

Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik
an der Universität Hannover
Wilhelm-Busch-Str. 18
D-30167 Hannover

Hrsg.: Manfred Fülbier
Walter Pirk

**Technologie-Monitoring
„Fertigungs- und Bearbeitungstechnik
Oberflächentechnik
Werkstofftechnik“**

Walther Brauer (Sprecher)	Schneidverfahren Schweißen von Nichteisenmetallen
Dr. Marlies Drey	Oberflächentechnologien
Dirk Glinsky	Mikrofügen
Hans-Jürgen Poeck	Klebertechniken



Wissens- und Technologietransfer an den Berufsbildungsstätten des Handwerks

Internet: www.hpi-hannover.de/tt-netzwerk

Technologie: Schneidverfahren
Technologiepate: Walther Brauer

Entwicklungstrend/Kernaussagen:

Thermische Schneidprozesse spielen in der Schweißtechnik sowohl für den Werkstückzuschnitt wie auch für die Fugenvorbereitung eine wichtige Rolle. Da das autogene Brennschneiden, das Plasmaschneiden, das Wasserstrahlschneiden und das Laserstrahlschneiden in vielen Fällen konkurrierende Verfahren sind, wird in Publikationen vorrangig über Untersuchungen zur Steigerung der Schneidleistung und zur Verbesserung der Schnittqualität berichtet. Es ist aber zu beachten dass auf verschiedenen Gebieten jedes Verfahren seine Stärken hat. Die Schnittqualität ist eines der Hauptkriterien für den Einsatz des Verfahrens für die weitere Prozesstechnologie. Unter Schnittqualität werden vorwiegend die geometrischen Unregelmäßigkeiten des Trennschnittes verstanden.

Über die erfolgreiche Anwendung neuronaler Netze zur Vorhersage der Schnittqualität beim Plasmaschneiden wurde berichtet. Die Auswirkungen der technologischen Verfahrensparameter auf die Qualität der Schnittflächen beim Sauerstoff-Plasmaschneiden wurden erläutert. Auf neue Entwicklungen spezieller Brennerköpfe und Strategien für das Plasmaschneiden im unteren Blechdickenbereich wurde eingegangen. In der Anwendung des Laserstrahlschneidens im Automobilbau ließen sich mit einem CO₂-Laser an 1 mm dicken Blechen aus Stahl und Al Schneidgeschwindigkeiten von über 30 m/min erreichen.

In vielen Publikationen wird auf die Marktentwicklung, Wirtschaftlichkeit, Marktführer u.s.w. eingegangen. Z.B. im „Schweißtechnisches Fachwissen“ von Fr.-W. Bach, St. Brandt, M. Goede, H. Louis und R. Versemann – Hannover-, werden in der Schweiß- und schneidtechnischen Fertigung Entwicklungen und Anwendungen thermischer und mechanisch/hydraulischer Schneidtechniken erläutert.

---- Verfahrensvergleich Autogen – Laser - Wasserstrahl – Plasma ----

Anwendungsmöglichkeiten der Trennverfahren bei Bewertung der Qualität, Produktivität und Wirtschaftlichkeit (1= bestes Verfahren, 4= ungünstigstes Verfahren)

Anforderungen	Toleranzbereich	Autogen	Laser	Wasserstrahl	Plasma
Baustahl < 5 mm	bis ± 0,5 mm	3	2	4	1
Baustahl < 5 mm	bis ± 0,1 mm	nein	1	2	2
Baustahl 5 – 20 mm	bis ± 0,5 mm	2	3	4	1
Baustahl 5 – 20 mm	bis ± 0,2 mm	2	1	3	1
Baustahl >15 – 25 mm	bis ± 0,5 mm	2	3	3	1
Baustahl 25 – 45 mm		1	nein	3	1 (O ₂)
Baustahl >45 mm		1	nein	2	2
Hochlegierte Stähle		nein	ja	ja	ja
Aluminium		nein	(ja)	ja	ja
Kunststoffe		nein	ja	ja	nein

Bewertungskriterien beim Trennen metallischer Werkstoffe

Kriterium	Laser	Plasma HIFocus	Plasma Feinstrahl	Autogen	Wasserstrahl	Nippeln Stanzen
Notwendige Vorbereitung	entzünden entrostet	keine	keine	keine	keine	Keine
Hauptprozess	sehr hohe Energiekonzentration	sehr hohe Energiekonzentration	hohe Energiekonzentration	hoher Wärmeeintrag	keine Wärme	Verfestigung Scherbearbeitung
Notwendige Nachbereitung	bis 12 mm keine	bis 12 mm keine (100A)	bis 25 mm keine (250A)	richten entgraten	keine	entgraten
Masshaltigkeit Präzision	sehr hoch	sehr hoch	hoch / mittel	gering	sehr hoch	mittel / hoch
Thermischer Verzug	gering	gering	gering	groß	kein Verzug	kein Verzug
Werkstoffe	Baustahl, hochleg. Stahl, Alu (dünn), Buntmetalle (schwierig)	Baustahl, hochleg. Stahl, Alu, Kupfer, Plattierungen, Guss	Baustahl, hochleg. Stahl, Alu, Kupfer, Plattierungen, Guss	Baustahl	Baustahl, hochleg. Stahl, Alu, Kupfer, Plattierungen, Guss	Baustahl Hochleg. Stahl (dünn) Alu, Kupfer
Bearbeitbare Blechdicke (Standardbereiche)	0,5 – 12 mm	0,5 – 8 mm 6 – 25 mm	5 – 50 mm	10 – 500 mm	0,5 – 12 mm	< 8 mm
Wirtschaftlichkeit	hoch	sehr hoch	hoch	mittel (nur für Baustahl)	gering	mittel

Zeithorizont:

= Ist-Zustand	> Ist-Zustand	bis 2005	bis 2010	nach 2010
gering		mittel		hoch
gering		mittel		hoch

Eintrittswahrscheinlichkeit:

Handwerks-Relevanz

Betroffene Gewerke: Karosserie- und Fahrzeugbauer, Metallbauer

Auswirkungen/Probleme/Zukünftige Aktivitäten zur Beschleunigung des Technologietransfers:

Nr.	Umsetzungsgrad der Technologie	Nicht	Vereinzelt	Überwiegend	Flächendeckend
1	Ausstattung ist in Bildungsstätten vorhanden				
2	Technologie ist Bestandteil der überbetrieblichen Unterweisung				
3	Technologie ist Bestandteil der Meistervorbereitung (inkl. Ausstattungs-nutzung)				
4	Informationen über die Technologie werden in Fort- und Weiterbildungskursen vermittelt				

Tab.: Umsetzungsgrad der Technologie in den Berufsbildungs- und Technologiezentren des Handwerks



Weitere Literatur:

- „Strahlwerkzeug Laser“ Teubner Verlag Stuttgart
- „Schnittflächenqualität beim Schneiden“ VDI – Gesellschaft
- Produktionstechnik (ADB); Düsseldorf und Beutverlag Berlin

Technologie: Schweißen von Nichteisenmetallen
Technologiepatente: Walther Brauer

Entwicklungstrend/Kernaussagen:

Aluminium und Aluminiumlegierungen verfügen über ausgezeichnete Gebrauchseigenschaften. Gegenüber dem bisher eingesetzten WIG-Kaltdrahtschweißen bietet das WIG Heißdrahtschweißen Vorteile bezüglich Schweißgeschwindigkeit und Nahtqualität. Der Einsatz von Schweißprozesssimulationen unter Nutzung der Finite-Elemente-Methode verhindert Warmrisse beim WIG-Schweißen der hochfesten Al-Legierung 2024.

Bei MIG-Auftragschweißungen an 3–15 mm dicken Blechen wurden Einflüsse verschiedener Schutzgase untersucht auf das Einbrandverhalten.

Bei der schweißtechnischen Verarbeitung von Al-Werkstoffen treten im Vergleich zur Verwendung von Stahl spezifische Probleme auf: Oxidschicht auf der Werkstückoberfläche, hohe Wärmeleitfähigkeit, hoher Wärmeausdehnungskoeffizient, Neigung zur Porenbildung und Heißrissempfindlichkeit. Aufgrund seiner Verfahrensspezifität eignet sich das Plasma-MIG-Schweißen sehr gut zum Schweißen von Al-Werkstoffen.

Bei Al-Sandgussbauteilen konnte damit für 10 mm dicke Teile die Schweißzeit im Vergleich zum WIG-Schweißen auf 1/25-ten gegenüber dem WIG-Schweißen gesenkt werden.

Im Hinblick auf den Entgasungsprozess ist das Schmelzschweißen von Al-Druckgusslegierungen mit dem Laser- und Elektronenstrahl am günstigsten. Das Schweißbad wird wirkungsvoll entgast, so dass sich porenarme Schweißverbindungen mit minimalem Bauteilverzug herstellen lassen. Bei Al-Großgussteilen werden verstärkt Laserstrahltechniken als Fügeverfahren zum Einsatz kommen. Auch zum Bolzenschweißen von Al und Al-Legierungen liegen erste Ergebnisse vor.

In der Luft- und Raumfahrtindustrie ist man bemüht, künftig genietete Flugzeugstrukturen durch geschweißte zu ersetzen. Zur Beurteilung der Schweißbarkeit eingeführter und neuer Al-Werkstoffe ist neben der allgemeinen Nahtausbildung - verbunden mit einer geringen Neigung zur Porenbildung - der Widerstand gegen Heißrisse ein wichtiger Gradmesser. Da die bekannten Heißrisprüftechniken nur für das Lichtbogenschweißen geeignet sind, wurde für die Bestimmung der Laserstrahlschweißbarkeit von Al-Werkstoffen der Luft- und Raumfahrt der DELTA-Test entwickelt. Mit ihm sind die Differenzierung und Weiterentwicklung verschiedener Al-Werkstoffsysteme und Schweißzusatzwerkstoffe möglich. Darüber hinaus kann auch ein Vergleich zwischen Lichtbogen- und Laserstrahlschweißprozessen bezüglich ihrer Einflüsse auf die Heißrissempfindlichkeit ausgeführt werden.

Mit den drei Verfahrensvarianten Auftragen, Legieren und Dispergieren des Pulver-Plasmaschweißens sowie dem Einsatz pulverförmiger Zusatzwerkstoffe lassen sich sowohl die Härte als auch die Verschleißbeständigkeit von Al und dessen Legierungen deutlich steigern. Neben der Bearbeitung größerer Flächen sind diese Verfahren vor allem für eine örtliche Oberflächenveredelung von Al-Bauteilen geeignet, bei denen beispielsweise Verschleiß auf begrenzten Flächen auftritt.

Beim Reibschweißen von metallischen Werkstoffen steht das Verbinden der unterschiedlichsten Werkstoffe und Werkstoffkombinationen auf Al-Basis im Mittelpunkt der Betrachtungen.

Bei der Herstellung von Werkstoffverbunden aus Al und Stahl zeichnet sich das Reibschweißen insbesondere durch seine Einsatzmöglichkeiten, Verfügbarkeit, Prozesssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Qualität aus. Die Schweißbarkeit hängt unter anderem von den einzelnen Legierungs-

pen und der Größe des zu schweißenden Querschnitts ab. Gleichzeitig ist die Bildung spröder intermetallischer Phasen auf ein unkritisches Maß zu begrenzen. Dies wird durch zum Teil sehr kurze Prozesszeiten erreicht. Die effektive Reibzeit beträgt manchmal nur etwa 0,3 s, das entspricht 1 bis 4 Bauteilumdrehbewegungen für den Schweißvorgang. Neben einer verstärkten Nachfrage nach Verbindungen zwischen Al und Stahl werden im Rahmen zunehmender Leichtbaubestrebungen auch Verbindungen zwischen Mg, Ti, Werkstoffen mit intermetallischen Phasen und Stahl interessant. Dabei kommen nicht nur Verbindungen mit Walz- und Knetprodukten, sondern auch mit Gusswerkstoffen vermehrt zum Einsatz.

Ein neues Verfahren ist das Rührreibschweißen. Beim Rührreibschweißen wird ein rotierender Rührpin, der aus einer zylindrischen Schulter herausragt, üblicherweise in den Stumpfstoß zweier Bleche gedrückt. Nach einer definierten Zeit der Reibungswärmeerzeugung wird das Werkzeug dann entlang der Stumpfnahat der Bleche weiterbewegt. Hierdurch wird der überwiegend von der Werkzeugschulter erwärmte plastifizierte Werkstoff verrührt.

Die Verbindung der Bleche erfolgt also ähnlich einer Warmumformung. Eine besondere Ausformung der Naht vor der Verschweißung sowie ein Zusatzwerkstoff ist nicht erforderlich. Die Reproduzierbarkeit (Prozesssicherheit) ist beim Rührreibschweißen deutlich besser als beim Schmelzschweißen. Mit diesem Verfahren sind alle extrudierbaren Werkstoffe schweißgeeignet. Selbst höchstfeste Al-Legierungen, Al-Druckguss- und Metall-Matrix-Werkstoffe, Mg-, Cu- und Zn-Legierungen sowie Stahl und Ti können aufgrund geringer Eigenspannungen und des sehr feinkörnigen Schmiedegefüges in der Verbindungszone mit hohen statischen und dynamischen Festigkeitseigenschaften verbunden werden. Da beim Schweißvorgang große Kräfte aufzunehmen sind, ist hierfür eine geeignete Spannvorrichtung erforderlich.

Mit dem Rührreibschweißen lassen sich überwiegend geradlinige ebene Strukturen im I-Stoß fügen. Erfahrungen liegen bereits für Stumpf-, Überlapp- und Eckstöße vor. Die Blechdicke kann beim einlagigen Schweißen zwischen 1,2 und 46 mm liegen. Ein 2 mm dickes Al-Blech wurde mit Schweißgeschwindigkeiten bis zu 2 m/min geschweißt; 5 mm dicke Al-Bleche mit einer Schweißgeschwindigkeit von 1 m/min. Die maximale Spaltüberbrückbarkeit beträgt 2 mm.

Der Lehrstuhl für Werkstoffkunde der TU Kaiserslautern zählt zu den wenigen deutschen Forschungseinrichtungen, die das Rührreibschweißen anwenden und eine Lizenz des Patentinhabers (The Welding Institute, England) besitzen. Das Friction Stir Welding wird am Lehrstuhl für Werkstoffkunde auf einem modifizierten CNC-Bearbeitungszentrum durchgeführt. Die Fügetemperatur wird dabei sowohl thermometrisch als auch thermografisch mit Hilfe einer geometrisch und zeitlich hochauflösenden Thermokamera erfasst.

Zeithorizont:

Eintrittswahrscheinlichkeit:

Handwerks-Relevanz

= Ist-Zustand	> Ist-Zustand	bis 2005	bis 2010	nach 2010
gering		mittel		hoch
gering		mittel		hoch

Betroffene Gewerke: Karosserie- und Fahrzeugbauer, Metallbauer - Zulieferindustrie -

Auswirkungen/Probleme/Zukünftige Aktivitäten zur Beschleunigung des Technologietransfers:

Nr.	Umsetzungsgrad der Technologie	Nicht	Vereinzelt	Überwiegend	Flächendeckend
1	Ausstattung ist in Bildungsstätten vorhanden				
2	Technologie ist Bestandteil der überbetrieblichen Unterweisung				
3	Technologie ist Bestandteil der Meistervorbereitung (inkl. Ausstattungsnutzung)				
4	Informationen über die Technologie werden in Fort- und Weiterbildungskursen vermittelt				

Tab.: Umsetzungsgrad der Technologie in den Berufsbildungs- und Technologiezentren des Handwerks

Informationszentren für Schweißen von Nichteisenmetallen:

- Raumfahrttechnologie MAN Stuttgart (www.deutsche.raumfahrtindustrie.de)
- GDA Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V. (www.aluinfo.de)
- DVS Deutscher Verband für Schweißtechnik (www.dvs-ev.de)
- Publikation DVS -Nr.: 01.029, AiF-Nr 12.934B „Werkstoffkundliche Kennwerte geschweißter Aluminiumbauteile in Abhängigkeit von der Wärmeeinbringung“
- DVS- Nr.: 03.054, AiF- Nr.: 13.141B „MSG- Drahtschweißen von Aluminiumwerkstoffen“
- Lehrstuhl für Werkstoffkunde der TU Kaiserslautern
- (www.uni-kl.de/WKK/deutsch/laboreinrichtung/rrs.htm)

Technologie: Oberflächentechnologien
Technologiepate: Dr. Marlies Drey

Entwicklungstrend/Kernaussagen:

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Oberflächen- und Schichttechnologie zu einer wichtigen Querschnitts- und Schlüsseltechnologien entwickelt, die maßgeblich eine Vielzahl von Funktionalitäten von hochwertigen technischen Produkten beeinflusst. Viele Branchen können auf moderne Schichttechnologien nicht verzichten: Beispielsweise verringern ultradünne Hartstoffschichten den Verschleiß von Präzisionswerkzeugen ganz erheblich; Lichtwellenleiter werden mittels optischer Schichten optimiert und Diamant in Lagen weniger Millimeter ist ein idealer Werkstoff für mikroelektronische Bauelemente. Verschiedene Gewerke des Handwerks werden im Zuge der Entwicklung von den Technologien mit beeinflusst, inwieweit sie sich selber dieser Verfahren bedienen, muss im Einzelnen abgeklärt werden. Eine pauschale Bewertung ist nicht möglich und sinnvoll. Eine Unterscheidung nach den einzelnen Verfahren ist detailliert vorzunehmen.

Mit modernen Oberflächen- und Schichttechnologien werden funktionstragende Oberflächen erzeugt, verändert und charakterisiert. Mittlerweile existiert eine Vielzahl innovativer Beschichtungsverfahren, die plasma-, vakuum- und ionentechnisch gestützt arbeiten. Hinzugekommen ist die Sol-Gel-Technik, die als Tieftemperaturmethode besonders gut geeignet ist für die Herstellung von hybriden Beschichtungsmaterialien, d. h. von Verbundsystemen mit anorganischen und organischen Werkstoffkomponenten. Wichtige Verfahren der Oberflächen- und Schichttechnologien sind:

- Abtragstechniken, z.B. Ätzen
- Analytik / Mess- und Prüftechnik
- CVD (Chemical Vapour Deposition)
- Eloxieren /Anodisieren
- Feuerverzinken
- Galvanotechnik
- Ionen-/Elektronenstrahlverfahren
- Lackieren
- Lasergestützte Verfahren
- PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition)
- PVD (Physical Vapour Deposition)
- Sol-Gel-Verfahren
- Thermisches Spritzen
- Wärmebehandlung / Plasmanitrieren
- Wirbelsintern

Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich im Wesentlichen durch:

- Phase der Ausgangsstoffe (fest, flüssig, gasförmig)
- Art der Anregung (thermisch, chemisch, Strahlung, Plasma) und Temperaturbereich der Werkstoffe (Metalle, Keramik, Glas, Polymere)
- Schichtmaterial (Metalle, Keramik, Polymere, Suboxide, DLC)
- Erzielbare Schichtdicken (wenige nm, µm bis mm)
- Verfahren zum Aktivieren, Reinigen und Abtragen.

Die aufgeführten Verfahren haben sich etabliert und werden in unterschiedlichsten Varianten weiter verbessert bzw. für spezielle Anwendungen angepasst. Eines haben alle Verfahren gemeinsam: Sie verändern die Eigenschaften der Oberfläche und damit des gesamten Produktes. Die Liste der Eigenschaften, die durch moderne Beschichtungsverfahren erreicht werden können, ist lang. Sie reicht von Barriere- und Permeationseigenschaften, über das Benetzungsverhalten bis hin zu dekorativen Effekten. Eine wichtige Eigenschaft, die insbesondere in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat, ist die Biokompatibilität, denn im Bereich der Medizintechnik werden besonders hohe Anforderungen an die Oberflächen gestellt.

Betroffene Gewerke: So breit gefächert wie die Eigenschaften moderner Oberflächen, sind auch ihre Anwendungsfelder. Es ist schwierig, die Verfahren einer Branche zuzuordnen. Viele Handwerksberufe, insbesondere Gewerke des Metall- und Elektrogewerbes, Tischler, Augenoptiker, Zahntechniker, Orthopädiemechaniker, Glaser, Feinoptiker, Vergolder, Schilder- und Lichtreklamehersteller nutzen moderne Oberflächentechnologien.

Auswirkungen / Probleme / Zukünftige Aktivitäten zur Beschleunigung des Technologietransfers:

Die TT- und Innovationsberater im Handwerk sind bestrebt, den Themenbereich „Oberflächentechnik“ in Informationsveranstaltungen über „Neue Technologien im Handwerk“ einzubetten. Zur gegenseitigen Information wird das Netzwerk genutzt. Die Transferbemühungen beinhalten die Zusammenarbeit zwischen innovativen Handwerksunternehmen, Forschungsabteilungen der Hoch-/Fachschulen und Wissenschaftlichen Institutionen. Ansatzpunkte für eine bessere Multiplikatorenwirkung können ggf. mit der Erfassung interessanter Beispiele durch die Technologieberater gefunden werden. Die Integration in die berufliche Bildung und die Information der relevanten Multiplikatoren sollte vorangetrieben werden.

Nr.	Umsetzungsgrad der Technologie	Nicht	Vereinzelt	Überwiegend	Flächendeckend
1	Ausstattung ist in Bildungsstätten vorhanden				
2	Technologie ist Bestandteil der überbetrieblichen Unterweisung		branchenspezifisch		
3	Technologie ist Bestandteil der Meistervorbereitung (inkl. Ausstattungsnutzung)		branchenspezifisch		
4	Informationen über die Technologie werden in Fort- und Weiterbildungskursen vermittelt		branchenspezifisch		

Tab.: Umsetzungsgrad der Technologie in den Berufsbildungs- und Technologiezentren des Handwerks

Informationszentren für Oberflächentechnologien:

Mit der Entwicklung und Anwendung sind viele universitäre, sowie wissenschaftliche Einrichtungen und Firmen beschäftigt, die für die Informationsgewinnung zum Technologietransfer in Betracht kommen. Es ist schwierig, auf Grund der Verfahrensvielfalt und ohne Anwendung eine Auswahl zu treffen. Ohne Rangfolge und Wertung sind auszugsweise zu nennen:

BAM Berlin, Fraunhofer-Institute und Einrichtungen, Technische Universitäten und Fachhochschulen, VDI-Technologiezentren, SEMCO Glasbeschichtung GmbH, Leybold Systems GmbH, Carl Zeiss, von Ardenne Anlagentechnik GmbH, Siemens AG, COATEC GmbH Metall- u. Keramikbeschichtung, VTD Vakuumtechnik Dresden GmbH,

Informationen zum Thema Oberflächentechnologien, z.B. im Internet:



- www.surface-net.de
- www.eurodatabse.org/index.php3
- www.euro-surface.org
- www.nanonet.de
- www.plasma-net.de
- www.akplasma.org



Technologie: Mikrofügen ¹
Technologiepate: Dirk Glinsky

Entwicklungstrend/Kernaussagen:

Die Mikrosystemtechnik gilt weltweit als eine der entscheidenden Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Mikrotechnische Produkte haben in vielen Bereichen des täglichen Lebens längst Einzug gehalten. Dabei dehnt die Mikrotechnik bzw. die Mikrosystemtechnik (MST) die Erfolgsstrategie der Miniaturisierung auch auf nicht elektronische Elemente mit mechanischen, akustischen, optischen, magnetischen, thermischen, chemischen, biologischen und anderen Funktionen aus. Für die Fertigung von mikrotechnischen Bauteilen mit charakteristischen Abmessungen im Mikrometerbereich sind aufgrund der vielseitigen Anwendungsgebiete eine breite Werkstoffpalette und ein ganzes Bündel unterschiedlicher Herstellungsverfahren notwendig. Die in der Mikrosystemtechnik eingesetzten Fügeverfahren sind einerseits konventionell, andererseits müssen sie für die kleinsten Dimensionen der MST oft sehr unkonventionell ausgelegt sein.

Der Laser bewährt sich auch in der Mikrofügetechnik als flexibles Strahlwerkzeug für unterschiedliche Werkstoffe und Anwendungsgebiete. Die ständig wachsenden Anforderungen an die Qualität der Endprodukte und die Effizienz der Produktion führen zu einem verstärkten Einsatz von Diodenlasersystemen in der Fertigung. Dabei stehen verschiedene Anwendungen im Vordergrund des Interesses. Vor allem ist dies das Laserstrahllöten zur Herstellung zuverlässiger elektrisch-mechanischer Verbindungen. Es ist ein herausragendes Verfahren zum Herstellen von Weichlötverbindungen für elektronische Bauelementanschlüsse in temperaturempfindlicher Umgebung. Als Bestrahlungskonzepte können dabei "single point" und "simultanes" Laserstrahllöten zum Einsatz gelangen, wobei durch die Integration einer Online-Qualitätskontrolle nachgeschaltete kostenintensive Prüfungen entbehrlich werden. Durch eine Kombination von Bestücken und Laserstrahllöten können weitere Produktivitätssteigerungen erreicht werden. Gasdichte Verbindungen an thermoplastischen Gehäusen für Elektronikbaugruppen im Automobilbereich lassen sich durch das Laserstrahlschweißen von Kunststoff im so genannten Durchlichtschweißverfahren erzielen. Neben Nd:YAG-Festkörperlasern kann man vor allem Diodenlasersysteme mit integrierter Sensorik zur Prozessregelung vorteilhaft einsetzen.

Aufgrund ihrer steigenden Ausgangsleistung gewinnen Faserlaser zunehmend an Bedeutung für die Mikrobearbeitung. In Verbindung mit einer speziellen Bearbeitungsoptik eignen sie sich für Mikroschweißungen mit Strahldurchmessern von maximal 10 bis 15 µm zum Beispiel an Mikrozahnrädern in Uhrwerken.

Im Bereich der Kleinteilefertigung in der Feinwerk- und Elektrotechnik wird das Mikrowiderstandsschweißen vornehmlich zum Verbinden von Fügepartnern aus unterschiedlichen Metallen (Nichteisen-, Schwer- und Edelmetalle) mit unterschiedlicher thermischer und elektrischer Leitfähigkeit, Schmelztemperatur und Oberflächenbeschichtung eingesetzt.

Zeithorizont:

Eintrittswahrscheinlichkeit:

Handwerks-Relevanz

= Ist-Zustand	> Ist-Zustand	bis 2005	bis 2010	nach 2010
gering		mittel		hoch
gering		mittel		hoch

Betroffene Gewerke: Feinwerkmechaniker, Informationstechniker, Elektrotechniker, Uhrmacher

¹ Schweißen und Schneiden, 53 (2001), Heft 6, DVS Verlag
 Stand: 28.04.2005

Auswirkungen/Probleme/Zukünftige Aktivitäten zur Beschleunigung des Technologietransfers:

Da die Handwerksrelevanz mit eher niedrig eingeschätzt wird, ist vor allem im Bereich der Laserbearbeitung und da insbesondere auch das Laserschneiden eine Chance zu sehen. In der Region Neuruppin ist dies besonders für die Metallbauer (FR Fahrzeugbau) relevant, wo auch bereits erste Kontakte hinsichtlich Prototypenfertigung bestehen.

Unsere Aktivitäten werden wir dahingehend verstärken, um mit ersten Probefertigungen auch das Interesse anderer Handwerker für diese Technologie zu gewinnen und in Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen dieses Thema mit einfließen zu lassen.

Nr.	Umsetzungsgrad der Technologie	Nicht	Vereinzelt	Überwiegend	Flächendeckend
1	Ausstattung ist in Bildungsstätten vorhanden	Neuruppin			
2	Technologie ist Bestandteil der überbetrieblichen Unterweisung				
3	Technologie ist Bestandteil der Meistervorbereitung (inkl. Ausstattungsnutzung)				
4	Informationen über die Technologie werden in Fort- und Weiterbildungskursen vermittelt				

Tab.: Umsetzungsgrad der Technologie in den Berufsbildungs- und Technologiezentren des Handwerks

Informationszentren für Mikrofügen:

Institut für Schweißtechnische Fertigungsverfahren
 Pontstrasse 49
 52062 Aachen

Informationen zum Thema Mikrofügen, z.B. im Internet:

www.isf-aachen.de



Technologie: Klebtechnik
Technologiepate: Hans-Jürgen Poeck

Entwicklungstrend/Kernaussagen:

Die traditionellen Verbindungstechniken haben wohlbekannte Nachteile. Bei thermischen Verfahren wie dem Schweißen verändert der Werkstoff innerhalb einer Wärmeeinflusszone sein spezifischen Eigenschaften. Mechanische Verfahren wie Nieten oder Schrauben wiederum ermöglichen nur eine punktförmige Kraftübertragung; außerdem muss man in die zu verbindenden Werkstücke auch noch Löcher bohren, den Werkstoff also verletzen und damit schwächen. Die Klebtechnik nimmt aus drei wesentlichen Gründen zukünftig in Industrie und Handwerk eine Schlüsselstellung ein.

Es lassen sich nahezu alle Werkstoffkombination langfristig beständig verbinden. Durch den Fertigungsprozess „Kleben“ werden die Werkstoffeigenschaften nicht unzulässig verändert. Darüber hinaus lassen sich über das eigentliche Verbinden neue Eigenschaften in das Bauteil integrieren¹. Das Kleben hat in den letzten Jahren durch sein hohes Innovationspotenzial zunehmend in der Industrie an Bedeutung gewonnen. Das Kleben ist im Handwerk ein nur noch selten eingesetztes Fügeverfahren.

Für den jeweiligen "Klebfall" ist der richtige Klebstoff aus ca. 30.000 verschiedenen Klebstoffen auszuwählen. Die exakt zu beachtenden Verfahrens- bzw. Arbeitsanweisungen der Klebstoffhersteller können von vielen Betrieben aufgrund von fehlenden betrieblichen Voraussetzungen nicht umgesetzt bzw. eingehalten werden. Für die Klebstoffe werden oft besondere Anforderungen an Lagerräume und Behälter gestellt. Die technische Ausstattung der Arbeitsplätze sowie auch die teilweise besonderen Anforderungen des Umweltschutzes und der Arbeitssicherheit sind für viele Betriebe ein Hindernis die Klebtechnik als Fügeverfahren einzusetzen.

Eine qualifizierte Ausbildung/Schulung der Handwerker ist eine wichtige Voraussetzung für die betriebliche Umsetzung der Klebtechnik. Die Personalqualifizierung für das Kleben ist in DVS (Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V.) - EWF (European Federation for Welding, Joining and Cutting) - Richtlinien geregelt. Die Ausbildung ist ähnlich der Ausbildung in der Schweißtechnik strukturiert.

Die Ausbildung zum DVS-EWF-Klebpraktiker/in dauert 40 Stunden und hat als Zielgruppe die ausführende Ebene Gesellen, Gesellinnen und Facharbeiter/innen. (DVS-EWF-Richtlinie 3305) Für Meister und Vorarbeiter ist die 120 Stunden dauernde Qualifikation zur DVS-EWF-Klebfachkraft vorgesehen. (DVS-EWF-Richtlinie 3301). 320 Stunden dauert die Ausbildung zum Klebfachingenieur, die für die technische Entscheidungsebene konzipiert ist. (DVS-EWF-Richtlinie 3308)

Bei gut ausgebildetem Fachpersonal hat das Handwerk gute Chancen die Klebtechnik in vielen Bereichen einzusetzen und technisch anspruchsvolle "Fügeprobleme" zu lösen. Insbesondere werden in Zukunft auch Fachkräfte für die Herstellung geklebter, abnahmepflichtiger Bauteile gefordert werden.

Zeithorizont:	= Ist-Zustand	> Ist-Zustand	bis 2005	bis 2010	nach 2010
Eintrittswahrscheinlichkeit:	gering		Mittel		hoch
Handwerks-Relevanz	gering		Mittel		hoch

¹ Quelle: Arbeitsgruppe Technologietransfer und Innovation, HPI
 Stand: 28.04.2005

Betroffene Gewerke:

Karosserie- und Fahrzeugbau, Metallbau, Maschinenbau, Bootsbau, Holzgewerbe sowie auch die Berufe des Elektrogewerbes, die Gruppe der Bekleidungs-, Textil- und Ledergewerbe, Orthopädietechniker, Schuhmacherhandwerk. In Einzelfällen auch andere Gewerke.

Auswirkungen/Probleme/Zukünftige Aktivitäten zur Beschleunigung des Technologietransfers:

Zunächst müssen die Multiplikatoren im Handwerk über Möglichkeiten und Grenzen der Klebtechnik geschult werden. Im Anschluss daran sollen Informationsveranstaltungen bei der Handwerkerschaft Interesse wecken. Die Berufsbildungs- und Technologiezentren sollten sich ebenfalls Know-how aneignen. Qualifizierungsmaßnahmen in der Klebtechnik sollten, soweit die Infrastruktur vorhanden ist, in den Bildungs- und Technologiezentren des Handwerks angeboten werden.

Nr.	Umsetzungsgrad der Technologie	Nicht	Vereinzelt	Überwiegend	Flächen-deckend
1	Ausstattung ist in Bildungsstätten vorhanden				
2	Technologie ist Bestandteil der überbetrieblichen Unterweisung				
3	Technologie ist Bestandteil der Meistervorbereitung (inkl. Ausstattungsnutzung)				
4	Informationen über die Technologie werden in Fort- und Weiterbildungskursen vermittelt				

Tab.: Umsetzungsgrad der Technologie in den Berufsbildungs- und Technologiezentren des Handwerks

Informationszentren für Klebtechnik:

Ausbildungsstätten und Informationszentren:

- IFAM / KTZ - Fraunhofer Institut für Angewandte Materialforschung / Klebtechnisches Zentrum in Bremen
- RWTH Aachen
- KTL - Klebtechnische Lehranstalt in Übach-Palenberg
- SKZ - Süddeutsches Kunststoffzentrum in Würzburg und SKZ Niederlassung in Halle/ Saale
- KUZ - Kunststoffzentrum in Leipzig

Informationen zum Thema Klebtechnik, z.B. im Internet:

Informationen zum Thema Kleben gibt es in einer unüberschaubaren Fülle. (Siehe Internet Google). Fast jeder Klebstoffhersteller bietet außer seinen speziellen Informationen zu seinen Produkten auch allgemeine Informationen zur Klebtechnik an.

Eine Sammelmappe mit CD-ROM, Folienserie und Textheft gibt es kostenlos bei: Fonds der Chemischen Industrie, Postfach 111943 in 60054 Frankfurt/M. (www.klebstoffe.com).

Eine kostenlose Schulungs-CD-ROM gibt es bei: Loctite, Arabellastraße 17 in 81925 München (www.loctite.com).

Beim Stahl-Informations-Zentrum, Postfach 104842 in 40039 Düsseldorf, gibt es das kostenlose Merkblatt 382 "Das Kleben von Stahl und Edelstahl Rostfrei".



Informationen auch unter: www.kleben-in-bremen.de

Das Buch "Klebpraktiker - Lehrgang und Prüfung" kann bezogen werden bei: DVS-Verlag GmbH, Postfach 10 19 65 in 40010 Düsseldorf.

In der Bibliothek der Technik ist das Taschenbuch 206 / Hightech-Industrieklebstoffe erschienen. Verlag moderne Industrie in 86895 Landsberg/ Lech; <http://www.mi-verlag.de>