dach wurde das Verfahren „Brennen mit Kohlelektrode“ angewendet. Die Beschichtung wurde als System im genormten Bereich ausgeführt. Das Glas wurde erstmalig seit der Eröffnung 1968 wieder als großformatiges Element bis 3,5 m Breite eingebaut. Neben einbruchhemmenden Eigenschaften übernimmt dieses auch aussteifende Funktionen in der Fassade.

Schweißtechnisch generierte Verschleißschutzschichten gegen hydroabrasiven Angriff

Hydroverschleiß ist eine häufig auftretende Unterart des Erosionsverschleißes und bezeichnet die Schadenswirkung durch eine partikelbeladene Wasserströmung. Wie auch bei anderen Erosionsarten haben der Anströmwinkel und die Eigenschaften des beanspruchten Werkstoffs einen deutlichen Einfluss auf Art und Höhe der Schadenswirkung. Zur Untersuchung der Verschleißmechanismen und möglicher Schutzmaßnahmen wurde ein Hydroabrasiv-Prüfstand entwickelt, auf dem unterschiedliche Prüfkörper mit verschiedensten Abrasiva und Parametern beaufschlagt werden können, **Bild 23**. Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung effektiver Auftragschweißschichten gegen hydroabrasiven Verschleiß. Eine verbesserte Kenntnis der kritischen Einflüsse erlaubt zukünftig die Abschätzung der Auswirkungen von Veränderungen in tribologischen Systemen unter erosiver Belastung und letztlich eine Reduktion des Werkstoffabtrags in verfahrenstechnischen Anlagen durch Anpassung einzelner Variablen.

Laserstrahl-Pulver-Heißdraht-Auftragschweißen mit Fülldrähten zur Herstellung verschleißbeständiger Beschichtungen

Zur Erzeugung von Beschichtungen konnte sich das Laserstrahl-Pulverauftragschweißen (LPA) mittlerweile neben dem klassischen Plasma-Pulverauftragschweißen (PTA) behaupten. Als Schweißzusatz für die Herstellung von korrosions- und verschleißbeständigen Schutzschichten kommen vor allem pulverförmige Werkstoffe auf Eisen-, Nickel- und Kobaltbasis zum Einsatz. Die kleinen einstellbaren Schmelzbäder sind eine gute Basis für die Herstellung von Beschichtungen mit thermisch sensiblen Wolframcarbid-Hartstoffen, **Bild 24**. Das Laser-Auftragschweißen mit Heißdraht und Zuführung von Pulver ermöglicht die Herstellung



Bild 24 • Laserstrahl-Pulver-Heißdrahtschweißen mit Partikelbeschleuniger.

„maßgeschneiderter“ Verschleißschutzlösungen. So können Hartstoffgröße und Matrixlegierung gezielt angepasst werden. Die industrielle Umsetzung als kommerzielles Beschichtungskonzept ist geplant.

Highspeed-Plasma-Laser-Cladding (HPLC) als hybrides Beschichtungsverfahren – Evaluierung des Einsatzpotenzials für hohe Prozessgeschwindigkeiten

Motivation für dieses Projekt war es, ein effizientes Verfahren für Beschichtungs- und Instandsetzungszwecke zu entwickeln, da das bis 2017 genutzte Verfahren des Hartverchromens seither verboten ist. Das Plasma-Pulverauftragschweißen ist ein Verfahren, das hohe Auftragsraten ermöglicht, jedoch auch eine erhöhte thermische Belastung des Bauteils verursacht. Laserstrahl-Pulverauftragschweißen hingegen erreicht eine hohe Präzision und eine geringe Aufmischung, erfordert jedoch ein kostspieliges Hochleistungslasersystem und erzielt im Vergleich nur geringe Auftragsraten. Eine Kopplung von Laserstrahl- und Lichtbogenenergie in einer gemeinsamen Prozesszone zielt darauf ab, die jeweiligen Vorteile beider Technologien zu nutzen, **Bild 25**. Dies betrifft insbesondere die Effizienz der Wärmeausnutzung und der Nutzung des Zusatzwerkstoffs. Effizientes Beschichten großer Flächen, beispielsweise auf rotationssymmetrischen Bauteilen, sind ein relevantes Anwendungsfeld für diesen Prozess. (K. Letz, Düsseldorf)

Rührreibschweißen

Methode zur Umsetzung von Rührreibschweißprozessen auf konventionellen Fräsmaschinen mittels eines empirischen Ansatzes

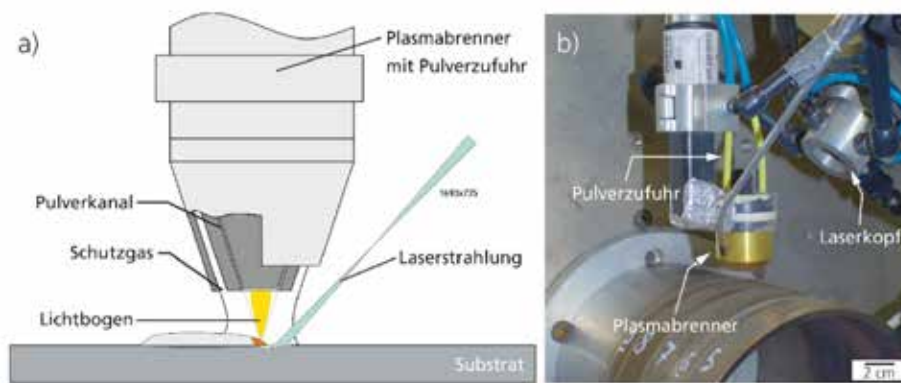


Bild 25 • „Highspeed-Plasma-Laser-Cladding“ (HPLC); a) Anordnung der Energiequellen (schematisch); b) Versuchsaufbau des Verfahrens im Labor.

Eine der größten Hürden für die breite Anwendung des Rührreibschweißens (FSW – Friction Stir Welding) sind die hohen Anschaffungskosten spezieller Rührreibschweißmaschinen. Die Komponenten und Konfigurationen sind jedoch in weiten Bereichen vergleichbar mit konventionellen Fräsmaschinen. In Kooperation von Werkzeugmaschinenlabor und des Instituts für Schweißtechnik und Fügetechnik der Technischen Hochschule Aachen wurden im Cornet-Forschungsvorhaben „Mill-FSW“ statische und dynamische Eigenschaften beider Werkzeugmaschinenklassen vermessen und ihr Einfluss auf die Schweißnahtausbildung untersucht.

Der Vortrag erläuterte die Ergebnisse der Untersuchungen und beschrieb die hieraus entwickelte Methode zur Implementierung stabiler Rührreibschweißprozesse sowie eine Transfermethode, die für Parameter zwischen Anlagen unterschiedlicher Bauarten und Eigenschaftsprofilen abgeleitet wurde. Darüber hinaus wurden die Faktoren beschrieben, die eine negative Auswirkung auf die Schweißnahtausbildung oder die verwendeten Maschinen haben, und Vermeidungsstrategien und Möglichkeiten zur Erweiterung des Anwendungsfeldes präsentiert.

Das FSW findet sich derzeit hauptsächlich im Bereich der Verbindung von Aluminiumlegierungen, insbesondere im Luft- und Raumfahrzeugbau, bei Bauteilen im Fahrzeugbau sowie bei der Druckbehälterherstellung. Die industrielle Anwendung begrenzt sich dabei typischerweise auf Industriesektoren, die über ausreichendes Investitionskapital für die teuren Maschinen und die Technologieentwicklung verfügen. Der Umbau einer existierenden Fräsmaschine zum Rührreibschweißen erlaubt insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen einen kostengünstigeren

Weg. Ein weiterer wirtschaftlicher Anreiz ergibt sich durch die seit 2015 bestehende Gemeinfreiheit des FSW-Patents. Der Wegfall der Lizenzgebühren verringert die Kosten einer Implementierung deutlich.

Neben den dynamischen Maschineneigenschaften (Schwingungsantwort, Eigenfrequenzen) und der Maschinenkontrolle (Achsgeschwindigkeit und -dynamik) wurden im Vortrag Möglichkeiten der Kompensation fehlender Axialkraftregelung in Abhängigkeit von der gegebenen Maschinenbauform (Konsolenständer-, Fahrständer-, Tischbauweise) genannt. Ferner muss der Einfluss von Wärmezeugung und -fluss der verwendeten Maschinen auf die Ausbildung der Schweißnaht sowie die Rückwirkung auf die verwendete Maschine betrachtet werden. Die Bearbeitungsgenauigkeit einer Werkzeugmaschine ist durch die Abweichung vorgegebener Arbeitsbewegungen der Grenzfläche zwischen Werkzeug und Werkstück bestimmt. Diese geometrischen und kinematischen Abweichungen werden durch statische und dynamische Kräfte verursacht, welche alle

Komponenten verformen, die innerhalb des geschlossenen Kraftflusses liegen, zum Beispiel Rahmen, Maschinenbett, Führungsschienen, Spindel.

Die dynamischen Eigenschaften von Werkzeugmaschinen werden generell durch geometrische Parameter und den Werkstoff der spezifischen Komponenten beeinflusst. Aber auch die am Kraftfluss beteiligten Verbindungselemente wie Spindel- und Achslager, Gleitschienen beeinflussen das dynamische Verhalten. Zur Analyse wurde eine definierte dynamische Kraft durch ein Anregungssystem auf die Maschinenstruktur aufgebracht. Sowohl Kraft als auch Auslenkung wurden dabei gemessen. Den für die Messung der dynamischen Nachgiebigkeit und Schwingungsform verwendeten Aufbau zeigt **Bild 26**.

Für den Vergleich der Eigenschaftsprofile verschiedener Werkzeugmaschinen, die für das FSW geeignet sind, wurden sechs Maschinen in Bezug auf ihre statischen und dynamischen Eigenschaften untersucht: Drei Konsolenständermaschinen, davon zwei mit maximalen Tischlasten von 5000 N (Intos FNG40, Maho MH500) und eine höher belastbare (Deckel FP5); ferner zwei Fahrständermaschinen, davon eine Fräsmaschine (Matec 30L) und eine spezielle Rührreibschweißmaschine (Esab Legio), sowie eine Rührreibschweißmaschine in Tischbauweise (PTG 345C). Die Nachgiebigkeit aller Maschinen wurde in allen drei Raumachsen vermessen. Die aus der Nachgiebigkeit abgeleiteten Steifigkeitskurven für die jeweilige Spindelachse, die für das Rührreibschweißen wichtigste in Bezug auf die Steifigkeit, ist in **Bild 27** dargestellt.

Die Steifigkeitskurven zeigten, dass die speziell für das Rührreibschweißen

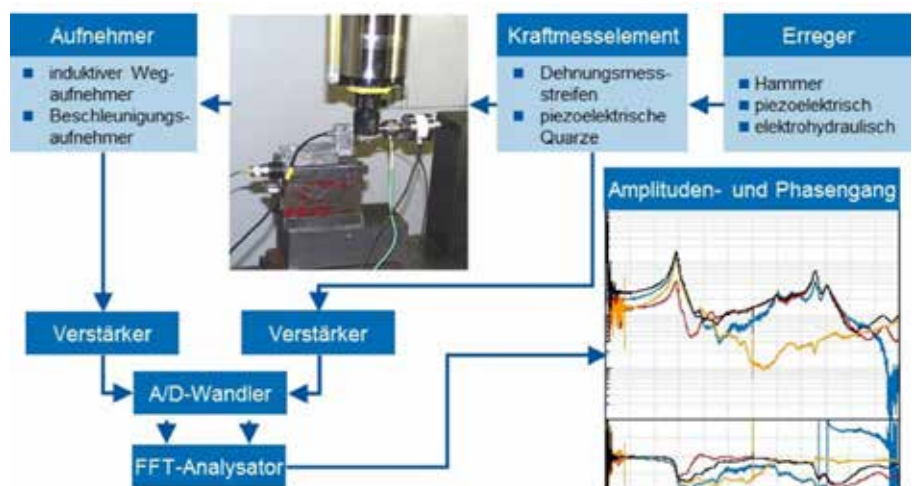


Bild 26 • Messung des Nachgiebigkeitsfrequenzgangs einer Werkzeugmaschine.

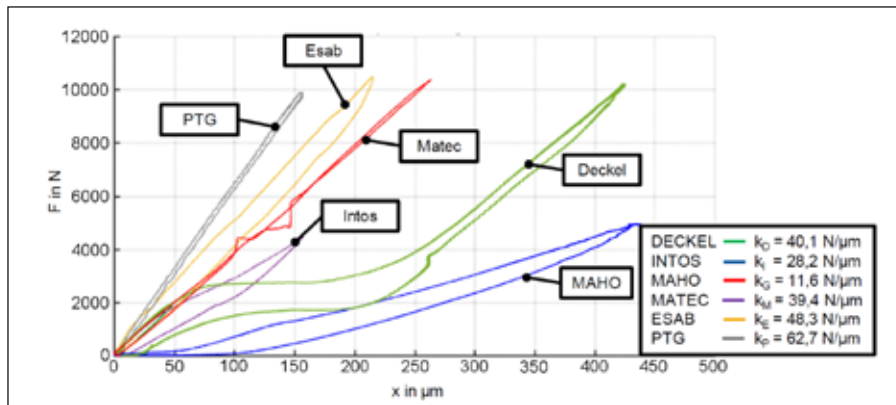


Bild 27 • Vergleich des statischen Verhaltens aller untersuchten Maschinen in Richtung der Spindelachse.

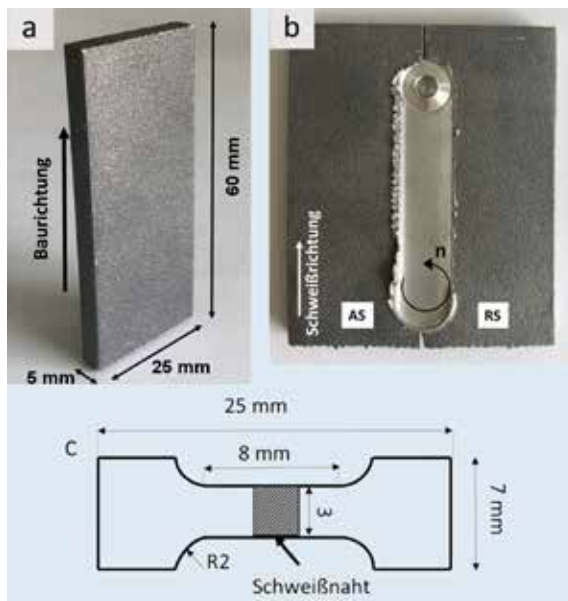


Bild 28 • Proben; a) durch SLM hergestelltes Probenblech, b) Rührreißschweißverbindung von SLM-Proben, c) Abmessung von Zugproben mit einer Dicke von 1,5 mm.

gebauten Maschinen höhere Steifigkeiten in der Spindelachse aufweisen, jedoch die Bauart auch einen Einfluss auf die Steifigkeit hat. Die bei kleinen und mittleren Unternehmen weit verbreitete Bauweise von Werkzeugmaschinen auf Konsolenständen weist die niedrigste Steifigkeit auf. Diese ist bis zu 80% niedriger als die spezieller Rührreißschweißmaschinen, gleichzeitig ist die maximale Tischlast und damit die Bearbeitungskraft (einschließlich Werkstück- und Vorrichtungsgewicht) auf 5000 N begrenzt.

Im Forschungsvorhaben wurde gezeigt, dass durch die Vermessung der statischen Maschineneigenschaften die reale Eintauchtiefe für bekannte Schweißparameter berechnet werden kann und diese sich ohne iterative Versuche auf andere Maschinen übertragen lassen, basierend auf der axialen Steifigkeit der Arbeitsposition. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden entscheidende Maschineneinflussgrößen auf den Rührreißschweißprozess

identifiziert und maschinenabhängig quantifiziert. Im Ergebnis nutzbare Strategien konnten zur Erweiterung des für das FSW geeigneten Maschinenspektrums entwickelt werden. Es wurde nachgewiesen, dass Fräsmaschinen verschiedener Bauarten grundlegend für das Rührreißschweißen geeignet sind. Die dynamischen Eigenschaften der geprüften Maschinen zeigten auf Grund der dämpfenden Eigenschaften des plastifizierten Werkstoffs der Fügezone auch bei Anregung mit Eigenfrequenzen keinen Einfluss auf die Ausbildung der Fügezone. Durch konduktive Unterstützung wurde die maximale Schweißgeschwindigkeit in den durchgeführten Versuchen gesteigert und die während des Prozesses wirkende Axialkraft reduziert.

Mikrostrukturelle und mechanische Eigenschaften rührreibgeschweißter additiv gefertigter AlSi12-Bauteile

Die additive Fertigung (AM – Additive Manufacturing) besitzt für die Industrie

das Potenzial, Bauteile mit komplexen Geometrien in kurzen Durchlaufzeiten und mit geringen Kosten herzustellen. Eine wesentliche Einschränkung für die Anwendung der additiven Fertigung als industrielles Herstellungsverfahren ist die begrenzte Größe der Produkte. Dies gilt insbesondere für komplexe Bauteile in der Pulverbetttechnik. Um diese verfahrensbedingte Größenlimitierung zu überwinden, bietet sich der Einsatz von Schweißverfahren an. Voraussetzung hierfür sind jedoch Kenntnisse zum Einfluss des Schweißprozesses auf die Mikrostruktur und die mechanischen Eigenschaften der additiv gefertigten Komponenten. Im Vortrag wurde ein Forschungsvorhaben präsentiert, dass die Untersuchung dieser Eigenschaften von mittels selektivem Laserstrahlschmelzen (SLM) hergestellten Al-Si12-Komponenten zum Gegenstand hatte, die mit Rührreißschweißen (FSW – Friction Stir Welding) gefügt wurden. Das Projekt richtete sich auf die Untersuchung der Eignung des FSW zum Fügen von SLM-Bauteilen, seine Auswirkung auf deren Mikrostruktur sowie mechanischen Eigenschaften und auf den Einfluss der SLM-Baurichtung auf die Schweißverbindungsfestigkeit.

Beim Fügen von Metallen gehört das FSW zu den Schweißverfahren, das neben den Vorteilen einer hohen Schweißqualität und Energieeffizienz die ursprünglichen Eigenschaften der zu verschweißenden Komponenten weitestgehend erhält. Der Hauptvorteil des FSW gegenüber dem Schmelzschweißen ist die Abwesenheit von Erstarrungsrisen und Porosität, die während des Erstarrungsprozesses auftreten. Die schichtweise Fertigung beim SLM resultiert in einem sich ständig wiederholenden Wärmeeintrag und führt dazu, dass eine Vielzahl aufgetragener Schichten, die während des Baus hohen Temperaturgradienten ausgesetzt sind, eine hohe Anfälligkeit für Defekte wie Porosität, mangelnde Schmelzqualität und nicht geschmolzenes Pulver aufweisen. Diese Unvollkommenheiten können in Kombination mit anisotropen mikrostrukturellen Merkmalen die Schweißeignung und die mechanischen Eigenschaften additiv hergestellter Komponenten in hohem Maße beeinflussen.

Für die Versuche wurden Werkstücke (Platten) aus einer Al-Si12-Legierung mit einer konventionell verfügbaren SLM-Anlage hergestellt. Sie wurden anschließend stumpf mittels FSW mit parallel zur Aufbaurichtung des SLM-Prozesses

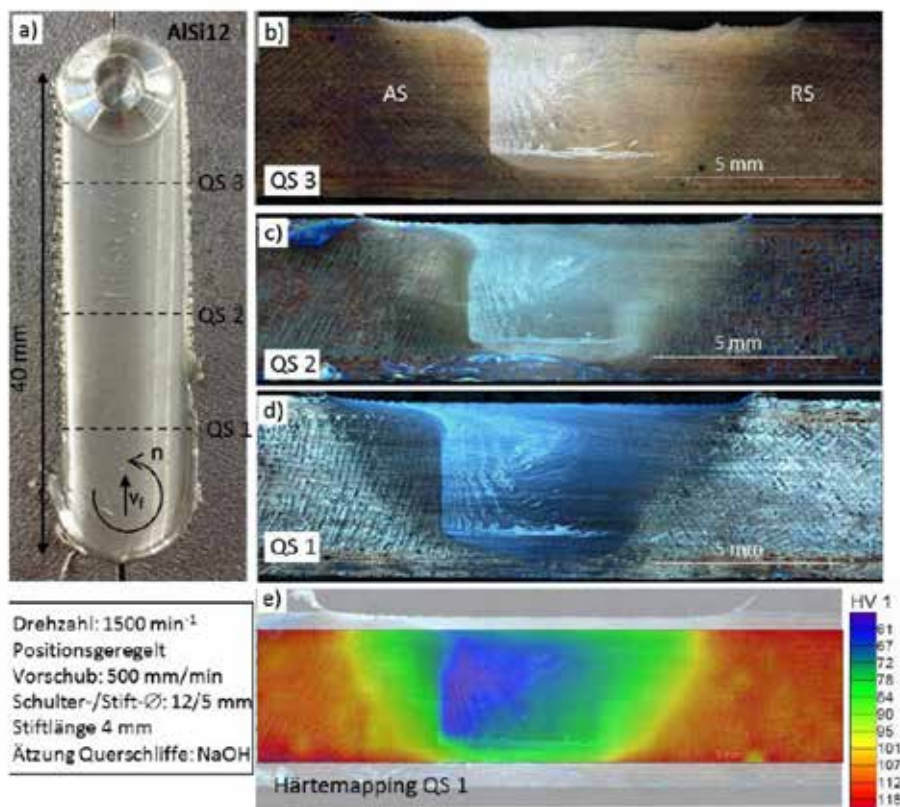


Bild 29 • Rührreibschweißnaht an additiv gefertigten Proben; a) Aufsicht auf die Naht, b bis d) Querschliffe der Schweißnaht, e) Härteverlauf.

Unregelmäßigkeiten auf, **Bild 29 a**. Auch die Querschliffe, **Bild 29 b bis d**, zeigten keine Unregelmäßigkeiten in Form von Poren oder ähnlichem. Dies ist auf das Fügen in fester Phase zurückzuführen, wodurch keine Ausgasung aus der Schmelze stattfand und Gasporen vollständig vermieden werden konnten. Der Härteverlauf des Querschliffs QS1, **Bild 29 e**, zeigte, dass eine Entfestigung von der Wärmeeinflusszone bis in das Schweißgut vorliegt.

Die Bruchflächen sowohl der SLM- als auch der FSW-Proben, **Bild 30**, zeigten Spuren von duktilem Versagen, wabenartige Strukturen konnten auf beiden Bruchflächen erkannt werden. Diese unterschieden sich in ihrer Größe und waren auf der Bruchfläche der FSW-Probe deutlich ausgeprägter. Diese Beobachtungen stimmten mit den Ergebnissen aus den Zugversuchen überein, in denen die höhere Bruchdehnung und somit Duktilität für den FSW-Zustand festgestellt wurde. Durch die schnelle Erstarrung, die dem SLM-Prozess eigen ist, entsteht eine einzigartige Mikrostruktur. Es bildet sich ein sehr feines Netzwerk Si-reicher Phasen, die die Al-Matrix mit Abmessungen deutlich unter 2 µm einbetten. Obwohl der FSW-Prozess zu einer Kornverfeinerung in der Schweißzone der durch SLM hergestellten Al-Legierung führt, wird das feine Netzwerk der Si-reichen Phase zugunsten einer losen Verteilung größerer Si-reicher Partikel zerstört. Die Härte und Zugfestigkeit rührreibgeschweißter Proben verschlechtert sich im Vergleich zu denen des SLM-Gegenstücks, jedoch ist die Duktilität von Al-Si12 nach der FSW-Verarbeitung leicht erhöht. Bei niedrigen Dehnungsamplituden war die Ermüdungsfestigkeit der FSW-Proben identisch mit derjenigen der SLM-Proben.

Im Vortrag wurde insgesamt überzeugend dargelegt, dass das Rührreibschweißen erfolgreich zum Verbinden von SLM-bearbeiteten Al-Si12-Legierungsteilen eingesetzt werden kann, um Probleme im Zusammenhang mit Heißrissen zu vermeiden, die bei konventionellen Schmelzschweißverfahren häufig auftreten. Das Rührreibschweißen ermöglicht das Fügen von AM-Komponenten zudem ohne jegliche Nahtkantenvorbereitung. (M. Kubanek, Düsseldorf)

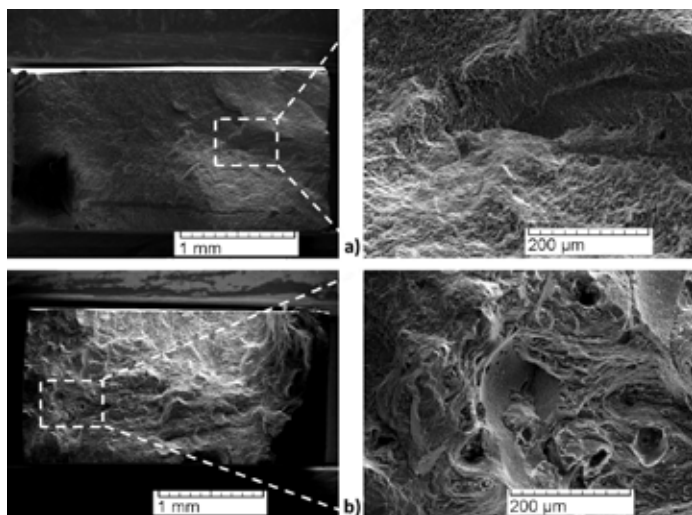


Bild 30 • Bruchflächen nach monotoner Zugbelastung (Werkstoff Al-Si12); a) SLM-Probe, b) rührreibgeschweißte Probe.

verlaufender Schweißrichtung gefügt, **Bild 28**. Die Resultate der Untersuchungen an rührreibgeschweißten SLM-Proben ließen erkennen, dass der FSW-Prozess zu einer hohen Reduktion der Porenzahl führt. Es konnte darüber hinaus beobachtet werden, dass das Defektvolumen in der SLM-Probe

selbst höher ist, was eine geringere strukturelle Integrität, frühere Rissbildung und vorzeitiges Versagen zur Folge haben könnte.

Die FSW-Naht der additiv gefertigten Proben wies bei den Versuchen bis auf einen minimalen Grat optisch keine

Forum für neue Entwicklungen auf dem Gebiet der additiven Fertigung

Am 11. November 2019 wurde das „Zentrum Generatives Fügen“ (ZGF) der SLV Halle anlässlich der 1. Fachtagung „Additive Manufacturing“ im Beisein von 55 geladenen Gästen eröffnet. Es wurde mit Unterstützung der Landesregierung Sachsen-Anhalt finanziert und reiht sich damit in die „Regionale Innovationsstrategie Sachsen-Anhalt 2014-2020“ ein. Es wird zu einer nachhaltigen Verbesserung der Innovationsfähigkeit der SLV Halle und des Landes Sachsen-Anhalt durch Anlagen, Technologie des drahtbasierten Schweißens mit Lichtbogen und Laserstrahl sowie Nachbearbeitung von Freiformflächen, beitragen. Nach der Eröffnungsrede durch Prof. Dr. Steffen Keitel, Geschäftsführer der SLV Halle, wurden Grußworte von Dr. Jürgen Ude, Staatssekretär im Ministerium für Wirtschaft,

Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt, sowie Dr. Roland Boecking, Hauptgeschäftsführer des DVS, überbracht. Im Anschluss daran wurde das ZGF durch einen symbolischen Knopfdruck eingeweiht.

Ziele des ZGFs sind die Generierung von großvolumigen, freigeformten Metallstrukturen bis zu einem Bauteilvolumen von 1 m³. Schwerpunkt sind Anwendungen im gesetzlich geregelten Bereich, welcher sowohl die Festlegung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung als auch die Qualifizierung entsprechender Bauteile erfordert. Hierzu wurden Investitionen entlang der gesamten Prozesskette getätigt.

Die 1. Fachtagung „Additive Manufacturing“ fand am folgenden Tag, 12. November 2019, in der SLV Halle in Kooperation mit dem DVS statt. Im Tagungsprogramm

standen zahlreiche Vorträge, die sich mit verschiedenen Themen der additiven Prozesskette bei Anwendung von DED-Verfahren auseinandersetzten. Wichtig waren dabei der Bezug zu industriellen Anwendungen und die Darstellung von Forschungsergebnissen zu den besonders relevanten Auftragstechnologien WAAM (wire arc additive manufacturing) und WLAM (wire and laser additive manufacturing).

Die SLV Halle ist der Überzeugung, dass die additiven Fertigungsverfahren heute schon häufiger in der industriellen Produktion eingesetzt werden könnten, als dies in den Fertigungshallen praktisch der Fall ist. Daher beteiligt sich die SLV Halle als aktives Mitglied im „Mitteldeutschen Netzwerk 3D Druck-eficos“.

TAGUNG

20. Tagung

Schweißen in der maritimen Technik und im Ingenieurbau

am 22. und 23. April 2020 in Hamburg

Die Schiffbautechnische Gesellschaft, der DVS-Landesverband Hamburg/Schleswig-Holstein und die Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Nord veranstalten die Tagung zum zwanzigsten Mal. Sie ist geprägt von aktuellen Inhalten und hochwertigen Fachthemen und Referenten. Sie befasst sich mit den Herausforderungen bei der Fertigung der neuen Bahnbrücke Kattwyk und innovativen Schweißverfahren auf der Meyer Werft sowie aktuellen Regelwerken und Normen. Ein Themenblock beschäftigt sich mit der additiven Fertigung. Aufgezeigt werden auch zukunftsorientierte Möglichkeiten durch Einsatz zeitgemäßer, moderner und digitaler Dokumentationen im Rahmen von Qualitätsmanagementsystemen. Auf der begleitenden Ausstellung im Foyer kann man sich über neue Verfahren, Produkte und Dienstleistungen informieren. Desweiteren wird eine Fahrt mit einer Barkasse angeboten, um die neue Bahnbrücke Kattwyk zu besichtigen.

Durchgeführt wird die Veranstaltung auf dem Museumsschiff „Rickmer Rickmers“ und im Hotel Hafen Hamburg, Raum Elbkuppel, Seewartenstraße 9, Hamburg. Die Anmeldung sollte bis zum 3. April 2020 erfolgen. Das vollständige Programm steht im Internet unter www.slv-nord.de/aktuelles. Information: Heike Rautenberg, Telefon (040) 35905-709, E-Mail tagungsbuero@slv-nord.de.

Personalwechsel im Präsidium und in der Hauptgeschäftsführung des DVS

Seit Jahresbeginn 2020 gibt es Änderungen im Präsidium und in der Hauptgeschäftsführung des DVS. Dipl.-Ing. Peter Boye schied nach über 20 Jahren aus seinem Amt als Vorsitzender des Ausschusses der Landesverbände und als stellvertretender DVS-Präsident aus. Er wird jedoch als besonderer Berater dem DVS-Präsidium bis 31. Dezember 2021 zur Verfügung stehen. Boyes Nachfolge tritt Professor Dr.-Ing. habil. Knuth-Michael Henkel an. Er ist langjähriger Vorsitzender des DVS-Landesverbandes Mecklenburg-Vorpommern, Leiter des Lehrstuhls für Fügetechnik an der Universität Rostock und stellvertretender Institutsleiter der Fraunhofer-Einrichtung für Großstrukturen in der Produktionstechnik (IGP). In der Hauptgeschäftsführung des Verbandes gab es im kaufmännischen-organisatorischen Bereich einen Wechsel: Nach über 27 Jahren ging Bertold Kösters als Leiter des Bereichs und

als stellvertretender DVS-Hauptgeschäftsführer in den Ruhestand. Ihm folgt als neue kaufmännische Leiterin Dipl.-Betriebsw. Anke Fengler. Als Finanzreferentin hatte



Prof. Dr.-Ing. habil. Knuth-Michael Henkel trat die Nachfolge von Peter Boye als Vorsitzender des Ausschusses der DVS-Landesverbände und als ein Stellvertreter der DVS-Präsidentin an.

Fengler im April 2006 beim Verband angefangen und ist seit 2008 Abteilungsleiterin der Bereiche Finanzen und Verbandsorganisation.



Dipl.-Betriebsw. Anke Fengler übernahm am 1. Januar 2020 die kaufmännische Leitung des DVS.

Anerkennung für DVS-PersZert auf nationaler und internationaler Ebene

Auf ihren Jahresversammlungen im Jahr 2019 beschlossen der Europäische Verband für Schweißen, Fügen und Trennen (EWF) sowie der Internationale Verband für Schweißtechnik (IIW) jeweils die bestehende Anerkennung für DVS-PersZert auf europäischer und internationaler Ebene um fünf weitere Jahre zu verlängern. Die deutsche Akkreditierungsstelle, DAkkS, bestätigte erneut, dass DVS-PersZert seine

Aufgaben als Personalzertifizierungsstelle fachkundig und nach geltenden Anforderungen erfüllt und sprach somit ebenfalls ihre Reakkreditierung für die nächsten fünf Jahre aus. DVS-PersZert-Zertifikate und -Zeugnissen sind national und international anerkannt und vergleichbar.

Mit rund 320 Bildungseinrichtungen ist DVS-PersZert die größte Personalzertifizierungsstelle in der Fügetechnik. An den

DVS-zugelassenen Bildungseinrichtungen werden für verschiedene Technologiefelder Aus- und Weiterbildungen angeboten, die sich an der beruflichen Praxis ebenso orientieren wie an den Anforderungen des Markts.

Vorträge bei den Bezirks- und Landesverbänden

Ort	Datum	Vortrag/Veranstaltung
Kaufbeuren	23.03.	Popil: Reparaturschweißen von Gussbauteilen BV Schwaben (0821) 8087046
Krefeld	12.03.	Pitzer: Einsatz und Nutzen digitaler Schweißstromquellen in der Fertigung im Mittelstand BV Niederrhein (02161) 9929575

Neue DVS-Bildungseinrichtung

Eine der modernsten Adressen für Anwendungstechnik, Training und Entwicklung gehört nun zu den rund 320 vom DVS anerkannten Bildungsstätten in Deutschland. Unter dem Motto „Von Experten für Experten“ ist mit dem „Schweisser-Campus“ in Krefeld bei Air Liquide ein neues Kompetenzzentrum für das Schweißen und das Schneiden entstanden. Auf mehr als 500 m² wurden neue Flächen für Schulungen, Tagungen sowie ein Labor für die metallurgische Analytik und Auswertung eingerichtet. Ab März 2020 wird der „SchweisserCampus“ offiziell seinen Betrieb aufnehmen und dann Aus- und Weiterbildungen gemäß den Richtlinien des DVS anbieten. Als Trainingszentrum bietet er individuelle Trainings für ausgebildetes Schweißfachpersonal. In acht modernen Kabinen haben Teilnehmer die Möglichkeit, ihre Kenntnisse im Handschweißen (MIG/MAG, WIG) zu vertiefen. Das Zentrum ist mit einem Roboter ausgestattet, um automatische Schweißprozesse abzubilden. Abgerundet wird das Angebot durch Orbitalschweißen, Autogenbrennschneiden sowie CO₂-Laserstrahlschneiden und -schweißen.



Bei der Einweihung der neuen DVS-Bildungseinrichtung (von links nach rechts): Dipl.-Ing. Jörg Vogelsang, Geschäftsführer GSI, Thomas Wolf, Direktor ALTEC, Air Liquide, Cerkez Kaya, Department Manager Welding & Cutting ALTEC, Air Liquide, Karin Meincke, Bürgermeisterin der Stadt Krefeld, Dipl.-Ing. Michael Metzger, DVS, Gilles le Van, Vorsitzender der Geschäftsleitung, Air Liquide Deutschland (Foto: AirLiquide)

Ausstellungen, Tagungen, Kolloquien

(Auskunft: DVS, Tagungsabteilung, Telefon (0211) 1591-302 und -303, E-Mail tagungen@dvs-hg.de)

Datum	Ort	Veranstaltung
28./29.04.2020	Düsseldorf	11. International Congress and Exhibition Aluminium Brazing 2020
10./12.06.2020	Wien/Österreich	International Thermal Spray Conference and Exposition – ITSC 2020
14./16.09.2020	Koblenz	DVS-Congress mit Großer Schweißtechnischer Tagung und DVS-Studentenkongress
14./15.10.2020	Essen	DVS-Tagung und Ausstellung – „#additivefertigung: schweißen in bestFORM, #additivefertigung: Forschung von morgen“
09./10.03.2021	Aachen	6. International Electron Beam Welding Conference
09./10.11.2021	Hamburg	8. Tagung Unterwassertechnik – UWT 2021
21./23.06.2022	Aachen	13. International Conference on Brazing, High Temperature Brazing and Diffusion Bonding – LÖT 2022
Informationen über Lehrgänge, Seminare und sonstige Veranstaltungen des DVS sind über das Internet (www.die-verbindungs-spezialisten.de) unter dem Stichwort „Veranstaltungen/Events“ erhältlich.		

Datum	Ort	Veranstaltung
11./12.03.2020	Aachen	30. Internationales Kolloquium Kunststofftechnik Auskunft: IKV, zentrale@ikv.rwth-aachen.de
25./26.03.2020	Erlangen	Fachtagung „Smart Living“ Auskunft: FAPS, christoph.konrad@faps.fau.de
27.05.2020	Bern/Schweiz	3. Fachtagung „Wissen, das zusammenschweisst“ Auskunft: Schweizerischer Verein für Schweißtechnik, reinhard.smolin@svs.ch

Möchten Sie in diesem Teil einen kostenpflichtigen Hinweis auf Ihre Veranstaltung schalten? Auskunft über die Konditionen erhalten Sie bei der Anzeigenabteilung der DVS Media, Düsseldorf, Herr Winterhalter, Telefon (0211) 1591-142, E-Mail markus.winterhalter@dvs-media.info.



Jahrbücher und mehr



Aktuelles Fachwissen der Schweißtechnik und vieles mehr im **JAHRBUCH SCHWEISSTECHNIK 2020**

Zum Thema Verfahren der Füge- und Trenntechnik enthält die aktuelle Ausgabe folgende Artikel:

- Einsatz der Shearografie zur zerstörungsfreien Prüfung von Struktur- sowie Dickschichtklebungen
- Verbesserung der Oberflächenqualität von additiv gefertigten Bauteilen
- Prognosewerte, Sollwerte und Anzeigewerte beim Metall-Schutzgasschweißen — Alles Einstellungssache?

Weitere Fachbeiträge widmen sich aktuellen Fragestellungen zu Werkstoffen, Qualitätssicherung, Geräten und Anlagen sowie der Berechnung und Gestaltung.

JAHRBUCH SCHWEISSTECHNIK 2020

Bestellnummer: 600953, DIN A5, gebunden, 480 Seiten

Preis: 46,00 Euro | Preis: 36,80 Euro (für DVS-Mitglieder)

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf • T +49 211 1591-162 • F +49 211 1591-150 • vertrieb@dvs-media.info • www.dvs-media.eu

Wir gratulieren

Dipl.-Ing. Winfried Greißinger,

Birkenau, der am 25. Februar 2020 seinen 80. Geburtstag feiern kann. Der Maschinenbau- und Schweißfachingenieur war als Konstrukteur im Flugzeugbau bei VFW, heute DASA, unter anderem an der Entwicklung des Airbus 300, der Transall und der VFW 614 beteiligt. Von 1976 bis zu seiner Pensionierung war er bei Daimler in Mannheim zuständiger Schweißfachingenieur im Bereich Evobus. Er ist seit 1977 Mitglied im DVS und wurde 1991 in den Beirat des DVS-Bezirksverbandes Mannheim-Ludwigshafen berufen, in dem er viele Jahre tätig war. Für seine Verdienste um die schweißtechnische Gemeinschaftsarbeit und den DVS erhielt er 2003 die DVS-Ehrennadel.

Dipl.-Ing. Reiner Neumann,

Rostock, zur Vollendung seines 80. Lebensjahrs am 19. Februar 2020. Er ist Gründungsmitglied des DVS-Landesverbandes Mecklenburg-Vorpommern, in dem er viele Jahre als Vorstand Finanzen tätig war. In seinem Berufsleben engagierte

er sich für die Einführung neuer Schweißtechnologien in der maritimen Technik und im Schiffbau. Für seine Verdienste um die schweißtechnische Gemeinschaftsarbeit und den DVS erhielt er 1997 die DVS-Ehrennadel und 2015 die DVS-Ehrennadel in Gold.

Dipl.-Ing. Werner Dzieia,

Rodgau, zu seinem 75. Geburtstag am 16. Februar 2020. Das DVS-Mitglied seit 1988 war von 2000 bis 2004 Vorsitzender des Ausschusses für Bildung des DVS und somit Mitglied im DVS-Präsidium. Als Geschäftsführer der Handwerkskammer Rhein-Main, bei der er von 1978 an tätig war, hat er sich immer besonders für die Ausbildungsbelange der Jugend eingesetzt. 1988 wurde er als Vertreter des Handwerks in den Vorstand des DVS-Landesverbandes Hessen gewählt, dessen Vorsitzender er von 1998 bis 2002 war. Danach engagierte er sich im Landesverband viele Jahre als Vorstand Öffentlichkeit und Vorstand Technik, Wissenschaft, Forschung und war im DVS-Bezirksverband Rhein-Main im Beirat tätig. Für seine herausragenden Verdienste um die schweißtechnische Gemeinschaftsarbeit und den DVS erhielt

er 1996 die DVS-Ehrennadel und 2001 den DVS-Ehrenring.

Wolfgang Hildebrand-Peters,

Essen, der am 17. Februar 2020 sein 65. Lebensjahr vollenden kann. Der Niederlassungsleiter der GSI – Niederlassung Bildungszentren Rhein-Ruhr ist gleichzeitig Leiter der praktischen Ausbildung der GSI und damit verantwortlich für alle Schweißtechnischen Kursstätten innerhalb der GSI. Darüber hinaus ist er als Obmann der Fachgruppe „Schweißtrainersysteme“ im Ausschuss für Bildung des DVS tätig. Er ist Mitglied im DVS seit 2005.

Dr.-Ing. Johannes Weiser,

der seit 1. Januar 2020 Vorsitzender der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren des DVS ist. Er ist Leiter der Abteilung additive Fertigung beim Unternehmen evobeam und engagiert sich als Vorstand des DVS-Bezirksverbandes Koblenz sowie des DVS-Landesverbandes Rheinland-Pfalz. Er trat die Nachfolge von Dr.-Ing. Godehard Schmitz an, der sein Amt nach 16 Jahren abgab.

24. Schweißtechnisches Seminar am 5. und 6. März 2020 in Flensburg

Bei dem diesjährigen vom DVS-Bezirksverband Flensburg in Zusammenarbeit mit der Hochschule Flensburg durchgeführten Schweißtechnischen Seminar wird das Thema „Wissenswertes für die Schweißaufsichtsperson“ im Mittelpunkt stehen. Inwieweit ist es möglich, den klassischen Zollstock bei der Positionierung von Bauteilen in der Schublade zu lassen und anstatt dessen mit einem Laser die Bauteile auszurichten? Wie lässt sich eine normkonforme Dokumentation digital erstellen und verwalten? Welche Rolle kann dabei das Smartphone, zum Beispiel bei Abnahmen am Einsatzort, übernehmen? Was ist bei der Instandhaltung von Schweißmaschinen zu beachten? Das sind die zentralen Fragen, die mit den Ausstellern und den Teilnehmern gemeinsam erörtert werden sollen. Außerdem haben die Aussteller und Teilnehmer wieder bei dem Begrüßungsabend und auf der begleitenden Fachausstellung ausreichend Zeit, sich unter Fachkollegen intensiv auszutauschen.

Veranstaltet wird das Seminar im Centrum für angewandte Technologie in der Hochschule Flensburg, Kanzleistraße 91 – 93, Flensburg. Die Anmeldung sollte bis 27. Februar 2020 erfolgen bei Frau Wilkens, DVS-Bezirksverband Flensburg, Telefon (0461) 866-3346, E-Mail s.wilkens@hwk-flensburg.de. Weitere Informationen stehen im Internet unter www.hwk-flensburg.de.



Das Standardwerk für den Druckgerätebau

Dieses Fachbuch soll dem Ingenieur, Konstrukteur, Prüfer und der Schweißaufsichtsperson als Leitfaden für eine verständliche und anwendungsorientierte Umsetzung des sehr umfangreichen Regelwerks dienen.

Das Handbuch beschreibt die Auslegung, Konstruktion, Herstellung und Prüfung von Produkten des gesamten Druckgerätebaus unter Berücksichtigung des europäischen und internationalen Regelwerks mit folgenden Schwerpunkten:

- Grundsätze zur Schweißkonstruktion sowie Herstellung und Inverkehrbringen von Druckgeräten
- Werkstoffkundliche Grundlagen und Normung von Stählen und Legierungen
- Schweißzusätze und Hilfsstoffe zum Lichtbogenschweißen von Stählen und Legierungen
- Verfahren und Einrichtungen zum Wärmen sowie Regelwerk zur Wärmebehandlung
- Gestaltung und Berechnung von Produkten nach Regelwerk
- Zerstörungsfreie und zerstörende Prüfungen
- Beispiele von geschweißten Druckgeräten (Dampferzeuger, Druckbehälter, Chemieapparate und Rohrleitungen)
- Qualitätssicherung und technisches Regelwerk im Druckbehälterbau



Schweißtechnisches Handbuch Druckgerätebau

Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 154

P. Klug und J. W. Mußmann
unter Mitwirkung von weiteren Autoren
324 Seiten, 159 Bilder und Abbildungen, 112 Tabellen
1. Auflage 2015
Best.-Nr. 100154

Preis: 85,00 EUR

Bücher

Schweißen verbindet – You'll Never Work Alone

Von Stephan Thiemoonds. Erweiterte und bearbeitete Neuauflage. 318 Seiten. DVS Media, Düsseldorf 2020. Preis 15,- Euro.

Schweißen verbindet – aber nicht nur Werkstoffe, sondern auch Menschen, und das über Ländergrenzen hinweg. Dieses schweißtechnische Phänomen entdeckt und erlebt der Autor, gelernter Kupferschmied und Schweißer, immer wieder während seiner beruflichen Weltreisen. Basierend auf Fach- und Sachwissen erzählt er im unterhaltsamen Plauderton die Geschichte der Schweißtechnik: wie und warum Schweißen verbindet, vom verflixten Branchenproblem mit dem kleinen „w“ und von einer antarktischen Sturmnacht an Bord eines getrennten, verlängerten und wieder zusammengesetzten Krill-Fangschiffs. Die Leser erfahren außerdem, was unsere Welt ohne Stahl wäre und warum die Rückkehr der Jedi-Ritter mitentscheidend für die Zukunft der Schweißtechnik ist. Das Buch ist eine außergewöhnliche Lektüre für Branchenkenner und bietet Branchenfremden faszinierende Einblicke in die „Schweißwelt“.

Dispersoidbildung und Dispersoidstabilität in Aluminium-Mangan-Legierungen

Von Richard H. Kemsies. 151 Seiten mit zahlreichen Bildern. Shaker Verlag, Düren 2019. Preis 48,80 Euro.

Der Ausbau des deutschen Energienetzes ist eine große Herausforderung für die Energiewende. Aktuelle Planungen sehen sowohl den Neubau von Stromtrassen als auch den Ausbau von bestehenden Verbindungen vor. Hierbei sind stromführende Verbindungselemente wie Stromschienen unverzichtbare elektrische Betriebsmittel. Für Stromschienen werden in der Regel Aluminium- oder Kupferwerkstoffe eingesetzt. Wegen des hohen und stark schwankenden Kupferpreises soll zukünftig vermehrt Aluminium als Leiterwerkstoff verwendet werden. Gleichzeitig führt die Entwicklung hin zu höheren Leistungsdichten und höheren Betriebstemperaturen von bis zu 140°C. Stromschienen werden in der Regel als Schraubenverbindungen gefügt. Die derzeit eingesetzte Aluminiumlegierung EN AW-Al MgSi weist

jedoch einen zu niedrigen Kriechwiderstand und dadurch ein signifikantes Nachlassen der Verbindungskraft auf. Dies kann zum Anstieg des Verbindungswiderstands und Versagen der Verbindung führen.

Im Rahmen dieser Dissertation wurde die Legierung EN AW-Al Mn0,5Mg0,5 untersucht. Durch eine gezielte Ausscheidung von temperaturstabilen Dispersoiden soll der Kriechwiderstand erhöht werden, ohne die elektrische Leitfähigkeit zu verringern. Die Ausscheidung von Dispersoiden wurde umfassend charakterisiert. Die Dispersoidkeimbildung in Al Mn0,5Mg0,5 erfolgt überwiegend an Mg-Si(-Cu)-Vorstufenausscheidungen.

Die Ergebnisse wurden anschließend dazu genutzt, eine angepasste Wärmebehandlung zur Dispersoidausscheidung zu entwickeln. Im Vergleich zum konventionellen Homogenisieren konnten sowohl eine höhere Härte als auch eine höhere elektrische Leitfähigkeit erzielt werden.

Zeitschriften¹

Rivista Italiana della Saldatura (italienisch/teilweise engl.), 71 (2019), Heft 5

Weiss, L.: „Mechanical Properties and microstructural study of homogeneous laser welds in α , β and $\alpha + \beta$ titanium“, S. 551/63.

Miazzon, A.: „St. Petersburg: the western High Speed Diameter Highway (WHSD) project“, S. 565/83.

Wanjara, P., et al.: „Titanium alloy repair with wire-feed electron beam additive manufacturing technology“, S. 585/609.

Chattopadhyay, P., et al.: „Hybrid electrosag cladding (H-ESC): an innovation in high speed electrosag strip cladding“, S. 619/33.

Rivista Italiana della Saldatura (italienisch/teilweise engl.), 71 (2019), Heft 6

Divya, M., et al.: „Liquidation cracking susceptibility of partially melted zone in 304B4 SS multipass weldments“, S. 681/99.

Du, B., et al.: „Effects of supporting plate hole and welding force on weld formation and mechanical property of friction plug joints of AA2219-T87 friction stir welds“, S. 701/17.

¹ ausgewählte Fachbeiträge

Journal of the Japan Welding Society (japanisch), Tokio, 88 (2019), Heft 7

Hatakeyama, T., Y. Hyodo, M. Ishizuka: „Prediction of Thermal Contact Resistance for Higher Accuracy of thermal Design of Electronics“, S. 5/7.

Banno, Y., K. Kazuhiko, N. Sudas, K. Nako, K. Tateishi: „Automatic Welding Technique with the Skilled Welding Operators Technique“, S. 9/13.

Kitano, H., T. Nakamura: „Automatic Derivation of Empirical Formulas for characteristics of Weld Joints Using Machine Learning Based Technique“, S. 14/17.

Terasaki, H., K. Tsutsui, K. Moriguchi, K. Hayashi, S. Morito: „Machine-learning for Microstructure in the Low-carbon Steel Weld“, S. 18/21.

Shibahara, M., K. Ikushima, M. Maekawa: „Application of Artificial Intelligence to Welding Mechanics“, S. 22/28.

Yamane, S.: „Adaptive Control under Gap Variation Using Deep Learning in Plasma Welding“, S. 29/35.

Nakayama, G.: „Corrosion Resistance for the Weld“, S. 36/43.

Welding in the World, Paris, 64 (2020), Heft 1

Yu, J. K., X. C. Zhao, Q. Y. Li, Q. Qiao, Y. Q. Guo, H. B. Yang: „Effect of Ni coating on the wettability and failure properties of a BiCu solder alloy“, S. 1/9.

Wang, X., A. Wang, Y. Li: „An online surface height measurement method for GTAW-based additive manufacturing“, S. 11/20.

Tumer, M., T. Karahan, T. Mert: „Evaluation of microstructural and mechanical properties of dissimilar Inconel 625 nickel alloy-UNS S32205 duplex stainless steel weldment using MIG welding“, S. 21/35.

Cong, C., Y. Shen, M. Gao, X. Zeng: „Influence of welding angle on the weld morphology and porosity in laser-arc hybrid welding of AA2219 aluminum alloy“, S. 37/45.

Gonçalo, P. C., A. Ahiya, J. F. dos Santos: „Single-phase friction riveting: metallic rivet deformation, temperature evolution, and joint mechanical performance“, S. 47/58.

Ólafsson, D., P. Vilçia, J. Vesanko: „Multi-physical characterization of FSW of aluminum electrical busbars with copper ends“, S. 59/71.

Kumar, J. P.: „Effect of process parameter characteristics on joint strength during ultrasonic metal welding of electrical contacts“, S. 73/82.

Wheeling, R. A., J. C. Lippold: „Weldability testing to understand composition effects on eutectic backfilling in Ni-30Cr alloys“, S. 83/93.

Dittrich, F., P. Mayr, J. A. Siefert: „Thermodynamic simulation of ferritic to ferritic dissimilar metal welds“, S. 95/103.

Mikami, Y., W. Sadakane, M. Mochizuki: „Numerical simulation of microscopic residual stress evolution in polycrystalline aggregate subjected to weld thermal cycle“, S. 105/14.

Chakraborty, G., R. Rejeesh, O. Venkata Ramana, S. K. Albert: S. 115/22.

Ribeiro, R. A., P. D. C. Assunção, E. B. F. Dos Santos, E. M. Braga: „An overview on the cold wire pulsed gas metal arc welding“, S. 123/40.

Morichika, S., H. Sekiya, O. Maruyama, S. Hirano, C. Miki: „Fatigue crack detection using a piezoelectric ceramic sensor“, S. 141/49.

Zerbst, U.: „Application of fracture mechanics to welds with crack origin at the weld toe - a review. Part 2: welding residual stresses. Residual and total life assessment“, S. 151/69.

Yonezawa, T., H. Shimanuki, T. Mori: „Influence of cyclic loading on the relaxation behavior of compressive residual stress induced by UIT“, S. 171/78.

Suman, S., P. V. S. S. Sridhar, P. Biswas, D. Das: „Prediction of welding-induced distortions in large weld structure through improved equivalent load method based on average plastic strains“, S. 179/200.

Tillmann, W., T. Ulitzka, L. Wojarski, M. Manka, H. Ulitzka, D. Wagstyl: „Development of high entropy alloys for brazing applications“, S. 201/08.

Mohd Zahri, N. A., F. Yusof, Y. Miyashita, T. Ariga, A. S. M. Abdul Haseeb, N. H. Jama-don, N. L. Sukiman: „Brazing of porous copper foam/copper with amorphous Cu-9.7Sn-5.7Ni-7.0P (wt %) filler metal: interfacial microstructure and diffusion behavior“, S. 209/17.

Bakhtiari, R., A. Yarmou Shamsabadi, K. Alipour Moradi: „Shear strength/microstructure relationship for dissimilar IN738/IN718 TLP joints“, S. 219/31.

Wu, Y., W. Qu, Z. Wang, H. Zhuang: „Experimental study on brazing AZ31B magnesium alloy by magnalium alloys“, S. 233/41.

Lin, J. L., H. S. Chang: „Correction to: In-process monitoring of micro series spot welding using dual accelerometer system“, S. 245/46.

Normen

Entwurf Richtlinie DVS 2205-1

„Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Kennwerte“ (Ausgabe Januar 2020; Einsprüche bis 31. März 2020)

Richtlinie DVS 2205-1 gibt dem Verarbeiter von Halbfabrikaten aus thermoplastischen Kunststoffen Hinweise zur Ermittlung von Kennwerten als Berechnungsgrundlage für den Behälter-, Apparat- und Lüftungsbau sowie für Industrierohrleitungen. Vorausgesetzt wird, dass bei der Wahl der Werkstoffe und ihrer Verarbeitung die Regelwerke gemäß Abschnitt 7 der Richtlinie beachtet werden. Die Angaben gelten für überwiegend statische Beanspruchung. Für die Berechnung, die Maße, die Ausführung und die Prüfung der verschiedenen Konstruktionen gelten die jeweiligen DVS-Richtlinien bzw. -Merkblätter sowie die einschlägigen DIN-, EN- und ISO-Normen. Die Zuständigkeiten bestimmter Rechtsgebiete (zum Beispiel Baurecht, Wasserrecht, Gewerberecht usw.) sind zu beachten. (J. Anders)

Entwurf Richtlinie DVS 2205-5

„Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Rechteckbehälter“ (Ausgabe Januar 2020; Einsprüche bis 31. März 2020)

Die in der Richtlinie aufgeführten Konstruktions- und Berechnungsregeln gelten für rechteckige, quaderförmige Behälter zur ortsfesten Verwendung aus thermoplastischen Kunststoffen, insbesondere Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylchlorid (PVC) und Polyvinylidenfluorid (PVDF). Die Behälter können von außen mit Rippen oder Rahmen aus denselben oder steiferen Werkstoffen, wie glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) oder Stahl, verstärkt sein und wahlweise mit vollflächig aufliegendem Flachboden oder mit Fuß- und Bodenkonstruktionen nach dieser Richtlinie versehen sein. Die Behälter können sowohl im Gebäude als auch im Freien aufgestellt werden. Die dabei auftretenden Beanspruchungen durch Wind- und Schneelasten sowie Lasten aus Erdbeben sind gemäß dieser Richtlinie nachzuweisen. Neben den hydrostatischen Belastungen sind kurzzeitig und langfristig wirkende Drücke zu berücksichtigen. Als Mindestwerte sind festgelegt: Überdruck:

5,0 mbar (0,5 kN/m²), Unterdruck: 3,0 mbar (0,3 kN/m²). Langzeitig wirkende Drücke sind nur dann anzusetzen, wenn diese auch wirken können. Zusätzliche Lasten, insbesondere Vertikallasten aus Auflagerkräften oder Verkehrslasten, sind zusätzlich nachzuweisen und werden in dieser Richtlinie nicht behandelt. Über die statische Berechnung nach dieser Richtlinie ist ein vollständiger, in Einzelschritten nachvollziehbarer und in sich schlüssiger, Bericht anzufertigen. Die Bestimmungen geltender Rechtsgebiete (zum Beispiel bau- und wasserrechtliche Vorschriften sowie jene zum Schutz Beschäftigter oder Dritter) sind zu beachten. (J. Anders)

Entwurf DIN 50172-1 und 50172-2

„Metallische Werkstoffe – Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten, die mit mechanischer Eindringtieftmessung arbeiten –“ (Ausgabe Dezember 2019)

Entwurf DIN 20172-1 „–; Teil 1: Prüfverfahren“

Die in den Normteilen von DIN 50172 behandelten Härteprüfverfahren und Geräte besitzen ein eigenes Messprinzip. Die ermittelten Härtewerte werden den bestehenden Härteskalen nach Vickers (DIN EN ISO 6507), Brinell (DIN EN ISO 6506) und Rockwell (DIN EN ISO 6508) zugeordnet. Die Härteskalen nach HV, HBW und HR ermitteln die Härtewerte mit anderen Eindringkörperformen, anderen Prüfkräften und einem anderen Messprinzip. Daher können die nach dem in dieser Norm beschriebenen Messprinzip ermittelten Messwerte nur über entsprechende Referenzkurven oder empirische Beziehungen den entsprechenden Skalen für HV, HBW und HR zugeordnet werden.

Teil 1 der Norm legt das Verfahren der Härteprüfung metallischer Werkstoffe durch tragbare Härteprüfgeräte mit mechanischer Messung der Eindringtiefe fest. Die Geräte arbeiten mit einer Prüfgesamtkraft zwischen 50 und 1.000 N und einer Prüf-vorkraft zwischen 10 und 100 N. Die mit den Geräten nach dieser Norm bestimmten Härtewerte bilden keine eigene Härteskala.

Entwurf DIN 20172-1 „–; Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Härteprüfgeräte“

Teil 2 der Norm legt das Verfahren für die Prüfung und Kalibrierung tragbarer Härteprüfgeräte mit mechanischer Eindringtieftmessung nach DIN 50157-1 fest. Es wird ein direktes und indirektes Prüfverfahren festgelegt, das für die Ermittlung der

Abweichung und der Wiederholpräzision des Prüfgeräts geeignet ist. Das indirekte Prüfverfahren kann für die regelmäßige Routineüberwachung beim Anwender eingesetzt werden. (J. Anders)

Entwurf DIN EN ISO 12671

„Thermisches Spritzen – Thermisch gespritzte Schichten – Symbolische Darstellung in Zeichnungen“ (Ausgabe Januar 2020)

Die internationale Norm legt fest, wie die symbolische Darstellung einer thermisch gespritzten Schicht in Zeichnungen anzuwenden ist. Beschichtungen dürfen entsprechend den allgemeinen Regeln für technische Zeichnungen angegeben werden. Wegen der oftmals nur geringen Schichtdicke der thermisch gespritzten Schicht und gegebenenfalls mehrerer unterschiedlicher Teilschichten übereinander ist eine symbolische Darstellung oft sinnvoll. Die symbolische Darstellung muss alle notwendigen Angaben über die jeweilige Beschichtung zum Ausdruck bringen, ohne die Zeichnung mit Anmerkungen oder einer zusätzlichen Ansicht oder einer Detailvergrößerung zu überlasten. Sie besteht aus einem Grundsymbol und einem oder mehreren Zusatzsymbolen und weiteren ergänzenden Angaben. Es wird empfohlen, bei umfangreichen Vorgaben zur Herstellung der Schicht die speziellen Anweisungen in der Zeichnung anzugeben oder, bei Verwendung einer getrennten Stückliste, die Vorgaben dort zu definieren. (J. Anders)

DIN EN ISO 2553

„Schweißen und verwandte Prozesse – Symbolische Darstellung in Zeichnungen – Schweißverbindungen“ (Ausgabe Dezember 2019)

Die Norm legt die Regeln fest, die in technischen Zeichnungen für die symbolische Darstellung von Schweißnähten anzuwenden sind. Die Symbole können Angaben zur Geometrie, Herstellung, Qualität und Prüfung der Schweißnähte enthalten. Die Grundsätze dieses Dokuments können auch für weich- und hartgelötete Verbindungen verwendet werden. Es wird die Tatsache berücksichtigt, dass es auf dem Weltmarkt zwei unterschiedliche Methoden gibt, um in Zeichnungen die Pfeilseite und die Gegenseite zu kennzeichnen. In diesem Dokument gelten Abschnitte, Tabellen und Bilder mit dem Suffix „A“ nur für das System, bei dem in den Symbolen

eine doppelte Bezugslinie verwendet wird, mit dem Suffix „B“ (pazifischer Raum) nur für das System, bei dem in den Symbolen eine einfache Bezugslinie verwendet wird. Abschnitte, Tabellen und Bilder, in denen weder der Suffix „A“ noch „B“ angegeben ist, gelten für beide Darstellungssysteme. Die in diesem Dokument angegebenen Symbole können mit anderen Symbolen kombiniert werden, die in technischen Zeichnungen angewendet werden, zum Beispiel um Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit darzustellen. Ein alternatives Bezeichnungsverfahren wird beschrieben, das angewendet werden kann, um Schweißverbindungen in Zeichnungen durch Festlegung der wichtigsten Konstruktionsangaben (beispielsweise Nahtmaße oder Bewertungsgruppen) darzustellen. Die Schweißnahtvorbereitung und die Schweißprozesse werden anschließend von dem Hersteller so festgelegt, dass die festgelegten Anforderungen erfüllt werden. (J. Anders)

Richtlinie DVS 2207-4 mit Beiblatt 1 bis 3

„Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Extrusionsschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln – Verfahren, Anforderungen“ (Ausgabe Dezember 2019)

Richtlinie DVS 2207-4 gilt für das Warmgasextrusionsschweißen (WE) von Rohren und Tafeln im Behälter-, Apparate- und Rohrleitungsbau, bei der Herstellung von selbsttragenden Auffangwannen und von Abdichtungen an Betonbauwerken mit thermoplastischen Kunststoffen. Sie beschreibt die unterschiedlichen Verfahren, zeigt die Verfahrensgrenzen auf und legt Anforderungen zur Qualitätssicherung fest.

Warmgasextrusionsgeschweißt werden üblicherweise Bauteile mit Dicken von etwa 6 bis 50 mm, jedoch können sowohl dünnere als auch dickere Bauteile warmgasextrusionsgeschweißt werden (dickere Bauteile gegebenenfalls durch mehrlagiges Schweißen). Spezielle Hinweise zum Extrusionsschweißen von Dichtungsbahnen im Erd- und Wasserbau sind in Richtlinie DVS 2225-1 und Richtlinie DVS 2225-4 enthalten. Hinweise zum Extrusionsschweißen von Mantelrohren gibt Richtlinie DVS 2207-5.

Richtlinie DVS 2207-4 Beiblatt 1 „–; –; Schweißparameter“ enthält in einer halbseitigen Tabelle Schweißpa-

rameter-Richtwerte für das Warmgasextrusionsschweißen. Sie gelten für das manuelle Schweißen mit den in Richtlinie 2207-4 Beiblatt 1 genannten Maschinen und Geräten und den in der Tabelle aufgeführten Werkstoffen (PE, PP-H, PP-B, PP-R, PVC-U, PVC-HI, PVC-C, PVDF). Beim Schweißen mit Schweißautomaten können gegebenenfalls auch andere Parameter zur Ausführung kommen. Die Schweißgeschwindigkeit hängt unmittelbar vom Masseausstoß, dem Schweißnahtquerschnitt und von der Vorwärmtemperatur ab. Erfahrungsgemäß sollte sie 200 bis 350 mm/min. betragen. Es muss gewährleistet sein, dass die Fügeteile an der Fugestelle und über die Nahtbreite hinaus 0,5 bis 1 mm tief plastifiziert sind.

Richtlinie DVS 2207-4 Beiblatt 2 „–; –; Anforderungen an die Schweißmaschinen und Schweißgeräte“ beschreibt allgemeine, qualitative und sicherheitsrelevante Anforderungen an Maschinen und Geräte zum Extrusionsschweißen von thermoplastischen Kunststoffen. Beiblatt 2 gilt für die in der Richtlinie DVS 2207-4 genannten Maschinenvarianten I, II und III und soll sicherstellen, dass bei sachgemäßer Bedienung und Handhabung der Geräte und Maschinen die in der Richtlinie geforderte Qualität der Schweißnähte erreicht wird.

Richtlinie DVS 2207-4 Beiblatt 3 „–; –; Schweißen von Fluorkunststoffen“ gilt für das Warmgasextrusionsschweißen (WE) der darin genannten thermoplastischen und hoch fluorierten Kunststoffe (ECTFE, FEP, PFA, PTFE-M) ausgenommen PVDF, welches bereits in Richtlinie DVS 2207-4 und Richtlinie DVS 2207-4 Beiblatt 1 beschrieben ist. Das elfseitige Beiblatt 3 beschreibt von Richtlinie DVS 2207-4 abweichende, spezielle Verfahrensweisen und legt Anforderungen zum sicheren Schweißen dieser Werkstoffe fest. Die genannten Fluorkunststoffe besitzen im Vergleich zu den Standardkunststoffen eine deutlich niedrigere mechanische Festigkeit, jedoch eine hohe chemische und thermische Widerstandsfähigkeit gegen aggressive Medien und eine hohe Oberflächenreinheit. Sie werden deshalb überwiegend für die Auskleidung von Stahl- und GFK-Bauteilen (Apparate, Behälter, Rohrleitungen) verwendet, um die tragenden Werkstoffe vor aggressiven Medien zu schützen, besondere Oberflächeneigenschaften zu erhalten, oder um zum Beispiel in der Halbleiter- und Pharmaindustrie den Schutz des Produkts

gegen Verunreinigungen durch den Trägerwerkstoff sicherzustellen. Die Richtlinie soll diesen unterschiedlichen und besonderen Anforderungsbedingungen gerecht werden. Übliche Dicken der für Auskleidungen (Liner) verwendeten Folien, Bahnen und Rohre betragen 1,5 bis 4 mm. Um die Verbindung zum Substratwerkstoff zu gewährleisten, können diese mit einer einseitig auf die Folien aufgetragenen haftvermittelnden Kaschierung aus Glas- oder Synthesefasergestricen versehen sein. Dickere Werkstoffe werden oft für Einbauten und dergleichen verwendet und ebenfalls häufig warmgasextrusionsschweißt. (J. Anders)

Richtlinie DVS 2216-1 Beiblatt 1

„DVS-Prüfkörper mit ERG für das Ultraschallschweißen thermoplastischer Kunststoffe und Prüfbedingungen“ (Ausgabe Dezember 2019)

In Beiblatt 1 zur Richtlinie DVS 2216-1 werden der DVS-Prüfkörper mit dachförmigem Energierichtungsgeber (ERG) aus thermoplastischen Kunststoffen zum Ultraschallschweißen und dessen Herstellungs-, Schweiß-, und Prüfbedingungen beschrieben. Das Ultraschallschweißen ist in Anlehnung an die Richtlinie DVS 2216-1 und gegebenenfalls in Abstimmung mit dem Rohstofflieferanten, und/oder dem Maschinenhersteller durchzuführen. Zum Erzielen aussagekräftiger, vergleichbarer Prüfergebnisse sind die beschriebenen Prüfbedingungen einzuhalten. Die Ergebnisse können als Ausgangspunkt für die Beurteilung der Schweißeignung thermoplastischer Kunststoffe und für die Verfahrensoptimierung beim Ultraschallschweißen von Serienteilen aus thermoplastischen Kunststoffen herangezogen werden. (J. Anders)

Richtlinie DVS 2942

„Schweißstrommessung beim Widerstandsschweißen – Messgeräte – Strommessspulen – Effektivwerte“ (Ausgabe Dezember 2019)

Das Merkblatt beschäftigt sich mit der Schweißstrommessung beim Widerstandsschweißen. Die Schweißstrommessung hilft, die Schweißstromparameter an unterschiedlichen Schweißeinrichtungen reproduzierbar zu erfassen, zu übertragen oder zu vergleichen. Je nach Ausstattung der Messeinrichtung können zusätzlich die Schweißstromverläufe dargestellt werden. Weiterhin legt das Merkblatt

Rahmenbedingungen für die Berechnung eines Effektivwerts für verschiedene Stromformen und Impulsfolgen fest. Zusätzlich wird auf die Anforderungen, die Ausstattung und den Abgleich von Schweißstrommesssystemen eingegangen. Das Merkblatt beschäftigt sich außerdem mit den Besonderheiten von Stromsensoren, deren Abgleich und der Schaffung von Referenzsystemen. Anwendungsbeispiele und praktische Hinweise ergänzen das Merkblatt. (J. Anders)

Richtlinie VDI 3405 Blatt 6.1

„Additive Fertigungsverfahren – Anwendungssicherheit beim Betrieb der Fertigungsanlagen – Laserstrahlschmelzen von Metallpulvern“ (Ausgabe November 2019)

Bislang nutzen Betreiber additiver Fertigungsanlagen individuelle Lösungen, um einen sicheren Betrieb ihrer Anlagen zu ermöglichen. Ob die getroffenen Maßnahmen ausreichend und konform mit allen relevanten Gesetzen und Vorschriften sind, konnte kaum jemand beurteilen. Für den sicheren Betrieb additiver Fertigungsanlagen, die Metallpulver mit dem Laserstrahlschmelzen verarbeiten, gibt es mit Richtlinie VDI 3405 Blatt 6.1 nun eine umfassende Hilfestellung. Die Richtlinie bewertet die Relevanz und Anwendbarkeit bestehender Vorschriften benachbarter Technologiefelder wie dem Schweißen, der Pulvermetallurgie und der Nanopartikel im Einzelfall. Sie fasst relevante technische Regeln, Vorschriften und Gesetze zusammen und gibt Empfehlungen, wie diese bei den unterschiedlichen Schritten des Laserstrahlschmelzens praktisch umgesetzt werden können. Die Richtlinie gilt für Laserstahlschmelzanlagen mit CE-Kennzeichen, die für den sicheren Betrieb gekapselt sind. Betreiber von Laserstrahlschmelzanlagen sind verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und zu dokumentieren. Dazu bietet die Richtlinie eine praxistaugliche Unterstützung. Aufbauend auf VDI 3405 Blatt 6.1 für die Verarbeitung von Metallpulvern ist zudem im November 2019 das Blatt 6.2 als Entwurf erschienen, das sich mit der Anwendersicherheit bei der additiven Verarbeitung von Polymerpulvern mit dem Laserstrahlintern befasst. (Nach Pressemitteilung VDI)

Richtlinie DVS 2205-4

„Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Flanschverbindungen“ (Ausgabe Januar 2020)

Die in Richtlinie DVS 2205-4 behandelten Konstruktions- und Berechnungsregeln gelten für kreisförmige Flanschverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen, insbesondere Polyethylen (PE-HD), Polypropylen (PP), Polyvinylchlorid (PVC) und Polyvinylidenfluorid (PVDF). Die Richtlinie beschreibt die Gestaltung von druckbelasteten Schweißflanschen und Schweißbunden. Unter Flanschen sind Vorschweißflansche, Vorschweißbunde, Aufschweißflansche und Aufschweißbunde zu verstehen. Blindflansche sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie. (J. Anders)

Richtlinie DVS 2212-4

„Prüfung von Kunststoffschweißern; Schweißen von PE-Mantelrohren – Rohre und Rohrleitungsteile“ (Ausgabe Januar 2020)

Richtlinie DVS 2212-4 gilt für die Prüfung der Kenntnisse und Fertigkeiten von Schweißern, die im Rahmen der Montage von Fernwärmerohrleitungen auf der Baustelle PE-Mantelrohrschweißverbindungen an werkmäßig gedämmten Mantelrohrsystemen nach DIN EN 253, 448, 488 und 489 bzw. AGFW FW 401 und 420 ausführen. Die Richtlinie ist Grundlage für die Erstprüfung sowie die Wiederholungsprüfung in der sach- und fachgerechten Ausführung von PE-Schweißarbeiten mit den baustellengeeigneten Verfahren Warmgasziehschweißen (WZ) und Warmgasextrusionsschweißen (WE). Sie gilt nicht für andere Verfahren wie das Heizelementstumpfschweißen (HS) im Rahmen der werkmäßigen Herstellung von Mantelrohrformstücken oder für das ebenfalls baustellengeeignete Heizwendelschweißen (HM). (J. Anders)

Richtlinie DVS 2216-4

„Ultraschallfügen von Formteilen und Halbzeugen aus thermoplastischen Kunststoffen in der Serienfertigung – Einbetten bzw. Einsenken von Inserts mit Ultraschall“ (Ausgabe Januar 2020)

Die Richtlinie gilt für das Einbetten – auch als Einsenken bezeichnet – von Metall- und Kunststoff-Inserts (zum Beispiel Gewindeeinsätze, Gewindestifte), die mittels Ultraschall bevorzugt in thermoplastische Kunststoffe eingebettet werden. Für Einbettaufgaben werden die nach dem Stand der Technik üblichen Ultraschallschweißmaschinen und -geräte eingesetzt (Richtlinie DVS 2216-1). (J. Anders)

Richtlinie DVS 2201-1 mit Beiblatt 1 bis 5

„Prüfen von Halbzeug aus Thermoplasten – Grundlagen – Hinweise“ (Ausgabe Januar 2020)

Richtlinie DVS 2201-1 gibt Verarbeitern von Halbzeugen aus thermoplastischen Kunststoffen Hinweise und Anregungen für das Prüfen der Halbzeuge in der Eingangskontrolle und für die Beurteilung von Qualität und Gebrauchstauglichkeit der Halbzeuge im Hinblick auf die schweißtechnische Praxis. Durch die Richtlinie werden die hauptsächlich im Apparate- und Rohrleitungsbau eingesetzten, in Beiblatt 1 aufgeführten Werkstoffe erfasst. Diese Werkstoffe besitzen aufgrund ihres molekularen und strukturellen Aufbaus spezifische verarbeitungs- und anwendungstechnische Eigenschaften. Bei der Anwendung von Halbzeugen aus Thermoplasten, hauptsächlich für tragende Bauteile, sind diese Werkstoffeigenschaften – besonders bei gleichzeitiger mechanischer, thermischer und chemischer Beanspruchung – zu berücksichtigen. Die Eigenschaftswerte der Halbzeuge sind in den einschlägigen, in der Richtlinie aufgeführten DIN-Normen beschrieben. Bezüglich der Schweißzusätze wird auf Merkblatt DVS 2211 verwiesen. Kennwerte der gebräuchlichsten Thermoplaste für die Berechnung der Konstruktion sind in Richtlinie DVS 2205-1 angegeben.

Beiblatt 1 enthält in einer halbseitigen Tabelle Werkstoffbezeichnungen und die dazugehörigen Kurzzeichen.

Beiblatt 2 enthält in einer kurzen Tabelle für die jeweiligen Kunststoffe die Nummern der zugehörigen Grundnormen oder Richtlinien mit Zeitstandskennlinien für Rohre.

Beiblatt 3 gibt in einer halbseitigen Tabelle für die jeweiligen Kunststoffe und Temperaturbereiche die (linearen) Wärmeausdehnungskoeffizienten an.

Beiblatt 4 gibt in einer kurzen Tabelle für die jeweiligen Kunststoffe für Rohre und Tafeln die Nummern von Norm mit Hinweisen zu Halbzeugverhalten bei Warmlagerung an.

Beiblatt 5 listet zum Thema „Temperatur-Zeit-Grenzen der Wärmealterung“ in einer kurzen Tabelle für die jeweiligen Kunststoffe maximale Einsatztemperatur in °C je nach Einsatzdauer in Jahren (1, 5, 10, 25, 50 100) auf. (J. Anders)

DIN EN ISO 18592

„Widerstandsschweißen – Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen – Verfahren zur Schwingfestigkeitsprüfung von Mehrpunktproben“ (Ausgabe Dezember 2019)

DIN EN ISO 18592 legt Proben und Vorgehensweisen für die Durchführung von Schwingfestigkeitsprüfungen mit konstanter Kraftamplitude an geschweißten Mehrpunkt- und multiaxialen Proben im Dickenbereich von 0,5 bis 5 mm bei Raumtemperatur und einer relativen Luftfeuchte von höchstens 80% fest. Die Anwendbarkeit des Dokuments für größere Dicken kann durch die mechanischen Eigenschaften wie Streckgrenze und Verformungsfähigkeit des Probenwerkstoffs eingeschränkt sein. Der Dickenbereich für hochfeste Stähle liegt im Allgemeinen unter 3,0 mm. Größere Dicken sind zum Beispiel bei Aluminiumlegierungen anwendbar. Je nach verwendeter Probenform erlauben die Prüfergebnisse eine Bewertung des Tragverhaltens von Punktschweißungen, bei denen eine definierte gleichmäßige oder definierte ungleichmäßige Lastverteilung vorliegt, von Punktschweißungen unter verschiedenen definierten Kombinationen von Scher-, Schäl- und Kopfzugbeanspruchungen und des Tragverhaltens geprüften Prüfkörpers. Mehrpunktproben, mit denen verschiedene Lastverteilungen realisiert werden können, werden benannt.

Die mit bauteilähnlichen Proben erzeugten Ergebnisse der Schwingfestigkeitsprüfungen eignen sich für das Herleiten von Kriterien zur Auswahl der Werkstoffe und der kombinierbaren Dicken bei Konstruktionen und Bauteilen, die zyklischer Belastung ausgesetzt sind. Diese Aussage trifft insbesondere auf Ergebnisse zu, die mit Proben mit Randbedingungen erzeugt wurden, beispielsweise wenn die lokale Steifigkeit ähnlich jener der gegenständlichen Konstruktion ist. Die Ergebnisse der Schwingfestigkeitsprüfung eignen sich für die unmittelbare Anwendung auf die konstruktive Ausführung nur dann, wenn die Beanspruchungsbedingungen im Betrieb und die Steifigkeiten der konstruktiven Ausführung im Bereich der Verbindungen identisch sind. (J. Anders)

Herausgeber: DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V.

Verlag: DVS Media GmbH,
Postfach 10 19 65,
D-40010 Düsseldorf, Aachener Straße 172,
D-40223 Düsseldorf, Telefon +49 211 1591-0,
Telefax +49 211 1591-150,
E-Mail media@dvs-media.info,
Internet <http://www.dvs-media.eu>,
Geschäftsführung: Dirk Sieben.

Redaktion: Dipl.-Ing. Dietmar Rippegather (Leitung/verantwortlich), Dipl.-Ing. Viktor Travkin, Anja Labussek M.A., Frauke Stork
Telefax +49 211 1591-350,
E-Mail dietmar.ripegather@dvs-media.info

Redaktionskollegium: Dr.-Ing. R. Boecking (für den Herausgeber), Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. S. Böhm, Dr.-Ing. C. Bruns, Prof. Dr.-Ing. H. Cramer, Prof. Dr.-Ing. K. Dilger, Prof. Dr.-Ing. habil. U. Füssel, Dr.-Ing. P. Gröger, Prof. Dr.-Ing. A. Hobbacher, Dr.-Ing. S. Jahn, Prof. Dr.-Ing. T. Kannengießer, Dr.-Ing. H. Krappitz, Dr. C. Mayer, Prof. Dr.-Ing. Kai Möhwalde, Dr. rer. nat. L. Nickenig, Dipl.-Ing. C. Prinz, Prof. Dr.-Ing. Carolin Radschiet, Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen, Dipl.-Ing. E. Schofer, Dr.-Ing. F. Schreiber, Dr. sc. techn. K.-R. Schulze, D. Sieben (Geschäftsführer des Verlags), Dr.-Ing. V. E. Spiegel-Ciobanu, Dr.-Ing. S. Trube, Prof. Dr.-Ing. V. Wesling, Dr. C. Wiesner, Prof. Dr.-Ing. G. Wilhelm.

Anzeigen: Markus Winterhalter (verantwortlich), Telefon +49 211 1591-142,
markus.winterhalter@dvs-media.info,
Vanessa Wollstein, Telefon +49 211 1591-152,
vanessa.wollstein@dvs-media.info.
Gültig ist derzeit Preisliste Nr. 52 vom 1. Januar 2020.

Vertrieb: Leser-Service DVS Media GmbH, Telefon +49 6123 9238-242, Telefax +49 6123 92 38-244,
E-Mail: dvsmedia@vservice.de

Druck: D+L Printpartner, Bocholt.
„Schweißen und Schneiden“ wird auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Bezugsbedingungen: „Schweißen und Schneiden“ erscheint monatlich. Im Abonnement können Sie „Schweißen und Schneiden“ durch den Buchhandel oder direkt bei der DVS Media GmbH beziehen. Einzelheft 19,00 € (zuzüglich Versandkosten), jährliche Bezugskosten 207,50 € (zuzüglich Versandkosten: Inland 21,00 €; Ausland 33,00 €; Luftpost auf Anfrage). Im Rahmen der persönlichen Mitgliedschaft im DVS können Sie „Schweißen und Schneiden“ zu ermäßigten Preisen erhalten. Bei Firmenmitgliedschaften sind die Kosten für mindestens ein Fachzeitschriftenabonnement im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Urheber- und Verlagsrecht: „Schweißen und Schneiden“ sowie alle in dieser Zeitschrift enthaltenen Beiträge, Bilder und Tabellen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung der DVS Media GmbH strafbar. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Firmenverzeichnis zum Anzeigenteil

DVS Media GmbH	Düsseldorf	U2, 5, 9, 14, 18, 29, 69, 71, 77, 99, U3, U4
Josef Pfaffinger Bauunternehmung GmbH	Passau	77
MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH	Kötz	45
Migatronik Schweißmaschinen GmbH	Wettenberg	Titel
OTC DAIHEN EUROPE GmbH	Mönchengladbach	35
voestalpine Böhler Welding GmbH	Wien/Österreich	7

STELLENMARKT

BAUEN
SEIT 1855



PASSAU
LEIPZIG
BERLIN
STUTTGART

Wir suchen für unsere Baustellen im Raum Haßfurt einen motivierten und engagierten

STAHLSCHEISSER (m/w/d)

Wir sind ein erfolgreiches und expandierendes Unternehmen mit über 600 Mitarbeitern und breitgefächerten Geschäftsfeldern im Bau- und Industriesektor.

Bewerbung an Herrn Holger Joosz unter 0851 390 10 22 oder karriere@pfaffinger.com

www.pfaffinger.com/beruf-karriere



Fachbuchreihe Schweißtechnik

Fügetechnisches Basiswissen – verständlich erklärt!

„Grundlagen der Fügetechnik – Schweißen, Lötten und Kleben“

In unserem neuen Standardwerk der Fügetechnik erklären die erfahrenen Autoren ausführlich und verständlich die drei Fügetechniken Schweißen, Lötten und Kleben.

Das Spannungsfeld zwischen den technischen Möglichkeiten und Notwendigkeiten, den Werkstoffen, der konstruktiven Gestaltung und den wirtschaftlichen Randbedingungen wird dabei immer berücksichtigt. Einsteiger und Experten erhalten damit verlässliche, umfassende Hinweise, um für jede

Anwendung das passende Fügeverfahren zu wählen.

Das Buch wendet sich an Ingenieure und Techniker mit Aufgaben in Konstruktion, Arbeitsplanung sowie Fertigung oder Qualitätssicherung aus Industrie und Handwerk.

Mit seinen mehr als 400 Seiten ist das Fachbuch sowohl Nachschlagewerk als auch vorlesungsbegleitendes Lehrbuch. Vor allem für Studierende der Ingenieurwissenschaften wird es damit zur echten Lernhilfe.



U. Reissen, L. Stein
472 Seiten, 334 Bilder und Abb.
Best.-Nr. 100161, 1. Auflage 2016

Preis: 88,00 Euro

Auch als E-Book erhältlich.

DVS Media GmbH • Aachener Straße 172 • 40223 Düsseldorf • T +49 211 1591-162 • F +49 211 1591-150 • vertrieb@dvs-media.info • www.dvs-media.eu

Veröffentlichung in:

SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN; DER PRAKTIKER; WELDING AND CUTTING

I	Anlagen und Ausrüstung für die Verfahren der Füge-, Beschichtungs- und Trenntechnik
II	Anlagen und Ausrüstung für die Wärmebehandlung und andere Fertigungsverfahren
III	Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Trennen und Abtragen
IV	Unterstützende Systeme für die Automatisierung
V	Auftragsarbeiten und Dienstleistungen für das Fügen, Trennen und Beschichten
VI	Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Spritzen

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

Anlagen und Ausrüstung für die Verfahren der Füge-, Beschichtungs- und Trenntechnik

1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Schweißen von Metall-, Keramik- und Verbundwerkstoffen

▼ Bolzenschweißen 20

AS - ARNHOLD - GmbH

Wullener Feld 48, D-58454 Witten
☎ +49 2302 95 640-0 ☎ +49 2302 95 640-22
E-Mail: info@bolzenschweissen.de
Internet: www.bolzenschweissen.com

Köster & Co. GmbH Bolzenschweißtechnik

Spreeler Weg 32, D-58256 Ennepetal
☎ +49 23 33 83 06-0 ☎ +49 23 33 83 06-38
E-Mail: koeco@bolzenschweisstechnik.de
Internet: www.bolzenschweisstechnik.de

Heinz Soyer Bolzenschweißtechnik GmbH

Inninger Straße 14, D-82237 Würthsee
☎ +49 81 53 885-0 ☎ +49 81 53 885-221
E-Mail: export@soyer.de
Internet: www.soyer.de

▼ Buckelschweißen 30

Bergmann & Steffen GmbH

Raiffeisenstraße 176, D-32139 Spenge
☎ +49 5225 8786-0 ☎ +49 5225 8786-27
E-Mail: info@bergmann-steffen.de
Internet: www.bergmann-steffen.de

▼ Elektronenstrahlschweißen 60

Evobeam GmbH

Am Hofgut 5, D-55268 Nieder-Olm
☎ +49 6136 9229-210 ☎ +49 6136 9229-212
E-Mail: info@evobeam.com
Internet: www.evobeam.com

Josch Strahlschweißtechnik GmbH

Gewerbehof - Dorfplatz 0, D-06193 Petersberg OT Teicha
☎ +49 34606 353-0 ☎ +49 34606 353-14
E-Mail: office@josch.net
Internet: www.josch.net

pro-beam AG & Co. KGaA

Zeppelinstraße 26, 82205 Gilching
☎ +49 89 899 233-0 ☎ +49 89 899 233-11
E-Mail: info@pro-beam.com
Internet: www.pro-beam.com

PTR Strahltechnik GmbH

Am Erlenbruch 9, D-63505 Langensfeld
☎ +49 61 84 20 55-0 ☎ +49 61 84 20 55-300
E-Mail: zentrale@ptr-ebeam.com
Internet: www.ptr-ebeam.com

Steigerwald Strahltechnik GmbH

Emmy-Noether-Straße 2, D-82216 Maisach
☎ +49 81 41 35 35-0 ☎ +49 81 41 35 35-215
E-Mail: info@sst-ebeam.com
Internet: www.sst-ebeam.com

▼ Engspaltschweißen 80

Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger
☎ +49 27 73 85-0 ☎ +49 27 73 85-275
E-Mail: info@cloos.de
Internet: www.cloos.de

▼ Fülldrahtschweißen 100

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

EWM AG

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn
☎ +49 6655 91694-0 ☎ +49 6655 91694-30
E-Mail: sales.germany@fronius.com
Internet: www.fronius.de

Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

▼ Laserstrahlschweißen 180

Bergmann & Steffen GmbH

Raiffeisenstraße 176, D-32139 Spenge
☎ +49 5225 8786-0 ☎ +49 5225 8786-27
E-Mail: info@bergmann-steffen.de
Internet: www.bergmann-steffen.de

Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger
☎ +49 27 73 85-0 ☎ +49 27 73 85-275
E-Mail: info@cloos.de
Internet: www.cloos.de

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

Evobeam GmbH

Am Hofgut 5, D-55268 Nieder-Olm
☎ +49 6136 9229-210 ☎ +49 6136 9229-212
E-Mail: info@evobeam.com
Internet: www.evobeam.com

KUKA Systems GmbH

Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg
☎ +49 821 797-0 ☎ +49 821 797-1991
E-Mail: info@kuka.de
Internet: www.kuka-systems.com

OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach
☎ +49 2161 69497-60 ☎ +49 2161 69497-61
E-Mail: info@otc-daihen.de
Internet: www.otc-daihen.de

Panasonic Automotive & Industrial Systems Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss
☎ +49 2131 60899-0 ☎ +49 2131 60899-200
E-Mail: robots@eu.panasonic.com
Internet: www.panasonicrobotics.eu

pro-beam AG & Co. KGaA

Zeppelinstraße 26, 82205 Gilching
☎ +49 89 899 233-0 ☎ +49 89 899 233-11
E-Mail: info@pro-beam.com
Internet: www.pro-beam.com

▼ Lichtbogenhandschweißen 190

EWM AG

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn
☎ +49 6655 91694-0 ☎ +49 6655 91694-30
E-Mail: sales.germany@fronius.com
Internet: www.fronius.de

JÄCKLE & ESS System GmbH

Riedweg 4 + 9, D-88339 Bad Waldsee
☎ +49 7524 9700-0 ☎ +49 7524 9700-30
E-Mail: sales@jaeckleess.com
Internet: www.jaekleess.com

Lorch Schweißtechnik GmbH

Im Anwänder 24-26, D-71549 Auenwald
Postfach: 11 60, D-71547 Auenwald
☎ +49 71 91 50-30 ☎ +49 71 91 50-31 99
E-Mail: info@lorch.eu
Internet: www.lorch.eu

MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH

Industriestraße 3, D-89359 Kitz
☎ +49 82 21 915-0 ☎ +49 82 21 915-40
E-Mail: info@merkle.de
Internet: www.merkle.de

Migatronic Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wittenberg
☎ +49 641 98 284-0 ☎ +49 641 98 284-50
E-Mail: info@migatronic.de
Internet: www.migatronic.de

OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach
☎ +49 2161 69497-60 ☎ +49 2161 69497-61
E-Mail: info@otc-daihen.de
Internet: www.otc-daihen.de

SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern
☎ +49 6301 7986-0 ☎ +49 6301 7986-119
E-Mail: info@de.sks-welding.com
Internet: www.sks-welding.com

▼ Lichtbogenimpulsschweißen 200

aixcon Elektrotechnik GmbH

Steinfurt 26, D-52222 Stolberg
☎ +49 2402 1221-0 ☎ +49 2402 1221-22
E-Mail: info@aixcon.de
Internet: www.aixcon.de

EWM AG

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn
☎ +49 6655 91694-0 ☎ +49 6655 91694-30
E-Mail: sales.germany@fronius.com
Internet: www.fronius.de

JÄCKLE & ESS System GmbH

Riedweg 4 + 9, D-88339 Bad Waldsee
☎ +49 7524 9700-0 ☎ +49 7524 9700-30
E-Mail: sales@jaeckleess.com
Internet: www.jaekleess.com

Lorch Schweißtechnik GmbH

Im Anwänder 24-26, D-71549 Auenwald
Postfach: 11 60, D-71547 Auenwald
☎ +49 71 91 50-30 ☎ +49 71 91 50-31 99
E-Mail: info@lorch.eu
Internet: www.lorch.eu

MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH

Industriestraße 3, D-89359 Kitz
☎ +49 82 21 915-0 ☎ +49 82 21 915-40
E-Mail: info@merkle.de
Internet: www.merkle.de

Migatronic Schweißmaschinen GmbH

Sandusweg 12, 35435 Wittenberg
☎ +49 641 98 284-0 ☎ +49 641 98 284-50
E-Mail: info@migatronic.de
Internet: www.migatronic.de

Orbitalum Tools GmbH

Josef-Schüttler-Straße 17, D-78224 Singen
☎ +49 7731 792-0 ☎ +49 7731 792-500
E-Mail: tools@orbitalum.com
Internet: www.orbitalum.com

OTC DAIHEN EUROPE GmbH

Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach
☎ +49 2161 69497-60 ☎ +49 2161 69497-61
E-Mail: info@otc-daihen.de
Internet: www.otc-daihen.de

Panasonic Automotive & Industrial Systems Europe GmbH

Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss
☎ +49 2131 60899-0 ☎ +49 2131 60899-200
E-Mail: robots@eu.panasonic.com
Internet: www.panasonicrobotics.eu

SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern
☎ +49 6301 7986-0 ☎ +49 6301 7986-119
E-Mail: info@de.sks-welding.com
Internet: www.sks-welding.com

Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

▼ Mehrdrahtschweißen 240

Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn
☎ +49 6655 91694-0 ☎ +49 6655 91694-30
E-Mail: sales.germany@fronius.com
Internet: www.fronius.de

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

▼ MIG-/MAG-Schweißen	250	▼ Plasma/WIG-Schweißen	270
Bergmann & Steffen GmbH Raiffeisenstraße 176, D-32139 Spenge ☎ +49 5225 8786-0 ㉿ +49 5225 8786-27 E-Mail: info@bergmann-steffen.de Internet: www.bergmann-steffen.de		aixcon Elektrotechnik GmbH Steinfurt 26, D-52222 Stolberg ☎ +49 2402 1221-0 ㉿ +49 2402 1221-22 E-Mail: info@aixcon.de Internet: www.aixcon.de	
Carl Cloos Schweißtechnik GmbH Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger ☎ +49 27 73 85-0 ㉿ +49 27 73 85-275 E-Mail: info@cloos.de Internet: www.cloos.de		Fronius Deutschland GmbH Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn ☎ +49 6655 91694-0 ㉿ +49 6655 91694-30 E-Mail: sales.germany@fronius.com Internet: www.fronius.de	
EWM AG Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach ☎ +49 2680 181-0 ㉿ +49 2680 181-244 E-Mail: info@ewm-group.com Internet: www.ewm-group.com		igm Robotersysteme AG Industriezentrum Niederösterreich Süd, Straße 2, A-2355 Wiener Neudorf ☎ +43 22 36 6-706 ㉿ +43 22 36 6-1576 E-Mail: office@igm-group.com Internet: www.igm.at	
Fronius Deutschland GmbH Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn ☎ +49 6655 91694-0 ㉿ +49 6655 91694-30 E-Mail: sales.germany@fronius.com Internet: www.fronius.de		MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH Industriestraße 3, D-89359 Kötz ☎ +49 82 21 915-0 ㉿ +49 82 21 915-40 E-Mail: info@merkle.de Internet: www.merkle.de	
igm Robotersysteme AG Industriezentrum Niederösterreich Süd, Straße 2, A-2355 Wiener Neudorf ☎ +43 22 36 6-706 ㉿ +43 22 36 6-1576 E-Mail: office@igm-group.com Internet: www.igm.at		Migatronic Schweißmaschinen GmbH Sandusweg 12, 35435 Wettenberg ☎ +49 641 98 284-0 ㉿ +49 641 98 284-50 E-Mail: info@migatronic.de Internet: www.migatronic.de	
JÄCKLE & ESS System GmbH Riedweg 4 + 9, D-88339 Bad Waldsee ☎ +49 7524 9700-0 ㉿ +49 7524 9700-30 E-Mail: sales@jaeckleess.com Internet: www.jaekleess.com		OTC DAIHEN EUROPE GmbH Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach ☎ +49 2161 69497-60 ㉿ +49 2161 69497-61 E-Mail: info@otc-daihen.de Internet: www.otc-daihen.de	
KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 ㉿ +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com		Panasonic Automotive & Industrial Systems Europe GmbH Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss ☎ +49 2131 60899-0 ㉿ +49 2131 60899-200 E-Mail: robots@eu.panasonic.com Internet: www.panasonicrobotics.eu	
Lorch Schweißtechnik GmbH Im Anwänder 24-26, D-71549 Auenwald Postfach: 11 60, D-71547 Auenwald ☎ +49 71 91 50-30 ㉿ +49 71 91 50-31 99 E-Mail: info@lorch.eu Internet: www.lorch.eu		SBI Produktion technischer Anlagen GmbH & Co. KG Kaplanstraße 12, A-2020 Hollabrunn ☎ +43 2952 34 139-0 ㉿ +43 2952 34 139-10 E-Mail: office@sbi.at Internet: www.sbi.at	
MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH Industriestraße 3, D-89359 Kötz ☎ +49 82 21 915-0 ㉿ +49 82 21 915-40 E-Mail: info@merkle.de Internet: www.merkle.de		SKS Welding Systems GmbH Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern ☎ +49 6301 7986-0 ㉿ +49 6301 7986-119 E-Mail: info@de.sks-welding.com Internet: www.sks-welding.com	
Migatronic Schweißmaschinen GmbH Sandusweg 12, 35435 Wettenberg ☎ +49 641 98 284-0 ㉿ +49 641 98 284-50 E-Mail: info@migatronic.de Internet: www.migatronic.de		▼ Plasmaschweißen	280
OTC DAIHEN EUROPE GmbH Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach ☎ +49 2161 69497-60 ㉿ +49 2161 69497-61 E-Mail: info@otc-daihen.de Internet: www.otc-daihen.de		aixcon Elektrotechnik GmbH Steinfurt 26, D-52222 Stolberg ☎ +49 2402 1221-0 ㉿ +49 2402 1221-22 E-Mail: info@aixcon.de Internet: www.aixcon.de	
Panasonic Automotive & Industrial Systems Europe GmbH Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss ☎ +49 2131 60899-0 ㉿ +49 2131 60899-200 E-Mail: robots@eu.panasonic.com Internet: www.panasonicrobotics.eu		Bergmann & Steffen GmbH Raiffeisenstraße 176, D-32139 Spenge ☎ +49 5225 8786-0 ㉿ +49 5225 8786-27 E-Mail: info@bergmann-steffen.de Internet: www.bergmann-steffen.de	
REHM GmbH u. Co. KG Schweißtechnik Ottostraße 2, D-73066 UHINGEN ☎ +49 71 61 30 07-0 ㉿ +49 71 61 30 07-20 E-Mail: rehm@rehm-online.de Internet: www.rehm-online.de		Carl Cloos Schweißtechnik GmbH Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger ☎ +49 27 73 85-0 ㉿ +49 27 73 85-275 E-Mail: info@cloos.de Internet: www.cloos.de	
SKS Welding Systems GmbH Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern ☎ +49 6301 7986-0 ㉿ +49 6301 7986-119 E-Mail: info@de.sks-welding.com Internet: www.sks-welding.com		Deloro Wear Solutions GmbH Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz ☎ +49 261 8088-0 ㉿ +49 261 8088-23 E-Mail: info@deloro.com Internet: www.deloro.com	
TECHNOLIT GmbH Industriest. 8, 36137 Großlütder ☎ +49 66 48 69 - 0 ㉿ +49 66 48 69 - 569 E-Mail: info@technolit.de Internet: www.technolit.de		DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich ☎ +49 21 54 48 37-0 ㉿ +49 21 54 48 37-78 E-Mail: info@durum.de Internet: www.durmat.com	
Valk Welding B.V. Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam ☎ +31 78 691-7011 ㉿ +31 78 691-9515 E-Mail: info@valkwelding.com Internet: www.valkwelding.com		EWM AG Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach ☎ +49 2680 181-0 ㉿ +49 2680 181-244 E-Mail: info@ewm-group.com Internet: www.ewm-group.com	
		KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 ㉿ +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	
		MIG-O-MAT Mikrofügetechnik GmbH Werksstraße 20, D-57299 Burbach ☎ +49 27 36 41 54-0 ㉿ +49 27 36 41 54-99 E-Mail: info@mig-o-mat.com Internet: www.mig-o-mat.com	
		Migatronic Schweißmaschinen GmbH Sandusweg 12, 35435 Wettenberg ☎ +49 641 98 284-0 ㉿ +49 641 98 284-50 E-Mail: info@migatronic.de Internet: www.migatronic.de	
		SBI Produktion technischer Anlagen GmbH & Co. KG Kaplanstraße 12, A-2020 Hollabrunn ☎ +43 2952 34 139-0 ㉿ +43 2952 34 139-10 E-Mail: office@sbi.at Internet: www.sbi.at	
		▼ Rollenahtschweißen	300
		KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 ㉿ +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	
		▼ Schweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen	350
		KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 ㉿ +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	
		▼ TANDEM-Schweißen	360
		Carl Cloos Schweißtechnik GmbH Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger ☎ +49 27 73 85-0 ㉿ +49 27 73 85-275 E-Mail: info@cloos.de Internet: www.cloos.de	
		Fronius Deutschland GmbH Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn ☎ +49 6655 91694-0 ㉿ +49 6655 91694-30 E-Mail: sales.germany@fronius.com Internet: www.fronius.de	
		igm Robotersysteme AG Industriezentrum Niederösterreich Süd, Straße 2, A-2355 Wiener Neudorf ☎ +43 22 36 6-706 ㉿ +43 22 36 6-1576 E-Mail: office@igm-group.com Internet: www.igm.at	
		KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 ㉿ +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	
		Panasonic Automotive & Industrial Systems Europe GmbH Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss ☎ +49 2131 60899-0 ㉿ +49 2131 60899-200 E-Mail: robots@eu.panasonic.com Internet: www.panasonicrobotics.eu	
		▼ UP-Schweißen	390
		KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 ㉿ +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	
		REDROCK Deutschland GmbH Krayen Straße 55, D-56626 Andernach ☎ +49 2632 945 576-0 ㉿ +49 2632 945 576-5 E-Mail: info@redrockautomation.de Internet: www.redrockautomation.de	
		▼ Widerstandspunktschweißen	410
		Bergmann & Steffen GmbH Raiffeisenstraße 176, D-32139 Spenge ☎ +49 5225 8786-0 ㉿ +49 5225 8786-27 E-Mail: info@bergmann-steffen.de Internet: www.bergmann-steffen.de	
		KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 ㉿ +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

▼ WIG-Schweißen	420
aixcon Elektrotechnik GmbH Steinfurt 26, D-52222 Stolberg ☎ +49 2402 1221-0 📠 +49 2402 1221-22 E-Mail: info@aixcon.de Internet: www.aixcon.de	
Carl Cloos Schweißtechnik GmbH Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger ☎ +49 27 73 85-0 📠 +49 27 73 85-275 E-Mail: info@cloos.de Internet: www.cloos.de	
EWM AG Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach ☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244 E-Mail: info@ewm-group.com Internet: www.ewm-group.com	
Fronius Deutschland GmbH Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn ☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30 E-Mail: sales.germany@fronius.com Internet: www.fronius.de	
Inelco Grinders A/S Industrivej 3, DNK-9690 Fjerritslev ☎ +45 9650 62-33 📠 +45 9650 62-32 E-Mail: info@inelco-grinders.com Internet: www.inelco-grinders.com	
JÄCKLE & ESS System GmbH Riedweg 4 + 9, D-88339 Bad Waldsee ☎ +49 7524 9700-0 📠 +49 7524 9700-30 E-Mail: sales@jaeckleess.com Internet: www.jaekleess.com	
KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 📠 +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	
Lorch Schweißtechnik GmbH Im Anwänder 24-26, D-71549 Auenwald Postfach: 11 60, D-71547 Auenwald ☎ +49 71 91 50-30 📠 +49 71 91 50-31 99 E-Mail: info@lorch.eu Internet: www.lorch.eu	
MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH Industriestraße 3, D-89359 Kötz ☎ +49 82 21 915-0 📠 +49 82 21 915-40 E-Mail: info@merkle.de Internet: www.merkle.de	
Migatronic Schweißmaschinen GmbH Sandusweg 12, 35435 Wettenberg ☎ +49 641 98 284-0 📠 +49 641 98 284-50 E-Mail: info@migatronic.de Internet: www.migatronic.de	
Orbitalum Tools GmbH Josef-Schüttler-Straße 17, D-78224 Singen ☎ +49 7731 792-0 📠 +49 7731 792-500 E-Mail: tools@orbitalum.com Internet: www.orbitalum.com	
OTC DAIHEN EUROPE GmbH Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach ☎ +49 2161 69497-60 📠 +49 2161 69497-61 E-Mail: info@otc-daihen.de Internet: www.otc-daihen.de	
REHM GmbH u. Co. KG Schweißtechnik Ottostraße 2, D-73066 Uhingen ☎ +49 71 61 30 07-0 📠 +49 71 61 30 07-20 E-Mail: rehm@rehm-online.de Internet: www.rehm-online.de	
Valk Welding B.V. Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam ☎ +31 78 691-7011 📠 +31 78 691-9515 E-Mail: info@valkwelding.com Internet: www.valkwelding.com	
2 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Auftragschweißen und Plattieren	
▼ Laserstrahlauftragschweißen	450
KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 📠 +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	

SBI Produktion technischer Anlagen GmbH & Co. KG Kaplanstraße 12, A-2020 Hollabrunn ☎ +43 2952 34 139-0 📠 +43 2952 34 139-10 E-Mail: office@sbi.at Internet: www.sbi.at	
STM Schweißtechnik Magdeburg GmbH (Der SchweißBerladen) Werner-von-Siemens-Ring 20, 39116 Magdeburg ☎ +49 391 538 544-0 📠 +49 391 538 544-44 E-Mail: info@stmgbh.de Internet: www.derschweisserladen.de	
▼ Plasmaauftragschweißen	460
Deloro Wear Solutions GmbH Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz ☎ +49 261 8088-0 📠 +49 261 8088-23 E-Mail: info@deloro.com Internet: www.deloro.com	
▼ Schutzgasauftragschweißen	490
EWM AG Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach ☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244 E-Mail: info@ewm-group.com Internet: www.ewm-group.com	
Fronius Deutschland GmbH Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn ☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30 E-Mail: sales.germany@fronius.com Internet: www.fronius.de	
KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 📠 +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	
Lorch Schweißtechnik GmbH Im Anwänder 24-26, D-71549 Auenwald Postfach: 11 60, D-71547 Auenwald ☎ +49 71 91 50-30 📠 +49 71 91 50-31 99 E-Mail: info@lorch.eu Internet: www.lorch.eu	
Orbitalum Tools GmbH Josef-Schüttler-Straße 17, D-78224 Singen ☎ +49 7731 792-0 📠 +49 7731 792-500 E-Mail: tools@orbitalum.com Internet: www.orbitalum.com	
Panasonic Automotive & Industrial Systems Europe GmbH Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss ☎ +49 2131 60899-0 📠 +49 2131 60899-200 E-Mail: robots@eu.panasonic.com Internet: www.panasonicrobotics.eu	
Lothar Spahn Konstruktionsbüro Zum Taubengarten 31, 63571 Gelnhausen ☎ +49 6051 883236 📠 +49 6051 3512 E-Mail: lothar.w.spahn@t-online.de Internet: www.spahn-konstruktion.de	
Valk Welding B.V. Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam ☎ +31 78 691-7011 📠 +31 78 691-9515 E-Mail: info@valkwelding.com Internet: www.valkwelding.com	
Welding Alloys Deutschland GmbH Ostring 52, D-47669 Wachtendonk ☎ +49 2836 9119-0 📠 +49 2836 9119-18 E-Mail: info.germany@welding-alloys.com Internet: www.welding-alloys.com	
▼ UP-Auftragschweißen	500
Lothar Spahn Konstruktionsbüro Zum Taubengarten 31, 63571 Gelnhausen ☎ +49 6051 883236 📠 +49 6051 3512 E-Mail: lothar.w.spahn@t-online.de Internet: www.spahn-konstruktion.de	
Welding Alloys Deutschland GmbH Ostring 52, D-47669 Wachtendonk ☎ +49 2836 9119-0 📠 +49 2836 9119-18 E-Mail: info.germany@welding-alloys.com Internet: www.welding-alloys.com	

3 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Lötén	
▼ Laserstrahllöten	590
KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 📠 +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	
▼ Lichtbogenlöten	600
EWM AG Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach ☎ +49 2680 181-0 📠 +49 2680 181-244 E-Mail: info@ewm-group.com Internet: www.ewm-group.com	
Fronius Deutschland GmbH Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn ☎ +49 6655 91694-0 📠 +49 6655 91694-30 E-Mail: sales.germany@fronius.com Internet: www.fronius.de	
Migatronic Schweißmaschinen GmbH Sandusweg 12, 35435 Wettenberg ☎ +49 641 98 284-0 📠 +49 641 98 284-50 E-Mail: info@migatronic.de Internet: www.migatronic.de	
OTC DAIHEN EUROPE GmbH Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach ☎ +49 2161 69497-60 📠 +49 2161 69497-61 E-Mail: info@otc-daihen.de Internet: www.otc-daihen.de	
SKS Welding Systems GmbH Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern ☎ +49 6301 7986-0 📠 +49 6301 7986-119 E-Mail: info@de.sks-welding.com Internet: www.sks-welding.com	
▼ Widerstandslöten	720
aixcon Elektrotechnik GmbH Steinfurt 26, D-52222 Stolberg ☎ +49 2402 1221-0 📠 +49 2402 1221-22 E-Mail: info@aixcon.de Internet: www.aixcon.de	
4 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Schweißen von Kunststoffen	
▼ Reibschweißen	800
KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 📠 +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	
5 Anlagen, Ausrüstung und Verbindungselemente inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das kraft- und formschlüssige Fügen	
▼ Bördeln	850
KUKA Systems GmbH Blücherstraße 144, D-86165 Augsburg ☎ +49 821 797-0 📠 +49 821 797-1991 E-Mail: info@kuka.de Internet: www.kuka-systems.com	
▼ Verbindungselemente (Nieten, Hohnieten, Zapfennieten, Stanznieten, Blindnietmuttern, Bolzen, Schrauben)	1000
Köster & Co. GmbH Bolzenschweißtechnik Spreeler Weg 32, D-58256 Ennepetal ☎ +49 23 33 83 06-0 📠 +49 23 33 83 06-38 E-Mail: koeco@bolzenschweisstechnik.de Internet: www.bolzenschweisstechnik.de	
Heinz Soyer Bolzenschweißtechnik GmbH Inninger Straße 14, D-82237 Würthsee ☎ +49 81 53 885-0 📠 +49 81 53 885-221 E-Mail: export@soyer.de Internet: www.soyer.de	

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

6 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für spezielle Anwendungen

▼ Brennerreinigung, automatische Brennerreinigungssysteme 1010

Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn
☎ +49 6655 91694-0 ㉿ +49 6655 91694-30
E-Mail: sales.germany@fronius.com
Internet: www.fronius.de

J. Thielmann Gesellschaft für Automatisierungstechnik mbH

Auf der Stuecke 19, D-35708 Haiger
☎ +49 2773 71133 ㉿ +49 2773 2701
E-Mail: info@j-thielmann.de
Internet: www.j-thielmann.de

▼ Einrichtungen zum Beschicken, Einlegen, Bestücken oder Fördern (z.B. Mutternzuführgeräte u.a.) 1020

Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach
☎ +49 7564 948 95-0 ㉿ +49 7564 948 95-9
E-Mail: contact@dodek.de
Internet: www.dodek.de

▼ Fertigungsanlagen und -straßen 1030

aixcon Elektrotechnik GmbH

Steinfurt 26, D-52222 Stolberg
☎ +49 2402 1221-0 ㉿ +49 2402 1221-22
E-Mail: info@aixcon.de
Internet: www.aixcon.de

Carl Cloos Schweißtechnik GmbH

Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger
☎ +49 27 73 85-0 ㉿ +49 27 73 85-275
E-Mail: info@cloos.de
Internet: www.cloos.de

Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach
☎ +49 7564 948 95-0 ㉿ +49 7564 948 95-9
E-Mail: contact@dodek.de
Internet: www.dodek.de

pro-beam AG & Co. KGaA

Zeppelinstraße 26, 82205 Gilching
☎ +49 89 899 233-0 ㉿ +49 89 899 233-11
E-Mail: info@pro-beam.com
Internet: www.pro-beam.com

PTR Strahltechnik GmbH

Am Erlenbruch 9, D-63505 Langenselbold
☎ +49 61 84 20 55-0 ㉿ +49 61 84 20 55-300
E-Mail: zentrale@ptr-ebeam.com
Internet: www.ptr-ebeam.com

▼ Orbitalschweißanlagen 1040

aixcon Elektrotechnik GmbH

Steinfurt 26, D-52222 Stolberg
☎ +49 2402 1221-0 ㉿ +49 2402 1221-22
E-Mail: info@aixcon.de
Internet: www.aixcon.de

Fronius Deutschland GmbH

Fronius Straße 1, D-36119 Neuhoof-Dorfborn
☎ +49 6655 91694-0 ㉿ +49 6655 91694-30
E-Mail: sales.germany@fronius.com
Internet: www.fronius.de

Orbitalum Tools GmbH

Josef-Schüttler-Straße 17, D-78224 Singen
☎ +49 7731 792-0 ㉿ +49 7731 792-500
E-Mail: tools@orbitalum.com
Internet: www.orbitalum.com

7 Service und Dienstleistungen

▼ Vermietung von Schweißanlagen und Schweißausrüstung 1091

MSS Magdeburger Schweißtechnik GmbH

An der Sülze 6, D-39179 Barleben
☎ +49 392 03 75 19-3 ㉿ +49 392 03 75 19-40
E-Mail: info@mss-schweisstechnik.de
Internet: www.mss-schweisstechnik.de

REDROCK Deutschland GmbH

Krayer Straße 55, D-56626 Andernach
☎ +49 2632 945 576-0 ㉿ +49 2632 945 576-5
E-Mail: info@redrockautomation.de
Internet: www.redrockautomation.de

STM Schweißtechnik Magdeburg GmbH (Der Schweißerladen)

Werner-von-Siemens-Ring 20, 39116 Magdeburg
☎ +49 391 538 544-0 ㉿ +49 391 538 544-44
E-Mail: info@stmgmbh.de
Internet: www.derschweisserladen.de

▼ Vermietung von Schweißmanipulatoren 1092

REDROCK Deutschland GmbH

Krayer Straße 55, D-56626 Andernach
☎ +49 2632 945 576-0 ㉿ +49 2632 945 576-5
E-Mail: info@redrockautomation.de
Internet: www.redrockautomation.de

II Anlagen und Ausrüstung für die Wärmebehandlung und andere Fertigungsverfahren

2 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für andere Fertigungsverfahren

▼ Drehen, Fräsen, Hobeln 1240

PROTEM GmbH

Am Hambiegel 27, D-76706 Dettenheim-Liedolsheim
☎ +49 7247 9393-0
E-Mail: info@protem-gmbh.de
Internet: www.protem.fr/de

▼ Fugenformen und -vorbereiten (z. B. Anfasgeräte für Platten und Rohrenden) 1250

DWT GmbH

Uferstraße 10, D-45881 Gelsenkirchen
☎ +49 209 407 10 ㉿ +49 209 489 88
E-Mail: info@dwt-gmbh.de
Internet: www.dwt-gmbh.de

Orbitalum Tools GmbH

Josef-Schüttler-Straße 17, D-78224 Singen
☎ +49 7731 792-0 ㉿ +49 7731 792-500
E-Mail: tools@orbitalum.com
Internet: www.orbitalum.com

PROTEM GmbH

Am Hambiegel 27, D-76706 Dettenheim-Liedolsheim
☎ +49 7247 9393-0
E-Mail: info@protem-gmbh.de
Internet: www.protem.fr/de

▼ Sägen 1300

Orbitalum Tools GmbH

Josef-Schüttler-Straße 17, D-78224 Singen
☎ +49 7731 792-0 ㉿ +49 7731 792-500
E-Mail: tools@orbitalum.com
Internet: www.orbitalum.com

PROTEM GmbH

Am Hambiegel 27, D-76706 Dettenheim-Liedolsheim
☎ +49 7247 9393-0
E-Mail: info@protem-gmbh.de
Internet: www.protem.fr/de

▼ Schneiden (z.B. Blechscheren), Stanzen, Nibbeln 1330

Orbitalum Tools GmbH

Josef-Schüttler-Straße 17, D-78224 Singen
☎ +49 7731 792-0 ㉿ +49 7731 792-500
E-Mail: tools@orbitalum.com
Internet: www.orbitalum.com

3 Werkstatt- und Arbeitsplatzausrüstungen, Sicherheitseinrichtungen

▼ Anschlagmittel und Hebezeuge (Kransysteme, -gabeln, -traversen, Schwenkkrane, Lasthebemagnete, Elektrokettenzüge) 1380

DWT GmbH

Uferstraße 10, D-45881 Gelsenkirchen
☎ +49 209 407 10 ㉿ +49 209 489 88
E-Mail: info@dwt-gmbh.de
Internet: www.dwt-gmbh.de

▼ Arbeitstische (z.B. Schweiß- und Schneidstische) 1390

Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG

Alpenstraße 10, 87751 Heimerdingen
Postfach: 51, 87751 Heimerdingen
☎ +49 8335 9859-0 ㉿ +49 8335 9859-27
E-Mail: info@demmeler.com
Internet: www.demmeler.com

Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach
☎ +49 7564 948 95-0 ㉿ +49 7564 948 95-9
E-Mail: contact@dodek.de
Internet: www.dodek.de

Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld
☎ +49 5247 80-048 ㉿ +49 5247 80-952
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de
Internet: www.fuechtenkoetter.de

HPS Filtertechnische Anlagen GmbH

Angerstraße 7, 99625 Kölleda
☎ +49 3635 4762-0 ㉿ +49 3635 4762-47
E-Mail: kontakt@hps-filtertechnik.de
Internet: www.hps-filtertechnik.de

KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden
☎ +49 25 6468-0 ㉿ +49 25 6468-120
E-Mail: mail@kemper.de
Internet: www.kemper.de

PlymoVent GmbH

Rolandsecker Weg 30, 53619 Rheinbreitbach
☎ +49 22 24 91 99 3-0 ㉿ +49 22 24 91 99 3-30
E-Mail: info@plymovent.de
Internet: www.plymovent.de

Bernd Siegmund GmbH

Landsberger Straße 180, 86507 Oberottmarshausen
☎ +49 8203 9607-0 ㉿ +49 8203 9607-33
E-Mail: info@siegmund.com
Internet: www.siegmund.com

TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Industriestraße 13, D-46342 Velen
☎ +49 2863 9282-0 ㉿ +49 2863 9282-72
E-Mail: info@teka.eu
Internet: www.teka.eu

▼ Einrichtungen zur Wärmeerzeugung und -rückgewinnung 1400

Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach
☎ +49 7564 948 95-0 ㉿ +49 7564 948 95-9
E-Mail: contact@dodek.de
Internet: www.dodek.de

▼ Lötrauchfilter 1430

KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden
☎ +49 25 6468-0 ㉿ +49 25 6468-120
E-Mail: mail@kemper.de
Internet: www.kemper.de

PlymoVent GmbH

Rolandsecker Weg 30, 53619 Rheinbreitbach
☎ +49 22 24 91 99 3-0 ㉿ +49 22 24 91 99 3-30
E-Mail: info@plymovent.de
Internet: www.plymovent.de

TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Industriestraße 13, D-46342 Velen
☎ +49 2863 9282-0 ㉿ +49 2863 9282-72
E-Mail: info@teka.eu
Internet: www.teka.eu

▼ Örtliche Schweißrauchabsaugeinrichtungen (stationär, mobil) 1450

Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach
☎ +49 7564 948 95-0 ㉿ +49 7564 948 95-9
E-Mail: contact@dodek.de
Internet: www.dodek.de

Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld
☎ +49 5247 80-048 ㉿ +49 5247 80-952
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de
Internet: www.fuechtenkoetter.de

HPS Filtertechnische Anlagen GmbH

Angerstraße 7, 99625 Kölleda
☎ +49 3635 4762-0 ㉿ +49 3635 4762-47
E-Mail: kontakt@hps-filtertechnik.de
Internet: www.hps-filtertechnik.de

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden
☎ +49 25 6468-0 ㉿ +49 25 6468-120
E-Mail: mail@kemper.de
Internet: www.kemper.de

PlymoVent GmbH

Rolandsecker Weg 30, 53619 Rheinbreitbach
☎ +49 22 24 91 99 3-0 ㉿ +49 22 24 91 99 3-30
E-Mail: info@plymovent.de
Internet: www.plymovent.de

TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Industriestraße 13, D-46342 Velen
☎ +49 2863 9282-0 ㉿ +49 2863 9282-72
E-Mail: info@teka.eu
Internet: www.teka.eu

▼ Schalldämm-Materialien, Schallschutzgehäuse 1460

Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach
☎ +49 7564 948 95-0 ㉿ +49 7564 948 95-9
E-Mail: contact@dodek.de
Internet: www.dodek.de

Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld
☎ +49 5247 80-048 ㉿ +49 5247 80-952
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de
Internet: www.fuechtenkoetter.de

▼ Schweißer-Schutz-Kabinen 1480

Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld
☎ +49 5247 80-048 ㉿ +49 5247 80-952
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de
Internet: www.fuechtenkoetter.de

KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden
☎ +49 25 6468-0 ㉿ +49 25 6468-120
E-Mail: mail@kemper.de
Internet: www.kemper.de

TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Industriestraße 13, D-46342 Velen
☎ +49 2863 9282-0 ㉿ +49 2863 9282-72
E-Mail: info@teka.eu
Internet: www.teka.eu

▼ Schweißer-Schutz-Vorhänge 1490

KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden
☎ +49 25 6468-0 ㉿ +49 25 6468-120
E-Mail: mail@kemper.de
Internet: www.kemper.de

TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Industriestraße 13, D-46342 Velen
☎ +49 2863 9282-0 ㉿ +49 2863 9282-72
E-Mail: info@teka.eu
Internet: www.teka.eu

▼ Schweißer-Schutz-Wände 1500

KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden
☎ +49 25 6468-0 ㉿ +49 25 6468-120
E-Mail: mail@kemper.de
Internet: www.kemper.de

TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Industriestraße 13, D-46342 Velen
☎ +49 2863 9282-0 ㉿ +49 2863 9282-72
E-Mail: info@teka.eu
Internet: www.teka.eu

▼ Schweißrauchabsauganlagen und –filter 1510

Dodek GmbH & Co. KG

Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach
☎ +49 7564 948 95-0 ㉿ +49 7564 948 95-9
E-Mail: contact@dodek.de
Internet: www.dodek.de

Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld
☎ +49 5247 80-048 ㉿ +49 5247 80-952
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de
Internet: www.fuechtenkoetter.de

HPS Filtertechnische Anlagen GmbH

Angerstraße 7, 99625 Kölleda
☎ +49 3635 4762-0 ㉿ +49 3635 4762-47
E-Mail: kontakt@hps-filtertechnik.de
Internet: www.hps-filtertechnik.de

KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden
☎ +49 25 6468-0 ㉿ +49 25 6468-120
E-Mail: mail@kemper.de
Internet: www.kemper.de

PlymoVent GmbH

Rolandsecker Weg 30, 53619 Rheinbreitbach
☎ +49 22 24 91 99 3-0 ㉿ +49 22 24 91 99 3-30
E-Mail: info@plymovent.de
Internet: www.plymovent.de

TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Industriestraße 13, D-46342 Velen
☎ +49 2863 9282-0 ㉿ +49 2863 9282-72
E-Mail: info@teka.eu
Internet: www.teka.eu

▼ Sicherheitseinrichtungen gegen hochenergetische Strahlung (z. B. Röntgen-, Laserstrahlung) 1530

Füchtenkötter GmbH

Von-Liebig-Straße 26, D-33428 Marienfeld
☎ +49 5247 80-048 ㉿ +49 5247 80-952
E-Mail: info@fuechtenkoetter.de
Internet: www.fuechtenkoetter.de

▼ Stationäre Staubsauger für Industriebedarf 1540

HPS Filtertechnische Anlagen GmbH

Angerstraße 7, 99625 Kölleda
☎ +49 3635 4762-0 ㉿ +49 3635 4762-47
E-Mail: kontakt@hps-filtertechnik.de
Internet: www.hps-filtertechnik.de

▼ Technische Lüftung (z. B. Be- und Entlüftungssysteme) 1550

HPS Filtertechnische Anlagen GmbH

Angerstraße 7, 99625 Kölleda
☎ +49 3635 4762-0 ㉿ +49 3635 4762-47
E-Mail: kontakt@hps-filtertechnik.de
Internet: www.hps-filtertechnik.de

KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden
☎ +49 25 6468-0 ㉿ +49 25 6468-120
E-Mail: mail@kemper.de
Internet: www.kemper.de

4 Arbeits- und Gesundheitsschutz (persönliche Schutzausrüstung)

▼ Laserschutz 1650

TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Industriestraße 13, D-46342 Velen
☎ +49 2863 9282-0 ㉿ +49 2863 9282-72
E-Mail: info@teka.eu
Internet: www.teka.eu

▼ Schutzkleidung (Helme, Schürzen, Anzüge, Schuhe, Handschuhe) 1660

Weldas Europe B.V.

De Poort 77, 4411 PB Rilland, NIEDERLANDE
☎ +31 1135 511-55 ㉿ +31 1135 511-56
E-Mail: europe@weldas.com
Internet: www.weldaseurope.com

▼ Schweißerschutzschirme und -schilde, Augenschutzbrillen, Augenschutzfilter 1670

KEMPER GmbH

Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden
☎ +49 25 6468-0 ㉿ +49 25 6468-120
E-Mail: mail@kemper.de
Internet: www.kemper.de

Optrel AG

Industriestraße 2, CH-9630 Wattwil
☎ +41 71 9874-200 ㉿ +41 71 9874-299
Internet: www.optrel.com

5 Allgemeines Zubehör

▼ Drahtführungsspirale 1740

Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ㉿ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

▼ Drahtvorschubgeräte 1750

SKS Welding Systems GmbH

Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern
☎ +49 6301 7986-0 ㉿ +49 6301 7986-119
E-Mail: info@de.sks-welding.com
Internet: www.sks-welding.com

Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ㉿ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

▼ Dreh- und Drehkipptische, Hubtische 1760

Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG

Alpenstraße 10, 87751 Heimertingen
Postfach: 51, 87751 Heimertingen
☎ +49 8335 9859-0 ㉿ +49 8335 9859-27
E-Mail: info@demmeler.com
Internet: www.demmeler.com

MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH

Industriestraße 3, D-89359 Kötzing
☎ +49 82 21 915-0 ㉿ +49 82 21 915-40
E-Mail: info@merkle.de
Internet: www.merkle.de

REDROCK Deutschland GmbH

Krayer Straße 55, D-56626 Andernach
☎ +49 2632 945 576-0 ㉿ +49 2632 945 576-5
E-Mail: info@redrockautomation.de
Internet: www.redrockautomation.de

▼ Montagesysteme, Vorrichtungen zum Zusammenbau und Positionieren (Spannvorrichtungen, Rollenböcke, Zentriervorrichtungen) 1910

Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG

Alpenstraße 10, 87751 Heimertingen
Postfach: 51, 87751 Heimertingen
☎ +49 8335 9859-0 ㉿ +49 8335 9859-27
E-Mail: info@demmeler.com
Internet: www.demmeler.com

DWT GmbH

Uferstraße 10, D-45881 Gelsenkirchen
☎ +49 209 407 10 ㉿ +49 209 489 88
E-Mail: info@dwt-gmbh.de
Internet: www.dwt-gmbh.de

REDROCK Deutschland GmbH

Krayer Straße 55, D-56626 Andernach
☎ +49 2632 945 576-0 ㉿ +49 2632 945 576-5
E-Mail: info@redrockautomation.de
Internet: www.redrockautomation.de

Bernd Siegmund GmbH

Landsberger Straße 180, 86507 Oberottmarshausen
☎ +49 8203 9607-0 ㉿ +49 8203 9607-33
E-Mail: info@siegmund.com
Internet: www.siegmund.com

▼ Schläuche, Schlauchkupplungen, Schlauchanschlüsse, Schlauchpakete 1960

Dipl.-Ing. K. Weinhold GmbH & Co. KG

Kreitzweg 8 + 43, D-41472 Neuss
☎ +49 2131 98 13 0 ㉿ +49 2131 85 66 6
E-Mail: info@armaturen-weinhold.de
Internet: www.armaturen-weinhold.de

▼ Schweißstromleiter und –verbinder 2020

P. Druseidt Elektrotechnische

Spezialfabrik GmbH & Co. KG
Neuenkamper Straße 105, D-42855 Remscheid
☎ +49 2191 9352-0 ㉿ +49 2191 9352-150
E-Mail: info@druseidt.de
Internet: www.druseidt.de

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

▼ Sekundärkabel für das Widerstandspressschweißen 2030

P. Druseidt Elektrotechnische Spezialfabrik GmbH & Co. KG
Neuenkamper Straße 105, D-42855 Remscheid
☎ +49 2191 9352-0 ㉿ +49 2191 9352-150
E-Mail: info@druseidt.de
Internet: www.druseidt.de

▼ Spanntechnik, Spannelemente 2040

Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG
Alpenstraße 10, 87751 Heimerdingen
Postfach: 51, 87751 Heimerdingen
☎ +49 8335 9859-0 ㉿ +49 8335 9859-27
E-Mail: info@demmeler.com
Internet: www.demmeler.com

Bernd Siegmund GmbH
Landsberger Straße 180, 86507 Oberottmarshausen
☎ +49 8203 9607-0 ㉿ +49 8203 9607-33
E-Mail: info@siegmund.com
Internet: www.siegmund.com

▼ Trockenschränke (Elektroden und Pulver), -köcher und -öfen 2060

DWT GmbH
Uferstraße 10, D-45881 Gelsenkirchen
☎ +49 209 407 10 ㉿ +49 209 489 88
E-Mail: info@dwt-gmbh.de
Internet: www.dwt-gmbh.de

Kueppers Solutions GmbH
Uechtingstraße 19, Gebäude D9, 45881 Gelsenkirchen
☎ +49 209 361 722-0 ㉿ +49 209 361 722-180
E-Mail: info@kueppers-solutions.de
Internet: www.kueppers-solutions.de

▼ Werkzeuge für die Schweißnahtvorbereitung: Entgrat- u. Kantenfräsmaschine 2090

DWT GmbH
Uferstraße 10, D-45881 Gelsenkirchen
☎ +49 209 407 10 ㉿ +49 209 489 88
E-Mail: info@dwt-gmbh.de
Internet: www.dwt-gmbh.de

Orbitalum Tools GmbH
Josef-Schüttler-Straße 17, D-78224 Singen
☎ +49 7731 792-0 ㉿ +49 7731 792-500
E-Mail: tools@orbitalum.com
Internet: www.orbitalum.com

7 Zusatzwerkstoffe zum Schweißen und Beschichten bestimmter Werkstoffe (unterteilt nach Werkstoffgruppen)

▼ Schweißzusätze für hochlegierte Stähle 2160

EWM AG
Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ㉿ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

Hyundai Welding GmbH
Bahnhof Weidenau 6, 57076 Siegen
☎ +49 271 7701759-0 ㉿ +49 271 7701759-2
E-Mail: hendrik@hyundaiwelding.com
Internet: www.hyundaiwelding.com

Valk Welding B.V.
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ㉿ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

Welding Alloys Deutschland GmbH
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ㉿ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

▼ Schweißzusätze für hochlegierten Stahlguss 2170

Welding Alloys Deutschland GmbH
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ㉿ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

▼ Schweißzusätze für Kunststoffe 2180

Welding Alloys Deutschland GmbH
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ㉿ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

▼ Schweißzusätze für NE-Metalle und –Legierungen 2190

Valk Welding B.V.
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ㉿ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

Welding Alloys Deutschland GmbH
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ㉿ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

▼ Schweißzusätze für unlegierte und niedriglegierte Stähle 2200

Bavaria Schweißtechnik GmbH
Wiesenweg 23, D-85716 Unterschleißheim
(+49 89 3171 035
E-Mail: bavaria@subarcflux.com
Internet: www.subarcflux.com

EWM AG
Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ㉿ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

Hyundai Welding GmbH
Bahnhof Weidenau 6, 57076 Siegen
☎ +49 271 7701759-0 ㉿ +49 271 7701759-2
E-Mail: hendrik@hyundaiwelding.com
Internet: www.hyundaiwelding.com

Valk Welding B.V.
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ㉿ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

Welding Alloys Deutschland GmbH
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ㉿ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

Westfälische Drahtindustrie GmbH
Wilhelmstraße 7, 59067 Hamm
☎ +49 2381 276-438 ㉿ +49 2381 276-232
E-Mail: schweissdraht@wdi.de

▼ Schweißzusätze für unlegierten und niedriglegierten Stahlguss 2210

Welding Alloys Deutschland GmbH
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ㉿ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

▼ Schweißzusätze für verschleißfeste und korrosionsbeständige Auftragungen 2220

Deloro Wear Solutions GmbH
Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz
☎ +49 261 8088-0 ㉿ +49 261 8088-23
E-Mail: info@deloro.com
Internet: www.deloro.com

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH
Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ㉿ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

EWM AG
Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ㉿ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

Valk Welding B.V.
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ㉿ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

VAUTID GmbH

Pioneering Wear Protection
Brunnwiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern
☎ +49 711 4404-0 ㉿ +49 711 4420-39
E-Mail: vautid@vautid.de
Internet: www.vautid.com

Welding Alloys Deutschland GmbH
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ㉿ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

8 Zusatzwerkstoffe zum Schweißen, Schneiden und Beschichten (unterteilt nach der Form der Zusatzwerkstoffe)

▼ Drähte, Bänder und Platten für das UP- und ES-Schweißen 2250

Bavaria Schweißtechnik GmbH
Wiesenweg 23, D-85716 Unterschleißheim
(+49 89 3171 035
E-Mail: bavaria@subarcflux.com
Internet: www.subarcflux.com

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH
Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ㉿ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

VAUTID GmbH
Pioneering Wear Protection
Brunnwiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern
☎ +49 711 4404-0 ㉿ +49 711 4420-39
E-Mail: vautid@vautid.de
Internet: www.vautid.com

▼ Drahtelektroden für das Metall-Schutzgasschweißen 2270

Deloro Wear Solutions GmbH
Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz
☎ +49 261 8088-0 ㉿ +49 261 8088-23
E-Mail: info@deloro.com
Internet: www.deloro.com

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH
Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ㉿ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

EWM AG
Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ㉿ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

ITW Welding GmbH
Spechtal 1a, D-67317 Altleiningen
☎ +49 63 56 966-0 ㉿ +49 63 56 966-114
E-Mail: info@megafil.com
Internet: www.drahtzug.com

TECHNOLIT GmbH
Industriestr. 8, 36137 Großenluder
☎ +49 66 48 69 - 0 ㉿ +49 66 48 69 - 569
E-Mail: info@technolit.de
Internet: www.technolit.de

Valk Welding B.V.
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ㉿ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

VAUTID GmbH
Pioneering Wear Protection
Brunnwiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern
☎ +49 711 4404-0 ㉿ +49 711 4420-39
E-Mail: vautid@vautid.de
Internet: www.vautid.com

Westfälische Drahtindustrie GmbH
Wilhelmstraße 7, 59067 Hamm
☎ +49 2381 276-438 ㉿ +49 2381 276-232
E-Mail: schweissdraht@wdi.de

▼ Fülldrähte, Füllbänder 2280

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH
Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ㉿ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

EWM AG

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ͡ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

Hyundai Welding GmbH

Bahnhof Weidenau 6, 57076 Siegen
☎ +49 271 7701759-0 ͡ +49 271 7701759-2
E-Mail: hendrik@hyundaiwelding.com
Internet: www.hyundaiwelding.com

ITW Welding GmbH

Spechtal 1a, D-67317 Altleiningen
☎ +49 63 56 966-0 ͡ +49 63 56 966-114
E-Mail: info@megafil.com
Internet: www.drahtzug.com

VAUTID GmbH

Pioneering Wear Protection
Brunnwiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern
☎ +49 711 4404-0 ͡ +49 711 4420-39
E-Mail: vautid@vautid.de
Internet: www.vautid.com

Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ͡ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

▼ Rohrstelektroden 2290

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ͡ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

▼ Schweißpulver 2300

Bavaria Schweißtechnik GmbH

Wiesenweg 23, D-85716 Unterschleißheim
(+49 89 3171 035
E-Mail: bavaria@subarcflux.com
Internet: www.subarcflux.com

Deloro Wear Solutions GmbH

Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz
☎ +49 261 8088-0 ͡ +49 261 8088-23
E-Mail: info@deloro.com
Internet: www.deloro.com

▼ Schweißstäbe zum Gasschweißen 2310

Westfälische Drahtindustrie GmbH

Wilhelmstraße 7, 59067 Hamm
☎ +49 2381 276-438 ͡ +49 2381 276-232
E-Mail: schweissdraht@wdi.de

▼ Schweißstäbe zum WIG-Schweißen 2320

EWM AG

Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ͡ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

Valk Welding B.V.

Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ͡ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

▼ Umhüllte Stabelektroden (für das Lichtbogenhandschweißen) 2360

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ͡ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

▼ Zusatzwerkstoffe zum Laserstrahlschweißen 2370

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ͡ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

9 Zusatzwerkstoffe zum Thermischen Spritzen (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)

▼ Karbid-Spritzpulver 2380

Deloro Wear Solutions GmbH

Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz
☎ +49 261 8088-0 ͡ +49 261 8088-23
E-Mail: info@deloro.com
Internet: www.deloro.com

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ͡ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

▼ Metallspritzpulver und –drähte 2400

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ͡ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

Welding Alloys Deutschland GmbH

Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ͡ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

▼ Spritzpulver-Gemische 2410

Deloro Wear Solutions GmbH

Zur Bergpflege 51-53, D-56070 Koblenz
☎ +49 261 8088-0 ͡ +49 261 8088-23
E-Mail: info@deloro.com
Internet: www.deloro.com

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ͡ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

10 Zusatzwerkstoffe zum Thermischen Spritzen (unterteilt nach Verfahren und Art des Spritzzusatzes)

▼ Zusatzwerkstoffe zum Flammsspritzen (Drähte, Stäbe, Pulver) 2440

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ͡ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

▼ Zusatzwerkstoffe zum Lichtbogenspritzen (Drähte) 2450

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ͡ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

Westfälische Drahtindustrie GmbH

Wilhelmstraße 7, 59067 Hamm
☎ +49 2381 276-438 ͡ +49 2381 276-232
E-Mail: schweissdraht@wdi.de

▼ Zusatzwerkstoffe zum Plasmaspritzen (Pulver) 2460

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ͡ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

▼ Zusatzwerkstoffe zum Schmelzbadspritzen 2470

DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH

Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich
☎ +49 21 54 48 37-0 ͡ +49 21 54 48 37-78
E-Mail: info@durum.de
Internet: www.durmat.com

11 Weichlote (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)

▼ Blei-Zinn-Weichlote 2510

Johnson Matthey & Brandenberger AG

Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ͡ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

▼ Zinn-Blei-Weichlote (Lötzinn) ohne und mit Cu-, Ag-, P-Zusätzen 2530

Johnson Matthey & Brandenberger AG

Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ͡ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

▼ Bleifreie Weichlote 2540

Johnson Matthey & Brandenberger AG

Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ͡ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

▼ Sonstige Weichlote 2550

PFARR Stanztechnik GmbH

Am kleinen Sand 1, D-36419 Buttlar
☎ +49 36967 747-0 ͡ +49 36967 747-47
E-Mail: info@pfarr.de
Internet: www.pfarr.de

12 Hartlote (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)

▼ Aluminium-Hartlote 2560

H.P. Wirth GmbH

Weberstraße 46, D-75239 Eisingen
☎ +49 7232 809 78-0 ͡ +49 7232 809 78-15
E-Mail: info@hpwirth.com
Internet: www.hpwirth.com

▼ Goldhaltige Hartlote 2570

Johnson Matthey & Brandenberger AG

Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ͡ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

▼ Kupfer/Messing-Hartlote 2580

INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik

Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen
☎ +49 711 3154 76-0 ͡ +49 711 3154 76-29
E-Mail: info@innobraz.de
Internet: www.innobraz.de

Johnson Matthey & Brandenberger AG

Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ͡ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

H.P. Wirth GmbH

Weberstraße 46, D-75239 Eisingen
☎ +49 7232 809 78-0 ͡ +49 7232 809 78-15
E-Mail: info@hpwirth.com
Internet: www.hpwirth.com

▼ Nickelbasis-Hartlote 2590

INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik

Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen
☎ +49 711 3154 76-0 ͡ +49 711 3154 76-29
E-Mail: info@innobraz.de
Internet: www.innobraz.de

Johnson Matthey & Brandenberger AG

Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ͡ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

▼ Palladiumhaltige Hartlote 2600

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

PFARR Stanztechnik GmbH
Am kleinen Sand 1, D-36419 Buttlar
☎ +49 36967 747-0 ㉿ +49 36967 747-47
E-Mail: info@pfarr.de
Internet: www.pfarr.de

▼ Phosphorhaltige Hartlote 2610

INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen
☎ +49 711 3154 76-0 ㉿ +49 711 3154 76-29
E-Mail: info@innobraz.de
Internet: www.innobraz.de

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

H.P. Wirth GmbH
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen
☎ +49 7232 809 78-0 ㉿ +49 7232 809 78-15
E-Mail: info@hpwirth.com
Internet: www.hpwirth.com

▼ Platinhaltige Hartlote 2620

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

▼ Silber-Hartlote 2630

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

PFARR Stanztechnik GmbH
Am kleinen Sand 1, D-36419 Buttlar
☎ +49 36967 747-0 ㉿ +49 36967 747-47
E-Mail: info@pfarr.de
Internet: www.pfarr.de

H.P. Wirth GmbH
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen
☎ +49 7232 809 78-0 ㉿ +49 7232 809 78-15
E-Mail: info@hpwirth.com
Internet: www.hpwirth.com

▼ Sonstige Hartlote 2650

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

13 Lotformen

▼ flussmittelgefüllte Stäbe 2660

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

▼ flussmittelumhüllte Stäbe 2670

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

H.P. Wirth GmbH
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen
☎ +49 7232 809 78-0 ㉿ +49 7232 809 78-15
E-Mail: info@hpwirth.com
Internet: www.hpwirth.com

▼ Lotdraht, -stäbe und -bänder 2680

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

PFARR Stanztechnik GmbH
Am kleinen Sand 1, D-36419 Buttlar
☎ +49 36967 747-0 ㉿ +49 36967 747-47
E-Mail: info@pfarr.de
Internet: www.pfarr.de

H.P. Wirth GmbH
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen
☎ +49 7232 809 78-0 ㉿ +49 7232 809 78-15
E-Mail: info@hpwirth.com
Internet: www.hpwirth.com

▼ Lotformteile und Lotfolien 2690

INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen
☎ +49 711 3154 76-0 ㉿ +49 711 3154 76-29
E-Mail: info@innobraz.de
Internet: www.innobraz.de

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

PFARR Stanztechnik GmbH
Am kleinen Sand 1, D-36419 Buttlar
☎ +49 36967 747-0 ㉿ +49 36967 747-47
E-Mail: info@pfarr.de
Internet: www.pfarr.de

H.P. Wirth GmbH
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen
☎ +49 7232 809 78-0 ㉿ +49 7232 809 78-15
E-Mail: info@hpwirth.com
Internet: www.hpwirth.com

▼ Lotpasten 2700

INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen
☎ +49 711 3154 76-0 ㉿ +49 711 3154 76-29
E-Mail: info@innobraz.de
Internet: www.innobraz.de

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

▼ Lotplattierte Bleche 2710

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

▼ Lotpulver 2720

INNOBRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen
☎ +49 711 3154 76-0 ㉿ +49 711 3154 76-29
E-Mail: info@innobraz.de
Internet: www.innobraz.de

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

▼ verdillte Lote 2730

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ㉿ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch



Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Trennen und Abtragen

1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Trennen und Abtragen

▼ Autogenes Brennschneiden 2740

Dodek GmbH & Co. KG
Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach
☎ +49 7564 948 95-0 ㉿ +49 7564 948 95-9
E-Mail: contact@dodek.de
Internet: www.dodek.de

Lothar Spahn Konstruktionsbüro
Zum Taubengarten 31, 63571 Gelnhausen
☎ +49 6051 883236 ㉿ +49 6051 3512
E-Mail: lothar.w.spahn@t-online.de
Internet: www.spahn-konstruktion.de

Valk Welding B.V.
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ㉿ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

▼ Laser- und Elektronenstrahlschneiden und -bohren 2810

PTR Strahltechnik GmbH
Am Erlenbruch 9, D-63505 Langenselbold
☎ +49 61 84 20 55-0 ㉿ +49 61 84 20 55-300
E-Mail: zentrale@ptr-ebeam.com
Internet: www.ptr-ebeam.com

Steigerwald Strahltechnik GmbH
Emmy-Noether-Straße 2, D-82216 Maisach
☎ +49 81 41 35 35-0 ㉿ +49 81 41 35 35-215
E-Mail: info@sst-ebeam.com
Internet: www.sst-ebeam.com

▼ Plasmaschmelzschneiden 2860

Carl Cloos Schweißtechnik GmbH
Carl-Cloos-Straße 1, D-35708 Haiger
☎ +49 27 73 85-0 ㉿ +49 27 73 85-275
E-Mail: info@cloos.de
Internet: www.cloos.de

Dodek GmbH & Co. KG
Lanzstraße 2, D-88410 Bad Wurzach
☎ +49 7564 948 95-0 ㉿ +49 7564 948 95-9
E-Mail: contact@dodek.de
Internet: www.dodek.de

JÄCKLE & ESS System GmbH
Riedweg 4 + 9, D-88339 Bad Waldsee
☎ +49 7524 9700-0 ㉿ +49 7524 9700-30
E-Mail: sales@jaeckleess.com
Internet: www.jaekleess.com

OTC DAIHEN EUROPE GmbH
Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach
☎ +49 2161 69497-60 ㉿ +49 2161 69497-61
E-Mail: info@otc-daihen.de
Internet: www.otc-daihen.de

Valk Welding B.V.
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ㉿ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

2 Produktionsanlagen für Verbrauchs- und Hilfsstoffe

▼ Gasherstellungs- und Gasverflüssigungsanlagen 2900

DWT GmbH
Uferstraße 10, D-45881 Gelsenkirchen
☎ +49 209 407 10 ㉿ +49 209 489 88
E-Mail: info@dwt-gmbh.de
Internet: www.dwt-gmbh.de

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

3 Produktionsanlagen für Zusatzwerkstoffe

▼ Produktionsanlagen für umhüllte Stabelektroden und Fülldrahtelektroden	2930
--	------

Welding Alloys Deutschland GmbH
Ostring 52, D-47669 Wachtendonk
☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18
E-Mail: info.germany@welding-alloys.com
Internet: www.welding-alloys.com

IV Unterstützende Systeme für die Automatisierung

1 Allgemeine Fertigungsanlagen, Systeme für die rechnergestützte Fertigung, Datenverarbeitung, Regelungs- und Steuerungstechnik

▼ CAD-, CAM-, CAQ-, CIM- und CAP-Systeme	2950
--	------

simufact engineering gmbh
Tempowerkring 19, 21079 Hamburg
☎ +40 790 128-000 ☎ +40 790 128-199
E-Mail: sales@simufact.de
Internet: www.simufact.de

▼ Erfassen, Kontrollieren und Verarbeiten von Prozess- und Fertigungsparameter	2960
--	------

EWG AG
Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

SKS Welding Systems GmbH
Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern
☎ +49 6301 7986-0 ☎ +49 6301 7986-119
E-Mail: info@de.sks-welding.com
Internet: www.sks-welding.com

▼ Optiken für das Laserstrahlschweißen und/oder –schneiden	3000
--	------

OTC DAIHEN EUROPE GmbH
Krefelder Straße 675-677, D-41066 Mönchengladbach
☎ +49 2161 69497-60 ☎ +49 2161 69497-61
E-Mail: info@otc-daihen.de
Internet: www.otc-daihen.de

▼ Programme (Software)	3010
------------------------	------

simufact engineering gmbh
Tempowerkring 19, 21079 Hamburg
☎ +40 790 128-000 ☎ +40 790 128-199
E-Mail: sales@simufact.de
Internet: www.simufact.de

SKS Welding Systems GmbH
Marie-Curie-Straße 14, D-67661 Kaiserslautern
☎ +49 6301 7986-0 ☎ +49 6301 7986-119
E-Mail: info@de.sks-welding.com
Internet: www.sks-welding.com

▼ Serienfertigung, flexible Fertigungsanlagen und Schweißstraßen	3030
--	------

aixcon Elektrotechnik GmbH
Steinfurt 26, D-52222 Stolberg
☎ +49 2402 1221-0 ☎ +49 2402 1221-22
E-Mail: info@aixcon.de
Internet: www.aixcon.de

pro-beam AG & Co. KGaA
Zeppelinstraße 26, 82205 Gilching
☎ +49 89 899 233-0 ☎ +49 89 899 233-11
E-Mail: info@pro-beam.com
Internet: www.pro-beam.com

PTR Strahltechnik GmbH
Am Erlenbruch 9, D-63505 Langenselbold
☎ +49 61 84 20 55-0 ☎ +49 61 84 20 55-300
E-Mail: zentrale@ptr-ebeam.com
Internet: www.ptr-ebeam.com

10 Andere Verbrauchs- und Hilfsstoffe

▼ Beizpaste	3830
-------------	------

Chemetall GmbH
Aaraustrasse 51, CH-5200 Brugg
☎ +41 56 616 90 30 ☎ +41 56 616 90 40
E-Mail: chemetall.schweiz@bsf.com
Internet: www.chemetall.com

▼ Flussmittel zum Lötén	3890
-------------------------	------

Johnson Matthey & Brandenberger AG
Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich
☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20
E-Mail: info@matthey.com
Internet: www.johnson-matthey.ch

Solvay Fluor GmbH
Hans-Böckler-Allee 20, D-30173 Hannover
☎ +49 511 857-2035 ☎ +49 511 857-3176
E-Mail: werner.schmitt@solvay.com
Internet: www.solvay.de

H.P. Wirth GmbH
Weberstraße 46, D-75239 Eisingen
☎ +49 7232 809 78-0 ☎ +49 7232 809 78-15
E-Mail: info@hpwirth.com
Internet: www.hpwirth.com

▼ Lötstopfmittel	3960
------------------	------

INNObRAZE GmbH für Löt- und Verschleissstechnik
Fritz-Müller-Straße 97, D-73730 Esslingen
☎ +49 711 3154 76-0 ☎ +49 711 3154 76-29
E-Mail: info@innobraz.de
Internet: www.innobraz.de

11 Messtechnik und Sensorik

▼ Durchflussmengen- und Strömungsgeschwindigkeitsmessung	4150
--	------

HKS-Prozesstechnik GmbH
Heinrich-Damerow-Straße 2, D-06120 Halle
☎ +49 345 68 309-0 ☎ +49 345 68 309-49
E-Mail: info@hks-prozesstechnik.de
Internet: www.hks-prozesstechnik.de

▼ Hand- und andere Messgeräte für das Lichtbogenschweißen (Strom, Spannung, Drahtgeschwindigkeit, Gasgeschwindigkeit, Schweißgeschwindigkeit, Streckenenergie)	4200
--	------

EWG AG
Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

HKS-Prozesstechnik GmbH
Heinrich-Damerow-Straße 2, D-06120 Halle
☎ +49 345 68 309-0 ☎ +49 345 68 309-49
E-Mail: info@hks-prozesstechnik.de
Internet: www.hks-prozesstechnik.de

Valk Welding B.V.
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

▼ Kalibrierung und Eichung	4220
----------------------------	------

EWG AG
Dr.-Günter-Henle-Straße 8, D-56271 Mündersbach
☎ +49 2680 181-0 ☎ +49 2680 181-244
E-Mail: info@ewm-group.com
Internet: www.ewm-group.com

HKS-Prozesstechnik GmbH
Heinrich-Damerow-Straße 2, D-06120 Halle
☎ +49 345 68 309-0 ☎ +49 345 68 309-49
E-Mail: info@hks-prozesstechnik.de
Internet: www.hks-prozesstechnik.de

▼ Messgeräte für das Widerstandsschweißen (Impulse, Perioden, Strom, Spannung), Rogowski-Gürté	4310
--	------

HKS-Prozesstechnik GmbH
Heinrich-Damerow-Straße 2, D-06120 Halle
☎ +49 345 68 309-0 ☎ +49 345 68 309-49
E-Mail: info@hks-prozesstechnik.de
Internet: www.hks-prozesstechnik.de

▼ Schichtdicken-, Wanddicken- und Risstiefenmessung	4370
---	------

KARL DEUTSCH
Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG
Otto-Hausmann-Ring 101, D-42115 Wuppertal
Postfach: 132354, D-42050 Wuppertal
☎ +49 202 71-920 ☎ +49 202 71-4932
E-Mail: info@karldeutsch.de
Internet: www.karldeutsch.de

▼ Überwachungsgeräte für das Lichtbogenschweißen	4440
--	------

Valk Welding B.V.
Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam
☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515
E-Mail: info@valkwelding.com
Internet: www.valkwelding.com

▼ Überwachungsgeräte für das Widerstandsschweißen	4450
---	------

HKS-Prozesstechnik GmbH
Heinrich-Damerow-Straße 2, D-06120 Halle
☎ +49 345 68 309-0 ☎ +49 345 68 309-49
E-Mail: info@hks-prozesstechnik.de
Internet: www.hks-prozesstechnik.de

12 Prüftechnik – Zerstörungsfreie Prüfung

▼ Begutachten und Prüfen von Produkten, Fügeverfahren und Fertigungsabläufen	4561
--	------

Ingenieurbüro Jürgen Bialek
Halsbrücker Straße 34, D-09599 Freiberg
☎ +49 3731 1625-29 ☎ +49 3731 1625-30
E-Mail: bialek@bialek-ing.de
Internet: www.bialek-ing.de

▼ Beratung und Planung zur Fertigung, zum Werkstoff-, Energie- und Verfahrenseinsatz, Technologietransfer	4562
---	------

Ingenieurbüro Jürgen Bialek
Halsbrücker Straße 34, D-09599 Freiberg
☎ +49 3731 1625-29 ☎ +49 3731 1625-30
E-Mail: bialek@bialek-ing.de
Internet: www.bialek-ing.de

▼ Dichtheitsprüfung	4670
---------------------	------

Helling GmbH
Werkstoffprüfung und Gerätebau
Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben
☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201
E-Mail: info@helling.de
Internet: www.helling.de

▼ Durchstrahlungsprüfung	4710
--------------------------	------

Applus RTD Deutschland Inspektionsgesellschaft mbH
Industriestraße 34b, 44894 Bochum
☎ +49 234 92798-0 ☎ +49 234 92798-98
E-Mail: info.bom@applusrt.com
Internet: www.applusrt.com

Helling GmbH
Werkstoffprüfung und Gerätebau
Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben
☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201
E-Mail: info@helling.de
Internet: www.helling.de

▼ Farbeindringprüfung	4820
-----------------------	------

Applus RTD Deutschland Inspektionsgesellschaft mbH
Industriestraße 34b, 44894 Bochum
☎ +49 234 92798-0 ☎ +49 234 92798-98
E-Mail: info.bom@applusrt.com
Internet: www.applusrt.com

KARL DEUTSCH
Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG
Otto-Hausmann-Ring 101, D-42115 Wuppertal
Postfach: 132354, D-42050 Wuppertal
☎ +49 202 71-920 ☎ +49 202 71-4932
E-Mail: info@karldeutsch.de
Internet: www.karldeutsch.de

Helling GmbH
Werkstoffprüfung und Gerätebau
Spökerdamm 2, D-25436 Heidgraben
☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201
E-Mail: info@helling.de
Internet: www.helling.de

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

Helmut Klumpf Technische Chemie KG Industriestraße 15, D-45699 Herten ☎ +49 2366 1003-0 ☎ +49 2366 1003-11 E-Mail: klumpf@diffu-therm.de Internet: www.diffu-therm.de	
▼ Gestaltung und Berechnung von Schweißkonstruktionen, Schweißpläne u.ä.	4905
Ingenieurbüro Jürgen Bialek Halsbrücker Straße 34, D-09599 Freilberg ☎ +49 3731 1625-29 ☎ +49 3731 1625-30 E-Mail: bialek@bialek-ing.de Internet: www.bialek-ing.de	
▼ Magnetische Prüfung	5110
KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG Otto-Hausmann-Ring 101, D-42115 Wuppertal Postfach: 132354, D-42050 Wuppertal ☎ +49 202 71-920 ☎ +49 202 71-4932 E-Mail: info@karldeutsch.de Internet: www.karldeutsch.de	
Helling GmbH Werkstoffprüfung und Gerätebau Spöckerdamm 2, D-25436 Heidgraben ☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201 E-Mail: info@helling.de Internet: www.helling.de	
Helmut Klumpf Technische Chemie KG Industriestraße 15, D-45699 Herten ☎ +49 2366 1003-0 ☎ +49 2366 1003-11 E-Mail: klumpf@diffu-therm.de Internet: www.diffu-therm.de	
▼ Schweißaufsicht-, Bau-, Betriebs- und Fertigungsüberwachung	5505
Ingenieurbüro Jürgen Bialek Halsbrücker Straße 34, D-09599 Freilberg ☎ +49 3731 1625-29 ☎ +49 3731 1625-30 E-Mail: bialek@bialek-ing.de Internet: www.bialek-ing.de	
▼ Sonstige zerstörungsfreie Prüfverfahren	5580
Helling GmbH Werkstoffprüfung und Gerätebau Spöckerdamm 2, D-25436 Heidgraben ☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201 E-Mail: info@helling.de Internet: www.helling.de	
▼ Ultraschallprüfung	5730
Applus RTD Deutschland Inspektionsgesellschaft mbH Industriestraße 34b, 44894 Bochum ☎ +49 234 92798-0 ☎ +49 234 92798-98 E-Mail: info.bom@applusrtd.com Internet: www.applusrtd.de	
KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG Otto-Hausmann-Ring 101, D-42115 Wuppertal Postfach: 132354, D-42050 Wuppertal ☎ +49 202 71-920 ☎ +49 202 71-4932 E-Mail: info@karldeutsch.de Internet: www.karldeutsch.de	
▼ UV-Leuchten	5755
KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG Otto-Hausmann-Ring 101, D-42115 Wuppertal Postfach: 132354, D-42050 Wuppertal ☎ +49 202 71-920 ☎ +49 202 71-4932 E-Mail: info@karldeutsch.de Internet: www.karldeutsch.de	
Helling GmbH Werkstoffprüfung und Gerätebau Spöckerdamm 2, D-25436 Heidgraben ☎ +49 4122 922-0 ☎ +49 4122 922-201 E-Mail: info@helling.de Internet: www.helling.de	

▼ Wirbelstromprüfung	5820
Applus RTD Deutschland Inspektionsgesellschaft mbH Industriestraße 34b, 44894 Bochum ☎ +49 234 92798-0 ☎ +49 234 92798-98 E-Mail: info.bom@applusrtd.com Internet: www.applusrtd.de	
V	Auftragsarbeiten und Dienstleistungen für das Fügen, Trennen und Beschichten
2	Auftragsausführungen – Verarbeiten bestimmter Werkstoffe
▼ Beschichtete und plattierte Werkstoffe	7050
DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich ☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78 E-Mail: info@durum.de Internet: www.durumat.com	
VAUTID GmbH Pioneering Wear Protection Brunnswiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern ☎ +49 711 4404-0 ☎ +49 711 4420-39 E-Mail: vautid@vautid.de Internet: www.vautid.com	
Welding Alloys Deutschland GmbH Ostring 52, D-47669 Wachtendonk ☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18 E-Mail: info.germany@welding-alloys.com Internet: www.welding-alloys.com	
▼ Platin, Gold, Silber	7320
Johnson Matthey & Brandenberger AG Glattalstrasse 18, CH-8052 Zürich ☎ +41 44 307 19-30 ☎ +41 44 307 19-20 E-Mail: info@matthey.com Internet: www.johnson-matthey.ch	
▼ Superharte Werkstoffe, Superlegierungen (isostatisches Heißpressen)	7390
DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich ☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78 E-Mail: info@durum.de Internet: www.durumat.com	
4	Auftragsausführungen bestimmter Füge- oder anderer Fertigungsverfahren
▼ Auftragschweißen	7710
DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich ☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78 E-Mail: info@durum.de Internet: www.durumat.com	
STM Schweißtechnik Magdeburg GmbH (Der Schweißlerladen) Werner-von-Siemens-Ring 20, 39116 Magdeburg ☎ +49 391 538 544-0 ☎ +49 391 538 544-44 E-Mail: info@stmgmbh.de Internet: www.derschweisserladen.de	
VAUTID GmbH Pioneering Wear Protection Brunnswiesenstraße 5, D-73760 Ostfildern ☎ +49 711 4404-0 ☎ +49 711 4420-39 E-Mail: vautid@vautid.de Internet: www.vautid.com	
Welding Alloys Deutschland GmbH Ostring 52, D-47669 Wachtendonk ☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18 E-Mail: info.germany@welding-alloys.com Internet: www.welding-alloys.com	
▼ Elektronenstrahl-/Laserstrahlschweißen	7770
Listemann AG Werkstoff- und Wärmebehandlungstechnik Sulzer Allee 25, CH-8404 Oberwinterthur ☎ +41 52 2625 622 E-Mail: b.kuntzmann@listemann.com Internet: www.listemann.com	

pro-beam AG & Co. KGaA Zeppelinstraße 26, 82205 Gilching ☎ +49 89 899 233-0 ☎ +49 89 899 233-11 E-Mail: info@pro-beam.com Internet: www.pro-beam.com	
PTR Strahltechnik GmbH Am Erlenbruch 9, D-63505 Langenselbald ☎ +49 61 84 20 55-0 ☎ +49 61 84 20 55-300 E-Mail: zentrale@ptr-ebeam.com Internet: www.ptr-ebeam.com	
SLV Service GmbH Köthener Straße 33a, 06118 Halle/Saale ☎ +49 345 1325-2040 ☎ +49 345 1325-2041 E-Mail: waschfeld@slv-service.de Internet: www.slv-service.de	
Steigerwald Strahltechnik GmbH Emmy-Noether-Straße 2, D-82216 Maisach ☎ +49 81 41 35 35-0 ☎ +49 81 41 35 35-215 E-Mail: info@sst-ebeam.com Internet: www.sst-ebeam.com	
STM Schweißtechnik Magdeburg GmbH (Der Schweißlerladen) Werner-von-Siemens-Ring 20, 39116 Magdeburg ☎ +49 391 538 544-0 ☎ +49 391 538 544-44 E-Mail: info@stmgmbh.de Internet: www.derschweisserladen.de	
▼ Laserstrahlschweißen und/oder –schneiden	7850
STM Schweißtechnik Magdeburg GmbH (Der Schweißlerladen) Werner-von-Siemens-Ring 20, 39116 Magdeburg ☎ +49 391 538 544-0 ☎ +49 391 538 544-44 E-Mail: info@stmgmbh.de Internet: www.derschweisserladen.de	
▼ Metallspritzen	7890
DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH Carl-Friedrich-Benz-Straße 7, D-47877 Willich ☎ +49 21 54 48 37-0 ☎ +49 21 54 48 37-78 E-Mail: info@durum.de Internet: www.durumat.com	
▼ Roboterschweißen WIG/MIG/MAG	7940
Panasonic Automotive & Industrial Systems Europe GmbH Jagenbergstraße 11a, 41468 Neuss ☎ +49 2131 60899-0 ☎ +49 2131 60899-200 E-Mail: robots@eu.panasonic.com Internet: www.panasonicrobotics.eu	
STM Schweißtechnik Magdeburg GmbH (Der Schweißlerladen) Werner-von-Siemens-Ring 20, 39116 Magdeburg ☎ +49 391 538 544-0 ☎ +49 391 538 544-44 E-Mail: info@stmgmbh.de Internet: www.derschweisserladen.de	
Valk Welding B.V. Staalindustrieweg 15, NL-2952 AT Alblasserdam ☎ +31 78 691-7011 ☎ +31 78 691-9515 E-Mail: info@valkwelding.com Internet: www.valkwelding.com	
▼ Rührreischweißen	7960
RRS Schilling GmbH Industriestraße 30, D-21493 Schwarzenbek (Hamburg) ☎ +49 4151 87945-71 ☎ +49 4151 87945-73 E-Mail: buero@schweissen-aber-sicher.de Internet: www.schweissen-aber-sicher.de	
▼ Wartung, Instandhaltung, Reparatur	8070
KEMPER GmbH Von-Siemens-Straße 20, D-48691 Vreden ☎ +49 25 6468-0 ☎ +49 25 6468-120 E-Mail: mail@kemper.de Internet: www.kemper.de	
Welding Alloys Deutschland GmbH Ostring 52, D-47669 Wachtendonk ☎ +49 2836 9119-0 ☎ +49 2836 9119-18 E-Mail: info.germany@welding-alloys.com Internet: www.welding-alloys.com	

ABC der Fügetechnik – Internationaler Branchenführer

5 Aus- und Weiterbildung, Zertifizierung, Forschung, Informationsvermittlung, Fachliteratur und Regelwerke

▼ Akkreditierungs- und Zertifizierungsorganisationen 8090

DVS – Kursstätten

Internet: www.DVS-Bildungseinrichtungen.de

▼ Abnahme-, Zulassungs-, Prüfungs- und Überwachungsorganisationen 8100

DVS – Kursstätten

Internet: www.DVS-Bildungseinrichtungen.de

▼ Fachverlage, Bibliotheken (Literatur, Regelwerke, Lehrfilme, Software, CD-ROM- und Diskettendienste, audiovisuelle Medien) 8130

DVS Media GmbH

Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf

☎ +49 211 1591-0 📠 +49 211 1591-150

E-Mail: media@dvs-media.info

Internet: www.dvs-media.eu

Firmenindex

Firma	Produkt
aixon Powersystems GmbH	200, 270, 280, 420, 720, 1030, 1040, 3030
Applus RTD Deutschland Inspektionsgesellschaft mbH	4710, 4820, 5730, 5820
AS - Arnhold - GmbH	20
BAVARIA Schweißtechnik GmbH	2200, 2250, 2300
Bergmann & Steffen GmbH	30, 180, 250, 280, 410
Chemetall GmbH	3830
Carl Cloos Schweißtechnik GmbH	80, 180, 250, 280, 360, 420, 1030, 2860
Deloro Wear Solutions GmbH	280, 460, 2220, 2270, 2300, 2380, 2410
Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG	1390, 1760, 1910, 2040
KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG	4370, 4820, 5110, 5730, 5755
Dodek GmbH & Co. KG	1020, 1030, 1390, 1400, 1450, 1460, 1510, 2740, 2860
Paul Druseidt Elektrotechnische Spezialfabrik GmbH & Co. KG	2020, 2030
DURUM VERSCHLEISS-SCHUTZ GMBH	100, 180, 280, 2220, 2250, 2270, 2280, 2290, 2360, 2370, 2380, 2400, 2410, 2440, 2450, 2460, 2470, 7050, 7390, 7710, 7890
DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V.	8090, 8100
DVS Media GmbH	8130
DWT GmbH	1250, 1380, 1910, 2060, 2090, 2900
Evobeam GmbH	60, 180
EWM AG	100, 190, 200, 250, 280, 420, 490, 600, 2160, 2200, 2220, 2270, 2280, 2320, 2960, 4200, 4220
Fronius Deutschland GmbH	100, 190, 200, 240, 250, 270, 360, 420, 490, 600, 1010, 1040
Füchtenkötter GmbH	1390, 1450, 1460, 1480, 1510, 1530
Helling GmbH Werkstoffprüfung und Gerätebau	4670, 4710, 4820, 5110, 5580, 5755
HKS-Prozess-technik GmbH	4150, 4200, 4220, 4310, 4450
HPS Filtertechnische Anlagen GmbH	1390, 1450, 1510, 1540, 1550
Hyundai Welding GmbH	2160, 2200, 2280

Firma	Produkt
igm Robotersysteme AG	250, 270, 360
Inelco Grinders A/S	420
Ingenieurbüro Jürgen Bialek	4561, 4562, 4905, 5505
INNOBRAZE GmbH	2580, 2590, 2610, 2690, 2700, 2720, 3960
ITW Welding GmbH	2270, 2280
JÄCKLE & ESS System GmbH	190, 200, 250, 420, 2860
Johnson Matthey & Brandenberger AG	2510, 2530, 2540, 2570, 2580, 2590, 2600, 2610, 2620, 2630, 2650, 2660, 2670, 2680, 2690, 2700, 2710, 2720, 2730, 3890, 7320
Josch Strahlschweißtechnik GmbH	60
KEMPER GmbH	1390, 1430, 1450, 1480, 1490, 1500, 1510, 1550, 1670, 8070
Helmut Klumpf Technische Chemie KG	4820, 5110
Köster & Co. GmbH	20, 1000
Kueppers Solutions GmbH	2060
KUKA Systems GmbH	180, 250, 280, 300, 350, 360, 390, 410, 420, 450, 490, 590, 800, 850
Listemann Technology AG	7770
Lorch Schweißtechnik GmbH	190, 200, 250, 420, 490
MERKLE Schweißanlagen-Technik GmbH	190, 200, 250, 270, 420, 1760
MIG-O-MAT Mikrofugetechnik GmbH	280
MIGATRONIC Schweißmaschinen GmbH	190, 200, 250, 270, 280, 420, 600
MSS Magdeburger Schweißtechnik GmbH	1091
Optrel AG	1670
Orbitalum Tools GmbH tools for piping systems	200, 420, 490, 1040, 1250, 1300, 1330, 2090
OTC DAIHEN EUROPE GmbH	180, 190, 200, 250, 270, 420, 600, 2860, 3000
Panasonic Automotive & Industrial Systems Europe GmbH	180, 200, 250, 270, 360, 490, 7940
PFARR Stanztechnik GmbH	2550, 2600, 2630, 2680, 2690
PLYMOVENT GmbH	1390, 1430, 1450, 1510

Firmenindex

Firma	Produkt
pro-beam AG & Co. KGaA	60, 180, 1030, 3030, 7770
PROTEM GmbH	1240, 1250, 1300
PTR Strahltechnik GmbH	60, 1030, 2810, 3030, 7770
REDROCK Deutschland GmbH	390, 1091, 1092, 1760, 1910
REHM GmbH u. Co. KG Schweißtechnik	250, 420
RRS Schilling GmbH	7960
SBI Produktion techn. Anlagen GmbH & Co. KG	270, 280, 450
Bernd Siegmund GmbH	1390, 1910, 2040
simufact engineering gmbh	2950, 3010
SKS Welding Systems GmbH	190, 200, 250, 270, 600, 1750, 2960, 3010
SLV Service GmbH	7770
Solvay Fluor GmbH	3890
Heinz Soyer GmbH Bolzenschweißtechnik	20, 1000
Lothar Spahn Konstruktionsbüro	490, 500, 2740
Steigerwald Strahltechnik GmbH	60, 2810, 7770

Firma	Produkt
STM Schweißtechnik Magdeburg GmbH (Der Schweißerladen)	450, 1091, 7710, 7770, 7850, 7940
Technolit GmbH	250, 2270
TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH	1390, 1430, 1450, 1480, 1490, 1500, 1510, 1650
J. Thielmann Gesellschaft für Automatisierungstechnik mbH	1010
Valk Welding B.V.	200, 250, 420, 490, 1740, 1750, 2160, 2190, 2200, 2220, 2270, 2320, 2740, 2860, 4200, 4440, 7940
VAUTID GmbH Pioneering Wear Protection	2220, 2250, 2270, 2280, 7050, 7710
Welding Alloys Deutschland GmbH	100, 490, 500, 2160, 2170, 2180, 2190, 2200, 2210, 2220, 2280, 2400, 2930, 7050, 7710, 8070
Dipl.-Ing. K. Weinhold GmbH & Co. KG	1960
Weldas Europe B.V.	1660
Westfälische Drahtindustrie GmbH	2200, 2270, 2310, 2450
H.P. Wirth GmbH	2560, 2580, 2610, 2630, 2670, 2680, 2690, 3890

Produktliste

I Anlagen und Ausrüstung für die Verfahren der Füge-, Beschichtungs- und Trenntechnik

1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Schweißen von Metall-, Keramik- und Verbundwerkstoffen

10	Abbrennstumpfschweißen
20	Bolzenschweißen
30	Buckelschweißen
40	Diffusionsschweißen
50	Elektrogasschweißen
60	Elektronenstrahlschweißen
70	Elektroschlackeschweißen
80	Engspaltschweißen
90	Falzdrahtschweißen
100	Fülldrahtschweißen
110	Gaspressschweißen
120	Gasschweißen
130	Gießschmelzschweißen
140	Induktives Widerstandspressschweißen
150	Kaltpressschweißen
160	Kammerschweißen
170	Kondensatorentladungsschweißen
180	Laserstrahlschweißen
190	Lichtbogenhandschweißen
200	Lichtbogenimpulsschweißen
210	Lichtstrahlschweißen
220	Linear- und Rotationsreibschweißen, Rührreibschweißen
230	Magnetimpulsschweißen
240	Mehrdrahtschweißen
250	MIG-/MAG-Schweißen
260	Mikroschweißen
270	Plasma/WIG-Schweißen
280	Plasmaschweißen
290	Pressstumpfschweißen
300	Rollennahtschweißen
310	Rolltransformatorschweißen
320	Rührreibschweißen
330	Sprengschweißen
340	Schleifkontaktschweißen
350	Schweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen
360	TANDEM-Schweißen
370	Ultraschallschweißen
380	Unterschieneschweißen
390	UP-Schweißen
400	Walzschweißen
410	Widerstandspunktschweißen
420	WIG-Schweißen

2 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Auftragschweißen und Plattieren

430	Additive Fertigung
440	Elektroschlackeauftragschweißen
450	Laserstrahlauftragschweißen
460	Plasmaauftragschweißen
470	Reibauftragschweißen
480	Spreng- und Walzplattieren
490	Schutzgasauftragschweißen
500	UP-Auftragschweißen

3 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Löten

510	Auftraglöten
520	Bügellöten
530	Elektronenstrahllöten
540	Entlöten
550	Flammlöten
560	Hochtemperaturlöten
570	Induktionslöten
580	Kolben-, Block- und Rollenlöten
590	Laserstrahllöten
600	Lichtbogenlöten
610	Lichtstrahllöten
620	Lötlad-, Wellen- und Schleplöten

630	Mikrolöten
640	Ofenlöten (Schutzgas, Vakuum)
650	Reiblöten
660	Salzbadlöten
670	Schwalllöten
680	Wellenlöten
690	Tauchlöten
700	Ultraschalllöten
710	Warmgaslöten
720	Widerstandslöten
730	Wiederaufschmelzlöten

4 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Schweißen von Kunststoffen

740	Extrusionsschweißen
750	Heizelementschweißen
760	Hochfrequenzschweißen
770	Infrarotschweißen
780	Laserstrahlschweißen
790	Lichtstrahlschweißen
800	Reibschweißen
810	Rotationsreibschweißen
820	Ultraschallschweißen
830	Vibrationsschweißen
840	Warmgasschweißen

5 Anlagen, Ausrüstung und Verbindungselemente inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das kraft- und formschlüssige Fügen

850	Bördeln
860	Drahtflechten, -weben
870	Durchsetzfügen (Clinchen)
880	Einhängen, Einspreizen, Klammer-, Verkeilen, Verspannen
890	Falzen
900	Fügen durch Fließpressen oder Ziehen
910	Fügen durch Umformen
920	Fügen durch Verlappen
930	Fügen durch Verpressen oder Quetschen
940	Fügen durch Weiten oder Engen (Rohreinwalzen, Einhalten, Sicken)
950	Fügen durch Wickeln
960	Heften mit Drahtklammern (Tackern)
970	Nieten
980	Pressverbinden (Einpressen, Schrumpfen, Dehnen, Druckfügen)
990	Schrauben (Schraubverbinden)
1000	Verbindungselemente (Nieten, Hohnieten, Zapfennieten, Stanznieten, Blindnietmutter, Bolzen, Schrauben)

6 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für spezielle Anwendungen

1010	Brennerreinigung, automatische Brennerreinigungssysteme
1020	Einrichtungen zum Beschicken, Einlegen, Bestücken oder Fördern (z.B. Mutterzuführgeräte u.a.)
1030	Fertigungsanlagen und -straßen
1040	Orbitalschweißanlagen
1050	Paketschneiden
1060	Reparaturschweißen, -schneiden
1063	Schweißtrainer
1070	Unterwasser-Schneiden
1080	Unterwasser-Schweißen
1090	Schweißen, Löten und thermisches Schneiden sowie Beschichten im Luft- und Raumfahrzeugbau

7 Service und Dienstleistungen

1091	Vermietung von Schweißanlagen und Schweißausrüstung
1092	Vermietung von Schweißmanipulatoren

II Anlagen und Ausrüstung für die Wärmebehandlung und andere Fertigungsverfahren

1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für die Wärmebehandlung

1100	Diffusionsglühen
1110	Flammenspannen
1120	Flammrichten
1130	Flammwärmen
1140	Härten, Aushärten, Vergüten
1150	Induktionswärmen
1160	Normalisieren
1170	Ofenwärmen
1180	Spannungsarmglühen
1190	Weichglühen
1200	Widerstandswärmen

2 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für andere Fertigungsverfahren

1210	Biegen, Rohrbiegen
1220	Walzen, Stauhen, Ziehen
1230	Bohren
1240	Drehen, Fräsen, Hobeln
1250	Fugenformen und -vorbereiten (z. B. Anfasgeräte für Platten und Rohrenden)
1260	Gießen
1270	Oberflächenvor- und -nachbearbeiten, Oberflächenreinigen
1280	Polieren
1290	Richten (kalt)
1300	Sägen
1310	Sintern und heiß-isostatisches Pressen
1320	Schleifen
1330	Schneiden (z.B. Blechscheren), Stanzen, Nibbeln
1340	Schweißkonditionieren
1345	Mechanische Nachbehandlung
1350	Strahlen
1360	Vibrationsentspannen
1370	Pumpen

3 Werkstatt- und Arbeitsplatzausrüstungen, Sicherheitseinrichtungen

1380	Anschlagmittel und Hebezeuge (Kransysteme, -gabeln, -traversen, Schwenkkrane, Lasthebema-gnete, Elektrokettenzüge)
1390	Arbeitstische (z.B. Schweiß- und Schneidtische)
1400	Einrichtungen zur Wärmeerzeugung und -rückgewinnung
1410	Lastwendergerät
1420	Lichtdurchlässige/lichtundurchlässige Abschirmungen
1430	Lötrauchfilter
1440	Maschinenschutztor
1450	Örtliche Schweißrauchabsauganlagen (stationär, mobil)
1460	Schalldämm-Materialien, Schallschutzgehäuse
1470	Schutzeinrichtungen für Industrieroboter (z.B. Türverriegelungen, Schaltplatten, bildgestützte Überwachungssysteme)
1480	Schweißer-Schutz-Kabinen
1490	Schweißer-Schutz-Vorhänge
1500	Schweißer-Schutz-Wände
1510	Schweißrauchabsauganlagen und -filter
1520	Sicherheitseinrichtungen gegen Brand und Explosion
1530	Sicherheitseinrichtungen gegen hochenergetische Strahlung (z. B. Röntgen-, Laserstrahlung)
1540	Stationäre Staubsauger für Industriebedarf
1550	Technische Lüftung (z. B. Be- und Entlüftungssysteme)
1560	Werkbänke, Werkstattsschränke
1570	Werkstattstühle, Stehhilfen
1580	Werkstattwagen, Flaschenwagen
1590	Werkzeug
1600	Sonstige Schutz- und Sicherheitseinrichtungen (z. B. Hinweisschilder auf mögliche Gefahren, Feuerlöscher, Feuerlöschdecken)

Produktliste

4	Arbeits- und Gesundheitsschutz (persönliche Schutzausrüstung)				
1610	Atemschutz (z.B. Filter-, Isoliergeräte)				
1620	Erste-Hilfe-Ausrüstung, Medizin				
1630	belüftete Schweißerschutzhelme				
1640	Gehörschutz (Watte, Stöpsel, Kapselgehörschützer)				
1650	Laserschutz				
1660	Schutzkleidung (Helme, Schürzen, Anzüge, Schuhe, Handschuhe)				
1670	Schweißerschutzschirme und -schilde, Augenschutzbrillen, Augenschutzfilter				
1680	Sonstige Unfallschutzausrüstung				
5	Allgemeines Zubehör				
1690	Ausgleichsfederzüge (z.B. für Punktschweißzangen)				
1700	Badsicherungen und Klebänder (z. B. für das Einseitenschweißen)				
1710	Brennerhalswechselsysteme				
1720	Brenner- und Schweißkopfbewegungssysteme				
1730	Dosiereinrichtungen (z.B. für Klebstoffe, Lote und Pulver)				
1740	Drahtführungsspirale				
1750	Drahtvorschubgeräte				
1760	Dreh- und Drehkipptische, Hubtische				
1770	Druckzylinder für das Press- und Widerstandsschweißen				
1780	Einrichtungen zum Speichern (Gurt, Palette, Magazin) von Werkstücken				
1790	Elektroden für das Widerstandsschweißen				
1800	Elektrodenwerkstoffe für das Widerstandsschweißen				
1810	Elektroden für das WIG-Schweißen				
1820	Elektrodenhalter				
1830	Elektrodenschleifgeräte				
1840	Gasanzünder				
1850	Getriebe, Globoid-Getriebe				
1860	Klemmen (Pol-, Erdungs-, Werkstückklemmen) und Polanzeiger				
1870	Kühlvorrichtungen				
1880	Magnetventile				
1890	Wasser-, Öl-, Luftkühler				
1900	Magnetische Schweißhilfen, magnetische Transportgeräte				
1910	Montagesysteme, Vorrichtungen zum Zusammenbau und Positionieren (Spannvorrichtungen, Rollenböcke, Zentriervorrichtungen)				
1920	Plasmaventile				
1930	Punktschweißzangen				
1940	Roboterhalterung				
1950	Schlackenhämmer und -bürsten				
1960	Schläuche, Schlauchkupplungen, Schlauchanschlüsse, Schlauchpakete				
1970	Schlauchpressen				
1980	Schweißaggregat mit Diesel- oder Benzinmotorantrieb				
1990	Schweißdrahtspulen				
2000	Schweißpulverzuführ- und rückgewinnungsanlagen				
2010	Schweißspiegel				
2020	Schweißstromleiter und -verbinder				
2030	Sekundärkabel für das Widerstandsschweißen				
2040	Spanntechnik, Spannelemente				
2050	Stahldrahtbürsten und Handbürsten für Schweißungen				
2060	Trockenschränke (Elektroden und Pulver), -kocher und -öfen				
2070	Werkstücktransportsysteme (Hub-Shuttle-Systeme, Rundschaftische)				
2080	Werkzeugwechselsysteme				
2090	Werkzeuge für die Schweißnahtvorbereitung: Entgrat- u. Kantenfräsmaschine				
2100	Sonstiges Zubehör, Pumpen und andere Hilfsaggregate				
6	Zubehör – Gasversorgung				
2110	Gasquelle und Speicher inkl. Rohrleitungen und Armaturen (Tankanlagen, Trailer, Container, Flaschenbündel, -batterien, Einzelflasche)				
2120	Zentrale Umschalt-, Druckregel- und Absicherungsanlagen, Gasmischanlagen und die Armaturen für die Verteilungsleitungen (Umschalt-, Druckregel- und Sicherheitseinrichtungen, Ventile, Gasfilter, Durchfluss- und Druckmesseneinrichtungen)				
2130	Entnahmestellen-Ausrüstung (Absperrventile, Druckregler, Gasmischer, Gebrauchsstellenvorlage, Entnahmestellenkonsolen)				
2140	Einzelflaschenanlagen, (Flaschendruckminderer, Einzelflaschensicherung gegen Gasrücktritt und Flammendurchschlag)				
2150	Sonderausrüstungen und allgemeines Zubehör (automatische Umschalteneinrichtungen, Drucküberwachungsanlagen, Gasanalysegeräte, Leitungsaufkleber, Rohrschellen usw.)				
7	Zusatzwerkstoffe zum Schweißen und Beschichten bestimmter Werkstoffe (unterteilt nach Werkstoffgruppen)				
2160	Schweißzusätze für hochlegierte Stähle				
2170	Schweißzusätze für hochlegierten Stahlguss				
2180	Schweißzusätze für Kunststoffe				
2190	Schweißzusätze für NE-Metalle und -Legierungen				
2200	Schweißzusätze für unlegierte und niedriglegierte Stähle				
2210	Schweißzusätze für unlegierten und niedriglegierten Stahlguß				
2220	Schweißzusätze für verschleißfeste und korrosionsbeständige Auftragungen				
2230	Schweißzusätze für Unterwasserschweißen				
2240	Schweißzusätze für sonstige Werkstoffe				
8	Zusatzwerkstoffe zum Schweißen, Schneiden und Beschichten (unterteilt nach der Form der Zusatzwerkstoffe)				
2250	Drähte, Bänder und Platten für das UP- und ES-Schweißen				
2260	Drähte und Bänder für das Mikroschweißen				
2270	Drahtelektroden für das Metall-Schutzgasschweißen				
2280	Fülldrähte, Füllbänder				
2290	Rohrstabelektroden				
2295	Metallpulver für Schweißen, Beschichten und additives Fertigen sowie Fülldraht- und Stabelektrodenfertigung				
2300	Schweißpulver				
2310	Schweißstäbe zum Gasschweißen				
2320	Schweißstäbe zum WIG-Schweißen				
2330	Stabelektroden für das Fugenhobeln und Thermische Schneiden				
2340	Stabelektroden für das Schweißen und Schneiden unter Wasser				
2350	Thermit-Schweißportionen				
2360	Umhüllte Stabelektroden (für das Lichtbogenhandschweißen)				
2370	Zusatzwerkstoffe zum Laserstrahlschweißen				
9	Zusatzwerkstoffe zum Thermischen Spritzen (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)				
2380	Karbid-Spritzpulver				
2390	Keramische Spritzpulver (Metalloxide/Metallnitride)				
2400	Metallspritzpulver und -drähte				
2410	Spritzpulver-Gemische				
2420	Suspensionen				
2430	Thermoplaste				
10	Zusatzwerkstoffe zum Thermischen Spritzen (unterteilt nach Verfahren und Art des Spritzzusatzes)				
2440	Zusatzwerkstoffe zum Flammsspritzen (Drähte, Stäbe, Pulver)				
2450	Zusatzwerkstoffe zum Lichtbogenspritzen (Drähte)				
2460	Zusatzwerkstoffe zum Plasmaspritzen (Pulver)				
2470	Zusatzwerkstoffe zum Schmelzbadsspritzen				
2480	Zusatzwerkstoffe zum Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (Pulver)				
2490	Zusatzwerkstoffe zum Kaltgasspritzen (Pulver)				
2500	Zusatzwerkstoffe zum Suspensionsspritzen (Suspensionen)				
11	Weichlote (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)				
2510	Blei-Zinn-Weichlote				
2520	Weichlote für Aluminium				
2530	Zinn-Blei-Weichlote (Lötzinn) ohne und mit Cu-, Ag-, P-Zusätzen				
2540	Bleifreie Weichlote				
2550	Sonstige Weichlote				
12	Hartlote (unterteilt nach ihrer Zusammensetzung)				
2560	Aluminium-Hartlote				
2570	Goldhaltige Hartlote				
2580	Kupfer/Messing-Hartlote				
2590	Nickelbasis-Hartlote				
2600	Palladiumhaltige Hartlote				
2610	Phosphorhaltige Hartlote				
2620	Platinhaltige Hartlote				
2630	Silber-Hartlote				
2640	Sonderhartlote (Kobalt-, Titan-, Zirkonbasis)				
2650	Sonstige Hartlote				
13	Lotformen				
2660	flussmittelgefüllte Stäbe				
2670	flussmittelumhüllte Stäbe				
2680	Lotdraht, -stäbe und -bänder				
2690	Lotformteile und Lotfolien				
2700	Lotpasten				
2710	Lotplattierte Bleche				
2720	Lotpulver				
2730	verdrillte Lote				
III	Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Trennen und Abtragen				
1	Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Trennen und Abtragen				
2740	Autogenes Brennschneiden				
2750	Brennbohren				
2760	Brennflämmen				
2770	Brennfugen				
2780	Elektroerosives und chemisches Werkstückbearbeiten				
2790	Flammstrahlen				
2800	Kohlelichtbogenschneiden				
2810	Laser- und Elektronenstrahlschneiden und -bohren				
2820	Lichtbogendruckluftfugen				
2830	Lichtbogen-Sauerstoffschneiden				
2840	Metall-, Mineralpulverbrenn- und Schmelzschneiden				
2850	Plasmafugen				
2860	Plasmaschmelzschneiden				
2870	Wasserstrahlschneiden, Wasser-Abrasivstrahlschneiden				
2	Produktionsanlagen für Verbrauchs- und Hilfsstoffe				
2880	Acetylenentwickler- und Abfüllanlagen				
2890	Fördermittel für Zusatz- und Verbrauchsstoffe				
2900	Gasherstellungs- und Gasverflüssigungsanlagen				
3	Produktionsanlagen für Zusatzwerkstoffe				
2910	Produktionsanlagen für Lote, Lotdraht, Lotfolien und/oder Lotformteile				
2920	Produktionsanlagen für Schweißdrähte				

Produktliste

- 2930 Produktionsanlagen für umhüllte Stabelektroden und Fülldrahtelektroden
2940 Produktionsanlagen für Schweißpulver

IV Unterstützende Systeme für die Automatisierung

1 Allgemeine Fertigungsanlagen, Systeme für die rechnergestützte Fertigung, Datenverarbeitung, Regelungs- und Steuerungstechnik

- 2950 CAD-, CAM-, CAQ-, CIM- und CAP-Systeme
2960 Erfassen, Kontrollieren und Verarbeiten von Prozess- und Fertigungsparameter
2970 Industrieanlagen
2980 Kamerasysteme zur Überwachung von Verfahrens- und Fertigungsprozessen
2990 Nahtführungs- und Schweißkopfführungssysteme
3000 Optiken für das Laserstrahlschweißen und/oder -schneiden
3010 Programme (Software)
3020 Rechner und sonstige Hardware (Minirechner, Mikrorechner und PC, Großrechner, Prozessrechner, Drucker, Plotter, Prozessoren usw.)
3030 Serienfertigung, flexible Fertigungsanlagen und Schweißstraßen
3040 Steuerungs- und Regelungstechnik (Druckschalter, Magnet- und Plasmaventile u.a.)

2 Klebstoffe

- 3050 Epoxidharze (1K, 2K)
3060 Polyurethane (1K, 2K)
3070 Reaktive Schmelzklebstoffe
3080 Cyanacrylate
3090 Anaerob härtende Klebstoffe
3100 Strahlenhärtende Klebstoffe
3110 Silanvernetzende Polymerklebstoffe
3120 Phenol-Formaldehydharz-Klebstoffe
3130 Haftklebstoffe
3140 Acrylate
3150 Silikone
3160 MS-Polymere
3170 Strukturelle Klebebände

3 Klebstoffapplikation

- 3180 Kartuschen
3190 Auftragsysteme
3200 Automatisierung
3210 Überwachungsanlagen Klebstoffauftrag
3220 Dosiereinrichtungen
3230 Förderpumpen
3240 Mischer (dynamisch, statisch)

4 Oberflächenbehandlung

- 3250 Lösungsmittelhaltige Systeme
3260 Mechanische Verfahren (Schleifen, Strahlen)
3270 Wasserbasierte Systeme (neutral, sauber, basisch)
3280 Nasschemische Verfahren (Beizen, Phosphatieren, Anodisieren, Sonstige)
3290 Trockenchemische Verfahren (Silicoater, Niederdruckplasma, Atmosphärendruckplasma, Sonstige)
3300 Primer/Haftvermittler

5 Beratung

- 3310 Klebstoffauswahl
3320 Klebgerechte Konstruktion
3330 Charakterisierung von Klebstoffen
3340 Qualitätsmanagement
3350 Auditierung von Prozessen
3360 Auditierung von Betrieben
3370 Anlagenbau (Plasmaanlagen)
3380 Lacktechnik
3390 Faserverbundtechnologie
3400 Klebstoffapplikation
3410 Integration in die Fertigung (Fertigungsplanung)
3420 Arbeits- und Umweltschutz
3430 Oberflächenanalytik

- 3440 Klebstoffentwicklung
3450 Elektrochemie/Korrosion
3460 Werkstoff- und Bauteilprüfung
3470 Simulation und Berechnung von Klebverbindungen

6 Forschung und Entwicklung

- 3480 Klebstoffauswahl
3490 Klebgerechte Konstruktion
3500 Charakterisierung von Klebstoffen
3510 Anlagenbau (Plasmaanlagen)
3520 Lacktechnik
3530 Faserverbundtechnologie
3540 Klebstoffapplikation
3550 Integration in die Fertigung (Fertigungsplanung)
3560 Oberflächenanalytik
3570 Molekulare Modellierung
3580 Klebstoffentwicklung
3590 Elektrochemie/Korrosion
3600 Werkstoff- und Bauteilprüfung
3610 Simulation und Berechnung von Klebverbindungen

7 Aus- und Weiterbildung

- 3620 DVS - EWF - Klebpraktiker
3630 DVS - EWF - Klebfachkraft
3640 DVS - EWF - Klebfachingenieur
3650 Faserverbundpraktiker

8 Sonstige

- 3660 Fachverlag
3670 Technologiebroker
3680 Anerkannte Stelle EBA

9 Gase

- 3690 Brenngas (Acetylen/Butan/Erdgas/Methan/Propan/Stadtdgas)
3700 Aktivgas
3710 Dotier- und Prüfgas
3720 Druckluft
3730 Flüssiggas
3740 Formiergas
3750 Inertgas (Argon, Neon, Helium)
3760 Kohlendioxid
3761 Laserbetriebsgas
3762 Laserstrahlprozessgas
3770 Mischgas
3780 Sauerstoff
3790 Stickstoff
3800 Wasserstoff

10 Andere Verbrauchs- und Hilfsstoffe

- 3810 Asbestersatz
3820 Badsicherung
3830 Beizpaste
3840 Calciumcarbid
3850 Dichtheitsprüfmittel
3860 Düsenschutzpaste
3870 Elektropolierchemikalien
3880 Farben und Lacke
3890 Flussmittel zum Löten
3900 Hilfsstoffe zum Gießpress- und Gießschmelzschweißen
3910 Hitzeschutzmittel bei Schweißarbeiten
3920 Imprägniermittel
3930 Keramikformkörper
3940 Keramikpulver
3950 Lösemittel
3960 Lötstopfmittel
3970 Oberflächenreiniger
3980 Passivierungsmittel
3990 Reinigungsmittel
4000 Rohstoffe für die Stabelektrodenumhüllung
4010 Rostschutzmittel
4020 Sauerstoff- und Pulverlanzen
4030 Signierfarben
4040 Sprengstoff
4050 Schmiermittel
4060 Schneidpulver für Beton, Gusseisen u. a. Werkstoffe

- 4070 Schweißerkreide
4080 Schweißgrundierung
4090 Schweißnahtreinigungsmittel
4100 Sprays, technische
4110 Strahlmittel
4120 Trenn-, Schrupp- und Schleifscheiben

11 Messtechnik und Sensorik

- 4130 Chemische Analyse
4140 Dehnungs-, Weg- und Winkelmessung
4150 Durchflussmengen- und Strömungsgeschwindigkeitsmessung
4160 Rasterelektronenmikroskope
4170 Ferritgehaltmessgeräte
4180 Fotografie und Kinematografie
4190 Geschwindigkeits- und Drehzahlmessung
4200 Hand- und andere Messgeräte für das Lichtbogenschweißen (Strom, Spannung, Drahtgeschwindigkeit, Gasgeschwindigkeit, Schweißgeschwindigkeit, Streckenenergie)
4210 Holografie
4220 Kalibrierung und Eichung
4230 Kapazitäts- und Induktivitätsmessung
4240 Kraftmesssysteme
4250 Lehren, Schweißnahtlehren
4260 Leistungsmessung
4270 Masse-, Dichte-, Kraft-, Drehmoment- und Druckmessung
4280 Messgeräte für Gase, Rauch, Stäube
4290 Messgeräte für Schall/Geräusch
4300 Messgeräte für Strahlung
4310 Messgeräte für das Widerstandsschweißen (Impulse, Perioden, Strom, Spannung), Rogowski-Gürte
4320 Mess- und Überwachungsgeräte für die Elektroden-Eindringtiefe beim Widerstandsschweißen
4330 Mikroskopie
4340 Oberflächengüte (Schnittflächengüte)
4350 Probenvorbereitungsanlagen
4360 Rauheitsmessung von Oberflächen/Rautiefen
4370 Schichtdicken-, Wanddicken- und Risttiefmessung
4380 Sensortechnik
4390 Sonstige Messtechnik und Messgeräte
4400 Spannungsoptik
4410 Strom- und Spannungsmessung
4420 Temperaturmessung (optisch, elektrisch, chemisch, mechanisch)
4430 Thermografie
4440 Überwachungsgeräte für das Lichtbogenschweißen
4450 Überwachungsgeräte für das Widerstandsschweißen
4460 Wasserstoffbestimmung
4470 Widerstands- und Isolationsmessung
4480 Zeit-, Ereigniszahl-, Frequenzmessung

12 Prüftechnik – Zerstörungsfreie Prüfung

- 4490 Akustische Messgeräte
4500 Akustische Mikroskopie
4510 Analysen-Geräte
4520 Atomabsorptionsspektrometer
4530 Auger-Sonden
4540 Automatisierung und Rechnerunterstützung für die zerstörungsfreie Prüfung
4550 Automatische Testsysteme
4560 Automatisierung in der Mess- und Prüftechnik
4561 Begutachten und Prüfen von Produkten, Fügeverfahren und Fertigungsabläufen
4562 Beratung und Planung zur Fertigung, zum Werkstoff-, Energie- und Verfahrenseinsatz, Technologietransfer
4570 Betatron- und Linearbeschleuniger
4580 Bildverarbeitungsanlagen
4590 Bildverstärker
4600 CAQ
4610 CCD-Kameras
4620 CIM
4630 Computer-Tomographie
4640 Dehnungs- und Spannungsbestimmungen
4650 Dehnungsmessgeräte
4660 Densitometer Dichtheitsprüfanlagen u. -geräte
4670 Dichtheitsprüfung

Produktliste

4680	Dickenmessgeräte
4690	Dosis- und Dosisleistungsmessgeräte
4700	Dunkelkammereinrichtungen
4710	Durchstrahlungsprüfung
4720	Echtzeit-Radiographie-Systeme
4730	Endoskope
4740	Eigenspannungs-Messgeräte
4750	Eindring-Prüfanlagen
4760	Elektrische Prüfung
4770	Elektrodynamische Prüfung
4780	Rasterelektronenmikroskopie
4790	Elektronische Messgeräte
4800	Entmagnetisierungsanlagen
4810	Farbeindring-Prüfmittel
4820	Farbeindringprüfung
4830	Farbmessgeräte
4840	Feldstärkenmessgeräte
4850	Fertigungs-Messtechnik
4860	Fertigungsüberwachung
4870	Formgestalt-Messgeräte
4880	Fotografische Geräte
4890	Füllstandsmessgeräte
4900	Gefüge-Prüfung
4905	Gestaltung und Berechnung von Schweißkonstruktionen, Schweißpläne u.ä.
4910	Gammagraphie-Geräte
4920	Härteprüfung
4930	ICP-Spektrometer
4940	Informationssysteme
4950	Infrarot-Messtechnik
4960	Infrarotthermographie
4970	Kalibrierung
4980	Kenngrößenbestimmung
4990	Kernspinresonanz
5000	Korrosionsprüfung
5010	Laborqualitätssicherung
5020	Längenmess- und Prüfgeräte
5030	Laminografie
5040	Laserstrahlprüfung
5050	Lasertechnik
5060	Lecksuche
5070	Lichtmessgeräte
5080	Lichtmikroskopie
5090	Magnetpulver
5100	Magnetpulver-Prüfgeräte und Anlagen
5110	Magnetische Prüfung
5120	Manipulatoren
5130	Markiersysteme
5140	Mathematik, Statistik, Rechner
5150	Messdatenerfassung
5160	Messsysteme
5170	Metallografie
5180	Metallografische Prüfungen
5190	Mikrofokus-Röntgenanlagen
5200	Mobilspektrometer
5210	Neutronenstrahlprüfung
5220	Oberflächenprüfgeräte
5230	Optische Prüfung
5240	Penetrieranlagen, -mittel
5250	Physikalische Prüfungen
5260	Prüfdokumentation
5270	Prüfmaschinen
5280	Prüfmittel für Magnetpulverprüfung
5290	Prüfmittelüberwachung
5300	Prüfung von Schweißverbindungen
5310	Qualitätskontrolle
5320	Qualitätsplanung
5330	Qualitätssicherung bei der Prozessüberwachung
5340	Qualitätssicherung bei der Reparatur/Instandhaltung
5350	Qualitätssicherung in der Serienfertigung
5360	Radioaktive Stoffe
5370	Radiographie
5380	Röntgenfilm
5390	Röntgenapparate
5400	Röntgendiffraktometer
5410	Röntgenfilm-Betrachtungsgeräte
5420	Röntgenfluoreszenzanalyse
5430	Röntgenröhren
5440	Röntgenwagen
5450	Röntgenzubehör
5460	Scanner
5470	Schadensanalyse
5480	Schallemissionsanalyse

5490	Schallemissionsgeräte
5500	Schichtdickenmessgeräte
5505	Schweißaufsicht-, Bau-, Betriebs- und Fertigungsüberwachung
5510	Schweißnahtprüfung
5520	Schwingungsmessung
5530	Sicherheitstechnik
5540	Sichtprüfung
5550	Signal- und Bildverarbeitung
5560	Simulation
5570	Software-Pakete
5580	Sonstige zerstörungsfreie Prüfverfahren
5590	Spektralanalyse
5600	Spektral-Analyse-Geräte
5610	Spektralphotometer
5620	Spektrometer
5630	Strahlenmessgeräte
5640	Strahlenschutz-Messgeräte, Bauteile und Stoffe
5650	Steuersysteme
5660	Streuflussprüfgeräte
5670	Temperaturmessgeräte
5680	Thermische Analyse
5690	Thermische Prüfung
5700	Thermografie-Anlagen
5710	Ultraschall-Applikationen
5720	Ultraschall-Prüfgeräte und Anlagen
5730	Ultraschallprüfung
5740	Ultraschall-Reinigungs-Anlagen
5750	Ultraschall-Wandler
5755	UV-Leuchten
5760	Verschleißprüfungen/Erosionsprüfungen
5770	Verwechslungsprüfung
5780	Vibrationsanalyse
5790	Videoanlagen u. Kameras
5800	Wärmeleitfähigkeitsmessgeräte
5810	Werkstoffprüfung
5820	Wirbelstromprüfung
5830	Wirbelstromprüfgeräte und Anlagen
5840	Zerstörungsfreie Prüfung
5850	Zubehör für Prüfeinrichtungen

13 Prüftechnik – Zerstörende Prüfung

5860	Dynamische Bruchprüfung (Battelle-, Drop-Weight-, Double-Torsion-, Explosion-Bulge-, Esso-Kerbschlagbiege-, Kerbschlagzug-, Niblink- und Robertson-Versuch)
5870	Härteprüfung
5880	Hilfsmittel, Automatisierung und Rechnerunterstützung für die zerstörende Prüfung
5890	Kic-Versuch, Rissöffnungsversuch (COD-Versuch)
5900	Schweißbeignungsprüfung (Kaltriss- und Heißrissprüfung u. a.)
5910	Sonstige und mechanisch-technologische Prüfungen
5920	Statische Bruchprüfung (Aufschweißbiege-, Berst-, Deep-, Notch-, Falt-, Kerbbiege-, Kerbzug-, Wide-Plate-Versuch)
5930	Universalprüfeinrichtungen
5940	Zeitstands- und Dauerfestigkeitsprüfung, Schwingprüfanlagen
5950	Zug-, Druck-, Torsions- und Biegeprüfung

14 Prüftechnik – Werkstoffprüfung

5960	Betriebsüberwachung, Fertigungsüberwachung
5970	Kenngrößenbestimmung
5980	Qualitäts- und Fehlerprüfung
5990	Umweltschutzprüfungen
6000	zu prüfende Eigenschaften
6010	zu prüfende Werkstoffe
6020	zu prüfende Bauteile (Anwendungsbereiche)

15 Prüftechnik – Prüfverfahren/Prüfeinrichtungen

6030	Bauteilprüfung/Konstruktionsprüfung
6040	Bruchmechanische Kennwerte
6050	Chemische Prüfungen
6060	Festigkeit, Zähigkeit
6070	Gefügeuntersuchungen
6080	Hilfsmittel für Metallografie (Ätzmittel, Poliermittel, Einbettmassen)
6090	Mechanische Prüfverfahren
6100	physikalische Prüfungen

6110	Schweißbeignungsprüfungen
6120	Technologische Prüfverfahren

16 Qualitätssicherung (nach Masing „Handbuch der QS“)

6130	A+F im QM
6140	Bilatrometrie
6150	Ergonomie der Arbeitsplätze
6160	Gebrauchsanweisungen
6170	Mathematik, Statistik, Rechner
6180	Messtechnik
6190	Organisation zur QS, Versicherungen
6200	Qualitätsplanung, Bewertung
6210	Qualitätssicherung bei der Verpackung, Lagerung und Transport
6220	Qualitätssicherung in Klein- und Mittelbetrieben, im Handwerk
6230	Qualitätssicherung von Software

17 Sonstiges

6240	Aus- und Weiterbildung
6250	Beratungsunternehmen
6260	Datenverarbeitung
6270	Dienstleistungsunternehmen
6280	Fachzeitschriften/Fachbücher
6290	Forschungsinstitute
6300	Informationssysteme
6310	Kalkulationssysteme
6320	Verbände und Organisationen
6330	Zertifizierung

V Auftragsarbeiten und Dienstleistungen für das Fügen, Trennen und Beschichten

2 Auftragsausführungen – Verarbeiten bestimmter Werkstoffe

7030	Aluminium
7040	Automatenstähle
7050	Beschichtete und plattierte Werkstoffe
7060	Beton
7070	Betonstähle
7080	Blei, Wismut, Kobalt, Cadmium
7090	Cermets
7100	Chrom
7110	Dualphasen-Stähle, Duplex-Stähle
7120	Duroplaste
7130	Elastomere
7140	Faserverstärkte Werkstoffe, Verbundwerkstoffe
7150	Feinkornbaustähle
7160	Feuerfestwerkstoffe
7170	Glas
7180	Gusseisen
7190	hochlegierte Stähle
7200	Hochtemperaturwerkstoffe
7210	Keramik, Gläser
7220	Kohlenstoff
7230	Kupfer
7240	Laminat
7250	Leder
7260	Magnesium
7270	Messing
7280	Nickel
7290	Niedriglegierte Stähle
7300	Niob, Mangan
7310	Pappe, Papier
7320	Platin, Gold, Silber
7330	Pressmasse (Polymere)
7340	Rohrstähle
7350	Schienenstähle
7360	Schiffbaustähle
7370	Sinterwerkstoffe
7380	Stahlguss
7390	Superharte Werkstoffe, Superlegierungen (isostatisches Heißpressen)
7400	Thermoplaste
7410	Titan
7420	Unlegierte Stähle
7430	Werkzeugstähle
7440	Wetterfeste Stähle
7450	Wolfram, Tantal, Molybdän

Produktliste

7460 Zinn, Zink
7470 Zirkon, Vanadium, Beryllium
7480 Neue Werkstoffe (hochfeste, Leichtbau-, superharte, Nano-, lichtleitende, elektrische, magnetische Werkstoffe, Implantatwerkstoffe u.a.)

3 Auftragsausführungen – Verarbeitung bestimmter Halbzeuge

7490 Band- und Breitband
7500 Bewehrungsstahl und -matten
7510 Bleche, Platten, Buckelbleche, Lochbleche
7520 Drähte
7530 Federn
7540 Folien, dünne Bänder
7550 Gussstücke
7560 Kunststofffolien, -bänder, -platten
7570 Kunststoffrohre, -flansche und andere Kunststoffhalbzeuge
7580 Kunststoffschläuche
7590 Kunststoffprodukte
7600 Kupferrohre
7610 Messingrohre
7620 Profile (Träger)
7630 Rohre und Flansche
7640 Ronden
7650 Schienen
7660 Schläuche (Metall)
7670 Schmiedestücke
7680 Sinterformteile
7690 Strangpresserzeugnisse

4 Auftragsausführungen bestimmter Fügeoder anderer Fertigungsverfahren

7700 Abbrennstumpfschweißen
7710 Auftragschweißen
7720 Beizen, Sandstrahlen, Polieren, Entgraten und/oder Schleifen
7730 Bolzenschweißen
7740 Flammstrahlen
7750 Brennzuschneide
7760 Elektroerosive, elektrochemische oder chemische Werkstückbearbeitung
7770 Elektronenstrahl-/Laserstrahlschweißen
7780 Elektroschlackeschweißen
7790 Gaspressschweißen
7800 Gasschweißen
7810 Kleben von Kunststoffen
7820 Kleben von Metallen
7830 Kunststoffschweißen
7840 Kunststoffspritzen
7850 Laserstrahlschweißen und/oder -schneiden
7860 Lichtbogenhandschweißen
7870 Löten
7880 Metallisieren, Tauchbeschichten und/oder Eloxieren
7890 Metallspritzen
7900 Oxidkeramikspritzen
7910 Prozesssimulation
7920 Punkt- und/oder Buckelschweißen
7930 Reibschweißen
7940 Roboterschweißen WIG/MIG/MAG
7950 Rollennahtschweißen
7960 Rührreibschweißen
7970 Schutzgasschweißen
7980 Schweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen
7990 Schweißsimulation
8000 Struktursimulation
8010 thermisches Schneiden
8020 Ultraschallschweißen
8030 Unterschiene-, Elektrogasschweißen und/oder UP-Schweißen
8040 Verschrotten
8050 Vibrationsentspannen
8060 Wärmebehandlung und/oder Vergüten
8070 Wartung, Instandhaltung, Reparatur
8080 Werkstoffsimulation
8085 Edelmetallhaltige Abfälle

5 Aus- und Weiterbildung, Zertifizierung, Forschung, Informationsvermittlung, Fachliteratur und Regelwerke

8090 Akkreditierungs- und Zertifizierungsorganisationen
8100 Abnahme-, Zulassungs-, Prüfungs- und Überwachungsorganisationen
8110 Aus- und Weiterbildung und Prüfung von Fachpersonal
8120 Fachbehörden, Kammern, Berufsgenossenschaften
8130 Fachverlage, Bibliotheken (Literatur, Regelwerke, Lehrfilme, Software, CD-ROM- und Diskettendienste, audiovisuelle Medien)
8140 Fügetechnische Forschung und Lehre
8150 Gutachter, Sachverständige
8160 Informationsvermittlung (Literatur- und Faktendatenbankenrecherchen, Expertensysteme, Expertennachweis, Literaturgutachten, Stand-der-Technik- und Trendanalysen)
8170 Regelwerke, Normung, Patente (auch Organisationen)
8180 Technisch-wissenschaftliche Vereine, Industrieverbände

VI Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Spritzen

1 Anlagen und Ausrüstung inkl. Automatisierung, Mechanisierung und Industrieroboter für das Thermische Spritzen

6340 Flammsspritzen mit Draht oder Stab
6350 Flammsspritzen mit Pulver
6360 Kunststoff-Flammsspritzen
6370 Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzen (HVOF)
6380 Detonations-spritzen
6390 Plasmaspritzen
6400 Suspensionsspritzen
6410 Laserspritzen
6420 Lichtbogenspritzen
6430 Kaltgasspritzen
6440 Plasma-Pulver-Auftragsschweißen (PTA)
6450 Druckluft- & Vacuumstrahlen (Vor- und Nachbearbeitung)
6460 Maskierungen & Klebebänder (Vor- und Nachbearbeitung)
6470 Strahlmittel (Vor- und Nachbearbeitung)
6480 Werkzeuge und Schleifmittel (Vor- und Nachbearbeitung)
6490 Ausrüstung zum Sandstrahlen (Vor- und Nachbearbeitung)
6500 Dichtmittel (Vor- und Nachbearbeitung)
6510 Abluft / Filtersysteme / Filter und weitere Ausrüstung
6520 Automatisierte Spritzsysteme
6530 Flusskontrolle
6540 Luftkompressoren
6550 Manipulatoren
6560 Naßabscheider
6570 Prüfausrüstung
6580 Pulverförderer
6590 Roboter
6600 Schallschuttkabinen
6610 Spritzkabinen
6620 Andere Pulver (Zusatzwerkstoffe)
6630 Drähte (Zusatzwerkstoffe)
6640 Intermetallische Pulver (Zusatzwerkstoffe)
6650 Karbidische Pulver (Zusatzwerkstoffe)
6660 Keramische Pulver (Metalloxide/Metallnitride) (Zusatzwerkstoffe)
6670 Keramikstäbe (Zusatzwerkstoffe)
6680 Metallische Pulver (Zusatzwerkstoffe)
6690 Selbstfließende Pulver (Zusatzwerkstoffe)
6700 Spritzpulver-Gemische (Zusatzwerkstoffe)
6710 Suspensionen (Zusatzwerkstoffe)
6720 Thermoplaste (Zusatzwerkstoffe)
6730 Feinschleifen (Vor- und Nachbearbeitung)
6740 Schleifen (Vor- und Nachbearbeitung)

6750 Spanende Bearbeitung (Vor- und Nachbearbeitung)
6760 weiteres (Vor- und Nachbearbeitung)
6770 Aus- und Weiterbildung
6780 Marktforschung
6790 Prüfabschnitte
6800 Prüfdienstleistung / Ausrüstung / Betriebsstoffe
6810 Simuliertes Spritzen
6820 Atmosphärische Korrosion (Schichtsysteme)
6830 Einlaufschichten (Schichtsysteme)
6840 Elektronik (Schichtsysteme)
6850 Maßhaltigkeit (Schichtsysteme)
6860 Hochtemperaturkorrosion (Schichtsysteme)
6870 Sanierung (Schichtsysteme)
6880 Vakuumplasma (Schichtsysteme)
6890 Verschleißschutz (Schichtsysteme)
6900 Wärmeschutz (Schichtsysteme)
6910 Aluminieren
6920 Anodisieren
6930 CVD (Chemical Vapour Deposition)
6940 Eloxieren
6950 Emailieren
6960 Farbbeschichten (Lackieren, Anstreichen, Tauchen)
6970 Flammgrundieren
6980 Kunststoffbeschichten
6990 Metallisieren
7000 PVD (Physical Vapour Deposition)
7010 Tauchbeschichten
7020 Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verkupfern, Verchromen

Preisliste

Veröffentlichung in:



Auflage:
6.000 Exemplare
Erscheinung:
in 6 von 11 Ausgaben
jährlich
Sprache: Deutsch



Auflage:
9.000 Exemplare
Erscheinung:
in 6 von 11 Ausgaben
jährlich
Sprache: Deutsch



Auflage:
8.000 Exemplare
Erscheinung:
6 x jährlich
Sprache: Englisch

Die Vorteile auf einen Blick:

- ☒ **Für jeden etwas dabei:** Der Branchenführer ist nach 13 thematisch unterteilten Hauptgruppen mit mehr als 500 relevanten Stichwörtern sortiert
- ☒ **Alles auf einen Blick:** Jeder Eintrag umfasst die vollständige Firmenschrift inklusive E-Mail- und Internet-Adresse
- ☒ **Kosten sparen:** Wir bieten Ihnen attraktive Staffelpreise nach Anzahl der Stichwörter
- ☒ **Ein Preis – drei Fachzeitschriften:** Sie bezahlen einmalig pro Jahr und sind Monat für Monat mit Ihrem Eintrag über das ganze Jahr in insgesamt 18 Ausgaben dabei
- ☒ **Länderübergreifende Kontakte:** Die Veröffentlichung in unseren deutsch- und englischsprachigen Zeitschriften ermöglicht Ihnen eine Kontaktaufnahme auch über Deutschlands Grenzen hinaus.
- ☒ **Zusätzlich und kostenfrei:** Der Eintrag im Internet unter www.abc-der-fuegetechnik.de mit einer Verlinkung zu Ihrer Homepage
- ☒ **Kostenlose** Veröffentlichung Ihres **Firmenlogos** im Internet unter www.abc-der-fuegetechnik.de. Senden Sie Ihr Logo (jpg-Datei) an folgende E-Mail-Adresse: vanessa.wollstein@dvs-media.info
- ☒ **Beginn der Einträge jeden Monat möglich.** (Abgabe-Termin: 15. des Vormonats)

Preise:

Anzahl der Stichwörter	Kosten pro Jahr/pro Stichwort in EUR*
1	145,00
2 – 5	128,00
6 – 10	113,00
ab 11	100,00

* Auf alle Preise wird die derzeitige MwSt. erhoben.

Jetzt mit verbesserter Internetpräsenz!

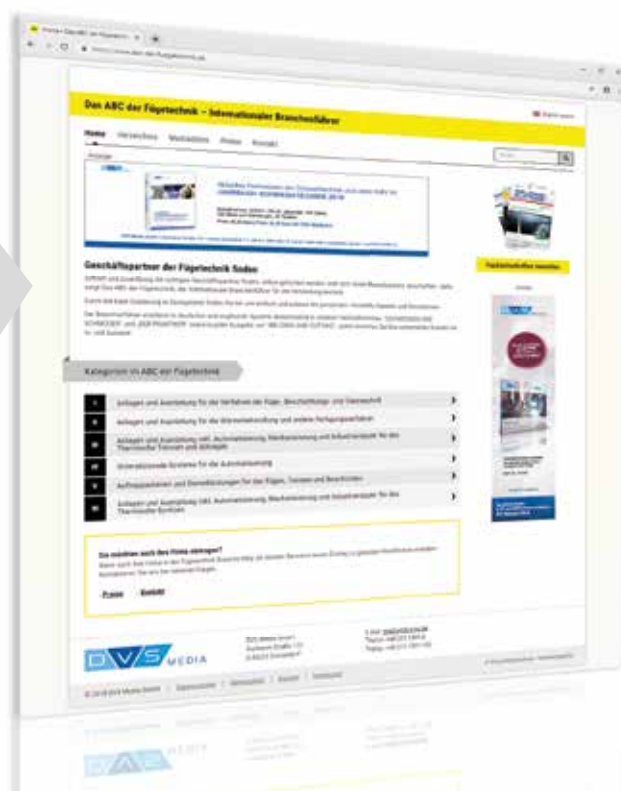
Ihr kompletter Firmeneintrag inklusive Logo und Verlinkung zu Ihrer Homepage erscheint auf www.abc-der-fuegetechnik.de und das komplett **ohne zusätzliche Kosten**.

Die neue Online-Präsenz verdoppelt die Reichweite Ihrer Werbemaßnahmen.

Ihre Ansprechpartnerin:
Vanessa Wollstein



DVS Media GmbH
Postfach 10 19 65, 40010 Düsseldorf
Tel.: +49 211 1591-152
Fax.: +49 211 1591-150
E-Mail: vanessa.wollstein@dvs-media.info
Internet: www.dvs-media.eu



Bestellformular

Firmeneintrag:

Firma

Straße, Hausnummer bzw. Postfach

PLZ, Wohnort

Telefon

Fax

E-Mail

Internet

Alphabetische Einordnung unter dem Buchstaben: (bitte ankreuzen)

A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z

unter nachstehenden Stichwörtern:

Code-Nr.: (Die Code-Nr. entnehmen Sie bitte der Produktliste auf den vorangegangenen Seiten)

- | | | | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1. _____ | 6. _____ | 11. _____ | 16. _____ | 21. _____ | 26. _____ |
| 2. _____ | 7. _____ | 12. _____ | 17. _____ | 22. _____ | 27. _____ |
| 3. _____ | 8. _____ | 13. _____ | 18. _____ | 23. _____ | 28. _____ |
| 4. _____ | 9. _____ | 14. _____ | 19. _____ | 24. _____ | 29. _____ |
| 5. _____ | 10. _____ | 15. _____ | 20. _____ | 25. _____ | 30. _____ |

Zusätzlich und kostenfrei: Der Eintrag im Internet unter www.abc-der-fuegetechnik.de, mit einer Verlinkung zu Ihrer Homepage sowie die Veröffentlichung Ihres Firmenlogos. Bitte senden Sie das Bestellformular mit Ihrem Logo (jpg-Datei) an folgende E-Mail Adresse: vanessa.wollstein@dvs-media.info.

Ansprechpartner

Bestellzeichen

Datum

Unterschrift

Die Einträge im Branchenführer erfolgen jeweils mit einer Laufzeit von 12 Monaten bis auf Widerruf.
Abbestellungen werden zum Ende des jeweiligen Bezugsjahres unter Einhaltung einer Frist von 6 Wochen angenommen.
Stichtag ist jeweils der 15. des Monats.

**Neuaufgabe
2019!
Jetzt bestellen!**

Schweißen im Stahlbau

Normen für die Herstellerzertifizierung nach DIN EN 1090-1

Schlosserei-, Metall- und Stahlbaubetriebe müssen seit Juli 2012 für tragende Bauteile aus Stahl und Aluminium, die als Bauprodukte in Verkehr gebracht werden sollen, einen Konformitätsnachweis nach DIN EN 1090-1 erbringen. Dieses Normen-Handbuch stellt alle hierfür benötigten Normen sowie DVS-Merkblätter und -Richtlinien zu folgenden Bereichen bereit:

Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe // Ausführung von Stahltragwerken // Technische Lieferbedingungen für Erzeugnisse aus Baustählen // Arten von Prüfbescheinigungen // Schweißaufsicht // Schweißerprüfung // zeichnerische Darstellung von Schweißnähten // schweißtechnische Qualitätsanforderungen // Schweißverfahrensprüfung/-anweisung // Bewertungsgruppen für Unregelmäßigkeiten (Stahl, Nickel, Titan) // Werkstoffgruppeneinteilung // technische Gase zum Schweißen.



DIN-DVS-Normen-Handbuch

Schweißen im Stahlbau

Normen für die Herstellerzertifizierung nach DIN EN 1090-1

Erscheinungstermin: August 2019

6. Auflage 2019, 1184 Seiten

Best.-Nr.: 502690, ISBN: 978-3-96144-063-4

Preis: 232,00 EUR

Auch als eBook erhältlich!

Sonderpreis Buch + eBook: 301,60 EUR

Folgende Normen wurden neu aufgenommen:

- **DIN EN 10164** – Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche – Technische Lieferbedingungen
- **DIN CEN/TR 17052** – Leitfaden für die Umsetzung von EN 1090-1:2009 +A1:2011, Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile

Folgende Normen wurden aktualisiert:

- **DIN EN 1090-2** – Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken
- **DIN EN ISO 9013** – Thermisches Schneiden – Einteilung thermischer Schnitte – Geometrische Produktspezifikation und Qualität
- **DIN EN ISO 9606-1** – Prüfung von Schweißern – Schmelzschweißen – Teil 1: Stähle
- **DIN EN ISO 13916** – Schweißen – Messung der Vorwärm-, Zwischenlagen- und Haltetemperatur
- **DIN EN ISO 14731** – Schweißaufsicht – Aufgaben und Verantwortung
- **DIN EN ISO 15612** – Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Qualifizierung durch Einsatz eines Standard-schweißverfahrens
- **DIN EN ISO 15614-1** – Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen
- **DVS 0700** – Voraussetzungen zum Erwerb der Berechtigung, betriebseigene Schweißer- und/oder Bedienerprüfungsbescheinigungen als Hersteller auszustellen
- **DVS 1712** – Werkseigene Produktionskontrolle nach DIN EN 1090-1/-2 von repräsentativen Bauwerken, Tragwerken bzw. Bauteilen aus Stahl am Beispiel eines Anbaubalkons in EXC 1

DVS Media GmbH, 40010 Düsseldorf
Postfach 10 19 65
Postvertriebsstück
Gebühr bezahlt

G 6253

DAS NEUE UNIVERSUM DER SCHWEISSTECHNISCHEN INFORMATION



Jetzt online: www.home-of-welding.com