

WOMAG

≡ Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche

Wir sehen
uns
wieder!



ZVO-OBERFLÄCHENTAGE

BERLIN

22.-24.09.2021

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

oberflaechentage.zvo.org

WERKSTOFFE

Materialverschweißungen
verhindern durch Analytik

OBERFLÄCHEN

Einsatz von Mixed Reality
in der Oberflächentechnik

WERKSTOFFE

Passivierung von reibarmen, harten
Kohlenstoffbeschichtungen

OBERFLÄCHEN

Laserauftragschweißen als Ersatz
für konventionelle Beschichtungen

MEDIZINTECHNIK

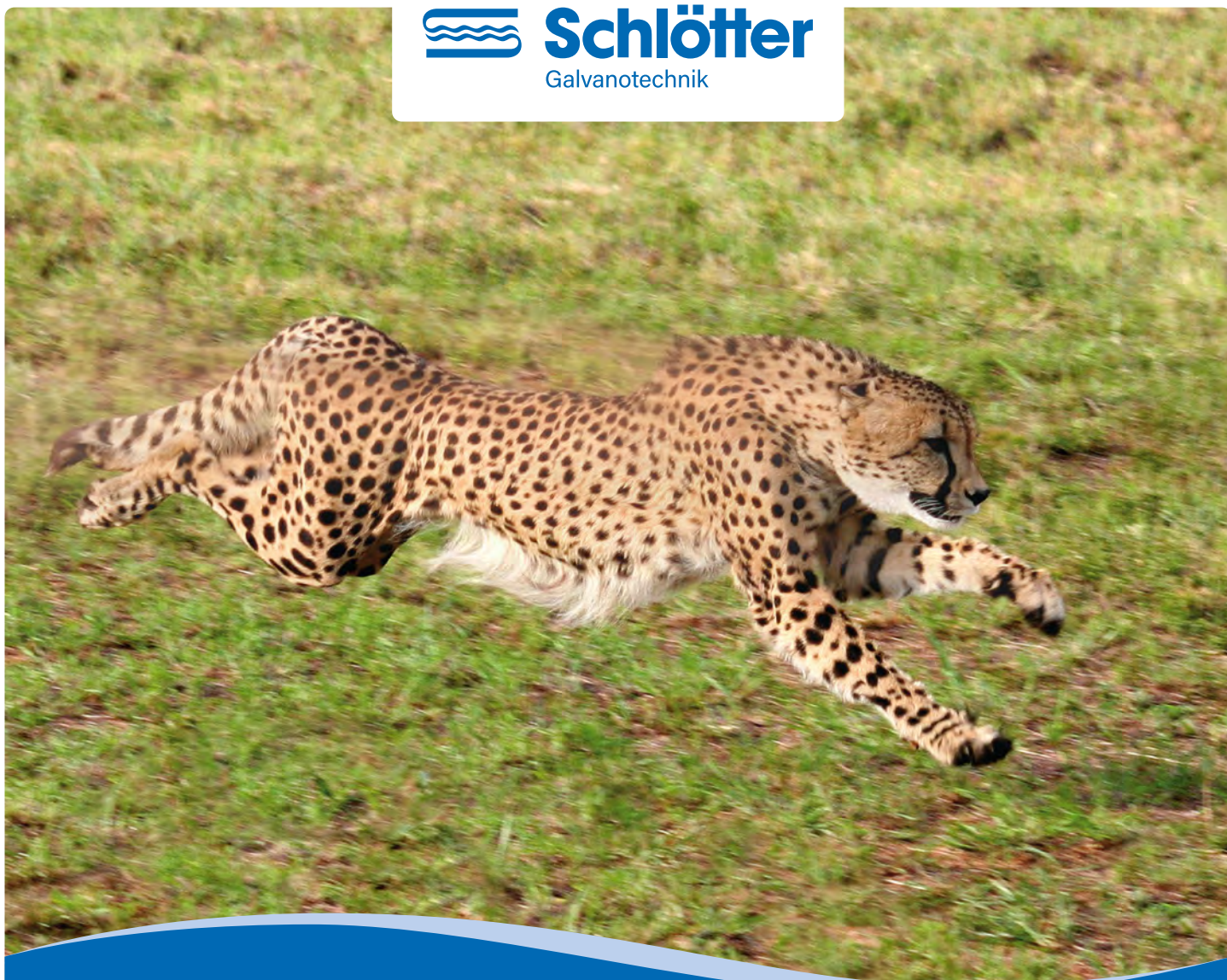
Biocompatible Polymer Encapsula-
tion for Active Bone Distractors

SPECIAL

Galvanische Abscheidung
von Silber und Wolfram

JULI-AUGUST 2020

Branchen-News täglich: womag-online.de



Immer schnell unterwegs **Lieferung innerhalb 24h**

Schlötter verfügt mit ca. 700 t über ein großes Lager aller gängigen Zusätze der angebotenen Galvanoverfahren. Dies ermöglicht uns für unsere Kunden eine rasche Auslieferung. Die Anlieferung erfolgt innerhalb Deutschlands in der Regel **spätestens 24 Stunden** nach Bestellungseingang.

Ihre Proben zuverlässig analysiert!

Auf Wunsch analysieren wir Proben Ihrer im Einsatz befindlichen Elektrolyte. In unserem Servicelabor untersucht geschultes Fachpersonal Ihre Proben analytisch und bei Bedarf auch galvanotechnisch. Die Ergebnisse liegen in der Regel **innerhalb von nur 48 Stunden** nach Probeneingang vor. Für die Analyse setzen wir modernste Technologien und Geräte ein.

Unser Service ist für Sie da!



Neuer Ansatz zur Herstellung spezieller Kontaktwerkstoffe



Insbesondere die Arbeiten zu REACH haben in den letzten Jahren die Akzeptanz der elektrochemischen Metallabscheidung in der Wirtschaft deutlich gedämpft. Nur zu gerne wurde im Zuge der heftigen Kritik an der Galvanotechnik übersehen, dass es sich bei der galvanischen Metallisierung um einen Bereich mit höchster Effizienz in Bezug auf Energie und Stoffeinsatz und bestmöglicher Ausnutzung wertvoller Rohstoffe handelt. Darüber hinaus bietet die Technologie zahlreichen Verfahren zur Herstellung von Werkstoffmodifikationen, die auf anderen Wegen nur mit Einschränkungen darstellbar sind.

Forscher der Technischen Universität Chemnitz ist es jetzt gelungen, Silber und Wolfram mit etwa gleichen Anteilen in einer Schicht abzuscheiden. Silber-Wolfram zeichnet sich durch einen guten elektrischen Kontakt und eine hohe Beständigkeit gegen Abbrand aus, ist also ein bevorzugter Kontaktwerkstoff für Hochstromanwendungen, wie sie für die zukünftige Elektromobilität in breitem Umfang benötigt wird. Damit kann in Zukunft Silber-Wolfram auch als dünne Schicht – in der Regel erfüllen bereits Schichten im Mikrometerbereich die gewünschte Funktion – auf einen Trägerwerkstoff abgeschieden werden. Bisher wurde die Mischung aus Silber und Wolfram durch das Tränken eines Wolframsinterkörpers in flüssigem Silber gewonnen. Die neue Variante durch Abscheiden besitzt Vorteile in Hinblick auf den Herstellungsprozess und einen deutlich geringeren Verbrauch an wertvollem Werkstoff.

Die Forscher in Chemnitz haben aber nicht nur das Abscheidungsergebnis im Blick gehabt. Sie nutzen für die Metallabscheidung auch ein neues Elektrolytsystem: die ionischen Flüssigkeiten. Damit kommen sie unter anderem den Forderungen aus REACH nach und setzen unkritische Stoffe ein. Sie verschaffen zudem den noch relativ neuartigen Elektrolytsystemen auf Basis der ionischen Flüssigkeiten den Sprung von der Forschung in die Anwendung und zeigen damit, dass die Elektrochemie auch im Bereich der Galvanotechnik stets für interessante Neuheiten gut ist. Der Fachaufsatz zu diesem Thema findet sich in der aktuellen WOMag auf Seite 18 ff.

WOMAG – VOLLSTÄNDIG ONLINE LESEN

WOMAG ist auf der Homepage des Verlages als pdf-Ausgabe und als html-Text zur Nutzung auf allen Geräteplattformen lesbar. Einzelbeiträge sind mit den angegebenen QR-Codes direkt erreichbar.



Sager + Mack®

Leading the way in pumps and filters



MAGNETPUMPEN
TAUCHPUMPEN
FILTERSYSTEME

MAKE IT HAPPEN!

STRONG | **CLEAN** | **DURABLE**
| **SMART** |



Mack NICKEL

- Prozessoptimierte Filterstation für Regenerationsbetrieb und Dauerfiltration im Nickel-Prozess von POP-Linien
- Schonende Behandlung der Prozess-Chemikalien



PUMPEN
PUMPS | 泵



FILTER
FILTERS | 过滤器



FILTERMEDIE
FILTERMEDIA | 过滤耗材



DAS PLUS
THE PLUS | 服务

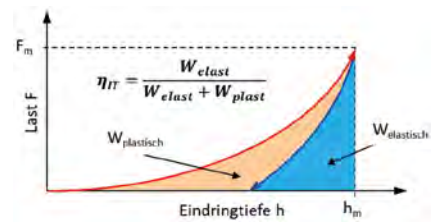
www.sager-mack.com



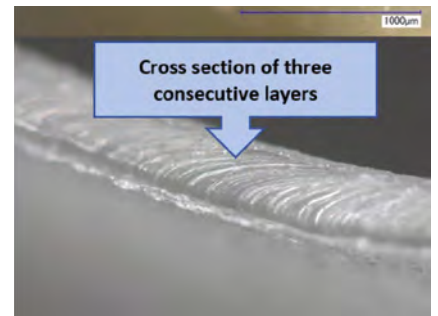
Sager + Mack GmbH

Max-Eyth-Str. 13/17
74532 Ilshofen-Eckartshausen
info@sager-mack.com
+49 7904 9715-0

INHALT

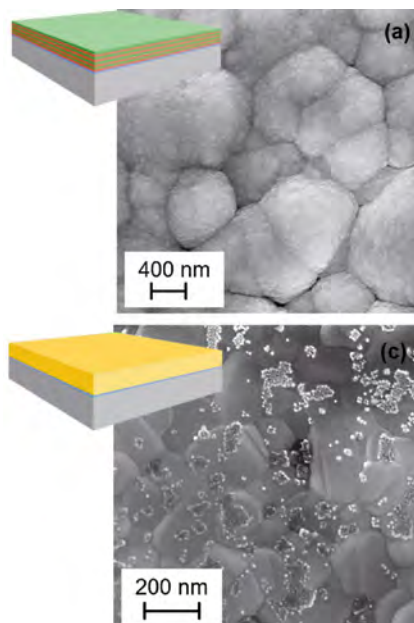


4 Materialverschweißungen



12 Verkapselung mit Parylene

21 Einsatz von Mixed Reality in der oberflächentechnischen Produktion



28 Spezialbeschichtung für Stahl

9 Bauteil in Hybridbauweise mit Glasfaserrippen für Fahrzeuge

WERKSTOFFE

- 4 Materialverschweißungen verhindern durch Analytik – oder: Trennung des Untrennbaren
- 7 Rätsel um Passivierung von reibarmen, harten Kohlenstoffbeschichtungen gelöst
- 8 InnoEMat – Innovative Elektrochemie mit neuen Materialien
- 9 Leichtbau-Design Verbundprojekt LehoMit-Hybrid der OHLFGewinnt den JEC Composites Innovation Award 2020
- 10 Conference on Laser Polishing – LaP 2020: der letzte Schliff für Oberflächen
- 10 Forschungsinstitut fem trotz Corona-Krise – rund drei Millionen Euro für neue Projekte
- 11 Wasserstoff in Eloxalbetrieben nutzen

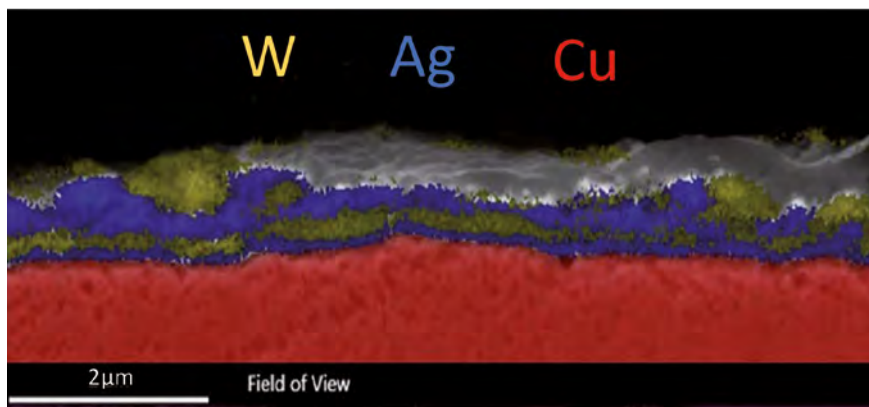
MEDIZINTECHNIK

- 12 Biocompatible Polymer Encapsulation for Active Bone Distractors

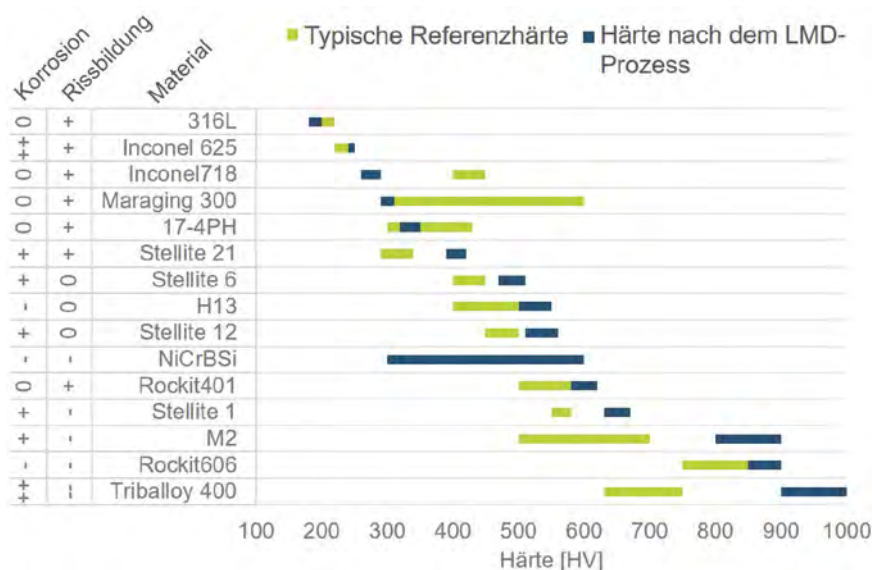
- 14 Kleines Analysegerät durch On-Chip-Laserabsorptionsspektrometer
- 15 Absorber ad: Hochpräzises Laserschweißen von Kunststoff

OBERFLÄCHEN

- 16 Entwicklungsplattform zur vorausschauenden Wartung von Prozess- und Anlagentechnik
- 18 Galvanische Abscheidung von Silber und Wolfram aus ionischen Flüssigkeiten für den zukünftigen Einsatz als Kontaktwerkstoff
- 21 Chancen durch den Einsatz von Mixed Reality in der Oberflächentechnik
- 23 IGF-Vorhaben UltraRein
- 24 Perspektiven für den Ersatz von konventionellen Beschichtungsverfahren durch das Laserauftragschweißen
- 26 EHLS und HighNo-Düse: Bilsing Automation setzt auf extremes Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen



18 Galvanische Abscheidung von Silber-Wolfram aus ionischen Flüssigkeiten



24 Eigenschaften von Metalllegierungen für das Laserauftragschweißen

OBERFLÄCHEN

- 27 Beschichtungsplattform EOSS – Ein Werkzeug zur Entwicklung präzisionsoptischer Filtersysteme
- 28 Spezialbeschichtung schützt Stahl vor Angriff durch Wasserstoff
- 30 Schlötters erste virtuelle Messe traf auf reges Interesse

UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

- 31 IMO Oberflächentechnik – OTH – BIA

VERBÄNDE

- 32 ZVO e.V. – VOA e.V.

Zum Titelbild: Die für den September 2020 geplante Jahrestagung von ZVO e.V. und DGO e.V. fällt coronabedingt aus; die nächsten ZVO-Oberflächentage werden 2021 wieder in Berlin stattfinden.

www.zvo.org

WOMag – Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche – Internationales Fachmagazin in deutscher und (auszugsweise) englischer Sprache
www.womag-online.de
 ISSN: 2195-5891 (Print), 2195-5905 (Online)

Erscheinungsweise

10 x jährlich, wie in den Mediadaten 2019 angegeben

Herausgeber und Verlag

WOTech – Charlotte Schade – Herbert Käszmann – GbR
 Am Talbach 2
 79761 Waldshut-Tiengen
 Telefon: 07741/8354198
www.wotech-technical-media.de

Verlagsleitung

Charlotte Schade
 Mobil 0151/29109886
schade@wotech-technical-media.de
 Herbert Käszmann
 Mobil 0151/29109892
kaeszmann@wotech-technical-media.de

Redaktion/Anzeigen/Vertrieb/Abo

siehe Verlagsleitung

Bezugspreise

Jahresabonnement für WOMag-Online:
 149,- €, inkl. MwSt.

Die Mindestbezugszeit eines Abonnements beträgt ein Jahr. Danach gilt eine Kündigungsfrist von zwei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums.

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 9 vom 10. Oktober 2019

Inhalt

WOMag berichtet über:

- Werkstoffe, Oberflächen
- Verbände / Institutionen
- Unternehmen, Ausbildungseinrichtungen
- Veranstaltungen, Normen, Patente

Leserkreis:

WOMag ist die Fachzeitschrift für Fachleute des Bereichs der Produktherstellung für die Prozesskette von Design und Konstruktion bis zur abschließenden Oberflächenbehandlung des fertigen Produkts. Im Vordergrund steht die Betrachtung der Werkstoffe und deren Bearbeitung mit Blickrichtung auf die Oberfläche der Produkte aus den Werkstoffen Metall, Kunststoff und Keramik.

WOMag-Beirat

WOMag wird von einem Kreis aus etwa 20 Fachleuten der Werkstoffbe- und -verarbeitung sowie der Oberflächentechnik beraten und unterstützt.

Bankverbindung

BW-Bank, IBAN: DE71 6005 0101 0002 3442 38
 BIC: SOLADEST600; (Konto 2344238, BLZ 60050101)

Das Magazin und alle in ihm enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Bei Zusendung an den Verlag wird das Einverständnis zum Abdruck vorausgesetzt. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages und ausführlicher Quellenangabe gestattet. Gezeichnete Artikel decken sich nicht unbedingt mit der Meinung der Redaktion. Für unverlangt eingesandte Manuskripte haftet der Verlag nicht.

Gerichtsstand und Erfüllungsort

Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Waldshut-Tiengen

Herstellung

WOTech GbR

Grafische Gestaltung (Grundlayout)

Wasserberg GmbH

Druck

Holzer Druck + Medien GmbH & Co. KG
 Fridolin-Holzer-Straße 22+24, 88171 Weiler
 © WOTech GbR, 2016

Materialverschweißungen verhindern durch Analytik – oder: Trennung des Untrennbaren

Von Prof. Dr.-Ing. Dietmar Schorr, Steinbeis Transferzentrum Tribologie in Anwendung und Praxis, Karlsruhe

Um eine Vergleichsgröße zur Bewertung des Risikos für den adhäsiven Verschleiß beziehungsweise das **Verkleben** von Bauteilen im tribologischen Kontakt zu haben, werden Kennwerte für die Oberflächenmikrostruktur und für die Materialeigenschaften in der Bauteilrandzone herangezogen. Diese werden durch Oberflächenmessungen, idealerweise dreidimensionale Messungen, und durch die instrumentierte Eindringprüfung ermittelt. Im Endergebnis ergeben sich damit wertvolle Kennwerte zur Charakterisierung einer tribologischen Situation, für die keine direkten Messmethoden verfügbar sind.

1 Adhäsiver Verschleiß (Materialverschweißung)

Eine der vier grundlegenden Verschleißmechanismen in einem tribologischen Kontakt ist der sogenannte adhäsive Verschleiß oder auch oftmals als Materialverschweißung bezeichnet. Dieser tritt zwischen zwei Festkörpern auf und führt zu einem oberflächennahen Verschweißen der Bauteile mit Materialübergang. Der adhäsive Verschleiß kann zu starken Aufrauungen der Oberfläche und zur Bildung von keilförmigen Agglomeraten mit einer Größe von mehreren 100 µm führen, die dann wiederum zu Fehlfunktionen führen können. Zudem entsteht durch weiteren Kontakt mit diesen erhabenen Stellen und der damit verbundenen hohen Kontaktpressung in einem späteren Stadium auch Ermüdungsvererschleiß.

Ein adhäsives Versagen tritt dann auf, wenn

- bei Festkörperreibung oder Grenzflächenreibung die oberflächennahe Scherspannung die kritische Scherfestigkeit des Werkstoffs überschreitet
- bei Grenzflächenreibung oder Mischreibung die Oberfläche überwiegend plastisch deformiert wird, verbunden mit starken Fließvorgängen im Oberflächenbereich
- bei Flüssigkeitsreibung die Trennung der Bauteile durch den Schmierstoff nicht mehr richtig funktioniert und Rauheitsspitzen beider Oberflächen miteinander in Kontakt kommen. Die lokalen starken Temperaturerhöhungen führen dann zu einer Reduzierung der Viskosität des Schmiermediums, wodurch weitere Oberflächenbereiche miteinander kontaktieren und ein adhäsives Versagen einsetzt.

2 Durchbrechen der Reaktionsschicht und Van-der-Waals-Kräfte

Voraussetzung für eine oberflächennahe Verschweißung von Materialien ist das

Durchbrechen der Reaktionsschicht, die aus Oxiden und Hydroxiden besteht, auf Bauteilen in Folge von großen Normal- und Tangentialkräften in einem Tribokontakt. Dadurch wird die Oberfläche kurzzeitig freigelegt und zwischen den Oberflächenatomen können sich so große Anziehungskräfte (Van-der-Waals-Kräfte) ausbilden, dass die Oberflächen makroskopisch miteinander verschweißen. Das Lennard-Jones-Potential beschreibt dabei die Bindungsenergie zwischen Atomen beziehungsweise Molekülen (Abb. 1). Es nähert die Wechselwirkung zwischen ungeladenen, nicht chemisch aneinander gebundenen Atomen an.

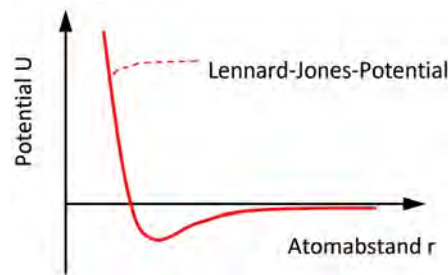


Abb. 1: Lennard-Jones-Potential zur Beschreibung der Bindungsenergie zwischen Atomen und Molekülen

Durch die anschließenden Tangentialkräfte im tribologischen Kontakt wird diese Mikroschweißverbindung wieder getrennt, was bei Überschreitung der zulässigen Zugfestigkeit durch die Hauptnormalspannung zum Materialverlust führt.

3 Paarung mit Elastomeren

Bei tribologischen Paarungen von Metallen mit Elastomeren besteht die Gefahr eines Verklebens und somit von adhäsivem Verschleiß. Dies zeigt sich dann durch teil-

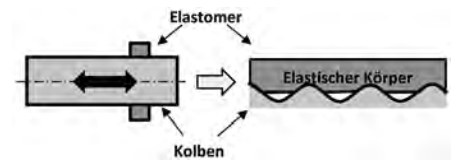


Abb. 2: Beispiel für einen Metall-Elastomer-Kontakt (schematisch)

weisen Materialübergang vom Elastomer auf das Metall, was bei höherem Ausmaß an Verschleiß zur Funktionsbeeinträchtigung führt. Dies spielt zum Beispiel bei Kolbensystemen eine Rolle, wo sich ein Kolben mit einem Elastomer in Kontakt befindet (Abb. 2). Wenn der elastische Körper in die Vertiefungen der Oberflächenmikrostruktur des Kolbens so stark eingedrückt wird, dass eine ausreichend große Oberflächengröße miteinander kontaktiert, kommt es zum schlagartigen Verkleben. Somit hängt die Verklebungsneigung neben den Stoffeigenschaften (Schubmodul, Oberflächenenergien) von der Oberflächenrauheit des Kolbens ab. Denn diese entscheidet mit darüber, ob der Elastomer in die Oberflächenfeinstruktur eindringen kann. Die Oberflächenrauheit des Kolbens wird über eine Oberflächenmessung ermittelt (Abb. 3). Sofern es sich um periodische Oberflächenstrukturen handelt, können diese durch einen zweidimensionalen Profilschnitt erfasst werden. Aus diesem werden anschließend geeignete Rauheitskennwerte berechnet, welche das Verklebungsrisiko des Tribosystems charakterisieren.

Die geeigneten Kennwerte des Oberflächenprofils werden aus dem Rauheitsprofil bestimmt. Dieses entsteht durch Filterung des Primärprofils, um die Komponenten derjenigen Komponenten des Oberflächenreliefs herauszufiltern, die unterhalb eines bestimmten Grenzwerts für die Wellenlänge (Grenzwellenlänge = Cut-off) liegen. Der geeignete Standardfilter hierzu ist der Gauß-Filter nach

ISO 16610-21, der die Amplituden am Cut-off um 50 % abschwächt und die Phase des gefilterten Studienobjekts nicht verschiebt (Abb. 4).

Die mit der Oberfläche korrelierenden Kennwerte nach ISO 4287 sind

- die mittlere Rautiefe R_z (Abb. 5), die sich als Mittelwert aus den Einzelrautiefen berechnet
- die mittlere Breite der Profilelemente R_{Sm} (Abb. 6)

Eine mögliche Zeichnungseintragung zur normkonformen Eintragung nach ISO 1302 würde beispielhaft sich wie in Abbildung 7 gezeigt darstellen. Für die Verklebungsneigung eines Metall-Elastomer-Kontaktes lässt sich der folgende Zusammenhang herleiten:

$$\text{Verklebungsneigung} \sim R_{Sm} / R_z^2 \quad \text{Gl. <1>}$$

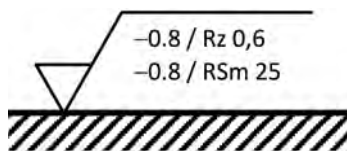


Abb. 7: Zeichnungseintragung gemäß den Vorgaben der ISO 1302

Somit können verschiedene Oberflächenstrukturen relativ zueinander bezüglich des adhäsiven Risikos bewertet werden.

4 Kennwerte von Metallen

Adhäsives Versagen tritt ein, wenn große Fließvorgänge im oberflächennahen Bereich auftreten. Dieses wird durch den Plastizitätsindex nach Greenwood und Williamson charakterisiert. Mit zunehmendem Plastizitätsindex steigt das Risiko für adhäsives Versagen. Daraus lässt sich die nachstehende Beziehung ableiten. Wenn diese erfüllt ist, kommt es zu einer überwiegend plastischen Verformung der Oberflächenmikrostruktur und somit zu einem deutlichen Risiko für adhäsiven Verschleiß:

$$R_{asp} / R_q < (E^* / (1H))^2 \quad \text{Gl. <2>}$$

mit: R_{asp} - mittlerer Asperitenradius der Oberflächenspitzen

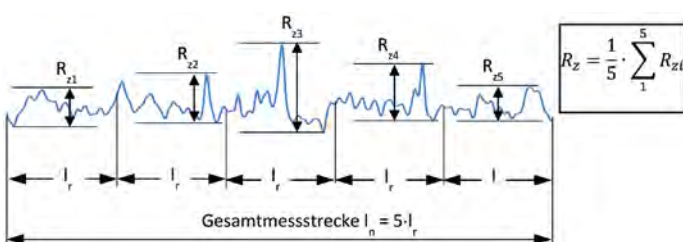


Abb. 5: Darstellung der Rautiefe R_z gemäß ISO 4287

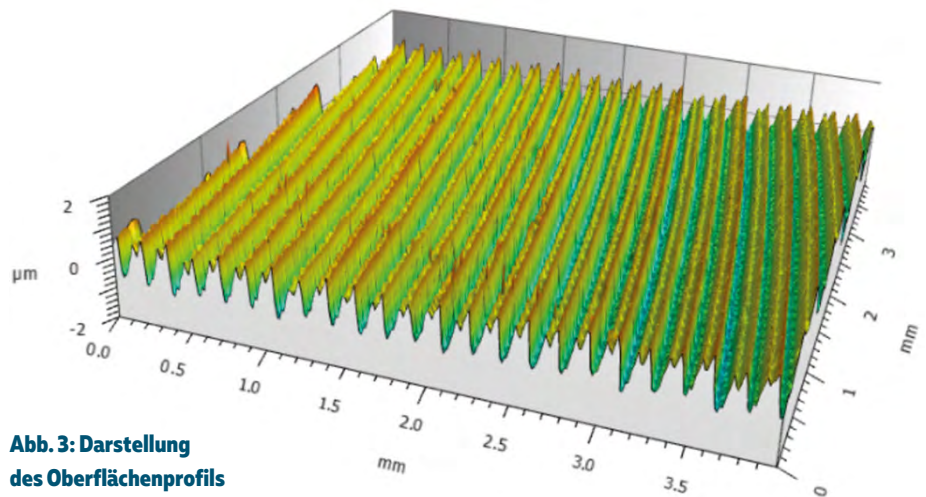


Abb. 3: Darstellung des Oberflächenprofils

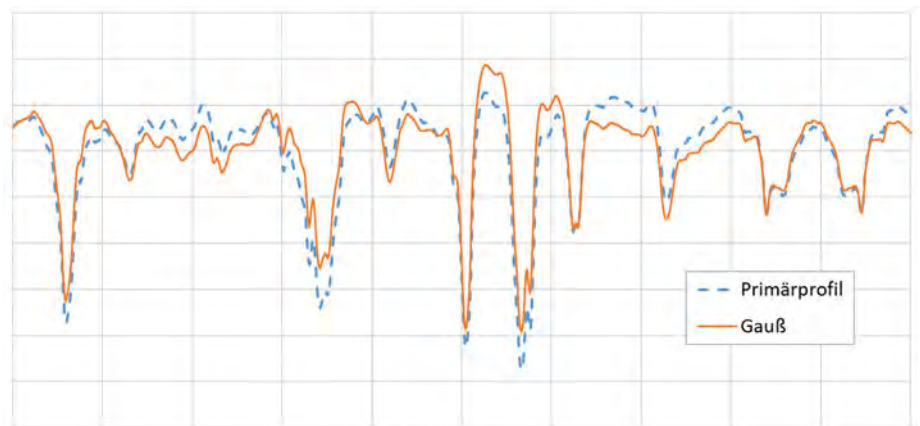


Abb. 4: Anpassung des Rauheitsprofils durch Einsatz der Gauß-Filterung

R_q - quadratischer Mittenrauwert

E^* - effektiver Elastizitätsmodul (Randzone)

H - Härte des Werkstoffs (Randzone)

Auch in dieser Beziehung spielen Rauheitskennwerte zur Beschreibung der Oberflächenmikrostruktur eine wichtige Rolle, welche aus Oberflächenmessungen ermittelt werden. Die weiteren Kennwerte charakterisieren Materialeigenschaften in der Bauteilrandzone, welche am konkreten Bauteil mit seinen Eigenschaften durch Messungen bestimmt werden müssen. Dies sind der effektive Elastizitätsmodul E^* und die Härte H . Es ist von großer Wichtigkeit, dass diese der Bauteilrandzone entstammen. Denn die üblichen

Härtewerte nach Vickers oder Rockwell aus der sogenannten Makrohärteprüfung entstammen aufgrund der großen Eindringtiefen nicht der Bauteilrandzone. Ebenso ist der durch den Zugversuch mittels Vollmaterial ermittelte Elastizitätsmodul auch keine Materialeigenschaft der Bauteilrandzone. Insbesondere aber der Elastizitätsmodul wird grundsätzlich aus Zugversuchen mittels Vollmaterial ermittelt. Noch weniger passen Materialkennwerte, die aus der Literatur entnommen werden, die nicht den konkreten Fertigungszustand des Bauteils berücksichtigen.

Eine geeignete Analytik zur Bestimmung der Materialeigenschaften in der Bauteilrand-

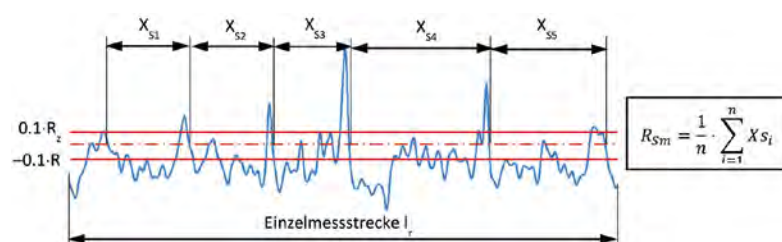


Abb. 6: Mittlere Breite der Profilelemente gemäß ISO 4287

zone ist die instrumentierte Eindringprüfung nach DIN EN ISO 14577-1. Diese ist charakterisiert durch geringe Prüfkraft und klei-

ne Eindringtiefen des Prüfkörpers sowie der Tatsache, dass die Materialkennwerte aus einem Kraft-Weg-Verlauf berechnet werden.

Dieser wird mit sehr hoher Genauigkeit während des Eindring- und Entlastungsvorgangs ermittelt (Abb. 8).

Die instrumentierte Eindringprüfung ermöglicht die Bestimmung von weiteren Kenngrößen, welche das elastisch/plastische Verhalten des Werkstoffs und somit das Risiko zum adhäsiven Verschleiß charakterisieren. Eine wichtige Kenngröße stellt hierbei der elastische Anteil der Verformungsarbeit η_{IT} dar. Dieser wird aus dem Verhältnis der elastischen Formänderungsarbeit W_{elast} und der plastischen Formänderungsarbeit $W_{plastisch}$ ermittelt (Abb. 9). Je kleiner der elastische Anteil der Verformungsarbeit η_{IT} ist, desto eher zeigt der Werkstoff plastisches Verhalten und desto größer ist das Risiko zum adhäsiven Verschleiß beziehungsweise zur Materialverschweißung.

Eine weitere Kenngröße zur Charakterisierung der adhäsiven Neigung, die mit der instrumentierten Eindringprüfung ermittelt werden kann, ist der Verlustfaktor η_V aus der dynamischen Analyse. Dazu wird die Belastung als Sinusschwingung aufgebracht und anschließend der Verlustfaktor berechnet (Abb. 10). Dieser Verlustfaktor charakterisiert – die Fähigkeit des Materials, Vibrationen und Körperschall zu dämpfen, – bei Gleitreibungspaarungen die Fähigkeit Stick-Slip-Amplituden zu reduzieren und – die Neigung zur Adhäsion eines Materials. Der Verlustfaktor berechnet sich aus dem Speichermodul (Gl. <3>) und dem Verlustmodul (Gl. <4>).

$$E' = \sigma_A / \varepsilon_A \cdot \cos \phi \quad \text{Gl. <3>}$$

$$E'' = \sigma_A / \varepsilon_A \cdot \sin \phi \quad \text{Gl. <4>}$$

Hierbei beschreibt der Speichermodul die Energie, welche nach Ausüben einer Kraft in der Probe gespeichert wird und nach Entlastung wieder aus der Probe gewonnen werden kann. Der Verlustmodul E'' beschreibt den Verlustanteil der Energie, welcher durch innere Reibung in Wärme umgewandelt wird.

5 Zusammenfassung

Durch moderne Analysen ist es möglich, das Risiko bezüglich eines adhäsiven Verschleißes (Materialverschweißung) zu charakterisieren und Bauteile mit verschiedenen Oberflächenstrukturen und Materialeigenschaften diesbezüglich relativ zueinander zu bewerten. Hierzu dienen Kennwerte aus der Rauheitsmessung von Oberflächen, bevorzugt optische dreidimensionale Messungen, und Kennwerte aus der instrumentierten Eindringprüfung.

➔ www.steinbeis-analysezentrum.com

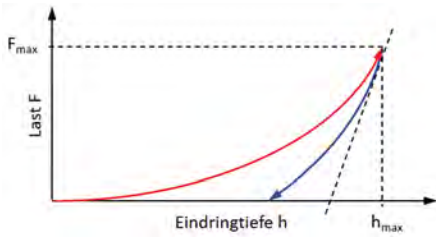


Abb. 8: Kraft-Weg-Verlauf einer Messung gemäß DIN EN ISO 14577-1

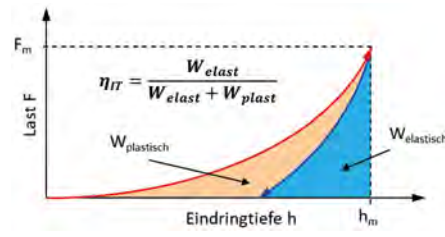


Abb. 9: Bestimmung des elastischen Anteils der Verformungsarbeit

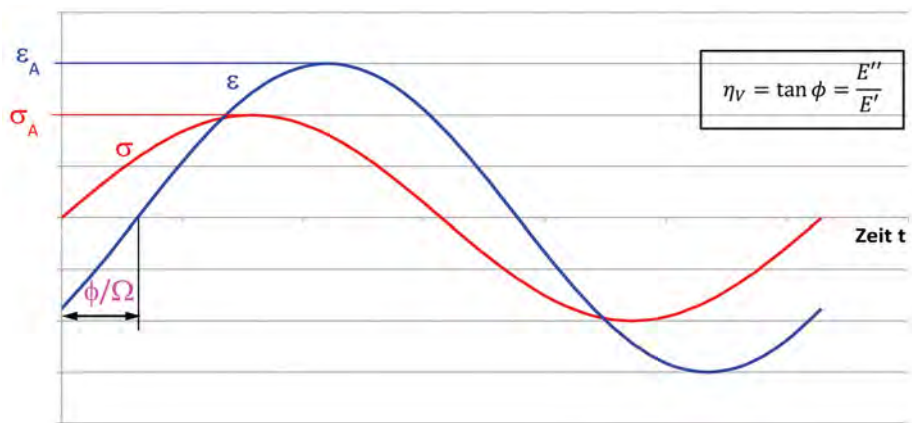


Abb. 10: Bestimmung des Verlustfaktors als Kenngröße der adhäsiven Neigung von tribologischen Metallpaarungen

STZ Tribologie
 Steinbeis Transfer Zentrum

STEINBEIS-ZENTRUM FÜR OBERFLÄCHEN- UND MATERIALANALYSEN

OBERFLÄCHENANALYSE
BESCHICHTUNGSANALYTIK
MATERIAL-/BESCHAFFENHEITSANALYSE
TRIBOLOGIE KNOW-HOW

Mobil: +49 172 9057349
www.steinbeis-analysezentrum.com

DHBW
Duale Hochschule
Baden-Württemberg
Karlsruhe

Steinbeis-Transferzentrum
Tribologie in Anwendung
und Praxis

≡ Rätsel um Passivierung von reibarmen, harten Kohlenstoffbeschichtungen gelöst

Diamant- und diamantähnliche Kohlenstoffschichten (DLC) sind als extrem beständige Oberflächen in Reibkontakten zu finden – von Raumfahrtkomponenten bis zu Rasiergeräten. Sie verringern Reibung und Verschleiß in Lagern oder Ventilen mithilfe sogenannter Passivierungsschichten, die Anbindungen von anderen Materialien verhindern. Bisher war unklar, wie diese Schichten aufgebaut sein müssen, um minimale Reibung zu erzielen. Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik IWM, MikroTribologie Centrum μ TC, haben nun einen Durchbruch beim Verständnis der Passivierungen erzielt. Die unerwarteten Ergebnisse sind im Fachjournal *ACS Applied Materials & Interfaces* veröffentlicht.

Harte Kohlenstoffbeschichtungen sind weltweit im großindustriellen Maßstab im Einsatz. Ein besonders starker Nutzer ist die Automobilindustrie, die jährlich mehr als 100 Millionen beschichteter Teile einsetzt mit einem Marktvolumen von mehreren 100 Millionen Euro. Weitere wichtige Anwendungsfelder sind Schutzschichten für Computerfestplatten und Aufzeichnungsköpfe sowie der Verschleißschutz von Schneid- und Formwerkzeugen in Produktionsmaschinen oder bei biomedizinischen Komponenten.

Um die erwünschte ultrakleine Reibung zu erreichen, ist nach Aussage von Thomas Reichenbach aus der Gruppe Multiskalenmodellierung und Tribosimulation, eine stabile Passivierung der ungesättigten Bindungen an der Kohlenstoffoberfläche notwendig. Für die Passivierung kommen allerdings zahlreiche Stoffe infrage: der gängigste ist Wasserstoff. Eine vielversprechende, technologisch relevante Alternative hingegen ist Fluor. Beide Varianten sorgen für stabile, monoatomare Passivierungen. *Wir wollten ergründen, unter welchen Umständen welche Passivierung besser ist und vor allem warum, denn die Wirkweisen sind bisher noch kaum verstanden*, erklärt der Simulationsexperte für atomare Computermodelle. Für diese Arbeiten hat Thomas Reichenbach den mit 3000 Euro dotierten Werkstoffmechanik-Preis 2020 des Fraunhofer IWM erhalten, der im Kuratorium verliehen wurde.

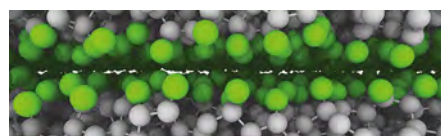
Die vorherrschende Meinung der Fachliteratur besagt, dass die Ladung der für die Passivierung eingesetzten Atome für den Unterschied zwischen Wasserstoff und Fluor verantwortlich ist. Auf diesem Hintergrund erklärt sie auch die geringere Reibung von F-passivierten Flächen gegenüber den H-passivierten mit der größeren Abstoßung der beiden Fluorflächen. Das Forscherteam war da skeptisch, denn das elektrische Feld von dicht gepackten Kohlenstoff-Fluor-Bindun-

gen habe nur eine sehr geringe Reichweite. Genau das sei ja auch die Ursache für den Abperl-Effekt von Teflonbeschichtungen in Bekleidung oder Kochutensilien, so Doktorand Reichenbach.

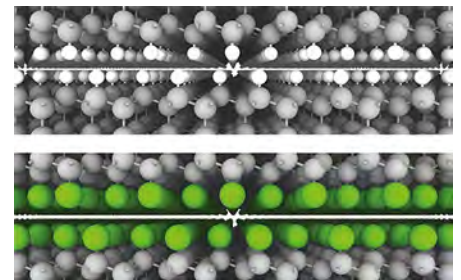
Interatomares Kraftfeld beschreibt Reibung

Um die Zusammenhänge zwischen den strukturellen und chemischen Eigenschaften der Passivierungen und der Reibung zu erklären, entwickelten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom Fraunhofer IWM in langjähriger Kleinarbeit ein sogenanntes interatomares Kraftfeld. Dieser maßgeschneiderte mathematische Formalismus beschreibt die Wechselwirkung der an der Reibung beteiligten Atome. Alle vermeintlich an der Reibung beteiligten Parameter, bestimmt aus präzisen, rechnerisch aufwändigen quantenmechanischen Berechnungen, fließen darin ein – etwa die Atomradien, Atommassen oder Ladungen. Auf Basis dieses rechnerisch effizienten Kraftfeldmodells wiederum konnten sie als erste weltweit im Computer etwa hunderttausend Atome in den Reibkontakten simulieren, Daten zu ihrem Verhalten und ihren Wechselwirkungen in der Anwendung prognostizieren und so die Reibung direkt bestimmen.

Um herauszufinden, welche Parameter für die Reibung wirklich entscheidend sind, nutzte das Forscherteam dann einen Trick: *Man muss sich das vorstellen, als würde man Si-*



Reibkontakt zweier Fluor-terminierter DLC-Oberflächen (Kohlenstoff grau); die (grünen) Fluor-Terminierungen können zu Hindernissen im Reibspalt werden und Reibung erhöhen
(© Fraunhofer IWM)



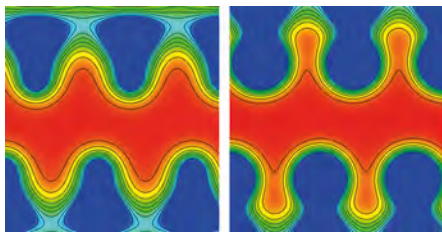
Reibkontakt zweier Wasserstoff- (oben, weiß) und Fluor-terminierter (unten, grün) Diamantoberflächen (grau): Fluorpassivierung halbiert die Reibung im Vergleich zur Wasserstoffpassivierung
(© Fraunhofer IWM)

cherungen in einer erleuchteten Wohnung durchprobieren, um die richtige zu finden, veranschaulicht Reichenbach das Vorgehen. Da die Passivierung mit Fluor die Reibung auf atomar planen Diamantschichten gegenüber der Wasserstoffpassivierung in etwa halbiert, vertauschten sie im Kraftfeld Schritt für Schritt die Parameter von Wasserstoff und Fluor. *Sollte der Parameter wirklich relevant sein für die Reibung, hätten wir in der Simulation eine Umkehrung der Reibwerte von Wasserstoff und Fluor gesehen*, so Reichenbach.

Alleine geometrische Parameter sind von Belang für Passivierung

Die Ergebnisse sind unerwartet: Sowohl bei den Atommassen als auch bei den Atomladungen erfolgte keine Reibwertumkehrung beim Parametertausch – dafür jedoch bei den Atomradien in Verbindungen mit deren Bindungslängen zu Kohlenstoff. *Das heißt, allein geometrische Parameter sind für die Optimierung der Reibung von Bedeutung*, verdeutlicht Reichenbach die Überraschung. Mit diesen grundlegenden Erkenntnissen konnte das Team um Reichenbach auch gleich die Vorteile der Fluorpassivierung bei planen Diamantoberflächen begründen. Durch die

WERKSTOFFE



Elektronendichte zweier Wasserstoff-terminierter (links) und Fluor-terminierter (rechts) Diamantoberflächen: Große Fluoratome verhindern das Ineinandergreifen der Oberflächen und verringern so Reibung

(© Fraunhofer IWM)

größeren Atomradien wird bei zwei F-passivierten Reibpartneroberflächen das Ineinandergreifen der beiden Flächen verhindert: Die Reibpartner gleiten recht störungsfrei aneinander vorbei, da sich der *atomare Reißverschluss* nicht schließen kann. Bei den kleineren Wasserstoffatomen ist das hingegen möglich: Sie können sich verzahnen und so die Reibung vergrößern. Fluor-Kohlenstoff-Bindungen sind die stärksten aller chemischen Bindungen. Durch ihre Langlebigkeit

ist die Fluorpassivierung daher sehr interessant für tribologische Anwendungen. Ihr Nachteil: Die größeren Fluoratome können bei nicht planen DLC-Oberflächen zu Hindernissen werden, wenn sie sich an Oberflächenerhöhungen anhängen, wodurch sich die Reibung wieder erhöhen würde.

Die Forschung an den Passivierungen steht nach den Worten des stellvertretenden Gruppenleiters Dr. Gianpietro Moras noch am Anfang. *Wir haben mit unserer Grundlagenforschung jetzt eine Tür aufgestoßen, aber die Ergebnisse müssen auch noch mit hochpräzisen Experimenten überprüft werden.* Die neue Schalter-Methode aus Freiburg ließe sich jedenfalls ohne Probleme auf andere Reibkontakte übertragen. Dazu müsste das Kraftfeldmodell an die speziellen Rahmenbedingungen angepasst werden, beispielsweise an andere Passivierungsatome oder Oberflächengeometrien. Die Methode ermöglicht, Designregeln für optimal terminierte reibungsarme Systeme zu entwickeln. Zum Beispiel könnten systematisch Alternativen zur Fluorpassivierung gefunden werden. Denn fluoridierte Kohlenstoffmoleküle besitzen

zwar hervorragende tribologische Eigenschaften, werden aber aufgrund der negativen Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt in einigen Anwendungsbereichen zunehmend gemieden.

Die Forschungen der Gruppe Multiskalenmodellierung und Tribosimulation zu den Passivierungen waren Teil geförderter Forschungsprojekte vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft sowie von der Deutsche Exzellenz Strategie – EXC.

Kontakt

Thomas Reichenbach

E-Mail: thomas.reichenbach@iwm.fraunhofer.de

Dr. Gianpietro Moras

E-Mail: gianpietro.moras@iwm.fraunhofer.de

Originalpublikation:

T. Reichenbach, L. Mayrhofer, T. Kuwahara, M. Mosele, G. Moras: Steric Effects Control Dry Friction of H- and F-Terminated Carbon Surfaces; *ACS Applied Materials & Interfaces* 12, 7 (2020) 8805-8816; DOI: 10.1021/acsami.9b18019

➔ www.iwm.fraunhofer.de

InnoEMat – Innovative Elektrochemie mit neuen Materialien

Der zweite Workshop der BMBF-Förderinitiative *InnoEMat – Innovative Elektrochemie mit neuen Materialien* fand am 6. Juli 2020 als Online-Veranstaltung statt und verzeichnete mehr als 60 Anmeldungen von Vertretern aus Industrie und Wissenschaft. Die Veranstaltung richtete sich an Fachleute aus allen Bereichen der Elektrochemie. Der für ein öffentliches Publikum zugängliche Workshop fand nicht nur reges Interesse bei den Vertretern der InnoEMat-Verbundprojekte, sondern im speziellen auch bei Industriepartnern und Forschungseinrichtungen außerhalb der Förderinitiative. Diese Gruppe stellte gleich drei Viertel der Anmelder und dokumentierte so den äußerst hohen mittel- und langfristigen Bedarf an Forschungs- und Entwicklungsprojekten im Bereich der Elektrochemie.

Mit dem Start der Förderinitiative InnoEMat wurde 2016 der Grundstein für mehrere Verbundprojekte gelegt, in denen mittlerweile vielversprechende Forschungsergebnisse in unterschiedlichen Disziplinen der Elektrochemie erarbeitet worden sind. Ebenso wurde eine Vielzahl von Anknüpfungspunkten für weitere wissenschaftliche sowie industriena-

he FuE-Themen generiert, woraus sich weiterer essenziell notwendiger Forschungsbedarf ergibt. Ziel des Workshops war es daher, diesen Forschungsbedarf zu bündeln und hieraus Impulse für zukünftige Forschungsvorhaben auf diesem Gebiet zu generieren.

Die wissenschaftliche Begleitmaßnahme InnoEMatplus, vertreten durch Dechema, DGO und DGM, organisierte den zweiten Workshop. Zu Beginn des Workshops skizzierten renommierte Experten mit zwei Impulsvorträgen zunächst aktuelle Entwicklungen und Trends in unterschiedlichen Bereichen der Elektrochemie. Die Vorträge orientierten sich an den Förderschwerpunkten der InnoEMat-Förderinitiative elektrochemische Synthese und elektrochemische Oberflächentechnik. Die Referenten waren Dr. Nicola Christiane Aust, Leiterin Forschungsteam Elektrosynthese bei BASF, und Dr. Klaus Wojcyskowski, CTO bei der Coventya GmbH. Beide berichteten über aktuell stattfindende industrielle Wandlungsprozesse als Reaktion auf ein sich sehr dynamisch veränderndes Umfeld im Bereich Elektrosynthese beziehungsweise der Oberflächentechnik.

Nach den Impulsvorträgen wurden alle Teilnehmer auf vier sogenannte Breakout-Sessions aufgeteilt. Alle Teilnehmer hatten darin die Möglichkeit, in moderierter Kleingruppenarbeit ihre individuellen Forschungsbedarfe darzulegen und mit anderen Teilnehmern zu erörtern. Dabei wurden Aspekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette betrachtet – angefangen bei der Rohstoffverfügbarkeit, über verschiedene elektrochemische Prozesse bis hin zum Einsatz des Endprodukts sowie dessen Rückführung in den Stoffkreislauf. In einem nächsten Schritt sollen alle dokumentierten Aspekte ausgewertet und in Form eines Ergebnispapiers zusammengefasst werden, das für alle Teilnehmer der Veranstaltung und auch für die fachinteressierte Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden wird. In den kommenden Monaten sind zudem weitere Workshops geplant. Potenzielle Themen sind beispielsweise die InnoEMat-Förderschwerpunkte elektrochemische Speichertechnologie und elektrochemische Sensorik.

➔ www.innoemat.de

Leichtbau-Design Verbundprojekt *LehoMit-Hybrid* der OHLF gewinnt den *JEC Composites Innovation Award 2020* in der Kategorie Automotive

Erfolg für das Forschungsprojekt *LehoMit-Hybrid* des Leichtbaucampus Open Hybrid LabFactory (OHLF): Für die Entwicklung eines leichten, hochperformanten PKW-Mitteltunnels in Hybridbauweise gewann das Forschungsteam der OHLF den *JEC Composites Innovation Award 2020* in der Kategorie Automotive. Die JEC World ist die weltgrößte Messe für Verbundwerkstoffe, die jedes Jahr die innovativsten Projekte in der Verbundwerkstoff-Branche auszeichnet. In diesem Jahr fand die Preisverleihung virtuell statt.

Der Hybrid-Mitteltunnel überzeugt nach den Worten von Prof. Thomas Vietor, Leiter des Instituts für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig, durch erhebliche Gewichtseinsparungen, reduzierte Anlagen- und Werkzeuginvestitionen sowie mit einem neuen, effizienten Fertigungskonzept.

Der Mitteltunnel ist ein Strukturbauteil, auf das Kräfte wie Zug, Druck, Biegung und Torsion einwirken. Um Autos leichter zu machen, setzen die Forschenden aus Industrie und Wissenschaft am OHLF-Leichtbaucampus auf neue hybride Werkstoffkombinationen. Werkstoffe wie Metall, Kunststoff oder Textilien mit jeweils sehr unterschiedlichen Eigenschaften werden zusammengefügt, um leichte, zugleich aber stabile und kostengünstige Bauteile für die Großserienproduktion zu realisieren. Der *LehoMit-Hybrid* ist hierfür das perfekte Beispiel: *Während das bisherige Bauteildesign aus einer mehrteiligen Aluminium-Stahl-Anordnung besteht, wird der Hybrid-Mitteltunnel aus einem thermoplastischen, lastpfadgerechten Laminaufbau aus Glas- und Kohlenstofffaser-Tapes sowie einer Stahlkomponente und einer glasfaserverstärkten Rippenstruktur aufgebaut*, sagt Johannes Altach, Experte für hybride Bauweisen am Institut für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig.

Das öffentlich geförderte Forschungsprojekt *LehoMit-Hybrid* zeigt die besonderen Stärken des OHLF-Leichtbaucampus: Entwickelt werden neue Konzepte und Fertigungsverfahren für den automobilen Leichtbau. Im Fokus stehen die wirtschaftliche Herstellung und der Einsatz von werkstoffhybriden und multifunktionalen Komponenten. Zudem findet eine komplette Bauteilbetrachtung über den gesamten Produktlebenszyklus statt.

Am Verbundprojekt beteiligt sind die Volkswagen Group Innovation und Projektpartner, bestehend aus der Porsche AG, der Schneider Form GmbH, der INVENT GmbH und dem Institut für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig. Die öffentlich-private Partnerschaft Open Hybrid LabFactory (OHLF) mit Sitz in Wolfsburg wurde 2012 unter Federführung des Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) der TU Braunschweig gemeinsam mit Industriepartnern initiiert. Der Schwerpunkt der technologischen Aktivitäten liegt auf der simultanen Material- und Produktionstechnikentwicklung in Multi-Material-Systemen für den hybriden Leichtbau. Dabei bietet der Leichtbaucampus optimale Möglichkeiten und Ressourcen zur Erforschung, Entwicklung, Herstellung und Prüfung von hybriden Bauteilen für die zentralen Zukunftsthemen der



Der mit einem Preis ausgezeichnete Mitteltunnel in Hybridbauweise mit glasfaserverstärkter Rippenstruktur als CAD-Darstellung (Bild: Porsche, VW, TU Braunschweig)

Automobilindustrie, Digitalisierung und Ressourceneffizienz.

Neben Instituten der TU Braunschweig, der Leibniz Universität Hannover und weiteren Hochschulen wird die Einrichtung durch das Fraunhofer-Projektzentrum ergänzt. Die Open Hybrid LabFactory wird im Rahmen der Förderinitiative *Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen* vom BMBF gefördert. Weitere Industriepartner, das Land Niedersachsen und die Stadt Wolfsburg unterstützen den Leichtbaucampus.

➔ www.tu-braunschweig.de

Customized Solutions

Oberflächenveredelung – Perfektion für Ihren Erfolg!



Wir sind eine hochinnovative Unternehmensgruppe mit viel Erfahrung: Wir sind Mit- und Voraudenker, Präzisions-experte, Prozessoptimierer, Prüfungsspezialist, Problemlöser, Qualitätsmaximierer, Rundum-Dienstleister und Mehrwert-Erbringer.

Gern auch für Sie.

B+T Unternehmensgruppe

Conference on Laser Polishing – LaP 2020: Der letzte Schliff für Oberflächen

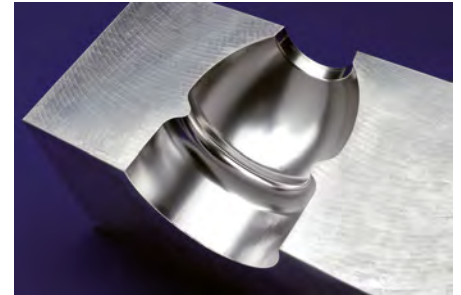
Zum vierten Mal steht das Laserpolieren am 16. und 17. September 2020 am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen im Mittelpunkt. Es handelt sich um eine Premiere, denn die 4th Conference on Laser Polishing – LaP 2020 findet erstmals virtuell statt. An beiden Tagen startet die Konferenz wegen der Vielzahl an internationalen Teilnehmern um 13:30 Uhr und endet um 16:30 Uhr (jeweils MEST).

Im Jahr 2014 richtete das Fraunhofer ILT die erste Conference on Laser Polishing – LaP zum Austausch von Forschungsergebnissen in einem internationalen Rahmen aus. Die englischsprachige Veranstaltung ist seitdem ein Treffpunkt für Laserpolierexperten aus aller Welt. In der Vergangenheit hatten wir viele Teilnehmer aus Asien und Amerika, konstatiert Dr. Edgar Willenborg, der am Fraunhofer ILT ein Forschungsteam mit sieben Wissenschaftlern leitet, die sich intensiv mit dem laserbasierten Entgraten und Polieren beschäftigen.

Ein Blick auf das Programm weist auf den wissenschaftlichen Charakter hin: Von den insgesamt zehn Vorträgen stammen alle aus der Wissenschaft, in neun davon liegt der Schwerpunkt auf dem Laserpolieren von Metallen. Aber auch zum Laserpolieren von

Optiken aus Glas wird es nach Aussage von Willenborg einen Vortrag geben. Hier handelt es sich um ein echtes Highlight: Im Detail gehe es am 16.9. ab 14:50 Uhr um eine Untersuchung, wie sich subsurface damage von optischen Gläsern beseitigen lasse. Diese kleinen Mikrorisse entstehen beim Schleifen von Glas, die sich per Laserpolitur zuverlässig entfernen lassen.

Mit zwei Highlights bei der Laserpolitur von metallischen Bauteilen startet der zweite Konferenznachmittag. Chinesische Wissenschaftler zeigen um 13:40 Uhr zum einen auf, wie sich oberflächennahe Porositäten von additiv gefertigten Metallbauteilen beseitigen lassen. Zum anderen behandelt der zweite Vortrag um 14:15 Uhr, wie sich mithilfe eines permanenten Magnetfeldes Werkzeugstahl optimal laserpolieren lässt.



Virtuelle Premiere bei der 4th Conference on Laser Polishing – LaP 2020

(© Fraunhofer ILT, Aachen)

Kontakt

Dr.-Ing. Edgar Willenborg,
E-Mail: edgar.willenborg@ilt.fraunhofer.de

➔ www.ilt.fraunhofer.de

Forschungsinstitut fem trotz Corona-Krise – rund drei Millionen Euro für neue Projekte

Zum ersten Mal in der bald einhundertjährigen Geschichte des Gmünder Forschungsinstituts fand die Mitgliederversammlung nicht im Institut, sondern vor Bildschirmen als Videokonferenz statt. Ein Novum auch für den Institutsleiter Dr. Andreas Zielonka: *Es ist ja erstaunlich, wie schnell man sich an die neue Kommunikationsform gewöhnt hat. Aber es fehlt natürlich das persönliche Gespräch, der direkte Austausch mit den Partnern aus Industrie und Forschung.*

Frühzeitig setzte das fem, Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie, auf strikte Hygieneregeln, räumliche Trennung, mobiles Arbeiten und Zweischichtbetrieb. Eine Eintrübung der Auftragslage ließ sich dadurch aber nicht verhindern. Als wirtschaftsnahes Forschungsinstitut sei man selbstverständlich nicht unabhängig von der Entwicklung in den Betrieben. Schrumpfe deren Auftragsvolumen, dann sinke auch das Budget für Auftragsforschung und Dienstleistungen, erklärt der Institutsleiter des fem. Wenn ein Standbein schwächle, müsse das andere gestärkt werden. *Wir haben darum viel Zeit und Energie in neue Forschungsprojekte investiert, und der Aufwand hat sich gelohnt,* freut sich Zielonka. Zahlreiche neue Projekte mit einem Gesamtvolumen von rund drei Millionen Euro

sind in den letzten Wochen bewilligt worden, weitere Projekte werden derzeit begutachtet. Das sei zweifellos sehr gut für das Institut und seine knapp neunzig Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter; noch größer aber sei die Bedeutung dieser Projekte für den Technologietransfer in die regionale Wirtschaft auf so wichtigen Zukunftsfeldern wie Energietechnik, Digitalisierung und Recycling.

In zwei von der Deutschen Bundesstiftung für Umwelt geförderten Projekten arbeitet die Abteilung Analytik bis Ende 2021 an Methoden zur Rückgewinnung von wertvollen Neodym-Magneten aus Elektroantrieben, die bislang im Altgeräteschrott weitgehend verloren gehen, sowie an der photovoltaikbetriebenen Herstellung von Trinkwasser durch Meerwasserentsalzung. *Trinkwasserknapp-*

heit ist heute schon ein Problem und wird sich in Zukunft verschärfen, so der neue Abteilungsleiter Dr. Martin Aschenbrenner, der das Projekt betreut: *Wir hoffen, gemeinsam mit unserem Industriepartner eine marktfähige Lösung entwickeln zu können.*

Auf dem Gebiet der additiven Fertigung beziehungsweise des selektiven Laserschmelzens (SLM) von metallischen Werkstoffen leistet das fem seit fast zehn Jahren einen kontinuierlichen Beitrag zum Zukunftsthema digitalisierte Fertigungsverfahren. In zwei vom Bundesministerium für Wirtschaft im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) unterstützten Vorhaben geht es zum einen darum, das Verfahren des Laserschmelzens noch gründlicher und genauer zu verstehen. Grundlegende Fragen und Probleme

me der Verarbeitbarkeit verschiedener Materialien werden untersucht. Im zweiten Projekt wird die Produktion von medizinischen Knochenimplantaten aus biokompatiblen Zinklegierungen und von Prototypen für den Zinkdruckguss erforscht. Zum Einsatz kommen dabei die Anfang Juli installierte, leistungsfähigere SLM-Anlage und der Atomizer, mit dem es möglich ist, Metallpulver aus eigenen, individuellen Legierungen herzustellen.

Zwei weitere, ZIM-geförderte, Projekte haben schließlich das Thema urbane Mobilität im Fokus, genauer gesagt: die Entwicklung des Prototyps eines Wasserstofffahrrads. Ziel des Projekts, an dem Partner aus der Forschung, der Fahrradindustrie sowie der ehemalige Radsportprofi Mike Kluge beteiligt sind, ist die Entwicklung eines wiederverwertbaren Wasserstoffdrucktanks und eines leichten, sehr leistungsstarken und robusten Brenn-

stoffzellenmoduls. Tank und Brennstoffzelle werden so konstruiert, dass sie in einen Fahrradrahmen integriert werden, aber auch in Scootern oder Kleintransportern zum Einsatz kommen können. Der Vorteil im Vergleich zu Lithiumionenakkus: deutlich weniger Gewicht, sehr schnelle Ladezeiten und hohe Reichweiten bei konstant hoher Leistung.

➔ www.fem-online.de

Wasserstoff in Eloxalbetrieben nutzen

Wasserstoff kann bei seiner Verbrennung erhebliche Energie freisetzen. Statt klimaschädlicher Lasten fällt dabei nur reines Wasser an. Attraktiv erscheint die Idee, Wasserstoff beispielsweise in einem Eloxalbetrieb in Wärme umzuwandeln, anstatt ihn nutzlos in die Umgebungsluft abzugeben. In einem F&E-Projekt konnte erfolgreich demonstriert werden, dass Wasserstoff, der an den Kathoden bei der Anodisation entsteht, direkt einer thermischen Nutzung über einen Katalysator zum Sealingbad überführt werden kann.

Beim Eloxieren von Aluminium wird an zwei maßgeblichen Prozessstellen Wasserstoff gebildet: An erster Stelle durch Aluminiumauflösung beim Beizen, im weiteren Verlauf an den Kathoden im Eloxalelektrolyten bei der Anodisation. Ersteres wurde aufgrund verschiedener technischer Argumente im Projekt nicht weiter verfolgt.

Die Idee der Wasserstoffnutzung beruht darauf, Wasserstoff innerhalb eines Textilgewebes an den Kathoden bei der Anodisation abzusaugen und gezielt mit Luft zu einem Wasserstoff-Luftgemisch unterhalb der kritischen Explosionsgrenze von < 4,4 Vol-% H₂ (UEG) zu vermischen. Nach ausgiebigen Labortests am fem, Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie in Schwäbisch

Gmünd, erfolgte das Scale-up beim Unternehmen Riedel & Soelch GmbH. Hierbei wurde eine Temperatur von etwa 220 °C an einem Rohrbündel-Katalysator gemessen, wodurch die Sealingposition auf einer Temperatur von ≥ 96 °C gehalten werden konnte. Eine zentrale Rolle zur Bündelung des Wasserstoffs spielte die Umhüllung der Kathoden mit Textilgewebe. Einen positiven Nebeneffekt stellte die Reduzierung von Schwefelsäureaerosolen in der Umgebungsluft dar. Für einen sicheren Betriebsablauf ist eine Wasserstoffkonzentration von < 4,4 Vol-% (UEG) unterhalb der Explosionsgrenze zwingend einzuhalten. Bestimmende Regelgrößen für eine sichere Handhabung sind die Messung der Wasserstoffkonzentration mit-

tels Sensoren sowie die Summe aller Teilströme in Ampere, wie auch die Steuerung der Absaugluft zur Einhaltung des Gas-Luftgemisches, welche über dem Katalysator verbrannt wird.

Bei der Anodisation von Aluminium entsteht Wasserstoff, der bis heute vollständig ungenutzt an die Umgebungsluft abgegeben wird. Durch seine katalytische Verbrennung sind erhebliche Heizeinsparpotentiale denkbar. Weitere Informationen zum durchgeführten Projekt können direkt beim fem in Schwäbisch Gmünd eingeholt werden (ein ausführlicher Artikel zum Thema erscheint in der JOT Spezial im August dieses Jahres).

F&E-Partner

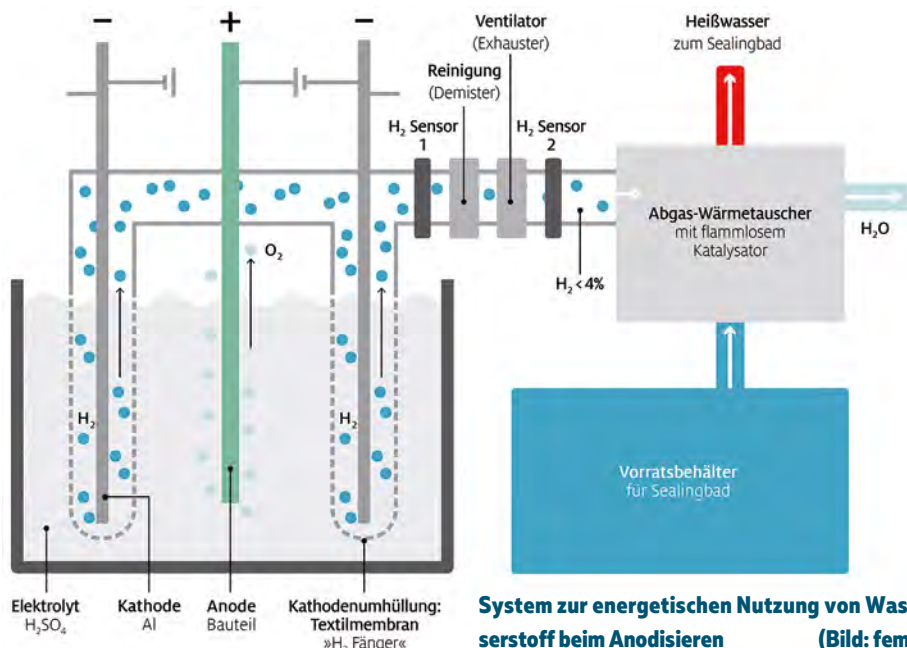
- Riedel & Soelch GmbH, Metallveredelungswerk, Nürnberg
- fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie
- Neoxid GmbH, Neuss
- Alcon Aluminium Consult GmbH, Düsseldorf

Danksagung

Das Vorhaben ZIM ZF 4215103Z G6 der Forschungsvereinigung Verein für das Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie (fem) wurde über die AiF des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.

Kontakt

Stefan Funk, fem - Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie, D-73525 Schwäbisch Gmünd;
E-Mail: s.funk@fem-online.de



System zur energetischen Nutzung von Wasserstoff beim Anodisieren (Bild: fem)

Biocompatible Polymer Encapsulation for Active Bone Distractors

By Aakash Shah, Florian Höschen and Volker Bucher*, Medical and Mechanical Engineering Faculty and Institute for Microsystem Technology (iMST), Furtwangen University, Furtwangen/Germany



To the online issue

Distraction osteogenesis is a method of generating new bone formation by the gradual application of tensile stress across a cleft with callus tissue after cutting the bone. A concept for a mechanically flexible encapsulation for an active implantable bone distractor will be presented. One requirement is long-term protection against liquids since moisture penetration would damage the electrically driven actor. The flexible encapsulation must also be expandable in the range of some centimetres. A bellow/tube-like shape is a promising concept. Latex and synthetic latex (polyisoprene) were tested as a suitable material. A method for producing these flexible and expandable samples out from liquid material on arbitrarily shaped moulds was established. Electrical insulation tests after long-term exposure to physiological buffered saline solution and sterilization with an autoclave showed sufficient insulation above 1,000 Volts for a wall thickness of 0.75 mm. Coating of latex and polyisoprene with parylene C led to improved mechanical compressibility. After autoclave-stress, parylene adhesion tests, electrical insulation tests and compression tests to check the elasticity of the bellow/tube-like systems were carried out. For testing the long-term stability, industrially manufactured condoms made from latex and polyisoprene were filled with PBS (phosphate-buffered saline) and electrical breakdown voltage tests over a period of five weeks was investigated. The measured stability of the electrical breakdown voltage showed their potential as an encapsulation material for electrically driven active bone distractors.

Keywords: encapsulation, distractor, latex, polyisoprene, bellow, parylene

Paper: Date of submission for publication: 22.07.2020

Date of review finishing: 28.07.2020

Publication acceptance: 06.08.2020

1 Introduction

Distraction osteogenesis is a method of generating new bone formation by the gradual application of tensile stress across a complete cut through the bone. This work aimed to find a suitable flexible and biocompatible material serving as an encapsulation for an electrically driven actuator used for bone distraction. *Figure 1* shows a sketch of a bone distractor. The two plates at either end are fixed to the bone to be expanded. They can be pushed apart via the electronic drive of the piezo actuator (red arrow) and the tube-like bellow in between must be a protective insulation. The material to be used for developing the tubes/bellows should be moisture-proof and mouldable.

Condoms made of latex show high mechanical flexibility and stability. Due to their purpose of use, they are innately moisture-proof to a certain degree. Some people show allergies against latex. In some cases, type 4 allergy, also known as latex allergy, can develop. Here, the allergens are absorbed through the skin and thus reach the immune system [1]. Hence, we also investigated nonallergic polyisoprene. It is possible to tailor the material to special requirements. For this reason, syn-

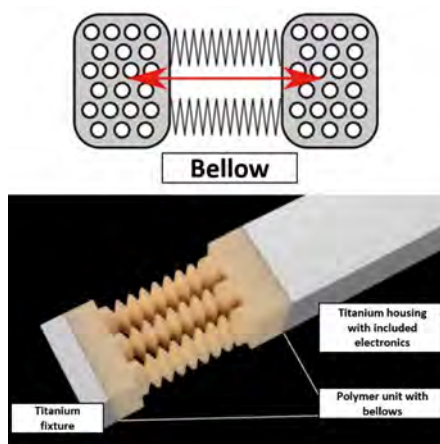


Fig. 1: Sketch showing the actuator system with the tube/bellow in between; the red arrow symbolizes the piezo actuator, which can expand the tube/bellow by a few centimetres

thetic rubbers are superior to latex in some respects: wear resistance and ageing resistance [2]. Another advantage is that synthetic rubber does not contain any proteins. Thus, the allergy problem is almost completely excluded [1].

During the research work, latex and polyisoprene were tested for their suitability for use in the active, implantable actuator. To guarantee a constant wall thickness and quality of the materials to be tested, some tests were carried out with commercially available con-

doms. They are manufactured and tested at the production sites according to high quality standards. This ensures that every test object (condom) is like the others. Also, the condoms are already available in the desired materials (latex and polyisoprene).

The structures were additionally coated with parylene C to ensure long term biocompatibility. Parylene C not only acts as a barrier against latex allergies, it may also lead to better electrical insulation and better diffusion barrier against moisture for long-term implantation.

2 Methods

2.1 Material Considerations

Liquid natural ammonia-free latex was procured from Centrotrade GmbH and liquid synthetic latex (poly-isoprene) was procured from Kraton GmbH. 3D printed moulds (PLA, *Fig. 2*) were immersed in the liquid latex. The

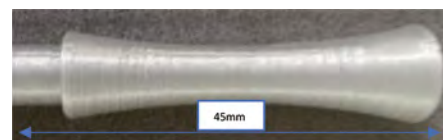


Fig. 2: 3D printed hourglass-like shape of the mould

*Contact: E-mail: volker.bucher@hs-furtwangen.de

dried layers were removed from the mould mechanically. Experiments were carried out with different numbers of layers for obtaining a shape being as thin in as possible, but mechanically stable and durable.

2.2 Design Considerations

The biggest challenge for the tube-like bellows in the given distractor prototype was that the flexibility and compression must be given at small sizes. The outside diameter was not allowed to exceed 7 mm and the inner diameter had to be 5 mm. This allowed only wall thicknesses below 1 mm combined with the ability to be highly compressed in the direction of the symmetry axis.

For this reason, after various attempts, a system with the shape of an hourglass was chosen. It is narrow in the middle and wider at the ends. Bellows with this shape, may be compressed together to a few percent of the expanded length. The latex and the polyisoprene coating with this mould worked well and after drying, the bellow could be removed easily.

2.3 Bellow Production

For producing bigger numbers of bellows with reproducible production parameters, a small gear drive system was 3D printed and connected to a DC Motor. With this configuration five moulds mounted on the gear drive (Fig. 3) could be used for producing similar bellows. After dipping the moulds into synthetic or natural liquid latex, the system was placed under a heat lamp for drying the bellows under rotation. They dried at approxi-



Fig. 3: Rotating moulds with liquid latex mounted on a gear drive; the moulds are placed un-

mately 30 °C for 25 minutes before the next layer was applied. Several dips (e.g. 2-3) were carried out one after the other.

One layer leads to a thickness of approximately 0.3 mm. If only one or two layers were used, the tube-like bellow was too unstable. The insufficient layer thickness led to cracks during detaching the insulation from the mould. The sheath was destroyed.

Stable tube walls could be produced when applying at least three layers, which corresponds to a thickness of approximately 0.75 mm. Since the layer thickness should be as small as possible to achieve maximum flexibility, only three layers were deposited above each other. The integrity of the films was examined under a light microscope (Fig. 4). The tube wall shows no substructures and forms a homogeneous layer.

Another challenge is separating the tube-like bellows from the moulds. Both the latex and the polyisoprene show a strong sticking

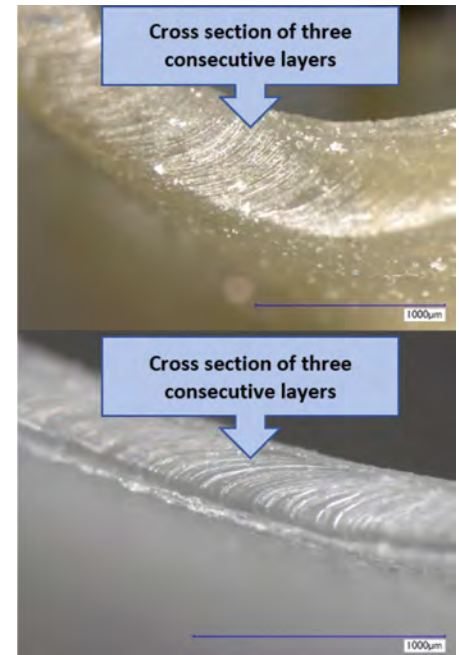


Fig. 4: Cross section of latex (top) and polyisoprene (bottom) under the microscope; the three layers combine to a single film without transitions

to itself when being unrolled or pulled down from the mould.

Reading more: womag-online.de

In website WOMag-online.de subscribers can download the whole paper. Further sections of the paper are:

- Parylene coating
 - Chemical barrier of Parylene
 - Different tests of material and results
- Total volumen of the paper is about 5 pages with 16 figures and 1 table.



www.steinbeis.de/su/1877



**Steinbeis-Transferzentrum
Oberflächen- und
Beschichtungstechnik**

Dienstleistungsangebot

- Beratung
- Schulung, Weiterbildung
- Beschichtungen mit Plasma-, Dünnschichttechnik
- Angewandte Forschung und Entwicklung

Schwerpunktt Themen

- Maßgeschneiderte Oberflächen
- Oberflächentechnologien für Medizintechnik
- Plasma-, Dünnschichttechnik

Projektbeispiele

- Ultradünne hochspannungsfeste Schichten
- Diffusionsbarrieren für Wasserdampf
- Korrosionsfeste Beschichtungen für harsche Umgebungen
- Langzeitstabile Oberflächen-Funktionalisierungen

Steinbeis-Transferzentrum Oberflächen- und Beschichtungstechnik

Ruhe-Christi-Straße 20 | 78628 Rottweil
Prof. Dr. Volker Bucher | volker.bucher@stw.de

Kleines Analysegerät durch On-Chip-Laserabsorptionsspektrometer

An der Hochschule Karlsruhe wurde ein On-Chip-Spektrometer entwickelt, das mit organischen Lasern arbeitet. Die Forscher entwickelten ein optofluidisches On-Chip-Absorptionsspektrometer, das die spezifischen Eigenschaften von organischen DFB-Lasern nutzt. Dadurch konnte der Aufbau erheblich vereinfacht werden, so dass nun keine kosten- oder raumintensiven Bauteile wie Strahlteiler, Lichtleiter oder optische Filterelemente mehr notwendig sind. Der Aufbau wird dadurch nicht nur einfacher, sondern auch erheblich kleiner. Die TLB GmbH unterstützt die Forscher bei der Suche nach einem Kooperations- oder Projektpartner. Ideal wäre ein Projektpartner mit einem konkreten Entwicklungsziel.

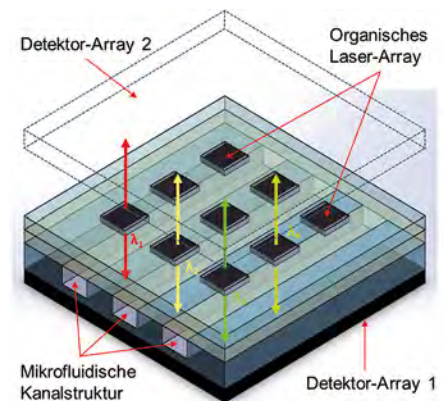
Die Absorptionsspektroskopie ist schon seit Jahrzehnten ein gängiges Verfahren, wenn es um Analysen beispielsweise im Medizinbereich, in der Umwelttechnik oder in der Lebensmittelanalyse geht. Je nach Anwendung sind die gängigen VIS/NIR-Spektrometer jedoch große Laborgeräte. Für die Untersuchungen müssen die Proben erst ins Labor gebracht werden. Für Untersuchungen vor Ort gibt es bereits tragbare Geräte, die allerdings nur für spezielle Untersuchungen und eingeschränkte Anwendungen einsetzbar sind.

An der Hochschule Karlsruhe wurde nun ein On-Chip-Spektrometer entwickelt, das mit organischen Lasern arbeitet. Die Forscher Prof. Dr. Christian Karnutsch und Dr. Jörg Knyrim entwickelten ein optofluidisches On-Chip-Absorptionsspektrometer, das die spezifischen Eigenschaften von organischen DFB-Lasern nutzt. Dadurch konnte der Aufbau erheblich vereinfacht werden, so dass nun keine kosten- oder raumintensiven Bauteile wie Strahlteiler, Lichtleiter oder optische Filterelemente mehr notwendig sind. Der Aufbau wird dadurch nicht nur einfacher, sondern auch erheblich kleiner.

Durch den veränderten Aufbau sind zudem vielfältigste Anwendungsmöglichkeiten

denkbar. Da ein Analysegerät mit einem solchen Aufbau sehr klein sein könnte, bieten derartige Systeme vor allem in der Medizin ideale Voraussetzungen für die Point-of-Care-Diagnostik, wie beispielsweise die Blutanalyse direkt im Krankenwagen. Da unterschiedlichste Parameter gemessen werden können, ist das Anwendungsspektrum sehr breit: Neben Analysen in der Medizintechnik sind auch die Bereiche Umweltanalytik, Produktüberwachung oder Lebensmittelanalytik (Food und Beverage) als Einsatzmöglichkeiten denkbar.

Bei der Verwendung von Spektrometern ist es für die exakte Bestimmung des absorbierten Lichts essentiell, die Lichtintensität vor und hinter der zu untersuchenden Substanz zu kennen. Dafür werden üblicherweise Strahlteiler eingesetzt, die einen Teil des Lichtstrahls für eine Referenzmessung abzweigen. Prof. Karnutsch und sein Team entwickelten eine ganz neue Möglichkeit, indem sie ein Spektrometer mit organischen Lasern in Verbindung mit mikrofluidischen Kanälen direkt On-Chip herstellen, das ohne Strahlteiler und Strahlführung auskommt. Durch die damit erreichte Reduzierung der verwendeten Bauteile wird das Spektrometer nicht nur viel kleiner, sondern auch unempfind-



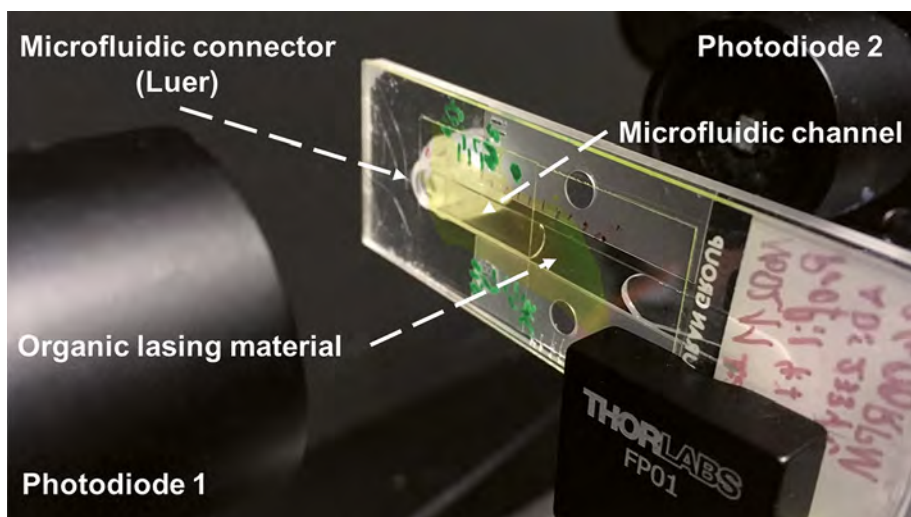
Schematische Darstellung eines optofluidischen Analysesystems

(Bild: Prof. Karnutsch, HS Karlsruhe)

licher gegen Störungen. Zudem werden die Herstellungskosten so gering sein, dass auch eine Einmal-Nutzung als *Disposable Product* denkbar sein könnte.

Das optofluidische Analysesystem besteht aus den organischen DFB-Lasern, die jeweils in einem spezifischen Wellenlängenbereich Licht emittieren. Eine Flüssigkeit, die durch die darunter liegenden Mikrokanäle fließt, kann dementsprechend auf ihr Absorptionsverhalten bezüglich jeder der verwendeten Wellenlängen hin untersucht werden. Als Referenzsignal dient die zweite Abstrahlrichtung der Laser. Das Analysesystem kann günstig für jede beliebige Wellenlänge des sichtbaren Lichts sowie im nahen Infrarot (NIR) realisiert werden. Die Materialien, aus denen die organischen DFB-Laser und sonstige Strukturen bestehen, sind zudem ungiftig und können daher ohne Beschränkungen entsorgt werden.

Der nächste Schritt wird nun die konkrete Umsetzung eines Prototyps sein. Prof. Dr. Christian Karnutsch und Dr. Jörg Knyrim werden damit untersuchen, welche konkreten Wellenlängen gebraucht werden und welche Stoffe wie gemessen werden können. Die TLB GmbH unterstützt die Forscher bei der Suche nach einem Kooperations-



Laboraufbau mit einem optofluidischen Chip

(Bild: Prof. Karnutsch, HS Karlsruhe)

oder Projektpartner. Ideal wäre ein Projektpartner mit einem konkreten Entwicklungsziel.

Die Erfindung wurde zum Patent angemeldet (DE und US, anhängig). Die Technologie-Lizenz-Büro (TLB) GmbH unterstützt die Hochschule Karlsruhe bei der Patentierung und Vermarktung der Innovation. TLB ist mit der wirtschaftlichen Umsetzung dieser zukunftsweisenden Technologie beauftragt und bietet Unternehmen Möglichkeiten der Zusammenarbeit und Lizenzierung der Schutzrechte.

Kontakt

Julia Mündel, E-Mail: muendel@tlb.de

➤ www.tlb.de

➤ www.hs-karlsruhe.de

Absorber ade: Hochpräzises Laserschweißen von Kunststoffen

Im erfolgreich abgeschlossenen NRW-Leitmarktprojekt SeQuLas hat das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT gemeinsam mit drei Industriepartnern ein Fügeverfahren entwickelt, mit dem kleinste Schweißnähte in transparenten Kunststoffbauteilen erzeugt werden können. Zum Einsatz kommt dabei ein Thulium-Faserlaser, der einen besonderen Vorteil bietet: Da Kunststoffe die entsprechende Wellenlänge gut absorbieren, kommt der Prozess ohne zusätzliche Absorber wie Ruß aus. Insbesondere für die Medizintechnik ist das Verfahren interessant, das die Flexibilität und Effizienz in der industriellen Produktion in Nordrhein-Westfalen steigern kann.

Im Life-Science-Bereich haben sich mikrofluidische Chips beim Transport, der Mischung und Filterung von kleinsten Flüssigkeitsmengen bewährt. Eine große Herausforderung ist die mediendichte Verkapselung der in den Chips integrierten Mikrokanäle: Konventionelle Füge-technik kommt im Mikrometerbereich an ihre Grenzen. Stattdessen bietet sich hier das absorberfreie Laserdurchstrahlungsschweißen (LDS) mit Strahlquellen im nahen Infrarot (NIR)-Bereich an, das eine hohe Präzision und Flexibilität erlaubt.

Transparente Bauteile dank Verzicht auf Absorber

Im Jahr 2017 startete das Fraunhofer ILT daher mit der Aachener Amtron GmbH, der Attendorner Ortmann Digitaltechnik GmbH und der Dortmunder Bartels Mikrotechnik GmbH das Projekt SeQuLas, das im Rahmen des Programms *Produktion.NRW* der LeitmarktAgentur NRW gefördert wurde. Das Akronym steht für die *segmentale Quasisimultan-Laserbestrahlung*, bei der in diesem Fall als Strahlquelle ein Thulium-Faserlaser mit einer Emissionswellenlänge von 1940 nm verwendet wurde. In diesem Wellenlängenbereich besitzen Kunststoffe eine natürliche Absorption. Da zusätzliches Absorbermaterial wie Ruß nicht nötig ist, wird die Transparenz des Chips bei der Laserbearbeitung nicht beeinträchtigt.

Online weiterlesen...



Zum online-Artikel



**walter
Lemmen**

**Precision
in detail**

**electroplating units
for decorative and
functional surfaces**

PCB technology • Electroplating • Metal finishing • Medical technology







STUDIO TSCHÖP • Wertheim 03/2020

Walter Lemmen GmbH
+49 (0) 93 42 - 7851
info@walterlemmen.de
www.walterlemmen.de

Entwicklungsplattform zur vorausschauenden Wartung von Prozess- und Anlagentechnik

Von Peter Schwanzer, Fraunhofer IPA, Stuttgart

Am Fraunhofer IPA entsteht eine Lern- und Forschungsanlage für Industrie 4.0-Ansätze in der Galvanotechnik. Die beteiligten Wissenschaftler untersuchen und verwirklichen sowohl für die Elektrolytführung als auch den Anlagenbetrieb Ansätze zur Datenanalyse (Smart Data, Big Data) für eine vorausschauende Wartung oder eine optimale Prozessführung.

Die Digitalisierung bietet für die Galvanotechnik großes Potenzial, beispielsweise in der Prozessoptimierung, bei der Verwaltung von Auftragsprozessen oder bei der Mitarbeiterunterstützung [1]. Dies ist natürlich auch mit Kosten verbunden, doch im Gegenzug können durch die Umsetzung von Industrie 4.0-Anwendungen die Wettbewerbsposition verbessert, eine individuellere und flexiblere Fertigung sowie innovative Geschäftsmodelle ermöglicht werden [2]. In der Galvanotechnik mit ihren überwiegend kleinen mittelständischen Unternehmen ist die Umstellung auf Industrie 4.0 neben dem Tagesgeschäft eine große Herausforderung, auch weil noch keine durchgängigen Lösungen vorhanden sind [3].

Projekt SmARtPlaS für Industrie 4.0-Anwendungen

Im Rahmen des Projekts *SmARtPlaS* werden in einem Konsortium aus Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen neuartige Industrie 4.0-Anwendungen entwickelt. Nachdem in einem Vorprojekt [4, 5] die tech-

nische Machbarkeit eines digitalen Zwillings gezeigt wurde, sollen dieser und weitere Ansätze nun vertieft und in intelligente Dienstleistungen überführt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf praxisnahen und umsetzbaren Lösungen mit Mehrwert für den Anwender. Ziel sind modulare Lösungen für den optimierten Betrieb und die Wartung von Galvanikanlagen, auch unter Nutzung von Virtual-Reality- oder Augmented-Reality-Technologien.

Lernanlage als Testplattform und Demonstrator

Das Teilprojekt am Fraunhofer IPA hat das Ziel, Konzepte für die vorausschauende Wartung zu definieren, zu entwickeln und deren Umsetzung in einer Lern- und Forschungsgalvanikanlage als Cyberphysisches System zu validieren. Die Datenerfassung der Prozess- und Anlagenparameter wird zur Erarbeitung von Smart-Data- oder Big-Data-Ansätzen für einen optimierten Anlagenbetrieb verwendet. Die Definition der Eingriffsgrenzen in Zusammenspiel mit den entwickel-



Wir produzieren Zukunft

Das Fraunhofer IPA entwickelt und implementiert nachhaltige Produktionstechnologien. Die Abteilung Galvanotechnik forscht und berät zu Fragestellungen entlang der gesamten industriellen Produktionskette – von der Entwicklung neuer Schichtwerkstoffe und den dazugehörigen Prozessketten über die Umsetzung der industriellen Anlagentechnik bis hin zu Dienstleistungen wie der Schadensfallanalyse.

In dieser Serie zeigen Forscher der Abteilung, wie den Herausforderungen der Branche in Zukunft begegnet werden kann.

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Martin Metzner
Abteilungsleiter Galvanotechnik,
Fraunhofer IPA, Stuttgart

www.ipa.fraunhofer.de/galvanotechnik



Der Kleingalvanikautomat am Fraunhofer IPA wird zur Lernanlage für Industrie 4.0-Lösungen aufgerüstet
(Quelle: Fraunhofer IPA/Foto: Rainer Bez)

ten Algorithmen, zum Beispiel für eine vorausschauende Elektrolytwartung über eine Stoffbilanzierung, ermöglichen zukünftig eine gegenüber dem heutigen Stand optimal ausgelegte Elektrolyt- und Anlagenführung zur prozesssicheren galvanischen Beschichtung. Dies wiederum führt zu einer besseren Anlagenverfügbarkeit bei verbesserter Prozessstabilität und Qualität. Durch die Einbindung der Industriepartner wird gewährleistet, dass die Projektergebnisse auf die Bedarfe der Branche abgestimmt sind.

Die Forschungsanlage soll, soweit möglich, alle Aspekte einer Galvanikanlage im Kontext von Industrie 4.0 abbilden – sowohl für Gestell- als auch Trommeltechnik. Sie ist im Projekt und darüber hinaus als Plattform zur Datenerfassung und Validierung verschiede-

denster Prozess- und Anlagenparameter in Forschungs- und Industrieprojekten konzipiert, um Prozesse und Abläufe im Unternehmen effizienter, mit einer verbesserten Qualität und einem gesteigerten Output zu ermöglichen.

Literatur

- [1] U. Sievers: Von Industrie 4.0 zu Galvanik 4.1 - Potenzial und praktische Umsetzung des Konzepts der „Industrie 4.0“ in der Galvanotechnik; WOMag (2018), Nr. 11, 1-2; Link: https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2018/11/30_eiffo_gt4_11j2018_A/30_eiffo_gt4_11j2018_A.php
- [2] Deutsche Messe AG: Industrie 4.0 verändert auch die Galvanik; JOT Journal für Oberflächentechnik 58 (2018), S2, S. 20-21
- [3] Deutsche Messe AG: Aller Anfang ist schwer; JOT Journal für Oberflächentechnik 59 (2019), Nr. 3, S. 70-71
- [4] A. Leiden, S. Thiede, C. Herrmann: Von der Industrie 4.0 zu Galvanik 4.1 – Cyberphysische Produktionssysteme für die Galvanoprozesskette; WOMag (2018), Nr. 12; Link: https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2018/12/28_leiden_gt4_12j2018/28_leiden_gt4_12j2018.php
- [5] S. Kölle, C. Mock, K. Schmid et al.: Von der Industrie 4.0 zu Galvanik 4.1 - Elektrolytführung neu gedacht; WOMag (2019), Nr. 4; Link: https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2019/04/32_gt4_koelle_04j2019/32_gt4_koelle_04j2019.php

Projekt-Steckbrief

Titel	Intelligente, Augmented Reality gestützte Produktionsprozesse in der Galvanotechnik (SmARtPlaS)
Laufzeit	1. Oktober 2019 bis 30. September 2022
Partner	B+T Oberflächentechnik GmbH; TU Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF); Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT; DiTEC GmbH; Softec AG; Airtec MUEKU GmbH, ancoss GmbH; eiffo eG (Transferpartner), Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Förderung	Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Maßnahme <i>Internetbasierte Dienstleistungen für komplexe Produkte, Produktionsprozesse und -anlagen (Smart-Services)</i> , Förderkennzeichen 02K18D111

WOMag-App

Online und offline auf mobilen Geräten

☞ mobil und bequem nutzen

☞ Suche nach Stichworten und mit Kategorien

☞ Schnellsuche mit Bildgalerien

☞ umfangreiche Verlinkungen nutzen

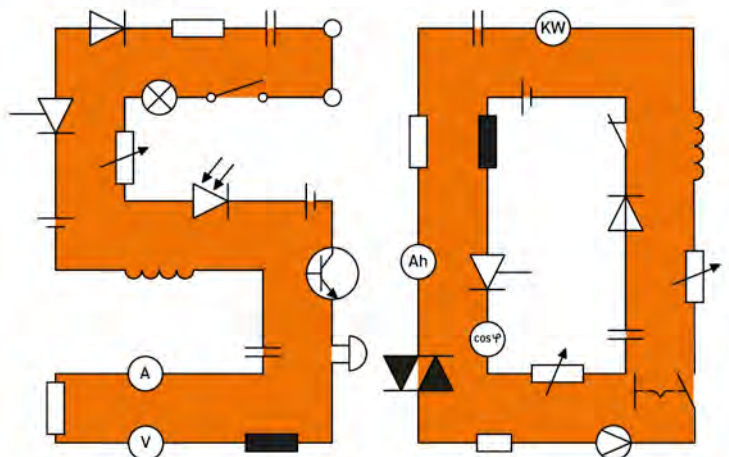
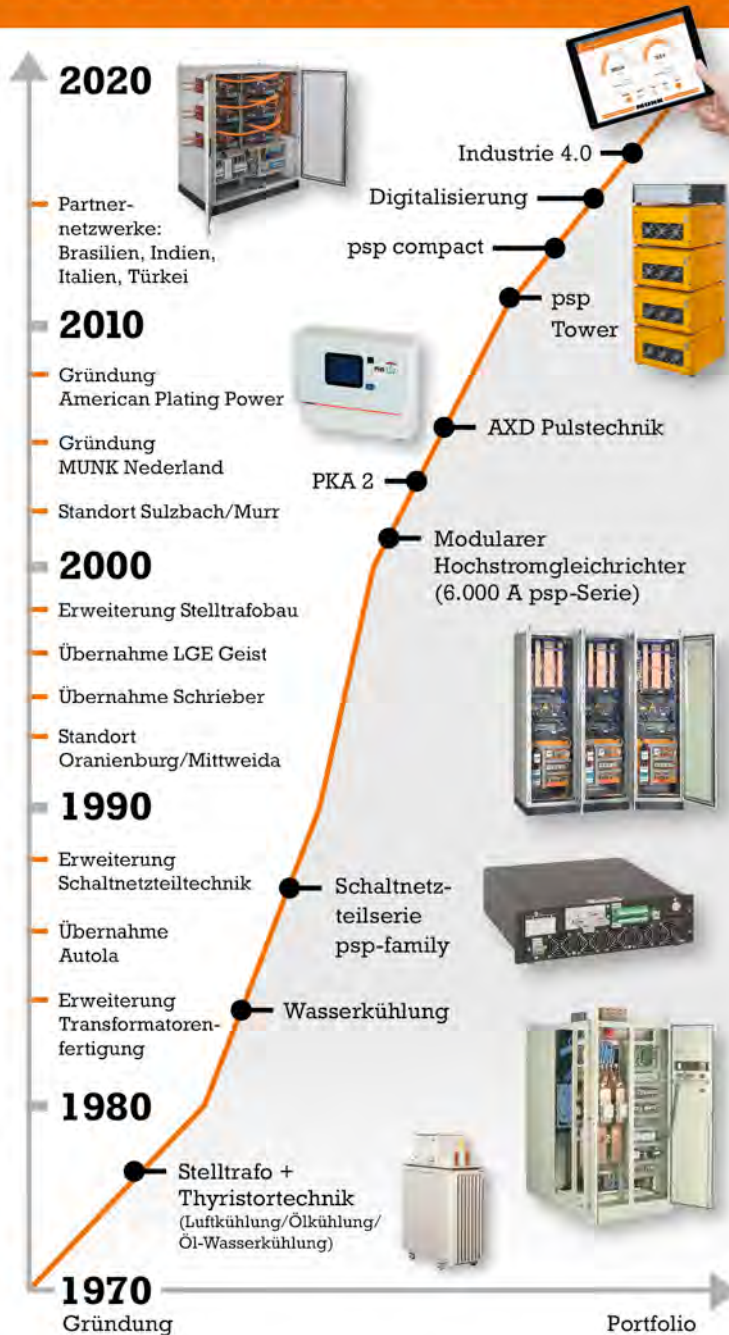
☞ Nachrichtendienst zu interessanten Neuheiten

☞ ... und mehr



Gleichrichtergeräte für die Oberflächentechnik

Unser Portfolio $\hat{=}$ Ihr Nutzen!



WE HAVE THE POWER!

Gewerbepark 8 + 10 • 59069 Hamm / Germany
www.munk.de • www.rectifier.com

Galvanische Abscheidung von Silber und Wolfram aus ionischen Flüssigkeiten für den zukünftigen Einsatz als Kontaktwerkstoffe

Von Dominik Höhlich, Ingolf Scharf, Thomas Mehner und Thomas Lampke, Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik, Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik

Aus ionischen Flüssigkeiten lassen sich Metalle abscheiden, die aus wässrigen Elektrolyten nicht zugänglich sind. Zu diesem Zweck wurden die Legierungsabscheidungen von Wolfram und Silber als Ersatz für massive Tränkwerkstoffe für elektrische Kontaktanwendungen untersucht. Dabei konnte ein zweiphasiges Wolfram-Silber-System mit einem Wolframgehalt von 50 % mit relevanter Schichtdicke aus einer [EMIm]Cl:AlCl₃-Mischung abgeschieden werden. Die Abscheidung erfolgte außerhalb der Glovebox mittels Pulsstrom.



Zum online-Artikel

Metals that are not accessible from aqueous electrolytes can be electrodeposited from ionic liquids. For this purpose, the alloy depositions of tungsten and silver as a substitute for solid impregnating materials for electrical contact applications were investigated. A two-phase tungsten-silver system with a tungsten content of 50 % and relevant layer thickness was deposited from a [EMIm]Cl:AlCl₃ mixture. The deposition was carried out outside the glove box by means of pulsed current.

1 Einleitung

Industriell werden Kontaktwerkstoffe aus Silber (Ag) und Wolfram (W) als Tränkwerkstoffe erzeugt. Dazu wird Wolframpulver zunächst gepresst und gesintert. Die dabei entstehenden Poren des festen Sintergerüsts werden durch anschließendes Tauchen in flüssiges Silber aufgefüllt. Die Kombination von Silber und Wolfram verbindet dabei die hervorragende thermische und elektrische Leitfähigkeit von Silber mit der Abbrandfestigkeit des hochschmelzenden Wolframs. Im industriellen Maßstab haben diese zweiphasigen Werkstoffe einen Massengehalt an Wolfram von $w_W = 50\text{--}80\%$ [1]. In elektrischen Kontakten werden diese Werkstoffe zum Beispiel in Hochstromschützen verwendet, wo sie gegen Kontaktverschweißen und Lichtbogenerosion beständig sein müssen.

Ziel des Vorhabens war es, einen elektrochemischen Prozess zu erforschen, der das Potential hat, diese massiven Bauteile durch galvanisch hergestellte Schichten zu ersetzen. Dadurch wäre es möglich, diesen Werkstoff in einem effizienteren Verfahren kostengünstiger und mit geringerer Masse herzustellen.

Zu diesem Zweck wird üblicherweise die elektrochemische Beschichtung von Materialien aus wässrigen Elektrolyten durchgeführt. Obwohl Wolfram ein relativ edles Elektrodenpotential von $-0,12\text{ V}$ (im Vergleich: Ni $-0,24\text{ V}$, Zn $-0,76\text{ V}$) aufweist, ist es nicht aus wässrigen Elektrolyten abscheidbar. Dies ist in der geringen Überspannung für Wasserstoff begründet, so dass nach einer

gebildeten Wolfram-Monolage nur noch Wasserstoff entwickelt wird. Eine Legierungsabscheidung minimiert diesen Effekt, so dass Legierungen aus wässrigen Elektrolyten mit geringen Wolframgehalten bekannt sind [3]. Dieser Effekt wird als induzierte Ko-Abscheidung bezeichnet.

Es hat sich gezeigt, dass Nickel, Eisen und Kobalt die wirksamsten Elemente sind, um die Ko-Abscheidung von größeren Wolframmengen zu induzieren [3–5]. Geringe Mengen von Wolfram können auch zusammen mit Silber abgeschieden werden. In der Patentliteratur [6, 7] wird dazu ein Verfahren mittels Pulsabscheidung aus einer wässrigen Lösung beschrieben. Zusätzlich verwendet das Verfahren Komplexbildner, wie zum Beispiel Citrat, zusammen mit einem Aufheller in einem pH-Bereich von 6,5 bis 8,0, um Schichten mit einem Massenanteil von bis zu 8,7 % zu erzeugen. Kola et al. zeigten Dünnschichtabscheidungen von Silber-Wolfram aus sauren Thioharnstoff-Citrat-Elektrolyten, die 18 % W enthielten [8].

Der Mechanismus der elektrochemischen Abscheidung von Wolfram ist jedoch nicht grundlegend verstanden. Durch chemische Abscheidungen konnten dünne Schichten einer Silber-Wolfram-Legierung hergestellt werden [2, 9–12]. Shacham-Diamand et al. [9] untersuchten und verglichen die Auswirkungen der Wolframkonzentration c_W im Elektrolyten, die Auswirkungen der Mikrostruktur und Morphologie von dünnen Silber- und Silber-Wolfram-Schichten auf die elektrischen Eigenschaften. Inberg et al. fanden bei

der stromlosen Silber-Wolfram-Abscheidung heraus, dass eine Erhöhung der Wolframkonzentration im Elektrolyten die Menge von Silber in der Schicht verringert, was zu glatten und qualitativ hochwertigen Silber-Wolfram-Filmen führte [13–15]. Ein maximaler Wolframgehalt von $w_W = 3,2\%$ wurde erreicht, wenn das Molverhältnis $[\text{WO}_4^{2-}]/[\text{Ag}^+]$ gleich eins war. Höhere Wolframkonzentrationen im Elektrolyten erhöhten den Massenanteil an Wolfram in der Ablagerung dabei jedoch nicht.

Da die angestrebten Wolfram-Silber-Legierungen nicht als Wolfram-Basislegierung mit relevanter Schichtdicke aus wässrigen Elektrolyten zugänglich sind, wurden aprotische Lösungsmittel verwendet, die keine aciden Wasserstoffatome enthalten und dadurch elektrochemisch keine Wasserstoffentwicklung verursachen. Als Alternative zu wässrigen Elektrolyten können aprotische, ionische Flüssigkeiten (IL) Abhilfe schaffen [16, 17]. Ionische Flüssigkeiten sind Salze mit großen, asymmetrischen Ionen, die üblicherweise dadurch bei einer Temperatur von unter 100 °C flüssig sind. Der im Vorhaben erforschte Elektrolyt besteht aus den Metallchloriden (AgCl, WCl₆) und der Mischung einer chloridbasierten, ionischen Flüssigkeit (1-Ethyl-3-methylimidazoliumchlorid ([EMIm]Cl)) mit Aluminiumchlorid. Insbesondere die Abscheidung von Aluminium aus diesen Elektrolyten hat bereits vielversprechende Ergebnisse gezeigt [18]. Diese Elektrolyte sind über einen großen Zusammensetzungsbereich flüssig und besitzen attraktive Eigenschaften, wie ein brei-

tes elektrochemisches Potentialfenster ($> 4 \text{ V}$ [19]), einen vernachlässigbaren Dampfdruck und eine hohe elektrische Leitfähigkeit.

Allerdings ist die Handhabung der ionischen Flüssigkeiten aufgrund ihrer stark hygroskopischen Eigenschaften kompliziert. Schon geringe Mengen Wasser aus der umgebenden Atmosphäre können die Abscheidung inhibieren und zu unerwünschten Nebenreaktionen führen, wie zum Beispiel zur Freisetzung von Salzsäure (HCl). Daher ist das Arbeiten in geschlossenen Umgebungen (wie z. B. einer Glovebox mit Inertgasatmosphäre) erforderlich. Um diese aufwändige Arbeitsweise zu umgehen, wurde eine Schutzgastechnik eingesetzt, die Abscheidungen außerhalb einer Glovebox ermöglicht. Der vorliegende Artikel widmet sich dem Ersatz von wässrigen Elektrolyten und der Darstellung eines Systems für die galvanische Abscheidung von Silber-Wolfram-Schichten mit hohem Wolframgehalt.

2 Abscheidungen

Der für die Untersuchungen eingesetzte Elektrolyt besteht aus Silberchlorid (AgCl), Wolframchlorid (WCl_6) und der ionischen Flüssigkeit 1-Ethyl-3-methylimidazoliumchlorid-Aluminiumchlorid $[\text{EMIm}]\text{Cl}:\text{AlCl}_3$. Die untersuchten Molverhältnisse der $[\text{EMIm}]\text{Cl}:\text{AlCl}_3$ -Mischungen betrugen 1:0,75 bis 1:1,5.

Für die Verwendung des Elektrolyten außerhalb der Glovebox ist eine spezielle Verfahrensweise erforderlich. Da der Kontakt zwischen Elektrolyt und Wasser vollständig vermieden werden muss, wird ein ständiger

Argon-Gegenstrom über der Lösung erzeugt; dadurch wird der Kontakt mit der Umgebungsluft und somit unerwünschtem Wassereintrag vermieden. Vor den Experimenten wurde die ionische Flüssigkeit auf 120°C erhitzt und unter Vakuum getrocknet. Nach der Zugabe von Wolfram und Silber wurde der Elektrolyt nochmals unter Vakuum bei 80°C bis 90°C getrocknet, bis die Farbe des Elektrolyten klar braun war, was auf ein chemisches Gleichgewicht hinweist.

Als Kathode wurden nach entsprechender Vorbehandlung (Beizen mit Salpetersäure (HNO_3) und *Vorspülen* in $[\text{EMIm}]\text{Cl}$) Kupferbleche (beschichtete Fläche $5 \times 5 \text{ mm}^2$) verwendet. Als Anode wurde ein quadratisch gebogener Platindraht gleicher Größe eingesetzt. Die elektrochemische Abscheidung erfolgte bei 120°C und ständigem Rühren (200 U/min) unter Argon-Gegenstrom. Die Konzentrationen der zugegebenen Metallsalze waren $0,24 \text{ mol/l WCl}_6$ und $0,08 \text{ mol/l AgCl}$. Die Abscheidungen im Vorhaben wurden sowohl unter Gleichstrom als auch unter Pulsstrom durchgeführt.

3 Ergebnisse

Basierend auf den bisherigen Erfahrungen mit der Abscheidung von Aluminium-Wolfram-Schichten aus $[\text{EMIm}]\text{Cl}:\text{AlCl}_3$ [18], ist es wichtig, die richtigen Mischungsverhältnisse des Elektrolyten zu berücksichtigen. Generell ist die Abscheidung von Aluminium aus ionischen Flüssigkeiten aus Lewis-sauren Systemen möglich [20]. Da es sich bei Aluminiumchlorid (AlCl_3) um eine Lewis-Säure

handelt, ist es möglich, den Säuregrad des Elektrolyten über seine Mischungsverhältnisse einzustellen. Unterschiedliche Mischungsverhältnisse des Basiselektrolyten $[\text{EMIm}]\text{Cl}:\text{AlCl}_3$ von 1:0,75 bis 1:1,5 wurden daher untersucht.

Abhängig vom Molverhältnis von $[\text{EMIm}]\text{Cl}$ zu Aluminiumchlorid weist dieser Elektrolyt einen in einem weiten Bereich einstellbaren Lewis-Säuregehalt auf. Mit einem Molverhältnis von $[\text{EMIm}]\text{Cl}:\text{AlCl}_3$ kleiner als eins können die Anionen als neutral oder sehr schwach basisch im Säure/Base-Sinn beschrieben werden. In diesem Fall zeigen die vorhandenen Anionen, hauptsächlich in Form von AlCl_4^- , nur schwache elektrostatische Wechselwirkungen mit dem Kation und ermöglichen dadurch den vorteilhaft niedrigen Schmelzpunkt und die niedrige Viskosität der ionischen Flüssigkeit. Mit zunehmendem Molverhältnis von $[\text{EMIm}]\text{Cl}:\text{AlCl}_3$ (d. h. größer als eins) bestimmt ein stärker saures Verhalten die Eigenschaften des Elektrolyten. Das Anion AlCl_4^- neigt dazu, mit Aluminiumchlorid (AlCl_3) einen Al_2Cl_7^- -Komplex zu bilden. Dieser stellt den Großteil der aktiven Anionen dar und bildet stärker koordinierte Komplexe. Für die Silber-Wolfram-Schichten ist es dabei wichtig, dass aus dem erwähnten Elektrolyten kein Aluminium abgeschieden wird. In basischen Elektrolyten können keine Aluminiumabscheidungen erzielt werden, weil die organischen Kationen bei weniger negativen Potentialen reduziert werden als die dominanten Anionen AlCl_4^- . In sauren Elektrolyten ist die elektroaktive Spezies Al_2Cl_7^- für

Das SERFILCO-Team ist für Sie da!

Mo. - Do. von 08:00 - 17:00 Uhr
Freitag von 08:00 - 14:30 Uhr

Saubere Lösungen - perfekte Oberflächen!



SERFILCO®
Pumpen & Filter
chemiebeständig · robust · langlebig

Der starke Partner für Industrie & Anlagenbau!

- Reinigung, Entfettung, Phosphatierung, Passivierung
- Pumpen f. galvanische Prozesse auf Metall & Kunststoff
- Filtration von Elektrolyten, Beizen und Spülbäder
- SerDuctor-Düsensysteme zur Badbewegung ohne Luft für Prozessbäder u. Abwasserneutralisation
- Badheizer und Wärmetauscher

OBERFLÄCHEN

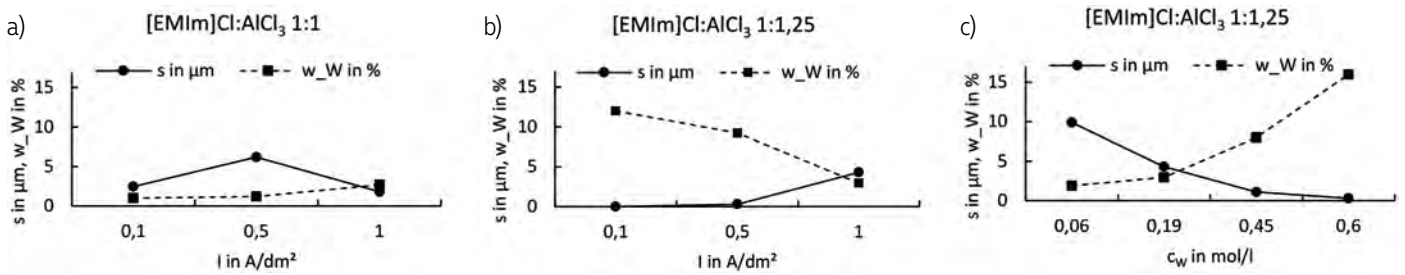


Abb. 1: Silber-Wolfram-Abscheidungen unter Gleichstrom aus Mischungsverhältnissen von [EMIm]Cl:AlCl₃ von 1:1 (a), 1:1,25 (b) und mit unterschiedlichen Wolframkonzentrationen im Elektrolyten (c)

die galvanische Abscheidung von Aluminium verantwortlich [20]. Obwohl die elektrochemische Reduktion von Aluminium aus dem Tetrachloraluminatkomplex (AlCl₄⁻) möglich ist, findet parallel dazu eine Zersetzung des organischen Kations statt. Bei der Abscheidung von Silber und Wolfram aus dem System mit [EMIm]Cl:AlCl₃ sollte also die ionische Flüssigkeit nicht zu Lewis-sauer sein, da sonst der Bereich der Abscheidung nicht erreicht wird. Allerdings muss die Lösung Lewis-sauer genug sein, um ausreichend starke Komplexe zu bilden und ein stabiles chemisches Gleichgewicht aufzuweisen.

Die Ergebnisse der von den Autoren durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die Silber-Wolfram-Abscheidung bei Gleichstrom nur in Mischungen von [EMIm]Cl:AlCl₃ in Verhältnissen von 1:1 bis 1:1,25 gelingt, obwohl die erreichten Schichtdicken und der Wolframgehalt dabei noch sehr gering sind. Ergebnisse in der Literatur nach Ferrara et al. [21] erwähnen eine optimale Abscheidung von Aluminium bei einem Verhältnis von ebenfalls 1:1,2. Diese Tatsache deutet darauf hin, dass in diesem Bereich eine Metallabscheidung generell begünstigt ist. Wird die Silber-Wolfram-Abscheidung aus diesen beschriebenen Mischungsverhältnissen betrachtet, so deutet die Tatsache, dass in den von den Autoren der vorliegenden Arbeit

hergestellten Schicht kein Aluminium gefunden wurde, darauf hin, dass Silber und Wolfram in diesem System bevorzugt abgeschieden werden. Dies ist nicht trivial, da eine starke Komplexbildung in der ionischen Flüssigkeit der einzige Lösungsmechanismus ist und dadurch die Abscheidopotentiale von den Komplexbildungskonstanten bestimmt werden (Hinweis: in wässrigen Systemen bekannt unter *Praktischer Spannungsreihe*). Der Grund dafür ist, dass die Lewis-Basizität im gewählten Mischungsverhältnis der ionischen Flüssigkeit durch die Zugabe der Chloridmetallsalze weiter in den basischen Bereich verschoben wird und dadurch die Chloridionenkonzentration steigt.

Die Ergebnisse der Abscheidung unter Gleichstrombedingungen sind mit denen aus wässrigen Lösungen vergleichbar. Mit zunehmendem Wolframgehalt nimmt die Schichtdicke rasch ab. Für Schichten, die als Kontaktmaterialien anwendbar wären, konnte mit der Gleichstromabscheidung jedoch nicht die optimale Lösung erzielt werden. Anwendungen im Kontaktmaterialbereich erfordern Schichtdicken von mehr als 0,5 μ m und einen Molanteil von mehr als 50 % Wolfram.

Zwar führt das Mischungsverhältnis [EMIm]Cl:AlCl₃ von 1:1,25 zu höheren Schichtdicken mit entsprechend hohen Wolframgehalten, die Gleichstromabscheidungen

liefern jedoch noch keine zufriedenstellenden Schichtsysteme. Wolframgehalte über $w_W = 15$ % konnten in Schichten mit Dicken über 0,25 μ m nicht hergestellt werden (Abb. 1). Die Lösung für das Problem der geringen Schichtdicken oder niedrigen Wolframgehalte wurde in unterschiedlichen Abscheidungen mit gestuftem Gleichstrom gefunden. Dadurch können höhere Schichtdicken und gleichzeitig höhere Wolframgehalte erzielt werden. Die Stromdichten variieren von 0,1 A/dm² bis 10 A/dm² und Stufenzeiten von 0,5 s bis 180 s. Eine Übersicht ist in Abbildung 2 dargestellt. Mit Pulsstrom wird es möglich, Schichten mit mehr als 0,5 μ m und mehr als 50 % Wolfram abzuscheiden.

Die Experimente zeigen, dass die Variation verschiedener Stromstärken, das heißt Doppelpulse mit großem Stromdichteunterschied, am erfolgversprechendsten sind. Hierbei soll mit einem Puls geringer Stromdichte bevorzugt das edlere Metall und mit einem Puls höherer Stromdichte das unedlere Metall bevorzugt abgeschieden werden. Eine systematische Abhängigkeit der verschiedenen Stromdichten und Zeiten konnte dabei jedoch nicht signifikant festgestellt werden. Auch eine Verdopplung der Abscheidezeit bei hohem Wolframanteil führte nicht zur Verdopplung der Schichtdicke.

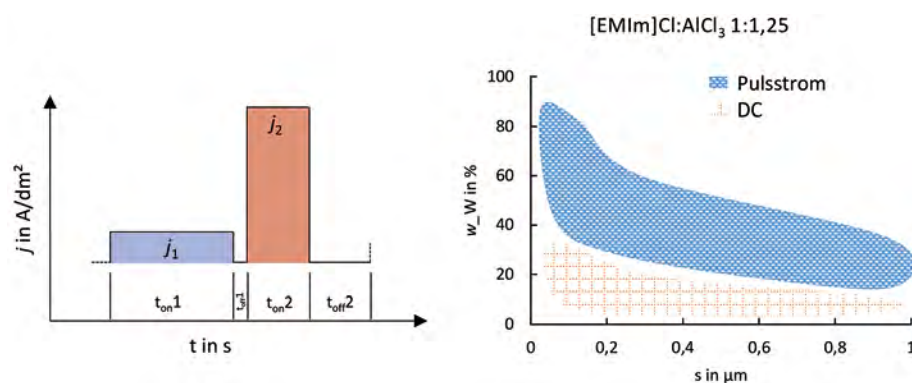


Abb. 2: Schema des Pulsregimes (links) und Vergleich der Ergebnisse aus Abscheidungen mit Gleichstrom und Pulsstrom (rechts)

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Unter WOMag-online.de steht der gesamte Beitrag für alle Nutzer zur Ansicht zur Verfügung. Im Weiteren werden die Eigenschaften des Elektrolytsystems zur Abscheidung sowie die Eigenschaften der Schichten wie Härte, elektrische Leitfähigkeit oder Kristallisationsdaten detailliert vorgestellt.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt 5 Seiten mit 4 Abbildungen, 3 Tabellen und 23 Literaturhinweisen.

Chancen durch den Einsatz von Mixed Reality in der Oberflächentechnik

Von M.Sc. Alexander Leiden¹⁾, M.Sc. Rowena Duckstein²⁾, M.Sc. Marvin Czarski¹⁾ und Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann^{1,2)}

Die intelligente Datenauswertung hält Einzug in die Oberflächentechnik. Damit gewinnt auch die Visualisierung von Daten mittels Mixed Reality-Ansätzen immer mehr an Bedeutung. Mixed Reality beschreibt die zunehmende Verschmelzung von digitaler und realer Welt in unterschiedlich starken Ausprägungen. In der Mixed Reality finden sich auch bekannte Ausprägungen wie Augmented Reality und Virtual Reality. Entsprechende Visualisierungsansätze ermöglichen es, die Inhalte aus dem digitalen Zwilling den Mitarbeitern so verfügbar zu machen, dass Entscheidungen direkt in der Produktion unterstützt werden. Erste Anwendungsmöglichkeiten, die das IWF der TU Braunschweig gemeinsam mit dem Fraunhofer IST zur innovativen Visualisierung in der Oberflächentechnik entwickelt hat, zeigen die Leistungsfähigkeit der Technologie.

1 Einführung

Die Ergebnisse intelligenter Datenauswertung sollen Mitarbeitern in Unternehmen so zur Verfügung gestellt werden, dass sie die Wertschöpfungsprozesse möglichst zielgerichtet unterstützen. Einfache Dashboard-Lösungen zur Darstellung von Kennzahlen oder gar direkte Rohdatendarstellungen bieten häufig nur eine eingeschränkte Unterstützung, insbesondere in einem direkten Produktionsumfeld. Einen deutlich höheren Immersionsgrad ermöglichen 3D-Visualisierungen. Vor allem Augmented Reality Visualisierungen erlauben eine auf dem industriellen Kontext basierende Darstellung.

Der vorliegende Artikel bietet einen kurzen Überblick zu Mixed Reality-Darstellungen und zeigt exemplarisch Anwendungsfelder für die Oberflächentechnik. Die anstehenden Entwicklungen in diesem Bereich sind Bausteine für eine Oberflächentechnik 4.0, stellen die Mitarbeiter in den Mittelpunkt und adressieren die gesamte Wertschöpfungskette, von der Produktentwicklung über die Produktion bis hin zum After-Sales-Service.

2 Hintergrund und aktuelle Technologien

Mixed Reality beschreibt die Anreicherung der realen Welt (*Realität*) mit virtuellen Informationen bis hin zu einem vollständigen immersiven Eintauchen in eine virtuelle Welt (*Virtualität*). Augmented Reality (AR) beschreibt hierbei die erweiterte Realität und vereint die reale und virtuelle Welt dreidimensional und in Echtzeit durch den Einsatz von entsprechenden Technologien. In Ab-



Abb. 1: Realität-Virtualität-Kontinuum unterstützt Auswahl der Visualisierungsform (basiert auf [1, 2])

grenzung zur Virtual Reality bleibt der Anwender mit allen Sinnen in seiner Umgebung und bekommt zusätzlich computergenerierte Inhalte angezeigt. Dadurch ergeben sich zahlreiche neue Möglichkeiten beispielsweise in der Entscheidungsunterstützung, Qualitätssicherung oder in Lern- beziehungsweise Qualifizierungsprozessen.

Abbildung 1 zeigt unterschiedliche Visualisierungsformen im Realität-Virtualität-Kontinuum. Mobile Endgeräte, welche zusätzliche Informationen über Displays anzeigen, sind bereits technisch ausgereift und für den industriellen Einsatz verfügbar. Sowohl eine direkte Darstellung im Sichtfeld des Nutzers (z. B. Moverio BT-300 von Epson oder Google Glass) ist möglich als auch über Displays mit entsprechend verbundener Kamera (von nahezu allen Smartphones unterstützt).

Eine holographisch räumliche Visualisierung ist deutlich aufwändiger und die Hardware

erfährt zurzeit noch einen starken Entwicklungsschub (z. B. Microsoft HoloLens 1 oder 2). Auch hier ist jedoch eine Darstellung mit modernen Smartphones möglich. Semi-immersive Darstellungen entsprechen einfachen Display-Darstellungen, welche schon seit Jahrzehnten Stand der Technik sind. Vollständig immersive Darstellungen mittels Virtual Reality-Brillen sind mittlerweile ausgereift, jedoch befindet sich die Visualisierung hier vollständig in einer virtuellen Welt. Dies ist im Wesentlichen für Planungszwecke hilfreich, jedoch weniger im Produktionsbetrieb beziehungsweise in der direkten Interaktion mit Maschinen und Anlagen.

3 Prototypische Umsetzung für die Oberflächentechnik 4.0

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik IWF der TU Braunschweig und das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST entwickeln eine AR-Applikation für eine Oberflächentechnik 4.0. Exemplarisch ermöglicht eine Applikation, die Schichtdicke von galvanotechni-

¹⁾ TU Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, Professur Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering, Langer Kamp 19b, D-38106 Braunschweig

²⁾ Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST, Bienroder Weg 54 E, D-38108 Braunschweig

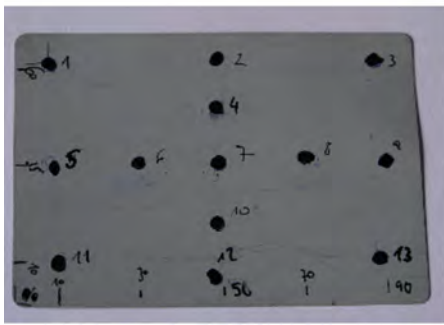
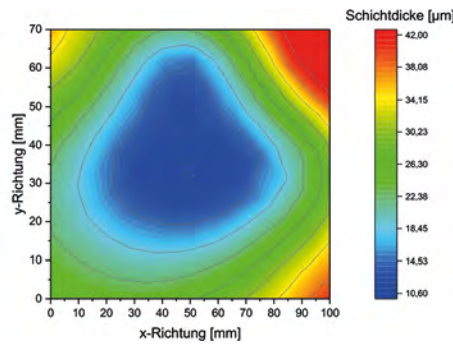


Abb. 2: Kennzeichnung der RFA-Messpunkte auf einem Stahlblech (links); Schichtdickenprofil eines Zink-Nickel-beschichteten Stahlblechs (rechts)



schen Schichten zu visualisieren. Basis hierfür ist eine automatische Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) zur Ermittlung der Schichtdickenverteilung einer galvanischen Zink-Nickel-Schicht auf einem Stahlblech (Abb. 2). Die Schichtdickenverteilung ist unter anderem abhängig von der Bauteilgeometrie sowie von der Positionierung des Bauteils im Gestell und des Abstands des Bauteils zur Anode innerhalb des Elektrolyttanks. Die Visualisierung mittels AR, basierend auf Produkt- und Produktionsdaten, wird in der Zukunft eine Entscheidungshilfe sein, beispielsweise wie eine ideale Kontaktierung erfolgt oder wie das Gestell im Elektrolyttank positioniert werden muss, um eine ideale, reproduzierbare Oberflächenbeschichtung zu erreichen. Im Folgenden wird anhand der Untersuchung der Kontaktierung exemplarisch gezeigt, wie eine AR-Visualisierung ausgestaltet werden kann.

4 Beschichtungsprozess und Datenerhebung

Für die Beschichtung von Stahlblechen aus C75 (100 x 70 mm²) wurde der Zink-Nickel-Elektrolyt Slotoloy ZN 320 von der Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG verwendet. Die Bleche wurden vor der Beschichtung bei 60 °C heiß entfettet, dann anodisch entfettet und zum Abschluss in 5%iger Schwefelsäure dekapiert. Die Beschichtung wurde mit einer Stromdichte von 0,5 A/dm² durchgeführt. Mit steigender Stromstärke wurde eine Schichtdickenzunahme beobachtet. Jedoch verstärkte sich auch der Kantenaufbau – eine erhöhte lokale Stromdichte aufgrund von Feldeffekten führt zu einer erhöhten Schichtdicke an Kanten. Eine Erhöhung der Anzahl an Kontaktierungen konnte den Kantenaufbau deutlich reduzieren. In Abbildung 3 ist auf der linken Seite die Ausgangskontaktierung (I) gezeigt. Im Vergleich dazu ist auf der rechten Seite die variierte Kontaktierung mit

zwei zusätzlichen Kontaktierungen jeweils an den Ecken des Blechs (II) dargestellt. In diesem Gestell besaß das Blech zudem einen festeren Sitz. Die Beschichtungen wurden jeweils mit einer Stromdichte von 1,5 A/dm² durchgeführt. Die ermittelten Schichtdickenprofile sind jeweils unterhalb der Teilbilder I und II der Abbildung 3 aufgeführt.

5 Von der Datenerfassung zur Visualisierung

Das schrittweise Vorgehen bis hin zur Umsetzung der Visualisierung ist in Abbildung 4 dargestellt. Zunächst wurden die aus den Messungen erhobenen Daten interpoliert, um die Lücken zwischen den Messpunkten zu füllen. In der Visualisierung werden Volumenelemente in verschiedenen Höhen genutzt, um in der AR-Visualisierung einen räumlichen Eindruck für den Betrachter zu bieten.



Abb. 4: Datenfluss von der Messung zur Visualisierung

Die Volumenelemente sind als Matrix angeordnet, in diesem Fall mit einer Größe von 20 x 40 Elementen. Die Volumenelemente-Matrix wird durch x- und y-Koordinaten und je einen Wert pro Element bestimmt. In der prototypischen Umsetzung werden die Ergebnisse mit dem Dateiformat CSV in die Applikation importiert und durch entsprechende Prozesse geparkt, also für den Computer lesbar gemacht. Für die Visualisierung wird jeder Wert aus der Matrix ausgewertet und entsprechend die Höhe des Volumenelements sowie ein Farbwert ermittelt. Die Kombination aus allen Volumenelementen in der richtigen Anordnung, gepaart mit der mittels QR-Code ermittelten Position der Bleche, ermöglicht eine AR-Visualisierung (Abb. 5).

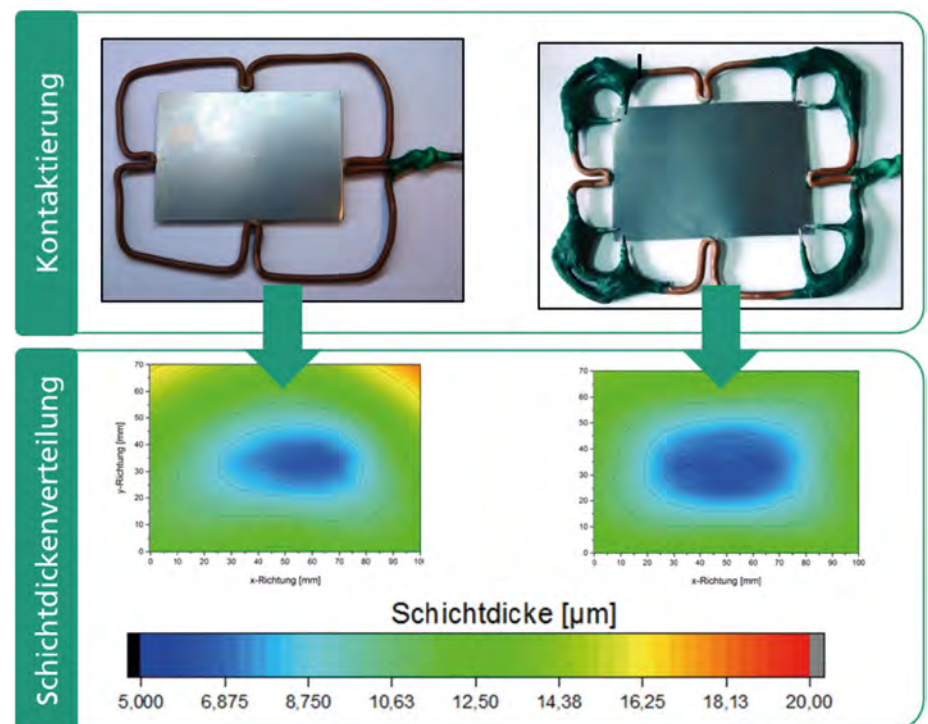


Abb. 3: Einfluss der Kontaktierung

Die Applikation wurde mit der plattformübergreifenden 3D-Programmierungsumgebung Unity entwickelt und kann auf verschiedenen Endgeräten (Android, iOS) genutzt werden und führt Anwender durch die Stärken und Schwächen der AR-Hardware. Teure AR-Brillen müssen nicht für jeden Anwendungsfall die beste Lösung sein, insbesondere wenn die Brille über einen längeren Zeitraum getragen werden soll. Eine Visualisierung mittels Smartphone kann in vielen Fällen ausreichen und ist durch die bereits sehr hohe Verfügbarkeit ohne zusätzliche Investitionen in Hardware umsetzbar.

6 Ausblick und Unterstützungsangebote für die Industrie

Am IWF und dem Fraunhofer IST in Braunschweig steht eine umfangreiche Auswahl an Hard- und Software für Entwicklung von Applikationen im Rahmen von Industrie- und öffentlichen Forschungsprojekten zur Verfügung. Als Mitglied im Mittelstand-4.0-Kompetenzzentrum *mit uns digital!* bietet das IWF für kleine und mittlere Unternehmen insbesondere ein umfangreiches Unterstützungsprogramm hin zu Industrie-4.0-Umsetzungen. Das Fraunhofer IST verfügt über ein breites Spektrum an Verfahren und Schichtwerkstoffen, um die für die jeweilige Aufgabenstellung optimale Prozesskette zu gestalten und damit innovative Funktionen und Funktionalitäten zu realisieren. Darüber hinaus verfügt das Fraunhofer IST über eine sehr gut ausgestattete Analytik und eine umfangreiche Erfahrung in der Modellierung und Simulation sowohl von Produkteigenschaften als auch der zugehörigen Prozesse und Produktionssysteme.

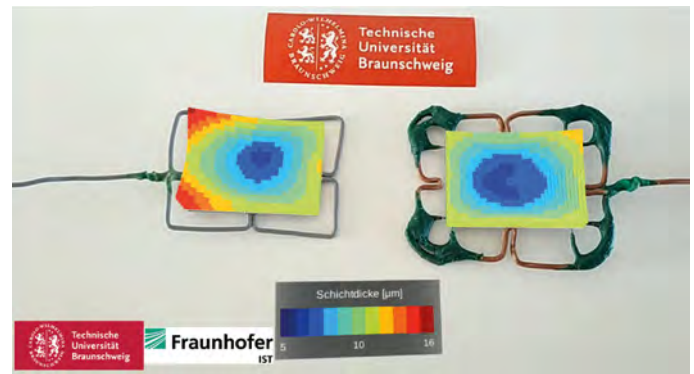


Abb. 5: AR-Ansicht der beispielhaften Applikation

Das BMBF-Projekt *SmArtPlaS* fokussiert die Integration von Mixed Reality Applikationen für die vorausschauende Wartung in der Galvanotechnik. Einsatzfelder für die AR-Technologie werden aufgezeigt und ein methodisches Fundament für industrielle Anwendungen geschaffen.

Literatur

- [1] P. Milgram, F. Kishino: A taxonomy of mixed reality visual displays; IEICE Transactions on Information and Systems 12 (1994) 12; S. 1321-1329
- [2] M. Juraschek, L. Büth, F. Cerdas et al.: Exploring the Potentials of Mixed Reality for Life Cycle Engineering; Procedia CIRP 69 (2018), S. 638-643; doi: 10.1016/j.procir.2017.11.123

IGF-Vorhaben UltraRein

Das im April 2019 gestartete IGF-Vorhaben *UltraRein* beschäftigt sich mit der Entwicklung einer multisensorbasierten Systemlösung zum Bestimmen der mechanischen Reinigungswirkung in Ultraschallanlagen als Voraussetzung für die künftige Integration von intelligenten Steuer- und Regelungskonzepten. Der Zwischenstandsbericht informiert über den aktuellen Stand und die nächsten Prozessschritte.

Die Konditionierung von technischen Oberflächen durch industrielle Reinigungsprozesse ist ein qualitätserzeugender Fertigungsschritt im Bereich der Teilefertigung, bei dem die für die Nachfolgeprozesse (wie Kleben und Beschichten) erforderliche Sauberkeit erzeugt wird. Die Komplexität der bisher mangels geeigneter Messtechnik zur Überwachung des Prozesszustandes nicht vollständig beschriebenen Reinigungswirkzusammenhänge ist ein kritisches Glied auf dem Weg zur durchgängig wissensbasierten, adaptiven Fertigung im Rahmen von Industrie 4.0. Insbesondere bei der Ultraschallreinigung als Teil der Tauchreinigungsverfahren zeigt sich dies durch die unvollständige Erfassung der Ultraschallmessgrößen, resultie-

rende mechanische Reinigungswirkung und sonstige Zustandsparameter. Das Resultat sind aufwendige Reinigungsversuche während der Konzipierung, Auslegung und der Inbetriebnahme der Reinigung. Trotz dieser Erprobung kommt es infolge der vorhandenen Unsicherheit im industriellen Alltag zu einer Überdimensionierung der Reinigungsprozesse. Die Folgen sind ein erhöhter Energie- und Ressourceneinsatz sowie erhöhte Kosten für den Prozess.

Um diesen Umständen begegnen zu können, wird am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Dresden, und an der Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV, Augsburg, im Projekt *UltraRein* ein Werkzeug zur Erfassung der relevanten Ultraschallmessgrößen entwickelt. Dieses System können Anwender zur Echtzeit-Datenerfassung der behandelten Ultraschallwirkungskette nutzen und daraus Wirkzusammenhänge ableiten. Unterstützt werden sie dabei durch eine intelligente Datenauswertung unter Nutzung von künstlicher Intelligenz. Mithilfe des intelligenten Multisensorsystems wird die Ultraschallreinigung perspektivisch

vollständig überwacht, wodurch ein neues Niveau der Prozessdatenerfassung zur Entwicklung, Auslegung und Optimierung von Ultraschallreinigungsprozessen erreicht wird. Aktueller Stand des Projekts ist die Auslegung und Integration eines Inline-Sensors zur Messung der durch den Ultraschall erzeugten Erosionsrate und die Erprobung sowie Anpassung von Messsystemen zur Überwachung der Ultraschallreinigung. Die nächsten Schritte im Projekt sind die Integration der Einzelmesssysteme in einer kompakten Systemlösung zur Überwachung der Ultraschallwirkung in den Waschbädern und die Umsetzung einer auf künstlicher Intelligenz basierenden Messdatenauswertung. Im Ergebnis entsteht ein Forschungsdemonstrator zur Erfassung der örtlich und zeitlich aufgelösten Ultraschallreinigungswirkung und der intelligenten Auswertung der gewonnenen Daten.

Das Projekt wird bei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen *Otto von Guericke* e. V. AiF unter der IGF-Vorhabennummer 20669 BG/2 geführt. Laufzeit ist vom 1. April 2019 bis zum 31. März 2021.

➔ www.dgo-online.de

≡ Perspektiven für den Ersatz von konventionellen Beschichtungsverfahren durch das Laserauftragschweißen

Von Dr. S. Vogt und M. Göbel, Ditzingen



[Zum online-Artikel](#)

Mittels Laserauftragschweißen lassen sich verschiedene metallische Werkstoffe auf ein Substrat auftragen, wobei der Verbund eine sehr gute Haftfestigkeit besitzt und sich hohe Schichtdicken und Auftragsraten erzielen lassen. Die aufgetragenen Schichten zeichnen sich durch sehr gute funktionelle Eigenschaften für Anwendungen unter höchsten mechanischen Belastungen aus. Die Weiterentwicklung des Laserauftragsschweißens – das Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen – unter Einsatz einer speziellen Laser- und Pulverzufuhreinheit ermöglicht die Herstellung von Schichten mit geringerer Porosität, geringerer Oberflächenrauheit sowie feiner Abstufungen in der Schichtdicke. Dadurch besitzt die neue Technologie ein interessantes Potenzial als Alternativverfahren zum Hartverchromen, insbesondere beim Einsatz für rotationssymmetrischen Bauteilen.

1 Einleitung

Eine der am meisten genutzten Technologien gegen Verschleiß und Korrosion von Oberflächen ist das elektrochemische Hartverchromen. Hiermit lassen sich dünne Hartchromschichten auch auf großen Bauteilen wie Arbeitswalzen oder Hydraulikzylinder anbringen, die zum Beispiel in der Stahl-, Öl- und Gasindustrie zum Einsatz kommen. Die Herstellung der Schichten erfolgt durch elektrochemische Abscheidenvorgänge mit Elektrolyten, die eine hohe Konzentration an Chromtrioxid enthalten, wobei die Steuerung der Schichtdicken über den verwendeten elektrischen Strom und die Abscheidendauer mit hoher Präzision erfolgt. Da die Europäische Union jedoch Chromtrioxid aufgrund der Toxizität des Chrom(VI)ions auf die Liste der gesundheitlich bedenklichen Substanzen gesetzt hat, könnte diese Beschichtungstechnologie in Zukunft an Attraktivität verlieren oder sehr stark eingeschränkt werden. Eine technologisch, wirtschaftlich und ökologisch vielversprechende Alternative, auch für

andere konventionelle Beschichtungen, wie zum Beispiel thermisches Spritzen, ist das Laserauftragschweißen (engl.: Laser Metal Deposition, Abk.: LMD) sowie das Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen (engl.: High-Speed LMD, Abk.: HS-LMD). Kriterien für den Vergleich von Beschichtungstechnologien sind neben wirtschaftlichen Faktoren wie Investitionen und Prozesszeiten auch Eigenschaften wie Härte und Dicke der Beschichtung. Zu diesem Zweck ist es hilfreich, die Kriterien mit konventionellen Beschichtungsverfahren unter Verwendung des Hochgeschwindigkeitslaserauftragsschweißens nach dem aktuellen Stand der Technik zu vergleichen.

2 LMD im Vergleich zu HS-LMD

Das konventionelle Laserauftragschweißen kann dank seiner Vorteile, wie beispielsweise der metallurgischen Verbindung zwischen aufgetragener Schicht und Substrat [1], der definierten und gut kontrollierbaren Energieeinbringung [2] und der reduzierten Wärme-

einflusszone zur Reparatur und Funktionalisierung von Oberflächen eingesetzt werden. Ein Schema des Laserauftragschweißens (LMD) und des Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißens (HS-LMD) sowie die Wechselwirkung zwischen Laserstrahl und Pulvermaterial sind in *Abbildung 1* dargestellt. Beim konventionellen Laserauftragschweißen wird Pulvermaterial kontinuierlich und koaxial durch eine Pulverzufuhrdüse zugeführt und mittels eines Laserstrahls aufgeschmolzen. Durch die Bewegung des Laserstrahls und der Düse relativ zum Oberflächenmaterial des Substrats lassen sich einzelne Schweißbahnen und durch Überlappung ganze Schichten oder Volumina endkonturnah auftragen. Die Spuren können Anwender zum Beispiel für einen Oberflächenschutz großflächig an Bauteilen aufbringen oder zu Reparaturzwecken lokal auftragen.

Während der Pulverwerkstoff bei diesem Prozess vollständig aufgeschmolzen wird, wird die Oberfläche nur teilweise aufge-

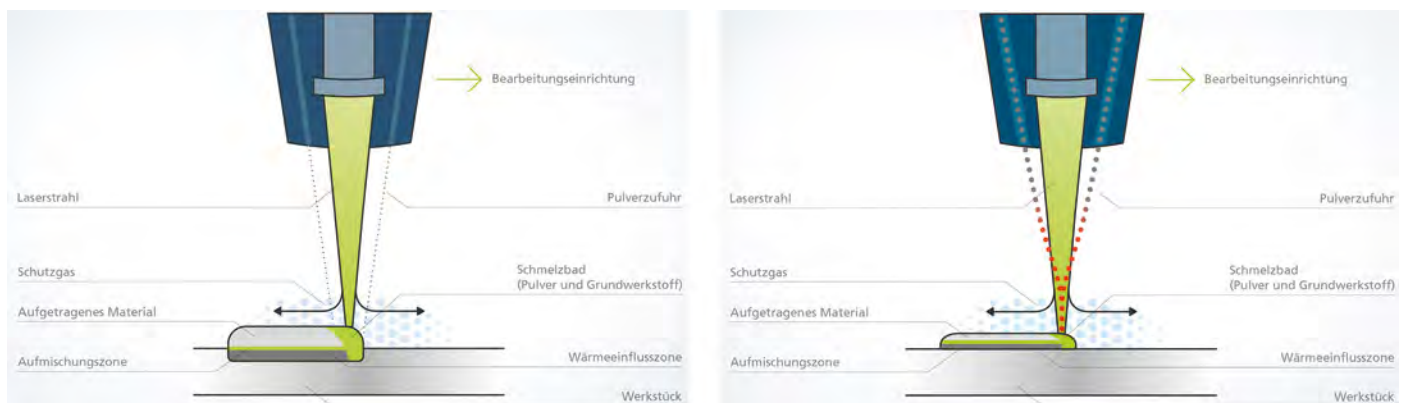


Abb. 1: Schematische Prozessansicht und Schichtzusammensetzung sowie Wärmeinflusszone beim konventionellen Laserauftragschweißen (links) und dem Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen (rechts)

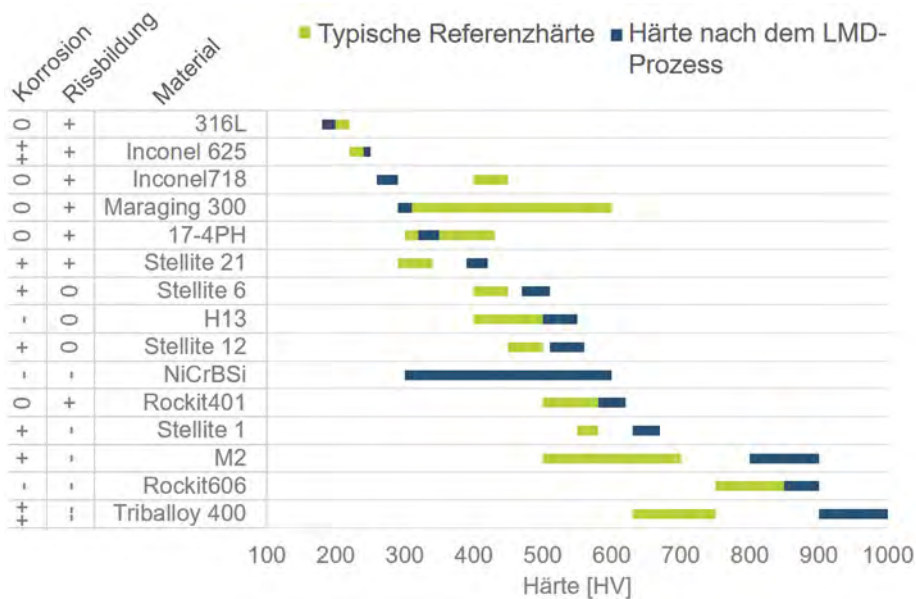


Abb. 2: Überblick über die typische Härte von verschiedenen Metalllegierungen gemäß Produktdatenblättern und nach dem LMD-Prozess in Form einer qualitativen Einstufung der Beständigkeit gegen Korrosion und/oder Rissbildung von Aufbauten in fünf Stufen von sehr hoch („++“) über mittel („0“) bis sehr niedrig („--“)

schmolzen. Dies führt zu einer starken metallurgischen Bindung zwischen dem aufgetragenen Material und dem Substrat. Mit der gleichen Laserquelle, aber unterschiedlichen Pulverzuführungsdüsen, lassen sich wahlweise das LMD-Verfahren oder das HS-LMD anwenden. Im Gegensatz zum konventionellen LMD-Verfahren, beim dem erst mit Kontakt der Pulverpartikel auf der Substratoberfläche ein Schmelzbad erzeugt wird (Abb. 1 links), werden beim HS-LMD die Pulverpartikel bereits über der Substratoberfläche nahezu auf Schmelztemperatur aufgeheizt, bevor diese auf die Substratoberfläche treffen (Abb. 1 rechts).

Für Laserauftragschweißen wurden verschiedene Pulvermaterialien für unterschiedliche Anwendungen untersucht. Zu den häufigsten technisch eingesetzten Legierungen zählen Stähle, Eisen- oder Nickel-Superlegierungen, NiCrMo-, NiCr- und Co-Basislegierungen. Diese setzen Anwender hauptsächlich ein, wenn Korrosionsbeständigkeit erforderlich ist. Für harte Beschichtungen können die genannten Werkstoffe mit Hartmetallen oder keramischen Hartstoffen gemischt werden. Nickel-Superlegierungen aus beispielsweise Inconel werden häufig für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrtindustrie verwendet. Mit Laserauftragschweißen lassen sich

darüber hinaus auch Titan- oder Aluminiumlegierungen mit minimaler Restoxidation und niedriger Porosität verarbeiten.

Durch Laserauftragschweißen sind qualitativ hochwertige Materialaufträge möglich. Durch die für das Laserauftragschweißen und das Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen typischen schnellen Abkühlraten lassen sich feine Mikrostrukturen erzeugen. Dies kann zu einer Erhöhung der Härte und Festigkeit führen (Abb. 2). In Bezug auf Härte oder beispielsweise die mechanischen Eigenschaften können diese daher sogar Werte des Referenzmaterials übertreffen.

Des Weiteren können im direkten Vergleich zu anderen gängigen technischen Beschichtungsverfahren – beispielsweise dem Hartverchromen und thermischen Spritzen – sowohl mittels Laserauftragschweißen als auch mittels Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen aufgetragene Schichten durch hohe Kosteneffizienz und große Schichtqualität überzeugen (Abb. 3).

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren werden die Eigenschaften von aufgetragenen Beschichtungen dargelegt, wobei vor allem die Werkstoffarten der Beschichtungen von Vorteil sind. Zudem wird eine erste Anwendung vorgestellt.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 3,5 Seiten mit 5 Abbildungen und 5 Literaturhinweisen.

Funktionelle Präzisionsbeschichtungen für Komponenten aus Motoren- und Antriebstechnik, Textil-, Druck- und Werkzeugmaschinen sowie Maschinenbau

ENTWICKLUNG

- > Beschichtungsverfahren
- > Vorbehandlung für spezielle Werkstoffe (Sonderwerkstoffe)
- > Verschleiß-/Korrosionsschutz-Beschichtungen



VERFAHREN

- > Chemisch/Galvanisch Nickel
- > Hartchrom
- > Kupfer
- > Nickel Dispersionsschichten & Ternäre Legierungen für:
- > Reibwerterhöhung (Diamant)
- > Verschleißschutz (SiC, B₄C)
- > Reibwertreduzierung (hBN)
- > Antiadhäsiv (PTFE, PFA)

PRÄZISIONSSCHICHTEN NACH MASS – DIAPLATE

- > als integrierte Dienstleistung für alle Bauteile vom Einzelteil bis zur Serie.
- > Nutzen Sie unseren Service!
- > Präzisionsbeschichtungen mit den eigenen Verfahren
- > Prototypenbeschichtungen



LABOR

- > Werkstoffanalyse
- > Nasschemische Analyse
- > Schadensanalyse
- > Verfahrensentwicklung



PRODUKTE – DIAPRODUCTS

- DIA SHIELD
- DIA PROTECT®
- DIA GLIDE®
- DIA GRIP®
- ENDIS®
- ENDIA®

EHLA und HighNo-Düse: Bilsing Automation setzt auf Extremes Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen

Das Extreme Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen EHLA kommt nicht nur in Deutschland, China, Argentinien, Großbritannien, in den Niederlanden, sondern auch in der Türkei gut an. Für die Innovationen des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT und seinen Industriepartnern entschied sich das türkische Tochterunternehmen von Bilsing Automation, das mit EHLA und der neuen Spezialdüse *HighNo* neue Märkte erobern will.

Gut Ding braucht Weile: Dieses Sprichwort trifft besonders auf komplexe, technische Prozesse zu. So hat das Fraunhofer ILT seit 2012 das extreme Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen EHLA intensiv erforscht und weiterentwickelt, bei dem der Laser die Pulverpartikel bereits oberhalb des Schmelzbades aufschmilzt. Das schnelle und prozesssichere Verfahren, das mit einer Geschwindigkeit von bis zu 500 Metern pro Minute ressourceneffizient und zugleich wirtschaftlich 25 bis 250 Mikrometer dünne Schichten aufträgt, hat sich bereits als zuverlässige Alternative zum Hartverchromen bewährt. Seitdem erobert das Verfahren ständig neue Anwendungsgebiete und Branchen. Das jüngste Highlight ist die 3D-EHLA-Anlage, bei der die Bauplattform extrem schnell parallelkinematisch von drei Linearantrieben mit stillstehendem Laserbearbeitungskopf bewegt wird.

Doch der Serieneinsatz erfordert eine neue Düsentechnik, die sich leicht auswechseln lässt, damit Anwender prozesssicher, präzise und höchst zuverlässig mit EHLA arbeiten können. Dazu ein Blick auf die bisher üblichen Düsen: Beim Laserstrahlauftragschweißen (LMD) kommen je nach Anwendungsfall verschiedene Pulverdüsen zum Einsatz. Bei schwer zugänglichen Bereichen hat sich die laterale Pulverdüse bewährt, die den Pulverstrahl seitlich in den Laserstrahl lenkt. Richtungsunabhängig arbeitet dagegen die koaxiale Pulverdüse, die einen konusförmig gebündelten Pulver-Gas-Strahl erzeugt. Sie

eignet sich vor allem für die Integration in automatisierte Anlagen zum Beschichten und zur additiven Fertigung.

Doch EHLA stellt besondere Anforderungen an die Qualität von Pulverzufuhrdüsen: Um die Partikel im Strahlengang des Lasers aufzuschmelzen, ist eine genaue Einstellung der Partikelflugbahnen und -geschwindigkeiten erforderlich. Selbst kleine Abweichungen der Pulverströmung führen zu nicht optimalen Ergebnissen, wie etwa unzureichender Schichtdicke oder Schichtdefekten in den aufgetragenen Schichten. Daher hat das Fraunhofer ILT zusammen mit dem Unternehmen HD Sonderoptiken für die Lasertechnik aus Aachen eine koaxiale Düse *HighNo* (*High Quality Powder Nozzle*) entwickelt, die einen ring-, beziehungsweise konusförmigen Pulver-Gas-Strahl mit einem genau definierten Abstand sehr präzise auf das Werkstück lenkt. Die Präzision führt in Abhängigkeit der Anwendung zu Pulverwirkungsgraden von bis zu 95 Prozent. Die Düsenspitzen werden aus einer bewährten Kupferlegierung klassisch gefertigt und anschließend ultrapräzisionsbearbeitet.

Die koaxiale Pulverdüse besteht aus einem Düsenkörper sowie einem monolithisch aufgebauten Pulverspitzenmodul mit zwei konusförmigen Kegeln, die über einen definierten Spalt zwischen Innen- und Außenkonus das Pulver führen. Dank des neuen Fertigungsprozesses besitzen beide Kegel die gleichen Formtoleranzen, so dass die bei anderen Düsen sonst übliche aufwändige Justage nach dem Wechsel entfällt. Der Anspruch an die Oberflächenqualität ist sehr hoch, um die Strömung gezielt einzustellen. Sowohl Spaltmaß als auch Verschleißbeständigkeit der Düse lassen sich je nach Kundenwunsch und Applikation individuell anpassen. Laut Teamleiter Matthias Brucki aus der Gruppe *Laser Material Deposition - Coatings & Functional Layers* am Fraunhofer ILT sind die HighNo-Düsen innerhalb von ein bis zwei Minuten ohne Qualitätseinbußen dank des monolithischen Aufbaus umrüstbar. Die



Die *HighNo*-Düsen sind kurzfristig ohne Qualitätseinbußen dank des monolithischen Aufbaus umrüstbar (© Fraunhofer ILT, Aachen)



Der *HighNo*-Düsengrundkörper mit Düsenspitzenmodul erreicht einen Pulverwirkungsgrad bis zu 95 % (© Fraunhofer ILT, Aachen)



EHLA-Beschichtungsprozess einer Brems Scheibe (© Fraunhofer ILT, Aachen)

neue Düse ist ihm zufolge seit diesem Jahr in Serie.

Erfahrungen mit EHLA und der neuen Düse machte bereits die Bilsing Automation Tic. Ltd. Şti. aus Bursa, die als türkische Tochter der Bilsing Automation GmbH aus Attendorn nicht nur flexible Greif- und Handhabungstechnik sondern auch Umformwerkzeuge herstellt. Über das Laserhärten von Werkzeugen und dem Laserauftragschweißen (LMD) von anspruchsvollen Bauteilen aus Titan Ti-6Al-4V für die Flugzeugindustrie baute sich ein langjähriger Kontakt zum Fraunhofer ILT auf. Mittlerweile ist das Unternehmen nach den Worten von Geschäftsführer Salih Ersungur zum Subunternehmer von Turkish Airlines aufgestiegen, der auch O-Ringe aus Titan für Landefahrwerke mit dem Verfahren

repariere. Das Interesse für die Innovationen aus Aachen wuchs und schließlich führte das Unternehmen im Sommer 2019 EHLA ein. Es rüstete jedoch nicht eine Drehmaschine um, sondern bestückte einen fahrbaren Roboter mit Laserstrahlquelle, EHLA-Bearbeitungskopf und Pulverzufuhrsystem. So entstand eine mobile EHLA-Station, die testhalber bei einer CNC-Drehmaschine eines anderen Unternehmens zum Einsatz kam. Ersungur hat auf ihr eine Bremsscheibe auf



EHLA mobil: fahrbaren Roboter mit Laserstrahlquelle, EHLA-Bearbeitungskopf und Pulverzufuhrsystem (© Bilsing Automation)

dem Backenfutter montiert. *Den Roboter haben wir dann im Prinzip so positioniert und programmiert, dass er nahezu synchron mit der Drehmaschine arbeitet*, erklärt Ersungur. Bereits der erste Testlauf hat funktioniert, der Geschäftsführer ist sehr zufrieden mit EHLA und den im Vergleich zum herkömmlichen Laserauftragschweißen glatteren Oberflächen, die weniger bis keine Nacharbeit erfordern.

Die Analyse der Beschichtungstests überzeugte den Geschäftsführer, nun langfristig das EHLA-Verfahren als Dienstleistung in der Türkei und weiteren von ihm betreuten Ländern anzubieten – etwa als Alternative zum umstrittenen Hartverchromen. Ersungur sieht sehr gute Chancen im Schiffsbau, Offshore-Bereich und in der Luftfahrt. Seit kurzem besitzt das Unternehmen auch die neue HighNo-Düse. *Die wechselbaren Düsenspitzen der neuen Düsengeneration sind mit drei Schrauben befestigt, die sich lösen lassen, um dann eine andere Düsenspitze einzusetzen*, beschreibt der Geschäftsführer die Vorzüge der neuen Düsenteknologie. Das



Salih Ersungur, Geschäftsführer Bilsing Automation Tic. Ltd. Şti, Bursa

(© Bilsing Automation)

Verfahren laufe dank der HighNo-Düse prozesssicherer und schneller ab, außerdem sanken die Rüstzeiten. Ein EHLA-beschichtetes Bauteil befindet sich allerdings noch nicht im Einsatz. Ersungur vermarktet die Kombination EHLA und HighNo als neues Alleinstellungsmerkmal nicht nur exklusiv in der Türkei, sondern will sie auch Kunden in Südafrika, Rumänien und Russland vorstellen.

Nikolaus Fecht

➔ www.ilt.fraunhofer.de

≡ Beschichtungsplattform EOSS® –

Ein Werkzeug zur Entwicklung präzisionsoptischer Filtersysteme

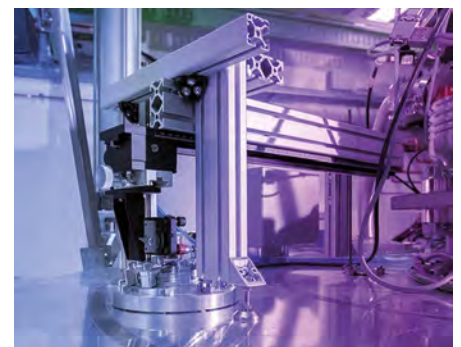
Mit der Beschichtungsplattform EOSS® (Enhanced Optical Sputtering System) des Fraunhofer-Instituts für Schicht- und Oberflächentechnik IST können sehr anspruchsvolle optische Beschichtungen, zum Beispiel für optische Filter hergestellt werden. Neben fast defektfreien Schichten lassen sich auch komplizierte Schichtdesigns aus bis zu mehreren hundert Einzelschichten kontrolliert mit sehr hoher Präzision und Uniformität realisieren.

Die industrietypische Drehtelleranlage des Fraunhofer IST fasst bis zu zehn Substrate mit einem Durchmesser von jeweils 200 Millimetern. Die Einzelschichten werden in bis zu drei Kammern durch Magnetronspuiten auf das Substrat aufgebracht. Dabei werden optimierte Sputtertargets in Form von zylindrischen Rohren, sogenannten Rotatablethoden, eingesetzt.

Ein besonderer Trick zur Verminderung einer Kontamination der Schicht mit Partikeln ist das *Sputter-up*-Konzept: Die Beschichtung erfolgt von unten nach oben, so dass schwerere Partikel nicht auf den Substraten kondensieren können. Durch das eigens am Fraunhofer IST entwickelte Monitoringsystem MOCCA® (Modular Optical Coating Control Application) wird nicht nur eine exakte Schichtdickenkontrolle möglich, sondern auch eine Automatisierung des Beschichtungsprozesses. Auf diese Weise werden op-

tische Filterbeschichtungen mit sehr hoher Qualität der Schicht und Spezifikationen hergestellt.

Ein Beispiel sind die am Fraunhofer IST im Rahmen eines vom BMBF geförderten Projekts entwickelten optischen Strahlteiler mit sehr steiler Kante, die beispielsweise für digitale Belichter in der Leiterplattenindustrie eingesetzt werden. Ziel war es, durch den Einsatz von Kantenfiltern die Laserleistung zu erhöhen. Damit sich möglichst viele Laserdioden verlustfrei koppeln lassen, müssen die Filter in einem sehr engen Spektralbereich einen kohärenten Laserstrahl erzeugen. Das gelingt mit einer dielektrischen Multilagenbeschichtung, bei der jeweils ein niederbrechendes und ein hochbrechendes Material als dünne Schicht so übereinandergestapelt werden, dass am Ende jeweils ein Spektralbereich hoher Reflexion sowie hoher Transmission entsteht. Die Kante, also der Über-



Beschichtungsplattform EOSS®

(© Fraunhofer IST, Falko Oldenburg)

gangsbereich zwischen hoher Reflexion und hoher Transmission, wird dabei umso steiler, je mehr Schichten verwendet werden. Im vorliegenden Fall wurden Schichtsysteme mit teilweise mehr als 100 Einzelschichten und einer Gesamtschichtdicke von über 15 µm hergestellt.

➔ www.ist.fraunhofer.de

Spezialbeschichtung schützt Stahl vor Angriff durch Wasserstoff

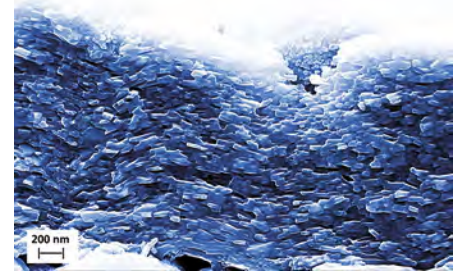
Regenerativ erzeugter Wasserstoff ist ein idealer Energieträger, der künftig in Brennstoffzellen und Autos zum Einsatz kommen soll und Erdgas als Energielieferant ergänzt. Doch kann atomarer Wasserstoff bei hohen Temperaturen Metall verspröden lassen. Lukas Gröner vom Fraunhofer IWM, MikroTribologie Centrum μ TC, hat jetzt eine robuste Beschichtung entwickelt, die Stahl wirkungsvoll vor dem Eindringen von Wasserstoff schützt. Die Barrierewirkung dieser sogenannten MAX-Phasen-Schicht ist 3500-mal größer als die von unbehandeltem Stahl. Die Ergebnisse seiner Arbeit hat er in der Zeitschrift *Materials* (doi: 10.3390/ma13092085) veröffentlicht.

Der Wind bläst, wann er will. Für die Produktion von Windenergie ist das ein echtes Problem, denn die Windräder liefern nicht immer Strom, wenn man ihn braucht. Und an windigen Tagen steht im Stromnetz mitunter mehr Strom zur Verfügung, als gerade benötigt wird. Deshalb ist es sinnvoll, das Überangebot an Wind- und auch an Solarstrom anders zu nutzen, beispielsweise für die Produktion von Wasserstoff. Wasserstoff ist ein umweltfreundlicher Energieträger, der sich sehr gut speichern lässt. Bei seiner Verbrennung entsteht als Abfallprodukt lediglich Wasser. Er kann Erdgas beigemischt und in Gaskraftwerken zur Energieerzeugung genutzt werden. Er kann in Autos als Treibstoff dienen oder Strom und Heizwärme in Brennstoffzellen erzeugen. All das macht den Wasserstoff zu einem Hoffnungsträger der Energiewende. Noch aber sind einige Hürden zu über-

winden, ehe der Wasserstoff in großem Stil zum Einsatz kommen kann. Eine Herausforderung besteht darin, dass atomarer Wasserstoff Metalle verspröden lässt. Das kann dazu führen, dass Bauteile versagen. Atomarer Wasserstoff sammelt sich ausgerechnet an jenen Stellen im Bauteil an, die besonders beansprucht sind, etwa an Schweißnähten oder in Bereichen, die unter Spannung stehen. Insbesondere bei Bauteilen, die hohen Betriebstemperaturen ausgesetzt sind, kann die Wasserstoffversprödung zum Problem werden.

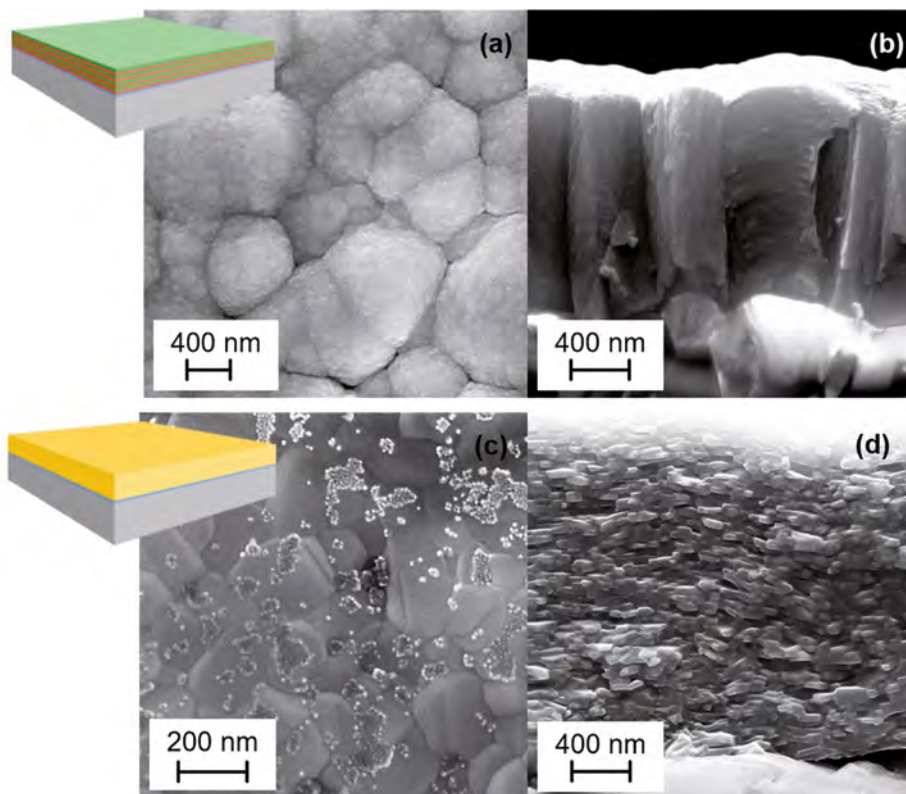
Die Wasserstoffbarriere vereint Stärken von Keramik und Metall

Der Physiker Lukas Gröner hat in seiner Promotionsarbeit am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, MikroTribologie Centrum μ TC, und am Institut für Mikro-



REM-Aufnahme der Bruchkante einer Ti_2AlN -Schicht mit plättchenartigem Gefüge
(© Fraunhofer IWM)

systemtechnik der Universität Freiburg im Breisgau [2] deshalb spezielle Beschichtungen für Bauteile aus Stahl entwickelt und getestet, die das Eindringen von atomarem Wasserstoff nahezu unterbinden. Dabei handelt es sich um sogenannte MAX-Phasen-Materialien, an denen international seit mehr als zehn Jahren geforscht wird. MAX-Phasen haben verblüffende Eigenschaften, weil sie Merkmale von Keramiken und Metallen vereinen, so Lukas Gröner, Wissenschaftler in der Gruppe Tribologische und funktionale Schichtsysteme. MAX-Phasen sind, wie Keramiken, unempfindlich gegen Angriff durch Sauerstoff und sehr hitzebeständig. Zugleich sind sie elektrisch leitend wie Metalle. Und anders als reine Keramiken sind sie nicht spröde, weshalb sie nicht zerbrechen. Lukas Gröner ist es nun gelungen, dünne MAX-Phasen-Beschichtungen zu erzeugen, die den Stahl sehr gut vor Korrosion und Versprödung durch Wasserstoff schützen. In einer Vakuumkammer schied er dazu zunächst sehr präzise abwechselnde Lagen aus Aluminiumnitrid, einer Aluminiumstickstoff-Verbindung, und Titan auf einer Stahloberfläche ab mithilfe physikalischer Gasphasenabscheidung PVD. Anschließend wurde dieser nur etwa drei Mikrometer dicke Sandwichaufbau erhitzt, wobei sich eine sehr dünne MAX-Phasen-Schicht aus Titan, Aluminium und Stickstoff (Ti_2AlN) bildete. Die Herausforderung bestand für Gröner darin, das Abschei-



REM-Aufnahmen eines Ti-AlN -Multilagenstapels der Oberfläche (a) und der Bruchkante (b), sowie die Oberfläche (c) und Bruchkante (d) einer MAX-Phasen Ti_2AlN -Schicht (© Fraunhofer IWM)

den von Titan und Aluminiumnitrid so zu steuern, dass sich beim anschließenden Erhitzen parallele Ti_2AlN -Plättchen ausbildeten. Das hat geklappt: Die Plättchen liegen nach Aussage von Lukas Gröner wie Ziegel in einem Mauerwerk dicht an dicht aufeinander. In seiner Promotionsarbeit untersuchte Gröner auch, wie sich die MAX-Phasen-Beschichtung verhält, wenn sie stark erhitzt wird – so wie es künftig in Gasturbinen oder Brennstoffzellen der Fall sein könnte. Um übliche Betriebsbeanspruchungen nachzustellen, erwärmte er das Material auf 700 °C und ließ es bis zu 1000 Stunden im Ofen. Dabei entstand an der Oberseite der Beschichtung eine dünne Lage aus einem speziellen Aluminiumoxid – dem $\alpha-Al_2O_3$. Wie sich im weiteren Verlauf der Untersuchungen zeigte, verstärkt dieser dünne Aluminiumoxid-Belag die Barrierewirkung der Schutzschicht gegenüber Wasserstoff ganz erheblich.

Neuer Prüfstand misst Barrierewirkung gegenüber Wasserstoff

Um zu prüfen, wie gut die MAX-Phasen-Schicht das Eindringen von Wasserstoff ins Metall verhindert, entwickelte Gröner zunächst einen Prüfstand für blechförmige Proben neu. In diesem Versuchsstand verglich er unbeschichtete Stähle mit MAX-Phasen-beschichteten Stählen. Damit war es erstmals am Fraunhofer IWM möglich, das Eindrin-

gen des Wasserstoffs genau zu quantifizieren und den sogenannten Permeationsreduktionsfaktor (PRF) als Maß für die Barrierewirkung zu bestimmen. Die Ergebnisse lassen aufhorchen: Stähle mit einer MAX-Phasen-Schicht, die nicht erhitzt wurden, hielten den Wasserstoff immerhin 50-mal (PRF 50) besser zurück, als unbehandelte Stähle. Besonders eindrucksvoll aber waren die Ergebnisse für die beschichteten Stähle, die erhitzt worden waren und eine $\alpha-Al_2O_3$ -Schicht gebildet hatten. Diese hielten den Wasserstoff rund 3500-mal stärker zurück, als der unbeschichtete Stahl. *Das sind Werte, die den Anforderungen der Industrie absolut genügen*, betont Lukas Gröner.

Wie gut die MAX-Phasen-Schichten in der Anwendung funktionieren, testet Gröner derzeit in Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern wie dem Forschungszentrum Jülich – beispielsweise an Hochtemperaturbrennstoffzellen (SOFC), die mit Betriebstemperaturen von rund 600 °C arbeiten. Nach Aussage von Lukas Gröner sind die MAX-Phasen-Beschichtungen für solche Anwendungen ideal, weil sie die metallischen Bauteile vor Hitze schützen und zugleich den elektrischen Strom ableiten können, der im Inneren der Brennstoffzelle entsteht. Auch für Gasturbinen sei die Beschichtung geeignet. Denn dem Erdgas soll künftig mehr und mehr regenerativ erzeugter Wasserstoff bei-

gemischt werden, was dazu führt, dass das Gas mit höherer Temperatur verbrennt. Mehr Wasserstoff und höhere Temperaturen erhöhen aber das Risiko der Wasserstoffversprödung, weshalb eine Bauteilbeschichtung mit $\alpha-Al_2O_3$ hier sehr vorteilhaft sein kann. Ob das neue Beschichtungsverfahren künftig von der Industrie als Dienstleistung angeboten wird oder in anderer Form den Weg in den Markt findet, kann Lukas Gröner derzeit noch nicht sagen. Auch müssen die einzelnen PVD-Beschichtungsprozessschritte noch optimiert werden. Dass sich mit MAX-Phasen-Schichten ein hervorragender Schutz vor Wasserstoff erzeugen lässt, hat Lukas Gröner aber in jedem Fall bewiesen.

Veröffentlichungen:

- [1] L. Gröner, L. Mengis, M. Galetz, L. Kirste, P. Daum, M. Wirth, F. Meyer, A. Fromm, B. Blug, F. Burmeister: Investigations of the Deuterium Permeability of As-Deposited and Oxidized Ti_2AlN Coatings; Materials 2020, 13, 2085, doi: 10.3390/ma13092085
- [2] L. Gröner: Untersuchungen zur Synthese und Mikrostruktur von Ti_2AlN -Dünnschichten sowie deren Schutzwirkung auf ferritische Stähle; Fraunhofer IWM Forschungsberichte, Bd. 24, Fraunhofer Verlag, Freiburg, 2020, ISBN 978-3-8396-1619-2

Kontakt

Lukas Gröner, E-Mail: lukas.groener@iwm.fraunhofer.de

➔ www.iwm.fraunhofer.de

DIAPRODUCTS – PREMIUM PLATING CHEMICALS

IPT International Plating Technologies bietet ein komplettes Sortiment an Verfahrenstechnologie für moderne Schichtsysteme.

Moderne Vorbehandlung für alle Substrate. Biologisch abbaubare Reiniger für die umweltbewusste Oberflächenbehandlung mit optimalen Kosteneffekten in der Entsorgung.

Innovative Kupfer-, Nickel-, Chrom- und Dispersionsverfahren ergeben ein extrem breites Spektrum für die Herstellung funktionaler Schichten für

- > Reibwerterhöhung,
- > Reibwertreduzierung,
- > Verschleißschutz &
- > Korrosionsschutz.



IPT CHEMICAL INTELLIGENCE

IPT INTERNATIONAL PLATING TECHNOLOGIES GMBH
Tel. +49 (0)711 / 914 02 50-0
Fax. +49 (0)711 / 914 02 50-9
E-Mail sales@ipt-gmbh.com
www.ipt-gmbh.com

Schlötters erste virtuelle Messe traf auf reges Interesse

Nähe zum Kunden trotz Abstandsregeln und abgesagten Messen

Die Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG hatte sich kurzfristig dazu entschlossen, vom 16. bis 18. Juni 2020 eine virtuelle Messe zu organisieren, um ihre Kunden und Vertriebspartner über neue Produkte informieren zu können. Bei einem Rundgang über den virtuellen Messestand hatten die Messebesucher die Gelegenheit, verschiedene digitale Exponate zu besichtigen. Per Mausclick erhielten sie unter anderem Informationen zum Reverse Pulse Plating-Verfahren SLOTOCOUP PRT 2200, dem Beizentfetter SLOTOCLEAN BEF 1790 sowie zu verschiedenen Verfahren der Kunststoffmetallisierung. SLOTOCOUP PRT 2200 wurde für die Durchkontaktierung von Leiterplatten mit sehr hohen Aspektverhältnissen entwickelt, die beispielsweise bei der Herstellung von Serverboards zum Einsatz kommen; der Beizentfetter SLOTOCLEAN BEF 1790 verringert die Gefahr einer fertigungsbedingten Wasserstoffversprödung.

Der Geschäftsbereich Anlagentechnik von Schlötter stellte einen neuen Hochstromkontakt und eine ebenfalls zum Patent angemeldete optimierte Zinklösestation aus. Auf dem Weg zum Internet der Dinge (IoT) wurde außerdem erstmals die *Schlötter Smart Services*, eine digitale Lösung für die Galvanotechnik, präsentiert. Die Smart Services ermöglichen es, über eine webbasierte Anwendung eine Galvanoanlage (Anlage-Monitoring) sowie die in ihr eingesetzten galvanotechnischen Verfahren (Prozess-Monitoring) online zu überwachen. Damit lassen sich im laufenden Betrieb wichtige Parameter wie die Zahl der bearbeiteten Warenträger oder Temperatur und pH-Wert der Elektrolyte



(Bild: Schlötter GmbH & Co KG)

automatisch ablesen. Auch die italienische Firma Italteco, mit der Schlötter erst vor kurzem eine Kooperationsvereinbarung abgeschlossen hat, war auf der virtuellen Messe präsent.

Thomas Haberfellner, Leiter Vertrieb und Service bei Schlötter, zog ein positives Fazit: *Von der Resonanz waren wir insgesamt sehr erfreut, da wir viele hundert Besucher am virtuellen Messestand begrüßen durften.* Besonderer Beliebtheit erfreuten sich ihm zufolge die Webinarvorträge, die von Schlötter erstmals in diesem Umfang angeboten worden waren. Gerade aus den Webinarvorträgen hätten sich im Nachgang noch viele interessante Diskussionen und vertiefende Gespräche sowie Termine für individuelle Webinare ergeben.

Webinar-Programm

Im Rahmen der virtuellen Messe wurden folgende Webinare angeboten:

- SLOTOCUP PCB 3500: effiziente Lösung zur Direktmetallisierung für neue 5G-Materialien
- SLOTOCUP PCB 3800: die etwas andere Lösung für die Metallisierung von neuartigen Leiterplattensubstraten

- Auf dem Sprung zur Serie – SLOTOCUP KM 3000: Metallisierung von Sonderkunststoffen
- 3 in 1: die Lösung für MSAP und SAP – SLOTOCUP SF50
- SLOTOCUP PRT 2200: hohe Aspektverhältnisse mit dem neuen Reverse Pulse Plating-System für VCP- und SVP-Anlagen
- Beizentfetter der nächsten Generation – SLOTOCLEAN BEF 1790: mehr Prozesssicherheit hinsichtlich Wasserstoffversprödung beim Beizen
- Zeit, Energie und Ressourcen – Wirtschaftlichkeit und CO₂-Einsparung im Fokus: Hochleistungsabscheidung von Zink-Nickel im alkalischen Trommelsystem SLOTOLOY ZN 210 VX
- SLOTOCUP BSF 1660: Borsäurefreies saures Hochglanz-Zinkbad
- Zeit, Energie und Ressourcen – Wirtschaftlichkeit und CO₂-Einsparung im Fokus: KOH-basiertes Zinksystem ZINCASLOT ZA 2390: schnell und mit bemerkenswerter Metallverteilung
- Schlötter Smart Services: digitale Lösungen für die Galvanotechnik
- Time, energy and resources – focus on economy and CO₂ savings: High Temperature Anodizing Process. Anodizing Additive WM 80 L – energy savings (lower voltage and less cooling)
- Nickel free cold sealing for architectural and decorative applications and Superseal for automotive application

Unter messe@schloetter.de können Interessenten einen individuellen Termin für ein Webinar vereinbaren, auch in englischer Sprache.

➔ www.schloetter.de

INSERENTENVERZEICHNIS

B+T Unternehmensgruppe	9	Munk GmbH	17	STZ Oberflächentechnik	13
CCT GmbH	25	Renner GmbH	U4	STZ Tribologie	6
eiffo eG	U3	Sager + Mack GmbH	1	WOTech GbR	17
IPT GmbH	29	Dr.-Ing. Max Schlötter	U2	ZVO e.V.	Titelbild
Walter Lemmen GmbH	15	Serfilco	19	ZVO e.V.	Beilage

Wechsel an der Führungsspitze bei IMO Oberflächentechnik

Im Juli wurden bei der IMO Oberflächentechnik GmbH in Königsbach-Stein die Weichen neu gestellt. Nach über 25-jähriger Betriebszugehörigkeit trat Wolfgang Westphal, langjähriger Sprecher der Geschäftsleitung Ende Juni seinen wohlverdienten Ruhestand an. Westphal ist ein Galvanoexperte und Branchenkenner par excellence und verantwortete bei IMO seit vielen Jahren die Bereiche Bandgalvanik, Qualität, Technik, Instandhaltung und Logistik. In den Anfangsjahren von 1983 bis 1995 war er als Abteilungsleiter in der Bandgalvanik tätig. Dann wechselte er für einige Jahre das Unternehmen und kehrte im März 2007 zu IMO zurück. Zunächst in der Funktion als Betriebsleiter, 2011 erhielt er die Prokura und von 2015 bis Juni 2020 war er Mitglied und Sprecher der Geschäftsleitung. *Er war eine tragende Säule unseres bisherigen Unternehmenserfolgs. Geschätzt von Kunden, Belegschaft und nicht zuletzt von der gesamten Familie Müller, sagt Geschäftsführer Bernd Müller. Kennengelernt haben sich beide im Jahr 1979, als sie an der Goldschmiedeschule in Pforzheim die berufsbegleitende Ausbildung zum staatlich geprüften Galvanotechniker absolvierten.* Zum 15. Juli 2020 hat nun der 57-jährige Diplom-Ingenieur Sebastian Rodemer als Mitglied der Geschäftsleitung den Aufgabenbereich von Wolfgang Westphal übernommen. Sebastian Rodemer ist bereits lange Jahre in Führungspositionen tätig. Zuletzt war er als Werksleiter in einem Industriebetrieb der Anlagen- und Verfahrenstechnik für internationale Automobilzulieferer mit 520 Mitarbeitern im Großraum Heidelberg beschäftigt. *Mit der Einstellung von Sebastian Rodemer sehen wir große Chancen, die zukünftigen Herausforderungen am Markt zu meistern und unsere kundenorientierte Unternehmensführung fortzuführen,* betont Geschäftsführer Bernd Müller.



V.l.n.r.: Bernd Müller, Kay Müller, Wolfgang Westphal, Sebastian Rodemer, Armin Müller

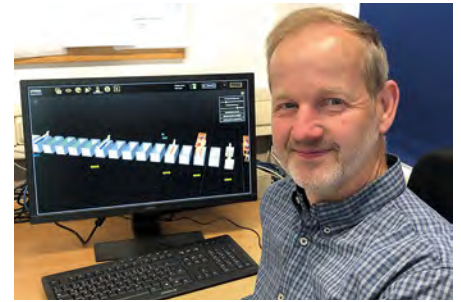
Ausgelöst durch die Corona-Pandemie sind auch bei IMO krisenbedingt die Umsätze zurückgegangen und die Mitarbeiter sind teils in Kurzarbeit. Doch das Unternehmen schaut entschlossen nach vorne und nutzt die Zeit, um Mitarbeiter zu qualifizieren und das Unternehmen neu auszurichten. Nach den Worten von Bernd Müller finden umfassende Qualifizierungsmaßnahmen für die Mitarbeiter in Qualität, Umwelt und Lean Management statt; diese wird das Unternehmen um den Schwerpunkt Digitalisierung ergänzen. Auch personell verstärkt sich IMO und hat mit Sebastian Rodemer einen echten Fachmann für Prozessoptimierung und Change-Management gewinnen können. Damit sieht man sich gut gerüstet für die Technologietrends, die vor allem in der Automobilbranche stattfinden. Hier ist inzwischen eine Verlagerung zu Hybrid- und Elektroantrieben zu erkennen. Vor allem stromführende Bauteile mit großen Querschnitten erhalten verstärkt eine Veredelung der Oberfläche. Darauf stellt sich IMO aktuell ein und will spezielle Oberflächenbearbeitungen für diese Technologien anbieten und seinen Anlagenpark zukunftsfähig aufstellen. Umwelt- und Energieaspekte spielen dabei ebenfalls eine zentrale Rolle. IMO investiert auch in diesen Krisenzeiten und setzt damit ein klares Zeichen zur Standortsicherung und dem Erhalt der Arbeitsplätze in Königsbach Stein.

➔ www.imo-gmbh.com

OTH nutzt Krise für technisches Update

Innovativ durch die Krise. Das Unternehmen OTH aus Hagen hat die geringere Auslastung der letzten Monate für ein technisches Update genutzt: Die Edelstahl-Titan-Beizanlage des Oberflächenspezialisten bekam eine Anlagensteuerung der jüngsten Generation. Das neue System bietet höhere Sicherheit und zusätzliche Qualitätsparameter. OTH bearbeitet mit der Edelstahl- und Titanbeizanlage unter anderem Präzisionsbauteile für den Automobilbau, die Luftfahrt-, Anlagen- oder Medizintechnik.

Die neue Steuerung punktet mit optimierten Sicherheitsvorkehrungen; sie fährt beispielsweise nur bei exakt eingehaltenen Sollparametern an, und bricht den Prozess sofort ab, sobald Sollwerte überschritten werden. Das verhindert auch eine Überlastung des Gaswäschers. Ein manuelles Eingreifen ist nicht mehr notwendig. Ein Pluspunkt ist auch die hohe Datensicherheit bei der Fernwartung. Auch hochgesteckte Qualitätsparameter sind mit dem innovativen System verlässlich um-



Udo Gensowski

(Foto: OTH)

setzbar. Es protokolliert die Prozessparameter permanent. Das ist gerade bei anspruchsvollen Bearbeitungen von großem Vorteil, wie OTH-Geschäftsführer Udo Gensowski unterstreicht. Die Hagener Oberflächenspezialisten arbeiten im Bereich Systemsteuerung seit vielen Jahren mit UTIKAL zusammen. Der Anbieter hat seine Software individuell auf die Anforderungen von OTH abgestimmt. Er hat auch die Installation und Schulung der Mitarbeiter übernommen.

Weiter online ...



Zum online-Artikel

Jetzt auch lackierte Oberflächen von BIA

Mit der Investition in eine innovative Lackieranlage kann der Solinger Automobilzulieferer BIA lackierte Oberflächen nun auch aus eigener Produktion anbieten. Nach intensiver Planung und Investitionen von rund 3,5 Millionen Euro ist die maßgeschneiderte und kompakte Anlage jetzt in Betrieb gegangen. Mit dem Einstieg in die Produktion von lackierten Oberflächen reagiert das Unternehmen nach Aussage von Dr. Felix Heinzler, Leiter der BIA Entwicklung und Prozesstechnik, auf die Nachfrage am Automobilmarkt, die neben den galvanisierten Echtmetalloberflächen eben auch lackierte Kunststoffbauteile wünschenswert sind. Bei der Planung der Lackieranlage war den BIA-Entwicklern eine große Flexibilität besonders wichtig. Wie Dr. Heinzler betont, ist es gelungen, eine flexible und kompakte Anlage zu bauen, die gleichzeitig eine effiziente Serienfertigung ermöglicht. Durch die vielfältigen Möglichkeiten am Standort Solingen kann BIA jetzt sein Know-how erweitern und so als Anbieter von Galvano- und Lackoberflächen neue Marktsegmente erschließen.

Weiter online ...



Zum online-Artikel

Informationsbroschüre zur Passivierung von Zink-Nickel-Oberflächen

Der ZVO-/DGO-Fachausschuss Zink-Nickel hat ein technisches Merkblatt zur Passivierung von Zink-Nickel-Oberflächen herausgegeben. Die Broschüre steht auf der ZVO-Homepage zum Abruf bereit.

Zinkschichten beziehungsweise Zinklegierungsschichten bieten kathodischen Korrosionsschutz auf Werkstoffen aus Eisen und Stahl. Um den Korrosionsschutz weiter zu verbessern, werden die frisch abgeschiedenen Metallschichten in den meisten Fällen durch Tauchen in geeignete Lösungen nachbehandelt. Dabei kommt es zu Reaktionen zwischen der metallischen Oberfläche und der Lösung, es bilden sich Konversionsschichten (Umwandlungsschichten). Erfolgt die Behandlung in chrom(VI)freien Lösungen, wird der Vorgang gemäß DIN EN ISO 19598 (DIN EN ISO 19598, 2016) als Passivieren bezeichnet.

Passivierungsschichten können transparent, irisierend, schwarz oder auch blau ausgebildet werden. Die Konversionsschicht verhindert oder verzögert die Korrosion des Metallüberzugs und ist damit ein wichtiger Bestandteil im Beschichtungsprozess, um die gewünschten Korrosionsschutzeigenschaften der Oberfläche zu erreichen. Die genaue Einhaltung der Passivierungsparameter wie Konzentration, Temperatur, Zeit und pH-Wert ist dabei essenziell für die Bildung einer wirksamen Passivierungsschicht und damit für den daraus resultierenden Korrosionsschutz und die Optik der Oberfläche.

Früher noch gebräuchliche chrom(VI)haltige Chromatierungen wurden aufgrund von gesetzgeberischen Anforderungen bei Automotive- und Haushaltsanwendungen durch chrom(III)haltige Passivierungen, die mittlerweile ebenso leistungsfähig sind, ersetzt. Das vom ZVO-/DGO-Arbeitskreis Zink-Nickel entwickelte Informationsblatt gibt einen

Einblick in das Verfahren der Passivierung von Zink-Nickel-beschichteten Oberflächen auf Basis von Chrom(III)-Passivierungslösungen. Es stellt die relevanten Parameter heraus, um gute Ergebnisse zu erzielen, und beleuchtet außerdem wirtschaftliche

Aspekte. Das Merkblatt steht auf der Website des ZVO unter *Publikationen* kostenfrei zur Verfügung.

➔ www.zvo.org

Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e.V. (VOA)

Weitere VOA-Projektgruppen

Im Bereich der technischen Entwicklungen in der Oberflächenveredelung sieht sich der Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) als Motor und Ideengeber. In speziellen Projektgruppen arbeiten VOA-Mitglieder gemeinsam an aktuellen, zukunftsweisenden Themen, um der Branche praxisorientierte Lösungsansätze und Forschungsergebnisse zur Verfügung zu stellen. Der VOA hat es sich zur Aufgabe gemacht, fortschrittliche Themen wie Qualitätsmanagement, Nachhaltigkeit oder Digitalisierung zu verfolgen und seine Mitglieder regelmäßig über neueste Entwicklungen in Praxis und Forschung zu informieren, denn die Branche der Oberflächenveredelungsindustrie entwickelt sich stetig weiter. Im Sommer 2020 werden daher gleich drei Projektgruppen gegründet. Sie behandeln die Themen *Prozessdokumentation*, *Folierung* und *Werkzeugnis Pulverlack*.

In den VOA-Projektgruppen arbeiten technisch versierte Experten aus den Mitgliedsunternehmen ehrenamtlich zusammen und bringen ihr reichhaltiges Wissen aus Theorie und Praxis ein. *Die Vernetzung unserer Mitglieder aus der Praxis sowie der Wissenschaft und Forschung ist eine unserer Stärken, insofern nimmt die Projektarbeit einen großen Stellenwert bei uns im Verband ein*, so Dr. Alexa A. Becker, Geschäftsführerin des Verbandes. Koordiniert werden die Projektgruppen über die Geschäftsstelle und den Leiter Technik, Matthias Krämer. Alle tagen im Juli erstmalig per Videokonferenz. Die Oberflächenveredelungsindustrie begegnet so den aktuellen Herausforderungen der Corona-Pandemie. Das bedeutet: Der VOA ist als moderner Verband im Zeitalter der Digitalisierung angekommen.

Der VOA ist in Deutschland Generallizenznehmer der internationalen Qualitätszeichen Qualicoat und Qualanod. Die weltweit gültigen Qualitätszeichen ermöglichen den Lizenznehmern, globale Lieferketten und damit den internationalen Markt mit qualitätsgesichertem eloxiertem beziehungsweise beschichtetem Aluminium zu bedienen. Bei der

täglichen Arbeit zeigte sich, dass die Erarbeitung eines einheitlichen Dokumentationsbogens für die Eigenkontrolle eine Verbesserung darstellen würde. So entstand die Projektgruppe *Prozessdokumentation*.

Die Projektgruppe *Folierung* widmet sich ebenfalls einem praktischen Problem, denn wenn Folien- oder Kleberreste auf beschichtetem oder anodisiertem Aluminium zurückbleiben, wirken sich diese nicht nur negativ auf das optische Erscheinungsbild aus, sondern reduzieren auch die Haftungseigenschaften der Oberfläche. Der höchstmögliche Qualitätsstandard ist für die Unternehmen sowie die Qualicoat- und Qualanod-Lizenznehmer von enormer Bedeutung.

Die Projektgruppe *Werkzeugnis Pulverlack* beschäftigt sich mit der Erstellung eines chargenbezogenen Werkzeugnisses des Pulverlackherstellers zur effektiveren Gestaltung der Wareneingangskontrolle beim Beschichter. So lässt sich schriftlich nachweisen, dass das Material gemäß den vom Kunden gewünschten Anforderungen geliefert wurde. Mit Hilfe des Werkzeugnisses können bei der Bestellannahme Materialbeschreibung im Hinblick auf Legierung, Maß oder Gewicht, chemische Analyse mit prozentualen Anteilen chemischer Elemente und mechanische Eigenschaften wie Zugfestigkeit schneller erfasst werden.

Zusammen mit der externen Expertise von Prüf- und Forschungsinstituten haben sich die ehrenamtlich tätigen VOA-Mitglieder in bislang zwölf Projektgruppen mit Themen wie Kratzempfindlichkeit bei Pulverlackschichten, chromfreie Vorbehandlung bei der Beschichtung oder Voranodisation auseinandergesetzt und praxisorientierte Lösungsansätze für die Oberflächenveredelungsbranche entwickelt. Die Projektgruppen arbeiten temporär, das heißt sie werden geschlossen, wenn das zuvor definierte Ziel erreicht wurde, beispielsweise die Erstellung eines VOA-Merkblatts zu dem jeweiligen Thema. Zudem gibt es eine dauerhafte Projektgruppe, die sich mit der regelmäßigen Aktualisierung der Merkblätter beschäftigt. Dabei werden alle technischen, gesetzlichen, normenkonformen und formalen Aussagen überprüft.

Den Mitgliedern des Verbandes steht ein reichhaltiges Download-Angebot auf der VOA-Homepage zur Verfügung, unter anderem lassen sich dort die Merkblätter kostenfrei herunterladen. Selbstverständlich können aber auch Nicht-Mitglieder diese über die Geschäftsstelle des VOA erwerben.

➔ www.voa.de

MERKBLATT

Passivierung von Zink-Nickel-Oberflächen



DGO

ZVO

Zukunftssicherung ist ein wichtiges Ziel für Sie?

Dann ist eiffo Ihr Partner

bei Konzeption, Planung und begleitende Durchführung konkreter industrieller Entwicklungs- und Innovationsmaßnahmen!

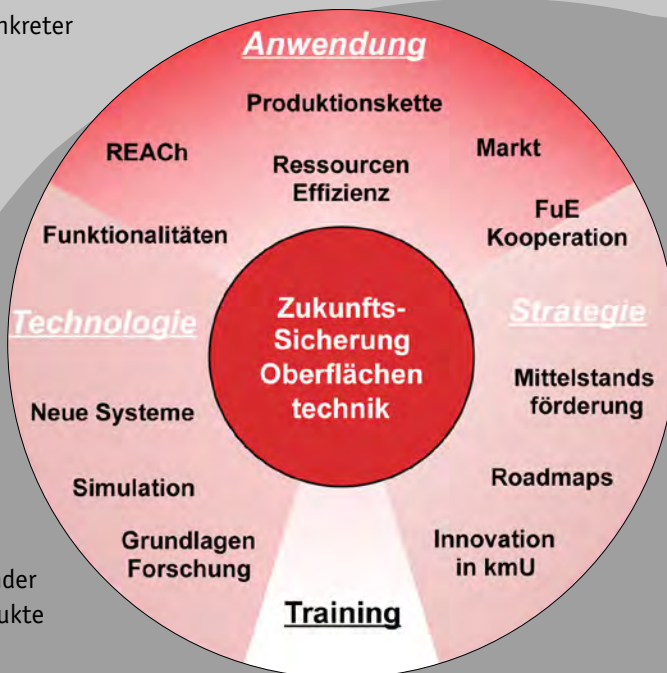
Bewährte Schwerpunkte bei eiffo sind:

- Prozesstechnik
- Beschichtungslösungen
- Energie- und Ressourceneffizienz
- Optimierung der Prozess- und Lieferketten
- technische Anpassung gemäß gesetzlichen Vorgaben und Verordnungen
- innovative Entwicklungen von Funktionalitäten und Produkteigenschaften entlang der Wertschöpfungskette

Gemeinsam erreichen wir

Lösungen für die Hauptanforderungen der heutigen Zeit:

- Wettbewerbsfähige Produktion durch Vergleiche bestehender Produktionsprozesse und alternativer Technologien, Produkte und Anwendungen sowie Recyclingdaten
- Bewusstsein über die Relevanz der Ressourceneffizienz
- Einschätzung der Chancen, die in der Optimierung der Produktionsprozesse liegen (z.B. substantielle Kosteneinsparungen)
- Spezifische Informationen über den Zugang zu Technologien und innovativen Lösungen
- Kooperationsmöglichkeiten, Erfahrungsaustausch und gemeinsame Technologieentwicklung für Gegenwart und Zukunft
- Kooperationen innerhalb von Lieferketten und über Branchengrenzen hinaus



Unsere Besonderheit

eiffo kombiniert umfangreiches Expertenwissen aus Oberflächentechnologie mit Erfahrungen der Lieferketten zur Erhöhung der Wertschöpfung!

Alle wesentlichen Komponenten erfolgreicher Zusammenarbeit werden berücksichtigt:

- Kombination von Forschung mit Strategie und Markt
- Wirtschaftliche Umsetzung von Forschungsergebnissen
- Brückenschlag Wissenschaft – Anwendungspraxis
- Erkennen von Entwicklungstrends – Technologiescouting
- Technische Umsetzung (in Betrieben)



„Es gibt nicht die eine Lösung.
Deshalb setzen wir auf Vielfalt.“

Dr. Ing. Martin Renner, GF und Inhaber/Entwicklung

#produktvielfalt



RENNER
#dasoriginal

Made in Germany.

renner-pumpen.de

RENNER stellt seit 40 Jahren Pumpen und Filter für unterschiedlichste Branchen und insbesondere für die chemische Prozesstechnik her. Dieser Erfolg hat einen mit entscheidenden Grund: unsere ständig wachsende Anzahl an Pumpen- und Filtertypen. Diese Vielfalt ist die unabdingbare Voraussetzung für maßgeschneiderte Lösungen bei komplexen Produktionsprozessen, die den Einsatz von ausgereiften und zuverlässigen Pumpen- und Filtersystemen erfordern. RENNER – das Original aus einer Hand!

RENNER
INNOVATIVE PUMPEN-
UND FILTERTECHNOLOGIE