ISSN 2195-5905 | BAND 10

WOMAG

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche

HARTER Gestelltrockner bei der Anox AG | Foto: Anox

WERKSTOFFE
Nanoindentierung zur Bestimmung der tatsächlichen Streckgrenze

WERKSTOFFE
Hyperspektrales Sehen beschleunigt die Folienprüfung

MEDIZINTECHNIK
Partielle Reinigung von Implantaten

OBERFLÄCHEN
XPS-Analyse als Werkzeug in der Qualitätssicherung

OBERFLÄCHEN
Moderne Entfettungen mit System

SPECIAL
REACh: Autorisierung und Substitution von Chrom(VI)

APRIL 2021

Branchen-News täglich: womag-online.de

eiffo

FORSCHUNG ENTWICKLUNG INDUSTRIE

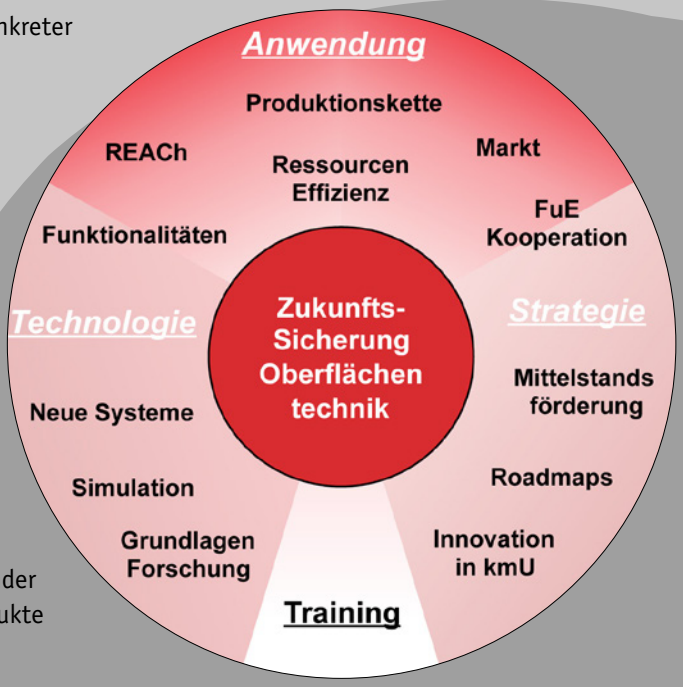
Zukunftssicherung ist ein wichtiges Ziel für Sie?

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)

www.eiffo.de

EDITORIAL

Messverfahren – schneller mit umfangreicheren Resultaten

Das heute herrschende Verständnis für Qualität führt dazu, dass in nahezu allen Produktionsbereichen in mehr oder weniger großem Umfang unterschiedliche Messtechnologien zum Alltag zählen. Allerdings erfordert die messtechnische Erfassung von Kennwerten Zeit und Aufwand, so dass im Idealfall ein Produktionsverfahren so ausgestattet wird, dass der Messaufwand hoch automatisiert und/oder mit geringstem Aufwand erfolgen kann.

Neben den Verfahren zur Qualitätskontrolle spielen Messtechnologien bei der Fehlersuche oder als notwendiges und hilfreiches Werkzeug bei der Forschung und Entwicklung eine wichtige Rolle. Sie helfen beispielsweise bei der Fehlersuche, unklare Sachverhalte aufzudecken und so Fehler abzustellen bzw. zu vermeiden; gleichzeitig sind sie für Forschung und Entwicklung unabdingbar, um die Eigenschaften von Werkstoffen, Verfahren oder Objekten im notwendigen Maße aufzuklären. Dabei werden die Messtechnologien stetig verfeinert und liefern beispielsweise bei der Werkstoffuntersuchung tiefer gehende Informationen in immer kleineren Dimensionen.

Zwei Beispiele werden in der vorliegenden WOMag vorgestellt: Die Härte von Werkstoffen wird durch das Eindrücken eines Diamantkörpers in die Werkstoffoberfläche und Vermessen des entstandenen Eindrucks unter Berücksichtigung der aufgewendeten Kraft bestimmt. Mittels Nanoindentierung (Seite 4) werden besonders kleine Diamantkörper und Eindruckkräfte sowie die kontinuierliche Aufzeichnung der Kraft dazu genutzt, die Streckgrenze für einen Werkstoff zu bestimmen. Ein weiteres Beispiel für die Verfeinerung eingeführter Messverfahren wird mit der Oberflächenanalyse durch Röntgenfluoreszenz (Seite 25) vorgestellt, die unter anderem dabei hilft, Fehler präziser zu analysieren.

Ein neues Feld für die Weiterentwicklung und Verfeinerung von Messverfahren könnte sich aus den Forderungen der Chemikalienverordnung REACh ergeben. Um die hier geforderten Prüfungen zur Substitution von Stoffen erfüllen zu können, müssen im Bereich der Oberflächentechnik bestehende Beschichtungssysteme mit neuen verglichen werden. Dafür sind gegebenenfalls bestehende Prüftechniken zu erweitern oder neue Testmethoden zu entwickeln. Wir dürfen gespannt sein, was uns auf diesem Feld in nächster Zukunft noch begegnen wird. Aktuelle Informationen zur Autorisierung und der hierbei geforderten Substitutionspläne finden sich im Übrigen in der vorliegenden Ausgabe ab Seite 18 - ebenfalls ein interessantes Gebiet der Werkstoff- und Oberflächenechnik!

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

STRONG | CLEAN | DURABLE | SMART |

Mack NICKEL®

Sager + Mack

- Prozessoptimierte Filterstation für Regenerationsbetrieb und Dauerfiltration im Nickel-Prozess von POP-Linien
- Schonende Behandlung der Prozess-Chemikalien
- Optional erhältlich mit vollautomatischer Prozesssteuerung und automatisierten Membranventilen
- Inklusive unserer patentierten, strömungsoptimierten Filterplatten
- Für große Volumenströme geeignet

PUMPEN | PUMPS | 泵

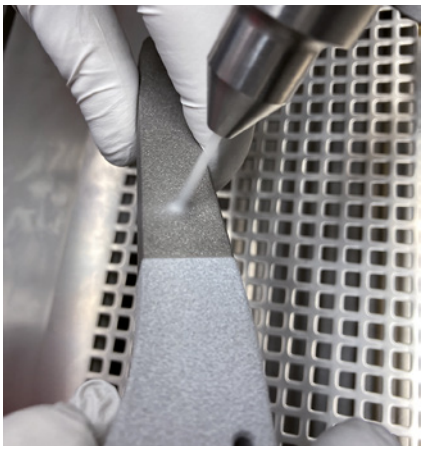
FILTER | FILTERS | 过滤器

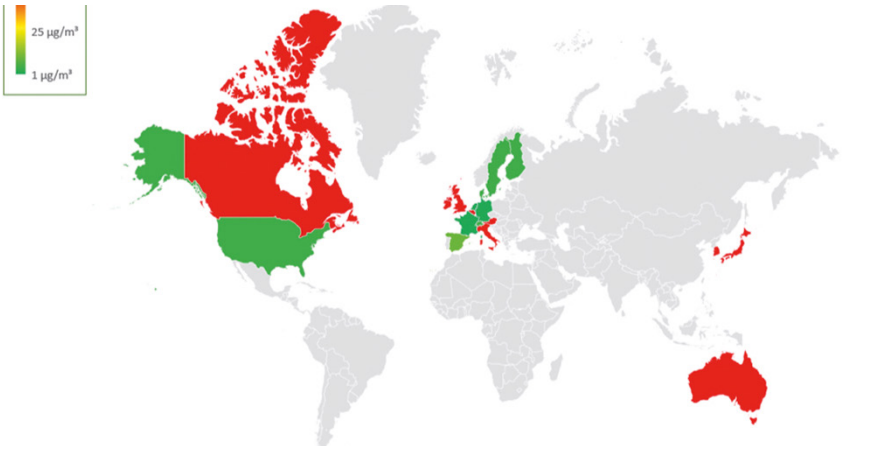
FILTERMEDIEN | FILTERMEDIA | 过滤耗材

DAS PLUS | THE PLUS | 服务

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

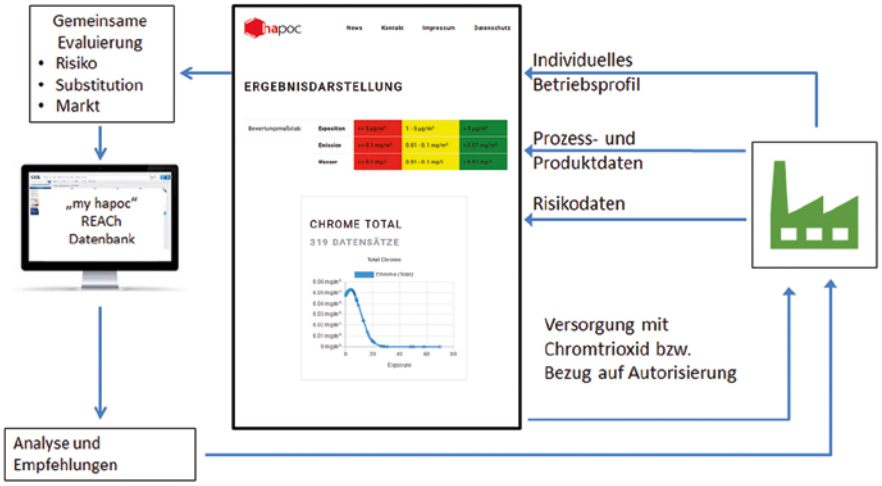
INHALT

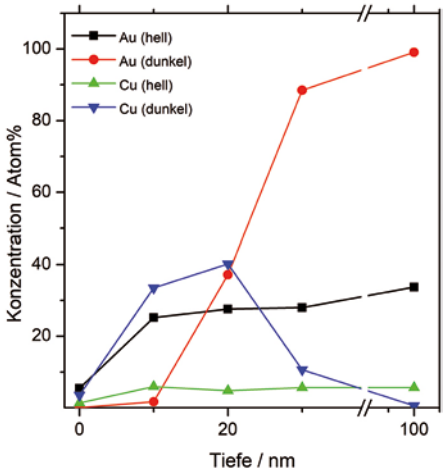




15 Reinigung von Implantaten

20 Grenzwerte für die Chrom(VI)emission im Hinblick auf REACh





34 Einsatz von IT-Systemen im Ressourcen- und Chemikalienmanagement

25 XPS-Analyse von Schichten

WERKSTOFFE

4 Nanoindentierung für die Bestimmung der tatsächlichen Streckgrenze
6 Hyperspektrales Sehen beschleunigt Folienprüfung
8 Hightech für die sächsische Leichtbauforschung
9 Schnelle Materialanalyse von Oberflächen und Beschichtungen mittels Laser-Induzierter Plasmaspektroskopie (LIBS)
10 Metalle recyceln statt Bodenschätze abbauen – mit laserbasierter Sensortechnik
11 Planung und Ausstattung von Messräumen
12 Sauberkeit für maximalen Wirkungsgrad
14 Laser – das Werkzeug des 21. Jahrhunderts

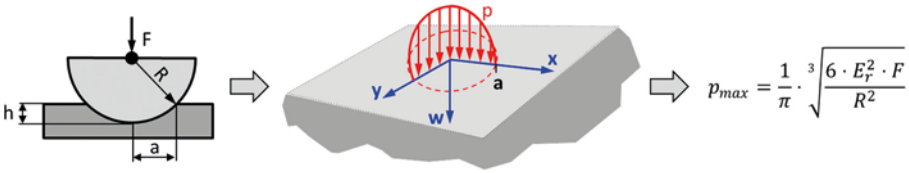
MEDIZINTECHNIK

15 Partielle quattroClean-Reinigung von Implantaten
16 Forschungsprojekt entwickelt additiv gefertigte Aortenstents

OBERFLÄCHEN

18 REACh-Verordnung – Härtere Randbedingungen bei Autorisierungsanträgen, stärkerer Fokus auf Substitutionspläne
19 42. Ulmer Gespräch – Forum für Oberflächentechnik als Online-Veranstaltung vom 3. bis 6. Mai
20 Die Chromtrioxid-Zulassung des CTACSub – und was daraus folgt!
22 Missverständnisse im Rahmen von REACh – oder, das Prinzip der eigenen Betroffenheit
24 Stabübergabe an die zweite Generation bei der LSR GmbH
24 Förderinitiative InnoEMat: Ergebnispapier Mittel- und langfristiger Forschungsbedarf in der Elektrochemie veröffentlicht
25 Chemische Charakterisierung von Oberflächen und dünnen Schichten – XPS-Analyse als Werkzeug in der QS
28 Oberflächentechnik als Innovationstreiber für die Mikrosystemtechnik
30 Moderne Entfettungen mit System
32 Manufaktur in Serie

INHALT



4 Nanoindentierung zur Bestimmung der Streckgrenze von Werkstoffen

30 Weiterentwicklung bei der Entfettung von Metalloberflächen

OBERFLÄCHEN

34 Synergetische Analyse und Verbesserung von Ressourceneffizienz und Chemikalienmanagement in der Oberflächentechnik – Teil 3

36 Entwicklung neuartiger Schutzbeschichtungen zur Sicherung der Zuverlässigkeit von elektronischen Komponenten

UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

38 Harter GmbH – Dörken AG – BIA-Gruppe

VERBÄNDE

39 Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. (DGO), Zentralverband Oberflächentechnik e.V. (ZVO), Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS) .

Zum Titelbild: Die Harter GmbH ist ein Pionier bei der Entwicklung und Fertigung von energieeffizienter, umweltfreundlicher Trocknungstechnik; www.harter-gmbh.de

IMPRESSUM

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 2021 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. 10
vom 10. Oktober 2020

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 Manusikripte 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

Nanoindentierung für die Bestimmung der tatsächlichen Streckgrenze

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

Die Streckgrenze eines Werkstoffs ist ein Maß für die ertragbaren mechanischen Spannungen. Wenn diese die Streckgrenze überschreiten, setzt Fließen und somit Plastifizierung ein. Die Streckgrenze spielt bei Werkstoffen zur Dimensionierung eines Bauteils eine wichtige Rolle. Üblicherweise werden die Werte für die Streckgrenze eines Werkstoffs Tabellenwerken entnommen. Diese werden in der Regel mit dem genormten Zugversuch ermittelt, mit dem die Spannungs-Dehnungs-Kurve bestimmt wird. Jedoch weichen diese Werte von den tatsächlichen eines realen Bauteils ab und dies teilweise erheblich. Zum einen unterliegen die Festigkeitseigenschaften eines Werkstoffs chargenbedingt entsprechenden Toleranzen. Zum anderen weist das reale Bauteil ein durch die Wärmebehandlung und Fertigungsverfahren entstandenes Gefüge auf, was sich nicht in den Ergebnissen aus den Zugversuchen für einen bestimmten Werkstoff wiederfindet. Hier bietet die instrumentierte Eindringprüfung die Möglichkeit, an den realen Bauteilen die tatsächliche Streckgrenze zu bestimmen. Zudem ist erfolgt diese am Bauteilrand, was insbesondere bei Tribosystemen vorteilhaft ist, weil diese Zone die Größe der ertragbaren Kontaktspannungen bestimmt.

1 Instrumentierte Eindringprüfung

Bei der instrumentierten Eindringprüfung werden während eines Belastungs- und Entlastungsvorgangs des Eindringkörpers die Prüfkraft und die Eindringtiefe kontinuierlich gemessen. Je nach Größenordnung wird diese als Mikroindentierung (Mikrohärteprüfung) oder als Nanoindentierung bezeichnet. Eine weitere übliche Bezeichnung ist Martens-Härteprüfung nach Adolf Martens, der die Härteprüfung definiert hat als *eine Prüfung zum Bestimmen des Widerstands, den ein Werkstoff der dauerhaften Verformung durch Eindringen eines härteren Eindringkörpers entgegensetzt*. Aus der gemessenen Kraft-Weg-Kurve werden die Härte und weitere Materialkennwerte zur Charakterisierung der Festigkeitseigenschaften des Materials bestimmt (*Abb. 1*).

Als Eindringkörper wird entweder eine vierseitige Vickers-Pyramide oder bei der Nanoindentierung eine dreiseitige Berkovich-Pyramide verwendet. Diese weist im Gegensatz zum Vickers-Eindringkörper keine Dachkante auf. Deshalb ist sie sehr gut für kleinste Eindringtiefen geeignet, da sie eine echte Spitze hat. Aufgrund der sehr kleinen Eindringtiefen kann die Prüfung als quasi zerstörungsfrei betrachtet werden.

2 Spannungs-Dehnungs-Kurve durch Eindringprüfung

Bei einem Berkovich-Eindringkörper sind die Dehnungen ε durch den Eindringvorgang nahezu unabhängig von der Eindringtiefe h. Um durch diese Prüfung aber die Streckgrenze bestimmen zu können, bedarf es eines funktionalen Zusammenhangs zwischen Eindringtiefe h beziehungsweise Dehnung ε und der Spannung σ. Diese Forderung erfüllt die Kugel als Eindringkörper, denn bei dieser ist die Dehnung ε proportional der Eindringtiefe h und somit besteht ein funktionaler Zusammenhang mit der Spannung σ, der im elastischen Bereich linear ist (*Abb. 2*).

3 Hertz'sche Kontaktspannungen sphärischer Eindringkörper

In der Praxis wird der Prüfkörper für die Ermittlung der Spannungs-Dehnungs-Kurve nicht als vollständige Kugel, sondern als Kegel mit sphärischer Oberfläche und einem sehr kleinen Radius ausgeführt. Hierbei haben sich Radien in der Größenordnung von 10 µm bis 50 µm als vorteilhaft erwiesen. Die beim Eindringen entstehenden Spannungen p_{max} hängen gemäß den Hertz'schen Kontaktgleichungen vom Radius R ab (*Abb. 3*).

Da es nahezu unmöglich ist, eine sphärische Oberfläche mit einem über die Fläche konstanten Radius in der Größenordnung von 10 µm bis 50 µm herzustellen, muss der tatsächliche Radius durch Messungen bestimmt werden. Erst dann kann mit dem Eindringkörper die Spannungs-Dehnungs-Kurve bestimmt werden. Dazu wird der sogenannte effektive Radius R_{eff} in Abhängigkeit der Eindringtiefe h bestimmt. Dazu ist es vorteilhaft, die Prüfkraft ansteigend mit lokalen Maxima und Minima zu erhöhen (*Abb. 4*). Dieser Verlauf der Prüfkraft wird als kontinuierlicher Multizyklusmodus bezeichnet (Continous Multicycle = CMC).

Aus diesen Messungen wird unter Zuhilfenahme der Hertz'schen Kontaktgleichungen

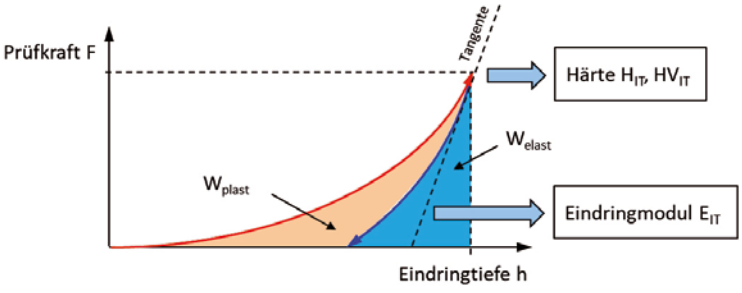


Abb. 1: Verlauf der Prüfkraft über die Eindringtiefe und Werte, die aus dem Kurvenverlauf bestimmt werden

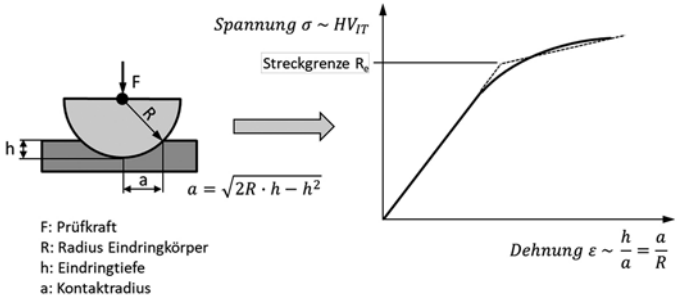


Abb. 2: Verlauf von Spannung und Dehnung für die vorteilhafte Form des Eindringkörpers

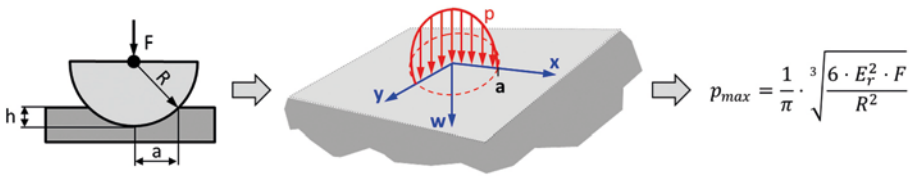


Abb. 3: Verdeutlichung der auftretenden Spannungen gemäß der Hertz'schen Kontaktgleichungen

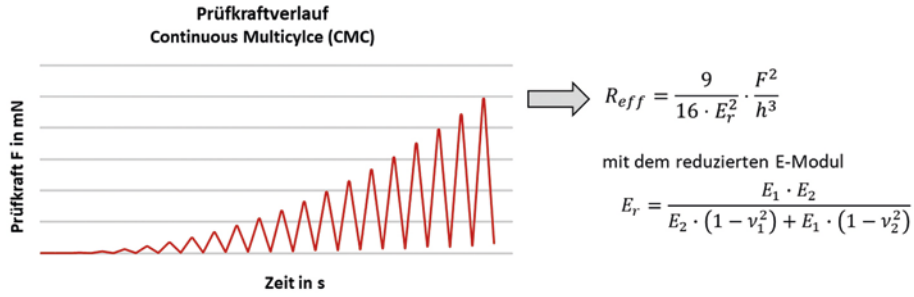


Abb. 4: Messverfahren CMC

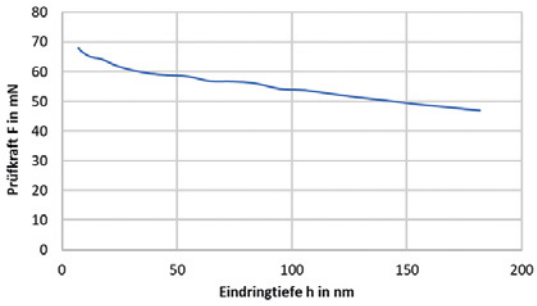


Abb. 5: Bestimmung des effektiven Radius R_{eff} aus einer CMC-Messung

Abb. 6: Verlauf der Prüfkraft mit überlagerter Sinusfunktion

mit dem reduzierten E-Modul E_r der effektive Radius des Eindringkörpers bestimmt (Abb. 5). Wie man aus diesen Messergebnissen sehr schön entnehmen kann, ist der tatsächliche Radius nicht konstant für verschiedene Eindringtiefen h und nähert sich erst mit zunehmender Eindringtiefe dem nominalen Radius. Dieser beträgt bei dem verwendeten Eindringkörper 20 µm.

4 Streckgrenze durch Eindringprüfung

Damit liegen nun die Voraussetzungen vor, um mit der instrumentierten Eindringprüfung die Spannungs-Dehnungs-Kurve $\sigma = f(\varepsilon)$ für einen Werkstoff zu ermitteln und daraus die Streckgrenze Re zu bestimmen. Ein typisches Verfahren besteht darin, die Prüfkraft progressiv mit einer überlagerten Sinusfunktion zu steigern und dadurch für jeden Sinuszyklus einen Messpunkt zu erhalten (*Abb. 6*).

Die Prüfung an einer Stahl-Zugprobe mit zertifizierter Streckgrenze führt zu dem in *Abbildung 7* dargestellten Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung. Die Streckgrenze Re ergibt sich am Schnittpunkt der beiden Ausgleichsgeraden.

Abbildung 8 zeigt den Vergleich der durch die instrumentierte Eindringprüfung ermittelten Werte für die Streckgrenze Re mit dem zertifizierten Wert einer Stahl-Zugprobe. Es ist deutlich zu erkennen, dass das Verfahren für Stahl sehr gute Werte liefert. Die Abweichungen zum zertifizierten Wert sind deutlich geringer als Standardwerte aus Zugversuchen für einen bestimmten Werkstoff, die sich bis zu 20 % vom Wert des realen Bauteils unterscheiden können.

5 Fazit

Durch die Instrumentierte Eindringprüfung in der Ausführung als Nanoindentierung steht ein Verfahren zur Verfügung, welches in der Lage ist, den tatsächlichen Wert für die Streckgrenze eines Bauteils zu ermitteln, ohne dazu gesonderte Zugproben anfertigen zu müssen. Hierzu wird vorteilhafterweise ein sphärischer Eindringkörper verwendet mit einem Radius im Bereich von 10 µm bis 50 µm. Um die Fertigungsungenauigkeiten des Radius zu berücksichtigen und um eine ausreichende Genauigkeit des Messverfahrens zu erreichen, wird der tatsächliche effektive Radius des sphärischen Prüfkörpers durch Messungen bestimmt. Dieser geht dann in die Hertz'schen Kontaktgleichungen ein, die zur Berechnung der Spannungs-Dehnungskurve dienen.

Kontakt

Steinbeis Transferzentrum Tribologie in Anwendung und Praxis, Erzbergerstraße 121, D-76133 Karlsruhe

➲ www.steinbeis-analysezentrum.com

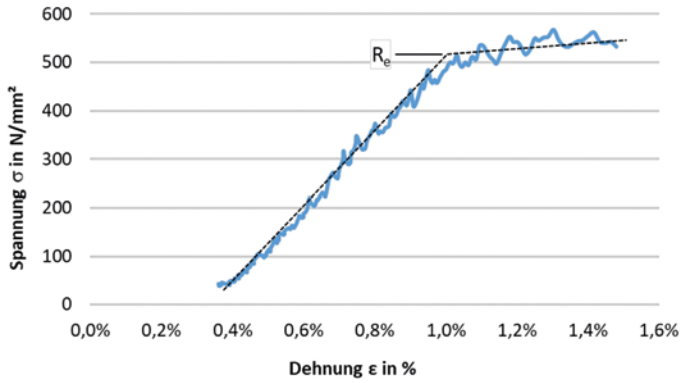


Abb. 7: Spannungs-Dehnungs-Kurve an einer Stahlprobe durch instrumentierte Eindringprüfung

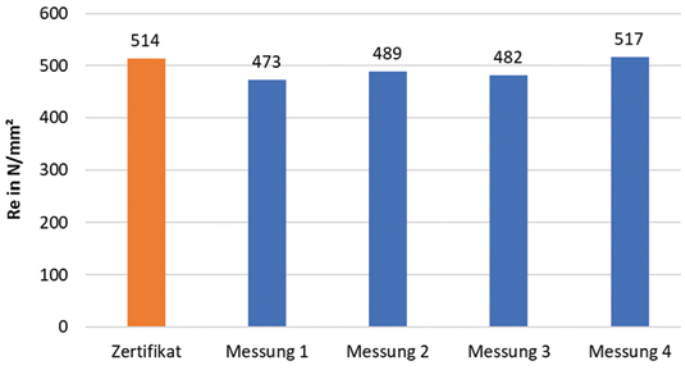


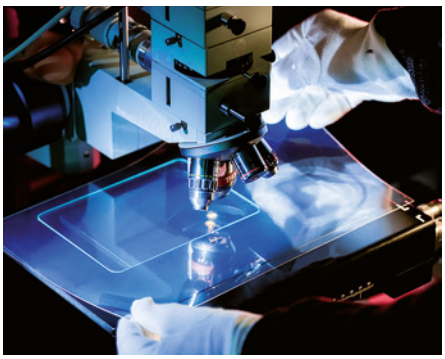
Abb. 8: Vergleich der Streckgrenzen Re an Stahl-Zugproben

Hyperspektrales Sehen beschleunigt Folienprüfung

Neues Inspektionssystem misst Folienqualität für Organische Elektronik schnell und ortsaufgelöst per KI und HSI

Weltweit arbeiten Forscher daran, organische Leuchtdioden, Solarzellen und Schaltkreise durch bessere Spezialfolien gegen Luftfeuchtigkeit und andere schädliche Umwelteinflüsse zu schützen. Das soll die Bauteile der Organischen Elektronik robuster und somit langlebiger machen. Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden stellt jetzt ein Verfahren vor, das künftig schon während der Produktion die Qualität dieser Barrierefolien überprüft – bislang dauern solche Analysen bis zu mehreren Wochen. Das neue System basiert auf Hyperspektral-Bildgebung und Künstlicher Intelligenz (KI).

Organische Elektronik sorgt bereits heute für schöne satte Farben in modernen Fernsehgeräten, ermöglicht schicke Designer-Lampen und ist das Markenzeichen hochwertiger Smartphones. Sie verbraucht nur wenig Strom, ist hauchdünn und oft sogar durchsichtig und biegsam. In naher Zukunft dürfte diese Technologie noch viele innovative Konsumgüter, Medizingeräte und Photovoltaikanwendungen hervorbringen. Eine wichtige Rolle in deren Herstellungsprozess spielt die Material- und Oberflächeninspektion, für die sich das Hyperspectral Imaging (HSI) eignet. Das Fraunhofer IWS hat die Technologie zur *imanto*®-Plattform weiterentwickelt. Diese ist imstande, selbst kleinste Defekte und geringste Abweichungen vom idealen Aufbau von Barrierefolien rasch zu erkennen und deren Wasserdampfdurchlässigkeit zu ermitteln. Denn diese Durchlässigkeit bestimmt maßgeblich die Lebensdauer der Produkte der flexiblen Organischen Elektronik, zum Beispiel von organischen Leuchtdioden (OLED) oder Solarzellen (OPV). Diese bislang undenkbare Messmöglichkeit kann der Entwicklung, Produktion und Anwendung von Barrierefolien und somit der gesamten Branche der Organischen Elektronik einen enormen Impuls verleihen.

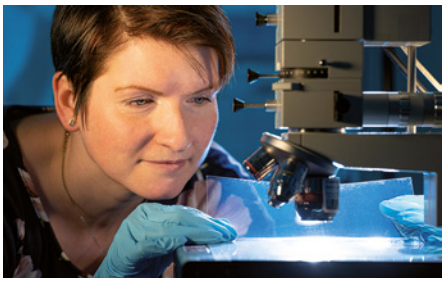


Barrierefolien für den Einsatz in der organischen Elektronik unterliegen hohen Anforderungen in Bezug auf die Dichtigkeit gegenüber Wasserdampf; durch die Entwicklung des Fraunhofer IWS verkürzt sich jetzt die Inspektionszeit für diese Folien auf zwei bis drei Stunden (© ronaldbonss.com)

Barrierefolien gebe es bereits lange, zum Beispiel in der Lebensmittel- und Pharmabranche, wie Dr. Wulf Grählert erläutert, der am Fraunhofer-Anwendungszentrum für Optische Messtechnik und Oberflächentechnologien AZOM, einer Außenstelle des Fraunhofer IWS, die Arbeitsgruppe für optische Inspektionstechnologien leitet. Dort kam es ihm zufolge immer schon darauf an, Produkte gegen Feuchtigkeit, Bakterien oder Aromaverlust zu schützen. Doch die Organische Elektronik hat die Anforderungen an die Dichtigkeit solcher Barrierefolien gegenüber Wasserdampf extrem hochgeschraubt. Lebensmittelfolien zum Beispiel dürfen binnen eines Tages höchstens zehn Gramm Wasserdampf pro Quadratmeter passieren lassen. Für Tablettenfolien liegt diese Wasserdampfdurchlässigkeit (englisch: *Water Vapour Transmission Rate*, kurz: WVTR) bei nur einem Zehntel bis einem Hundertstel Gramm pro Tag und Quadratmeter Folie. OLEDs benötigen jedoch Barrierefolien, die allenfalls wenige Mikrogramm Wasserdampf pro Tag durchlassen. Hinzu kommt: Bislang dauern Messungen der Wasserdampfdurchlässigkeit sehr lange. Für OLED-Barrierefolien liegen die Messergebnisse oft erst nach einigen Wochen vor. Die Wissenschaftler des Fraunhofer IWS haben es nun geschafft, die Inspektionszeit für Barrierefolien in der Organischen Elektronik auf lediglich zwei bis drei Stunden zu verkürzen.

EU-Projekt OledSolar

Die Chance auf einen neuen Lösungsansatz eröffnete das EU-Projekt *OledSolar*, in dessen Zuge insgesamt 16 Institute und Technologieunternehmen aus ganz Europa bis zum Frühjahr 2022 fortgeschrittene Fertigungs- und Inspektionsmethoden für die Industrialisierung der Organischen Elektronik entwickeln. Das Fraunhofer IWS begann in diesem Projekt ein Barriereinspektionssystem mit einem grundsätzlich neuen Ansatz zu entwickeln: Es wird nicht mehr der Wasserdampf gemessen, der die Barriere durchdringt, sondern allein die Folie, die diese Durchlässigkeit maßgeblich bestimmt. In zweieinhalbjähriger Arbeit haben Wissenschaftler und Techniker beim Projektpartner Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP mehr als 100 Barrierefolienmuster im Rolle-zu-Rolle-Verfahren hergestellt, deren Wasserdampfdurchlässigkeit das Fraunhofer IWS zunächst mit der am Institut entwickelten HiBarSens®-Technologie hochpräzise gemessen hat. Danach haben die IWS-Forscher von den Proben an verschiedenen Stellen HSI-Datensätze gemessen und mit diesen ein Modell angelernt, das anhand einer HSI-Messung die Wasserdampfdurchlässigkeit der gemessenen Barrierefolie mit hinreichender Genauigkeit hundertmal schneller vorhersagen kann.



Das Fraunhofer IWS hat das Hyperspectral Imaging (HSI) weiterentwickelt, um selbst kleinste Defekte und geringste Abweichungen vom idealen Aufbau von Barrierefolien rasch zu erkennen und deren Wasserdampfdurchlässigkeit zu ermitteln (© ronaldbonss.com)

Auch die KI macht Erfahrungen

Die Verarbeitung von optischen Rohdaten zu nützlichen Informationen ähnelt dem menschliche Sehen. Das Gehirn erhält Farbrohdaten wie rot, grün sowie blau von den

Augen. Dank lebenslang trainierter Erfahrungswerte kann es diese Daten deuten und der Mensch die Welt wahrnehmen und erkennen. Das hyperspektrale *Sehen* weist allerdings einen entscheidenden Unterschied auf: Um an die entscheidenden Informationen zu gelangen, sind aufgrund der enormen Größe und Komplexität der in sogenannten *Hypercubes* aufgezeichneten Daten spezielle Datenanalyse-Algorithmen notwendig. Diese Daten könnte nach Aussage von Wulf Grählert kein Mensch herkömmlich auswerten. Deshalb werden dafür Methoden der Künstlichen Intelligenz eingesetzt. Sie lernt Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung. So werden die Auswirkungen potenzieller Foliendefekte wie Kratzer, Schichtfehler oder Einschlüsse auf einen Hypercube sowie auf die Wasserdurchlässigkeit der Folie einem Modell antrainiert. Ein ausreichend trainiertes Modell kann dann aus einem Hypercube einer Barrierefolie deren Wasserdampfdurchlässigkeit mit hoher Sicherheit vorhersagen. Messung und Vorhersage liegen so schnell vor, dass sich Fehlchargen unmittelbar erkennen lassen.

Darüber hinaus ist es nun sogar erstmals möglich zu bewerten, an welchen Stellen konkret die Barrierefolien mehr oder eben weniger Wasserdampf durchlassen. Mit schnelleren Kameras lässt sich die Messzeit noch weiter verringern und je mehr Trainingsdaten der KI künftig zur Verfügung stehen, desto genauer werden ihre Vorhersagen. Ziel ist letztlich eine Echtzeit-Qualitätskontrolle während der Folienproduktion, aber auch in der Eingangskontrolle in den sich anschließenden Verarbeitungsprozessen. Wulf Grählert ist davon überzeugt, dass diese neue Art von Sensorik die Inspektionszeit für Barrierefolien erheblich verkürzt, die Möglichkeit einer Inline-Qualitätskontrolle eröffnet, die Ausschussrate verringert und die OLED- und OPV-Produktion verbilligen kann.

Hyperspektral-Inspektor hat sich bereits bewährte

Vielfältige Einsatzmöglichkeiten sieht Wulf Grählert auch jenseits der Organischen Elektronik, zum Beispiel in der Elektronik- und Halbleiterindustrie, in der Pharmazie oder im Lebensmittelsektor. So wurde das System mit Tiefkühlpizzen bereits getestet. Möglich sei damit eine automatische Kontrolle, ob genug Schinken, Champignons und Käse auf der Pizza liegen oder Fremdkörper dazwischen gelandet sind. Noch viele weitere Anwendungsszenarien, in denen unsichtbare Probeneigenschaften *sichtbar* und somit verfügbar gemacht werden, seien darüber hinaus realisierbar.

Über Fraunhofer AZOM

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer AZOM erforschen und entwickeln neueste Ansätze der optischen Messtechnik, Bildverarbeitung, Prozesskontrolle und Oberflächencharakterisierung. Ziel ist es, die Forschungsergebnisse schnell und direkt in applikationsspezifische Anwendungslösungen für industrielle Prozesse zu transferieren. Dafür bietet das AZOM Forschungsleistungen, wie die Entwicklung und Erprobung von industrietauglichen optischen Messverfahren für unterschiedliche Technologiefelder. Es bildet die Schnittstelle zwischen angewandter Wissenschaft und Industrie in den Feldern Medizintechnik, Kraftfahrzeugtechnik, Maschinenbau und Halbleitertechnologie. In der optischen Messtechnik und Prozessintegration basiert das Forschungsspektrum auf den drei Säulen Auftragsmessungen, Industrieintegration etablierter Technologien und Messverfahrensentwicklung. So konzeptionieren die Wissenschaftler komplexe industrietaugliche optische Messverfahren und Systemkomponenten, charakterisieren Oberflächen, entwickeln anwenderspezifische Sensorik sowie Aktorik und bieten zerstörungsfreies Monitoring von Prozessen und Bauteilen. Auf dem Gebiet der laserbasierten Oberflächentechnologien bilden Industrieintegration und Verfahrensentwicklung die Pfeiler des Leistungsspektrums.

Dabei entwickelt das AZOM insbesondere elektronische Steuerungen, komplexe applikationsspezifische Softwarelösungen und optische Systemkomponenten, wie Messlichtquellen sowie faserbasierte Baugruppen in Kombination mit Freistrahlelementen. Ergänzend bietet das AZOM Antworten auf individuelle Problemstellungen, die mit der am Markt erhältlichen Standardtechnik noch nicht zu lösen sind.

Rolle-zu-Rolle Folieninspektionssystem am Fraunhofer FEP (© ronaldbonss.com)

➲ www.iws.fraunhofer.de

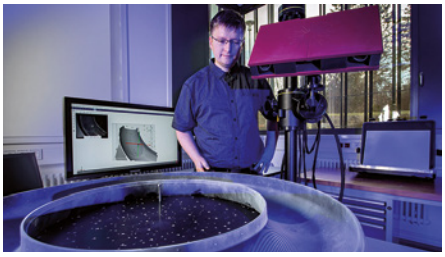
Hightech für die sächsische Leichtbauforschung

Laborgebäude am MERGE Research Centre *Lightweight Technologies* der TU Chemnitz fertiggestellt – Freistaat Sachsen investierte rund 14,5 Millionen Euro, der größte Teil stammt aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

Das neue Laborgebäude am MERGE Research Centre *Lightweight Technologies* der TU Chemnitz (Bild: Jacob Müller)

Das neue Laborgebäude für die Zentrale Einrichtung MERGE der Technischen Universität Chemnitz hat seinen Forschungsbetrieb aufgenommen. Auf insgesamt 1486 Quadratmetern wird dort die Herstellung von neuartigen, energie- und ressourcensparenden Werkstoffen untersucht und analysiert. Einsatzgebiete der Werkstoffe sind unter anderem die Mobilitätsbranche sowie die Luft- und Raumfahrt. Dafür wurde durch den Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (SIB) seit August 2018 ein moderner Laborneubau errichtet. Nach der baulichen Übergabe an die TU Chemnitz im Oktober 2020 und den anschließenden Einrichtungsarbeiten durch die Universität konnte jetzt mit der Forschung begonnen werden. Neben hochspezialisierten Laborräumen bietet der Neubau auch Büro-, Praktika- und Besprechungsräume.

Mit MERGE baut der Freistaat Sachsen nach den Worten von Sachsens Finanzminister Hartmut Vorjohann seine internationale Rolle in der Leichtbauforschung aus. *Für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt schaffen wir in Chemnitz beste Bedingungen zum Forschen und den kreativen Austausch*, so Hartmut Vorjohann. Die TU Chemnitz erhalte einen weiteren attraktiven Standort, der die Stadt insgesamt bereichere. Wie Wissenschaftsminister Sebastian Gemkow ergänzt, werde mit dem Neubau für MERGE die Leichtbauforschung in Sachsen und damit die Leichtbauallianz Sachsen deutlich gestärkt. Am Standort Chemnitz eröffneten sich neue Chancen, die Forschung auf höchstem Niveau weiter voranzutreiben. Davon profitierten neben den beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auch weitere Partner, etwa aus der Wirtschaft.



Forschung im Laborgebäude am MERGE Research Centre *Lightweight Technologies:* Toni Albrecht, Technischer Mitarbeiter an der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung scannt mithilfe optischer 3D-Messtechnik eine Hälfte eines Wasserstofftanks, der unter anderem in der Automobilbranche eingesetzt werden kann (Bild: Jacob Müller)

Leichtbautechnologien zählen nach wie vor zu den Zukunftstechnologien, um die nachhaltige Reduktion von CO_2 in allen Produktionsbereichen zu erzielen. Mit maximaler Ressourceneffizienz, der Einsparung von Gewicht, Material und Energie, bei gleichzeitiger Sicherung oder sogar Verbesserung der Funktionalität und auch Leistungsfähigkeit von Bauteilen liegen die Vorteile klar auf der Hand. Damit kann Leichtbau einen entscheidenden Beitrag zur Erreichung der Klima- und Nachhaltigkeitsziele der Bundesregierung leisten. Durch das Kombinieren von digitalen Prozesstools, innovativen Materialien und Fertigungsverfahren lassen sich neue funktionsintegrierte Bauteile entwickeln. Die Nutzung und der Einsatz von biobasierten Werkstoffen in Kombination mit bionisch inspirierten Designs eröffnen für die Zukunft neue Wege für ressourceneffiziente Produkte und Technologien.

Das neue Laborgebäude ist nach Aussage von Prof. Dr. Gerd Strohmeier, Rektor der TU Chemnitz, neben der existierenden Forschungshalle ein weiterer Baustein zur Untermauerung der Spitzenstellung der Leichtbauforschung an der TU Chemnitz und damit zugleich zur Stärkung der Kernkompetenz ressourceneffiziente Produktion und Leichtbau. Er bedankt sich sehr herzlich beim Freistaat Sachsen sowie der Europäischen Union für die wichtige Investition in den Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Chemnitz.

Mit der Inbetriebnahme des zweiten Bauabschnitts Laborgebäude MERGE ist der Zusammenschluss vieler dezentraler Laboreinrichtungen und somit eine deutlich verbesserte und auch schnellere Arbeit in den zahlreichen Forschungsprojekten möglich geworden, freut sich Prof. Dr. Lothar Kroll, Koordinator der Zentralen Einrichtung MERGE und Direktor des Instituts für Strukturleichtbau der TU Chemnitz. Insbesondere mit der Ausstattung im Bereich Prüftechnik, mithilfe derer beispielsweise erweiterte Material- und Belastungsprüfungen durchgeführt werden, werde nun eine neue Liga aufgestoßen. Mithilfe dieser Technik würden aktuell etwa hochgefüllte Kunststoff-Compounds für neue Brennstoffzellenanwendungen untersucht. Auch im Rahmen von Großprojekten, wie thermoprePlus, SmartERZ, InnoCarb Energy, und vielen KMU-gestützten Projekten im Rahmen des Innovationsprogramms ZIM, werde die neue Infrastruktur die Forschenden wesentlich unterstützen, bestmögliche Forschungsergebnisse zu erzielen, die insbesondere für den Mittelstand von enormer Bedeutung seien.

Der Laborneubau erweitert den Hallenkomplex des MERGE Research Centre Lightweight Technologies, in welchem bereits seit August 2015 geforscht wird. An dessen Südfassade wurde nun der Neubau angeschlossen. Beide Gebäude sind im Erdgeschoss und im ersten Obergeschoss miteinander verbunden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, den Gesamtkomplex noch durch ein Bürogebäude zu ergänzen.

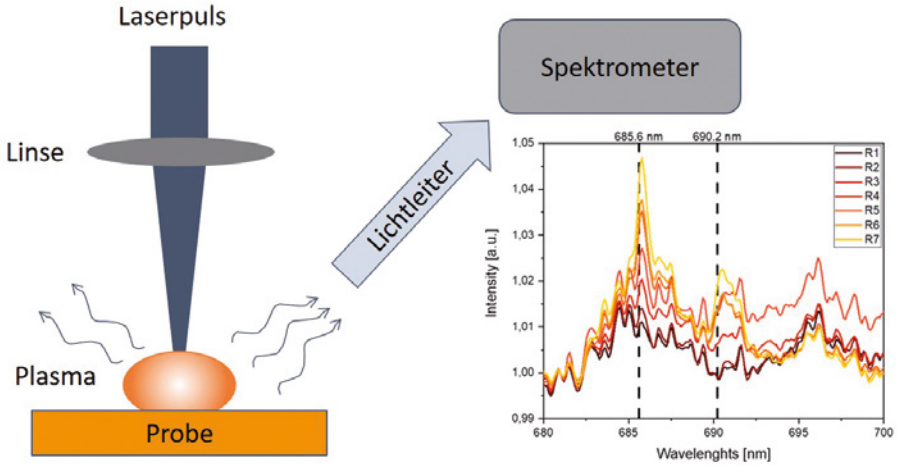
Die Gesamtbaukosten des neuen Laborgebäudes liegen bei rund 14,5 Millionen Euro, die durch Mittel aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) sowie aus Steuermitteln auf Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushalts finanziert sind. M. Steinebach

Kontakt:
Prof. Dr. Lothar Kroll, Koordinator der Zentralen Einrichtung MERGE, Telefon 0371 531-13910,
E-Mail merge@tu-chemnitz.de

➲ **www.tu-chemnitz.de**

Schnelle Materialanalyse von Oberflächen und Beschichtungen mittels Laser-Induzierter Plasmaspektroskopie (LIBS)

Die Laser-Induzierte Plasmaspektroskopie, auch als Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) bezeichnet, bietet als innovatives optisches Oberflächenanalyseverfahren ein breites Anwendungsspektrum. Mit dieser Messmethode ist es möglich, die Elementzusammensetzung von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen berührungslos zu bestimmen. Am Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP in Halle (Saale) wird die LIBS-Technologie in Kombination mit leistungsfähigen Auswertungsalgorithmen eingesetzt, um sehr schnell präzise Multi-Elementanalysen durchzuführen. In einer kürzlich veröffentlichten Studie, in der die Ermittlung des Fluorverlusts beim Schmelzen bioaktiver Gläser und Glaskeramiken untersucht wurde, bewiesen die Mitarbeitenden des Fraunhofer CSP die Leistungsstärke der LIBS.



Die Anwendungsmöglichkeiten des spektroskopischen Messverfahrens LIBS für die qualitative und quantitative Elementanalyse sind vielfältig und reichen von grundlagenorientierter Elementanalytik im Vakuum über kontaktfreie Entfernungsmessungen in beispielsweise radioaktiver Umgebung bis hin zur Klassifizierung von Rohstoffen für das Recycling sowie die Online-Qualitätskontrolle bei der industriellen Produktion. Das Prinzip der LIBS basiert dabei auf der spektralen Analyse von elementspezifischen Emissionslinien. Ein hochenergetischer Kurzpuls-Laserstrahl schlägt eine winzige Menge, typischerweise wenige µm^3, aus der Probenoberfläche heraus, woraufhin sich unter lokaler Erwärmung von bis zu 10 000 °C ein Licht emittierendes Plasma bildet. Das Plasma leuchtet mit einem materialspezifischen Lichtspektrum, wobei die spektrale Verteilung des Lichts unmittelbar in Echtzeit aufgenommen wird. Aus diesen Daten kann die exakte Elementverteilung am Messpunkt bestimmt werden. Durch die Laser-Induzierte Plasmaspektroskopie ist eine simultane Messung einer Vielzahl von chemischen Elementen möglich.

Seit 2019 wird die Laser-Induzierte Plasmaspektroskopie am Fraunhofer CSP erfolgreich für die Analyse von Elementgehalten und Verteilungen eingesetzt. *Wir unterstützen unsere Kunden und Partner aus der Industrie sowie öffentliche Auftraggeber mit unserer Expertise im Bereich der Plasmaspektroskopie und helfen beispielsweise bei der Kontrolle von Beschichtungsprozessen, der Optimierung von Recyclingvorgängen oder bei der Entwicklung von inline-fähiger Materialkontrolle*, sagt Stefanie Wahl, technische Mitarbeiterin am Fraunhofer CSP. Dabei nutzten die Mitarbeitenden die Vorteile, die LIBS gegenüber konkurrierenden Methoden biete: Die Analyse erfolge berührungslos, der Probenabtrag sei gering und es sei keine oder kaum Probenvorbereitung notwendig,.

Die Leistungsfähigkeit dieser Methode beispielsweise für die Ermittlung des Verlusts des Fluoranteils beim Schmelzen von bioaktiven Gläsern und Glaskeramiken hat das Fraunhofer CSP gerade in einer gemeinsamen Studie mit Mitarbeiterinnen des Otto-Schott-Instituts für Materialforschung nachgewiesen. Bei den Analysemethoden fiel die Auswahl auf LIBS, weil diese Methode *die Fluor-Quantifizierung mit reduzierter Analysezeit und mit einer hohen räumlichen Auflösung ermöglicht*, ergänzt Stefanie Wahl.

➲ **www.imws.fraunhofer.de**

Metalle recyceln statt Bodenschätze abbauen – mit laserbasierter Sensortechnik

Um die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie in puncto Rohstoffversorgung zu stärken, entwickelten das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und die Cronimet Ferroleg. GmbH im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts *PLUS* gemeinsam ein laserbasiertes Sortierverfahren für Metallschrott. Ein neuer Sensor macht das Recycling von metallischen Rohstoffen dabei um ein Vielfaches effizienter, als es bislang möglich war. Einen Schritt weiter geht das EU-Projekt *REVaMP*. Darin bringen die Experten des Fraunhofer ILT ihre Expertise seit Januar 2020 im Bereich der Materialanalytik auch auf europäischer Ebene ein und leisten damit einen wichtigen internationalen Beitrag zur langfristigen Sicherung einer ressourceneffizienten Rohstoffversorgung.

Der Produktionsstandort Deutschland und damit auch unser gesellschaftlicher Wohlstand hängen in hohem Maß von der Verfügbarkeit metallischer Rohstoffe wie Chrom, Nickel, Kupfer oder Kobalt ab. Aufgrund der weltweit steigenden Nachfrage sind diese allerdings ein zunehmend knappes Gut. Eine entscheidende Rolle kommt deshalb dem Materialrecycling zu. Aufgrund des Mangels an Bodenschätzen handelt es sich dabei um die wichtigste Bezugsquelle für metallische Rohstoffe in Deutschland und Europa.

Die Entwicklung von laserbasierter Sensortechnik verbessert das zukünftige Metallrecycling; ein Ziel: die Steigerung der Ressourceneffizienz von Unternehmen
(© Cronimet Ferroleg. GmbH, Karlsruhe)

Bessere Bilanz – ökologisch und ökonomisch

Vorteil des Materialrecyclings: Gebrauchte, nicht mehr verwendbare Metallschrotte wie Rohre, Bleche, Werkzeuge, Altkabel, Elektro- und Elektronikschrott sowie alte Teile aus Haushalt oder Abbruch können sortenrein nahezu ohne Qualitätsverlust eingeschmolzen und wiederverwendet werden. Das Verfahren trägt sich aufgrund des hohen Werts der Materialien im Idealfall von allein – und produziert deutlich weniger CO_2 als der Primärprozess: Die teure, weil technisch aufwändige Förderung von Bodenschätzen unter teils höchst kritischen Rahmenbedingungen sowie deren Transport an Bestimmungsorte rund um den Globus entfällt.
Die Krux: Sowohl der Preis und die Verfügbarkeit von Metallschrotten als auch deren Recyclingquote sind von zahlreichen Faktoren abhängig, die sich gegenseitig bedingen. Dazu gehören schwankende Preise am Primärmarkt, der Lebenszyklus von Produkten und deren Sammelquote, Verluste im Prozess, die technische Recyclingfähigkeit sowie die Wertigkeit der jeweiligen Legierung. Entsprechend volatil sind die globalen Märkte. Steigt der Preis für Primärmetalle, sinkt die Verfügbarkeit von Schrotten und anders herum. Das birgt für Unternehmen hohe Risiken.

Mehr Ertrag durch Lasereinsatz

Vor diesem Hintergrund hat das Fraunhofer ILT gemeinsam mit der Cronimet Ferroleg. GmbH aus Karlsruhe ein neuartiges laserbasiertes Sortierverfahren entwickelt. Die im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts PLUS entstandene Sensortechnik macht das Erkennen und Sortieren von Legierungen in Metallschrotten wesentlich schneller und genauer. 2020 wurde die Pilotanlage am Cronimet-Ferroleg.-Standort in Karlsruhe in Betrieb genommen – und hat

Mit einem laserbasierten Sortierverfahren, entwickelt im BMBF-Projekt PLUS, lassen sich wertvolle Legierungen aus Metallschrott effizient zurückgewinnen
(© Cronimet Ferroleg. GmbH, Karlsruhe)

Die Pilotanlage für das laserbasierte Recycling, die im Projekt PLUS entstand, eignet sich z. B. für die automatische Verarbeitung von Schnellarbeitsstählen (High Speed Steels)
(© Cronimet Ferroleg. GmbH, Karlsruhe)

sich bewährt. Sie ist unter anderem auf die Verarbeitung von Schnellarbeitsstählen, kurz HSS für High Speed Steels, ausgelegt.
HSS-Stähle enthalten wertvolle Legierungselemente wie Kobalt und sind in jedem Baumarkt zu finden, zum Beispiel in Bohrern oder Fräsköpfen, sagt Dr. Cord Fricke-Begemann, der am Fraunhofer ILT den Bereich Materialanalytik verantwortet und unterstützt von Doktorand Fredrik Schreckenberg das Projekt PLUS leitete.
Übliche Verfahren sind auf die mühsame manuelle Messung weniger Legierungen beschränkt. Mit der Laser-Emissionsspektroskopie (LIBS) hingegen nutzt das Fraunhofer ILT eine Technologie, die selbst in kleinen Schrottteilen mehr als 20 Sonderlegierungen identifizieren kann – automatisch, schnell und

berührungslos. *In kürzerer Zeit können wir so mehr Schrotte verarbeiten und eine höhere Sortenreinheit erzielen*, sagt Fricke-Begemann. *Damit bauen wir eine wichtige Brücke zwischen Forschung und Industrie.*

Zukunftstechnologie für Europa

Im Rahmen des 2020 gestarteten EU-Projekts *Retrofitting Equipment for Efficient Use of Variable Feedstock in Metal Making Processes* (REVaMP) bringt das Fraunhofer ILT seine Expertise im Bereich der Materialanalytik nun auch auf europäischer Ebene ein. Getragen wird das auf eine Laufzeit von dreieinhalb Jahren (1. Januar 2020 bis 30. Juni 2023) ausgelegte Vorhaben von einem internationalen Zusammenschluss von Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus Spanien, Polen und Deutschland. Ziel ist es nach Aussage von Fricke-Begemann, die im Rahmen des Projekts PLUS gesammelten Erkenntnisse auf eine universelle Basis zu stellen, unabhängig von den jeweiligen Legierungen. *Wir wollen einen Sensor bauen, den man in bestehende Industrieanlagen einbauen kann, um den Recyclingprozess grundsätzlich effizienter zu machen.*

Unter anderem um die Fragen, welche Zusammensetzung und Eigenschaften die zu recycelnden Legierungen haben, wie viel Blei das angelieferte Material enthält, wann ein Stoff schmelzflüssig wird und wie viel Energie zugeführt werden muss, geht es bei diesem Projekt. Das Projekt wird im Rahmen des Horizon 2020-Programms durch die Europäische Union gefördert (*www.revamp-project.eu*). Sollte es gelingen, diese Fragen künftig genauer beantworten zu können, wäre das ein bedeutsamer Beitrag, um Europa unabhängiger von den globalen Rohstoffmärkten zu machen – und die Ressourceneffizienz von Unternehmen maßgeblich zu verbessern.

Kontakt:
Dr. Cord Fricke-Begemann, Leiter der Gruppe Materialanalytik, E-Mail: cord.fricke-begemann@ilt.fraunhofer.de

➲ **www.ilt.fraunhofer.de**

Planung und Ausstattung von Messräumen

Anforderungen an Messräume sind vielfältig und können sehr hoch sein. Sie hängen davon ab, was in dem Messraum gemacht werden soll und welche äußeren Bedingungen vorherrschen. Die neue Richtlinie VDI/VDE 2627 Blatt 2 unterstützt bei der Ermittlung und Festlegung der Anforderungen an Messräume sowie bei deren Planung und Gestaltung. Anhand einer technischen, organisatorischen und normativen Bedarfsermittlung wird die Basis zur Messraumplanung gelegt. Das Ergebnis ist ein verbindliches, belastbares und am Stand der Technik orientiertes Lastenheft.

Prüfungen, Messungen und Kalibrierungen müssen, je nach erforderlicher Genauigkeit, in einem Messraum unter möglichst optimalen Bedingungen durchgeführt werden. Der Schlüssel dazu ist oftmals die Temperatur, deren Schwankungen es gilt, unter Kontrolle und möglichst geringzuhalten. Welche Parameter genau von Bedeutung sind, hängt von der durchgeführten Tätigkeit im Messraum ab. Die Richtlinienreihe VDI/VDE 2627 unterstützt bei der Ermittlung und Festlegung der Anforderungen und gibt Hinweise zur Konzipierung.

Einer angemessenen Planung kommt im Fall von Messräumen eine große Bedeutung zu, da die Kosten für Bau, Aus- oder Umbau allgemein sehr hoch sind. Schon in der Planungsphase sollte daher möglichst Klarheit über die genauen Bedarfe und Anforderungen herrschen. Auf diese Weise lassen sich später im Bau oder Betrieb teure Überraschungen vermeiden und eventuell vorhandene Risiken minimieren. Die VDI/VDE 2627 Blatt 2 beinhaltet Formblätter, mit denen die Anforderungen der Messobjekte und Messsysteme an den Messraum systematisch erfasst werden. Daraus wird eine resultierende Güteklasse bestimmt. Die grundlegenden Anforderungen an den Raum werden über das Raumbuch abgefragt. Die Richtlinie bietet Informationen zur Festlegung von Zielen und Anforderungen an die Eigenschaften eines Messraums. Herausgeber der Richtlinie VDI/VDE 2627 Blatt 2 *Messräume – Leitfaden zur Planung* ist die VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA). Die Richtlinie kann beim Beuth Verlag (*www.beuth.de*) oder unter *www.vdi.de/2627* bestellt werden. Die Möglichkeit zur Mitgestaltung der Richtlinien durch Stellungnahmen bestehen durch Nutzung des elektronischen Einspruchsportals oder durch schriftliche Mitteilung an die herausgebende Gesellschaft (E-Mail: *gma@vdi.de*). Die Einspruchsfrist endet am 31. Mai 2021.

➲ **www.vdi.de**

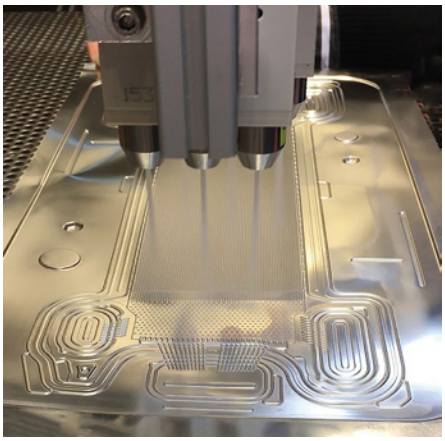
Sauberkeit für maximalen Wirkungsgrad

Geringes Gewicht und Volumen, gute Kaltstartfähigkeit sowie eine vergleichsweise günstige Serienproduktion sind Vorteile, mit denen metallische Bipolarplatten aufwarten können. Die Kernelemente von Brennstoffzellenstacks übernehmen mit der Medienversorgung, elektrischen Anbindung und Kühlung entscheidende Aufgaben. Wie gut sie diese erfüllen, hängt unter anderem von der Sauberkeit des Materials sowie der gefügten Platte ab. Um eine möglichst effektive und wirtschaftliche Reinigung zu ermöglichen, hat Ecoclean Untersuchungen mit verschiedenen Verfahren durchgeführt.

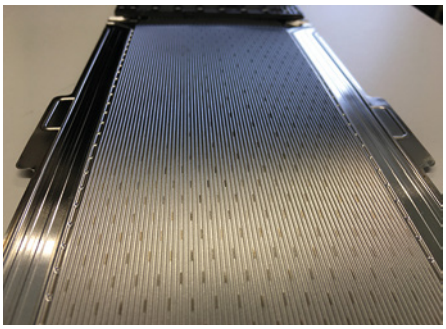
Brennstoffzellen zählen zu den Schlüsseltechnologien für die Elektrifizierung von Fahrzeugantrieben und spielen auch bei der Energiewende als stationäre Energiequelle eine wesentliche Rolle. Kern eines Brennstoffzellensystems sind zu Stapeln (Stacks) verschaltete Bipolarplatten, die aus Anode und Kathode mit einer dazwischenliegenden protonenleitfähigen Folie bestehen.

Bipolarplatten erfüllen unterschiedliche Aufgaben: Sie verbinden die Anode einer Zelle mit der Kathode der benachbarten Zelle physikalisch und elektrisch. Zuständig ist die Bipolarplatte auch für die Zuführung der Reaktionsgase Wasserstoff (Anodenseite) und Luft (Kathodenseite). Die Platten verfügen dafür auf beiden Seiten über eingearbeitete Strömungsprofile (Flowfield), deren Gestaltung entscheidend für den Wirkungsgrad des gesamten Aggregats ist. Darüber hinaus regeln die Bipolarplatten die Abgabe von elektrischer Energie und den Abtransport von Wasserdampf. Eine weitere Funktion besteht im Wärmemanagement.

Die Fertigung der Platten erfolgt aus unterschiedlichen Materialien, wie hochkonzentriertes Grafit, Grafit-Kunststoff-Mischungen sowie Metallen. Insbesondere beim Einsatz in Kraftfahrzeugen bieten metallische Bipolarplatten Vorteile, wie ein geringes Gewicht und Volumen und eine gute Kaltstartfähigkeit. Darüber hinaus bieten metallische Bipolarplatten das Potential für eine vergleichsweise kosteneffiziente Serienproduktion, die durch Skaleneffekte noch verbessert werden kann.



Durch die Ausstattung mit mehreren Düsen lässt sich mit der CO_2-Schneestrahlreinigung die gesamte Oberfläche von Bipolarplatten zügig und mit einem guten Ergebnis reinigen (Bild: Ecoclean GmbH)



Insbesondere bei Fahrzeuganwendungen überzeugen metallische Bipolarplatten durch geringes Gewicht und Volumen sowie gute Kaltstartfähigkeit; für den Wirkungsgrad spielt auch die Sauberkeit eine wichtige Rolle (Bild: Ecoclean GmbH)

Sauberkeit sichert Beschichtungsqualität und Wirkungsgrad

Die Fertigung der Anode und Kathode von metallischen Bipolarplatten erfolgt überwiegend aus 0,1 mm bis 0,2 mm dünnen Folien aus Edelstahllegierungen. Das Material wird üblicherweise von einem Coil abgewickelt, dessen Oberflächen aus der Herstellung mit unterschiedlichen Walz- und Ziehfetten, Ölen, Emulsionen und nicht bekannten Fremdstoffen verunreinigt sind. Im nächsten Schritt werden die Anoden- und Kathodenfolien mechanisch oder im Hydroforming präzise umgeformt und die Außenkonturen, beispielsweise durch Stanzen oder Lasern, geschnitten. Aus diesen Prozessen verbleiben ebenfalls Reste der Bearbeitungsmedien (Öle und/oder Emulsionen) auf den Platten. Beim anschließenden Fügen der Anoden- und Kathodenplatte, was häufig in einem Laserschweißprozess erfolgt, entstehen Schmauchspuren und Oxide. Abschließend werden die Bipolarplatten beschichtet. Spätestens davor ist ein Reinigungsschritt erforderlich, um eine homogene Beschichtung mit guter Haftfestigkeit sicherzustellen.

Bei eng gepackten Brennstoffzellen, mit denen auf kleinstem Raum eine hohe Leistung erzielt werden soll, empfiehlt es sich, bereits vor dem Fügen eine Reinigung durchzuführen. Sie verhindert, dass Verunreinigungen zwischen Anode und Kathode eingeschlossen werden, die sich durch die unweigerlich entstehende hohe Wärmeentwicklung lösen und die Mikrostrukturen der Flowfields verstopfen können. Dies würde zu einer Verringerung des Wirkungsgrads führen. Gleichzeitig reduziert der zwischengeschaltete Reinigungsschritt die Oberflächenverschmutzung aus Schmauch und Oxiden durch den Laserschweißprozess.

Das richtige Verfahren wählen

Wesentliche Herausforderung bei der Reinigung von metallischen Bipolarplatten sind die meist unsichtbaren, chemisch-filmischen Rückstände auf den Oberflächen. Es handelt sich dabei um Öle, Fette, Emulsionen und weitere Chemikalien, deren Zusammensetzungen häufig unbekannt sind. Diese unspezifischen Kontaminationen machen eine Reinigungslösung erforderlich, die deren zuverlässige und bedarfsgerechte Entfernung sicherstellt. Die Ecoclean GmbH hat dafür Untersuchungen mit der Laser-, der CO_2-Schneestrahl-, der nasschemischen Lösemittelreinigung und dem Dampfstrahlen durchgeführt.

Sowohl durch das Reinigen mit dem Laser als auch mit der CO_2-Schneestrahl lassen sich Schmauch und Oxide sowie chemisch-filmische Verunreinigungen und Partikel von den Schweißnähten der gefügten Bipolarplatten punktuell innerhalb weniger Sekunden gut entfernen. Bei der Reinigung der kompletten Oberflächen der Bipolarplatten werden mit beiden Verfahren ebenfalls gute Ergebnisse erzielt. Da mit dem Laser die Oberfläche Zeile für Zeile abgefahren werden muss, war die Reinigung zeitintensiv. Bei der Schneestrahlreinigung kann das System mit einer entspre-

chenden Anzahl von Strahldüsen ausgestattet werden, so dass eine zügige Bearbeitung der gesamten Oberfläche möglich ist.
Durch die nasschemische Reinigung mit Lösemittel im Flutverfahren konnten Öle und Fette sowie Partikel gut entfernt werden. Für die Abreinigung von Emulsionen, Schmauch und Oxiden ist das Verfahren dagegen nicht anwendbar. Eine nasschemische Tauchreinigung mit wasserbasierten Medien ist aufgrund der erforderlichen Trocknung nur bedingt und mit sehr hohem Aufwand möglich.
Sehr gute Ergebnisse wurden bei der Abreinigung filmisch-chemischer und partikulärer Verschmutzungen sowie von Schmauch und Oxiden mit dem Dampfstrahlen erreicht. Die Reinigungswirkung basiert bei diesem Verfahren auf dem Zusammenwirken von Dampf mit einem exakt auf die Reinigungsaufgabe abgestimmten Flüssigkeitsanteil, einem Hochgeschwindigkeitsluftstrom und einem angepassten Düsenkonzept. Der Reinigungsprozess beanspruchte ebenfalls nur wenige Sekunden.

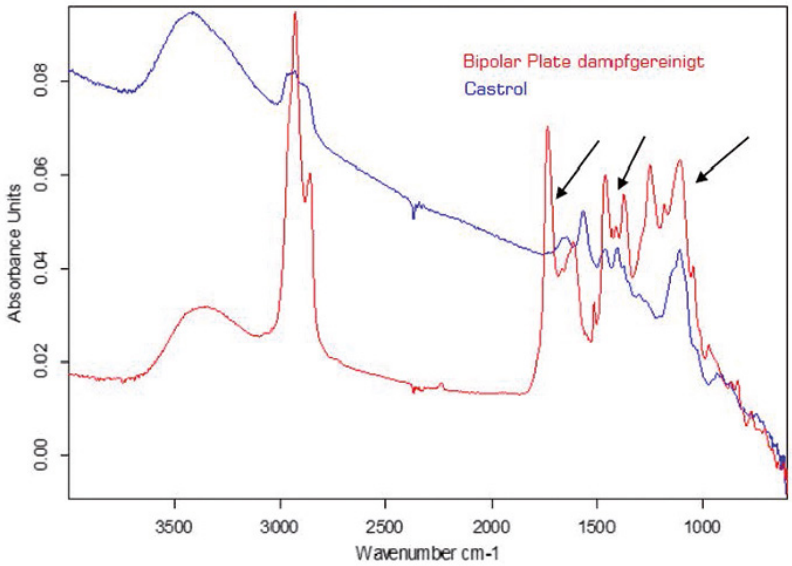
Reinigungsvalidierung mit verschiedenen Messtechniken

Die Kontrolle der Reinigungsergebnisse erfolgte anhand der Oberflächenspannung mit den Messtechniken Kontaktwinkelmessung und Testtinten, durch Fluoreszenzmessung sowie Infrarotspektroskopie.
Die Fluoreszenzmesstechnik erwies sich aufgrund nicht fluoreszierender Verunreinigungen als nicht geeignet. Bei den Eingangsmessungen der Oberflächenspannung zeigten die Bipolarplatten sehr unterschiedliche Verschmutzungswerte, die nach der Reinigung signifikant verringert waren. Eine generelle Aussage, ob das Bauteil die für den nächsten Prozessschritt erforderliche Sauberkeit aufweist, lässt sich nicht treffen. Es sind dafür entsprechend prozessspezifische Anforderungen zu ermitteln.
Für die Infrarotspektroskopie wurden an den Proben (Coilabschnitte und Bipolarplatten) zunächst alle Rückstände entfernt, also eine Referenzsauberkeit hergestellt. Nach der mittels IR-Spektroskopie erfolgten Analyse der Oberflächen wurden die Proben mit einer Referenzverschmutzung verunreinigt, die Reinigung durchgeführt und danach erneut analysiert. Diese Analyse zeigte, dass mit der Dampfreinigung die filmisch-chemischen Verschmutzungen zuverlässig entfernt werden konnten.
Die Reinigungsversuche und -kontrollen führen die Experten für Bauteilreinigung und Oberflächenbearbeitung im Monschauer Testzentrum mit den genannten und auch weiteren Verfahren durch.

Über SBS Ecoclean

Die SBS Ecoclean Gruppe entwickelt, produziert und vertreibt zukunftsorientierte Anlagen, Systeme und Services für die industrielle Bauteilreinigung und Oberflächenbearbeitung. Diese Lösungen, die weltweit führend sind, unterstützen Unternehmen rund um den Globus dabei, in hoher Qualität effizient und nachhaltig zu produzieren. Die Kunden kommen aus der Automobil- und Zulieferindustrie sowie dem breit gefächerten industriellen Markt – von der Medizin-, Mikro- und Feinwerktechnik über den Maschinenbau und die optische Industrie bis zur Energietechnik und Luftfahrtindustrie. Der Erfolg der SBS Ecoclean basiert auf Innovation, Spitzentechnologie, Nachhaltigkeit, Kundennähe, Vielfalt und Respekt. Die Unternehmensgruppe ist mit zwölf Standorten weltweit in neun Ländern vertreten und beschäftigt mehr als 900 Mitarbeitende.

➲ www.ecoclean-group.net



Die Analyse der IR-Spektroskopie zeigt, dass mit der Dampfreinigung die Rückstände der Referenzverschmutzung komplett entfernt wurden (Bild: Ecoclean GmbH)

Automatisierte, in die Fertigungslinie integrierte Reinigung

Für einen effizienten Workflow kann die Reinigung vor dem Fügen und/oder dem Beschichten in Fertigungslinien integriert werden. Die Automatisierung lässt sich dabei optimal auf die spezifischen Anforderungen und Gegebenheiten der jeweiligen Produktionslinie anpassen. Doris Schulz

AIRTEC MUEKU GMBH
ENERGIE EFFIZIENZ made in Germany
Wir schließen Ihren Energiekreislauf
Lufttechnische Anlagen
Abluftreinigung
Ventilatoren
Wärmerückgewinnungssysteme
Prozesskühlung
Modernisierung bestehender Anlagen
AIRTEC MUEKU GmbH
Im Ganzacker 1
56479 Elsoff / Germany
+49 (0) 2664 / 997386-0
info@airtec-mueku.de
www.airtec-mueku.de

Laser – das Werkzeug des 21. Jahrhunderts

Erste Tagung zu Trends und Chancen smarter Materialien und Laserprozesstechnologien an der Hochschule Aalen

Von wegen Science Fiction – der Laser ist aus der Alltagswelt nicht mehr wegzudenken und hat sich längst zum Universalwerkzeug etabliert. Sein Einsatz ist in vielen Branchen gefragt, sei es in der Medizin, der Industrie, der Kommunikationstechnik oder der Forschung. Welche faszinierenden und innovativen Perspektiven die Lasertechnologie bietet, darum dreht sich auch der *1. Laser and Materials Day Aalen (LAMDA)* an der Hochschule Aalen am 1. Juli 2021. Organisiert wird die Veranstaltung vom Institut für Materialforschung (IMFAA) und dem LaserApplikationsZentrum (LAZ) gemeinsam mit dem Kooperationsnetzwerk SmartPro. Eine Vorabregistrierung für die Tagung, die ganz unter dem Zeichen von *Smarte Materialien und Laserprozesstechnologien für morgen … heute* steht, ist ab sofort möglich.

Großes Zukunftspotenzial

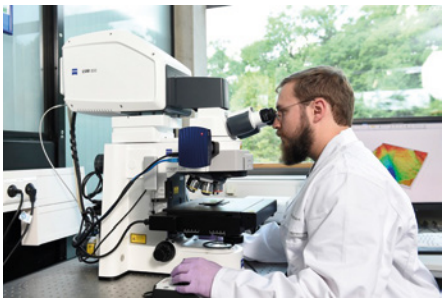
Er kann zum Beispiel Metall durchschneiden, Oberflächenflächen veredeln, Zähne bohren oder den Abstand zum Mond messen: Mit dem Laser lassen sich viele verschiedene Verfahren wie Schneiden, Bohren, Schweißen oder Löten abdecken. Für viele Branchen sei er eine Schlüssel- und Querschnittstechnologie mit großem Zukunftspotenzial, wie Prof. Dr. Harald Riegel, Prorektor der Hochschule Aalen und Leiter des LAZ, betont. Daher widme man diesem wichtigen Universalwerkzeug jetzt den *1. Laser and Materials Day Aalen*. Für die ganztägige Veranstaltung konnten die Organisatoren vom LAZ und IMFAA an der Hochschule Aalen hochkarätige Referenten von namhaften Unternehmen und Weltmarktführern aus der Region gewinnen. Darüber hinaus stellen Forschende der beiden Institute aktuelle Forschungsergebnisse auf dem gemeinsamen Gebiet smarter Materialien und Laserprozesstechnologien vor.

Eine präzise steuerbare Energiequelle

Prof. Dr. Gerhard Schneider, Rektor der Hochschule Aalen und IMFAA-Leitungsmitglied, eröffnet das Programm und wird zu den Themenschwerpunkten Laser als präzise steuerbare Energiequelle, um unterschiedlichste Werkstoffe zu bearbeiten und zu designen sowie neuen Materialien und Technologien referieren. Dabei werden auch die Bereiche der additiven Fertigung im Leichtbauverfahren oder die Qualitätssicherung seitens der Materialwissenschaften und der Mikroskopie eine wichtige Rolle spielen. Anschließend wird Richard Bannmüller, Managing Director Technology bei der TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH, einen Ausblick auf die Trends, Herausforderungen und Perspektiven der Laser-Materialbearbeitung geben.

Fortschrittliche Materialien für nachhaltige Mobilität

Weitere interessante Einblicke gewähren Uwe Schulmeister von der Toolcraft AG in seinem Vortrag zum Thema *Additive Manufacturing of Metals – Development in Process Technology for new Materials*, Christian Elsner von der Mercedes Benz AG zu *Daimler's Technology Transformation with Help of Laser Material Processing*, Marc Sailer von der TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH zu *Increasing Efficiency and Process Quality with Burst Technology for Ultra-Short Pulsed Laser Processing* sowie Tobias Volkenandt zu *Femtosecond Laser Assisted Materials Analysis by ZEISS*. Außerdem berichten Julian Schurr, Tim Schubert, Markus Hofele, Jochen Schanz und Simon Ruck von der Hochschule Aalen von ihren Forschungsarbeiten im IMFAA und LAZ. Sie stellen neueste Erkenntnisse aus der Materialforschung und der Lasermaterialbearbeitung rund um die Themenfelder fortschrittliche Materialien für nachhaltige Mobilität, erneuerbare Energien und neue Anwendungsfelder durch additive Fertigung, wie beispielsweise den Druck von Magnetmaterialien für Elektromotoren, vor.



Tiefe Einblicke: Die Hybrid-Tagung 1. Laser and Materials Day Aalen (LAMDA) an der Hochschule Aalen wird sich mit den innovativen Perspektiven der Lasertechnologie beschäftigen

(Bild: Hochschule Aalen/R. Pfisterer)

Enge Zusammenarbeit mit der Industrie

Wir freuen uns sehr über die Zusagen der Industrievertreter und über die enge Zusammenarbeit unserer Institute, erklärt Riegel, Leiter des LAZ. Ein großer Pluspunkt sei auch die hochmoderne Ausstattung in den neuen Forschungsgebäuden: Diese biete den Forschenden hervorragende Möglichkeiten, an den für die Gesellschaft relevanten Themen zu arbeiten.

Die Veranstaltung ist als Hybridveranstaltung geplant und findet daher sowohl vor Ort an der Hochschule Aalen (unter Berücksichtigung der dann geltenden Corona-Schutzmaßnahmen) als auch als Online-Tagung statt. Die Teilnahme ist kostenpflichtig (ca. 120 Euro), für Studierende ist sie kostenfrei. Die Präsenz-Plätze sind limitiert. Eine unverbindliche Platzreservierung ist ab sofort, eine verbindliche Anmeldung ab Ende April 2021 möglich.

➲ **www.hs-aalen.de/imfaa-laz/lamda**

Werden Sie **Abonnent** und nutzen Sie die Inhalte der Plattform in vollem Umfang!
Fachbeiträge in digitaler Form mit allen Möglichkeiten der modernen Medien!
1 Monat kostenfrei zum Kennenlernen!
Kommen Sie auf unsere Webseite: **www.womag-online.de**
Umfassend und immer auf dem neuesten Stand!

Partielle quattroClean-Reinigung von Implantaten

Schnee für eine fleckenfreie Optik

Neue Produkte und Fertigungsprozesse erfordern häufig auch neue Reinigungslösungen. Diese Herausforderung löste ein schweizerisches Spezialunternehmen für plasmagespritzte Schichten in der Medizintechnik mit der quattroClean-Schneestrahltechnologie. Die eingesetzte JetStation-HP in reinraumgerechter Ausführung ermöglicht, Maskierrückstände auf Implantaten nach der Beschichtung gezielt selektiv zu entfernen.

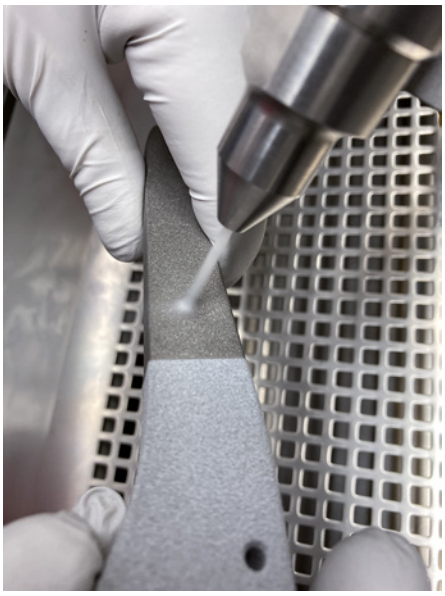
Geht es um plasmagespritzte Schichten auf Implantaten zur Beschleunigung der Osseointegration, ist die 1989 gegründete Medicoat AG ein Pionier. Heute beschichtet das im schweizerischen Mägenwil ansässige Familienunternehmen nicht nur medizintechnische Produkte sondern fertigt und vertreibt auch Anlagen für die gesamte Bandbreite des thermischen Spritzens wie beispielsweise atmosphärisches (APS) und Vakuumplasmaspritzen (VPS), Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF) sowie Kaltgasspritzen. Darüber hinaus zählt die Entwicklung und Produktion von innovativen Schichtsystemen für diese Verfahren, die alle ISO-Standards und ASTM-Anforderungen erfüllen, zum Portfolio.

Angepasste, selektive Reinigung für einen neuen Fertigungsschritt

So entstand in Zusammenarbeit mit einem Kunden für ein neues Implantat eine neue Beschichtungslösung. Um nicht zu beschichtende, gestrahlte Bereiche des Produkts zu maskieren, wurde auch ein neues Abdecksystem entwickelt, das bei den hohen Temperaturen der Plasmabeschichtung einsetzbar ist. Nach der Beschichtung und Demaskierung bleiben an den kleinen Kontaktpunkten sichtbare Farbveränderungen, verursacht durch das Abdecksystem, zurück. Für eine einwandfreie Optik, die bei medizintechnischen Produkten unverzichtbar ist, müssen diese Rückstände entfernt werden. *Wir benötigten dafür eine Reinigungslösung mit der die Kontaktstellen selektiv behandelt werden können. Dabei darf das Rauheitsprofil der vorbehandelten Oberfläche nicht verändert werden. Außerdem muss ein nicht-toxisches Reinigungsmedium eingesetzt werden, das keine Rückstände hinterlässt*, beschreibt Dr. Sebastian Mihm, Head of Medical Coating bei Medicoat die Anforderungen. Eine Aufgabenstellung, die durch seine verfahrenstechnischen Eigenschaften und das ungiftige Medium mit dem CO_2-Schneestrahlen zu lösen ist.

CO_2-Schnee aus der flüssigen Phase als Lösung

Zunächst wurden Versuche mit einem System durchgeführt, bei dem die Schneekristalle aus Trockeneisblöcken gebildet werden, was aber vom Handling kompliziert war. *Auf der Suche nach einer einfach zu handhabenden Anlage, die auch für die Serienfertigung geeignet ist, sind wir auf die quattroClean-Schneestrahltechnologie von acp systems aufmerksam geworden*, erinnert sich Sebastian Mihm. Sie verwende flüssiges Kohlendioxid aus Flaschen als Reinigungsmedium. Das unbegrenzt haltbare CO_2 entsteht als Nebenprodukt bei verschiedenen industriellen Prozessen und ist daher klimaneutral.
Wesentliche Komponente des Reinigungssystems ist eine verschleißfreie Zweistoff-Ringdüse. Durch diese wird das flüssige Kohlendioxid geleitet und entspannt beim Austritt aus der Düse zu feinem CO_2-Schnee, der von einem separaten, ringförmigen Druckluft-Mantelstrahl gebündelt und auf Über-

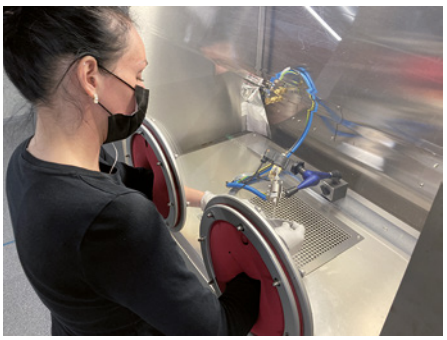


Die quattroClean-Schneestrahlreinigung entfernt die durch das Abdecksystem an den Kontaktstellen verursachten optischen Effekte zuverlässig und reproduzierbar
(Bild: Medicoat AG)

Die patentierte Technologie mit Zweistoff-Ringdüse für den CO_2- und den Druckluft-Mantelstrahl sorgt für eine konstante und gleichbleibende Reinigungsleistung
(Bild: acp systems AG)

schallgeschwindigkeit beschleunigt wird. Beim Auftreffen des gut fokussierbaren, minus 78,5° C Schnee-Druckluftstrahls auf die Oberfläche kommt es zu einer Kombination aus thermischem, mechanischem, Sublimations- und Lösemitteleffekt. Durch das Zusammenspiel dieser vier Wirkmechanismen werden die optischen Effekte durch das Abdecksystem zuverlässig und reproduzierbar entfernt. Die Reinigung erfolgt materialschonend, so dass die Struktur der gestrahlten Oberfläche nicht beeinträchtigt wird. *In Reinigungsversuchen im Technikum des Herstellers haben wir uns davon überzeugt, dass diese Reinigungslösung unsere Anforderungen stabil erfüllt*, sagt Sebastian Mihm. Dazu trägt auch bei, dass das kristalline CO_2 während der Reinigung vollständig in die gasförmige Phase übergeht und auf der Oberfläche keine Rückstände hinterlässt.

Die als Plug-and-Play-Lösung ausgeführte Reinigungsanlage ist reinraumgerecht ausgestattet (Bild: acp systems AG)



Die selektive Reinigung der Kontaktstellen an den Implantaten erfolgt im Serienbetrieb bisher manuell (Bild: Medicoat AG)

Standalone-Anlage für die manuelle Reinigung

Um die quattroClean-Reinigung im Unternehmen zu etablieren und den Prozess für das Produkt freigeben zu lassen, hat sich Medicoat für eine JetStation-HP in reinraumgerechter Ausführung und manuellem Betrieb entschieden.

Die kompakte Standalone-Anlage ist mit einer schallgedämmten, komplett aus Edelstahl gefertigten Kabine ausgestattet. Im Inneren der Kabine kommen ausschließlich Komponenten und Materialien zum Einsatz, die bei Reinraumanwendungen verwendet werden. Die Medienaufbereitung für das Kohlendioxid und die Druckluft ist ebenfalls entsprechend ausgelegt. Der Bildung von Schmutznestern und der Gefahr einer Rückkontamination gereinigter Teile wird durch die Gestaltung der Prozesskammer entgegengewirkt. Ihr Design unterstützt den schnellen Austrag von entfernten Verunreinigungen und des sublimierten Kohlendioxids durch die integrierte Absaugung. Sie ist bei Medicoat an das zentrale Absaugsystem angeschlossen. Die CO_2-Konzentration im Arbeitsbereich wird durch ein serienmäßig integriertes Sensorsystem überwacht. Wird der definierte Grenzwert überschritten, schaltet die CO_2-Zufuhr automatisch ab und es erfolgt eine Störungsmeldung. Die professionelle, geschlossene Konzeption der Anlage und ihre sehr saubere Ausführung haben nach Aussage von Sebastian Mihm bei der Entscheidung sicher auch eine Rolle gespielt.

Die Be- und Entladung erfolgt über eine Frontklappe mit Handeingriffen. Der Reinigungsprozess, bei dem der Operator die zu reinigenden Kontaktstellen am Implantat unter die feststehende Strahldüse bewegt, lässt sich komfortabel über ein Fußpedal starten. Medicoat arbeitet mit der Anlage seit Anfang 2020 im Serienbetrieb; täglich würden zwischen 50 und 100 Implantate gereinigt und die Ergebnisse sind nach Aussage von Mihm einwandfrei. *Daher denken wir zum einen darüber nach, den Prozess zu automatisieren und damit effizienter zu machen. Zum anderen überlegen wir, diese Reinigungslösung auch für andere Teile einzusetzen*, ergänzt Sebastian Mihm. Doris Schulz

Kontakt:

acp systems AG, Dr. Günther Schmauz,
Telefon: +49 7156 480140
➲ **www.acp-systems.com**

Medicoat AG, Dr. Sebastian Mihm,
Telefon: +41 62 8897686
➲ **www.medicoat.com**

Forschungsprojekt entwickelt additiv gefertigte Aortenstents

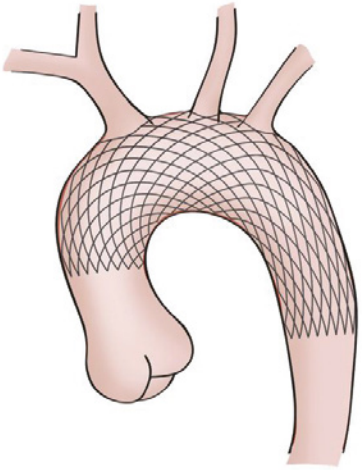
Können neue innovative 3D-gedruckte Aortenstents Leben retten? Damit befasst sich ein laborübergreifendes Forschungsprojekt an der OTH Regensburg, das additiv gefertigte Aortenstents entwickelt.

Die pathologische Veränderung der Aorta ist eine lebensbedrohliche Erkrankung der Hauptschlagader. Erreicht sie eine kritische Größe sind Durchblutungsstörungen anschließender Organe und im schlimmsten Falle eine Ruptur der Aorta und der unmittelbare Tod des Patienten die Folge. Die derzeitigen Behandlungsmöglichkeiten sind dabei aufgrund ihrer Invasivität mit einem hohen Risiko für den Patienten verbunden.

In den geraden Bereich der Aorta wird derzeit ein Stent als Gefäßersatz implantiert, wobei dazu in einer aufwändigen und langwierigen Operation der gesamte Brustkorb unter Vollnarkose geöffnet, ein künstlicher Herzstillstand herbeigeführt, das betroffene Stück Aorta vollständig entfernt und durch ein künstliches Äquivalent lokal ersetzt wird.

Neue innovative Behandlungsmöglichkeit durch die additive Fertigung

Zusammen mit der FIT AG und dem Universitätsklinikum Regensburg forscht die Ostbayerische Technische Hochschule Regens-



Im Rahmen des laborübergreifenden Forschungsprojekts *Aortic Gen-i-Stent* entwickelt die OTH Regensburg innovative Behandlungsmöglichkeiten durch eine additive Fertigung; die neuen Aortenstents sollen zukünftig Leben retten (Grafik: Lisa Wiesent)

burg (OTH Regensburg) an den Technologie-Campi Neustadt an der Donau und Parsberg/Lupburg im Rahmen des Projekts *Aortic Gen-i-Stent* an der Entwicklung von additiv gefertigten (AM) Aortenstents. Diese sollen neue Behandlungsmethoden der pathologischen Aortenerkrankung ermöglichen sowie den bestehenden Eingriff vereinfachen und somit den Patienten schonen.

Aortenstents sind Medizinprodukte der Klasse III, die permanent im Körper verbleiben und zudem im direkten Kontakt mit dem Herz-Kreislauf-System stehen. Der neuartige AM-Aortenstent obliegt somit hohen mechanischen, geometrischen und biologischen Anforderungen. Hier setzt das Projekt *Aortic Gen-i-Stent* der OTH Regensburg an, das laborübergreifend unter der Leitung von Prof. Dr. Ulf Noster (Technologie-Campus Parsberg/Lupburg, Labor für Werkstoffrandschichtanalytik), Prof. Dr. Aida Nonn (Technologie-Campus Neustadt an der Donau, Computational Mechanics and Materials Lab) und Prof. Dr. Thomas Schratzenstaller (Labor Medizinprodukte) an der Fakultät Maschinenbau durchgeführt wird.

Entwicklung von maßgeschneiderten Werkstoffzuständen, Stentdesigns und Materialmodellen

Die geometrischen Anforderungen der Aorten werden dabei anhand der Auswertung von klinischen CT-Daten bestimmt. Neben der hohen Designfreiheit ist die additive Fertigung jedoch mit komplexem mechanischem Verhalten verbunden, welches deutlich von dem eines konventionell verarbeiteten Werkstoffs abweicht. Hierbei stellen sich unter anderem abweichende Materialeigenschaften in Abhängigkeit von Bauorientierung und Baudicke ein. Um diese spezifischen Werkstoffeigenschaften beim Design zu berücksichtigen, wird in *Aortic Gen-i-Stent* ein numerisches Materialmodell des AM Werkstoffs auf Basis umfassender experimenteller Analysen entwickelt und validiert. Anschließend wird dieses Materialmodell in die Simulation des Implantationsvorganges des Aortenstents integriert. Dieses ermöglicht die Analysen des mechanischen Verhaltens der Stents, eine anforderungsgerechte Vorgabe von lokalen Werkstoffeigenschaften sowie die abschließende modellgestützte Optimierung des Stentdesigns.

Im Kooperationsprojekt wird die OTH Regensburg von der FIT AG im Rahmen der Entwicklung von geeigneten Prozessparametern für den additiven Fertigungsprozess und der Bereitstellung von Proben und Funktionsmustern sowie durch das Universitätsklinikum Regensburg mit der Bereitstellung medizinischer Expertise unterstützt.

Das Forschungsvorhaben wird über die Förderinitiative *KMU-innovativ* des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Lisa Wiesent

➲ **www.oth-regensburg.de**

REACh-Verordnung – Härtere Randbedingungen bei Autorisierungsanträgen, stärkerer Fokus auf Substitutionspläne

Von Martin Metzner und Klaus Schmid, Fraunhofer IPA, Stuttgart

(Bild: Fraunhofer IPA)

Forscher des Fraunhofer IPA unterstützen mehrere Unternehmen bei Autorisierungsanträgen im Bereich der funktionalen Verchromung. Dabei zeigt sich mehr und mehr, dass Alternativtechnologien immer gründlicher zu prüfen sind und Substitutionspläne erstellt werden müssen.

Die aktuell gültige Autorisierungsfrist aus Sammelkonsortien zur Anwendung von sechswertigen Chromverbindungen für die Anwendung *funktionale Verchromung*, also die Hartverchromung, ist September 2024. Wie es danach weiter geht, ist aktuell noch offen, insbesondere deshalb, weil inzwischen gegen die positive Entscheidung für den relevanten Antrag Klage beim Europäischen Gerichtshof eingereicht wurde. Der Druck für Anwender, spezifischere Autorisierungsanträge einzureichen wird daher immer größer, was sich in einer großen Zahl entsprechender Vorstöße äußert.

Analyse der Alternativen wird aufwändiger

Auch wenn immer noch nicht absehbar ist, dass es jemals eine allgemeingültige Alternative zur herkömmlichen Hartverchromung geben wird, entwickeln sich potenzielle Alternativen auch aus dem Bereich der Galvanotechnik, wie dreiwertige Chromelektrolyte aber auch nickelbasierte Schichten, stetig weiter. Diese und auch mögliche Alternativen aus anderen Technologien müssen für laufende und zukünftige Autorisierungsanträge immer genauer geprüft werden sowie erkannte Mängel in Entwicklungsszenarien und mögliche Substitutionspläne überführt werden. Dabei ist nach wie vor eindeutig zu differenzieren zwischen einerseits Inhouse-Beschichtern mit klar abgegrenzten Produkten und andererseits Lohnbeschichtern. Lohnbeschichter sind häufig mit einer nahezu unüberschaubaren Zahl an Anwendungen konfrontiert, bei denen zudem oft nicht bekannt ist, welche Schichteigenschaften die wesentlichen sind beziehungsweise aus welchem Grund die Schichtvariante Hartchrom für diese Anwendung *funktioniert* und damit die am besten geeignete ist.

Leider ist es aber so, dass das einfache *funktioniert halt* für einen validen Autorisierungsantrag mit dem Ziel einer vernünftigen zeitlichen Planungssicherheit bei Weitem nicht ausreicht. Dies schlägt sich darin nieder, dass inzwischen Substitutionspläne in Autorisierungsanträgen gefordert werden. Dies heißt nicht, dass eine nicht taugliche Alternative eingeführt werden muss, sondern dass Alternativen geprüft werden und aufgezeigt werden muss, wo diese noch Mängel haben und deshalb die aktuelle Substitution verhindern. Darauf aufbauend muss aufgezeigt werden, welche Schritte unternommen werden (*R+D Plan*), um die wahrscheinlichste Alternative weiter zu entwickeln und welchen Zeitraum die Entwicklung sowie die produktionstechnische Einführung erfordern. Daraus ergibt sich dann die beantragte Laufzeit der Autorisierung. Während dieser Laufzeit muss dann dieser R+D Plan abgearbeitet werden. Eine Folgeautorisierung hat nur Aussicht auf Erfolg, wenn die entsprechenden Schritte durchgeführt wurden und nachgewiesen werden kann, dass immer noch keine Substitution möglich ist und vor allem warum.

Dies bedeutet, dass aktuell in der Erstellung befindliche und zukünftige Autorisierungsanträge nicht nur formell aufwändig, sondern auch technisch beziehungsweise inhaltlich anspruchsvoll sind und immer anspruchsvoller werden.

Fraunhofer IPA

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

Hull-Bleche in Top-Qualität mit Premium-Service

MET AT LAB
met-at-lab.com

QR-Code scannen und direkt zum Shop!

42. Ulmer Gespräch – Forum für Oberflächentechnik als Online-Veranstaltung vom 3. bis 6. Mai

Täglich wird gefordert, die klimaschädlichen Treibhausgase durch Einschränkungen beim Fliegen, Autofahren, Heizen oder beim Verzehr tierischer Nahrung zu reduzieren. Selbst wenn die Industrieländer in ihrer Verantwortung hierbei einen wesentlichen Beitrag leisten, wird durch Einsparungen allein das Klima nicht zu retten sein. Nur durch technische Innovationen und hierbei wirklich disruptive Entwicklungen können die Klimaziele erreicht werden. Der Querschnittstechnologie Oberflächentechnik kommt hier eine entscheidende Bedeutung zu. . Das 42. Ulmer Gespräch – Forum für Oberflächentechnik behandelt und diskutiert dabei das Thema *Funktionselement Oberfläche* in seiner ganzen Breite. Behandelt werden Themen wie Mischbau/Leichtbau, Neue Antriebe/Energiebereitstellung, Neue Funktionsschichten für die Elektromobilität sowie Simulation und Prozessfähigkeit mit gesteigerter Effizienz. Die Online-Seminare finden an vier aufeinanderfolgenden Nachmittagen statt und beginnen jeweils um 14.00 Uhr.

Am 3. Mai (14.00 bis 16.00 Uhr) geht es im Seminar *Mischbau/Leichtbau* um so unterschiedliche Aspekte wie: Herausforderungen und Lösungskonzepte für die Mischbauweise mit metallischen Strukturwerkstoffen; Kunststoff mit Druckguss umgießen – Lösung für wasserführende Systeme, Leichtbau und mehr; die Qualifikation von Alternativen zur Cd-Beschichtung für ultrahochfeste Luftfahrt-Stähle am Beispiel ZnNi sowie die Metallisierung von CFK für den Erosionsschutz in der Luftfahrt. Im Seminar *Neue Antriebe/Energiebereitstellung* am 4. Mai (14.00 bis 15.30 Uhr) stehen Referate zu den Themen Neue Batteriekonzepte – Mehrwert durch Oberflächentechnik, Langzeitstabile phosphordotierte Legierungskatalysatoren für Hochleistungs-PEM-Brennstoffzellen sowie über Elektrolytische Wasserstofferzeugung auf dem Programm.

Der 5. Mai (14.00 bis 15.30 Uhr) ist dem Themenblock *Neue Funktionsschichten für erhöhte Anforderungen* gewidmet. Behandelt werden die Themen Steckverbinder in der Elektromobilität, Herausforderungen bei chemischen Beschichtungen im Antriebsstrang von Automobilen an ausgewählten Beispielen sowie Struktur-Eigenschaftsbeziehung bei der Farbe von Chromoberfläche – Ein Vergleich Chrom(III)/Chrom(VI). Am letzten Tag der Veranstaltung werden von 14.00 bis 15.30 Uhr Themen rund um den Komplex *Simulation und Prozessfähigkeit* erörtert wie die Optimierung der Schichtdickenverteilung durch Simulationsrechnung – Potenziale und Vorgehensweisen, Fähige Prozesse durch Simulation von Konzentrationsverläufen sowie Galvanik 4.0 – Simulationsbasierte Prozessführung mittels Stoffbilanzierung.

Anmeldungen zur Tagung sind ausschließlich über den XING-Ticketshop möglich:

➲ **www.xing-events.com/ITTBYCN.html**

Digitale Gleichrichtertechnologie

Messbare Vorteile „unter einem Dach“!

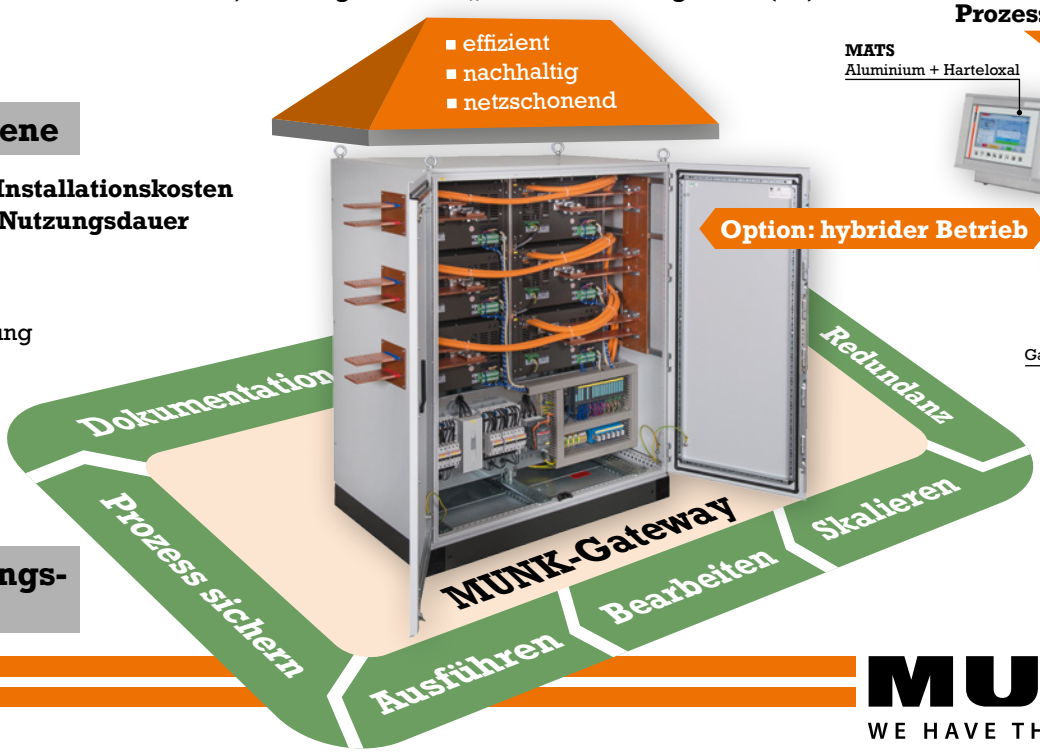
- **19”-Magazintechnik**
- **Hochstrommodule (1.800 A) mit Netzfilter**
- **Sicherheit nach DIN EN 17059**
- **Smartes Kühlkonzept vermeidet Betauung**
- **Höchster Wirkungsgrad zur Reduzierung Ihrer Energiekosten**
- **M·A·N (MUNK-Area-Network) der Weg zu mehr „artificial intelligence“ (KI)**

Benefitebene

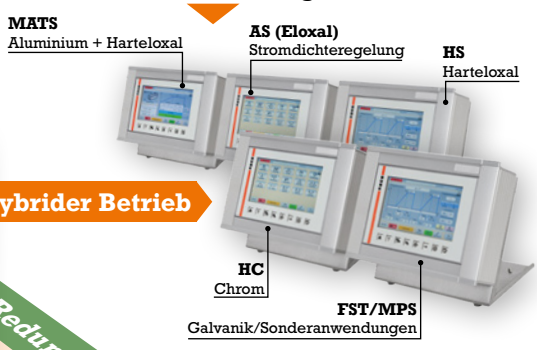
- **Minimale Installationskosten**
- **Maximale Nutzungsdauer**

- **Zentrale …**
  - Einspeisung
  - Kühlanbindung
  - Schnittstelle

Ausführungsebene



Prozess-Steuergeräte Serie 1200



Lassen Sie sich beraten!

Telefon 02385 74-0
vertrieb@munk.de
www.munk.de

MUNK
WE HAVE THE POWER!

Die Chromtrioxid-Zulassung des CTACSub – und was daraus folgt!

Von Dirk Wiethölter, Global Technical Project Manager und Vertreter im CTAC, CTACSub und CTACSub2 für die MacDermid Enthone Gmbh Langenfeld (Rheinland)

Zum online-Artikel

Seit 2012 arbeitet CTAC an einem gemeinsamen Upstream-Antrag, eingereicht von sieben Antragstellern, der alle nachgeschalteten Anwender für sechs definierte Verwendungen von Chromtrioxid (CrO_3) abdeckt. Die behandelten Anwendungen sind unter anderem Herstellung und Formulierung von Mischungen, funktionelle Verchromung, dekorative Verchromung oder Oberflächenbehandlung für die Luft- und Raumfahrtindustrie. Das CTACSub-Konsortium für die weitere Nutzung von Chromtrioxid in der Galvanotechnik ist inzwischen das einzige Lieferantenkonsortium, das eine positive Zulassungsentscheidung für die Hauptanwendungen Hartchrom und Konversionsschichten hat und damit etwa 90 % des Marktes abdeckt. Der Autor arbeitet aktiv im CTACSub und zeigt im vorliegenden Beitrag wichtige Ergebnisse und deren mögliche Folgen für Unternehmen der galvanischen Verchromung und daraus folgend auch für alle Industriebereiche, die verchromte Bauteile verwenden, auf.

1 Die CTACSub Zulassung – was ein Anwender jetzt umsetzen muss

Nach fast 10 Jahren hat die oberste EU-Behörde mit Zustimmung der Mitgliedsstaaten die Zulassung für fünf Anwendungen von Chromtrioxid erteilt. Im vorliegenden Beitrag soll nicht auf die Komplexität dieses Zulassungsverfahrens eingegangen, sondern dargestellt werden, was dies für den Anwender bedeutet und was die nächsten Schritte sind.

Die CTACSub-Zulassung, die durch den Großteil der Lieferanten gemeinschaftlich erzielt wurde, deckt momentan etwa 90 % des Marktes der Anwender ab. Die restlichen 10 % werden hauptsächlich durch eigene Zulassungen von nachgeschalteten Anwendern abgedeckt.

Die zugelassenen CTACSub-Anwendungen beinhalten fünf Anwendungen, unter anderem Hartchrom und Konversationsschichten.

Zunächst ist es wichtig zu verstehen, dass die Zulassung die Verwendungen des Stoffes abdeckt. Diese Verwendung findet beim Anwender statt, so dass der Anwender am Ende auch in der Verantwortung steht, die Zulassungsbedingungen umzusetzen. Die nationalen Behörden werden somit auch die Anwender hinsichtlich der Umsetzung überwachen. Die Zulassungsbedingungen sollen unter anderem sicherstellen, dass die Verwendung europaweit einheitlich ist und die Mitarbeiter, die mit diesem Stoff umgehen, ausreichend geschützt werden.

Die Zulassungsbedingungen, die im Folgenden thematisiert werden, gelten für alle Unternehmen, die in der direkten Lieferkette der CTACSub-Zulassungsinhaber sind und zum jetzigen Zeitpunkt keine eigene Zulassungsnummer haben. Wer bereits eine eigene Zulassungsnummer hat, für den sind die folgenden Informationen nur am Rande relevant.

1.1 Aktualisierte Sicherheitsdatenblätter

Die Maßnahmen aus der Zulassung, die Anwender umsetzen müssen, werden in den Expositionsszenarien beschrieben, die bis zum 18. März 2021 vom direkten Lieferanten für Chromtrioxid zur Verfügung gestellt werden mussten. Die Anwender müssen sich mit diesen Expositionsszenarien vertraut machen und diese zügig umsetzen. Um die Maßnahmen verständlich zu machen, wurden sie in den sogenannten *Good Practice Sheets* (Merkblätter) nochmal beschrieben. Sowohl die Expositionsszenarien als auch die Merkblätter beziehen sich auf eine jeweilige Tätigkeit, die im Zusammenhang mit der Verwendung von Chromtrioxid steht. Diese helfen auch bei der den zu erwartenden Terminen mit den zuständigen Überwachungsbehörden. Sollte es hier Verzögerungen geben, müssen die betroffenen Anwender sicherstellen, dass ihnen die Expositionsszenarien zumindest als separates Dokument zu Verfügung gestellt werden.

Link zu den Good Practice Sheets; III. Good Practice Sheets for Uses of Chromium Trioxide and Miscellaneous Chromates:

➲ https://jonesdayreach.com/substances/

1.2 Zulassungsnummer

Der direkte Lieferant für Chromtrioxid muss die Zulassungsnummern für seine Lieferkette mitteilen. Dies konnte anfangs schriftlich erfolgen, nach dem 18. März 2021 müssen diese Nummern dann auf den Sicherheitsdatenblättern und den Produktetiketten vermerkt sein. Diese Nummern sind auch im Internet in der Zulassungsentscheidung auf der Seite EUR-LEX zu finden unter:

➲ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.C_.2020.447.01.0005.01.ENG&toc=OJ%3AC%3A2020%3A447%3ATOC

1.3 Anwendermitteilung

Als nächstes müssen sich nachgeschaltete Anwender bei der ECHA registrieren. Anwender eines SVHC-Stoffes sind dazu nach Artikel 66, REACh, verpflichtet. Zu diesem Zweck müssen sie die Plattform REACh–IT nutzen und für sich einen Account anlegen. Dies ist nicht mit Kosten verbunden. Diese hier vom Anwender übermittelten Informationen, wie Zulassungsnummer, Anwendung, jährlich verbrauchte Menge des Stoffes, für die Anwendung relevante Kerneigenschaften des Stoffes, Emissions- und Expositionsmessungen, werden dann von der ECHA teilweise an die Überwachungsbehörden in den jeweiligen Mitgliedstaaten übermittelt. Auch wenn die Frist zu dieser Mitteilung drei Monate nach der ersten Lieferung nach Erteilung der Zulassung liegt, gibt es keine erkennbaren Nachteil, die Mitteilung früher zu machen.

Link zu REACh-IT:

➲ https://reach-it.echa.europa.eu/reach/

1.4 Messungen der Exposition und Emission

Anwender müssen mindestens einmal jährlich Expositions- und Emissionsmessungen vornehmen, und zwar für alle Aufgaben, bei denen der Mitarbeiter mit dem Stoff in Kontakt kommt. Dabei spielt es keine Rolle, welchen Rhythmus andere Gesetze und Ver-

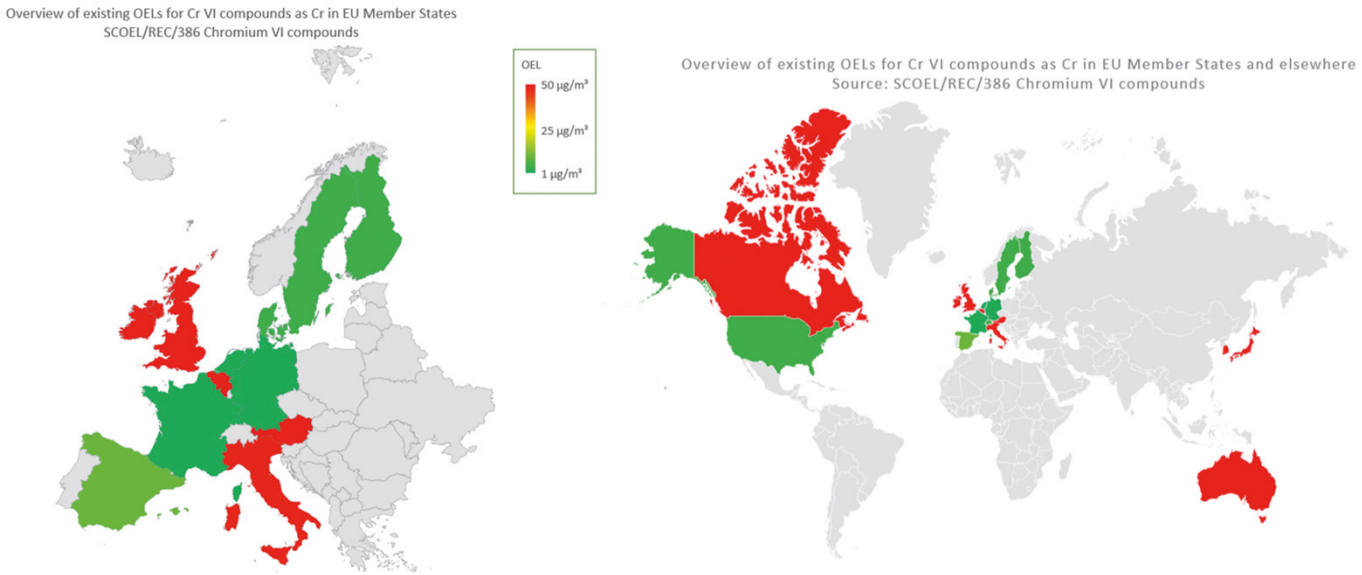


Abb. 1: Arbeitsplatzgrenzwerte für Chrom(VI) in Europa und dem Rest der Welt (SCOEL/REC/386 Chromium VI compounds)

ANNEX

'ANNEX III

Limit values and other directly related provisions (Article 16)

A. LIMIT VALUES FOR OCCUPATIONAL EXPOSURE

Name of agent	EC No (1)	CAS No (2)	Limit values (3)			Notation	Transitional measures
			mg/m³ (4)	ppm (5)	f/ml (6)		
Hardwood dusts	—	—	2 (7)	—	—	—	Limit value 3 mg/m³ until 17 January 2023
Chromium (VI) compounds which are carcinogens within the meaning of point (i) of Article 2(a) (as chromium)	—	—	0,005	—	—	—	Limit value 0,010 mg/m³ until 17 January 2025 Limit value: 0,025 mg/m³ for welding or plasma cutting processes or similar work processes that generate fume until 17 January 2025

EN

Official Journal of the Europe

Abb. 2: Auszug aus der Krebsrichtlinie – Grenzwert für Chrom(VI)

ordnungen wie die TA Luft oder die BG vom Anwender verlangen.
Bis zum 18. Juni 2021 müssen diese Messungen abgeschlossen und bis zum 18. Dezember 2021 die Messwerte an die ECHA übermittelt werden. Dazu wird ebenfalls der erstellte Account auf der die Plattform REACh-IT auf der Webseite der ECHA genutzt. Jedem Anwender sollte bewusst sein, dass innerhalb der Zulassung kein Grenzwert für die Exposition oder Emission definiert wurde (*Abb. 1 und 2*). Mit der Festlegung eines Grenzwertes würde man ein erhöhtes Risiko akzeptieren, was hier nicht durchsetzbar ist. Bezüglich der Emission gilt, sich an den nationalen, gesetzlichen Vorschriften, wie zum Beispiel der TA Luft, zu orientieren.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Unter WOMag-online.de steht der gesamte Beitrag (auch in **englischer Sprache**) zur Ansicht zur Verfügung. Im Weiteren werden die Situation und Empfehlungen für das weitere Vorgehen im Zusammenhang mit der Autorisierung dargelegt. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 3,5 Seiten mit 2 Abbildungen.

DIA PRODUCTS – PREMIUM PLATING CHEMICALS

IPT CHEMICAL INTELLIGENCE

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.

REACh-registrierte Chromprodukte – Ohne Chlorid und Sulfat

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

www.platingroup.de

Missverständnisse im Rahmen von REACh oder das Prinzip der eigenen Betroffenheit

Zum online-Artikel

Ansatz des VECCO zur konstruktiven Bearbeitung der Bedingungen zum Umgang mit kritischen Stoffen, zusammengestellt von Dr. Uwe König

Immer mehr erweist sich der Umgang mit den auf Chrom(VI) basierenden Technologien als Vorreiter für den Umgang mit Risikostoffen in allen Bereichen, sowohl in der grundsätzlichen Diskussion über Gefahrenpotenziale als auch im wettbewerblichen Kampf um Marktanteile. Als zentraler Punkt haben sich die Bewertungskriterien gezeigt, hier in der ungenügenden Anzahl von Messdaten und darum problematischen statistischen Analyse und gleichzeitig in den unspezifischen Marktbedingungen. Wirkliche Lösungen sind nicht absehbar – alle kritischen Punkte landen derzeit vor dem EUGH. Diese Tatsache führt zu einem gordischen Knoten – die Fachgremien bewerten – die ECHA sucht nach Umsetzungsmöglichkeiten – die EU-Kommission entscheidet politisch – die Gegner gehen vor Gericht – das EU-Parlament geht seinen eigenen Weg. Dabei haben die Arbeiten der nationalen Behörden zur Umsetzung der Autorisierungsanforderungen noch gar nicht richtig angefangen. Hinzu kommt die Unsicherheit der betroffenen Betriebe darüber, was wirklich zu tun ist, aber auch die Tendenz einzelner Betriebe, nichts zu tun. Zusätzlich kommt es zunehmend zu einer, teils marketinggetriebenen, Konkurrenzsituation in allen Bereichen der Oberflächentechnik. Es wird aus der Situation aber auch klar, dass jeder zur Situation beiträgt und damit auch jeder etwas tun kann, um sie zu entspannen. Es wird außerdem immer deutlicher, dass es ein *Weiter so* nicht geben wird.

1 Stand und Zukunft von Autorisierungen

Die derzeitige Situation zur Autorisierung von Substanzen auf Basis von Chrom(VI) bedingt konkrete Planungen und Perspektiven für die Zukunft. Der VECCO e. V. arbeitet gemeinsam mit der Hapoc seit Jahren kontinuierlich daran, den Betrieben diese Perspektiven aufzuzeigen und aktiv zu gestalten.

Stets wurden kritische Stimmen aufgenommen, bewertet und darauf reagiert. Jahrelange Entwicklungen führten zu konkreten Wegen, die aktiv beschritten werden.

Wesentlich ist es, dass alle Aktivitäten nur im Rahmen der Lieferkette erfolgen können. Die Hapoc hat für den VECCO diese Rolle kompetent ausgefüllt; sie ist eben kein Händler, der nur Bestellungen verwaltet, sondern gestaltet die Lieferkette als Formulierer aktiv mit – die Gemeinsamkeit steht stets im Vordergrund. Diese ganzheitliche Betrachtung führte zu dem anfänglichen Ansatz eines kollektiven Verfahrens – die Nutzung der Chromsäure als Substanz war das Ziel.

Als Folge des intensiv diskutierten Urteils des EUGH zu den Chrompigmenten [1] sowie der Ablehnung des Einspruchs der EU-Kommission [2] ist eine deutlich spezifischere Darstellung zwingend geworden, wodurch ein kollektiver Ansatz verschiedener Anwendungen nicht realisierbar ist. Insbesondere durch die Ablehnung des Einspruchs ist die EU-Kommission verpflichtet worden, spezifische Informationen einzufordern.

Allerdings ist der Weg mit Ansätzen zum Vergleich der technischen Machbarkeit eines geeigneten Risikomanagements, zur Einbeziehung der Lieferkette und der verstärkt geforderten Substitution anerkannt. Aktuelle und zukünftige Entwicklungen und damit ein Erfolg in den Autorisierungsbedingungen werden sich an der Überzeugungskraft der vorgebrachten Argumente festmachen lassen.

1.1 Lösungen im Rahmen von REACh?

ECHA und EU-Kommission arbeiten an Lösungsmöglichkeiten, Chemikalien und Anwendungen vergleichend zu betrachten [3]. Unterstützt wird der Ansatz auch durch die deutschen Institutionen, zum Beispiel durch das Umweltbundesamt, das diesen Ansatz im Rahmen einer aktuellen Studie als zielgerichtet einstuft [4].

In allen Fällen wird als Grundstein die Verlässlichkeit und Aussagefähigkeit der zur Verfügung gestellten Daten genannt. Damit ist in Zukunft jedem Antrag Aussicht auf Erfolg beschieden, der diese Informationen zur Verfügung stellen kann. Im Gegenzug ist es aber auch sehr wahrscheinlich, dass Anträge, die diese Informationen nicht liefern können, oder wollen, nicht erfolgreich sein werden. Dies betrifft technische Informationen ebenso wie wirtschaftliche Informationen.

Insgesamt zeigte sich im Kielwasser des Urteils dann auch die ganze Verknotung:

- die Fachgremien bewerten
- die ECHA sucht nach Umsetzungsmöglichkeiten
- die EU-Kommission entscheidet politisch
- die Gegner gehen vor Gericht
- das EU-Parlament geht seinen eigenen Weg.

Hinzu kommt die Unsicherheit der betroffenen Betriebe darüber, was wirklich zu tun ist, aber auch die Tendenz einzelner Betriebe, nichts zu tun. Das alles führt zu einem Durcheinander in der Lieferkette, zumal die Situation von Konkurrenztechnologien durch intensive Marketingaktionen ausgenutzt wird. Es wird aus der Situation aber auch klar, dass jeder zur Situation beiträgt und damit auch jeder etwas tun kann, um sie zu entspannen. Akzeptiert werden muss, dass es ein *Weiter so* nicht geben wird.

Nutzbare Informationen zur Einschätzung der Risikosituation, auf die zurückgegriffen werden können, liegen vor. Wissenschaftliche Hintergrundinformationen stellt national die Deutsche Forschungsgesellschaft DFG [5] und international die Weltgesundheitsorganisation WHO [6] zur Verfügung. Technische Informationen, national und international, liefert die GESTIS Datenbank der DGUV [7]. Während die ersten sich auf die grundsätzliche Gefährdung beziehen, setzt die zweite

Zusammenstellung auf die technische Machbarkeit, so auch die EU-Krebsrichtlinie [8], in der die EU-Arbeitsplatzgrenzwerte beschrieben werden. Hieraus folgt auch zwangsläufig eine Diskrepanz in den Argumentationen. Auch hier gilt wieder, dass die technische Machbarkeit in der Hand der Betriebe liegt. Zusammenstellungen zeigen dabei, dass die technische Machbarkeit häufig deutlich mehr erlaubt als angenommen. Sehr viele Betriebe sind in diesem Bereich deutlich besser als sie es selber annehmen.

Aus dem Wortlaut der Richtlinie folgt aber auch, dass technische Machbarkeiten genutzt werden müssen. Arbeitsplatzgrenzwerte sind nicht als absolute Werte zu betrachten, sondern müssen entsprechend den Möglichkeiten verringert werden. So nähern sich national kontrollierter Arbeitsschutz und europäisch geregelte Chemikaliensicherheit einander an.

1.2 Lösungen in der Lieferkette?

Auch und insbesondere in der der Lieferkette wird dieses Dilemma genutzt. Kurzfristige wirtschaftliche Interessenslagen scheinen in den Vordergrund zu treten, unabhängig von einer langfristigen Nutzung oder einer angemessenen Betrachtung des Risikos anderer Anwendungen, sowohl technisch als auch wirtschaftlich. Eine derartige Betrachtung liegt aber in den Händen der Anwender, so dass auch an diesem Punkt angesetzt werden kann.

Aktuell geht es um die Nutzung von Chrom(VI)-Substanzen. Inzwischen herrscht bei allen Beteiligten Übereinstimmung darin, dass die Verchromung unter Nutzung von Elektrolyten auf Basis von Chrom(VI) eine Verwendung ist, die eine breite wirtschaftliche Relevanz besitzt. Diese Bedeutung macht begreifbar, weshalb andere Technologien, die eine Oberflächenbehandlung anbieten, sich darauf einschießen. Sie macht damit aber auch jede Anwendung verletzlich.

Die Sicherung einer Technologie, auch der galvanischen Verchromung, erfordert deutlich mehr als nur auf das Bestehende zu setzen. Alle Diskussionen, die zum Thema Chrom geführt werden, sind beispielhaft und werden sich bei allen anderen Substanzen wiederholen beziehungsweise erfolgen bereits. So sind es bei der Lackierung Zusatzstoffe, durch welche der Lack seine Qualität erhält, beim Thermischen Spritzen oder PVD-Verfahren sind es die unklaren Risikobewertungen der verwendeten Partikel. Dies erfordert eine verlässliche Vergleichbarkeit des Neuen ebenso wie des Bestehenden, aber verstärkt ergebnisoffen.

Eine wichtige Aufgabe ist damit die Vergleichbarkeit. Die gemeinsame Sammlung und Auswertung von Expositionsdaten ist hier auch schon einen guten Weg vorangekommen. Gelingen kann ein derartiger Vergleich aber nur dann, wenn alle betroffenen Betriebe Informationen beitragen.

2 Chemikaliensicherheit, Arbeitsschutz und künftiger Umgang mit Chrom(VI)

Es stellt sich die Frage, wie also mit einem notwendigen Gefahrstoff gut umgegangen werden kann, bis Ersatz dafür gefunden ist. In ständigem Austausch mit Aufsichtsbehörden muss nach Lösungen für die Beschichtungen mit Chromtrioxid gesucht werden, die vor allem kleinen und mittleren Betrieben helfen können. Es geht darum, Fronten abzubauen und zusammenzuarbeiten. Dies kann vorbildlich und bestimmend für die generelle Handhabung gefährlicher Stoffe werden.

2.1 Bewertung des eigenen Risikos – Bewusster Umgang mit dem Gefahrstoff

Chromtrioxid ist nach wie vor für einige Anwendungen unverzichtbar, da adäquate Alternativen noch nicht vorhanden oder für den industriellen Einsatz nicht geeignet sind. Daher sind Betriebe, vor allem Lohnbeschichtungsunternehmen, auf den Gefahrstoff angewiesen.

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 zunächst Hintergründe für die Anforderungen von Substitutionsplänen dargelegt. Daraus ergibt sich die Vorgehensweise für VECCO. Schließlich werden erste Ergebnisse aus der Arbeit des Konsortiums mit den Betrieben vorgestellt.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 4 Seiten mit 3 Abbildungen und 9 Literaturhinweisen.

Stabübergabe an die zweite Generation bei der LSR GmbH

Anlagen der Galvano- und Oberflächentechnik zeichnen sich durch ein hohes Maß an Individualität aus, benötigen aber zugleich alle Elemente einer innovativen, zukunftsgerichteten Industrie. Auf diesem anspruchsvollen Markt ist die 1997 von Hans Schneider und Franz Reich gegründete LSR Galvano- und Umwelttechnik GmbH tätig. Inzwischen hat sich die LSR GmbH zu einer wahrgenommenen Größe entwickelt, wozu die hohe Qualität der gefertigten Anlagen beiträgt, gepaart mit der Bereitschaft, mit Kompetenz und Fachwissen auf die Belange der Kunden aus allen Industriebereichen einzugehen. LSR liefert innovative und schlüsselfertige Anlagen an Kunden im In- und Ausland aus. Nach diesen fast 25 Jahren erfolgreicher Arbeit hat Hans Schneider nun seine Arbeit zum Jahresende 2020 beendet und seine Verantwortung im Unternehmen an seinen Sohn Daniel Schneider übergeben.

Er wird das Unternehmen zukünftig gemeinsam mit Franz Reich weiterführen und sich mit neuen, eigenen Ideen einbringen. Der neue Geschäftsführer Daniel Schneider hat ein Studium der Elektro- und Automatisierungstechnik erfolgreich absolviert. Direkt nach dem Studium nahm er vor über zehn Jahren seine Tätigkeit bei der LSR Galvano- und Umwelttechnik GmbH auf. Zu Beginn war er in der Softwareentwicklung und Inbetriebnahme der Anlagen im In- und Ausland tätig. Seit geraumer Zeit leitet er den Vertrieb und die Projektplanung. Daniel Schneider kann somit auf ein fundiertes Wissen bezüglich Anlagentechnik und Automatisierung zurückgreifen. Er sieht sich damit bestens gerüstet, die in ihn gestellten Erwartungen der Kunden sowie der Kollegen und Mitarbeiter bei der LSR sicher zu erfüllen. Die nach wie vor gute Auftragslage des Unternehmens macht es möglich, auch weiterhin flexible und

Hans Schneider, Daniel Schneider und Franz Reich (v.l.n.r.) (Bild: LSR)

modernste Anlagentechnologie für alle Arten der Oberflächenbehandlung und Oberflächenbearbeitung entwickeln und produzieren zu können.

➲ **www.lsr-gmbh.de**

Förderinitiative InnoEMat: Ergebnispapier *Mittel- und langfristiger Forschungsbedarf in der Elektrochemie* veröffentlicht

Trends und Perspektiven in den Bereichen elektrochemische Synthese und elektrochemische Oberflächentechnik erörterten mehr als 60 Vertreter aus Industrie und Wissenschaft am 6. Juli 2020 im Rahmen eines Online-Workshops. Nun wurden die Ergebnisse der Diskussionsveranstaltung zusammenfassend publiziert.

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 wurden. Ebenso wurde eine Vielzahl von Anknüpfungspunkten für weitere wissenschaftliche sowie industrienahe FuE-Themen generiert, woraus sich wiederum weiterer Forschungsbedarf ergeben hat. Das Ziel des Workshops bestand darin, diesen Forschungsbedarf zunächst in den Bereichen Elektrosynthese und Oberflächentechnik zu bündeln und hieraus Impulse für zukünftige Forschungsvorhaben zu generieren. Die öffentliche Veranstaltung richtete sich an Fachleute aus allen Bereichen der Elektrochemie und wurde von der wissenschaftlichen Begleitmaßnahme InnoEMatplus (vertreten durch Dechema, DGO und DGM) organisiert.

Zum Schwerpunktthema Oberflächentechnik diskutierten die Teilnehmer vor allem Aspekte aus den Bereichen Verfahrensentwicklung, intelligente Prozessführung, Charakterisierung von Schichteigenschaften, neue Anwendungsmöglichkeiten sowie Nachhaltigkeit. Auch bestätigte sich der Trend der vergangenen Jahre hin zu multifunktionalen Beschichtungen für zum Beispiel antimikrobielle Oberflächen in der Medizintechnik oder haptisch aktive beziehungsweise auch optisch variable, smarte Oberflächen im Bereich des Fahrzeuginterieurs. Das komplette Ergebnispapier steht nun zum Download bereit unter

➲ **www.innoemat.de/publikationen**

Der Workshop ist Bestandteil einer Reihe von Veranstaltungen, um dem InnoEMat-Förderschwerpunkt entsprechende oder auch übergeordnete Querschnittsthemenfelder aufzugreifen, Vernetzungen zu schaffen und Synergien offenzulegen. Der nächste Workshop zum Thema *Alternative Technologien für stationäre Energiespeicher als Beitrag zur Energiewende – Herausforderungen für elektrochemische Prozesse* findet voraussichtlich am 5. Juli 2021, erneut als Online-Workshop, statt.

➲ **www.innoemat.de**

Chemische Charakterisierung von Oberflächen und dünnen Schichten – die XPS-Analyse als Werkzeug in der Qualitätssicherung

Von Dr. Reinhard Kersting, Tascon GmbH, Münster

Werkstoffoberflächen sind für viele industrielle Produkte von besonderer Bedeutung, da durch ihre Beschaffenheit wesentliche Materialeigenschaften, wie etwa die Benetzbarkeit, die Korrosionsbeständigkeit, die Härte, die Lötbarkeit oder der optische Eindruck (Glanz, Farbe) bestimmt werden. Die breiten Anwendungsmöglichkeiten von hocheffizienten Analyseverfahren werden am Beispiel der Methoden der Röntgenphotoelektronenspektroskopie (engl.: X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) beziehungsweise der Electron Spectroscopy for Chemical Analysis (ESCA)) für die Untersuchung von fehlerhaften Goldkontakten auf Leiterplatten, zur Chargenkontrolle von Molybdänsulfid sowie der Bestimmung der Oxidschichtdicke auf Silizium vorgestellt.

1 Methoden zur Begutachtung von Oberflächen

Die routinemäßige Prüfung von Material- und Oberflächeneigenschaften technischer Produkte ist heutzutage wesentlicher Bestandteil qualitätssichernder Maßnahmen in Produktionsprozessen. So werden etwa der Glanzgrad oder die Rauheit von Oberflächen mittels optischer Mikroskopie oder Profilometrie beurteilt. Zur Bestimmung der Dicke einer Beschichtung stehen wiederum Analysetechniken wie die elektromagnetische Schichtdickenbestimmung, die Ellipsometrie oder die Rasterelektronenmikroskopie (REM) zur Verfügung, die abhängig von den eingesetzten Materialien und erwarteten Schichtdicken zum Einsatz kommen. Auch das Benetzungsverhalten von Oberflächen kann im produktionsnahen Umfeld mit relativ einfachen Methoden überprüft werden. Für solche Untersuchungen sind Teststifte, Prüftinten oder kleine Laborgeräte zur Kontaktwinkelmessung weit verbreitet.

Zeigen diese Messungen ein auffälliges Benetzungsverhalten an, sind aber oft weitergehende Untersuchungen notwendig, um die Benetzungsstörungen mit chemischen Informationen zu korrelieren. Etablierte Analysemethoden wie die zur Kontrolle von metallischen Werkstoffen und Legierungen oft verwendete Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA, XRF) oder die mit der REM gekoppelte energiedispersive Röntgenstrahlanalyse (REM-EDX) liefern bei der Beurteilung von oberflächenspezifischen Fragestellungen allerdings aufgrund ihrer großen Informationstiefen (> 1 µm) meist nur wenig Informationen über den chemischen Aufbau der oberflächennäheren Schichten.

2 Chemische Charakterisierung oberflächennaher Bereiche mit XPS

Als Mittel zur Charakterisierung der Elementzusammensetzung von Oberflächen hat sich die Röntgenphotoelektronenspektroskopie (engl.: X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)) etabliert, die auch unter dem Namen Elektronenspektroskopie zur Chemischen Analyse (ESCA) bekannt ist. Die XPS liefert Informationen über die Elementzusammensetzung der obersten etwa 3 nm bis 10 nm einer Oberfläche. Neben der Identifizierung und Quantifizierung aller chemischen Elemente (außer Wasserstoff (H) und Helium (He)) erlauben XPS-Analysen aber auch die Bestimmung von chemischen Bindungszuständen einzelner Elemente. Die mit XPS erreichbaren Nachweisgrenzen sind elementabhängig und liegen typischerweise bei etwa 0,1 Atom%. Durch die Wahl geeigneter XPS-Analysebedingungen können mit dem Verfahren auch Oberflächenanreicherungen (winkelaufgelöste XPS (AR-XPS)), mittlere Schichtdicken und auch komplexere Schichtstrukturen (XPS-Tiefenprofilierung) untersucht oder inhomogene Materialverteilungen an einer Oberfläche (XPS Imaging) bildgebend erfasst werden.

Die vielfältigen Möglichkeiten der XPS machen diese Analysetechnik zu einer besonders leistungsfähigen Methode zur chemischen Charakterisierung von Oberflächen. Mit Hilfe einiger Anwendungsbeispiele sollen im Folgenden einige diese Möglichkeiten genauer vorgestellt werden.

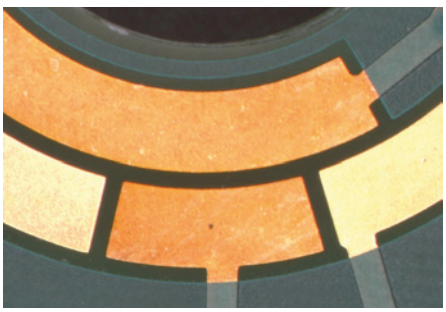


Abb. 1: Optisch unterschiedliche Kontaktflächen aus Gold auf einer Leiterplatte

3 Identifizierung und Quantifizierung der Elementzusammensetzung

Abbildung 1 zeigt ein Detailfoto einer in einigen Segmenten goldbeschichteten Leiterplatte (engl.: Printed Circuit Board (PCB)). Die Goldschichten sind zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Leiterplattenherstellung aufgebracht worden und sollten als korrosionsbeständige Kontaktflächen dienen. Trotz der nominell identischen Schichtdicken und -zusammensetzungen zeigten die Segmente aber deutlich optische Farbunterschiede, deren Ursprung mit Hilfe von XPS Analysen ermittelt werden sollte.

Die hierfür notwendigen Analysen wurden großflächig an der Oberfläche eines dunkel verfärbten und eines hellen Goldfilms durchgeführt. *Tabelle 1* enthält die Ergebnisse dieser XPS-Untersuchungen.

Wie anhand der tabellierten Werte zu erkennen ist, sind beide Proben deutlich mit Kohlenstoff (C) und Sauerstoff (O) belegt. Das erwartete Gold (Au) ist offenbar abgedeckt und wird auf der dunklen Kontaktfläche sogar nur im Spurenbereich nachgewiesen. Da es sich bei XPS um eine Screening-Technik handelt, konnten neben den erwarteten Elementen

Tab. 1: Chemische Zusammensetzung der Kontaktflächen an ihrer Oberfläche; Konzentration in Atom%

Oberfläche	*Kontakt (hell)*	*Kontakt (dunkel)*
Kohlenstoff (C)	73	68,3
Sauerstoff (O)	17,2	22,1
Gold (Au)	5,45	<0,1
Kupfer (Cu)	1,4	3,6
Stickstoff (N)	1,15	2,4
Natrium (Na)	0,4	0,7
Silizium (Si)	1,3	1,9
Chlor (Cl)	0,1	0,7
Zinn (Sn)	0,05	-
Phosphor (P)	-	0,1
Schwefel (S)	-	0,2

auch unerwartete Elemente wie Natrium, Chlor, Silizium und Schwefel nachgewiesen werden. Besonders interessant ist aber das auf beiden Kontaktflächen detektierte Kupfer (Cu), das auf der dunklen Kontaktfläche mit deutlich höheren Konzentrationen nachgewiesen wird als auf dem hellen Kontakt. Aus der Form der Cu2p-Signale in den XPS-Spektren ergibt sich zudem, dass das Kupfer nicht elementar, sondern überwiegend in oxidierter Form als Kupferoxid (CuO) vorliegt. Da es sich bei zweiwertigem Kupferoxid um einen schwarzen Feststoff handelt, lassen sich die Unterschiede im optischen Farbeindruck über die unterschiedlichen Konzentrationen an Kupferoxid (Kupfer und Sauerstoff) auf den Goldoberflächen erklären. Bei allen anderen gelisteten Elementen handelt es sich vermutlich um Kontaminationen, die auf einen unvollständigen Reinigungsprozess schließen lassen.

Nach einem solchen Befund stellt sich die Frage, warum so viel Kupfer an der Oberfläche der dunklen Kontaktfläche vorgefunden wurde. Um dies zu klären, wurden zusätzlich XPS-Analysen in verschiedenen Tiefen der beiden Goldschichten durchgeführt. Diese tiefer liegenden Schichten wurden durch einen gezielten Abtrag der Oberfläche durch einen Beschuss der Oberfläche mit Argonionen freigelegt. *Abbildung 2* zeigt die aus diesen Analysen resultierenden Konzentrationsverläufe von Gold und Kupfer als Funktion der Tiefe.

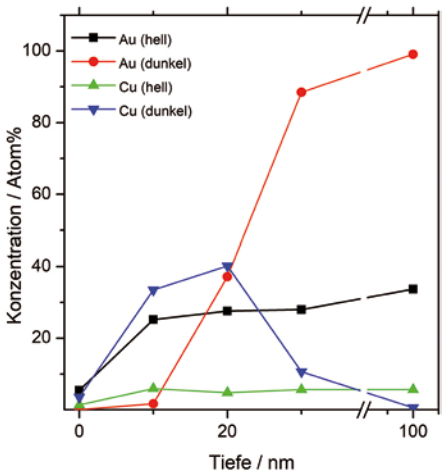


Abb. 2: Konzentrationsverlauf von Gold und Kupfer in verschiedenen Tiefen der hellen und dunklen Kontaktflächen

Für die hellen Kontaktflächen zeigt sich bei allen Messungen unterhalb der Oberfläche ein relativ konstantes Verhältnis von Gold und Kupfer mit Konzentrationen von etwa 30 Atom% Gold (Au) und 6 Atom% Kupfer (Cu). Als weitere deutliche Signale werden in diesem Material vor allem Kohlenstoff und etwas Sauerstoff nachgewiesen (hier nicht gezeigt). Völlig anders gestaltet sich das Bild bei der Analyse des dunkleren Goldkontakts. Hier finden sich unterhalb der Oberfläche Kupferkonzentrationen von weit mehr als 30 Atom%. Gleichzeitig liegt der Goldgehalt bei einer Tiefe von 10 nm noch unter 2 Atom%. Erst in größeren Tiefen fällt die Kupferkonzentration deutlich ab, während die Goldkonzentration signifikant steigt. Kohlenstoff und Sauerstoff sind in größeren Tiefen dieses Materials nur mit geringen Konzentrationen nachweisbar. Diese Daten belegen somit eine Anreicherung von Kupfer in den obersten Schichten der dunklen Kontaktfläche.

Aufgrund dieser sehr unterschiedlichen Ergebnisse wurden die Abscheideprozesse der Goldbeschichtungen überprüft. Dabei zeigte sich, dass zur Herstellung der Schichten neben unterschiedlichen Goldqualitäten auch verschiedene Prozessparameter (z. B. Temperaturen) verwendet wurden. Nach einer detaillierten Prüfung und Angleichung der Parameter konnte eine gleichbleibende Qualität der Goldkontakte und ein ungestörtes optisches Erscheinungsbild erzielt werden.

4 Chargenkontrolle mittels XPS

Im Rahmen wiederkehrender Chargenkontrollen eines auf Molybdänsulfid (MoS_2) basierenden Schmiermittels dienen XPS-Analysen zur Bestimmung der quantitativen Elementzusammensetzung und der Bindungs- beziehungsweise Oxidationszustände des Ausgangsmaterials Molybdänsulfid (MoS_2). Die mit dem Kunden vereinbarte Messprozedur erfordert zunächst eine Übersichtsanalyse zur Identifizierung aller Elemente an der Oberfläche des Molybdänsulfids. Diese Elemente werden dann in Detailanalysen erneut untersucht und dienen als Ausgangspunkt für eine möglichst exakte Quantifizierung und Bestimmung der Bindungszustände.

Tab. 2: Konzentration aller nachgewiesenen Elemente in der untersuchten MoS_2-Charge

Element	*Konzentration*
Molybdän (Mo)	19,0 Atom%
Schwefel (S)	34,9 Atom%
Sauerstoff (O)	7,0 Atom%
Kohlenstoff (C)	39,1 Atom%

Tabelle 2 zeigt exemplarisch die Ergebnisse der quantitativen Elementbestimmung einer entsprechend präparierten Molybdänsulfid-Charge. Neben Molybdän und Schwefel werden in diesem Fall lediglich Sauerstoff und Kohlenstoff als weitere Elemente nachgewiesen, so dass Verunreinigungen mit Fremdmetallen im Rahmen der XPS-Nachweisgrenzen ausgeschlossen werden können.

Nach der quantitativen Bestimmung der Elementzusammensetzung erfolgt in einem zweiten Schritt die Untersuchung der Bindungen von Molybdän und Schwefel. Hierzu werden die S2p- und Mo3d-Detailspektren (*Abb. 3*) mit Hilfe sogenannter Peakfits detailliert ausgewertet. Das S2p-Spektrum (*Abb. 3 links*) zeigt zunächst ein charakteristisches S2p-Doublett, das aufgrund seiner energetischen Lage und der Fitergebnisse eine vollständige Bindung des Schwefels in Form von Molybdänsulfid belegt.

Anhand des Mo3d-Spektrums (*Abb. 3 rechts*) werden allerdings für das Molybdän zwei Bindungszustände nachgewiesen. Neben der bereits über das Schwefelsignal identifizierten MoS_2-Bindung wird bei der Auswertung des Detailspektrums für Molybdän auch noch Molybdänoxid (MoO_3) (oranger Linienverlauf im Fit, *Abb. 3*) gefunden. Über eine Bestimmung der Flächenanteile für die Verbindungen MoS_2 und MoO_3 an der Gesamtfläche des Mo3d-Signals erfolgt dann die entsprechende Quantifizierung der Bindungszustände. Unter Berücksichtigung der in *Tabelle 2* gelisteten Elementkonzentrationen ergibt sich aus diesen Detailauswertungen eine genauere Zuordnung der Oberflächenzusammensetzung des Molybdänsulfids (*Tab. 3*).

Aus diesen Daten lässt sich ableiten, dass rund 7,9 % des Gesamtmolybdäns als Molybdänoxid (MoO_3) vorliegen. Dies ist ein Wert, der im Rahmen von qualitätssichernden Analysen mit der XPS auch in vielen anderen Molybdänsulfid-Chargen gefunden wur-

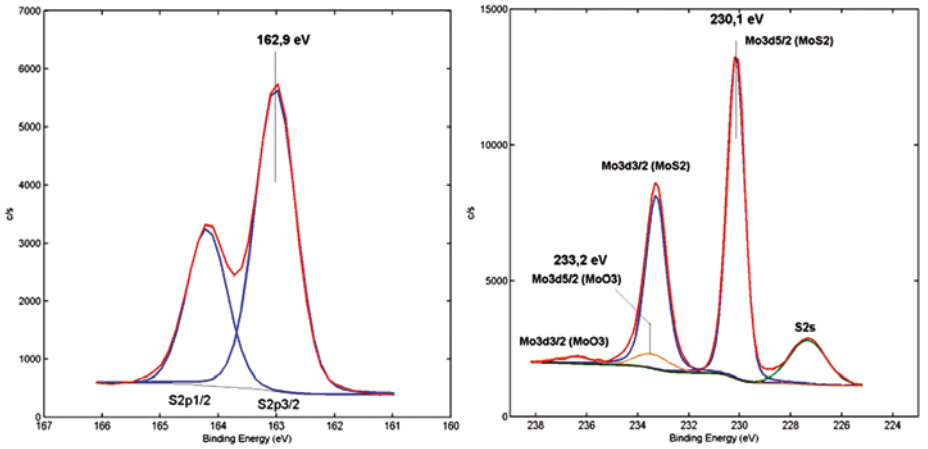


Abb. 3: Peakfits der S2p- und des Mo3d-Signale zur Ermittlung der Bindungszustände; 2s, 2p und 3d benennen die Atomhüllenschale, aus der das nachgewiesene Elektron emittiert wurde

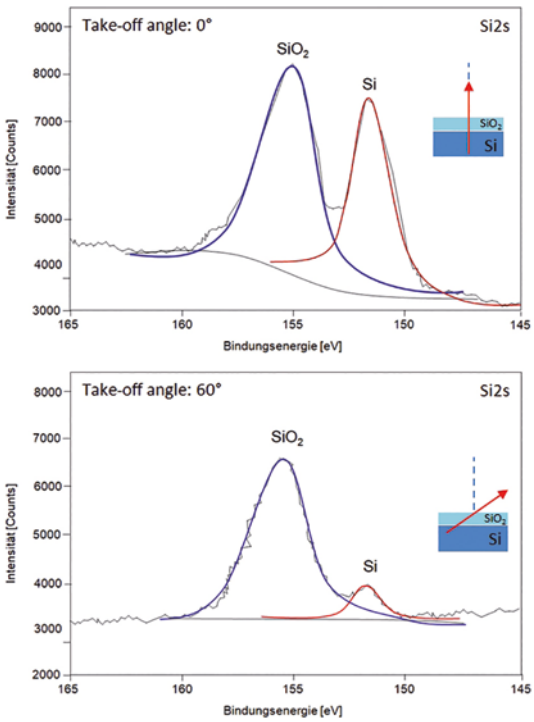


Abb. 4: Nachweis von Siliziumoxid (SiO_2) und Silizium (Si) in Abhängigkeit vom Aufnahmewinkel

Tab. 3: Detaillierte Zusammensetzung der MoS_2-Probe

Zuordnung	*Pulveroberfläche*
Molybdänsulfid MoS_2	17,5 Atom% Mo
	34,9 Atom% S
Molybdänoxid MoO_3	1,5 Atom% Mo
	4,5 Atom% O
Kontamination	39,1 Atom% C
	2,5 Atom% O

de und erfahrungsgemäß keinen Anlass zur Beanstandung der untersuchten Charge gibt.

5 Schichtdickenbestimmung durch winkelaufgelöste ESCA(XPS)

XPS-Analysen können aber nicht nur zur quantitativen Bestimmung der Elementzusammensetzung an einer Oberfläche oder zur Charakterisierung von Bindungszuständen einzelner Elemente genutzt werden. Mit Hilfe von sogenannten winkelaufgelösten Analysen gelingt es auch, die Informationstiefe (Tiefe, aus der die chemischen Informationen stammen), zwischen etwa 2 nm und 10 nm zu variieren. Durch Analysen unter besonders großen Abnahmewinkeln (*Abb. 4* mit Winkeldefinition) können daher Oberflächenanreicherungen zuverlässig erkannt und quantifiziert werden. Hingegen werden durch kleine Abnahmewinkel auch tiefere Schichten des Probenmaterials von bis zu 10 nm erfasst. Den Einfluss des Abnahmewinkels auf die Informationstiefe zeigt das in *Abbildung 4* dargestellte Beispiel einer oxidierten Siliziumoberfläche recht deutlich. Während die oben aufliegende Oxidschicht des Siliziums winkelunabhängig erfasst wird, variiert die Intensität des tiefer liegenden Siliziumsubstratmaterials mit dem Abnahmewinkel.
Zudem können solche Analysedaten genutzt werden, um die Dicke einer oxidischen Deckschicht auf einer Oberfläche zu bestimmen. Für diese Berechnung wird angenommen, dass die zu untersuchende Deckschicht (hier: SiO_2) homogen und frei von Störstellen auf dem Substrat (Si) liegt. Anhand der mit einem Peakfit für den gegebenen Winkel bestimmten Intensitätsverhältnisse von Siliziumoxid und elementarem Silizium kann dann eine mittlere Dicke des Siliziumoxids bestimmt werden. In dem hier gezeigten Fall wurde aus den Messdaten eine mittlere Schichtdicke für Siliziumoxid von etwa 4 nm ermittelt.

6 Fazit

Die hier vorgestellten Daten zeigen, dass die XPS zur chemischen Analyse von Oberflächen bestens geeignet ist. Das Verfahren erlaubt den Nachweis und die Quantifizierung von Elementen in den obersten Schichten eines Festkörpers. Gleichzeitig liefern XPS-Messdaten Informationen über die chemischen Bindungen der vorgefundenen Elemente. Moderne XPS-Geräte erlauben zudem detaillierte Analysen von Schichtaufbauten oder lateralen Elementverteilungen und machen die XPS damit zu einem universell einsetzbaren Verfahren in Bereich von Forschungs- und Entwicklungsprojekten, der Qualitätssicherung sowie der Fehleranalytik an Oberflächen.

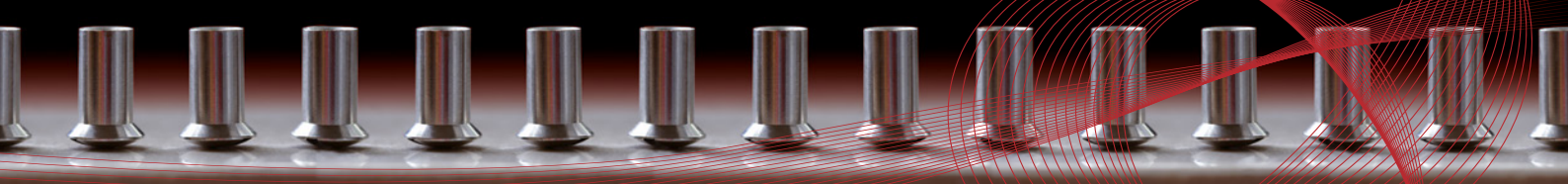
Customized Solutions
Oberflächenveredelung – Perfektion für Ihren Erfolg!

B + T
Unternehmensgruppe

Wir sind eine hochinnovative Unternehmensgruppe mit viel Erfahrung: Wir sind Mit- und Vorausdenker, Präzisionsexperte, Prozessoptimierer, Prüfspezialist, Problemlöser, Qualitätsmaximierer, Rundum-Dienstleister und Mehrwert-Erbringer.

Gern auch für Sie.

B+T Unternehmensgruppe



B+T Unternehmensgruppe | Telefon: +49 (0) 6441 7806-0 | info@bt-unternehmensgruppe.de | www.bt-unternehmensgruppe.de

Oberflächentechnik als Innovationstreiber für die Mikrosystemtechnik

Fachgruppe Oberflächentechnik als Expertennetzwerk der microTEC Südwest befasst sich mit den Messtechniken zur Stärkung der Innovationskraft

Zum online-Artikel

Der 2005 gegründete gemeinnützige Verein microTEC Südwest e. V. agiert als Kompetenz- und Kooperationsnetzwerk für intelligente Mikrosystemtechniklösungen. Der thematische Fokus liegt auf Gesundheit (Smart Health) und Produktion (Smart Production). Weitere Aktivitäten betreffen Themen wie Smart Home, Smart Energy oder das Internet der Dinge.

Die Mitglieder profitieren vor allem von ideellen Vorteilen: dem fachlichen Austausch im vertraulichen Kreis der Mitglieder, fundierten Informationen über aktuelle Themen und Trends, den entstehenden Kontakten und Kooperationen, Einblicken in Forschung, Entwicklung und Fertigung der Mitglieder sowie Sichtbarkeit für die Organisation und ihre Themen. Hinzu kommen Exklusivität bei der Mitwirkung an den Fachgruppen, verbunden mit dem Zugang zum geschützten Bereich der Fachgruppen im Internet mit Vorträgen und Informationen sowie der Einstellung eines Profils im Kompetenzatlas.

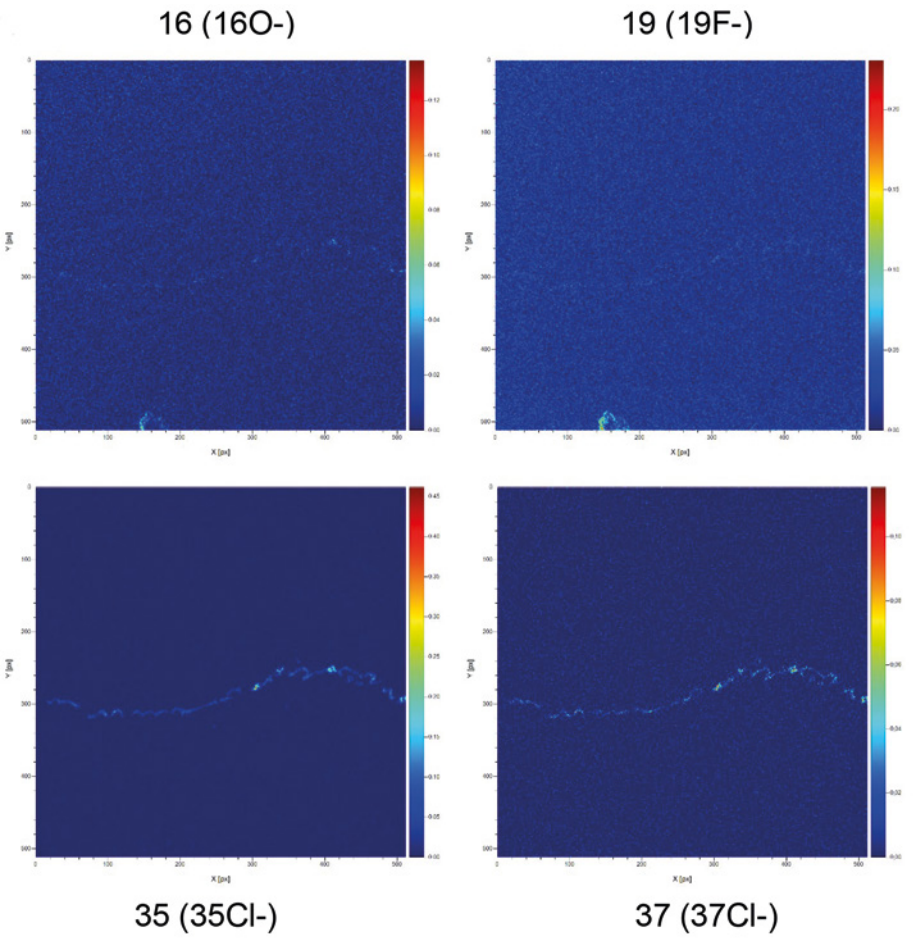
Eine dieser Fachgruppen, geleitet von Prof. Dr. Volker Bucher (Hochschule Furtwangen) und Dr. Günther Schmauz (acp systems AG) beschäftigt sich mit Oberflächenthemen in der Mikrosystemtechnik. In den regelmäßigen Treffen, derzeit Pandemie-bedingt auch online, werden unterschiedliche Messverfahren vorgestellt und über deren Einsatz diskutiert. Neben den Messtechniken wird das Augenmerk der Teilnehmer auf Bereiche wie Analytik/funktionale Eigenschaften/Werkstoffkunde, Funktionalisierung durch Modifikation, Beschichtungsverfahren sowie die Strukturierung mit Bezug zur Mikrosystemtechnik gerichtet.

In den unter der Leitung von Dr. Christine Neuy, Geschäftsführerin der microTEC Südwest, stehenden Veranstaltungen im November 2020 und im Februar 2021 wurden den Teilnehmern die Verfahren TOF-SIMS, SNMS, Weißlichtinterferometrie sowie die Reinigung von Oberflächen mittels CO_2-Schnee näher gebracht; auch die Herstellung und die Eigenschaften von sogenannten programmierbaren Oberflächen standen auf der Agenda der informativen Veranstaltungen.

TOF-SIMS

Beim Cross-Beam TOF-SIMS, vorgestellt von Dr. Antonio Casares von der Carl Zeiss Microscopy GmbH handelt es sich um eine Kombination aus Elektronenmikroskop und Focus Ion Beam (FIB). Die Analyse der Elemente erfolgt bei TOF-SIMS aufgrund der Flugzeit zwischen Beschleunigungsquelle und Detektor; diese Flugzeit ist massenabhängig. Damit wird zum einen eine hohe Auflösung im Nanometerbereich erzielt und zum anderen durch die Technologie des Focused Ion Beam ein Querschnitt in die Tiefe der Materialoberfläche von bis zu 1 mm erreicht. Ergänzend zu Standardaussagen wie der Materialzusammensetzung und der Materialverteilung innerhalb des untersuchten Werkstoffbereichs lassen sich zusätzlich Aussagen über die Elementverteilung oder den Reaktionszustand der untersuchten Materialien gewinnen. In Verbindung mit der hohen Präzision des Verfahrens ergeben sich hiermit deutlich mehr Informationen als bei sonst üblichen Oberflächenanalysen.

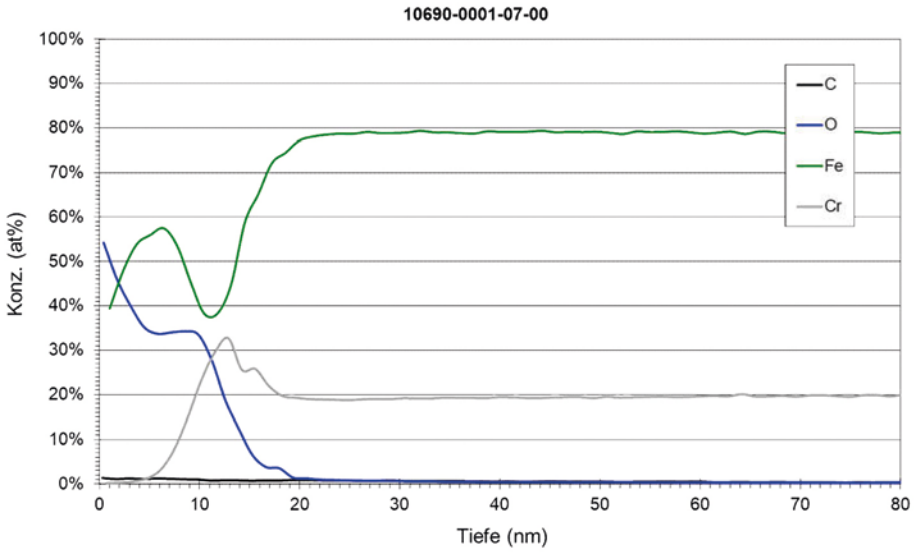
Die Technologie wurde bei einer neuen Gerätefamilie durch die Sekundär-Ionen-Massen-Spektrometrie (SIMS) erweitert, wodurch auch Isotopenanalysen erfolgen können, wiederum auch als Mapping-Darstellung. Die laterale Auflösung erreicht Werte von etwa 50 nm. Die Gerätetechnik erlaubt beispielsweise, eine Fläche von 100 x 100 μm^2 in einigen Minuten auf die chemische Zusammensetzung hin zu analysieren. Die Tiefenauflösung ist mit Lagen im Bereich von 30 nm sehr gut. Damit lassen sich beispiels-



TOF-SIMS erlaubt es, die Anreicherung von Chlor im Bereich der Korngrenze nachzuweisen (Bild: Zeiss)

	SNMS Sekundär-neutralteilchen Massenspektrometrie	SIMS Sekundärionen-Massenspektrometrie	XPS Röntgen-photoelektronen-Spektroskopie	GD OES Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy
Materialabtrag durch	Ionen aus Plasma	Ionen aus Ionenquelle	Ionen aus Ionenquelle	Ionen aus Glimm-entladungsplasma
Information	Alle Elemente, evtl. auch Elementcluster (inkl. Isotope)	Alle Elemente, evtl. auch Elementcluster (inkl. Isotope)	Alle Elemente außer H und He, chem. Bindungen	Alle Elemente
Nachweis-empfindlichkeit	ppm	ppb bis ppm	ca. 1 at.%	ppm
Tiefenauflösung	Wenige Atomlagen	Wenige Atomlagen	Wenige Nanometer	mehrere Nanometer
Laterale Auflösung	im mm Bereich	< 1 µm (NMI: ca. 100µm)	Bis ca. 10 µm	im mm Bereich
Quantifizierbar?	ja	nein	ja	ja

Technologien zum Elementnachweis und der Ermittlung der Tiefenverteilung von Elementen (Bild: NMI)



Bei einem rostfreien Stahl nach einer Passivierung ist die Oxidschicht und die mit Chrom angereicherte Schicht erkennbar, woraus sich Informationen über die Qualität der Passivierung ableiten lassen (Bild: NMI)

weise Elementverteilungen in Korngrenzen ermitteln.

Analyse mittels SNMS

Karin Gerlach vom NMI Naturwissenschaftliches und Medizinisches Institut an der Universität Tübingen stellte die SNMS als Methode zur Charakterisierung von Oberflächen vor. SNMS steht für Sekundärneutralteilchen-Massenspektrometrie; mit diesem Analyseverfahren lassen sich chemische Zusammensetzungen von Materialien, vorzugsweise Oberflächen, bestimmen. Die Tiefenauflösung liegt im Bereich weniger Atomlagen bei lateraler Auflösung im mm-Bereich. Die Ergebnisse lassen sich als Konzentrationsangaben darstellen. Bei der Analyse entstehen bis zu 90 % neutrale Teilchen, die für die weitere Analyse in unterschiedlicher Art bei Bedarf auch ionisiert werden können. Untersuchen lassen sich Materialien, die vakuumbeständig und temperaturbeständig bis 100 °C sind. Neben festen Proben können auch pulverförmige Stoffe (in eingebettetem Zustand) analysiert werden.

Bei der Durchführung von Tiefenprofilen können bis zu 16 Massen gleichzeitig erfasst werden. Die Werte können in eine Konzentration über die Materialtiefe umgerechnet werden. Hierzu wird nach der Analyse der entstandene Krater vermessen und mit einer Abtragsrate verrechnet. Zu berücksichtigen ist, dass die Abtragsraten während der Analyse schwanken können. Neben den reinen Werkstoffen, zum Beispiel Wolfram in einem Schnellarbeitsstahl, sind auch Verbindungen wie Wolframcarbid detektierbar. Besonders interessant ist die Möglichkeit, Reaktionen aus einer Oberflächenbearbeitung, zum Beispiel eines Schleif- und Polierprozesses oder die Passivierung von Metallen, zu bestimmen.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Weitere im Rahmen der Veranstaltung vorgestellte Messtechnologien und Verfahren zur Oberflächenbehandlung sind: .
– optische Messverfahren
– neue, intelligente Oberflächen
– Reinigen mit Kohlenstoffdioxidschnee
Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 3,5 Seiten mit 7 Abbildungen.

Mit TROCKENREINIGUNG
zur perfekten OBERFLÄCHE !
advanced clean production acp
Reinigen mit CO_2-Schneestrahl
www.acp-systems.com
Tel.: +49 7156 48014-0

Moderne Entfettungen mit System

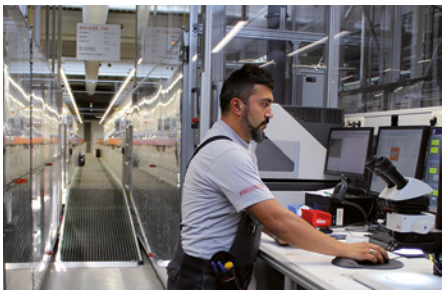
Standzeit der Entfettungsbäder verdreifacht - eine Weiterentwicklung der IMO Oberflächentechnik GmbH für die galvanische Beschichtung von Bandmaterial

Häufig sind es die kleinen, eher unscheinbaren Vorarbeiten, welche beim Ergebnis kaum jemand wahrnimmt, die aber sehr entscheidend sind für den Gesamterfolg: Wer ein Wettrennen macht, bindet sich sehr ordentlich die Schuhe zu. Wer ein schmackhaftes Essen kocht, der bereitet alle Zutaten gewissenhaft vor. Und wer Oberflächen beschichtet? Der tut gut daran, diese zuvor gründlich zu entfetten. Denn Entfetten ist seit jeher ein wichtiges Thema in der Galvanotechnik. Durch die Vorbehandlung wird der perfekte Untergrund für die nachfolgende galvanische Beschichtung erzeugt. Die dafür eingesetzten, als Entfettungen bezeichneten Medien und Verfahren sollen Öle, Fette und Oxide sowie lose anhaftende Partikel von der Oberfläche der Bauteile entfernen. So weit ist das ein bekanntes Thema, das an sich nicht weiter spannend wäre. Doch die IMO-Profis haben den gesamten Prozess neu analysiert und die Entfettungen in den hauseigenen Galvanikanlagen auf ein völlig neues Niveau gehoben.

Im vergangenen Jahrzehnt hat das Thema Bauteilsauberkeit stark an Bedeutung gewonnen. Einerseits wurden besser abzureinigende Öle und andererseits Weiterentwicklungen der hierzu verwendeten Chemikalien stark vorangetrieben. Jahrelang wurde mit dem bekanntesten und am häufigsten verwendeten Zusatz für ein Entfettungsbad – dem Cyanid – gearbeitet. *Um auf Nummer sicher zu gehen, haben wir wöchentlich einen komplett neuen Ansatz aller Entfettungsbäder in allen unseren Anlagen durchgeführt. Das nahm mehrere Stunden in Anspruch,* beschreibt Markus Klingenberg, Leiter Forschung & Entwicklung bei IMO, die bisherige Situation. Bei 33 Anlagen und drei bis fünf Entfettungspositionen je Anlage kam zusätzlich zum zeitlichen Aufwand einiges an Chemikalien zusammen. *Wir wollten nicht nur ein bisschen verändern und auf Cyanid verzichten oder von Feststoff- auf Flüssigchemie umstellen. Unser erklärtes Ziel war es, den gesamten Prozess der Entfettungen allumfassend zu analysieren und vollumfänglich in unsere Produktion einzubinden,* betont Markus Klingenberg.

Qualität, Wirtschaftlichkeit und Ökologie

Dazu wurden bei IMO zunächst die entscheidenden Parameter der Entfettung analysiert: Qualität, Wirtschaftlichkeit, Handling und Ökologie. Der wenig wertschöpfende Prozess der Entfettung soll die Produktqualität sicherstellen, dabei günstig sein und die Umwelt möglichst wenig belasten.



Bandgalvanisieranlage der neuesten Generation für die Beschichtung von Bänder für elektrotechnische Bauteile (Bild: IMO)

Eingespieltes Wartungsteam: Neuansätze von Entfettungen werden heutzutage mit einer speziellen Tankvorrichtung durchgeführt (Bild: IMO)

Besonders letzteres kollidierte bislang mit dem umfangreichen Einsatz von Cyanid, das die Wirksamkeit der Entfettung sicherstellen sollte. Allein für diesen Prozess lag der jährliche Verbrauch an Cyanid bei IMO im hohen zweistelligen Tonnenbereich. Die abgelassenen Entfettungsmedien mussten aufwendig entgiftet und gereinigt werden. Dadurch entstand nicht nur ein hoher zeitlicher Aufwand, sondern zusätzlich hohe Kosten.
Was bleibt ist die Frage: Wie passt der Parameter *Qualität* in einem modernen Galvanikunternehmen mit *Wirtschaftlichkeit* und *Ökologie* zusammen?

Viel hilft viel – Das war früher!

Die Sauberkeit der zu galvanisierenden Oberflächen durch den Verfahrensschritt der Abreinigung ist im Prozess mit bloßem Auge praktisch nicht zu erkennen. Erst nachgelagerte Haftfestigkeitsprüfungen können mögliche Fehler zum Vorschein bringen. Ein nicht

Entfettungen werden direkt an der Galvanikanlage auf Basis der analytischen Werte nachdosiert (Bild: IMO)

erkanntes Problem bei der Entfettung führt zu minderwertigen Beschichtungen und im Nachgang höchstwahrscheinlich zu Reklamationen und Schadensersatzforderungen. Die Routine des wöchentlichen Wechsels der Entfettungsmedien stellte die Entfettungswirkung sicher. Sparen auf Kosten geringerer Qualität war und ist für IMO absolut keine Option. Daher wurde der Entfettungslösung in der Vergangenheit lieber eine Schaufel Cyanid mehr zugegeben als eine zu wenig. Einen Test oder eine Laboranalyse auf die Wirksamkeit des Entfettungsmediums gab es in dieser Form nicht. Dieser Ansatz zur Aufrechterhaltung der Qualität wurde jetzt endgültig aufgegeben!

Bedarfsgerechte Lösung mit Blick auf die Umwelt

IMO hat in Zusammenarbeit mit externen Partnern den Gesamtprozess *Entfettung* umfassend betrachtet und analysiert. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit waren:

– Eliminierung des Cyanids aus den Entfettungen
– Umstellung von Feststoff- auf Flüssigchemie
– Aufbau eines internen Teams von Spezialisten, das für Wechseln und Neuansatz der Entfettungslösungen zuständig ist

Das erklärte Ziel war es, eine moderne Lösung für den Prozessschritt des Entfettens zu finden mit einem angemessenen Austausch der eingesetzten Chemikalien: modern, bedarfsgerecht, mit Blick auf die Umwelt, zeit- und kostensparend. *Denn unsere Kunden erwarten hohe Qualität bei gleichzeitig attraktiven Preisen*, so die Arbeitsphilosophie von Markus Klingenberg. Von Seiten der Kunden bestand also auch ein gewisser Druck, die Kosten zu optimieren. *Um gleichzeitig kein Risiko bei der Qualität einzugehen, haben wir die Umstellung schrittweise unter engmaschiger Analytik im hauseigenen Labor vorgenommen*, erklärt der Leiter Forschung & Entwicklung.

Zunächst eliminierte IMO das Cyanid aus den Entfettungsmedien; es blieb aber bei dem Einsatz von Feststoffchemie. Dadurch konnte IMO seinen Gesamtverbrauch an Cyanid insgesamt um rund 60 Prozent reduzieren. Das ist gut für Umwelt und Arbeitssicherheit. Doch der Entfettungsansatz in Pulverform war und blieb umständlich: Nach Transport und Handhabung der 25-kg-Säcke dauerte es mehrere Stunden, bis sich die Feststoffe komplett gelöst hatten und die Entfettungslösung einsatzbereit war. Flüssigkomponenten hingegen sind viel einfacher – bei Bedarf sogar automatisch – zu dosieren. Eine Umstellung von cyanidfrei mit Feststoffchemie auf Flüssigchemie war daher der logische nächste Schritt.

Wichtige Erkenntnis zur Standzeit

Parallel dazu stellte IMO ein Team für die Wartung der Entfettungsmedien zusammen, das nicht nur für den Neuansatz und Wechsel der Entfettungslösungen zuständig ist, sondern auch für die Analyse ihrer Wirksamkeit. Der Anlagenbediener kann sich jetzt vollständig auf seine eigentlichen Aufgaben konzentrieren. Das klingt einfach und einleuchtend. Allerdings ging dem ein aufwändiger Prozess voraus: Das Spezialteam analysierte an jeder Anlage engmaschig die Wirksamkeit von jeder einzelnen Entfettungslösung über einen Zeitraum von drei Monaten.

Per Knopfdruck Parameter einstellen: Das automatisierte Nachfüllen mittels computergesteuertem, hochmodernem Dosiersystem (Bild: IMO)

Mittels modernster Analyseverfahren werden bei IMO die Proben der Entfettungsmedien untersucht (Bild: IMO)

Hunderte Laborproben lieferten die Erkenntnis, welches der ideale Rhythmus für einen Neuansatz ist und wann bei welcher Entfettungsposition mit welcher Menge nachdosiert werden muss. Das Ergebnis dieser Versuchsreihe waren belastbare Daten und eine wichtige Erkenntnis, die sogar die Erwartungen von Projektleiterin Dr. Stephanie Kißling und ihrem Team übertraf: Statt einer Standzeit von einer Woche hat eine Entfettungsposition im Hause IMO nun eine Standzeit von drei Wochen. Passend dazu erstellte ihr Team für jede Entfettungsposition einen Dosierplan, der die neue Standzeit von drei Wochen im Hinblick auf Produktqualität und Prozessstabilität absichert.

Bei Bedarf kommt ein von IMO selbst entwickelter Schnelltest zur Feststellung der Wirksamkeit der Entfettungsleistung zum Einsatz. Das Resümee von Markus Klingenberg: Die Verdreifachung der Standzeit habe enorm positive Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesamtproduktivität. Zusätzlich wurde erreicht, den Neuansatz der Entfettungsmedien in die Rüstzeit der Anlage zu verlegen. Markus Klingenberg fasst das Erreichte zusammen: *Ich vergleiche unsere neue, umfassend optimierte Vorgehensweise gerne mit dem Boxenstopp im Rennsport. Ein eingespieltes Team versorgt in kürzester Zeit die Anlagen mit der bedarfsgerechten Menge an Chemie bei optimalem Wartungsintervall.*

Kontakt
IMO Oberflächentechnik GmbH, Remchinger Straße 5, D-75203 Königsbach-Stein

➲ **www.imo-gmbh.com**
➲ **www.xing.com/pages/imooberflachentechnikgmbh**
➲ **www.kununu.com/de/imo-oberflaechentechnik**

Manufaktur in Serie

In ihrem neuen Fast Plating Center bietet die Holzapfel Group Einzelteilbeschichtung in Hochgeschwindigkeit: Beschichtungstechnologie für Bauteile mit besonderen Herausforderungen

Seit 2017 ist der italienische Hersteller von galvanischen Sonderanlagen FPP Fast Plating Process S.r.l. Teil der Holzapfel Group. *Seither haben wir gemeinsam intensiv an der Weiterentwicklung der Beschichtung im Hochgeschwindigkeitsverfahren gearbeitet*, erklärt Michael Immel, Geschäftsführer beim Tochterunternehmen FPP. *Jetzt bieten wir bei der Holzapfel Group die Technologie erstmals innerhalb Deutschlands als Lohnbeschichtung an*. Um die Technologie in Deutschland zu lokalisieren, wurde eine Flächenerweiterung am Standort Sinn vorgenommen und ein Gebäude speziell auf die Erfordernisse der neuen Beschichtungsanlagen ausgerichtet.

Für komplexe Anforderungen hochwertiger Automobilteile

Auf den geschaffenen Produktionsflächen werden nun zwei Großkundenprojekte umgesetzt: In beiden Fällen werden Bauteile für die Automobilindustrie in hohen Stückzahlen und mit komplexen Anforderungen in Serie beschichtet. Neben den neu geschaffenen Fertigungsflächen für die Beschichtungstechnik wurde auch in ergänzende Technologien wie Reinigungsanlagen, einen Sauberraum sowie Laborkompetenz samt neuer Analysegeräte, zum Beispiel ein Rasterelektronenmikroskop, investiert.

Einzelteilbeschichtung in geschlossenen Zellen

Die Bauteile werden mit der neuen Verfahrenstechnik nicht am Gestell oder in der Trommel beschichtet, sondern einzeln. Die Beschichtung wird in verhältnismäßig kleinen, geschlossenen Zellen durchgeführt. Durch dieses Design können höhere Stromdichten als in der konventionellen Beschichtung realisiert werden, wodurch deutlich kürzere Beschichtungszeiten erreicht werden. Die auf das Bauteil abgestimmte Technologie sorgt für die Einhaltung der artikelspezifischen Beschichtungsparameter und eine verlässlich reproduzierbare, sehr hohe Beschichtungsqualität.

An den Start gegangen ist die Holzapfel Group mit unterschiedlich konzipierten Anlagen zur Beschichtung in Hochgeschwindigkeit.

Hohe Anforderungen an den Verschleißschutz

Eine Anlage ist speziell für die Hartverchromung von Ventilen im Ein- und Auslasstrakt von Verbrennungsmotoren entwickelt und gebaut worden. Durch ihre besondere Einbausituation stellen die Ventile hohe Anforderungen an die Beschichtung. Im Betriebszustand im Verbrennungsmotor bewegen sie sich permanent, um Frischluft einzulassen (Einlassventile) beziehungsweise Verbrennungsgase (Auslassventile) ausströmen zu lassen. Mechanisch werden sie durch die permanente Bewegung belastet und sind Reibung ausgesetzt. Außerdem sind die Ventile durch die hohen Temperaturen der Verbrennungsgase stark temperaturbelastet. Auch korrosive Belastung, beispielsweise durch kondensierende Abgase, kann auftreten. Aus diesen Gründen benötigen die Ventile einen hohen Verschleiß- und Korrosionsschutz, wie er durch eine Hartverchromung erreicht wird.

Die Hochgeschwindigkeits-Beschichtungsanlage mit einem anderen Konzept und oktogonalem Aufbau zeigt die Individualität der Fast Plating-Beschichtungstechnologie, die speziell auf das Bauteil und seine Anforderungen zugeschnitten wird

(Bild: Holzapfel Group/imago)

Anlage zur Einzelteilbeschichtung von Ventilen für die Automobilindustrie im Fast Plating Center der Holzapfel Group

(Bild: Holzapfel Group/imago)

Ventile in Sekundenschnelle beschichtet

Je nach gewünschter Schichtstärke beschichtet die neue Anlage der Holzapfel Group die Ventile in 15 bis 25 Sekunden. Ein Roboter be- und entlädt die Ventile direkt aus den Kundentrays. Auch innerhalb der Beschichtungsanlage laufen alle Prozesse vom elektrolytischen Entfetten über Spüle und elektrolytisches Ätzen bis zur Hartverchromung und dem anschließenden Polieren automatisiert. So können bei entsprechender Schichtstärke Stückzeiten von vier Sekunden pro Bauteil realisiert werden. Ein Mitarbeiter überwacht die Anlage und versorgt sie mit Bauteilen.

Die Anlage arbeitet mit modernster Technologie, beispielsweise mit hochmodernen Einzelteiltrichtern und Roboterarmen zur automatisierten Be- und Entstückung. Da die definierten Bedingungen für alle Bauteile vom Gleichrichter über die Stromzufuhr bis zur Zirkulation exakt gleich sind, ist die Beschichtung extrem gleichmäßig und in hohem Maße reproduzierbar. Eine kontinuierliche Überwachung der Prozessparameter unterstützt die Konstanz der Bedingungen, so dass n.i.O.-Teile erst gar nicht entstehen beziehungsweise sofort erkannt werden.

Geschwindigkeit ist quasi *Nebeneffekt*

Das Besondere an der Technologie ist nach Aussage von Michael Immel, dass bei dieser Art der Einzelteilbeschichtung nahezu immer das gleiche Beschichtungsergebnis erreicht wird. Die reproduzierbaren Parameter sorgen für eine immer gleiche Schichtstärke und Schichtdickenverteilung an jedem Bauteil. Die Schnelligkeit der Beschichtung ist gar nicht das Ziel, sondern eine Notwendigkeit der Einzelteilbeschichtung, erläutert Immel weiter: Bei der Gestellbeschichtung werden viel mehr Bauteile je Arbeitsgang beschichtet. Um den Aufwand der Einzelteilbeschichtung zu kompensieren und eine vergleichbare Produktivität zu erreichen, muss die Technologie deutlich schneller arbeiten. Je nach Verfahren erfolge daher die Abscheidung bei der Einzelteilbeschichtung mit unterschiedlich hoher Geschwindigkeit, so Immel weiter. Bei schneller Beschichtung wird bei Holzapfel vom Fast Plating gesprochen, bei extrem hohen Abscheidegeschwindigkeiten vom High Speed Plating.

Die im Vergleich zu konventionellen Galvanikanlagen kleinen Anlagen haben zudem den Vorteil, dass die Anlagentechnik auch in bestehende Fertigungslinien bei Kunden integriert werden kann.

Nachhaltige Technologie

Ein weiterer Nutzen der Technologie ist ihre Umweltfreundlichkeit im Vergleich mit konventionellen Beschichtungsanlagen. So wird der Energieverbrauch erheblich reduziert: Die Anlagen benötigen etwa 35 Prozent weniger Strom für den Betrieb des Gleichrichters und rund 50 Prozent weniger Strom für die Heizsysteme. Es werden etwa 90 Prozent weniger Emissionen ausgestoßen. Der CO_2-Fußabdruck der Technologie ist damit deutlich kleiner als der einer klassischen Galvanikanlage. Für mehr Umweltschutz sorgt auch der reduzierte Wasserverbrauch: Bei Recycling beträgt die Ersparnis 80 Prozent. Die Anlagen des gekapselten Galvaniksystems benötigen nur etwa 25 bis 30 Prozent des Platzbedarfs einer konventionellen Galvanikanlage.

Oberflächenanalyse in neuem Labor

Mit dem Aufbau ihres neuen Fast Plating Centers hat die Holzapfel Group auch ihre Labortechnik ausgebaut und neue Möglichkeiten der Oberflächenanalyse geschaffen. Neben neuen Räumlichkeiten wurden neue Analysegeräte angeschafft, die vor allem in der Forschung & Entwicklung für neue Oberflächenverfahren Unterstützung bieten. Zudem ermöglichen die Analysegeräte wie Rasterelektronen- und Konfokalmikroskop mit ihren Analysemethoden eine schnellere Prozessentwicklung. Zudem kann durch die Inhouse-Analyse agiler und flexibler überwacht werden als bei der Übermittlung von Proben an einen externen Dienstleister.

Ein Rasterelektronenmikroskop im neuen Fast Plating Center der Holzapfel Group (Bild: Holzapfel Group/imago)

Mit dem Rasterelektronenmikroskop kann die Holzapfel Group beispielsweise bessere und sehr detailreiche Oberflächenuntersuchungen vornehmen, bis hin zur Untersuchung von Elementen auf der Oberfläche mittels EDX-Analyse. Diese mikroskopischen Analysegeräte werden für präzise Oberflächenbetrachtungen eingesetzt, zum Beispiel für tiefenscharfe Analysen der Mikrostruktur mit hoher Vergrößerung. Auch feinste Konturen werden sehr gut dargestellt. Mit dem Rasterelektronenmikroskop erzeugte Aufnahmen ermöglichen deutlich genauere Betrachtungen von Kennwerten wie Schichtstärken, Schichtzusammensetzung und Schichtdickenverteilung, auch serienbegleitend.

➲ **www.holzapfel-group.com**

LSR GmbH
Galvano- und Umwelttechnik

Adolf-Kolping-Str. 15 ▪ 73072 Donzdorf ▪ Tel. +49 (0) 7162 / 14503-0 ▪ info@LSR-GmbH.de ▪ **www.LSR-GmbH.de**

Synergetische Analyse und Verbesserung von Ressourceneffizienz und Chemikalienmanagement in der Oberflächentechnik Teil 3

Von Dr. Uwe König, Alexander Leiden, Berthold Seßler und Ernst-Udo Sievers

Zum online-Artikel

Die Anwendung der Untersuchungen zur Ressourceneffizienz und des Chemikalienmanagements in der Praxis wird am Beispiel der Verchromung im Bereich der Lohnbeschichtung aufgezeigt. Dazu wird im ersten Schritt unter Einsatz des Werkzeugs Artifical REACh Tool eine Modellierung der Arbeitsumgebung vorgenommen, wobei auf bekannte Beschreibungen der Arbeitsszenarien zurückgegriffen wird. Aus der Simulation lässt sich ableiten, dass der Parameter der Stromdichte für die galvanische Verchromung die aussagekräftigsten Werte bezüglich der Arbeitssicherheit einerseits und des Ressourcenverbrauchs andererseits liefert. Die Werte der Simulation werden durch Messwerte in Betrieben abgeglichen.

Fortsetzung aus WOMag 3/2021

3.4 Arbeitspaket 3: Datenerhebung bei assoziierten Anwendungspartnern

3.4.1 Generelle Entwicklung von Risikodaten am Beispiel Verchromung

Zur Beurteilung des Bewertungsmaßstabs von Expositionsmessungen wurden vorliegende Werte der Betriebe der galvanischen Verchromung ausgewertet. Die zeitliche Entwicklung zeigt *Abbildung 16*. Ausgewertet wurden 130 Datensätze von 62 Betrieben im Zeitraum 1990 bis 2007.

Die Maßnahmen der Betriebe beruhten dabei auf den Erfahrungswerten anderer Betriebe und Empfehlungen der Aufsichtsbehörden. Gleichzeitig wurden die Messmethoden präziser, so dass es nur bedingt möglich ist, den Einfluss von getroffenen technischen Maßnahmen eindeutig zu benennen. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Messungen nur an den Produktionsstandorten, nicht an anderen Stellen des Betriebs durchgeführt wurden.

Im Rahmen der Diskussionen über die Auswirkungen der Chemikaliensicherheit wurde die Notwendigkeit deutlich, die Messungen in unterschiedliche Szenarien zu erweitern. Hier wird auf die Entwicklungen der Anträge zur Autorisierung von Chromaten zurückgegriffen, im Wesentlichen auf die Ausarbeitungen des VECCO. *Tabelle 2* enthält die entwickelten, als typisch eingestuften Szenarien:

Der Vorteil dieser Zusammenstellung ist die gezielte Definition von Parametern, welche die Szenarien beeinflussen. Diese können technischer, organisatorischer oder personeller Natur sein. In allen Fällen besteht eine Verbindung zwischen Ressourcennutzung und Risikomanagement, sowohl hinsichtlich Umweltschutz als auch hinsichtlich Arbeitnehmerschutz.

Ein generelles Problem besteht in der Beschreibung von Szenarien, die messtechnisch nicht erfassbar sind. Hier wurde das ART Tool – Artifical REACH Tool [11] – genutzt. Diese erlaubt durch die Benennung typischer Parameter eine gezielte Modellierung. Ein daraus ermitteltes Ergebnis zeigt *Abbildung 17*.

Zur weiteren detaillierten Analyse wurde das Arbeitsszenario WCS 4 (Verchromungsprozess) ausgewählt und im Detail analysiert. Die betrachteten Abhängigkeiten sind in *Tabelle 3* aufgeführt. Dargestellt ist, ausgehend von den möglichen Variationen des ART Tool, eine Zusammenstellung der zu variierenden Parameter.

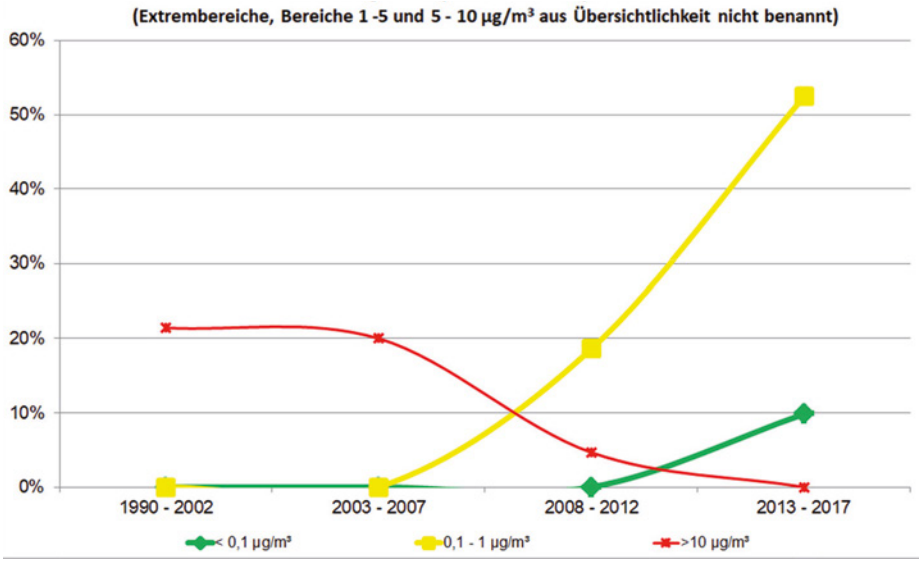


Abb. 16: Entwicklung der betrieblichen Expositionen am Beispiel Hartverchromen

3.4.2 Datenerfassung und Auswertung Risikoanalyse

Zur weiteren Untersuchung wurden die Parameter Konzentration, Temperatur, Absaugleistung sowie Stromdichte (nicht in ART, aber für Produktion wichtig) ausgewählt. Die gezielte Analyse der Daten zeigte, dass die einflussnehmenden Größen nicht eindeutig benennbar sind. Während die Simulation mit ART Tool eine mit der Konzentration zunehmende Exposition vorhersagt, zeigen die vorliegenden technischen Daten diesen Trend nicht (*Abb 16*). Verwendet wurden die in *Tabelle 4* aufgeführten betrieblichen Daten für die Verchromung. Gleichzeitig ergibt die Modellierung mit dem ART Tool, dass kein Einfluss der Temperatur gegeben ist (*Abb. 18*). Dieses Ergebnis bestätigt, dass nur ein ganzheitliches Bild genutzt werden kann.

Tab. 2: Arbeitsszenarien einer galvanischen Anlage am Beispiel Verchromung

Arbeitsszenario	*Bezeichnung*	*Kategorie*	*Prozessbedingungen*	*Belastung*
WCS1	Storage raw material	PROC 1	closed system	< 30 min (pro Woche) – Persönliche Schutzausrüstung
WCS2	Transport	PROC 8b	closed container	< 1 h (5 Tage pro Woche) – regular instructions
WCS3	Loading of jigs	PROC 4	Separated areas with own ventilation	< 8 h (pro Tag) – operationg instructions
WCS4	Funktional plating - automatic line	PROC 2 PROC 3 PROC 4 PROC 13	General ventilation edge air extraction in both lines 100 000 m^3/h foam agents to minimize aerosoles	30 min (pro Tag) – strict separation of lounge and production
WCS5	Sampling	PROC 8b	edge extraction	< 30 min (pro Tag)
WCS 6	Re-filling liquids	PROC 8b	edge extraction	< 20 min (pro Tag)
WCS 7	Decanting solids	PROC 8b	edge extraction	< 5 min (pro Woche)
WCS 8	Re-filling solids	PROC 8b	edge extraction	< 10 min (pro Woche)
WCS 9	Regular maintenance	PROC 8b	edge extraction	< 2 h (pro Woche)
WCS 10	Rare maintenance	PROC 8b	edge extraction	< 8 h (pro Jahr)
WCS11	Removing parts from bath	PROC 8b	edge extraction	< 20 min (pro Tag)
WCS12	Maintenance filter	PROC 8b	edge extraction	< 30 min (pro Tag)
WCS13	Quality control	PROC 8b	edge extraction	< 30 min (pro Woche)
WCS14	etching - automatic line	PROC 2 PROC 3 PROC 4 PROC 13	General ventilation edge air extraction in both lines 100 000 m^3/h foam agents to minimize aerosoles	15 min (pro Tag)
WCS 15	Waste water management	PROC 8b	General ventilation	< 30 min (pro Monat)

Die erste Analyse zeigt bereits die Notwendigkeit, die Einzelprozesse gezielt zu untersuchen. Im vorliegenden Fall ist als letzter technischer Parameter die Stromdichte verblieben. Diese ist aber im Produktionsprozess abhängig von den Produkten und nur bedingt variierbar.

Um eine Verbindung mit den Ressourceneffizienzdaten zu erreichen, wurde die Absaugleistung als handhabbares Kriterium gewählt. Es ist als Einzelkriterium unabhängig vom Produktionsprozess, beeinflusst aber die Risikodaten Umwelt und Exposition sowie die Nutzung der Ressourcen.

3.4.3 Datenerfassung und Auswertung zur Ressourceneffizienz

Die Erhebung von Daten bei assoziierten Anwendungspartnern musste während des laufenden Betriebs erfolgen. Die Datenerhebung für die Risikobewertung erfolgte hierbei bei Parameteränderungen nach Einstellung eines Gleichgewichtzustandes für die Luftkonzentrationen in der Umgebung. Für die Erhebung von Daten für die Ressourcenanalyse waren aufgrund der sich träge einstellenden Änderungen wesentlich längere Zeiträume anzusetzen. Ein direkter Vergleich ist daher nicht immer gegeben.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag (Teil 1 bis Teil 3) zum Download zur Verfügung. Im dritten Teil des Aufsatzes werden am Beispiel der Daten aus einem Beschichtungsbetrieb die Durchführung der Datenerfassung, Auswertung sowie die Möglichkeiten zur Darstellung und Nutzung von Kennwerten zum Ressourcenverbrauch dargelegt.
Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5 Seiten mit 6 Abbildungen, 3 Tabellen und 1 Literaturhinweis.

Das unabhängige Galvano-Fachlabor!

Problemlöser für Galvaniken, Metallverarbeiter und Fachfirmen

Wann immer es zu Problemen in der Prozesskette mit technischen Oberflächen kommt – wir finden mit Ihnen zusammen die richtigen Lösungen. Dabei bauen wir auf 20 Jahre Erfahrung im Bereich Beschichtungstechnik und Qualitätsmanagement.

Weitere Info's auf der Website

Brenscheidt IBI GALVANIK SERVICE

Zum Dümpel 60
59846 Sundern-Stemel

info@galvanikservice.de
0 29 33 - 80 64 9 -13

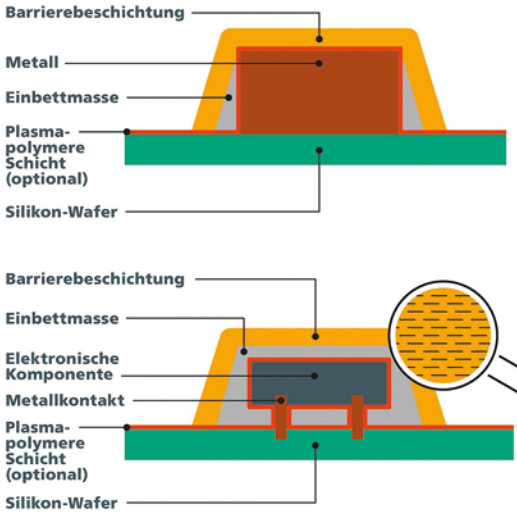
Entwicklung neuartiger Schutzbeschichtungen zur Sicherung der Zuverlässigkeit von elektronischen Komponenten

Im Zuge der Miniaturisierung und mit der Entwicklung von modernen Produkten sollen immer mehr Funktionen auf engerem Raum integriert werden. Mit diesem Trend steigen gleichzeitig die Ansprüche an elektronische Komponenten und Systeme enorm. Gefordert wird höchste Zuverlässigkeit über den gesamten Lebenszyklus. Dies ist eine elementare Voraussetzung, um neue Technologien bei sicherheitsrelevanten Anwendungen voranzutreiben und zu ermöglichen. Da Korrosionsschäden zu Ausfällen führen können, entwickelt das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM innerhalb des Projekts *Intelligent Reliability 4.0 (iRel40)* neuartige Schutzbeschichtungen für mikroelektronische Bauteile zur Sicherung der notwendigen Zuverlässigkeit.

In dem ECSEL JU Projekt Intelligent Reliability 4.0 – kurz iRel40 kommen unter der Leitung der Infineon Technologies AG erstmals mit 75 Konsortialpartnern führende Zuverlässigkeitsexperten und europäische Hersteller von elektronischen Komponenten aus 13 Ländern zusammen, um eine nachhaltige Pan-Europäische Zuverlässigkeits-Community über die nächsten Jahre aufzubauen. Gemeinsam wird das übergeordnete Ziel verfolgt, die Zuverlässigkeit von elektronischen Komponenten und Systemen durch Reduzierung der Fehlerrate entlang der Wertschöpfungskette zu verbessern. Der Trend zur Systemintegration, insbesondere für heterogene Integration, in der Miniaturisierung, aber auch in der Forderung nach höherer Zuverlässigkeit bei sicherheitsrelevanten Anwendungen wie beispielsweise in der digitalen Industrie, bei der autonomen Mobilität oder etwa in harschen Umgebungen wie der Offshore-Energiegewinnung schreiten nach den Worten von Dr. Volkmar Stenzel, Leiter der Abteilung Lacktechnik und Projektkoordinator iRel40 am Fraunhofer IFAM, stetig voran.

Wir müssen uns auf diese Herausforderungen vorbereiten, denn die Halbleiterbauelemente und elektronischen Systeme erreichen Grenzen und werden empfindlicher gegenüber den reduzierten Toleranzen immer komplexer werdender Gehäuse- und Board-Technologien. Zudem könnten sich zahlreiche neue Anwendungen einfach keine Ausfälle leisten. Hierzu sollen nach Aussage von Volkmar Stenzel durch iRel40 zuverlässige elektronische Komponenten und Systeme schneller entwickelt und neue Prozesse mit höherer Geschwindigkeit in die Produktion überführt werden. Ein tiefes Verständnis durch Physics of Failure – also die Physik des Versagens – und Methoden der künstlichen Intelligenz werden Stenzel zufolge Qualität und Zuverlässigkeit vorantreiben. *Die Ergebnisse der Entwicklungsarbeiten werden die Produktion entlang der Wertschöpfungskette stärken und nachhaltig den Erfolg von Investitionen in elektronische Komponenten und Systeme in Europa unterstützen*, so Volkmar Stenzel.

Die enge Zusammenarbeit und das Verständnis in Bezug auf die Zuverlässigkeit über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg, einschließlich Materialien, Chip, Gehäuse und Board/System, werden herausragendes Wissen generieren, kombinieren und damit die Innovationsfähigkeit verbessern. Bei den mehr als 30 ausgewählten Industriepiloten nehme die Materialentwicklung zum Schutz der Komponenten und damit zur Langlebigkeit und funktionalen Sicherheit der Elektronik eine Schlüsselrolle ein. Die dauerhafte Verhinderung von Korrosion sei dabei das Ziel, betont Stenzel.



Aufbau des neuartigen Beschichtungssystems (iRel40) zum Schutz vor Korrosion und zur Verbesserung der Langlebigkeit elektronischer Bauteile (© Fraunhofer IFAM)

Entwicklung zuverlässiger Schutzbeschichtungen

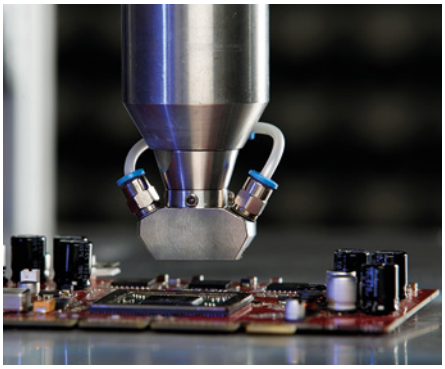
Am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM entwickeln die Abteilungen Lacktechnik sowie Plasmatechnik und Oberflächen schon lange Technologien zum Schutz von Bauteilen. Eine Besonderheit ist, dass durch das vorhandene Know-how und die Kombination der Kernkompetenzen beider Abteilungen neuartige Schutzbeschichtungen für mikroelektronische Komponenten umfassend bearbeitet werden können. Die Aufgabe innerhalb des iRel40-Arbeitspakets *Materialentwicklung und -prüfung für den Bauteilschutz* besteht nach den Worten von Stenzel in der Entwicklung und Charakterisierung von speziellen Schutzbeschichtungen gegenüber der Diffusion von Wasser beziehungsweise Elektrolytlösungen und Sauerstoff. Durch diese Schichten solle verhindert werden, dass es im Bereich der metallischen Strukturen der mikroelektronischen Komponenten zu Korrosionserscheinungen und dadurch zu Fehlfunktionen oder Bauteilausfällen komme. Im Fokus der Projektarbeiten stünden insbesondere Mikrochips und Halbleiterstrukturen für Leistungselektronik, die auf Basis von Barriere-Pigmenten und aktiven Korrosionsinhibitoren besser geschützt werden sollten. Weiterhin werde die Kombination dieser Materialien mit plasmapolymeren Schichten untersucht, die für die Aufgabenstellung der Adhäsionsvermittlung unter Wärmebelastung und Schutz vor altersbedingter Unterwanderung gezielt adaptiert werden, beschreibt Volkmar Stenzel das Entwicklungsvorhaben.

Kombinationsbeschichtungen

Im Detail besteht das Beschichtungskonzept aus einem neuartigen Mould-Material auf Basis von Silikongelen oder alternativ aus Compression-Mould-Materialien, die hinsichtlich der Anwendung mit aktiven Korrosionsinhibitoren optimiert werden. Zusätzlich wird eine Barriereschicht auf Basis von

UV-strukturierbaren Polymeren und speziellen Pigmenten entwickelt. Hierbei kann es sich entweder um zwei einzeln applizierbare Schichten handeln, deren Position im Gesamtschichtaufbau dem Anwendungsprofil angepasst wird, oder aber um eine Kombinationsschicht, in der sowohl der Korrosionsschutz, als auch die Barrierewirkung eingesetzt werden. Hierbei wird neben der Funktionalität vor allem auch ein gutes Entwärmungsverhalten angestrebt.

Zudem werden Plasmapolymerschichten angewandt, die speziell die Fragestellung der Adhäsionsvermittlung zwischen dem metallischen Leiter und Mould-Material beziehungsweise der Schutzbarriereschicht adressieren. Dabei geht es sowohl um den Schutz der Leiteroberfläche beziehungsweise der Bondverbindung für den Fall des Adhäsionsverlustes als auch um den Ausgleich der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten während des Betriebs. Daneben sollen die Schichten die schädlichen chemischen Reaktionen, die im Laufe der Nutzungsdauer entstehen, auf ein Minimum reduzieren. Insgesamt wird das Schutzsystem Korrosion und andere Schäden durch beispielsweise Feuchtigkeit oder Schadgase verhindern. Dafür wird unter anderem das Mould-Material mit aktiven Korrosionsinhibitoren ausgestattet und bietet somit eine Kombination aus Korrosionsschutz und Vermeidung von Umwelteinflüssen, besonders vor dem Hintergrund der sehr speziellen Anforderungen an Schichtdicke und thermische Stabilität. Hierfür wird ergänzend eine Barriereschicht entwickelt, die mittels plättchenförmiger Partikel die elektronischen Bauteile gegen Schadgase und Feuchtigkeit abschirmt. Außerdem wird eine Schichtabscheidung durch atmosphärische Plasmatechnik angestrebt, die mit sehr geringen Schichtdicken unter 1 µm die Oberflächen formgenau abschließt und so die Schutzwirkung erhöht, ohne signifikanten Einfluss auf das Entwärmungsverhalten der Bauteile zu nehmen.



Selektive Nanobeschichtung mittels Atmosphärendruckplasma zum Schutz elektronischer Bauteile vor Korrosion
(© Fraunhofer IFAM/Dirk Mahler)

Die Kombinationen dieser Technologien werden im Rahmen des Projekts entlang der Wertschöpfungskette in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern aus Forschung und Industrie bewertet und den aktuellen Anforderungen angepasst. Somit wird ein gezieltes und anwendungsorientiertes Vorgehen garantiert und die neuen Technologien können zukunftsweisend optimiert und eingesetzt werden.

Kontakt:
Dr. Volkmar Stenzel,
E-Mail: volkmar.stenzel@ifam.fraunhofer
➲ www.ifam.fraunhofer.de

iRel40

iRel40 ist ein europäisch kofinanziertes Innovationsprojekt, das vom ECSEL Joint Undertaking (JU) unter der Fördervereinbarung Nr. 876659 bewilligt wurde. Die Finanzierung des Projekts stammt aus dem Forschungsprogramm Horizon 2020 und den teilnehmenden Ländern. Nationale Mittel werden von Deutschland, einschließlich der Freistaaten Sachsen und Thüringen, Österreich, Belgien, Finnland, Frankreich, Italien, den Niederlanden, der Slowakei, Spanien, Schweden sowie der Türkei bereitgestellt. Die Laufzeit des Projekts beträgt drei Jahre (1. Mai 2020 bis 30. April 2023).

➲ www.irel40.eu

Regina Mader ist neue Geschäftsführerin bei Harter

Regina Mader ist seit 2010 beim Trocknerhersteller Harter und absolvierte in den ersten Jahren ihrer Tätigkeit ein duales Studium *BWL – International Business*. Im Zuge der Praxisphasen eignete sie sich neben kaufmännischen Kompetenzen in Vertrieb und Marketing auch Kenntnisse über die Aufgaben in der technischen Projektleitung als auch im Versuchstechnikum an. Die Organisation und Begleitung von Testreihen mit Produkten aller Branchen gehörte viele Jahre lang zu ihrem vielfältigen Aufgabengebiet im Vertriebsinnendienst.

Die Harter-Geschäftsführung: Reinhold Specht und Regina Mader (Bild: Harter GmbH)

Das hauseigene Technikum spielt beim Trocknungsanlagenbauer Harter eine äußerst wichtige Rolle für die erfolgreiche Umsetzung der jeweiligen Trocknungsprojekte. Mit ihrem ausgeprägten technischen Sachverstand war Regina Mader auch bei großen Entwicklungsprojekten von beispielsweise Pharmatrocknern, Bandtrocknern für Food oder Serientrockner für die Uhrenindustrie stets beteiligt. Gleichzeitig erhielt sie als rechte Hand des geschäftsführenden Gesellschafters Reinhold Specht immer tiefer Einblick in die Unternehmensführung und Zukunftsplanung. Seit dem 1. Januar 2021 ist sie nun neben Reinhold Specht als Geschäftsführerin mit für die Leitung und Weiterentwicklung des Unternehmens zuständig.

➲ **www.harter-gmbh.de**

Dr. Martin Welp verlässt Dörken

Dr. Martin Welp, Geschäftsführer der Dörken Coatings GmbH & Co. KG, Herdecke, hat das Unternehmen aus persönlichen Gründen verlassen. Über elf Jahre war er sehr erfolgreich für die Marke Dörken tätig.

Am 1. Februar 2010 trat der promovierte Chemiker als Geschäftsführer *Marketing und Vertrieb* in die Dörken MKS-Systeme GmbH & Co. KG ein. Zusammen mit seinem Partner in der Geschäftsführung, Dr. Gerhard Reusmann, hat er das Unternehmen zu einem führenden Anbieter von Mikroschicht-Korrosionsschutzsystemen entwickelt – immer getrieben von dem Ansporn, mit innovativen Technologien für jede Branche den bestmöglichen Korrosionsschutz zu bieten. Im August 2020 übernahm er zunächst die Geschäftsführung der CD Color GmbH & Co. KG und der Protec® Systempasten GmbH. Im Herbst desselben Jahres wurde er zum Geschäftsführer der neu gegründeten Dörken Coatings ernannt, in die die Unternehmen Dörken MKS, CD-Color und Protec® überführt wurden. Diesem neuen Unternehmen hat er bis zuletzt mit großem Engagement den Weg bereitet.

Dörken-Vorstand Thorsten Koch wird temporär in die Geschäftsführung der Dörken Coatings eintreten, um mit Unterstützung von Dr. Gerhard Reusmann die eingeleitete Strategie fortzusetzen und die notwendigen nächsten Schritte zu begleiten. Für die Kunden der Dörken Coatings wird sich auch unter den neuen Rahmenbedingungen in der täglichen Zusammenarbeit wenig ändern. Sie behalten die gewohnten Ansprechpartner und können in Sachen Korrosions- und Oberflächenschutz, dekorative Gestaltung und Töntechnik weiterhin auf die Expertise des Unternehmens vertrauen.

Wie Thorsten Koch betont, bedauern die Geschäftsleitung und die Beschäftigten von Dörken sehr, mit Dr. Martin Welp einen echten *Macher* zu verlieren, der das Unternehmen über so viele Jahre hinweg entscheidend geprägt hat. *Zusammen mit den Gesellschaftern sprechen wir ihm dafür unsere Anerkennung und unseren besonderen Dank aus – und wir wünschen ihm für seine private und berufliche Zukunft alles Gute.*

➲ **www.doerken.de**

BIA kündigt Klimaneutralität bis 2025 an

Der Solinger Automobilzulieferer BIA hat sich ambitionierte Klimaziele gesetzt. Bis 2025 will das Industrieunternehmen laut Inhaber Jörg Püttbach CO_2-neutral sein. *Wo technisch möglich, haben wir immer schon sehr intensiv Potenziale zur Ressourcenschonung und zum Umweltschutz genutzt – in der gesamten Unternehmensgruppe*, betont Püttbach mit Hinweis auf die Nutzung eigenerzeugten Solarstroms oder auf abwasserfreie Anlagen an zahlreichen BIA-Standorten.

Neben der unternehmerischen Eigenverantwortung ist aber auch der Markt immer stärkerer Treiber von Nachhaltigkeitsstrategien: Die Forderungen der Automobilindustrie nach klimaneutralen Produkten werden nach Aussage von Jörg Püttbach bereits lauter. Er ist sich sicher, dass er mit der, für einen Galvanikbetrieb sportlichen Zielsetzung, bis 2025 Klimaneutralität zu erreichen, sicher Vorreiter in der Branche ist.

Dass dieses Ziel nicht nur über Einsparungen im eigenen Betrieb zu erreichen sein wird, sondern auch durch Kompensationsmaßnahmen und Einkauf von Ökostrom, ist unbestritten. Dennoch will BIA jedes Jahr bis zu fünf Prozent Kohlenstoffdioxid durch eigene Projekte einsparen. Um die Energieeffizienz zu steigern, werden deshalb alle Prozesse und Bereiche bei BIA laufend geprüft und optimiert. Das beginnt nach Aussage von Püttbach bei der Planung von neuen Anla-

Auf den Dächern seiner Werksgebäude im Gebiet Scheuren betreibt der Automobilzulieferer BIA eine der größten privaten Photovoltaikanlagen in Solingen; ein weiterer Ausbau bis 2022 ist in Planung (Bild: BIA)

gen und Prozessen sowie dem Kauf neuer Maschinen, erstrecke sich aber auch auf alle nicht operativen Bereiche. Im Fokus stehe dabei zum Beispiel die sukzessive Umstellung des unternehmenseigenen Fuhrparks auf Elektrofahrzeuge, aber auch die Umrüstung der gesamten Beleuchtung im Betrieb auf LED-Technik. Allein durch letztere Maßnahme erwartet der Automobilzulieferer eine jährliche Einsparung von 54 t Kohlenstoffdioxid.
Wichtigste Rolle in der BIA Klimastrategie spielt aber vor allem die Reduktion des Energie- und Ressourceneinsatz in den sehr energieintensiven Produktionsprozessen sowie die Gewinnung und Nutzung eigener Energiequellen. Mit einer der größten zusammenhängenden Photovoltaikanlagen im ganzen Solinger Stadtgebiet hat BIA hier schon vor Jahren ein klares Zeichen gesetzt. Diese wird 2021 und 2022 noch weiter ausgebaut, so dass die Anlage im Endausbauzustand rund 600 MWh emissionsfreien Strom liefern wird. Zusammen mit dem im eigenen Blockheizkraftwerk (BHKW) erzeugten Strom wird das Unternehmen so gut 274 Tonnen Kohlenstoffdioxid jährlich einsparen.
BIA Solingen ist damit auf einem guten Weg, der erste klimaneutrale Galvanoproduzent zu werden. Der Standort Solingen ist dabei auch Vorreiter in der Unternehmensgruppe. *Wir analysieren derzeit auch für die ganze BIA-Gruppe, ob und wie Klimaneutralität erreicht werden kann*, so Jörg Püttbach mit Blick auf die insgesamt sechs Unternehmensstandorte im In- und Ausland.
➲ **www.bia-group.com**

Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. (DGO)

Digitalisierung in der Galvanotechnik: Aufruf zur Beteiligung

Die DGO ruft kleine und mittlere Branchenbetriebe zur Beteiligung an einer neuen Netzwerkinitiative *DiWeGa* im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) auf.
Mit der Netzwerkinitiative *DiWeGa – Digitalisierte Wertschöpfungskette in der Galvanotechnik* möchte die DGO-Geschäftsstelle kleine und mittlere Unternehmen bei der Planung und Umsetzung einer praxisorientierten innerbetrieblichen Digitalisierungsstrategie aktiv begleiten und unterstützen.
Vor allem Großunternehmen kombinieren zunehmend digitalisierte Dienste mit dem eigenen Fertigungsprozess oder verknüpfen sich darüber mit Lieferanten und Kunden. Im Mittelstand begegnet man dieser Entwicklung jedoch noch immer eher zurückhaltend. Oftmals kann vor Investitionsentscheidungen nicht hinreichend geklärt werden, welchen konkreten Mehrwert das Unternehmen mit einem steigenden Digitalisierungsgrad generieren kann. Begleitet wird dieser Aspekt meist von der Befürchtung, dass den zum Teil erheblichen Investitionen mittelfristig kein planbarer Ertrag gegenübersteht.
Hier setzt das neue ZIM-Innovationsnetzwerk DiWeGa an. Es zielt darauf ab, diese Hemmnisse im Mittelstand zu überwinden und einen praxisorientierten Digitalisierungsprozess zu realisieren. Der Aufruf richtet sich an alle Branchenbetriebe der Galvano- und Oberflächentechnik sowie an alle vor- und nachgelagerten Wertschöpfungspartner, um perspektivisch auch durchgängige Geschäftsprozesse zu ermöglichen. Ein Zusammenschluss im Rahmen des DiWeGa-Innovationsnetzwerks versetzt die beteiligten Unternehmen in die Lage, gemeinsam individuell passfähige Digitalisierungslösungen zu erarbeiten, mittelfristig zu implementieren und dabei Investitionsrisiken signifikant zu senken. Der Netzwerkgedanke wird getragen von der Überzeugung, dass die Herausforderungen im Zusammenhang mit einem Digitalisierungsprozess am besten mit einer Kooperation mehrerer Branchenbetriebe bewältigt werden können, da viele Arbeitsprozesse und periphere Abläufe vergleichbar strukturiert sind beziehungsweise diese auf ähnliche Weise zusammenspielen.
Bis **14. Mai 2021** können sich Interessenten in der DGO-Geschäftsstelle melden; Ansprechpartner ist Dr. Daniel Meyer (E-Mail: *d.meyer@dgo-online.de*, Tel.: 02103/2556 35).
➲ **www.dgo-online.de**

Fachausschüsse und Arbeitskreise

Die insgesamt neun Fachausschüsse und Arbeitskreise bilden im Netzwerk der DGO die Schnittstelle zwischen führenden Unternehmen der Branche, verschiedenen Forschungseinrichtungen und Anwendern. Die Gremien setzen sich mit technischen Sachverhalten und aktuellen Entwicklungen aus Wissenschaft und Praxis auseinander und gehen offenen Fragestellungen nach. Insbesondere jungen Fachleuten bietet die Mitarbeit in einem Fachausschuss/Arbeitskreis individuelle Vorteile, die sich positiv auf den beruflichen Werdegang auswirken können.
Dies bestätigt auch Milan Madron aus dem Bereich Surface Technology der Schaeffler Technologies AG in Herzogenaurach: Durch die Mitarbeit im Ausschuss komme man regelmäßig mit anderen Experten in Kontakt. Dadurch würden Problemstellungen immer aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet. Das schaffe Synergien und stärke das eigene Fachwissen, so der 37-jährige Spezialist für Oberflächentechnologie, der seit einigen Jahren im Fachausschuss Kombinierte Oberflächentechnik mitwirkt. *Insbesondere Young Professionals bereichern Diskussionen manchmal mit völlig neuen Herangehensweisen, von denen dann auch wieder erfahrene Fachleute profitieren können.*
Die bestehenden Fachausschüsse (FA) und Arbeitskreise (AK) stehen jungen und erfahrenen Fachexperten gleichermaßen zur Mitgestaltung offen und widmen sich unterschiedlichen Fachbereichen der Galvano- und Oberflächentechnik: FA Edelmetalle, FA Chemische Metallabscheidung, FA Kombinierte Oberflächentechnik, FA Galvanoformung, FA Forschung, AK Wasserstoffversprödung, AK Leichtmetalle, AK Kupfer- und Kupferlegierungen, AK Zink/Nickel
Voraussetzung für eine aktive Mitarbeit ist eine gültige DGO-Mitgliedschaft (persönlich oder Firmenmitglied). Weiterführende Informationen zu den DGO-Fachausschüssen/Arbeitskreisen erhalten Interessierte auf der DGO-Website und der DGO-Geschäftsstelle: Sabine Groß (E-Mail: *s.gross@dgo-online.de*) oder Dr. Daniel Meyer (E-Mail: *d.meyer@dgo-online.de*).
➲ **www.dgo-online.de**

Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO)

Virtuelle Mitgliederversammlung 2021

Die ZVO-Mitgliederversammlung findet traditionell am Vormittag des Eröffnungstags der ZVO-Oberflächentage statt. Diese sind in diesem Jahr jedoch zahlreichen Ein- und Beschränkungen ausgesetzt, insbesondere einer Beschränkung der maximalen Personenzahl vor Ort. Die ZVO-Mitgliederversammlung wird daher auf den 17. Juni 2021, 14 Uhr, vor-

gezogen und virtuell stattfinden. Gleichzeitig setzt der ZVO-Vorstand alles daran, die ZVO-Oberflächentage 2021 durchzuführen und ein persönliches Wiedersehen mit Fokus auf den Kongress zu ermöglichen.

Jedes ZVO-Mitglied erhält bis Mitte Mai 2021 per E-Mail eine Einladung inklusive Registrierungsformular zur virtuellen Mitgliederversammlung. Gemäß § 10 (2) der aktuellen ZVO-Satzung sind an beziehungsweise in der Mitgliederversammlung nur Inhaber und leitende Angestellte der Ordentlichen Mitglieder des ZVO teilnahme- und stimmberechtigt. Die Vertretung durch einen schriftlich Bevollmächtigten ist zulässig. Fördermitglieder des ZVO können mit beratender Stimme der ZVO-Mitgliederversammlung beiwohnen.

Für die Teilnahme an der virtuellen Mitgliederversammlung ist die vorherige persönliche Registrierung mit persönlicher E-Mail-Adresse zwingend notwendig. Allgemeine E-Mail-Adressen können nicht akzeptiert werden. Das Registrierungsformular muss vollständig ausgefüllt bis spätestens Freitag, **11. Juni 2021** per Mail an *mail@zvo.org* zurückgesandt werden. Später eingehende Rückmeldungen können nicht mehr berücksichtigt werden.

Rechtzeitig vor der Mitgliederversammlung erhalten die registrierten Teilnehmer sowohl die Einwahldaten zur Video-Konferenz als auch die Zugangsdaten zur WebApp für anstehende Beschlussfassungen.

➲ **www.zvo.org**

Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS)

DVS-Whitepaper informiert über Industrie 4.0 in der Schweißtechnik

Industrie 4.0 ist für kleine und mittelständische Unternehmen, die sich mit dem Fügen, Trennen und Beschichten von Werkstoffen und Werkstoffverbunden auskennen, künftig von großer Bedeutung. Die Potenziale von IT-basierter Fertigung werden allerdings von vielen bisher nicht ausreichend genutzt. Oftmals werden die vollständigen Abläufe einer Prozesskette in der Schweißtechnik nicht digitalisiert oder es fehlt an digitaler Fachkompetenz für die Umsetzung von IT-basierten Prozessen in der fügetechnischen Produktion. Aus diesem Grund beschäftigt sich nun ein Whitepaper des DVS mit diesem Thema.

Das DVS-Whitepaper *Vom Fortschritt profitieren: Industrie 4.0 in der Schweißtechnik* wurde von der Arbeitsgruppe (AG) *Industrie 4.0* im Ausschuss für Technik (AfT) entwickelt. Es bietet einen ersten Einstieg ins Thema, benennt Vorteile der Digitalisierung für die schweißtechnischen Betriebe und listet Anlaufstellen sowie Informationsplattformen auf. Das Whitepaper ist der Auftakt zu einer Serie von Fachbeiträgen, die über Industrie 4.0 informieren und in der Zeitschrift *Schweissen und Schneiden* ab März 2021 veröffentlicht werden.

Der DVS setzt sich als Fachverband für ein grundsätzliches Verständnis und für die Weiterentwicklung von schweißtechnischer Di*gitalisierung ein. Die Arbeitsgruppe Industrie 4.0* im DVS fungiert hier als Vermittler und Kommunikationsplattform. Sie bündelt Informationen über das komplexe und schnelllebige Thema und stellt sie für die DVS-Mitglieder zur Verfügung. Das Whitepaper ist als Download kostenlos erhältlich unter

www.dvs-ev.de/whitepaper

Ansprechpartner für weitere Informationen ist Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck (E-Mail: *jens.jerzembeck@dvs-hg.de*).

Stark im Norden: DVS-Bezirksverbände

Bisher waren sie lediglich gute Nachbarn, jetzt sind sie ein starkes Bündnis für die Fügetechnik im Norden: Die beiden Bezirksverbände (BV) Flensburg und Kiel des DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. – haben zum 1. Januar 2021 fusioniert. Die über 360 Mitglieder wurden über den neu gegründeten DVS-Bezirksverband Flensburg-Kiel informiert.

Durch den Zusammenschluss der beiden regionalen Stellen des DVS im Norden Deutschlands wird nach Aussage von Dr.-Ing. Roland Boecking, Hauptgeschäftsführer des DVS, ein Bestandteil der DVS STRATEGIE 2025 umgesetzt. In der neuen strategischen Ausrichtung hat sich der Verband zum Ziel gesetzt, die Struktur seiner Bezirks- und Landesverbände zu überarbeiten. Dazu soll unter anderem die Anzahl der DVS-Bezirksverbände reduziert werden, um die Kompetenzen vor Ort zu bündeln und Synergien zu nutzen.

Die Fusion der beiden benachbarten Bezirksverbände war bei uns im Norden schon lange ein Thema, erläutert Sven Beuster, Geschäftsführer des BV Flensburg. *Umso mehr freuen wir uns jetzt, dass der Zusammenschluss so schnell und reibungslos funktioniert hat. So können wir unseren Mitgliedern ein noch umfangreicheres Angebot an Service und Veranstaltungen bieten.*

Bereits seit einigen Jahren tauschen sich die Mitglieder beider Bezirksverbände fachlich aus und nutzen die Veranstaltungsformate des jeweiligen Nachbarbezirks. Dies gilt für das Schweißtechnische Seminar ebenso wie für den Erfahrungsaustausch für Schweißaufsichtspersonen oder den DVS-Bezirkswettbewerb *Jugend schweißt*. Darüber hinaus kooperieren die Vorstände beider Bezirksverbände seit Jahren und arbeiten teilweise städteübergreifend.

Der neue DVS-Bezirksverband Flensburg-Kiel wird im Frühjahr entweder in einer Präsenzveranstaltung oder online seine Mitglieder ausführlich über den Zusammenschluss und über die zukünftigen Aktivitäten informieren. Bedingt durch die Pandemie war dies bisher nur eingeschränkt möglich. Für weitere Informationen steht im DVS-Bezirksverband Flensburg-Kiel B. Eng. Sven Beuster (E-Mail: *s.beuster@hwk-flensburg.de*) zur Verfügung.

➲ **www.die-verbindungs-spezialisten.de**

Inserentenverzeichnis

acp systems	29	Galvanikservice	35	Munk GmbH	19
Airtec MUEKU	13	Harter GmbH	Titel	Netzsave	9
B+T Unternehmensgruppe	27	IMO Oberflächentechnik GmbH	U3	Sager + Mack GmbH	1
Ecoclean Group	11	IPT GmbH	21	Softec AG	23
eiffo eG	U2	Walter Lemmen GmbH	17	STZ Tribologie	7
ELB Zerrer	U4	LSR GmbH	33		
G. & S. Philipp	37	Met at Lab	18		

IMO OBERFLÄCHENTECHNIK GMBH

#IMOVATOREN GESUCHT

GALVANIKSPEZIALISTEN (M/W/D)

PRODUKTION, TECHNIK & VERTRIEB

Seit nahezu fünf Jahrzehnten steht der Name IMO Oberflächentechnik GmbH für innovative Oberflächen, die weltweit Standards setzen. IMO ist führend in der galvanischen Beschichtung von Präzisionsteilen und verfügt über den größten Anlagenpark an einem Standort. IMO steht für Werte wie Zuverlässigkeit, Beständigkeit und Partnerschaft. Das kompromisslose Qualitätsstreben von IMO macht natürlich auch bei seinen Mitarbeitern nicht halt. Durch ständige Schulungen gehören sie zu den Besten der Branche. Sie Tag für Tag noch etwas besser zu machen, ist der Antrieb von IMO.

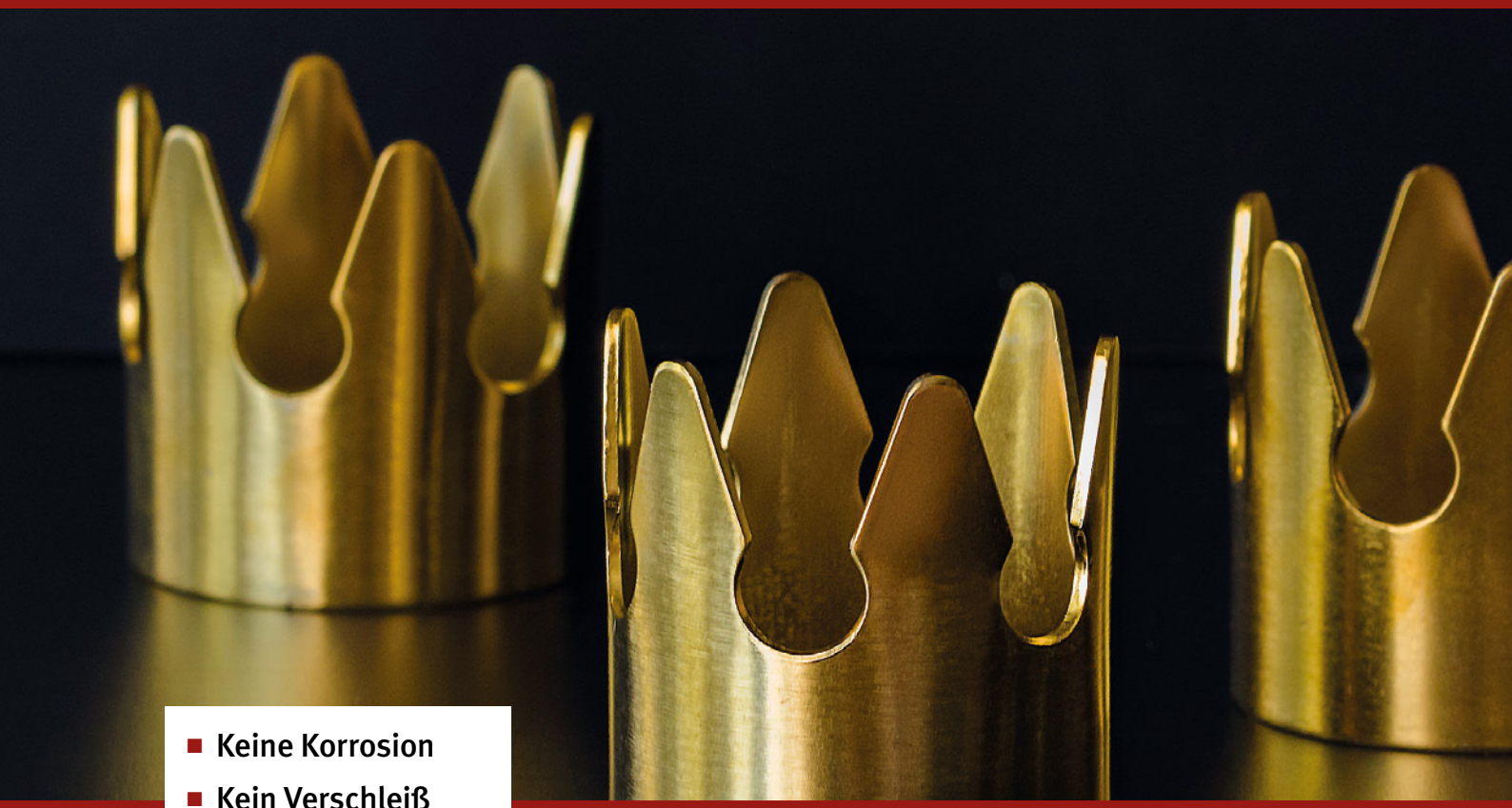
IMO

WERDEN AUCH SIE TEIL UNSERES TEAMS!

Informieren Sie sich online über die angebotenen Stellen und bewerben Sie sich direkt über unser Stellenportal: **www.imo-gmbh.com/karriere**

IMO Oberflächentechnik GmbH • Remchinger Straße 5 • 75203 Königsbach-Stein

Sie haben ein tolles Produkt...
unsere Technologien setzen ihm die Krone auf.



- Keine Korrosion
- Kein Verschleiß
- Keine Reibung
- Kein überflüssiges Gewicht

Innovative Lösungen
für Ihren Wettbewerbsvorteil.

CERANOD®
Oberflächentechnologie der Zukunft

ELB® – Eloxalwerk Ludwigsburg · Helmut Zerrer GmbH · www.ceranod.de