# WOMAG

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche



### Jedes Grad zählt

Sparen Sie Energie mit UniPrep® D315 LL – dem Niedertemperatur-Tauchreiniger, der zu allen past!!





Atotech an MKS Brand

info@atotech.com

www.atotech.com

### WERKSTOFFE

Rauheit und Rauheitsmessung – die neue ISO 21920

### **OBERFLÄCHEN**

PVD-Beschichtung Tritan – Schichtverfahren für die Massenproduktion

### WERKSTOFFE

Festkörperschmierung für Hochdruckanwendungen

### **OBERFLÄCHEN**

Abwasserbehandlung in modernen Galvanisierprozessen

### **OBERFLÄCHEN**

Vorausschauende Wartung und optimierter Anlagenbetrieb

### **SPECIAL**

Kombinierte Oberflächentechnik für den Verschleißschutz

**DEZEMBER 2022** 

Branchen-News täglich: womag-online.de



Jetzt Vorträge einreichen!

online auf https://oberflaechentage.zvo.org

### Schwerpunktthemen für 2023

- Vor- und Nachbehandlung als qualitätsbestimmende Prozessschritte galvanischer Oberflächenbeschichtungen im Hinblick auf Verfahrenschemie und Anlagentechnik
- Technologien zur Oberflächenfunktionalisierung (außerhalb der Galvanotechnik)
- Kosten- und ressourceneffiziente Abwasserbehandlung
- Oberflächenverfahren für nachhaltige, klimaneutrale und energiesparende Beschichtung
- Herausforderung Industrielle Bauteilsauberkeit: Neue Anforderungen zu partikulären und filmischen Verunreinigungen

- Unternehmerforum Management meets Oberfläche:
  - Industrie 4.0 und digitale Vernetzung: Bedeutung und Umsetzung in der Galvano- und Oberflächentechnik (Best Practice)

Stichtag: 31.01.2023

- Energiemanagement in der Galvano- und Oberflächentechnik (Best Practice)
- Personal & Recruitung (Best Practice)
- Nachhaltige, klimaneutrale und energiesparende Ausrichtung einer Galvanik (Best Practice)
- Umstellung auf Cr(III)-Prozesse aus Sicht einer Galvanik (Best Practice)

### Ständige Themenbereiche

- Ergebnisse aus der Forschung Junge Kollegen berichten
- Ergänzende Technologien zur Galvano- und Oberflächentechnik
- Kathodischer Korrosionsschutz

- Verschleißschutz & Tribologie
- Funktionsschichten
- Neue Anforderungen an die Galvano- und Oberflächentechnik
- Von der Prozessüberwachung zur Produktqualität



## Prozesstechniken für hochqualitative Oberflächen



Hochbelastbare, qualitativ hochwertige Oberflächen können beispielsweise durch die Beschichtung mit Metallen oder Keramiken erzielt werden. Im Falle von chemisch oder galvanisch abgeschiedenen Nickel-Phosphor-Legierungen führt eine zusätzliche Wärmehandlung zu einer deutlichen Erhöhung der Härte, was bei bestimmten Belastungsarten ebenfalls zu einer Steigerung der Widerstandsfähigkeit führen kann. Eine Arbeitsgruppe der Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik sowie der Professur Mikrofertigungstechnik, beide an der TU Chemnitz angesiedelt, konnte zeigen, dass eine mechanische Bearbeitung durch Drehen oder Diamantglätten ebenfalls

eine deutliche Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen abrasive Belastung bewirkt - der Beitrag mit den durchgeführten Behandlungen und den daraus ermittelten Kennwerten findet sich auf Seite 16 und 17 in dieser Ausgabe der WOMag. Da viele Bauteile zur Erzeugung einer entsprechenden Form oder zur Einebnung unterschiedlicher mechanischer Bearbeitung unterzogen werden, können in diesen eingeführten Bearbeitungstechnologien durchaus Leistungen stecken, die bisher noch nicht ausreichend zur Kenntnis genommen wurden.

Vor mehr als 30 Jahren wurde in der PVD-Beschichtung eine ernste Konkurrenz zur galvanischen Beschichtung gesehen – auch wenn sich dies nur bedingt bewahrheitet hat. Ein Grund dafür ist die relativ aufwendige Anlagentechnik, die den Durchsatz bisher eingeschränkt hat und so die Beschichtung von Massenteilen kaum ermöglicht hat. Die iwis mobility systems mit Stammsitz in München verfügt seit einiger Zeit über eine Anlagentechnik, mit der – an Stelle des bisher üblichen Batch-Betriebs – durch eine kontinuierliche Beschichtung eine Ausbringung von bis zu 500 000 Teilen pro Tag möglich ist. Die Anlagen gestatten zudem eine nahtlose Beschichtung und eine 100-%-Prüfung der beschichteten Teile, so die Aussage der zuständigen Spezialisten bei iwis (Beitrag auf Seite 22 ff). Vermutlich ebnen die Entwickler und Konstrukteure mit dieser Produktionsvariante der PVD-Beschichtung den Weg von der Spezialbeschichtung, wie sie vor allem für Werkzeuge seit langem Stand der Technik ist, in den Massenmarkt für jede Art von Anwendung dieser hochwertigen Beschichtung.

Die Redaktion der WOMag bedankt sich zum Abschluss des Jahres bei allen Autoren und Autorinnen dieser und der vergangenen neun Ausgaben 2022 für die Mitarbeit bei der Gestaltung der Fachzeitschrift WOMag sowie bei allen Lesern und Werbekunden für das entgegengebrachte Interesse an unserer Arbeit. Wir wünschen Ihnen allen ruhige und erholsame Feiertage und einen guten Start in das neue Jahr!

### **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.







MUNK GmbH

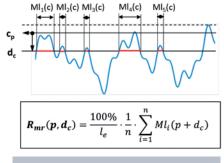
Gewerbepark 8+10 | D-59069 Hamm-Rhynern

Tel.: +49 2385 74-0 | Mail: vertrieb@munk.de

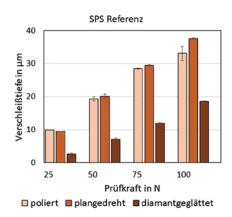
www.munk.de | f in 

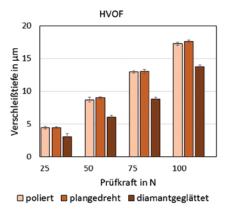
1

### INHALT

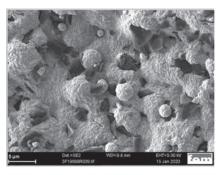


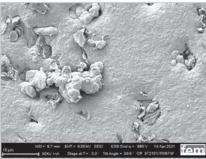
4 Rauheitsmessung ISO 21920





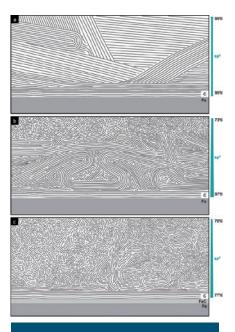
16 Verfahrenskombination zur Verbesserung des Verschleißverhaltens











Ergebnisse aus der Forschung auf dem Weg in die Praxisanwendung

Festkörperschmierung

### **WERKSTOFFE**

- **4** Rauheit und Rauheitsmessung Was verändert sich durch die neue ISO 21920?
- 6 Dr.-Ing. Nicole Mensching erhält Paul-Riebensahm-Preis
- 7 Härte und Funktionalität erzielen Lebensdauersteigerung
- 8 Festkörperschmierung für Hochdruckanwendungen
- 9 Ultraschall macht additive Bauteile aus dem 3D-Drucker stabiler und langlebiger
- 11 Effizientere Brennstoffzellen durch metallisches Papier
- 12 Keramikschichten ermüden nicht
- **13** BASF eröffnet Chemetall Innovation and Technology Center für Oberflächentechnik in China

### **OBERFLÄCHEN**

- **14** Beitrag zur Energiewende Nickellegierungen für vielfältige, hoch beanspruchte Einsatzzwecke
- **15** Wettbewerb #ZukunftADP
- 16 Kombinierte Oberflächentechnik für den Verschleißschutz
- 18 Intelligente Dienste für vorausschauende Wartung und optimierten Betrieb peripherer Anlagentechnik im Galvanikprozess am Beispiel der Abluftanlage
- 22 PVD-Beschichtung TRITAN
- 25 Qualitätssicherung in der Produktion
- 26 Nachhaltiger Palladiumersatz durch RUTHUNA®
- 28 Abwasserbehandlung in modernen Galvanisierungsprozessen
- **30** Hightech-Bauteile prozesssicher und nachhaltig im Reinraum reinigen

### **INHALT**



18 Vorausschauende Wartung und optimierter Betrieb bei Abluftanlagen



**22** PVD-Beschichtung von Massenteilen in höchster Qualität

### **OBERFLÄCHEN**

- **32** Recyclingfähige Lebensmittelverpackungen: Qualitätskontrolle von Nanobeschichtungen
- 33 Kompetenz für die Oberflächentechnik
- **34** Entwicklung antiviraler Eloxaloberflächen
- **35** Energiebeschaffung und was die Branche sonst noch bewegt

### **VERBÄNDE**

- 38 Ausgezeichnete Innovationen für die industrielle Teilereinigung
- **39** Autorisierung von Chromtrioxid nach REACh
- **41** ZVO-Oberflächentage 2023: Aufruf zur Einreichung von Vorträgen

**Zum Titelbild:** Atotech bietet hochwertige Produkte für die Beschichtung und Oberflächenbehandlung zum Einsatz in allen Industriebereichen; www.atotech.com

### **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 2022 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. 11 vom 15. Oktober 2021

#### 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

## Rauheit und Rauheitsmessung – Was verändert sich durch die neue ISO 21920?

Von Prof. Dr. Dietmar Schorr, Steinbeis Transferzentrum, Karlsruhe

Die neue internationale Norm ISO 21920 zur profilhaften Messung, Charakterisierung und Angabe der Oberflächenbeschaffenheit (Rauheit, Welligkeit) von Bauteilen hat im Dezember 2021 die Normen ISO 3274, ISO 4287, ISO 4288, ISO 13565 und ISO 1302 abgelöst. Dadurch ergeben sich etliche Änderungen für die Durchführung der Rauheitsmessung, die Kennwerte und die Zeichnungseintragungen der Oberflächenbeschaffenheit und deren Messung.

Der Begriff Rauheitsmessung für die profilhafte Messung wird meistens verkürzt für das Thema Oberflächenmessung verwendet. Diese umfasst die Bestimmung der Rauheit, der Welligkeit und der Formabweichungen einer Bauteiloberfläche. Die Oberflächenmessung dient dazu, die Mikrostruktur von Oberflächen zu bestimmen und durch Kennwerte quantitativ zu beschreiben. Dies kann über die Profilkennwerte zweidimensional erfolgen, wobei die Werte aus profilhaften beziehungsweise linienhaften Messungen ermittelt werden, oder über Flächenkennwerte dreidimensional. Die flächenhaften Kennwerte werden aus optischen Oberflächenmessungen bestimmt, die es ermöglichen, eine Oberfläche vollständig zu erfassen und zu beschreiben.

#### **Filterung**

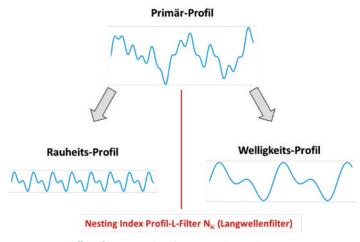
Unregelmäßigkeiten einer Oberflächenfeinstruktur lassen sich in kurzwellige und langwellige Anteile zerlegen. Die Summe aller kurzwelligen Anteile stellt die Rauheit und die Summe aller langwelligen die Welligkeit einer Oberfläche dar. Rauheit und Welligkeit gehören nach DIN 4760 zu den Gestaltabweichungen einer Oberfläche, die der Formabweichung überlagert sind.

Es ist wichtig, die verschiedenen Merkmale einer Oberfläche zu unterscheiden und über

eigene Kennwerte zu charakterisieren. Rauheit, Welligkeit und Formabweichungen wirken sich unterschiedlich auf die funktionalen Eigenschaften einer Oberfläche bezüglich Reibung-, Verschleiß- und Dichtverhalten aus. Das gemessene Profil einer Oberfläche kann man sich als Summe von Sinuswellen mit verschiedenen Amplituden und verschiedenen Wellenlängen vorstellen. Mit Hilfe eines Filters wird das gemessene Profil in seine

Bestandteile mit unterschiedlichen Wellenlängen zerlegt (Abb. 1).

Als Filterung wird der Vorgang zum Herausfiltern derjenigen Komponenten des Oberflächenreliefs verstanden, die unterhalb oder oberhalb eines bestimmten Grenzwerts der Wellenlänge liegen. Dieser Grenzwert der Wellenlänge zur Trennung der Anteile wird als Grenzwellenlänge beziehungsweise nach der neuen ISO 21920-3 Nesting Index des Profil-L-Filters Nic bezeichnet (Abb. 2). Die Wirkung einer solchen Grenzwellenlänge lässt sich am besten mit der Maschenweite eines Sandsiebs vergleichen. Dieses sorgt dafür, dass der Sand (Primärprofil) in feine

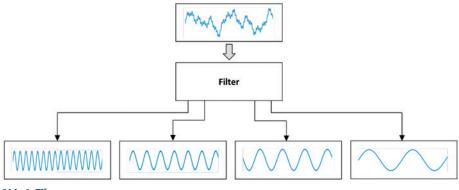


lenlängen vorstellen. Mit Hil- Abb. 2: Langwellenfilterung auf Basis der Nesting Indizes

(Rauheit) und in grobe (Welligkeit) Sandkörner getrennt wird. Die Rauheit besteht dabei aus Sinuswellen kurzer Wellenlängen beziehungsweise hoher Frequenzen und ist das Ergebnis der Hochpassfilterung. Die Welligkeit besteht aus Sinuswellen mit langen Wellenlängen beziehungsweise tiefen Frequenzen und ist das Ergebnis der Tiefpassfilterung.

### **Nesting-Indizes und Auswertestrecke**

Da aus den gesiebten Profilen die Kennwerte zur quantitativen Beschreibung von Oberflächenmerkmalen berechnet werden, ist es wichtig, dass die Grenzwellenlänge richtig gewählt wird. Ebenso gilt diese für die Wahl der Auswertestrecke (Messstrecke) sowie für die Messbedingungen zur Durchführung der Oberflächenmessung beziehungsweise Rauheitsmessung. Die Festlegung der Messbedingungen erfolgt in der Norm ISO 21920-3 anhand von sogenannten Einstellklassen Sc (setting classes) (Tab. 1). Die bisherige Unterscheidung zwischen periodischen und aperiodischen Profilen zur Festlegung der Messbedingungen entfällt, da diese in der praktischen Anwendung oftmals zu unterschiedlichen Messbedingungen geführt hat.



Tab. 1: Auswahl der Werte zur korrekten Anwendung der Messung entsprechend der Einstellungsklasse Sc

	Sc1	Sc2	Sc3	Sc4	Sc5	
Nesting-Index Profil-L-Filter $N_{lc}$ (Grenzwellenlänge $\lambda_c$ für R-Kennwerte) oder Nesting-Index Profil-S-Filter $N_{lc}$ (Grenzwellenlänge $\lambda_c$ für W-Kennwerte)	0,08 mm	0,25 mm	0,8 mm	2,5 mm	8 mm	
Messstrecke (Auswertestrecke) I <sub>e</sub>	0,4 mm	1,25 mm	4 mm	12,5 mm	40 mm	
Nesting-Index des Profil-S-Filters $N_{_{\rm B}}$ (Grenzwellenlänge $\lambda_{_{\rm S}}$ )	0,8 µm	0,8 µm	2,5 µm	8µm	25 μm	
Maximales Abtastintervall dx	0,15 µm	0,15 μm	0,5 μm	1,5 µm	5 μm	
Maximaler Tastspitzenradius r <sub>tip</sub>	2 μm	2 µm	2 µm	5 μm	10 μm	
für schnittlängenbasierte Kennwerte						
Schnittlänge I <sub>sc</sub>	0,08 mm	0,25 mm	0,8 mm	2,5 mm	8 mm	
Anzahl Schnitte n <sub>sc</sub>	5	5	5	5	5	

Des Weiteren werden in der neuen Norm die Messbedingungen nicht mehr nur anhand der Kennwerte R<sub>a</sub>, R<sub>z</sub> und R<sub>sm</sub> definiert, sondern anhand verschiedener Kennwerte. Eine weitere Änderung der neuen Norm ist, dass nicht mehr der Istwert eines Kennwerts sondern der Sollwert als Entscheidungskriterium dient. Diese Änderung wird in der Praxis aber zu Herausforderungen führen, da oftmals die tatsächliche Fertigungsqualität viel besser ist als der zulässige Grenzwert, der viele Jahre zuvor auf einer Zeichnung definiert und nie angepasst wurde. Des Weiteren wird in der neuen Norm zwischen schnittlängenbasierten und nicht schnittlängenbasierten Parametern unterschieden. Dabei entspricht die Schnittlänge I. (section length) der bisherigen Länge der Einzelmessstrecke.

Eine weitere Neuerung der ISO 21920-3 ist, dass die Unvollkommenheiten einer Oberfläche und Oberflächenfehler nun Teil der spezifizierten Oberfläche sind und bei der Be-

stimmung der Profilpositionen berücksichtigt werden müssen. Bisher war es so, dass die Unvollkommenheit der Oberfläche von der Rauheit und Welligkeit zu trennen war, und so die Kennwerte nicht dadurch verfälscht wurden. Die Neuerung wird je nach Art und Größe des Oberflächenfehlers zum einen durch die Filterung zu einer Verzerrung des Rauheits- oder Welligkeitsprofils führen.

Des Weiteren kollidiert dies mit der Forderung in ISO 16610-1, wonach Formabweichungen, Ausreißer und ungewünschte Phänomene, aus einem Datensatz zu entfernen sind. Dies ist der lokale Anteil in einem Datensatz, der nicht repräsentativ oder nicht typisch für das zerlegte integrale Geometrieelement ist und der durch Größe und Skala gekennzeichnet ist.

#### Kennwerte

Durch die neue ISO 21920-3 wurde die Auswahl an Kennwerten für die funktionsgerech-

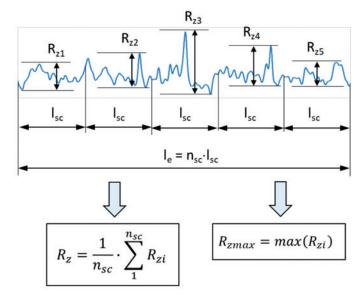


Abb. 3: Basis zur Bestimmung von R und R

te Charakterisierung der Beschaffenheit von Oberfläche erheblich erweitert. Damit stehen jetzt über 100 Kennwerte zur passgenauen Charakterisierung von funktionalen Eigenschaften von Bauteiloberflächen über die Profilkennwerte 2D zur Verfügung. Von dieser umfangreichen Auswahl bedarf es zur eindeutigen Beschreibung der Anforderungen an eine Oberflächenbeschaffenheit in der Praxis drei bis sechs Kennwerte.

Einer dieser Kennwerte ist die mittlere Höhe des Rauheitsprofils R. Dieser wird berechnet, indem die Auswertestrecke (Messstrecke) des Rauheitsprofils in der Regel in fünf gleich lange Abschnitte (Schnittlänge L.) unterteilt wird. In diesen einzelnen Abschnitten werden die Summen der größten Senkentiefen und größten Spitzenhöhen gebildet, aus denen anschließend der arithmetische Mittelwert berechnet. Die mittlere Höhe unterscheidet sich von der mittleren arithmetischen Höhe des Rauheitsprofils Ra, welche für die Beschreibung von Oberflächen einen nicht brauchbaren Kennwert darstellt. Die maximale Höhe des Rauheitsprofils R ist der Maximalwert der Summe der größten Spitzenhöhen und der größten Senkentiefen innerhalb einer Schnittlänge I, über alle Schnittlängen innerhalb der Auswertestrecke (Messstrecke) I<sub>2</sub> (Abb. 3).

#### **Funktionsflächen**

Als Funktionsflächen werden unter anderem plateauartige Oberflächen bezeichnet, die durch Honen, Reiben oder Glattwalzen hergestellt werden. Diese sind dadurch gekennzeichnet, dass es keine ausgeprägten Oberflächenspitzen, jedoch aber Senken (Riefen, Näpfchen) gibt (Abb. 4), welche beispielsweise als Reservoir für einen Schmierstoff dienen können. Bauteile mit dieser Art Oberfläche werden beispielsweise für Führungen eingesetzt. Die entsprechende Oberflächenfeinstruktur hat einen hohen Traganteil, das heißt, es kommt unter Belastung zu tendenziell geringen plastischen Deformationen der Oberfläche.

Der dafür verantwortliche Traganteil wird durch den Kennwert des relativen Materialanteils R<sub>mr</sub> (p, d<sub>c</sub>) quantifiziert. Dieser ist das

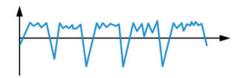


Abb. 4: Beispiel für die Verteilung von Höhen und Tiefen einer Oberflächenstruktur

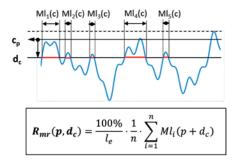


Abb. 5: Ermittlung der Kennwerte aus dem Messverlauf

Verhältnis der kumulierten Profilanteile Ml, die auf einem Niveau d, zu einem Bezugsniveau in der Höhe c, mit einem Bezugsmaterialanteil in einer Referenzschnitttiefe c, geschnitten werden (Abb. 5). Die Referenzierung ist deshalb wichtig, weil ansonsten als Bezug die höchste Oberflächenspitze dient. Dies wiederum ist problematisch, da dann eine einzelne, auch mal sehr große, Oberflächenspitze im Messprofil entscheidend den zu ermittelnden Kennwert  $R_{\rm mr}$  bestimmt.

Die Schnitthöhe und die Referenzschnitttiefe gehören zum Kennwert und müssen am Messgerät bei der Messung eingestellt werden. Ohne diese Angaben kann der Wert nicht ermittelt werden.

### Zeichnungseintragungen

Die Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit eines Bauteils werden am Symbol für Oberflächen auf Zeichnungen angegeben. An diesem werden die Kennwerte, die Grenzwerte und die Messbedingungen angegeben. Durch die explizite Angabe der Messbedingungen am Symbol können Fehler bei der Durchführung der Messung vermieden werden, denn die korrekte Messung bedarf umfangreicher Kenntnisse der Materie. Beispielsweise wird durch die Oberflächenangabe gemäß Abbildung 6 für die mittlere Höhe des Rauheitsprofils für Rz eine Mindestrauheit von 1,5  $\mu$ m gefordert; diese ist durch die in der ISO 21920-1 neu eingeführte Median-Toleranzakzeptanzregel zu messen und vorher muss die Nennform eines Kreisbogens (LSC) entfernt werden.

Neu ist auch die in der ISO 21920-1 geschaffene Möglichkeit, die Messrichtung in Bezug auf das Geometrieelement des Werkstücks anzugeben (*Abb. 7*). Wird von dieser Möglichkeit kein Gebrauch gemacht, so ist die Messung, wie bisher auch, quer zu den Oberflächenrillen aus dem Fertigungsverfahren beziehungsweise quer zur Hauptriefenrichtung durchzuführen.

#### **Fazit**

Die richtige Durchführung einer Rauheitsmessung ist unabdingbar, um vergleichbare Messergebnisse zu erzielen und somit Korrelationen zu den Funktionseigenschaften zu bilden. Das umfasst vertieftes Wissen zu der Bedeutung von Kennwerten, der Auswahl der Messbedingungen, der Angabe oder der Interpretation am Symbol für Oberfläche sowie



Abb. 6: Zeichnungsangaben für  $\mathbf{R}_{_{\mathbf{z}}}$  gemäß der neuen Norm

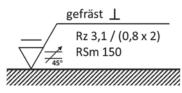


Abb. 7: Angabe der Messrichtung

die Auswahl von Messverfahren und deren jeweiligen Besonderheiten. Die neue Norm ISO 21920 erweitert mit ihren drei Teilen die bestehenden Möglichkeiten deutlich und fasst das Thema profilhafte Oberflächenbeschaffenheit in einer Norm zusammen.

Das Steinbeis-Transferzentrum Tribologie in Anwendung und Praxis an der Dualen Hochschule BW in Karlsruhe berät zu diesen Themen, führt Oberflächenmessungen als Dienstleistung sowie Seminare zur Rauheit und Rauheitsmessung durch.

#### Kontakt:

Steinbeis Transferzentrum – Tribologie in Anwendung und Praxis, Karlsruhe; Leitung: Prof. Dr.-Ing. Dietmar Schorr; E-Mail: kontakt@steinbeis-analysezentrum.com

⊃ www.steinbeis-analysezentrum.com

### Dr.-Ing. Nicole Mensching erhält Paul-Riebensahm-Preis

Dr.-Ing. Nicole Mensching, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Leibniz-IWT, erhält den renommierten Paul-Riebensahm-Preis 2022. Diese Auszeichnung wird jährlich auf dem HärtereiKongress in Köln für den besten Vortrag aus den Reihen des wissenschaftlichen Nachwuchses vergeben.

Auf dem diesjährigen HärtereiKongress (HK) in Köln, der jährlich von der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. veranstaltet wird und in 2022 erstmals nach 2019 wieder in Präsenz stattfinden konnte, kam es am letzten Messe- und Kongresstag zur Verkündung des Paul-Riebensahm-Preises. Über die Auszeichnung für den besten Vortrag aus den Reihen des wissenschaftlichen Nachwuchses konnte sich Dr.-Ing. Nicole Mensching freuen, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien (IWT) in Bremen.

Dr.-Ing. Nicole Mensching schloss vor Kurzem mit großem Erfolg ihre Dissertation an der Universität Bremen ab und arbeitet derzeit am Leibniz-IWT als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Fertigungstechnik, wo sie sich unter anderem mit Prozessen zur mechanischen Oberflächenbehandlung beschäftigt. Mit ihrem Vortrag zum Thema Partikel-orientiertes Strahlen als neuartiger Ansatz zur Hochdurchsatz-Charakterisierung metallischer Werkstoffe überzeugte sie die fünfköpfige Jury aus verschiedenen Fachgebieten sowohl inhaltlich als auch rhetorisch: Frau Mensching hat es geschafft, die

Jury durch ihre analytischen Ergebnisse sowie ihre kompetente Präsentation von ihrer Fähigkeit zu überzeugen, neue wissenschaftliche Denkansätze im Bereich der Materialprüfung mit hohem Anwendungspotential entwickeln zu können, hieß es in der Laudatio. Der renommierte Paul-Riebensahm-Preis ist mit 2000 Euro dotiert und wird auf dem HärtereiKongress an den Preisträger überreicht. Der HK ist der größte europäische Fachkongress für die Themen Werkstofftechnik und Wärmebehandlung, Fertigungs- sowie Verfahrenstechnik.

⊃www.iwt-bremen.de

### Härte und Funktionalität erzielen Lebensdauersteigerung

Wie muss die Randzone gehärteter Bauteile ausgelegt werden, um starken Belastungen Widerstand zu leisten und wie kann dies mit dem Fertigungsprozess erreicht werden? Mit diesen Fragen beschäftigen sich Forschende am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Leibniz Universität Hannover (IFW). Dabei wird untersucht, wie mit kombinierten Prozessen spezielle thermische und mechanische Effekte gezielt genutzt werden können. Ziel ist es nach Aussage von Projektbearbeiter Henke Nordmeyer, die Randzone der gehärteten Bauteile so einzustellen, dass sie ihre Funktion möglichst lange erfüllen können.

Gehärtete Bauteile werden oft dort eingesetzt, wo hohe Belastungen erwartet werden. Diesen Belastungen halten gehärtete Bauteile lange Stand. Die wirkenden Belastungszustände sind dabei häufig wechselnd und führen mit der Zeit zu einer Rissbildung und später sogar zu einem Bruch des Bauteils. Diesem Versagen der Bauteile kann eine lastangepasste Randzone entgegenwirken, sagt Henke Nordmeyer. Das heißt, dass die Eigenschaften der Randzone so eingestellt werden, dass die Lasten während der Nutzung des Bauteils aufgenommen werden können, ohne dass es zu Schäden im Bauteil kommt. Im Grundlagenprojekt Funktionalisierte Randzone für belastungsorientiertes Ermüdungsverhalten gehärteter Bauteile werden die Zusammenhänge zwischen den Fertigungsprozessen und der Bauteillebensdauer untersucht.

Im neu gestarteten DFG-Projekt werden biegewechselbeanspruchte Bauteile betrachtet

als auch wälzbelastete Lagerringe in Kooperation mit dem Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie (IMKT) untersucht. Die gezielte Einstellung der Bauteilrandzone mit dem Kombinationsprozess Drehwalzen wird zunächst durch eine Analyse der Wechselwirkungen der Einzelprozesse ermittelt. Hierzu wird dem Festwalzen eine lokale Induktionserwärmung vorgeschaltet, um den Temperatureintrag durch den Drehprozess abbilden zu können. Durch diese Analogiewärmequelle können gezielt die Prozesstemperaturen variiert werden und somit optimale Prozessbedingungen für die lastangepasste Fertigung der gehärteten Bauteile ausgelegt werden. Anschließend wird der Drehprozess untersucht, um das Prozessfenster festzulegen, das die notwendige Erwärmung für das Walzen liefert. Aus dem daraus entwickelten Modell werden Randzonenzustände für die biegewechsel- und wälzbelasteten Bauteile abgeleitet. Die unter Verwendung des Modells



Festwalzen eines Lagerinnenrings (© IFW/Nm)

gefertigten Bauteile werden anschließend einer Lebensdauerprüfung unterzogen, um zu prüfen, inwieweit ein definiert eingestellter Randzonenzustand durch den Drehwalzprozess die Lebensdauer steigert. H. Nordmeyer

#### Kontakt

Henke Nordmeyer, Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen

E-Mail: nordmeyer@ifw.uni-hannover.de

⊃ www.ifw.uni-hannover.de



### =Festkörperschmierung für Hochdruckanwendungen

Öl als Schmiermittel ist altbekannt – weniger alltäglich dagegen ist der Festkörperschmierstoff Graphit. Zwar kommt er bei niedrigen Anpressdrücken zum Einsatz, jedoch waren die auftretenden Effekte bisher nur bedingt verstanden. Insbesondere war unklar, ob sich dieses Schmiermittel auch bei hohen Anpressdrücken, etwa in Wälzlagern, einsetzen lässt. Forschende konnten das gängige Reibungsmodell zur Erklärung der Wirkungsweise nun erweitern. Im Journal Nature Communications veröffentlichten sie ihre Ergebnisse und erklären, wieso diese der Graphitschmierung künftig einen Weg in die Hochdruckanwendungen eröffnen.

Sei es der Motor im Auto, sei es die Fahrradkette: Viele Getriebe, Lager, Ketten und Co. werden mittels Öl geschmiert, damit Reibung und Verschleiß möglichst gering sind. Doch nicht überall ist Öl das Mittel der Wahl: Harsche Umgebungsbedingungen, hohe Temperaturen und mitunter auch die Lebensmittelverarbeitung erfordern Festschmierstoffe. Eine bereits recht lange bekannte Möglichkeit dazu bietet die Graphitschmierung. Mag sich der Schlüssel im Schloss nicht mehr drehen, wird Graphit ebenso eingesetzt wie in Generatoren und Flugzeugen. Eines jedoch ist all den Anwendungen gemein: Es handelt sich um Reibvorgänge, bei denen nur niedrige Anpressdrücke herrschen.

#### Hohen Drücken auf der Spur...

Die Frage ist daher, wie sich die Graphitschmierung bei hohen Anpressdrücken von mehreren Gigapascal, wie sie etwa im Wälzlager auftreten, verhält. Diese Frage stellten sich Forscher des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Zudem untersuchten sie, welche Rolle die Luftfeuchtigkeit bei der Graphitschmierung spielt: Denn bei zu geringer Luftfeuchte funktioniert die Schmierung nicht, stattdessen kommt es zu einer Kaltverschweißung der beiden Reibpartner. Das physikalische Adsorptionsmodell von Savage lieferte bislang eine grobe Erklärung – ihm zufolge wird die oberste Graphitlage mit Wasser gesättigt und somit passiviert. Der eigentlich reaktionsfreudige Graphit wird reaktionsträge.

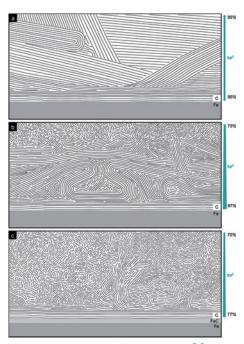
#### ... per Experiment

Das Adsorptionsmodell von Savage war zwar allgemein anerkannt, sagt Carina Morstein, Wissenschaftlerin in der AG Angewandte Nanotribologie am Institut für Angewandte Materialien (IAM) des KIT. Doch wurde es vor allem unter sehr niedrigen Flächenpressungen getestet. Die Forschenden haben daher Experimente bei sehr hohen als auch bei sehr niedrigen Flächenpressungen durchgeführt.

Carina Morstein setzte die Graphitschichten auf den Reibpartnern verschiedenen Drücken aus, fertigte Querschnitte an und untersuchte diese mit dem Transmissionsmikroskop. Bevor die Schichten dem Druck der Reibung ausgesetzt würden, erkenne man lange Lamellen in der Graphitschicht, erklärt Morstein. Nach dem Druck und dem Gleiten jedoch seien diese verschwunden, stattdessen sei eine Art Verwirbelung von Graphit zu erkennen. Durch die Scherung im Reibkontakt tritt also eine Strukturänderung vom polykristallinen System hin zu turbostratischem Kohlenstoff auf, die bisher noch in keinem Modell berücksichtigt wurde, sagt Prof. Dr. Martin Dienwiebel vom IAM.

#### ... und per quantenchemischer Simulation

Die Forschenden am Fraunhofer IWM erhärteten diese Beobachtung durch guantenchemische Simulationen: Auch hier bleiben die Graphitkristalle unter Druck nicht stabil, sondern bilden stattdessen gebogene Ketten. Wie vom Savage-Modell vorhergesagt, werden die obersten Schichten jedoch mit Wasser abgesättigt. Das Savage-Bild ist nach den Worten von Prof. Dr. Michael Moseler, Leiter der Gruppe Multiskalenmodellierung und Tribosimulation am Fraunhofer IWM, nicht schlecht, es fehle jedoch die Umordnung im Graphit. Es sei nicht mehr Graphit, der auf Graphit reibt, sondern turbostratischer Kohlenstoff reibe über turbostratischen Kohlenstoff, sagt Prof. Moseler. Selbst bei niedrigen Drücken bildet sich diese turbostratische Schicht: Je mehr Druck, desto mehr Graphit wandelt sich um - und desto dicker wird die verwirbelte Schicht. Wir haben das gängige Modell der Graphitschmierung also erweitert und somit eine bessere Basis zum Verständnis der Graphitschmierung gelegt, freut sich Morstein. Dies eröffne zahlreiche neue Anwendungen. Die Ergebnisse veröffentlichte das Team kürzlich im Journal Nature Communications. Sie zeigen, dass die Schmierung trotz der Umwandlung der schmierenden Graphitschicht auf den Reibpartnern funktio-



Die Struktur der Graphitschicht vor (a) und nach (b) dem Gleitexperiment und bei hohen Drücken (c) (© Fraunhofer IWM/KIT)

niert. Die Schmierung funktioniert sowohl bei niedrigen als auch bei hohen Drücken, sagt Prof. Moseler. Wir konnten somit erstmals nachweisen, dass sich die Graphitschmierung beispielsweise auch im Axiallager einsetzen lässt. Wie das genau aussehen kann, wollen die Forschenden in einem Folgeprojekt untersuchen: An dessen Ende soll ein graphitgeschmiertes Axialwälzlager stehen.

#### Originalpublikation:

C.E. Morstein, A. Klemenz, M. Dienwiebel, M. Moseler: Humidity-dependent lubrication of highly loaded contacts by graphite and a structural transition to turbostratic carbon; Nature Communications 13 (2022) Art. 5958, https://doi.org/10.1038/s41467-022-33481-9

#### Kontakt:

Prof. Dr. Michael Moseler, E-Mail: michael.moseler@iwm.fraunhofer.de

 $\hbox{E-Mail: martin.dienwiebel@iwm.fraunhofer.de}\\$ 

⊃www.iwm.fraunhofer.de

Prof. Dr. Martin Dienwiebel,

## Ultraschall macht additive Bauteile aus dem 3D-Drucker stabiler und langlebiger

Ultraschall wird es in naher Zukunft ermöglichen, mit industriellen 3D-Druckern robustere, langlebigere und preiswertere Bauteile als bisher für Luft- und Raumfahrt, Werkzeugbau sowie weitere Branchen herzustellen. Um diese neue Technologie binnen drei Jahren zur Marktreife zu führen, haben sich Forschende aus Dresden, Hamburg und dem australischen Melbourne zu einem Forschungsverbund zusammengeschlossen. Ihr im Juni 2022 gestartetes Projekt *UltraGrain* zielt darauf ab, beim draht- und pulverbasierten Laserauftragschweißen eine maßgeschneiderte feinkörnige Mikrostruktur (*Gradierung*) zu erzeugen, die eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften und der Korrosionsbeständigkeit einer Mehrzahl technischer Legierungen verspricht.

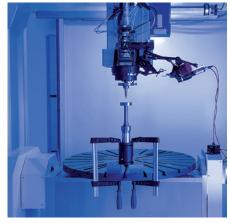
An dem mit vier Millionen Euro dotierten Projekt beteiligen sich das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden, die Fraunhofer-Einrichtung für Additive Produktionstechnologien IAPT in Hamburg und das RMIT Centre for Additive Manufacturing in Melbourne, Australien. Das offizielle Auftakttreffen fand am 11. Oktober 2022 unter dem Leitthema *On-demand Gradierung der Kornstruktur durch ultraschallunterstützte AM – von der Demonstration zur Industrialisierung* in Dresden statt.

### Dresdner und Hamburger heben Kooperation mit RMIT und Australien auf eine neue Stufe

Uns ist dieses gemeinsame Projekt mit dem RMIT und dem Fraunhofer IAPT eine besondere Herzensangelegenheit, sagt Prof. Christoph Leyens, Institutsleiter des Fraunhofer IWS und Adjunct Professor am RMIT. Ähnlich sieht es auch Prof. Ingomar Kelbassa, Institutsleiter des Fraunhofer IAPT und ebenfalls Adjunct Professor am RMIT: Sowohl das Fraunhofer IAPT als auch das Fraunhofer IWS arbeiten schon seit längerer Zeit über persönliche Kontakte mit den australischen Kolleginnen und Kollegen zusammen. Ultra-Grain sei jedoch nun das erste finanziell dotierte Vorhaben, das direkt in einen Transfer gemeinsamer Forschungsergebnisse in die industrielle Praxis münden solle. Angesichts der Zusammenarbeit mit einem exzellenten internationalen Institut, die sich hier anbahnt und vertieft, fördert die Fraunhofer-Gesellschaft das Projekt mit 1,5 Millionen Euro aus ihrem Programm International Cooperation and Networking (ICON). Weitere 2,5 Millionen Euro steuern die australischen Partner bei. Die beteiligten Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen sehen großes Marktpotenzial in ihrem Kooperationsprojekt: UltraGrain werde dabei helfen, Additive Manufacturing in eine breite industrielle Anwendung zu bringen, prognostiziert Christoph Leyens. Die Projektmitarbeiter des RMIT Centre for Additive Manufacturing, Associate Prof. Andrey Molotnikov, Distinguished Prof. Milan Brandt und Distinguished Prof. Ma Qian, sind sehr optimistisch, was die Anwendung von Ultraschall auf die Mikrostrukturmanipulation angeht. Sie sind überzeugt davon, dass die nächste Generation der additiven Fertigung von Luft- und Raumfahrtteilen erheblich von der Einführung der Ultraschalltechnologie profitieren wird, die sie gemeinsam mit den Fraunhofer-Partnern entwickeln werden.

### Ultraschall fördert gleichmäßige Körnung im Material

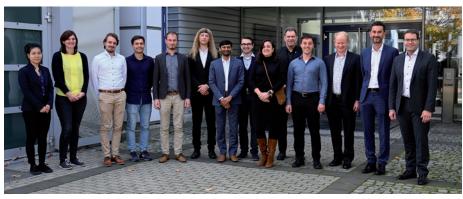
Dabei betreten die Forschenden technologisches Neuland. Um gezielt die innere Kornstruktur (*Grain*) von 3D-gedruckten Bauteilen und damit deren mechanische Eigenschaften zu beeinflussen, kombinieren sie das bewährte draht- und pulverbasierte Laserauftragschweißen mit Ultraschall, der jenseits der für Menschen hörbaren Töne schwingt. Dafür senden sie während des additiven Auftragsprozesses zum Beispiel feine Vibrationen mit einer präzise definierten Frequenz durch das entstehende Bauteil. Der Ultraschall verhindert, dass sich darin säulenartige Strukturen bilden. Diese mikroskopisch klei-



Experimenteller Aufbau beim ultraschallunterstützten Laserauftragschweißen

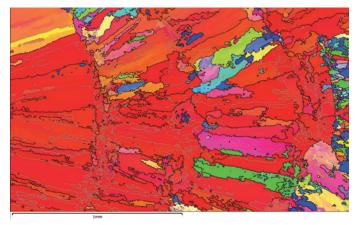
(© Fraunhofer IWS)

nen Säulen im Material sind oft unerwünscht, da ihre einseitige Ausrichtung zu schlechteren mechanischen Leistungen führt. Unter Ultraschallwirkung hingegen bilden sich feinere, rund geformte Mikrokörner, die an den bearbeiteten Stellen nahezu gleichmäßig verteilt sind. Diese equiaxiale Ausrichtung erhöht die mechanische und chemische Belastbarkeit der additiv erzeugten Werkstücke. Weil sich der Ultraschall gezielt steuern lässt, können die Bauteildesigner zum Beispiel genau vorgeben, an welchen Stellen das

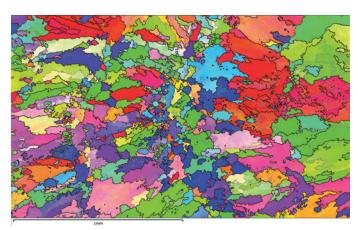


Das UltraGrain-Konsortium beim Kick-Off-Meeting in Dresden

(© Fraunhofer IWS)



EBSD-Orientierungskarten der Proben, die ohne Ultraschallunterstützung abgeschieden wurden (A = 0  $\mu$ m). Die schwarzen Linien stellen Korngrenzen mit einer Fehlausrichtung ≥ 10° dar (© Fraunhofer IWS)



EBSD-Orientierungskarten der mit Ultraschallunterstützung abgeschiedenen Proben (A = 21 µm) (© Fraunhofer IWS)

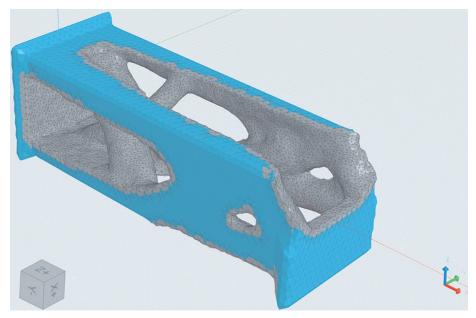
Werkstück später im Einsatz großen Belastungen ausgesetzt sein wird. Dort können die Entwickler eine ultraschallgesteuerte Kornstruktur einplanen, aber auch entscheiden, an welchen Stellen sie zu Gunsten einer schnelleren Produktion darauf verzichten können. Wichtig ist solch eine Gradierung, damit beispielsweise Gastanks von Raumsonden später einmal die besonderen Herausforderungen im Weltall über Jahre hinweg aushalten oder Werkzeuge in Autofabriken selbst hohen Punktbelastungen in der Massenproduktion widerstehen.

### Hoffnung: Neue internationale Industriekontakte und Erträge

Mit UltraGrain können wir Eigenschaften wie die Ermüdungsbeständigkeit, Festigkeit, Belastbarkeit und Duktilität verbessern und reduzieren die Rissanfälligkeit von additiv gefertigten Bauteile deutlich, erklärt Projektleiterin Dr. Elena López vom Fraunhofer IWS die daraus erwachsenden Perspektiven. Zudem eröffne sich durch dieses Projekt die Chance, neue Kontakte in die australische Industrie zu knüpfen und die internationalen Erträge des Instituts zu steigern.

Das Fraunhofer IWS bringt in den Forschungsverbund unter anderem seine Expertise im Laserauftragschweißen und in der Systemtechnikentwicklung ein. Im Fokus stehen insbesondere additive Verfahren, bei denen die Anlagen die gewünschten Titan- oder Stahllegierungen dem Laser in Drahtform zuführen. Geplant sind außerdem Untersuchungen mit pulverförmigen Ausgangsmaterialien.

Das Fraunhofer IAPT beschäftigt sich mit der optimalen Auslegung von Bauteilen mit unterschiedlichen Kornstrukturen. In Anlehnung an ein Multi-Material-Design wird eine Me-



Die entwickelten Optimierungsalgorithmen des Fraunhofer IAPT werden in der Lage sein, relevante ultraschallbeeinflusste Bereiche in Strukturbauteilen zu identifizieren (grau: feine Kornstruktur vorteilhaft mittels Ultraschallanregung; blau: grobe Kornstruktur vorteilhaft ohne Ultraschallanregung) (© Fraunhofer IAPT)

thodik zur optimalen Platzierung ultraschallbeeinflusster Materialbereiche innerhalb einer bestimmten Bauteilgeometrie entwickelt. Darüber hinaus befasst sich das Fraunhofer IAPT mit der optimalen Bahnplanung für die neue Prozesstechnologie.

Als internationaler universitärer Partner erforscht das RMIT Centre for Additive Manufacturing im Zuge von UltraGrain mit fortschrittlichen Synchrotronmessungen die physikalischen Prozesse, die der Ultraschall bei dem neuen Verfahrensansatz im Werkstoff auslöst. Außerdem untersuchen die australischen Expertinnen und Experten mögliche Skalierungseffekte. Beim Übergang von einer reinen Laborfertigung zentimetergroßer Bauteile hin zu additiv erzeugten Serienkomponenten, die mehrere Dezimeter oder sogar Meter umfassen, können durchaus unerwartete Nebeneffekte auftreten.

Das Interesse aus der Wirtschaft an dem neuen UltraGrain-Verfahren ist bereits zum Projektstart groß. Der Industriebeirat setzt sich unter anderem aus international agierenden Unternehmen aus der Luft- und Raumfahrt, der Bahntechnik sowie weiteren Branchen zusammen. Erfahrungsgemäß gehören diese in den Beiräten von Fraunhofer-Projekten vertretenen Unternehmen oft zu den frühen Anwendern solcher neuen Technologien.

⊃www.iws.fraunhofer.de

### Effizientere Brennstoffzellen durch metallisches Papier

Das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Dresden entwickelt in einem neuen Projekt ein innovatives Gas Diffusion Layer (GDL) für mobile Brennstoffzellen, das komplett aus Metall besteht. Gemeinsam mit den Partnern der Papierfabrik Louisenthal GmbH, der balticFuelCells GmbH, der FHR Anlagebau GmbH, der Papiertechnischen Stiftung PTS sowie dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. sollen Verbesserungen sowohl in den Einsatz- als auch den Montageeigenschaften der GDL erreicht werden, aber auch in der Fertigbarkeit selbst.

GDL sind die Gasdiffusionsschichten, die in Brennstoffzellenstacks zwischen Bipolarplatte und Elektrode angeordnet sind. Sie sorgen für eine optimale Gasverteilung sowie den Abtransport von Wasser, Wärme und Strom. Derzeit verwendete Brennstoffzellen haben diverse Verbesserungspotenziale: Neben einer Minimierung des Bauraums sind die Senkung der Herstellungskosten und eine Verlängerung der Lebensdauer Hauptthemen. Die hier adressierten GDL sind dabei für alle drei Bereiche relevant.

Ziel des Projekts *SinterGDL* ist die Entwicklung einer neuartigen PEM-Stack-Einheit, die gleichzeitig kostengünstig und kompakt ist. Dabei liegt ein spezielles Augenmerk auf der einfachen Höherskalierung für die Großserienproduktion aller Komponenten.

Der Clou ist das verwendete Material für die GDL, das sogenannte Sinterpapier. Durch Prozesse, die aus der Papiertechnik stammen, werden organische Faserstoffe, Füllstoffe und Additive zusammen mit Metallpulver zu einem flächigen Produkt verarbeitet, das klassischem Papier sehr ähnlich ist. In der anschließenden Wärmebehandlung werden die organischen Bestandteile entfernt und es bleibt ein rein metallisches, poröses Material. Vorrangig liegen die Einsatzbereiche der neuartigen GDL in mobilen Brennstoffzellenanwendungen in Pkw, Lkw, Bus oder Bahn. Auch in der Schifffahrt ist eine Nutzung perspektivisch möglich. Des Weiteren lassen sich die Ergebnisse auch auf PEM-Elektrolyseurkonzepte anpassen und auf stationäre Anwendungen übertragen.

Das Projekt SinterGDL wird im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie mit insgesamt 2,82 Millionen Euro durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gefördert. Die Förderrichtlinie wird von der NOW GmbH koordiniert und durch den Projektträger Jülich (PtJ) umgesetzt.

Cornelia Müller

#### Kontakt:

Dr.-Ing. Olaf Andersen, Abteilungsleiter Zellulare metallische Werkstoffe und Komponenten, Fraunhofer IFAM, Dresden

E-Mail: olaf.andersen@ifam-dd.fraunhofer.de

www.ifam-dd.fraunhofer.de



Möchten Sie Säuren, Laugen oder Metalle aus wässrigen Lösungen sauber zurückgewinnen?

Mit uns können Sie gesetzliche Grenzwerte leichter einhalten und zurückgewonnene Rohstoffe auf höchster Wertstufe wiederverwenden.



Spiraltec produziert als weltweit erstes Unternehmen gewickelte Membranmodule für die Diffusionsdialyse.



### Keramikschichten ermüden nicht

Was entscheidet über die Haltbarkeit von Hochleistungsbeschichtungen für Turbinen oder Werkzeuge? Überraschende Ergebnisse der TU Wien zeigen: Es ist nicht Materialermüdung.

Extrem dünne Beschichtungen aus Keramik können die Eigenschaften von technischen Bauteilen völlig verändern. Man verwendet sie zum Beispiel, um die Widerstandskraft von Metallen gegen Hitze oder Korrosion zu erhöhen. Beschichtungsverfahren spielen für große Turbinenschaufeln genauso eine Rolle wie für extrem beanspruchte Werkzeuge in der Produktionstechnik.

An der TU Wien untersuchte man nun, was die Widerstandskraft solcher Schichten ausmacht. Und die Ergebnisse, die unter anderem am Synchrotron DESY in Hamburg gewonnen wurden, sind überraschend: Die Keramikschichten gehen auf völlig andere Weise kaputt als Metalle. Materialermüdung spielt praktisch keine Rolle, entscheidend sind die Belastungsspitzen. Diese Erkenntnis wird die Methode verändern, mit der man die Widerstandskraft der Dünnschichten in Zukunft misst und weiter verbessert.

#### Millionen Mal belastet

Bei vielen Anwendungen sind periodische Belastungen ein großes Problem, erklärt Prof. Helmut Riedl, Leiter der Oberflächentechnik-Gruppe am Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie der TU Wien. Wenn man Bauteile aus Metall immer und immer wieder einer bestimmten Kraft aussetze, dann komme es auf mikroskopischer Skala zu Veränderungen. Manche Atome verschieben sich, es entstehen Schichten, die aneinander vorbeigleiten können, winzige Risse können sich bilden und am Ende zum Bruch des ganzen Bauteils führen. Solche Materialermüdungseffekte sind in der Technik allgegenwärtig und gut untersucht.

Weniger klar ist allerdings, was bei Belastung mit dünnen Schichten passiert, mit denen man die Bauteile überzieht. Keramische Beschichtungen sind oft nur wenige Nanometer bis 10 µm dick, sie verhalten sich völlig anders als ein solides Stück Keramik, sagt Lukas Zauner, der in der Oberflächentechnik-Forschungsgruppe an seiner Dissertation arbeitet. Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, entwickelte man an der TU Wien ganz neue Messmethoden: Anstatt Metall und keramische Beschichtung gemeinsam zu testen, wie

das normalerweise geschieht, ließ man das Metall weg, produzierte extrem dünne Proben verschiedener keramischer Materialien, die typischerweise in der Dünnschichttechnik eingesetzt werden, und setzte sie auf exakt definierte Weise verschiedenen Belastungen aus – und zwar immer wieder, bis zu zehn Millionen Mal.

### Röntgenstrahlen am Synchrotron

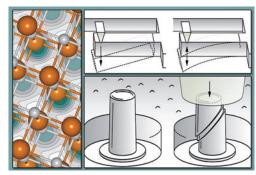
Um ganz genau herauszufinden, ob sich die atomare Struktur der Keramik dadurch verändert, fuhr das Team mit dem Versuchsaufbau nach Hamburg: Dort stehen am Synchrotron des DESY extrem gut fokussierte Röntgenstrahlen zur Verfügung, mit denen man verschiedene Punkte der Probe während des Belastungsexperiments untersuchen kann. Selbst winzige Veränderungen in der Kristallstruktur oder im Abstand zwischen benachbarten Atomen würden sich auf diese Weise nachweisen lassen.

Doch erstaunlicherweise zeigte sich bei diesen Messungen: Die Keramik verändert sich praktisch nicht. Auch Millionen Belastungszyklen führen nicht zu einer Materialermüdung. Wie Helmut Riedl ausführt, würden Standard-Keramiken nach bestimmten Mustern ermüden, ähnlich wie man das auch von Metallen kenne. Aber diese extrem dünnen Schichten, die wir mit unserer Technik untersuchen können, zeigen dieses Verhalten nicht, sagt Riedl. Ihre Mikrostruktur sei am Ende dieselbe wie am Anfang.

Das bedeutet, dass die Haltbarkeit der dünnen Schichten ausschließlich von ihrer Bruchfestigkeit bestimmt wird: Wenn man eine für das Material charakteristische Belastungsgrenze überschreitet, dann wird die Schicht zerstört – plötzlich und unumkehrbar. Alle Belastungen unterhalb dieser Grenze sind aber kein Problem; sie lassen die Keramikschicht nicht altern, sie haben praktisch keinen Effekt.

#### Neue Forschungsstrategien

Das ändert laut Helmut Riedl natürlich auch die Strategie, mit der man nach neuen, verbesserten keramischen Schichten sucht. Man müsse keine langwierigen Langzeittests ma-



Wiederholte Belastung führt normalerweise irgendwann zu Materialversagen (oben). Bei speziellen Keramikschichten hingegen ist das nicht der Fall. Bei ihnen kommt es nur darauf an, ob eine kritische Belastung (unten) überschritten wird, die zum Bruch führt

(Bild: TU Wien)

chen; es genüge, durch einen simplen Belastungstest herauszufinden, welches Material bei welcher Krafteinwirkung zu Bruch geht. Man muss sich keine Gedanken darüber machen, wie sich eventuell Ermüdungseffekte im Material lindern lassen, man muss bloß Materialien mit möglichst hoher Bruchzähigkeit finden, sagt Riedl.

Einen ausgezeichneten Kandidaten dafür konnte das Forscherteam auch gleich aufspüren: Eine bestimmte Form von Chromdiborid erwies sich bei den Tests als erstaunlich widerstandskräftig. Das zeigt, in welcher Richtung weitere Forschung den größten Erfolg verspricht.

#### Originalpublikation:

L. Zauner et al.: Assessing the fracture and fatigue resistance of nanostructured thin films, Acta Materialia, Volume 239 (2022), 118260, ISSN 1359-6454, https://doi.org/10.1016/j.actamat.2022.118260

#### Kontakt:

Prof. Helmut Riedl-Tragenreif, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie,

E-Mail: helmut.riedl@tuwien.ac.at

Lukas Zauner, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie, E-Mail: lukas.zauner@tuwien.ac.at

⊃www.tu-wien.at

### BASF eröffnet Chemetall Innovation and Technology Center für Oberflächentechnik in China

Die globale Geschäftseinheit Oberflächentechnik des Unternehmensbereichs Coatings der BASF, die unter der Marke Chemetall agiert, hat ihr erstes regionales Innovation and Technology Center für angewandte Oberflächentechnik in Shanghai, China, eröffnet. In dem neuen 2600 Quadratmeter großen Zentrum sollen fortschrittliche Lösungen rund um die Oberflächenbehandlung sowie Produktinnovationen für zahlreiche Industrien und Marktsegmente entwickelt werden.

Die Eröffnung dieses Innovation and Technology Centers ist nach den Worten von Christophe Cazabeau, Senior Vice President Surface Treatment, Coatings Division, BASF, ein wichtiger Pfeiler in der Wachstumsstrategie des Unternehmens und stärkt die technischen Kapazitäten sowie die Innovationskraft in der Region Asien-Pazifik. Sie verdeutlicht unser Engagement zur Unterstützung des langfristigen Erfolgs unserer Kunden in der wachstumsstärksten Region, sagt Christophe Cazabeau. Wie Dr. Jeffrey Lou, Leiter des Bereichs Greater China, BASF, betont, sind Innovationen für BASF der Schlüssel zum Wachstum. In diesem Zentrum können wir maßgeschneiderte Lösungen rund um Oberflächentechnik näher am Markt entwickeln. So bauen wir unsere Technologieführerschaft weiter aus und leisten einen Beitrag zum Erfolg unserer Kunden, sagt Dr. Jeffrey Lou.

Ausgestattet mit umfangreichen technischen Möglichkeiten und betrieben von einem sehr erfahrenen Technologieteam bieten die neuen Labore ein breites Spektrum an Tests und Services, darunter Anwendungs-, Salzsprühnebel- und Klimatests sowie analytische Prüfungen. Daneben werden auch unterschiedliche angewandte Oberflächentechnologien und -anwendungen für eine Bandbreite an Marktsegmenten weiterentwickelt. Dazu zählen die Automobilindustrie, Coil, allgemeine Industrie, Kaltumformung, Luftfahrt, Aluminiumveredelung und Glas.



Das Chemetall Innovation and Technology Center ist das erste regionale Zentrum für angewandte Oberflächentechnik von BASF in Shanghai, China (Bild: Chemetall)



Die offizielle Eröffnung des Chemetall Innovation and Technology Center mit Markus Wittig, Director, Global Supply Chain and Operations, Surface Treatment, Jin Hui, Managing Director, Shanghai Chemetall Chemicals Co., Ltd., Dr. Jeffrey Lou, President and Chairman, BASF Greater China, Dr. Mubarik Chowdhry, Head of Global Technology, Surface Treatment, Dr. Han Wei, Vice President, Innovation Campus Asia Pacific, und Dr. Lucia Königsmann, General Manager, BASF Shanghai Coatings Co., Ltd. (v. l. n. r.) (Bild: Chemetall)

Mit unserem regionalen Innovation and Technology Center wird es uns gelingen, die Markteinführungszeiten für zukunftsweisende Lösungen rund um Oberflächentechnik zu verkürzen, die kundenorientierte Produktentwicklung voranzutreiben und unsere Innovationspipeline auszubauen, sagt Dr. Mubarik Chowdhry, Head of Global Technology, Surface Treatment, Coatings Division, BASF. Als integriertes technisches Zentrum könne es die Synergien und Kompetenzen innerhalb des bestehenden globalen Netzwerks sowie der lokalen Analyselabore für Oberflächentechnik in Australien, China, Indien, Japan, Neuseeland, Singapur und Thailand nutzen, um die steigende Nachfrage auf dem asiatischen Markt mit innovativen und nachhaltigen Lösungen abzudecken. Das Zentrum verfügt zudem über mehrere hochmoderne Simulationslinien für die Vorbehandlung und Beschichtung. Hierzu zählt auch VIANT, eine innovative, funktionale Beschichtungstechnologie, die einen höherwertigen Korrosionsschutz ermöglicht.

Der Unternehmensbereich Coatings von BASF verfügt über eine globale Expertise in der Entwicklung, Produktion und Vermarktung von innovativen Fahrzeug- und Autoreparaturlacken, Bautenanstrichmitteln sowie angewandter Oberflächentechnik von Metall-, Plastik- und Glassubstraten für zahlreiche Industrien. Dieses Portfolio wird durch Lösungen ergänzt, die über Lacke hinausgehen und neue Anwendungsbereiche mit innovativen Oberflächen eröffnen Die Kunden profitieren von den Fachkenntnissen und den Ressourcen interdisziplinärer, global arbeitender Teams in Europa, Nordamerika, Südamerika und Asien-Pazifik. Im Jahr 2021 erzielte der Unternehmensbereich Coatings weltweit einen Umsatz von 3,44 Milliarden Euro.

Insgesamt arbeiten rund 111 000 Mitarbeitende in der BASF-Gruppe daran, zum Erfolg der Kunden aus nahezu allen Branchen und in fast allen Ländern der Welt beizutragen. Das Portfolio ist in sechs Segmenten zusammengefasst: Chemicals, Materials, Industrial Solutions, Surface Technologies, Nutrition & Care und Agricultural Solutions. BASF erzielte 2021 weltweit einen Umsatz von 78.6 Milliarden Furo

- ⊃ www.basf.com
- ⊃ www.chemetall.com

### **Beitrag zur Energiewende**

### Nickellegierungen für vielfältige hoch beanspruchte Einsatzzwecke

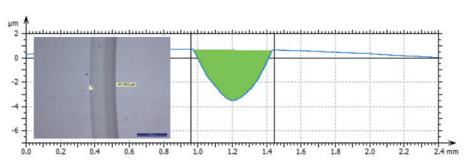
Von Dr.-Ing. Stefan Kölle, Dr.-Ing. Claudia dos Santos, Dr.-Ing. Peter Schwanzer und Katja Feige

In WOMag 9/2019 wurde das Forschungsprojekt POSEIDON II vorgestellt. Nach über vier Jahren Projektlaufzeit hat sich viel getan und die Entwicklungsarbeiten führten in den verschiedenen Bereichen zu sehr guten Ergebnissen. Die entwickelten Nickellegierungsschichten zeigen, dass galvanische Schichtsysteme ein großes Potential für immer höhere Anforderungen im Einsatz bieten.

Die EU hat sich zum Ziel gesetzt, die Emissionen an Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) bis 2030 im Vergleich zu 1990 um 55 % zu senken und damit die globale Erwärmung zu bremsen. Neben anderen erneuerbaren Energieformen bieten Meere ein großes ungenutztes Potenzial für die Energieerzeugung und können daher ein geeigneter Baustein sein, um die anspruchsvollen Klimaziele zu erreichen. Der Salzgehalt des Meerwassers erfordert jedoch den Einsatz von speziellen Werkstoffen und/oder Beschichtungen, um eine technisch sinnvolle Anwendung zu garantieren.

Der Grundstein wurde im Forschungsprojekt *POSEIDON* mit einem Nickel-Wolfram-Elektrolyt gelegt. Die abgeschiedene Legierung zeigte im Vergleich zu Nickel-Zinn und anderen Legierungsschichten das größte Po-

tential unter tribokorrosiver Belastung. Mit der patentierten Aufnahmevorrichtung zum Halten und Drehen eines rotationssymmetrischen Bauteils sowie Verfahren zum galvanischen oder nasschemischen Beschichten mit einer solchen Aufnahmevorrichtung (DE10 2015 113 129 B4) ist es möglich, Bauteile ohne Kontaktstellen vollflächig zu beschichten. Eine bevorzugte Korrosion an diesen Stellen kann damit verhindert werden. In POSEIDON II wurden Elektrolytzusammensetzung, Vorbehandlung und Abscheideparameter für die Abscheidung von qualitativ hochwertigen Nickel-Wolfram-Legierungsschichten weiterentwickelt und optimiert. Wesentlich war es hierbei, Schichten zu erhalten, die potentiell für die Anwendung im maritimen Bereich geeignet sind und den



Verschleißspur einer Ni-W-Legierungsschicht im wasserbasierten Schmierstoff (S4EW-044, Firma Fuchs Schmierstoffe) nach dem Überrolltest mit einer Belastung von 800 N (Quelle: KTmfk FAU)

#### **Projekt-Steckbrief**

Titel Energieeffizienz durch Standzeiterhöhung von Lagern unter tribokorrosiven Betriebsbedingungen – POSEIDON II

Laufzeit 1. Juni 2018 bis 30. September 2022

Partner Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Leibniz-Institut für Werkstofforientier-

te Technologien, Ruhr-Universität Bochum, Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel GmbH & Co. KG, Voestalpine High Performance Metals Deutschland GmbH, Voestalpine Eifeler Coating GmbH, Fraunhofer-Institute IPA, IST und IWM

Insgesamt 9,3 Millionen Euro, davon 5 Millionen Euro gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz RMWK Förderkennzeichen:

desministerium für Wirtschaft und Klimaschutz BMWK, Förderkennzeichen:

03ET1487(A-C)



#### 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

gleichzeitig auftretenden tribologischen Belastungen standhalten.

Im Verlauf des Projekts wurden zusätzlich für weitere Anwendungsgebiete umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Die Nickel-Wolfram-Schichten weisen dabei eine gute Überrollbeständigkeit in Öl, beim Einsatz mit wasserbasierten Schmierstoffen und in Leitungswasser auf.

Ein wesentlicher Einfluss auf das Einsatzverhalten zeigt sich durch die Vor- und Nachbehandlung der galvanischen Beschichtung. Inwieweit die gesteigerten Anforderungen an die vor- und nachgelagerten Schritte ausschließlich vom Grundmaterial beeinflusst werden, kann nicht abschließend bewertet werden. Für die extrem hohen Anforderun-

Budget

gen im Bereich der Überrollbeständigkeit ist eine glatte, gleichmäßige Oberfläche sehr wichtig, was eine mechanische Nachbearbeitung der abgeschiedenen Schicht erforderlich macht.

Die Forschenden des Fraunhofer IPA sind überzeugt, mit der Nickel-Wolfram-Legierungsschicht ein Schichtsystem entwickelt zu haben, dass für viele Anforderungen und Anwendungen die Schicht ist, um die Produkte langlebig einsatzfähig zu machen.

Das Team am Fraunhofer IPA bedankt sich bei allen Projektpartnern und dem Projektträger Jülich für die gute Zusammenarbeit. Ein besonderer Dank gilt dem Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien und dem Lehrstuhl für Konstruktionstechnik der FAU Erlangen für die enge und erkenntnisreiche Kooperation. Ein Dank für die finanzielle Unterstützung geht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

### Wettbewerb #ZukunftADP

Der Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma ak-adp ist eine offene Technologieplattform, die 2020/2021 erstmals einen Wettbewerb zu innovativen und zukunftsrelevanten Ideen für die Nutzung von physikalischen Plasmen bei Normaldruck ausgeschrieben hat. Die Teilnehmer, die aus allen Bereichen der Industrie, Forschung und Lehre im Umfeld zu den Themen der Plasmatechnologie ihre Beiträge eingereicht haben, konnten ihre Ideen im Juni 2021 im Rahmen der Zukunftsarena Plasmatechnik auf dem 38. ak-adp-Workshop erfolgreich präsentieren. Auf dem 43. ak-adp-Workshop am 26. und 27. April 2023 in Leipzig soll Resümee gezogen werden zur Umsetzung und dem wirtschaftlichen Potenzial der Ideen.

Nach dem Start ist vorgesehen, den Wettbewerb als festen Bestandteil der ak-adp-Aktivitäten im Zweijahresrhythmus auszuschreiben. Die *Einreichungsphase* neuer Ideen für den Wettbewerb #Zukunft-ADP hat begonnen und *endet am 15. Januar 2023*. Die thematischen Schwerpunkte der Ausschreibung liegen auf Ideen, Konzepten und Best Practices zu atmosphärischen Plasmen in Bezug auf

- innovative Produktentwicklung
- Erzeugung neuer Oberflächeneigenschaften
- Umweltschutz und Nachhaltigkeit
- Energieeinsparung und Energiegewinnung
- Medizinische beziehungsweise gesundheitliche Aspekte.

Die eingereichten Ideen werden auf dem 43. Workshop vorgestellt, diskutiert und prämiert. Die Bewertung der Arbeiten erfolgt durch eine renommierte und engagierte Jury aus Vertretern von Universitäten und Hochschulen, wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen und der Industrie.

Für die Teilnahme am Wettbewerb wird um die Abgabe folgender Angaben per E-Mail (info@ak-adp.de) gebeten: dreiseitiges Abstract mit Keyfacts (Keywords und graphisches Abstract), Kontaktdaten (optional: potenzielle, an der Umsetzung der Idee interessierte Partner, Fachbereiche oder Industriezweige). Nach Möglichkeit sollen im Rahmen der ak-adp-Interessenten und der Workshop-Teilnehmer durch die Vermittlung von Kontakten Arbeiten zur Umsetzung der eingereichten Ideen in Forschungsbereiche beziehungsweise in der Industrie unterstützt werden.

#### Kontakt

Innovent e.V., Dr. Kerstin Horn, Jena www.ak-adp.de





Walter Lemmen GmbH Birkenstraße 13 97892 Kreuzwertheim Tel.: +49 (0) 9342 240 99' info@walterlemmen.de Leiterplattentechnik Galvanotechnik Filtertechnik Medizintechnik Apparatebau

### Kombinierte Oberflächentechnik für den Verschleißschutz

Von Niclas Hanisch<sup>1</sup>, Thomas Lindner<sup>1</sup>, Hendrik Liborius<sup>2</sup>, Bianca Preuß<sup>1</sup>, Andreas Schubert<sup>2</sup> und Thomas Lampke<sup>1</sup>

Forschende der Technischen Universität Chemnitz erzielen durch mechanische Endbearbeitung von thermisch gespritzten HMnS-Schichten eine erhöhte Beständigkeit gegenüber abrasiver Beanspruchung. Dies wird durch die Kombination aus thermisch gespritzten Schichten und einer mechanischen Nachbearbeitung erzielt. Dazu wird HMnS mit dem hochkinetischen HVOF-Spritzen verarbeitet, wodurch eine Steigerung der Abrasionsbeständigkeit gegenüber den SPS-Massivwerkstoffen infolge verformungsinduzierter Verfestigung der Einzelpartikel erzielt wird. Durch die hohe Kaltverfestigung infolge des Diamantglättens wird die Verschleißtiefe bei quasistatischer Abrasion je nach Herstellungsverfahren um 20 % bis 60 % reduziert.

### 1 Hochmanganhaltige Stähle im Verschleißschutz

Der Einsatz von konventionellen Werkstoffen für den Verschleißschutz, insbesondere WC-Co-Hartmetalle, wird zunehmend durch ökonomische und ökologische Bedingungen oder gesundheitliche Aspekte eingeschränkt (z. B. REACh-Verordnung). Eine vielversprechende Alternative bieten in diesem Zusammenhang austenitische, hochmanganhaltige Stähle beziehungsweise Manganhartstähle (engl.: HMnS, High Manganese Steels).

Ein gängiger Vertreter ist der nach seinem Entwickler Sir Robert Hadfield benannte Hadfield-Stahl X120Mn12 (EN 1.3401). Sofern eine schlagende oder stoßende Beanspruchung vorliegt, wird die werkstofftypische Kaltverfestigung in HMnS aktiviert. Die plastische Deformation während der Beanspruchung führt zur Bildung von Verformungszwillingen. Die Zwillingsgrenzen stellen ein Hindernis für die Versetzungsbewegung dar und erhöhen die Festigkeit und Härte des Werkstoffs im plastisch verformten Bereich. Dadurch wird auch die Verschleißbeständigkeit positiv beeinflusst und während der dynamischen Beanspruchung in-situ gesteigert. Als Massivwerkstoffe sind HMnS und speziell Hadfield-Stahl bereits als Konstruktionswerkstoffe etabliert, insbesondere im Schienenverkehrswesen und im Bergbau. Aufgrund der relativ hohen Festigkeit bei gleichzeitig guter Duktilität besitzen HMnS generell das Potenzial zur Gewichtseinsparung bei festigkeitsrelevanten Bauteilen im Sinne eines nachhaltigen Leichtbaus, zum Beispiel im Automotive-Sektor

Die Verwendung für Verschleißschutzschichten in der Oberflächentechnik stellt einen neuartigen Anwendungsbereich des Werkstoffs dar. Problematisch ist die geringe Resistenz gegenüber quasistatischer Abrasion, das heißt bei ritzender Beanspruchung, da die charakteristische Kaltverfestigung ohne nennenswerte plastische Deformation nicht oder kaum aktiviert wird. Ein neuer Lösungsansatz zur Gewährleistung einer hohen Verschleißbeständigkeit unter komplexer Oberflächenbeanspruchung besteht darin, die Kaltverfestigung bereits während des Fertigungsprozesses zu initiieren. So wurde die Prozesskinetik des thermischen Spritzens genutzt, um Deformationen der Einzelpartikel beim Aufprall auf die Bauteiloberflächen hervorzurufen. Eine Aufhärtung infolge spanender Bearbeitung von HMnS wurde an Massivwerkstoffen bereits nachgewiesen. An den thermisch gespritzten Schichten wurde deshalb eine mechanischen Oberflächenbearbeitung durch Plandrehen und Diamantglätten als kombinierte Oberflächentechnik durchgeführt.

### 2 Hochgeschwindigkeitsflammspritzen

Aus den Verfahren des thermischen Spritzens eignen sich insbesondere hochkinetische Verfahren wie das Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (engl.: HVOF, High-Velocity Oxygen Fuel; *Abb. 1*). Die plastische Deformation der Spritzpartikel, die mit hoher Geschwindigkeit auf das Substrat auftreffen und dort abplatten, ist dabei besonders hoch. Die thermische Belastung des Ausgangswerkstoffs ist vergleichsweise gering und eine metallurgische Aufmischung des Substrats bleibt aus. Dadurch wird die Funktionalität des HMnS in der Beschichtung erhalten. Als Substratwerkstoff wurde der austenitische Stahl EN1.4404 (AISI 316L) verwendet.

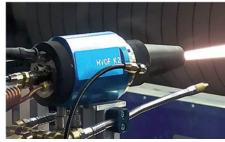


Abb. 1: HVOF-Beschichtung des hochmanganhaltigen Hadfield-Stahls

Als Referenz zu den thermisch gespritzten Schichten wurden Proben durch Spark-Plasma-Sintern (SPS) hergestellt.

### 3 Plandrehen und Diamantglätten

Die mechanisch induzierte plastische Deformation durch Plandrehen und nachfolgendes Diamantglätten führt zu einer kaltverfestigungsbedingten Randschichthärtung. Die SPS-Proben und das Zusatzpulver besaßen im Ausgangszustand eine Oberflächenhärte von etwa 220 HV bei unterschiedlichen Prüflasten. Durch Verarbeitung mittels HVOF wurde eine Härtesteigerung auf etwa 500 HV erreicht. Diese wird neben der Kaltverfestigung durch überlagert auftretende Oxidationsreaktionen bewirkt. Nach dem Diamantglätten konnte bei beiden Herstellungsrouten ein ähnliches Härteniveau von über 700 HV nachgewiesen werden. Ferner führte die mechanische Bearbeitung zu einer signifikanten Verringerung der Rauheitskennwerte, ausgehend von den relativ rauen Oberflächen nach dem Sintern beziehungsweise thermischen Spritzen.

Im polierten Zustand waren insbesondere bei den thermisch gespritzten Schichten Poren nachweisbar. Die Porosität der SPS-Massivwerkstoffe war vergleichsweise gering und Poren wurden während der mechanischen Bearbeitung teilweise durch Materialverformungen geschlossen. Bei den poröseren,

Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik, Technische Universität Chemnitz

Professur Mikrofertigungstechnik, Technische Universität Chemnitz

partikelweise aufgebauten HVOF-Schichten hingegen verursachten die Poren beziehungsweise die gegenüber dem Sinterprozess geringere Verbindungsfestigkeit zwischen den Schichtpartikeln Ausbrüche von Beschichtungsbestandteilen. Dies konnte anhand von Oberflächenaufnahmen mittels Laserscanning-Mikroskopie (LSM) nachgewiesen werden. Durch Diamantglätten wurden die Poren und Fehlstellen auch bei den HVOF-Schichten teilweise geschlossen (Abb. 2).

Bei Schwingverschleißtests lies sich kein Einfluss der Herstellungsroute oder der Endbearbeitung erkennen. In Gleitverschleißtests trat eine geringfügige Steigerung der Ver-

schleißbeständigkeit nach dem HVOF-Spritzen gegenüber den SPS-Referenzen auf. Infolge des Diamantglättens erhöhte sich die Verschleißbeständigkeit geringfügig. Die Ergebnisse dieser dynamischen Verschleißuntersuchungen bestätigen eine In-situ-Erhöhung des Verschleißwiderstands; sie zeigen die gute Beständigkeit des Werkstoffs unter dynamischer tribologischer Beanspruchung infolge der charakteristischen Kaltverfestigung. Durch die mechanische Endbearbeitung kann die bereits gute Verschleißbeständigkeit jedoch nicht wesentlich gesteigert werden. Im Gegensatz dazu verbessert sich der Verschleißwiderstand bei quasistatischer Abra-

sion in Scratch-Tests unter verschiedenen Prüflasten signifikant. Die verformungsinduzierte Verfestigung der Partikel durch das HVOF-Spritzen verringert die Verschleißtiefe gegenüber den SPS-Massivwerkstoffen. Das thermische Spritzen bietet in diesem Zusammenhang technologische Vorteile.

Die höchste Abrasionsbeständigkeit wird nach dem Diamantglätten erreicht. Sowohl die SPS-Massivwerkstoffe als auch die HVOF-Schichten weisen hierbei ähnlich geringe Verschleißtiefen auf (*Abb. 3*). Für die SPS-Proben kann eine Reduzierung der Verschleißtiefen um etwa 60 % erreicht werden, bei den HVOF-Schichten um circa 20 %. Für beide Herstellungsrouten erhöht das Diamantglätten somit die Beständigkeit gegenüber quasistatischer Abrasion signifikant.

### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Die kombinierte Oberflächentechnik aus thermischem Spritzen und mechanischer Oberflächenbearbeitung stellt einen neuartigen Ansatz für die Anwendung von HMnS, speziell dem Hadfield-Stahl, als Oberflächenschutzschicht dar. Bereits die Verarbeitung des HMnS mit dem hochkinetischen HVOF-Spritzen bewirkt eine Steigerung der Abrasionsbeständigkeit gegenüber den SPS-Massivwerkstoffen infolge von verformungsinduzierter Verfestigung der Einzelpartikel. Durch die hohe Kaltverfestigung infolge des Diamantglättens wird die Verschleißtiefe bei quasistatischer Abrasion je nach Herstellungsverfahren um 20 % bis 60 % reduziert. Die vorgestellte Verfahrenskombination besitzt für die pulvermetallurgisch hergestellten SPS-Proben auch als für die HVOF-Schichten das Potenzial einer hohen Verschleißbeständigkeit auch gegenüber quasistatischer Abrasion. Diese Ergebnisse bilden die Grundlage für weiterführende Untersuchungen des Werkstoffsystems in der Oberflächen- und Beschichtungstechnik.

### Plandrehen Diamantglätten Vorschubmarke **HVOF** Schichtausbrüche 200 µm 200 µm $Ra = 0,27 \mu m Rz = 2,91 \mu m$ $Ra = 0.23 \mu m Rz = 2.19 \mu m$ SPS Vorschubmarke 200 µm 200 µm $Ra = 0.42 \mu m Rz = 2.13 \mu m$ $Ra = 0.04 \mu m Rz = 0.44 \mu m$ 0 2 6 10 12 µm 4 8

Abb. 2: LSM-Aufnahmen gedrehter und diamantgeglätteter HMnS-Oberflächen mit zugehörigen Rauheitskennwerten zeigen Ausbrüche in Abhängigkeit der Endbearbeitung

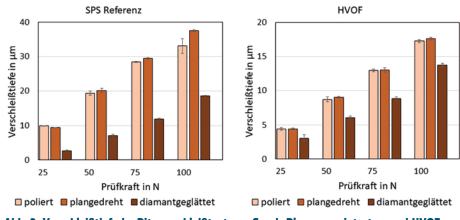


Abb. 3: Verschleißtiefe im Ritzverschleißtest von Spark-Plasma-gesintertem und HVOF-gespritztem HMnS, wobei eine signifikante Erhöhung der Verschleißbeständigkeit nach dem Diamantglätten auftritt

#### Literatur:

T. Lindner, H. Liborius, B. Preuß, N. Hanisch, A. Schubert, T. Lampke: Enhanced Abrasion Resistance of Spark Plasma Sintered and HVOF Sprayed Hadfield High Manganese Steel by Turning and Diamond Smoothing; J. Manuf. Mater. Process. 6, 48, 2022; https://doi.org/10.3390/jmmp6020048

#### Kontakt:

Niclas Hanisch, Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik, Technische Universität Chemnitz, E-Mail: niclas.hanisch@mb.tu-chemnitz.de

www.tu-chemnitz.de

### Intelligente Dienste für vorausschauende Wartung und optimierten Betrieb peripherer Anlagentechnik im Galvanikprozess am Beispiel der Abluftanlage

Von Patric Hering, AIRTEC MUEKU GmbH

Die Abluftreinigung spielt in der galvanotechnischen Fertigung eine wichtige Rolle, indem die Gefährdung des Bedienpersonals durch Schadstoffe oder die Gefahr von Brandschäden verhindert. Um dies erfüllen zu können, muss die Abluftanlage sicher betrieben und Fehlmeldung über Störungen der Anlage vermieden werden. Moderne Sensorik in Verbindung mit künstlicher Intelligenz versetzt moderne Ablufttechnik in die Lage, mit geringstem Wartungsaufwand die galvanotechnischen Prozesse mit höchster Zuverlässigkeit betreiben zu können.

#### 1 Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojekts SmARt-PlaS, welches zusammen mit sieben Projektpartnern seit 10/2019 durchgeführt wird, war die AIRTEC MUEKU für die vorausschauende Wartung der peripheren Anlagentechnik verantwortlich. Die Maschinenverfügbarkeit ist eine der wichtigsten Anforderungen an industrielle Anlagen. Störungen und Ausfälle können teils massive Folgekosten nach sich ziehen. Beispielsweise müssen Abluftanlagen heutzutage - nach Vorgaben von Behörden und Berufsgenossenschaften - immer öfter signaltechnisch mit den Gleichrichtern verbunden werden. Kommt es zum Ausfall der Abluftanlage, fordert die genehmigende Behörde oder die Berufsgenossenschaft zum Schutz der Mitarbeiter die sofortige Abschaltung der Gleichrichter. Hierdurch können dem Betreiber hohe Ausfallkosten und teure Anlagenstillstände entstehen. Eine funktionsfähige und korrekt arbeitende Abluftanlage steht somit im Fokus der Betreiber.

Bei dem Ansatz der vorrausschauenden Wartung geht es deshalb darum, drohende Störungen oder Ausfälle frühzeitig zu erkennen

und damit zu minimieren. Durch eine vorausschauende Wartung werden die Kosten zur Instandhaltung gesenkt. Wartungsarbeiten müssen nicht mehr in zeitlich festgelegten Intervallen durchgeführt werden, sondern nur dann, wenn das System dies anzeigt. Hierdurch werden Ressourcen und Kapazitäten bei der Instandhaltung eingespart und unnötige sowie zeitaufwendige Überprüfungsarbeiten entfallen.

Über ein visualisiertes Dashboard kann der Betreiber den Zustand der Anlage jederzeit einsehen und kontrollieren. Mittels AR (Augmented Reality)-Anwendungen auf Mobiltelefon, Tablet oder Headsets können die wichtigsten Daten, beim Blick auf die Anlage, eingeblendet werden. Dadurch ist es für das Bedien- oder Instandhaltungspersonal möglich, den Zustand der Abluftanlage mit nur einem Blick schnell zu erfassen. Mithilfe einer Datenauswertung über spezifische Algorithmen (KI) werden Anomalien und Probleme frühzeitig erkannt und gemeldet. Somit haben der Betreiber und der Dienstleister einer Abluftanlagentechnik die Möglichkeit, frühzeitig einzugreifen und einen Ausfall oder eine Störung zu vermeiden.

Der hier beschriebene Ansatz zur vorausschauenden Wartung kann auf sämtliche periphere Anlagen einer Galvanikanlage (also zum Beispiel einer Abwasseranlage) übertragen werden.

#### 2 Sensorik

Abluftanlagen (Abb. 1) verarbeiten bereits umfangreiche Daten, um zum einen die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen und zum anderen dem Betreiber wichtige Kennwerte zu visualisieren. Hierzu sind zahlreiche Sensoren in der Anlage integriert. Volumenströme, Drücke, pH-Werte, Leitwerte, Stromaufnahmen, Drehzahl, Füllstände, Temperaturen, Differenzdrücke und weitere werden heutzutage standardmäßig mittels entsprechender Sensoren gemessen, dem Betreiber in der Steuerungsanlage angezeigt und dort verarbeitet. Umfassendes Datenmaterial liegt also bereits vor, wird aber bisher nicht algorithmisch mittels KI auf Anomalien oder Unstimmigkeiten ausgewertet.

Um den Ansatz der vorausschauenden Wartung umzusetzen, muss die Anlage mit zusätzlichen Sensoren ausgestattet werden. Zur Überwachung von Pumpen und Antrieben können Vibration, Schall und Temperatur aufgezeichnet werden. Auch in der Umgebung der Abluftanlage sollte Temperatur, Schall und Luftfeuchte erfasst werden. Mithilfe von Schallpegel, Vibration (Beschleunigungswerte), Stromaufnahme und Temperatur lassen sich drohende Schäden an Antrieben, wie zum Beispiel Ventilator und Pumpen, erkennen. Durch permanente Trendaufzeichnung und Auswertung mittels KI, werden Tendenzen aufgezeigt und beispielsweise kritische Antriebe instandgesetzt.

Hierzu wurden im Rahmen des Projekts SmARtPlaS sogenannte SmartPredict-Sen-

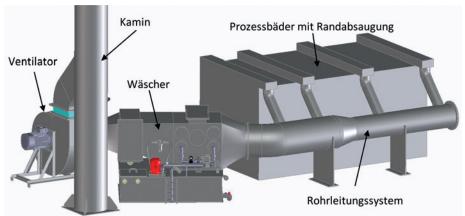


Abb. 1 Einfache Darstellung zum grundsätzlichen Aufbau einer Abluftanlage



Abb. 2: Smart Predict-Sensor Wäscherpumpe

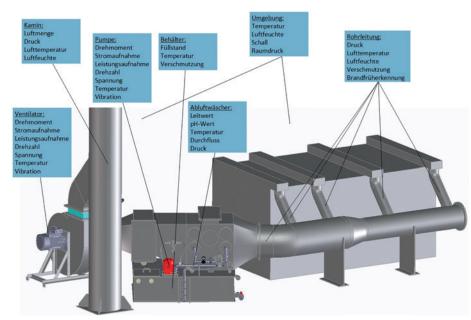


Abb. 4: Daten einer Abluftanlage



Abb. 3: Smart Predict-Sensor Abluftventilator

Abb. 5: Entnahmestelle Stichleitung

soren verwendet, die an den entsprechenden Antrieben montiert wurden. Diese Sensoren (Abb. 2 bis 4) messen Schallpegel, Vibration (Beschleunigung), Lage, Temperatur und Luftfeuchte. Somit ist es möglich, mit nur einem zusätzlichen Sensor pro Antrieb diesen effektiv zu überwachen. Die Integration weiterer Sensoren können dem Betreiber einen zusätzlichen Mehrwert, auch über die vorausschauende Wartung hinaus, geben.

### 2.1 Beispiel Brandfrüherkennung

Mittels einer speziell entwickelten Sensorik, welche die Luftzusammensetzung innerhalb der Abluftverrohrung (Rohgas) permanent analysiert, ist es möglich, ein Früherkennungssystem für drohende Brände in Anlagen oder einzelnen Absaugleitungen der Oberflächenveredelung aufzubauen.

Das System detektiert Veränderungen der Luftzusammensetzung im Hinblick auf den Gehalt an Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff (als zwei wichtige Kenngrößen) der abgesaugten Abluft aus dem Prozess. Die Sensorik kann sowohl direkt in der Stichleitung



Abb. 6: Sensor, Prototyp

zur Badabsaugung (Abb. 5) oder an verschiedenen Punkten in der Sammel-Rohrleitung vor dem Abluftwäscher integriert werden. Hierdurch besteht die Möglichkeit, einen Alarm vor Flammbildung auszugeben und somit einen Brand zu verhindern.

Im Rahmen des Projekts wurde ein derartiger Sensor beim Projektpartner B+T Unternehmensgruppe am Standort Hüttenberg testweise eingebaut. Zur Untersuchung der Beständigkeit wurde der Sensor in die Stichleitung einer stark sauren Beize integriert (Abb. 6) und zeigte nach sechs Monaten keinerlei Verschleiß an der Messtechnik, was in regelmäßigen Intervallen mittels Testgas (CO und H2) überprüft wurde.

#### IT-Struktur und Datenanbindung

Die Datenanbindung und die zugehörige IT-Struktur können in zwei grundsätzlichen Arten aufgebaut werden; entweder zentral beim Kunden durch einen eigens dafür eingerichteten Server oder dezentral über einen Cloudspeicher (Abb. 7). Innerhalb des Projekts wurde die Anbindung und Verarbeitung über Cloudspeicher umgesetzt, da neben den Kosten viele weitere Vorteile, wie beispielsweise eine weltweite Verfügbarkeit der Daten, einfache Administration und Datensicherheit für den Cloudspeicher sprechen.

Alle Daten sämtlicher Sensoren laufen in der Anlagensteuerung zusammen und werden über ein IoT-Gateway mittels MQTT-Schnittstelle in die Cloud gespeichert. Eine Aufrüstung bestehender Steuerungsanlagen ist somit leicht machbar; damit können selbst ältere Anlagen smart gemacht werden. Sind die Sensordaten in der Cloud gespeichert, können diese von dort aus für die KI oder für Visualisierungsdienste abgerufen und verarbeitet werden. Sowohl der Kunde als auch der Servicedienstleister haben damit die Anlagendaten und somit den Betriebszustand unter Kontrolle und können bei Problemen oder Anomalien effektiv und schnell unterstützend tätig werden.

### **Augmented Reality und Datenvisualisierung**

Das vorgestellte System kann je nach Kundenwunsch modular ausgebaut werden. Egal ob der Kunde den Ansatz der Augmented Reality wählt oder die Daten über PC mithilfe von grafisch frei konfigurierbaren Dash-

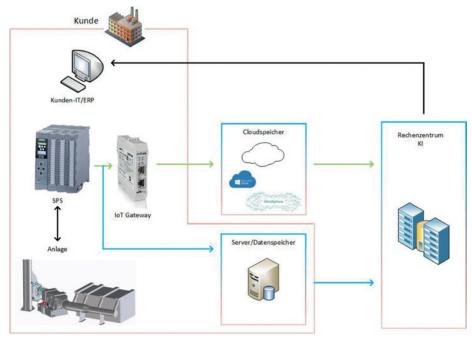


Abb. 7: Grundsätzlicher Aufbau der Datenanbindung und -verarbeitung

boards angezeigt haben möchte, alles ist möglich und umsetzbar. In gemeinsamer Abstimmung werden die wichtigsten Datensätze entsprechend aufbereitet und dem Kunden über Dashboards zur Verfügung gestellt (Abb. 8).

Sollen die Vorteile der Augmented Reality genutzt werden, so lassen sich über Smartphones, Tablets oder Headsets entsprechende Datentafeln einblenden. Der Projektpartner Softec AG entwickelte dazu im Projekt eine AR-Applikation, mit der über

Ankerpunkte im Raum Datentafeln (Abb. 9) an den verschiedenen Anlagenteilen mittels AR-Technologie angezeigt werden können. Damit können auch ohne PC wichtige Betriebsdaten der Anlage sofort und am Ort des Geschehens jederzeit angezeigt werden (Abb. 10).

Die Position der Datentafeln ist frei konfigurierbar. Somit können auch Anlagen, die sich in Nebenräumen oder sogar anderen Gebäuden befinden, an einer definierten Stelle im Raum angezeigt werden. Ebenfalls können



Abb. 9: Beispiel-Datentafel vor einem Abluftwäscher

über diese AR-Anwendung weitere Informationen eingespielt werden, wie zum Beispiel Dokumentationen, Fehlersuchroutinen oder Wartungsanweisungen. Dem Nutzer wird damit ein mächtiges Werkzeug an die Hand gegeben, das die tägliche Arbeit mit und an der Anlage verbessert und vereinfacht.



Abb. 8: Visualisierung verschiedener Datensätze über ein Dashboard



Abb. 10: Beispiel-Datentafel einer Zuluftanlage

### 5 Auswertung und Servicedienstleistungen

Die Auswertung der Daten aus der Cloud und Prüfung auf Anomalien erfolgt dann im Falle von AIRTEC auf Servern des Dienstleisters mittels einer speziell dafür entwickelten KI. Die Entwicklung der KI wurde innerhalb des Projekts von der TU Braunschweig übernommen. Entstanden ist ein Algorithmus, der sämtliche Anlagendaten in einer festgelegten Frequenz auf Plausibilität und Anomalien untersucht.

Sobald ein Problem oder eine Anomalie gefunden wird, wird ein Alarm ausgegeben. Dieser Alarm wird dann entsprechend in einen Wartungshinweis, eine Überprüfungsanweisung oder im schlimmsten Falle einen Austausch des betreffenden Bauteils umgewandelt und dem Kunden über eine Mitteilung (E-Mail, SMS oder ähnliches) angezeigt. Somit müssen Wartungsarbeiten erst dann getätigt werden, wenn es notwendig und laut Datenauswertung sinnvoll ist. Das Abarbeiten von zeitlich festgelegten Wartungslisten wird damit auf ein Minimum reduziert oder kann in Einzelfällen auch komplett entfallen.

Weitere Verknüpfungen an andere Systeme, wie zum Beispiel das ERP-System, sind möglich und sinnvoll. Somit kann zum Beispiel gewährleistet werden, dass Ersatzteile oder Verbrauchsmaterialien vorhanden sind und frühzeitig beschafft werden.

Neben den genannten Vorteilen für den Kunden, ist ein Dienstleister mit diesem System in der Lage, dem Nutzer der Anlagentechnik einzigartige Servicedienstleistungen anzubieten. Durch verschiedene Pakete, die sich

von der Leistung beziehungsweise dem Umfang her unterscheiden und die von einer Online-Unterstützung über AR bis hin zum Komplettservice inklusive Ersatzteilmanagement reichen, können Nutzer effektiv unterstützt und die Maschinenverfügbarkeit maximiert werden. Nach dem Motto Die Anlage meldet sich vor dem Kunden bei einem Problem tauschen Techniker des Dienstleisters ein Bauteil aus, bevor der Nutzer durch einen Ausfall der Anlage in Bedrängnis gerät.

Zusammen mit dem Projektpartner Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), wurden geeignete Dienstleistungspakete betrachtet und entwickelt. Durch einen Hotlineservice mit Online-Unterstützung über die AR-Anwendung ist die AIRTEC MUEKU sehr nahe beim Nutzer der Anlagentechnik, wodurch Fragen schnell beantwortet werden und bei Problemen schnell und effizient geholfen werden kann.

⊃www.airtec-mueku.de

#### Hinweis und Danksagung

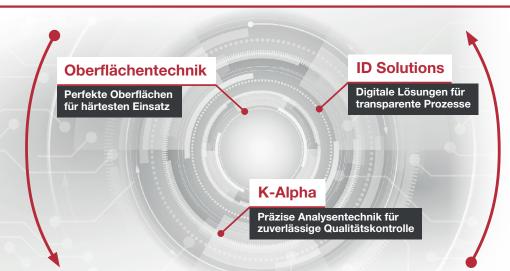
Die Förderung des Projektes SmARtPlaS erfolgt seit 10/2019 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages mit dem Förderkennzeichen 02K18D115.





### Wir schließen Ihren Energiekreislauf

Lufttechnische Anlagen Abluftreinigung Ventilatoren Wärmerückgewinnungssysteme Prozesskühlung Modernisierung bestebender Anla AIRTEC MUEKU GmbH Im Ganzacker 1 56479 Elsoff / Germany +49 (0) 2664 / 997386-0 info@airtec-mueku.de www.airtec-mueku.de





B+T Oberflächentechnik GmbH B+T K-Alpha GmbH B+T ID Solutions GmbH

Am Surbach 5 · 35625 Hüttenberg Telefon: +49 64 41/78 06-0 info@bt-unternehmensgruppe.de www.bt-unternehmensgruppe.de

One Group. One Vision. One Mission: Customized Solutions for Your Success

### **PVD-Beschichtung TRITAN**

Dr. Jörg Pantförder und Berthold Kühnert, Landsberg am Lech

Das PVD-Beschichtungsverfahren *TRITAN* der iwis mobility systems ermöglicht die nahtlose Beschichtung rotationssymmetrischer Bauteile ohne Halterung im Beschichtungsprozess. Dabei bietet es neue Kostenstandards für kleine Bauteile durch eine signifikante Erhöhung der Produktionsmengen. Möglich wird dies unter anderem durch eine neue, dennoch als serienerprobt geltende, vollautomatische Anlagentechnologie.

Die iwis mobility systems GmbH & Co. KG ist Teil der iwis-Gruppe mit Stammsitz in München. Das deutsche Familienunternehmen mit weltweit 50 Standorten und 3200 Mitarbeitenden agiert als internationaler Technologieführer und Hersteller von Präzisionskettensystemen, mechanischer Antriebstechnik sowie Verbindungs- und Kontakttechnik. Mit diesem Produktportfolio erreicht das Unternehmen perfekte Präzision und führt das Thema Automotive in den Bereichen E-Mobilität und autonomes Fahren weiter Richtung Zukunft.

### PVD-Serienbeschichtung von Kleinstbauteilen in der Massenproduktion

Ein weniger bekanntes Standbein des Münchner Unternehmens iwis ist die vor fast zwölf Jahren entwickelte produktspezifische Oberflächenveredelungstechnologie TRITAN im Kontext der Entwicklung von Dieselmotoren. Die Entwicklung dieser Motorengeneration verfolgte ein konsequentes Downsizing, was die Verwendung kleinerer Steuerketten (Simplex- statt Duplexketten) erforderte. Diese sind höheren Gelenkbelastungen ausgesetzt, die unter anderem aus den höheren Dynamiken aufgrund höherer Verbrennungsdrücke resultieren. Darüber hinaus nahm die Ölverdünnung im Rahmen der Abgasreinigung zu. Durch Modifikationen dieser Rahmenparameter inklusive der Verlängerung der Wartungsintervalle änderte sich die Ausprägung der Rußpartikel und der Säureeintrag im Öl. Dieser Wandel führte zu höheren Ansprüchen hinsichtlich der Verschleißbeständigkeit und damit zu der Notwendigkeit, eine verbesserte Beschichtung der Bolzen in den Steuerketten zu implementieren. Die PVD-Beschichtung Chromnitrid wies diese optimierten Verschleißeigenschaften auf und wurde bereits im Jahr 2000 in der Formel 1

Zu Beginn der Anlagenentwicklung bestand die Motivation somit nicht darin, neue Schichtsysteme auf dem Bolzenmaterial zu erzeugen, sondern vielmehr in der Industrialisierung einer PVD-Beschichtungsanlage, die im Vergleich zu den üblichen Batchanlagen einen wesentlich höheren Bauteildurchsatz für die Handhabung von Schüttgut hat. Um diesem Anspruch nachzukommen, musste im Vergleich zu einer Batchanlage das 35-fache Produktionsvolumen umgesetzt werden. Mit Hilfe einer PVD-Inline-Anlage wurde dieses Ziel erreicht (Abb. 1). Das Bestreben nach einer nahtlosen Beschichtung der kompletten Mantelfläche spielte hierbei eine ebenso wichtige Rolle. Um diese besondere Herausforderung zu bewältigen, wurde ein Beschichtungskonzept erarbeitet, welches die rotationssymmetrische PVD-Beschichtung von kleinen Bauteilen ohne eine zusätzliche Halterung zulässt.

Der gesamte Beschichtungsprozess erfolgt von der Vorbehandlung bis zur Nachbehandlung weitgehend automatisiert. Die Vorbehandlung der Bauteile stellt kontinuierlich über mehrstufige Reinigungsprozesse die notwendige Sauberkeit der Bauteiloberflächen für die folgende Beschichtung sicher. Über die gesamte Prozesskette werden alle relevanten Daten vom FAS (Factory Application Server) gespeichert und ausgewertet. Das Leitsystem vergibt Freigaben, prüft und selektiert durch den Abgleich von Artikelnummern, Transport-UIDs, Stamm- und Produktionsdaten und erreicht damit eine umfängliche Dokumentation darüber, welches Produkt mit welchen Prozessparametern gefertigt wird.



Abb. 2: 100-%-Oberflächenkontrastprüfung der beschichteten Bolzen mit einer Taktzeit von bis zu 72 000 Stück pro Stunde und Prüfanlage

Im Nachprozess ermöglicht die Oberflächenveredelungstechnologie TRITAN nach der Reinigung und dem Polieren der beschichteten Teile zudem eine hundertprozentige optische Bauteilkontrolle.

Eine leistungsfähige optische Oberflächenprüfanlage (OPA;  $Abb.\ 2$ ) überprüft die gesamte Mantelfläche der Einzelteile auf Abweichungen in der Oberflächenstruktur. Jede OPA ist mit zwei optischen Systemen mit jeweils vier Kameras für die Fehlererkennung ausgestattet. Die implementierte Auswertesoftware gewährleistet eine sehr prozessstabile und massentaugliche Auswertung der gesamten Beschichtungsoberfläche. Es können bis zu 20 Einzelteile pro Sekunde geprüft und Abweichungen in der Oberflächenstruktur ab einer Größe von  $30\ \mu\text{m}^2$  reproduzierbar gefunden und ausgeschleust werden. Die



Abb. 1: PVD-Beschichtungsdurchlaufanlage für bis zu 500 000 Kettenbolzen pro Tag und Anlage

### OBFRFI ÄCHFN

Farbe des Schichtsystems ist bei dieser Technologie nicht entscheidend, da nur die optischen Abweichungen von einem frei zu definierenden Referenzstandard detektiert werden.

Der Industrie-4.0-Prozess gewährleistet eine eindeutige Rückverfolgbarkeit bis zur kleinsten Transporteinheit, dem Werkstückträger im Beschichtungsprozess, und ist selbstverständlich speziell auf kleine Bauteile und hohe Stückzahlen - täglich bis zu 500 000 Bolzen pro Anlage - ausgelegt. Im Umkehrschluss bedeutet dies beschichtete Schüttautoberflächen mit höchsten Qualitätsstandards im Automotive-Umfeld und aleichermaßen hoher Präzision für den Kunden.

Beruhend auf dieser innovativen Technologie beschichtet iwis seit 2014 in der Großserienproduktion bis zu 300 Millionen Bolzen im Jahr und beliefert damit 75 Prozent aller vom Unternehmen ausgerüsteten Dieselmotoren namhafter deutscher Automobilhersteller. Der Einsatz dieser Beschichtungstechnologie hatte zur Folge, dass die Verschleißeigenschaften der Bolzen in den Steuerketten insbesondere bei hohen Rußgehalten im Öl um mehr als 50 Prozent verbessert und laut Hersteller die Reibung um 20 Prozent reduziert wurden.

### Übertragbarkeit der Technologie auf neue Produktgruppen

Werden die speziellen Eigenschaften der Oberflächenveredelungstechnologie TRITAN auf neue Produktgruppen übertragen, ergeben sich deutliche Vorteile. Der Vergleich (Abb. 3) der täglichen maximalen Beschichtungskapazitäten herkömmlicher Batchanlagen mit der iwis-Beschichtungstechnologie anhand einer 3 µm dicken TiN-Beschichtung (Beschichtungstemperatur ≤ 200 °C) zeigt für die Durchlaufanlagen eine Durchsatzerhöhung um 25 Prozent. In Tabelle 1 sind die für den Vergleich gewählten Referenzwerte für Batchanlagen zusammengefasst.

Das Referenzieren der Durchsatzmengen von Batchanlagen wurde auf der Grundlage maximaler Bestückungsmengen für typische Werkzeuge wie Schaftwerkzeuge, Bits und Wendeschneidplatten durchgeführt. Dabei wurde nicht zwischen den Beschichtungsarten differenziert, sondern die deutlich höheren Abscheideraten der im Bereich der Werkzeug- und Dekorbeschichtung vorherrschenden Cathodic Arc Physical Vapor Deposition (CAPVD) mitberücksichtigt (Abb. 3). Der Vergleich zeigt, dass bereits bei geringen Abscheideraten am Beispiel von TiN

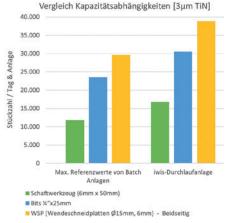


Abb. 3: Vergleich der Stückzahlenmengen pro Tag und Anlage für die Abscheidung von 3  $\mu$ m TiN auf unterschiedlichen Bauteilen (Maximalreferenzwerte von Batchanlagen im Vergleich zur iwis-Durchlaufanlage)

und mittleren Schichtdicken die Verfahrensnachteile beim Dielectric Cathode Magnetron Sputtering (DCMS) [1] durch das Inline-Konzept kompensiert werden.

Die Konzeption der Beschichtungsanlage gewährleistet somit für kleine Bauteile (≤ 250 mm²) trotz geringerer Depositionsraten einen Kostenvorteil, da die Stückzahl sich unabhängig von einem Beladeturmdesign mit jeder Flächenhalbierung quadratisch erhöht (Tab. 2 und Abb. 4, links).

Zu beachten ist allerdings, dass die maximale Bestückungsdichte der Werkstückträger bei einseitig beschichteten, nicht rotierenden Bauteilen durch Abschirmeffekte begrenzt wird. Die Effekte der Abschirmung und das Rücksputtern vom Bauteil spielen hier insbesondere bei hohen Anforderungen an die Farbhomogenität eine limitierende Rolle. Bei Verwendung von Bauteilen niedriger Höhe (< 5 mm-10 mm) kann dieser Effekt minimiert beziehungsweise eliminiert werden. Bei rotierenden Bauteilen sind diese Effekte zu vernachlässigen. Neben der Bauteilgröße wirkt sich auch die Beschichtungsdicke proportional auf den Durchsatz aus. Für den dargestellten Vergleich in Abbildung 4 (rechts) wurde für eine 3  $\mu$ m TiN-Beschichtung in Batchanlagen ein Verhältnis der Beschichtungszeit zur Gesamtchargenzeit von 26 Prozent angenommen.

Der Anteil Beschichtungszeit/Gesamtchargenzeit kann im Rahmen der Anlagenkonzepte, Heizphasen oder weiterer wichtiger Parameter leicht variieren. Da die Beschichtungszeit in die Prozesszeit für die Batch-Charge nur partiell eingeht, ist die Auswirkung einer Änderung der Beschichtungszeit auf die Beschichtungsmenge für ein Inline-Ver-

Tab. 1: Leistung einer typischen Batchanlage für **PVD-Schichten** 

Beispiele von Bauteiltypen	Batchanlage		
Schaftwerkzeug (6 mm x 50 mm)	11 776 Stück/Tag		
Bits 1/4" x 25 mm	23 520 Stück/Tag		
WSP (Wendeschneidplatten Ø 15 mm, 6 mm) – Beschich- tung beidseitig	29 623 Stück/Tag		

fahren gegenüber einem Batch-Verfahren deutlich höher. Somit ist der Effekt der Kapazitätssteigerung in einer Inline-Anlage insbesondere bei dünnen Schichten (0,5 µm bis 2 μm) signifikant (Abb. 4, rechts) und zeigt einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber der Beschichtung in Batchanlagen.

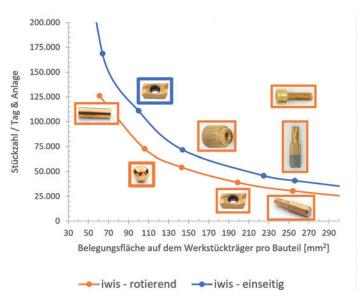
Die Steigerung der Durchsatzraten kann durch eine Reduzierung der Beschichtungsdicke oder über die Erhöhung der Depositionsraten erfolgen. Die Änderung der Depositionsraten erfolgt mittels höherer Kathodenleis-

Tab. 2: Korrelation von Bauteilabmaßen und Flächenbelegungen auf den Werkstückträgern (Abb. 4)

Bauteil	Bauteil- abmaße	Flächen- belegung
Bolzen	3 x 9 mm	44 mm <sup>2</sup>
Kugel	Ø5 mm	$100 \text{ mm}^2$
Wendeschneidplatte (einseitig)	Ø 10 mm	$100 \text{ mm}^2$
Rändelmutter	Ø8x9mm	164 mm²
Wendeschneidplatte (rotierend)	Ø 10 mm	197 mm <sup>2</sup>
Schraube	M6 x 25 mm	$254 \text{ mm}^2$
Bit	25 x 6,88 mm	254 mm <sup>2</sup>

### Cathodic Arc Physical Vapor **Deposition (CAPVD)**

Beim Arc-Verdampfen wird das Basismaterial in Form einer Platte als Kathode geschaltet. Ein als Anode geschalteter Draht berührt kurzzeitig die Platte und initiiert dadurch einen Lichtbogen (Arc). Der Fußpunkt des Lichtbogens bewegt sich nun auf der Plattenoberfläche und bringt das Basismaterial aufgrund der hohen Energiedichte punktuell zum Verdampfen. Es bildet sich hochkonzentriertes Plasma in Form einer Dampfkeule, durch die die Substrate geführt werden. Mit Zuschalten eines weiteren elektrischen Feldes (Bias) und Zugabe von Prozessgasen wie Stickstoff oder kohlenstoffhaltiger Gase wird sichergestellt, dass die abgeschiedene Schicht die geforderten Eigenschaften erhält.



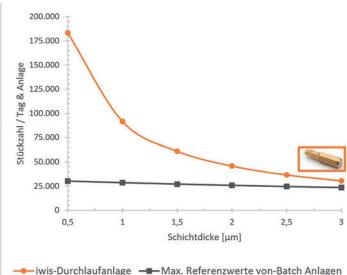


Abb. 4: Kapazitätsabhängigkeit einer 3-µm-TiN-Beschichtung als Stückzahl/(Tag & Anlage) in Relation zur Belegungsfläche in mm² und Bauteilgröße (links); Vergleich der Kapazitätsabhängigkeiten (iwis-Durchlaufanlage vs. Referenzwerte für Batchanlagen) in Stückzahl/(Tag & Anlage) für die Bitbeschichtung am Beispiel der Abscheidung von TiN bei 200 °C in Abhängigkeit der Schichtdicke (rechts)

tung oder der Verwendung von alternativen Beschichtungsmaterialien, wie zum Beispiel Chromnitrid (CrN).

Als Substrat zur DCMS PVD-Beschichtung [1] eignen sich im Allgemeinen alle Stähle mit Anlasstemperaturen über 500 °C, Hartmetalle, legierter Stahl, unlegierter Stahl, Gusseisen, Edelstahl, Titan, NE-Metalle (Kupfer, Zink, Messing, Bronze) und Aluminium. Da die PVD-Beschichtung der letzte Veredlungsschritt der Bauteile ist, müssen diese vollständig gefertigt und gehärtet sein.

Die Beschichtungstemperaturen können auf den iwis-Anlagen je nach Abscheiderate im

### Dielectric Cathode Magnetron Sputtering (DCMS)

Beim Sputtern werden über dem plattenförmigen Basismaterial (Target) mithilfe von elektrischen und magnetischen Feldern Ionen aus Argon erzeugt (Plasma). Diese positiv geladenen Ionen (Ar\*) werden auf das als Kathode geschaltete Target beschleunigt und bewirken durch den Aufprall ein Herauslösen von kleinsten Teilchen (Moleküle, Cluster). Diese verbinden sich dann mit weiteren Prozessgasen, wie beispielsweise Stickstoff oder Sauerstoff, und bewegen sich als Dampf in Richtung der zu beschichtenden Substrate. Durch das Zuschalten eines weiteren elektrischen Feldes (Bias) wird die abgeschiedene Schicht zusätzlich beeinflusst und deren Eigenschaften gesteuert.

Bereich zwischen 150 °C und 450 °C durchgeführt werden. PVD-Beschichtungen werden in der Regel bei Funktionsbeschichtungen für Industriekomponenten, wie zum Beispiel Wälzlager, Schneidwerkzeuge für die spanende Bearbeitung und Formwerkzeuge sowie bei Design-Beschichtungen angewendet.

#### **Nahtlose Beschichtung**

Das Beschichtungskonzept TRITAN erlaubt neben der nahtlosen Beschichtung von eindimensional rotationssymmetrischen Bauteilen, wie zum Beispiel Kettenbolzen, Zylindern, Rollen und Nadeln für Wälzlager, auch die homogene Beschichtung von rotierenden Kugeln in sehr großen Stückzahlen. Die Zwangsrotation der Bauteile erfolgt bei diesem Verfahren durch das Gleiten auf einer bewegten Unterlage. Bei dem verwendeten Verfahren wird die Homogenität der Schicht-

eigenschaften nur durch die Depositionsverteilung unter den Targets aber nicht wie beispielsweise bei alternativen PVD-Trommelverfahren [2] durch eine mögliche Interaktion der Bauteile untereinander beeinflusst. Ein weiterer Vorteil ist die mit geringem Aufwand automatisierbare Bestückung der Werkstückträger, die in nur wenigen Schritten auf die jeweilige Geometrie der Bauteile angepasst werden kann. Grundsätzlich erleichtert das Auflegen der Produkte auf eine vertikale Ebene die technische Umsetzung. Bereits heute ist iwis mobility systems in der Lage, die Substrathalterung für Kugeln, Rollen, Zylinder und Stifte sowie vergleichbare Bauteile zu adaptieren (Abb. 5) und in dem Belade- und Entladekonzept zu integrieren (Abb. 6). Grundsätzlich können zylindrische Bauteile mit einer Länge von 5 mm bis 275 mm und einem Durchmesser von 2 mm bis zu



Abb. 5: Nahtlose PVD-Beschichtung von Kugeln und eindimensional rotationssymmetrischen Bauteilen



Abb. 6: Automatisierte Entladung der Kettenbolzen vom Werkstückträger nach der Beschichtung

35 mm in den Anlagen beschichtet werden. Einseitige Beschichtungen können in den Anlagen bis zu einer maximalen Bauteilfläche von 1000 cm² erfolgen.

Neben den Beschichtungen Chromnitrid (CrN) und Titannitrid (TiN) können ohne tech-

nische Anpassungen der Hardware binäre Metallnitride wie zum Beispiel  $\mathrm{Cr}_{06}\mathrm{Al}_{04}\mathrm{N}$  und  $\mathrm{Ti}_{06}\mathrm{Al}_{04}\mathrm{N}$  aufgebracht werden. Als weiteres Potential wird die metallische Beschichtung gesehen, beispielsweise das Verchromen von Schüttgut in Form von Kleinstteilen, womit sich eine Alternative zum galvanischen Verchromen von Schüttgut ergibt.

### **Ausblick und Zusammenfassung**

Oberflächenveredelungen von Schüttgütern, insbesondere kleinen Bauteilen in sehr großer Stückzahl, waren weitestgehend auf das Oberflächenhärten/-vergüten und auf CVD-Beschichtungsverfahren beschränkt. Mit der Oberflächenveredelungstechnologie TRITAN von iwis können PVD-Schichten mit verbesserter Schichtqualität und Schichthomogenität auf einem wettbewerbsfähigen Kostenniveau hergestellt werden. Zudem wird diese Art der PVD-Beschichtung von Stückzahlen

> 50 000 als externe Dienstleistung angeboten. Da eine Versuchs- und Kleinserienanlage zur Verfügung steht, können Vorversuchsreihen und Bemusterungen parallel zur Serienproduktion durchgeführt werden.

#### Literatur

- [1] Yang Deng, Wanglin Chen, Bingxin Li, Chengyong Wang, Tongchun Kuang, Yanqiu Li: Physical vapor deposition technology for coated cutting tools: A review; Ceramics International 46 (2020) 11, part B, p. 18373-18390; https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.04.168
- [2] N.N. (Fraunhofer-Institut FEP): https:///www.fep. fraunhofer.de/de/Kernkompetenzen/Anlagentechnik/alma 1000.html

#### Kontakt

Dr. Jörg Pantförder, Leiter Grundlagen Prozess- und Produktionstechnologie, E-Mail: joerg.pantfoerder@iwis.com

www.iwis.com

### Qualitätssicherung in der Produktion

Funktionale Beschichtungen und saubere Oberflächen sind je nach Prozessschritt entscheidende Parameter für die Qualität von Produkten, beispielsweise im Karosseriebau. Große Bleche und Bauteile müssen hier im Produktionstakt kontrolliert werden. Ein neuer Teststand vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM erlaubt die Prüfung von großen Blechen und Bauteilen unter produktionsähnlichen Bedingungen. Er besteht aus einer Bandförderanlage sowie einem Laserscanner für die Beschichtungs- und Reinheitsprüfung.

Bei der Herstellung von Karosseriebauteilen, beispielsweise für die Automobilaußenhaut, erhalten Bleche vor der Umformung eine dünne Ölschicht. Die Ölmenge muss exakt dosiert sein, um hohe Qualität in der Umformung zu gewährleisten und Ausschuss sowie Verschleiß der Werkzeuge zu minimieren. Auch eine Prüfung von umgeformten und gegossenen Bauteilen ist sinnvoll: Hier hat die Sauberkeit der Oberfläche entscheidend Einfluss auf Folgeprozesse wie Schweißen, Kleben oder Beschichten. Das Fluoreszenzmesssystem F-Scanner 1D vom Fraunhofer IPM prüft Reinheit und Beschichtungsqualität von Oberflächen vollständig – in der Linie oder am Roboter. Der neue Teststand ist der typischen Messsituation bei der Blechverarbeitung und Blechherstellung nachempfunden und ermöglicht es, große Bleche und Bauteile unter produktionsähnlichen Bedingungen zu prüfen.

Am Teststand werden auf einem vier Meter langen Förderband Bleche und Bauteile von bis zu zwei Meter Breite schnell unter dem Messsystem hindurchbewegt und dabei vollflächig vom Laserscanner vermessen. Der F-Scanner 1D erfasst hierbei die Ölverteilung mit 400 Zeilen pro Sekunde aus einer Höhe von 1,2 Metern. Jede Messzeile ist mit 1000 Pixeln aufgelöst, was einer Ortsauflösung von wenigen Millimetern entspricht. So ermöglicht der Teststand eine bildgebende 100-Prozent-Vermessung von Blechen und großen Bauteilen - unter ähnlichen Bedingungen wie beispielsweise in einer Pressenlinie oder Platinenschneidanlage. Eine Software wertet die Messdaten in Echtzeit aus, sodass diese über einen Bildschirm live abrufbar sind

Fraunhofer IPM entwickelt hochempfindliche und robuste fluoreszenzbasierte Messsysteme. Sie prüfen organische Schichten und de-



F-Scanner prüfen die Oberflächenreinheit und Beschichtungen von Bauteilen mittels Fluoreszenzmessung. An einem neuen Teststand können bis zu 2m breite Bauteile unter produktionsähnlichen Bedingungen vollständig geprüft werden (Bild: Fraunhofer IPM)

tektieren selbst geringfügige Rückstände auf metallischen Oberflächen – ortsaufgelöst und millimetergenau. Der Teststand eignet sich für die Weiterentwicklung der F-Scanner-Systeme. In der aktuellen Version des Teststands kommt die neueste Generation des F-Scanners 1D zum Einsatz. Das Messsystem ist speziell für den Einsatz in rauen Industrieumgebungen ausgelegt und eignet sich für die Inspektion in Bewegung. Die F-Scanner-Messsysteme werden nach Angabe des Fraunhofer IPM bereits erfolgreich in mehreren Produktionsanlagen eingesetzt.

#### Kontakt:

Dr. Alexander Blättermann, Fraunhofer IPM, Optische Oberflächenanalytik,

E-Mail: alexander.blaettermann@ipm.fraunhofer.de > www.ipm.fraunhofer.de

### Nachhaltiger Palladiumersatz durch RUTHUNA®

Umicores RUTHUNA®-Produktfamilie schlägt das bisher vorzugsweise zum Einsatz gekommene Palladium in allen relevanten Eigenschaften

tallen als ideale Zwischen- oder Endschicht. Durch den kontinuierlichen Preisanstieg des Edelmetalls, der dieses Jahr mit einer Verfünffachung im Vergleich zu 2017 gipfelte, sehnt sich insbesondere die dekorative Branche nach einer echten Alternative Umicore Metal Deposition Solutions hat den Trend erkannt und frühzeitig mit der Ausweitung seiner RUTHUNA®-Produktfamilie begonnen. Neben der Wirtschaftlichkeit, die sich durch einen Preisvorteil von aktuell über 70 Prozent äußert, besticht RUTHUNA® gleichermaßen in den Punkten Nachhaltigkeit, Qualität, Anwenderfreundlichkeit und im technischen Segment zudem für ausgewählte Anwendungen im Bereich Funktionalität. Vormalige Kompromisse in diesen Punkten müssen somit nicht mehr in Kauf genommen werden. Auch wenn Palladium insbesondere im dekorativen Bereich noch weiter existiert, ist aufgrund der zwischenzeitlich stark ausgebauten RUTHUNA®-Produktfamilie ein problemloser Umstieg möglich. Zumal ein Austausch der Elektrolyte, die aufgrund ihrer pH-Neutralität auch auf Buntmetalle abscheidbar sind, nahezu ohne Aufwand möglich ist.

Seit Jahren gilt Palladium unter den Platinme-

### RUTHUNA® als optimale Lösung

Die Kosten für Energie, Gebäude, Rohstoffe, etc. steigen - um weiter wirtschaftlich produzieren und zu einem konkurrenzfähigen Preis verkaufen zu können, sind Einsparungen notwendig. Der Palladiumpreis, der in diesem Jahr die 100 €/g-Marke überschritten hat, lässt Produzenten spätestens jetzt nach Alternativen suchen. Allein schon aus wirtschaftlicher Perspektive heraus sticht innerhalb der Platinmetalle Ruthenium direkt ins Auge. Mit weniger als 20 €/g ist der Preis für Ruthenium aktuell um ein Vielfaches niedriger und er war in den Spitzen der letzten Jahre auch nur geringfügig höher. Gerade diese Preisstabilität bringt die Möglichkeit, vorausschauend kalkulieren zu können.

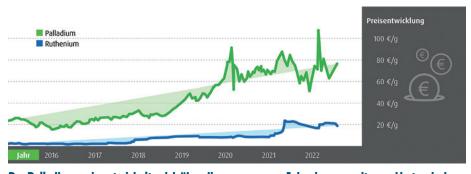
Trotzdem und gerade in der heutigen Zeit ist nicht mehr allein der Preis entscheidend. Kunden, Zulieferer und damit auch Produzenten beschäftigen ebenfalls die Themen Qualität und Nachhaltigkeit – mittlerwei-

le die Basis für Kundentreue und Neukundengewinnung in einem hart umkämpften Markt. Auch in diesen Punkten ist Ruthenium von Haus aus im Vorteil. Reines Ruthenium ist beispielsweise mit Abstand das abriebbeständigste Platinmetall. Eine lange Lebensdauer von Broschen, Ringen, Armbändern, aber auch Schnallen und weiteren dekorativen Accessoires steht trotz ständiger Reibung nichts im Wege. Ein Abrieb von 0.05 µm im Bosch-Weinmann-Test attestiert RUTHUNA® einen deutlichen Qualitätsvorteil gegenüber Palladium. Im hauseigenen Testlabor bei Umicore kommt reines Palladium mit 6,8 µm im gleichen Testverfahren auf einen 136-fach höheren Abrieb.

Auch was eine stete Rohstoffversorgung betrifft, hat Ruthenium die Nase vorn. Russland ist mit 90 Tonnen im Jahr weltweit der größte Palladiumproduzent. Leider hat sich Russland durch die Ereignisse um den Krieg in der Ukraine nicht als verlässlicher Partner für Rohstoffe erwiesen. Ruthenium dagegen

RUTHUNA® kann direkt als Endschicht verwendet werden und überzeugt mit hellen Schichten mit einem L\*-Wert (L\*a\*b\* Farbraum) von 74 bis zu sehr dunklen Überzügen mit einem L\*-Wert von 63 (Bild: Umicore)

kommt zu 87 Prozent aus Südafrika und nur zu vier Prozent aus Russland (Stand 2020 [1]). Ein Punkt, der RUTHUNA® zu einem nachhaltigeren Produkt macht, ist die vom Unternehmen angekündigte Rücknahme von Ruthenium aus gebrauchten Elektrolyten zu tagesaktuellen Kursen. Umicore schließt damit den Kreis und sorgt auch in puncto Nachhaltigkeit für ein echtes Plus auf Produzentenseite.



Der Palladiumpreis entwickelte sich über die vergangenen Jahre immer weiter und hat zwischenzeitlich auch die 100 €/g-Marke überschritten. Hingegen ist der Rutheniumpreis seit Jahren stabil und um ein Vielfaches niedriger (Bildquelle: Umicore)



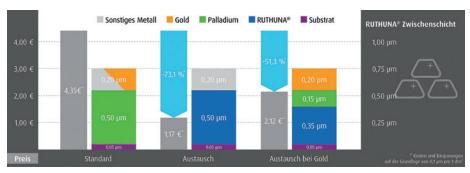
Reines Ruthenium ist mit Abstand das abriebbeständigste Platinmetall – das speziell gefertigte RUTHUNA® überzeugt deshalb auch im Bosch-Weinmann-Test (Schichtabtrag je 1000 Reibevorgänge mit einem Sandpapier)

(Bildquelle: Umicore)

### OBERFI ÄCHFN

RUTHUNA® Endschicht ■ RUTHUNA® ■ Substrat

Durch den Austausch von Palladium durch RUTHUNA® können über 70 % an Edelmetallkosten ge-(Bildquelle: Umicore) spart werden



RUTHUNA® als Zwischenschicht ist ebenfalls deutlich wirtschaftlicher; auch bei einem Zwischenschritt, der bei einer goldenen Endschicht gegangen werden muss, um die Korrosionsbildung beim direkten Kontakt von Gold mit Ruthenium zu vermeiden (Bildauelle: Umicore)

### Vorteile auch als unmerkliche Zwischenschicht

RUTHUNA® kann direkt als Endschicht verwendet werden und besticht bei normaler Verwendung quasi mit einer lebenslangen Abriebbeständigkeit. Helle Schichten mit einem L\*-Wert (L\*a\*b\* Farbraum) von 74 bis zu sehr dunklen Überzügen mit einem L\*-Wert von 63 sind standardmäßig möglich.

Nicht immer ist aber Ruthenium als Endschicht gewünscht oder die Helligkeit ist nicht hell beziehungsweise strahlend genug. Hier hat RUTHUNA® gegenüber Palladium (L\*-Wert: 84) oder Rhodium (L\*-Wert: 90) eine natürliche Einschränkung in der Farbgebung. Trotzdem können die Vorzüge von RUTHUNA® beim Einsatz als massive Zwischenschicht größtenteils ausgenutzt werden. Das Argument, dass eine finale Schicht partiell gegebenenfalls schnell durchgerieben ist, ist kein KO-Kriterium. Aufgrund der farblich angepassten Zwischenschicht ist ein Durchrieb mit bloßem Auge nicht erkennbar.

### Auch technische Anwendungen profitieren

Es ist sinnvoll, auch bei diversen technischen Anwendungen wie Reed-Schalter, InkjetDruckerfolien, Oberflächen von Katalysatoren oder Elektrolyse-Elektroden über einen Wechsel des bisherigen Edelmetalls nachzudenken. Neben dem wirtschaftlichen und nachhaltigen Aspekt sprechen auch funktionelle Eigenschaften für RUTHUNA®, wie beispielsweise der verminderte Funkenschlag bei stromleitenden Applikationen. Allerdings limitiert das Beschichtungsverfahren noch die breite Einsetzbarkeit in allen technischen Bereichen.

### Der neue König der Platinmetalle

Auch bei dieser Entwicklung war unser partnerschaftliches Verhältnis zu unseren Kunden der Anstoß. Viele dekorative Produzenten haben sich aufgrund der Preisentwicklungen eine kostengünstige Zwischenschicht gewünscht, die bedenkenlos einen Großteil des Palladiums ersetzen kann, sagt Martin Stegmaier, Bereichsleiter Dekorative Anwendungen. Genau das ist jetzt mit unseren neuen RUTHUNA®-Prozessen machbar und meines Wissens auch einzigartig, erklärt Stegmaier die frühzeitige Entwicklung und dadurch möglichen Wettbewerbsvorteil, der mit RUTHUNA® für Produzenten offensichtlich sei. Lediglich bei Accessoires mit finalen Goldschichten benötigt es dann noch Palladium in Form einer hauchdünnen Sperrschicht - ohne ist eine Korrosion des Goldes noch nicht vermeidbar. Stegmaier gibt sich hier aber optimistisch, die Produktfamilie schnell so optimieren zu können, um diesen Makel zeitnah auszumerzen. Ein Umstieg hin zu RUTHUNA® als Zwischenschicht bei Goldoberflächen ist trotzdem in allen Belangen von Vorteil - was allein schon eine Preiseinsparung von über 50 Prozent aufzeigt.

#### **Umicore Metal Deposition Solutions**

Die Umicore Business Unit Metal Deposition Solutions (MDS) ist innerhalb der Umicore-Gruppe die Geschäftszentrale für die beiden am Markt etablierten Geschäftsbereiche Electroplating und Thin Film Products. Metal Deposition Solutions ist weltweit einer der führenden Anbieter von Produkten zur (edel-)metallbasierten Beschichtung von Oberflächen im Nano- und Mikrometerbereich - mit der Expertise der beiden Bereiche verbindet das Unternehmen die beiden hochwertigen Verfahrensweisen Galvanikund PVD-Beschichtungen. Die Lösungen der Business Unit finden bei vielen Produkten des täglichen Gebrauchs Anwendung beziehungsweise ermöglichen erst deren Produktion. Fast alle namhaften Hersteller der Elektronik-, Automotive-, Optik-, aber auch der Schmuckindustrie beziehen direkt oder indirekt Bauteile, die mit Umicore-Produkten beschichtet wurden. Metal Deposition Solutions bietet neben der Entwicklung und Produktion einen umfassenden Service zu ihren Produkten an. Dazu gehört neben der Beratung und der technischen Unterstützung vor Ort beispielsweise auch das Recycling oder das Edelmetallmanagement.

⊃ www.mds.umicore.com

#### Hinweis:

Laut Umicore beruhen Preis- und Ersparnisangaben auf Stand des 5. September 2022.

#### Quelle:

[1] Reuters, 22.11.2021

#### Kontakt:

Martin Stegmaier, Bereichsleiter Dekorative Anwendungen Geschäftsbereich Electroplating, E-Mail: martin.stegmaier@eu.umicore.com

www.mds.umicore.com

### Abwasserbehandlung in modernen Galvanisierungsprozessen

Von Terry Clarke, Managing Director MacDermid Envio Solutions

Die dunkle Ära in der Geschichte der Oberflächenveredelung – was ominös klingt, bezeichnet häufig die Zeit der weit verbreiteten Verwendung von Cyanid, sechswertigem Chrom und Cadmium in der Galvanisierung. Tatsächlich aber waren viele dieser Stoffe trotz der bekannten Sicherheitsrisiken relativ einfach zu verwenden und zu entsorgen.

Fortschritte in der modernen Galvanotechnik haben zu technisch fortschrittlichen und kommerziell erfolgreichen Entwicklungen geführt. Sie bieten unübertroffene Leistungsmerkmale, wie beispielsweise hohe Korrosionsbeständigkeit, gleichmäßige Schichtdicke und hervorragende Schichtverteilung, was noch vor 20 Jahren undenkbar gewesen wäre. Diese Vorteile spiegeln sich in der Langlebigkeit und Zuverlässigkeit von Alltagsgegenständen wie Autos, Elektronik und Haushaltsgeräten wider. Ohne sie könnte unsere moderne Welt nicht so funktionieren, wie wir es gewohnt sind: Es ist im Wesentlichen nicht mehr notwendig, Alltagsgegenstände ständig reparieren beziehungsweise warten zu lassen. Viele moderne Oberflächenveredelungsverfahren haben jedoch auch Nachteile; beispielsweise sind die daraus entstehenden Abwässer oft viel schwieriger zu behandeln als ihre Vorgänger.

### Die Übeltäter

Wenn heute über die modernen Verfahren der Oberflächenbeschichtung gesprochen wird, stehen vor allem zwei Technologien im Fokus: Zink-Nickel-Beschichtungen für Korrosionsschutz sowie dreiwertige Chrombeschichtungen für dekorative Anwendungen sind hochmoderne Beschichtungsverfahren, die in erster Linie entwickelt wurden, um dem Bedarf an verbesserter Arbeitssicherheit und höheren Leistungsstandards in der Beschichtung gerecht zu werden. Sie erfüllen beide Ziele hervorragend, stellen die Anwender aber auch vor einige der schwierigsten Herausforderungen bei der Abfallbehandlung.

### **Die Behandlung von Zink-Nickel**

Im Fall von Zink-Nickel-Verfahren enthält der Prozess erhebliche Mengen an Komplexbildnern, damit Nickel auch bei einem pH-Wert, der normalerweise weit über dem optimalen Bereich liegt, in Lösung bleibt. Alkalisches Zink-Nickel ist angesichts dieser optimalen Löslichkeit unterhalb von pH 10 eine besondere Herausforderung: Alkalische Systeme arbeiten in einem sehr hohen pH-Bereich und müssen daher starke Komplexbildner enthalten, um die Löslichkeit der Nickelionen zu gewährleisten. Während diese Komplexbildner für die Produktionsumgebung kein Problem darstellen, sind sie in Abwasserströmen sehr schwierig zu handhaben. Viele Anwender entscheiden sich deshalb dafür, ihre Zink-Nickel-Abfälle vom restlichen Abwasser zu trennen und sie von externen Unternehmen behandeln zu lassen. Diese verbrennen die Abfälle in der Regel, statt sie chemisch zu behandeln.

Bei einer Behandlung vor Ort wird üblicherweise Natriumhypochlorit verwendet, um die Komplexbildner teilweise zu zerstören und damit die Löslichkeit von Nickel zu verbessern. Dies wird durch eine weitere Behandlung zur Änderung des pH-Werts möglich. Dabei entsteht Nickelhydroxidschlamm, der zu einem Filterkuchen gepresst und deponiert werden kann. Leider ist diese Methode langsam und damit zeitintensiv. Die Hypochloritreaktion ist ebenfalls langsam, so dass dieses Verfahren durchaus vier bis acht Stunden Behandlungszeit in Anspruch nehmen und große Mengen an Abfallschlamm erzeugen kann.

Bei sauren Zink-Nickel-Verfahren treten sehr ähnliche Probleme auf, da vergleichbare Konzentrationen an Komplexbildnern erforderlich sind, um die erforderliche Löslichkeit von Nickel zu gewährleisten. Genau wie bei den alkalischen Verfahren ist eine externe Abwasserbehandlung üblich - wobei Anwender mit geringen Mengen an Abwasser Hypochlorit verwenden.

Bei Vorliegen von größeren Mengen an Zink-Nickel-Abwasser besteht zudem die Möglichkeit, in eine Vakuumverdampfungsanlage vor Ort zu investieren und so die Menge des zu behandenden Abwassers zu minimieren. Dies hat den Vorteil, dass ein Teil des Zink-Nickel-Spülwassers, das normalerweise zur Aufbereitung bei einem externen Dienstleister versandt wird, wiederverwendet werden kann. Angesichts der steigenden Energiekosten sehen allerdings viele Unternehmen die notwendigen Investitions- und Betriebskosten für die Verdampfung als einen kritischen Faktor an.

### Verbesserte Abwasserbehandlung

Fachleute aus verschiedenen Arbeitsgebieten bemühen sich, eine Lösung für dieses spezielle Problem der Abwasserbehandlung zu finden. In Europa hat sich eine kleine Anzahl von Unternehmen mit einer Universität zusammengeschlossen, um das Problem zu charakterisieren und zusammen an einer Lösung zu arbeiten. Die Arbeiten befinden sich allerdings noch in einem sehr frühen Stadium.

#### **Ein neuer Ansatz**

Die beste Option wäre, alternative Chemikalien mit leichter zu zerstörenden Komplex-



Anlage zur chemisch-physikalischen Behandlung von Abwasser in der Galvanotechnik

(Bild: MacDermid Envio Solutions)

bildnern zu entwickeln. Angesichts der eng gefassten chemischen Parameter, innerhalb derer Zink-Nickel-Prozesse zur Optimierung der Legierungszusammensetzung und -verteilung ablaufen müssen, dürfte dies jedoch kaum Erfolg versprechen. Sinnvoll ist dagegen ein Ansatz, bei dem chemisches und abwassertechnisches Fachwissen kombiniert wird. An einer entsprechenden Variante arbeitet MacDermid Envio Solutions, ein relativ neuer Bereich der Element Solutions Inc. Mac-Dermid Envio Solutions verfügt auf der einen Seite über das chemische Know-how von MacDermid, auf der anderen Seite besitzt das Unternehmen durch die Übernahme von DMP im Jahr 2020, einem Spezialisten für Abwasserbehandlungsanlagen mit umfassenden Kenntnissen in der Abwasseraufbereitung, das abwassertechnische Fachwissen. MacDermid Envio Solutions arbeitet derzeit an der industriellen Erprobung eines völlig neuen Ansatzes für die In-situ-Behandlung von Zink-Nickel-Abwässern. Die industrielle Erprobung des zum Patent angemeldeten Konzepts begann im September 2022 und wird voraussichtlich im vierten Quartal 2022 beziehungsweise ersten Quartal 2023 abgeschlossen sein.

Der neue Ansatz nutzt eine modulare Anordnung kleiner (Behandlungs-)Zellen, von denen jede für die schrittweise Neutralisierung von Zink-Nickel-Komplexen ausgelegt ist. Sowohl Spülwasser als auch dekantierte Konzentrate können in dem in sich geschlossenen System behandelt werden, bevor der Abwasserstrom wieder in das herkömmliche chemische Abwasseraufbereitungssystem

des Anwenders geleitet wird. Labortests haben gezeigt, dass dieser Ansatz die komplexierten Nickel- und Zinkverbindungen zu 100 Prozent freisetzt, so dass die Metalle durch eine standardmäßige pH-Fällung leicht und vollständig entfernt werden können. Das System ermöglicht die Anwendung dieses Verfahrens bei Anwendern jeder Größe und stellt sicher, dass eine künftige Produktionserweiterung problemlos nachgerüstet wer-

#### **Dreiwertiges Chrom**

Bei der galvanischen Abscheidung von dreiwertigem Chrom besteht ein ähnliches Problem wie bei Zink-Nickel. Das komplexierte Chrom ist für die notwendige Prozesschemie stark gebunden, um eine effiziente Abscheidung zu gewährleisten. Dies erschwert jedoch die Abfallbehandlung. Im Gegensatz zu Zink-Nickel liegen Chromionen in mehreren Formen als komplexierte Verbindungen vor, was die Wirksamkeit einer einzelnen chemischen Behandlung bei der Abfallbehandlung einschränkt. Während einige dieser Stoffe auf eine Behandlung mit niedrigem pH-Wert reagieren, verbleiben andere im Abwasser. Umgekehrt sprechen einige Chromkomplexe auf eine Behandlung mit höherem pH-Wert an, während andere davon unbeeinflusst bleiben. Durch die Einstellung des pH-Werts sowohl in hohen als auch in niedrigen Bereichen werden nicht alle komplexierten Chromionen freigesetzt, weshalb herkömmliche Behandlungen oft nur teilweise wirksam sind. Eine weitere Komplikation besteht darin, dass die dreiwertigen Chemikalien verschiedener Anbieter eine Reihe von unterschiedlichen Komplexbildnern verwenden können, was die chemische Behandlung weiter erschwert. Derzeit arbeitet ein Team der MacDermid Envio Solutions in den USA an einer neuen Methode für die Behandlung von dreiwertigem Chromabfall. Durch die Kombination von chemischen und apparativen Ansätzen lassen sich erhebliche Fortschritte bei der Behandlung erzielen. Dieses neue System soll noch in diesem Jahr bei mehreren Anwendern in der industriellen Produktion in großem Maßstab getestet werden.

### **Ausblick: Abwasserbehandlung** in der Oberflächenveredelung

Es liegt auf der Hand, dass die Fortschritte in der Oberflächenveredelung die erfahrensten Forscher weiterhin vor die Herausforderung stellen werden, die Sicherheit von chemischen Prozessen zu verbessern sowie die von den Endverbrauchern geforderten Leistungssteigerungen zu erzielen. Da die Palette der umweltverträglichen Chemikalien immer kleiner wird, ist der Einsatz von komplexeren chemischen Verfahren sicher der beste Weg, um diese Ziele zu erreichen. Im Gegenzug muss mit neuen Ansätzen der Abwasseraufbereitung Schritt gehalten werden, um eine zunehmend kostspielige und energieintensive Behandlung außerhalb des Standorts zu vermeiden. Schließlich muss das bei der Oberflächenveredelung verwendete Wasser in einem sauberen und nachhaltigen Zustand in die Umwelt zurückgeführt werden.

⇒ www.macdermidenvio.com

### NiCYCLE™ Nickel-Rückgewinnung



### Nickel-Rückgewinnungsrate von mehr als 90% aus Galvanotechnik-Abwasserströmen

#### Ihre Vorteile

- Wirtschaftlich attraktiv beim Verbrauch einer moderaten monatlichen Menge an Nickelsalzen
- Keine Investitionskosten im Vorfeld
- Erhebliche Kosteneinsparungen durch das Recycling von Nickelabfall
- Geringere Abhängigkeit von schwankenden Nickelpreisen
- Nickelsulfat oder Nickelchlorid sind sofort zur Wiederverwendung verfügbar
- Verringerung der Menge an Nickelschlamm und geringere Kosten für die externe Behandlung
- Verbesserte Umweltbilanz
- Geringere Abfallmengen und damit geringere Aufbereitungskosten





Taking bigger steps... to leave a smaller footprint

Weitere Informationen finden Sie unter www.macdermidenvio.com



### Hightech-Bauteile prozesssicher und nachhaltig im Reinraum reinigen

CO2-Schneestrahlreinigung für höchste Reinheit

Die Anzahl der Bauteile, die durch strengere Sauberkeitsspezifikationen eine Reinigung im Reinraum erfordern, nimmt kontinuierlich zu – und das über zahlreiche Branchen hinweg. Bei diesen Aufgabenstellungen, die sich mit klassischen Reinigungsverfahren oftmals nicht lösen lassen, ermöglicht die nachhaltige quattroClean-Schneestrahltechnologie der acp systems AG eine bedarfsgerechte, reproduzierbare, trockene Reinigung. Das an die Reinraumklasse angepasste Reinigungssystem kann für einen vollautomatisierten und in Fertigungslinien integrierten Betrieb ausgelegt sowie als Standalone-Anlage teilautomatisiert oder manuell betrieben werden.

Partikuläre Sauberkeitsspezifikationen bis in den Submikrometerbereich und extrem hohe filmische Reinheitsanforderungen machen in immer mehr Industriebereichen eine Verlagerung von Reinigungsprozessen in eine saubere beziehungsweise reine Umgebung erforderlich. Dazu zählen Anwendungen wie die Reinigung metallischer und optischer Komponenten, unter anderem vor und nach einer Beschichtung, für die DUV- und EUV-Technologie in der Halbleiterzulieferindustrie ebenso wie die von Strukturteilen für geostationäre Satelliten in der Raumfahrttechnik. Bei der Herstellung von Mikrochips müssen nach dem Wafer-Dicing mittels Laser oder Diamantsäge Schmauchspuren beziehungsweise Sägerückstände entfernt werden. In der Sensortechnik und Elektronik sind es einerseits Optiken und Gehäuse für beispielsweise Assistenzsysteme in Fahrzeugen und Smartphone-Kameras, die für eine dauerhaft einwandfreie Funktion sehr sauber sein müssen. Andererseits geht es um die Reinigung von Kontaktflächen vor dem Bonden sowie von Elektronikkomponenten, die bereits bestückt sind, unter anderem mit Imagern. Bei Produkten aus der Medizintechnik und Pharmaindustrie wie Implantate, Instrumente und

Lab-on-Chip-Lösungen hängt deren sicherer Einsatz ebenfalls von der Teilesauberkeit ab. So unterschiedlich diese Reinigungsaufgaben auch sind, die heute geforderten Sauberkeitsspezifikationen lassen sich mit bisher eingesetzten Verfahren wie der Druckluft-, Bürst- oder nasschemischen Reinigung kaum mehr prozesssicher erreichen.

#### Mit Schnee zu höchster Reinheit

Mit der skalierbaren guattroClean-Schneestrahltechnologie bietet die acp systems AG für diese Aufgabenstellungen eine reinraumgerechte und bewährte Lösung. Die Reinigung erfolgt dabei trocken mit flüssigem, klimaneutralem CO<sub>2</sub>. Wesentliches Element für die zuverlässige Reinigungsleistung ist die verschleißfreie Zweistoffringdüse, durch die das Kohlendioxid geleitet wird. Beim Austritt aus der Düse entspannt es zu feinen Schneepartikeln. Diese werden durch einen separaten Druckluftmantelstrahl gebündelt und auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt. Beim Auftreffen des gut fokussierbaren Reinigungsstrahls auf die zu reinigende Oberfläche sorgen die vier Wirkmechanismen (thermischer, mechanischer, Lösemittel- und Sublimationseffekt) der guattroClean-Schnee-



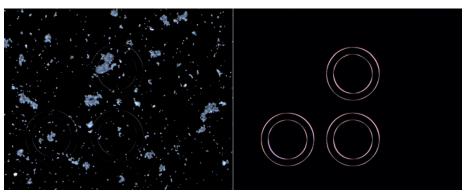
Die Wirkmechanismen der quattroClean-Schneestrahltechnologie ermöglichen es, partikuläre Verunreinigungen bis in den Submikrometerbereich und feinste filmische Kontaminationen prozesssicher und reproduzierbar zu entfernen (Bild: acp systems)

strahltechnologie dafür, dass partikuläre Verunreinigungen bis in den Submikrometerbereich und filmische Kontaminationen anforderungsgerecht und reproduzierbar entfernt werden.

Da das kristalline Kohlendioxid während der Reinigung vollständig sublimiert, sind die Oberflächen beziehungsweise Teile trocken. Gleichzeitig erfolgt die Reinigung materialschonend, so dass auch empfindliche, filigrane und fein strukturierte Oberflächen behandelt werden können.

### Prozess- und Anlagenauslegung sichert Reinigungsergebnis

Die Prozessauslegung für eine ganzflächige oder partielle Reinigung erfolgt im Technikum der acp systems durch Versuche. Dabei werden alle Prozessparameter wie Volumenströme für Druckluft und Kohlendioxid, Anzahl der strahlenden Düsen, Strahlbereich und Strahlzeit exakt an die jeweilige Applikation, die Materialeigenschaften, die zu entfer-



Die beim Wafer-Dicing mittels Laser entstandenen Schmauchreste werden mit der quattroClean-Schneestrahltechnologie anforderungsgerecht entfernt. Der Sauberkeitsnachweis erfolgte mit einem Digitalmikroskop anhand von Marken mit einem Außendurchmesser von 0,4 mm

(Bild: acp systems)

nenden Verunreinigungen sowie die geforderte Sauberkeit angepasst. Sie können als teilespezifische Reinigungsprogramme in der Anlagensteuerung hinterlegt werden. Während der Reinigung gewährleistet eine lückenlose Prozessüberwachung und Prozesskontrolle, dass jedes Teil mit den validierten Prozessparametern behandelt wird.

Die Ausführung und Ausstattung der modular aufgebauten Reinigungssysteme erfolgt angepasst an die jeweilige Reinraumklasse. So werden sie komplett aus Edelstahl gefertigt und verfügen über glatte, homogene Oberflächen. Das strömungsoptimierte Design der Prozesskammer stellt den schnellen und gezielten Austrag entfernter Verunreinigungen und des sublimierten Kohlendioxids durch

die integrierte Absaugung sicher. Eine an die Aufgabenstellung angepasste Medienaufbereitung sorgt darüber hinaus dafür, dass Kreuz- und Re-Kontaminationen verhindert werden

### Lösungen für die integrierte, teilautomatisierte und manuelle Reinigung

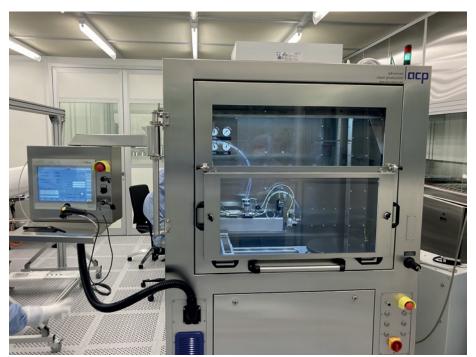
Für eine optimale Anpassung der Reinigungslösung an die jeweiligen Anforderungen und Produktionssituation bietet acp systems unterschiedliche modulare Lösungen und individuell geplante Systeme. Die kompakte Jet-Cell-HP wurde für die flexible, automatisierte Reinigung entwickelt. Die Plug and Play-Reinigungszelle kann einfach in verkettete Fertigungsumgebungen eingebunden oder als



Die Prozessauslegung, bei der alle Prozessparameter exakt an die jeweilige Applikation, die Materialeigenschaften, die zu entfernenden Verunreinigungen sowie die geforderte Sauberkeit angepasst werden, erfolgt im Technikum der acp systems (Bild: acp systems)

Standalone-Lösung betrieben werden. Integrierte Schnittstellen ermöglichen die Anbindung des digital steuerbaren Reinigungssystems an einen übergeordneten Leitrechner. Alle bei der Prozessüberwachung und -kontrolle ermittelten Daten lassen sich automatisch erfassen und an den Leitrechner übergeben. Mit der JetStation-HP steht eine geschlossene Reinigungszelle für den teilautomatisierten oder manuellen Betrieb zur Verfügung. Bei diesen reinraumgerechten Alternativen ist die komplette Technik für den Schneestrahlprozess sowie die Medienaufbereitung ebenfalls in das schlanke Anlagengehäuse integriert. Für die Inbetriebnahme sind lediglich Kohlendioxid und Druckluft an-Doris Schulz zuschließen.

⊃www.acp-systems.com



Die reinraumgerecht ausgelegte und ausgestattete JetStation-HP wurde für die flexible Reinigung bei höchsten Anforderungen an die Sauberkeit entwickelt. Sie wird manuell beladen und kann automatisiert oder teilautomatisiert als Standalone-Lösung betrieben werden

(Bild: acp systems)



...wasser und mehr

### Wasser- und Recyclingsysteme

für den effizienten und umweltgerechten Umgang mit einer wertvollen Ressource

water and recycling systems

for an efficient and environmentally compliant dealing with a valuable ressource

zertifizierter Fachbetrieb nach § 19 I WHG

aqua plus

Wasser- und Recyclingsysteme GmbH

**Am Barnberg 14** D-73560 Böbingen an der Rems Tel.: +49 71 73 / 71 44 18 - 0 www.aqua-plus.de

### Recyclingfähige Lebensmittelverpackungen:

### Qualitätskontrolle von Nanobeschichtungen

EU-weit werden jährlich mehr als 300 Milliarden Verpackungen nicht recycelt, weil sie aus einem Mix verschiedener Materialien bestehen. Verpackungen aus Monomaterialien sind dagegen gut recycelbar. Sie müssen aber mit ultradünnen Barriereschichten versehen werden, um empfindliche Produkte ebenso gut zu schützen wie Verbundmaterialien. Das Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM entwickelt ein optisches Messsystem, mit dem sich die Qualität dieser Barriereschichten in der Produktionslinie prüfen lässt.

Verpackungen für empfindliche Alltagsprodukte bestehen heute in der Regel aus Kunststoffverbundsystemen – einem Materialmix aus unterschiedlichen Polymeren. Die Verpackungen sorgen dafür, dass empfindliche Produkte wie Lebensmittel oder Pharmazeutika auf dem Weg von der Herstellung zum Konsumenten vor äußeren Einflüssen wie zum Beispiel Sauerstoffdiffusion geschützt werden. Polymerverbundmaterialien erfüllen diese Funktionen zwar, können jedoch nicht wirtschaftlich recycelt werden. Mit Blick auf die gewaltige Menge an Verpackungsmaterial haben die Gesetzgeber auf Bundes- und EU-Ebene die Anforderungen an die Recyclingfähigkeit von Verpackungen zuletzt deutlich verschärft. Im Forschungsprojekt RE-USE (Recyclingfähige Funktionsverpackungen für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie durch ultradünne Barriereschichten) arbeiten vier Fraunhofer-Institute gemeinsam an neuen Verpackungskonzepten, die ohne Materialverbundsysteme funktionieren sollen und damit eine deutliche höhere Recyclingquote erreichen. Am Projekt beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

FEP, für Physikalische Messtechnik IPM und für Elektronische Nanosysteme ENAS.

### Ultradünne Barriereschicht auf Monomaterial

In vielen Fällen lässt sich die Barrierefunktion von Polymerschichten auch durch ultradünne Beschichtungen, zum Beispiel aus Aluminium- oder Siliziumoxid, erzielen. Die Projektpartner entwickeln ein Verfahren, mit denen es möglich werden soll, solche Schichten mit zuverlässiger Barrierewirkung in einer Dicke von nur zehn Nanometern aufzutragen. Die Menge des Fremdmaterials auf dem eigentlichen Verpackungsmaterial ist dabei so gering, dass ein sortenreines Recycling problemlos möglich ist.

Voraussetzung für die Herstellung solcher *Superbarrieren* im großen Maßstab ist eine zuverlässige Qualitätskontrolle. Eines der Ziele des auf drei Jahre angelegten Forschungsprojekts ist daher ein inline-fähiges Messsystem, das eine Regelung des Beschichtungsprozesses und damit eine durchgehende Qualitätskontrolle ermöglicht.

Das Fraunhofer IPM entwickelt eine Lösung, mit der sich Dicke und Elementzusammensetzung der Barriereschicht während der





Monomaterial statt Materialmix: Verpackungen werden heute zum Großteil als Müll verbrannt, da sie aus Verbundmaterialien bestehen. Forschende von vier Fraunhofer-Instituten wollen nanometerdünne Barriereschichten für recyclingfähige Verpackungen aus Monomaterialien entwickeln, um so die Recyclingquote zu erhöhen (Bild: Fraunhofer IPM)

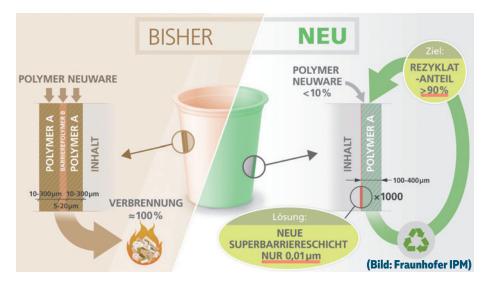
Herstellung vollständig prüfen und der Beschichtungsprozess regeln lassen. Dazu nutzen die Forschenden die charakteristischen spektralen Eigenschaften der Beschichtungen im Infrarotbereich. Infrarotstrahlung eines Quantenkaskadenlasers sieht unter streifendem Einfall die Barriereschicht, das heißt, sowohl die spektrale Signatur der Schicht als auch des Substrats sind erkennbar. Aus diesen spektralen Merkmalen lassen sich Rückschlüsse über die Dicke und chemische Zusammensetzung der Schicht ziehen.

In einem weiteren vom Land Baden-Württemberg geförderten Projekt arbeitet das Forschungsteam gemeinsam mit der Firma Plasma Electronic GmbH an der Produktionstauglichkeit des infrarot-optischen Verfahrens. Hierzu wird ein Array von äußerst kompakten Einzelsensoren in einen industriellen Plasmabeschichtungsprozess für Becher integriert, um eine 100-Prozent-Qualitätskontrolle zu ermöglichen.

#### Kontakt:

Dr. Benedikt Hauer, Projektleiter, Fraunhofer IPM, E-Mail: benedikt.hauer@ipm.fraunhofer.de

www.ipm.fraunhofer.de



### Kompetenz für die Oberflächentechnik

IFO-Geschäftsführer Marc Holz feiert 20-jähriges Jubiläum - Sten Flauger neuer Fachplaner Brandschutz bei QUBUS

#### 20 Jahre im Dienst für die Oberfläche

20 Jahre Firmenjubiläum für Marc Holz heißt auch 20 Jahre Expertise und Engagement für den Oberflächen- und Korrosionsschutz. Dipl-Chem. Marc Holz ist seit 20 Jahren für die IFO Institut für Oberflächentechnik GmbH in Schwäbisch Gmünd aktiv und war lange Zeit Bereichsleiter des IFO-Labors und anschließend für Sachverständigenwesen, Forschung und Entwicklung zuständig, bis er 2016 die Geschäftsführung für das Laborkompetenzzentrum übernommen hat. Gemeinsam mit Michael Müller, Mitgründer und Geschäftsführer des IFO, teilt sich Holz seit sechs Jahren die Leitung des weltweit tätigen Prüfinstituts.



Dipl.-Chem. Marc Holz ist seit 20 Jahren bei der IFO Institut für Oberflächentechnik GmbH

Vor allem der weitere Ausbau der Laborkompetenz, national wie international, ist aktuell ein wichtiges Vorhaben des Prüf- und Labordienstleisters und eine Aufgabe, der sich Holz verschrieben hat. Zusätzlich zum Kernmarkt in Deutschland treibt die starke Nachfrage unserer internationalen Kunden die Entwick-

lung unseres Firmenverbundes voran und es ist eine spannende und reizvolle Aufgabe, unser einzigartiges Netzwerk zusammen mit unseren Mitarbeitern an den verschiedenen Standorten zu gestalten und voranzubringen, so Holz mit Blick auf die kommenden Jahre. Nach der erfolgreichen Eröffnung 2021 von 1000 Quadratmeter Laborfläche am chinesischen Standort des Dienstleisters baut der Diplom-Chemiker seit Jahresbeginn den Laborstandort in Dubai auf und aus, um auch dort optimal für die Kundenanfragen vor Ort aufgestellt zu sein.

### Zusätzliche Fachplanungskompetenz für Brandschutzberatung

Der Bereich Brandschutz der QUBUS Planung und Beratung Oberflächentechnik GmbH hat einen frischgebackenen Fachplaner für Brandschutz mehr: Sten Flauger, Projektingenieur im Bereich Arbeitssicherheit, Umwelt und Brandschutz, hat die Weiterbildung zum Fachplaner für Brandschutz erfolgreich abgelegt. Der Aufgabenschwerpunkt der Fachqualifizierung liegt in der kompletten Brandschutzkonzeption. Die QUBUS-Brandschutzexperten erstellen sicher und wirtschaftlich Brandschutzkonzepte, -nachweise und -gutachten für Industrie- und Sonderbauten. Auch beim Umgang und bei der Lagerung von wassergefährdenden Stoffen oder bei Löschwasserrückhaltekonzepten sind die Fachplaner des Unternehmens die richtigen Ansprechpartner.

Ständige Weiterqualifizierung ist uns gerade im Brandschutz ein wichtiges Anliegen. Durch das hohe Interesse an Brandschutzberatung ist es umso wichtiger, dass wir unsere Kompetenzen stetig ausbauen und so schnelle und umfangreiche Beratung im Brandschutz für unsere Kunden anbieten können, sagt Bereichsleiter Frank Schüle, der Sten Flauger zur bestandenen Ausbildung gratuliert.



Sten Flauger hat die Weiterbildung zum Fachplaner für Brandschutz erfolgreich abgelegt

#### IFO und QUBUS

Gemeinsam mit dem verbundenen Unternehmen QUBUS Planung und Beratung Oberflächentechnik GmbH und Unternehmensstandorten in Dubai, China sowie den Niederlanden bietet das IFO Institut für Oberflächentechnik GmbH weltweit Dienstleistungen für oberflächentechnische Unternehmen an. Mehr als 90 qualifizierte Ingenieure und Techniker sind in den Geschäftsfeldern Inspektionen, Zertifizierung, Gutachten, Auftragsforschung, Labordienstleistungen, Anlagen- und Fabrikplanung, Umweltrecht und Managementsysteme tätig.

- ⊃www.ifo-gmbh.de
- ⊃www.qubus.de

## **ZWEI UNTERNEHMEN. EIN ZIEL. WELTWEIT.**Dienstleistungen rund um Oberflächentechnik und Produktion.



- **)** Labordienstleistungen
- ) Korrosionsprüfungen
- ) Gutachten bei Schadensfällen und Sachverständige
- ) Güte- und Qualitätsprüfungen
- › Beschichtungsinspektionen› Bauaufsichtliche Prüfstelle
- Industrie- und Auftragsforschung



Institut für Oberflächentechnik GmbH



Planung und Beratung Oberflächentechnik GmbH



- > Umwelt und Arbeitssicherheit
- > Managementsysteme QU/UM/EM
- ) Gutachten
- > Brandschutz
- > CE Konformitätserklärungen
- ) Genehmigungsverfahren

Alexander-von-Humboldt-Straße 19 73529 Schwäbisch Gmünd

www.ifo-gmbh.de www.qubus.de

### Entwicklung antiviraler Eloxaloberflächen

Forschungsvorhaben am fem, Schwäbisch Gmünd

Die globale SARS-CoV2-Pandemie verursacht einen immensen zusätzlichen Bedarf an antiviralen Oberflächen in nahezu allen Situationen des täglichen Lebens. Insbesondere im öffentlichen Sektor werden künftig verstärkt Lösungen verlangt, um das Infektionsrisiko zu senken. Damit verbunden ist ein riesiger Markt für innovative Beschichtungskonzepte. Potentielle Anwendungen, wie beispielsweise Handläufe, Haltegriffe, Türklinken oder Sanitäreinrichtungen, erfordern den Einsatz langlebiger Materialien mit einer möglichst dauerhaften antiviralen Wirksamkeit. In diesem Kontext stellen anodisierte Aluminiumwerkstoffe mit der meso- und makroporösen Oberfläche ein interessantes Substratmaterial für die Modifizierung mit viruziden beziehungsweise bakteriziden Nanopartikeln dar. Ziel des Forschungsvorhabens ist somit die Nutzung der inhärenten Porenstruktur des anodisch oxidierten Aluminiumsubstrats, indem antivirale Metall-Nanopartikel und Photokatalysatoren in die offene Porenstruktur eingebracht werden. Die technische Herausforderung bei der Entwicklung einer derartigen funktionalen Oberfläche besteht darin, das Eloxalschichtsystem so zu gestalten, dass die Einlagerung der Partikel gelingt ohne die wesentlichen Eigenschaften der Eloxalschicht (insbesondere den Korrosionsschutz) zu beeinflussen. Dies soll im Rahmen dieses Forschungsvorhabens über ein Mehrschicht-Eloxalsystem realisiert werden. Die darauffolgende Funktionalisierung der

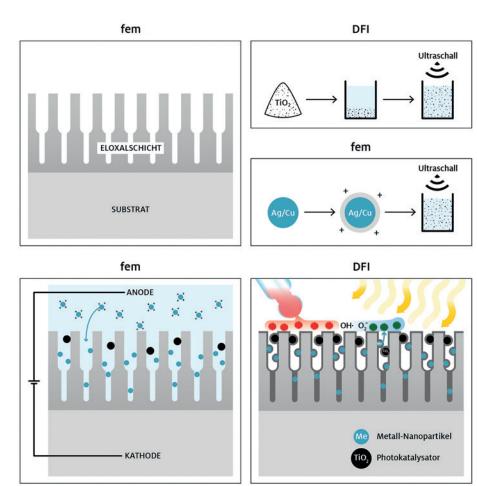


Abb. 1: Schematische Darstellung der Arbeitspakete auf Basis der Kompetenzschwerpunkte der Forschungspartner fem und DFI

Eloxalschicht soll, wie bereits im IGF-Vorgängervorhaben 20136 N, per elektrophoretischer Einlagerung der Nanopartikel erfolgen.

Durch die Entwicklung einer antiviralen Eloxaloberfläche kann die internationale Wettbewerbsfähigkeit von den vorwiegend kleinen und mittelständischen Unternehmen im Bereich der Lohnbeschichtung gestärkt werden; insbesondere da durch diese Entwicklung ein gänzlicher neuer Markt im Gebiet der funktionalen Oberflächen erschlossen werden kann.

### Foreshungspartner DEL Dochema Foreshungsinstitut Theoder

Forschungspartner DFI, Dechema Forschungsinstitut, Theodor-Heuss-Allee 25,

D-60486 Frankfurt am Main

Industriepartner Alanod GmbH & Co. KG, Alufinish GmbH & Co. KG, ConceptColor GmbH,

Evonik Ressource Eficiency GmbH, HD Wahl GmbH, Krämer + Eckert GmbH & Co. KG, Kronos International, Inc, MN Metall GmbH, Munk

GmbH, Rieger Metallveredlung GmbH & Co. KG, Schüco International KG,

WKW Engineering GmbH

Ansprechpartner fem, Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie, Katharinen-

straße 17, D-73525 Schwäbisch Gmünd; Dr. Christof Langer, E-Mail: langer@fem-online.de, Tel.: +49 7171 1006-500

Laufzeit 1.10.2022 bis 31.3.2025

Forschungsvorhaben IGF 22658 N

#### **Danksagung**

Das Forschungsvorhaben 22658 N der Forschungsvereinigung Verein für das Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie (fem) wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

⊃ www.fem-online.de

### Energiebeschaffung – und was die Branche sonst noch bewegt

Bericht über die ZVO-Oberflächentage 2022 - Teil 3

Funktionsschichten sind in zahlreichen technischen Bereichen ein Innovationstreiber, da sie Funktionen möglich machen, die ohne Beschichtung nicht oder nur bedingt möglich sind. Dies gilt beispielsweise bei Aluminiumsubstraten für eine Reinigung der Oberfläche durch Photokatalyse oder zur Herstellung guter elektrischer Kontakteigenschaften für Aluminimleiter und -kontakte. Weitere Schichtmetalle für elektrische Anwendungen sind Silber und Zinn, die intensiven Unter-



Zum online-Artikel

suchungen zur Verbesserung der Eigenschaften unterzogen werden. Schließlich führt REACh auch weiterhin zur umfassenden Entwicklungen in der Galvanotechnik, insbesondere um den Einsatz von Chrom(VI)verbindungen zu reduzieren beziehungsweise auf das notwendige Maß zu reduzieren.

Fortsetzung aus WOMag 11/2022

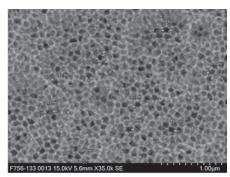
#### **Funktionsschichten**

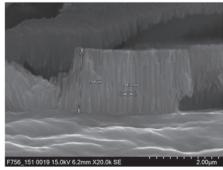
### Photokatalytisch aktive Aluminiumoberflächen

Den Vortragsblock über Funktionsschichten eröffnete Dr. Sigrid Benfer, Dechema Forschungsinstitut, mit der Vorstellung der Arbeiten zur Erzeugung von photokatalytisch aktiven Aluminiumoberflächen durch Einbringen von Titandioxid(TiO<sub>2</sub>)-Nanopartikel in Anodisierschichten. Ziel der Arbeiten ist es. eine funktionalisierte eloxierte Oberfläche für Aluminiumbleche zu entwickeln, die im Gebäudebereich als Fassadenverkleidung verwendet werden. Mit derartig funktionalisierten Oberflächen soll der Abbau von NOx in der Luft möglich werden, was insbesondere für Ballungszentren mit hoher Luftbelastung durch den Verkehr von Interesse ist. Da die Schichten für Fassadenelemente eingesetzt werden sollen, sollten sie auch einen gewissen dekorativen Effekt erfüllen. Es wird davon ausgegangen, dass die photokatalytisch aktiven Titandioxid-Nanopartikel das NOx zu unkritischen Stickstoffverbindungen abbauen und die Abbauprodukte vom Regenwasser abgewaschen werden.

Die Herstellung der Schichten erfordert im ersten Schritt die Optimierung der Vorbehandlung, bestehend aus Entfettung und Beizen. Anschließend wird so anodisiert, dass im optimalen Fall Poren mit Durchmessern > 100 nm und Schichtdicken von etwa 2  $\mu m$  entstehen. Die Porenweite hängt stark von der Temperatur und der Anodisierspannung ab, während der Einfluss der Zeit eher gering ist. Im vorliegenden Fall erfolgte die Anodisation mit Phosphorsäure, bei der die Säurekonzentration auch darüber entscheidet, ob Poren im Laufe der Anodisation verschlossen werden.

Das eingesetzte Titandioxid ist durch Partikelgrößen von etwa 20 nm bis etwa 80 nm charakterisiert sowie durch das Zetapotenzial





Aluminiumoxidschicht, hergestellt in 10%iger Phosphorsäure (Bild: S. Benfer)



GusChem® - Qualität, die überzeugt!

als Wert für die Oberflächenladung. Die Herausforderung bestand darin, höhere Konzentrationen in Lösung zu halten, ohne dass eine merkliche Agglomeration stattfindet. Wichtig ist zudem, dass die anodisierten Schichten in einem Nass-in-Nass-Ablauf vom Anodisiermedium in die Lösung mit Titandioxid gebracht werden. Ein optischer Einfluss durch Einbringung der Titandioxidpartikel war nicht festzustellen. Der Füllgrad kann durch die Ziehgeschwindigkeit der Aluminiumoberfläche in der Partikelemulsion verändert werden. Eine genauere Analyse der Oberfläche zeigte, dass in den Poren in hoher Zahl Partikel mit Durchmessern von etwa 20 nm vorliegen, wobei sich die zur Verfügung stehenden Lösungen mit Nanopartikeln in Bezug auf die Einlagerungsrate unterscheiden.

Die Oberflächen zeigten in entsprechenden Tests ein photokatalytisches Verhalten, das durch den NOx-Abbau nachgewiesen werden kann. Die durchgeführten Korrosionstests erbrachten keine nennenswerten Veränderungen, so dass ein Einsatz von sauren Aluminium- und Fassadenreinigern möglich ist.

#### Silber-Dispersionsschichten

Christoph Kiesl vom Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie fem in Schwäbisch Gmünd stellte seine Arbeiten zum Kontaktund Langzeitverhalten von selbstschmierenden Silber-Dispersionsbeschichtungen in stromtragenden Verbindungen der Elektroenergietechnik vor. Sie eignen sich in ers-

ter Linie für den Einsatz in elektrischen Kontakten. Durch Schichten mit tribologischen Eigenschaften kann der Abrieb von Steckkontakten für hohe Energieübertragung verringert und damit eine längere Standzeit erzielt werden.

Im Falle von Silber kann zwischen cyanidischen und cyanidfreien Systemen unterschieden werden. Als Dispersionsstoffe mit guten Reibeigenschaften kommen Graphit, Molybdänsulfid, Wolframsulfid, Zinnsulfid oder Bornitrid in Betracht. Auch wenn auf Cyanid in Elektrolyten heute nach Möglichkeit verzichtet wird, zeigen cyanidhaltige Systeme doch die deutlich besseren Ergebnisse im Falle der Dispersionsabscheidung. Für das Abscheidesystem ist darauf zu achten, ein Verfahren zu nutzen, das Agglomeration vermeidet, zum Beispiel durch Verwendung von Ultraschall. Als aussichtsreicher Zusatz wurde in die Silbermatrix auf Basis von Vorversuchen für die Abscheidung Graphit als Dispersionsstoff ausgewählt; mit ihm kann eine feine Verteilung der Partikel in der Silberschicht erzielt werden.

Im vorliegenden Fall weisen die Partikel eine längliche Form auf, wobei etwa 6 % Graphit eingelagert wurden. In einer weiteren Versuchsreihe wurde Molybänsulfid eingebettet, bei dem etwa 3 % Partikelanteil in der Silberschicht gemessen wurden.

Die Messungen zum tribologischen Verhalten ergaben für Schichten mit Graphit, Molybdänsulfid und Wolframsulfid günstigste Werte, während hexagonales Bornitrid oder Bismutsulfid relativ schlecht abschnitten. Auch eine Auslagerung bei 180 °C änderte das tribologische Verhalten nicht nennenswert. Die Härte fällt durch die Einlagerung gegenüber einer Silberschicht ohne Dispersionsstoff etwas ab, allerdings bleiben die Härtewerte im Gegensatz zu reinem Silber durch eine Auslagerung unverändert; bei reinem Silber ohne Einlagerung sinkt die Härte von etwa

#### Whiskerwachstum bei Zinnschichten

100 HV0,003 auf etwa 60 HV0,003.

Das Whiskerwachstum spielt im Bereich der Elektronik eine Rolle. Dr. Andre Egli, RIAG Oberflächentechnik AG, befasst sich in diesem Kontext mit der Geschwindigkeit der Zinnkorn-Rekristallisation einerseits und der intermetallischen Phasenbildung andererseits; beides bestimmt das Whiskerwachstum von galvanischen Zinnschichten. Solche Whisker können bei Durchmessern im Mikrometerbereich bis zu mehrere Millimeter lang werden und bei elektronischen Schaltungen zu Kurzschlüssen führen. Interessant ist auch, dass Whisker im Vakuum stärker wachsen als unter Atmosphärendruck.

Bisher als gesichert gilt, dass durch Eindiffusion von Kupfer in Zinn die beiden Metalle zu intermetallischem Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> reagieren und sich hierbei Druckspannungen aufbauen. Dies wiederum soll nach bisher herrschender Ansicht zur Whiskerbildung führen. Untersuchungen zeigten, dass entlang von Korngrenzen der Zinnschicht durch Kupfereindiffusion Cu<sub>e</sub>Sn<sub>e</sub>-Kristalle mit sehr unterschiedlichen Größen entstehen.

Interessant ist zudem, dass sich Kupferlegierungen in der Auslösung des Wachstums der intermetallischen Phasen deutlich unterscheiden können. Daraus resultierende Untersuchungen zeigen, dass die Kristallgeometrie der Zinnschichten und des Kupfersubstrats beziehungsweise deren Vorzugsorientierung einen Einfluss auf das Whiskerwachstum haben. Allerdings ist ein direkter Zusammenhang zwischen intermetallischer Phasenbildung und Whiskerwachstum widersprüchlich. Eher naheliegend ist, dass die Oxidschicht einen Druckabbau verhindert. Nur dort, wo die Oxidschicht Schwachstellen besitzt, könnten dann Whisker entstehen. Wichtig ist zudem, dass durch Umschmelzen das Whiskerwachstum verhindert werden kann.

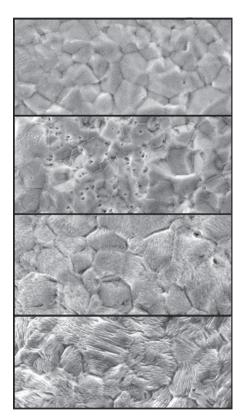
Im Endeffekt lässt sich durch die Bestimmung der Vorzugsorientierung ein Hinweis dafür finden, ob die Whiskerneigung höher oder niedriger ist. Die ausführliche Analyse der zu-







Aussehen der Schichten mit Graphit (obere Reihe) und Molybdänsulfid (untere Reihe) in Aufsicht (Bild: Ch. Kiesl) (links) und im FIB-Schnitt (jeweils rechts)



Die Oxidation einer aufgebrachten Zinnschicht verhindert die genaue Analyse der Kristallstruktur der Schicht: das Ätzen in die Tiefe deckt die tatsächlich vorliegende kristallografische Struktur auf (Bild: A. Egli)

gänglichen Daten lässt erkennen, dass das Vorliegen der Anteile an Großwinkelkorngrenzen beziehungsweise Kleinwinkelkorngrenzen darüber entscheidet, ob Whisker entstehen und wachsen oder nicht. Ausgelöst wird das Wachstum von Diffusionsvorgängen in horizontaler und vertikaler Richtung.

(Hinweis: Eine ausführliche Darstellung der sehr komplexen Zusammenhänge zur Whiskerbildung ist im Aufsatz von Dr. Egli im ZVO-Report 5 (November 2022), Seite 52-54, zu finden).

### Aluminium für Leiter und Steckverbinder

Für bestimmte Anwendungen in der Automobilelektronik bietet sich der Einsatz von Aluminiumlegierungen gegenüber den üblichen Kupferlegierungen an. Dr. Heidi Willing vom Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie fem in Schwäbisch Gmünd, befasst sich mit der Prozessentwicklung für Aluminium als Werkstoff für Leiter und Steckverbinder in der Automobilelektronik unter Einsatz von angepassten Zinnlegierungsschichten. Auch wenn Aluminium als Werkstoff für Beschichtungen eher unbeliebt ist, bietet es doch interessante Eigenschaften, vom Gewicht über die Leitfähigkeit bis hin zur Beständigkeit unter atmosphärischen Bedingungen und dem günstigeren Rohstoffpreis. Weniger positiv schneidet Aluminium allerdings bei den mechanischen Eigenschaften (E-Modul, Kriechfestigkeit) oder der galvanischen Beschichtbarkeit ab.

Abhilfe könnte nach Meinung der Vortragenden die Beschichtung von Aluminiumsubstraten mit Zinn schaffen; die üblicherweise für die Aluminiumvorbehandlung eingesetzten Zinkatverfahren sind jedoch aufgrund mehrerer Prozessstufen zeitintensiv. Ziel der Arbeiten war daher, eine optimiertere Prozesskette mit kürzerer Prozesszeit gegenüber der klassischen Verfahrensart zu entwickeln.

Um die Qualität der Beschichtung im Hinblick auf Haftfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Kontaktwiderstand festzustellen, wurden verschiedene Aluminiumlegierungen, Vorbehandlungsserien und Elektrolytsysteme untersucht. Als Ausgangsmaterial kamen unter anderem Al99,5, AlMg3 oder AlZn5,5MgCu zum Einsatz. Für die Vorbehandlung wurden kommerziell verfügbare Zinkatverfahren gewählt. Beschichtet wurden die Proben mit Zinn-Silber und Zinn-Zink. Eine Beschichtung mit Zinn-Silber kommt üblicherweise in der Bandbeschichtung zum Einsatz, eine Abscheidung von Zinn-Zink in der Gestellbeschichtung.

Bei den hergestellten Proben wurden sowohl beim Einsatz einer Nickelzwischenschicht als auch ohne diese Zwischenschicht Ablösungen gefunden. Als Ursachen wurden unter anderem Rückstände von Metallen oder Oxiden sowie Risse in der Oberfläche identifiziert. Diese Fehler traten unabhängig von der Art der verwendeten Aluminiumwerkstoffe auf. Insgesamt zeigten die Kombinationen mit einer Nickelschicht auf den Werkstoffen AlZn5,5MgCu und AlMg3 die besten Ergebnisse bezüglich der Haftung der Beschichtung auf dem Substrat.

### Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren werden die folgenden Vorträge zusammengefasst:

- Alternativen zu Chrom(VI)verfahren
- Funktionalisierung von Kohlenstoff-
- Hartanodisieren ohne Chrom(VI)verbindungen
- Detektionssysteme.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt 5 Seiten mit 6 Abbildungen.



### Das unabhängige Galvaniklabor

### Oberflächen

Schichtdicken, Mikroskopik, Rauigkeitsmessungen

### Flüssigkeiten Badanalyse, Hullzelle

### **Funktion**

Lötprüfung, Passivierungstest Alterung, Whisker





### **Der Shop Rund um** die Hull-Zelle

### Top-Qualität

### **Top-Service**

Umfassende Galvanik-Erfahrung und Knowhow

### **Funktion**



### Ausgezeichnete Innovationen für die industrielle Teilereinigung

Den FiT2clean-Award hatte der Fachverband industrielle Teilereinigung e. V. (FiT) in diesem Jahr erstmals ausgeschrieben, um Innovationen für die Bauteilreinigung voranzutreiben sowie herausragende Lösungen zu würdigen. Und herausragende Leistungen präsentierten alle drei Finalisten am letzten Messetag der parts2clean 2022. Mit der außergewöhnlichen Idee, das brennbare Gas Butan als Reinigungsmedium zu nutzen, sicherte sich das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) den ersten Platz.

Leistung, Prozesssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz zählen auch in der industriellen Bauteilreinigung zu den Treiberthemen für Innovationen. Um dabei herausragende Lösungen und Leistungen zu würdigen sowie Neu- und Weiterentwicklungen zu fördern, hat der Fachverband industrielle Teilereinigung den FiT2clean-Award etabliert, berichtet Dr. Michael Flämmich, Vorsitzender des FiT. Die mit 10 000 Euro und einem Jahr kostenloser Mitgliedschaft im Fachverband dotierte Auszeichnung wurde 2022 erstmals vergeben.

Aus den insgesamt neun Bewerbungen wählte die mit Personen aus Wissenschaft, Forschung, Industrie und Medien besetzte Fachjury drei Finalisten aus, die ihre Lösungen am letzten Tag der Fachmesse parts2clean präsentierten. Im Anschluss folgte die Verleihung des FiT2clean-Awards durch Michael Flämmich: Gewinner 2022 ist das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) aus Stuttgart mit der ABC-Lösung (ABC - Advanced Butane Cleaning), die brennbares Butangas als Reinigungsmedium nutzt. Auch wenn der Einsatz von Butan, das bisher hautsächlich als Brennstoff in Campingkochern, Kühlmittel in Klimaanlagen und Kühlschränken sowie Treibmittel in Spraydosen verwendet wird, auf den ersten Blick etwas abenteuerlich erscheinen mag, offenbart es bei genauem Hinsehen doch verschiedene Vorteile für die Teilereinigung. Dazu gehört, dass das entsprechend dem Kyoto-Protokoll nicht als Treibhausgas eingestufte Butan bei rund fünf bar flüssig wird und dann bei Raumtemperatur über

eine hohe Spaltgängigkeit sowie ein sehr gutes Lösevermögen für Öle verfügt. Bei Normaldruck geht es wieder in die Gasphase über, so dass die Teile ohne separaten Trocknungsprozess rückstandsfrei trocken sind. Eine Kühlstrecke kann ebenfalls entfallen und die bei der Sublimation entstehende Kälte lässt sich zur Kühlung von anderen Prozessen nutzen. Das Advanced Butane Cleaning (ABC) bietet damit einiges Potenzial für energiesparende Reinigungsprozesse.

Platz zwei sicherte sich die Ecoclean GmbH mit dem APM (APM - Acoustic Performance Measurement). Die neu entwickelte Messlösung ermöglicht bei vollautomatisierten Ultraschall-Mehrbadtauchanlagen erstmals, die Ultraschallfrequenz und -leistung reproduzierbar und kontaktfrei inline pro Charge zu monitoren. Dafür wird an den zu kontrollierenden Behandlungsbecken ein spezielles Richtmikrofon platziert. Es überwacht während der Reinigung die Frequenz und Leistung des Bades und übermittelt die Werte an die Software des Systems. Diese analysiert die Ist-Werte, gleicht sie mit zuvor definierten Sollwerten ab und dokumentiert die Messergebnisse. Bei Abweichungen wird eine Warnung beziehungsweise Fehlermeldung ausgegeben. Insbesondere bei High Purity-Reinigungsanwendungen, beispielsweise in der Medizintechnik und Halbleiter-Zulieferindustrie, sorat diese Innovation für eine verbesserte Prozesssicherheit und Traceability. Platz drei ging an die acp systems AG für die Neuentwicklung einer pulsierenden Düsentechnologie für das etablierte CO<sub>2</sub>-Schneestrahlreinigungsverfahren. Durch den mit



Dr. Markus Rochowicz, Fraunhofer IPA, (Mitte)
nahm den ersten FiT2clean-Award von Juliane
Schulze und Dr. Michael Flämmich entgegen
(Bild: Doris Schulz)

einer Taktzeit von 20 Millisekunden pulsierenden Strahl wird einerseits eine verbesserte Reinigungseffizienz durch die höhere kinetische Energie erzielt. Andererseits kann die Reinigung dadurch mit einem verringerten Einsatz von Druckluft und CO<sub>2</sub> durchgeführt werden, so dass sich Einsparungen bei den Betriebskosten ergeben.

Wie Michael Flämmich bemerkt, war es wirklich beeindruckend zu sehen, wie innovativ die Anbieter in der Reinigungstechnik sind. Die in diesem Jahr ausgezeichneten Neuentwicklungen machen uns schon sehr neugierig auf die Bewerbungen für den FiT2clean-Award 2023, so Flämmich. Die Verleihung des Preises wird auch im kommenden Jahr im Rahmen der parts2clean erfolgen, die vom 26. bis 28. September 2023 auf dem Stuttgarter Messegelände durchgeführt wird.

⊃www.fit-online.org

#### INSERENTENVERZEICHNIS Airtec MUEKU ifo GmbH Sager + Mack GmbH 31 Walter Lemmen GmbH 15 aqua plus Spiraltec 11 Atotech mks Titel met-at-lab 37 Steinbeis-TZ Tribologie 11 B+T Unternehmensgruppe 21 MacDermid Envio Solutions 29 WOTech GbR Brenscheidt Galvanik Service 37 Munk GmbH 1 ZVO e.V. U2, 41 GusChem 35 33 **Qubus GmbH**

### Autorisierung von Chromtrioxid nach REACh

Folgenbetrachtung einer Schwerpunktverlagerung

Wer die Vorgänge um die Autorisierung von Chromtrioxid gemäß der REACh-Verordnung verfolgt, muss feststellen, dass die Diskussion über die Anträge auf Autorisierung in der Oberflächenbranche schwer nachvollziehbar geworden ist. Insbesondere für die sogenannten Upstream-Autorisierungen großer Konsortien haben sich die Anforderungen im Vergleich zum Beginn des Prozesses stark verschoben. Der Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO) analysiert in diesem Beitrag die Folgen.

Ursprünglich ging es darum, eine Zulassung für die Verwendung von Chromtrioxid in der galvanotechnischen Industrie zu erhalten. Die Regeln des Zulassungsverfahrens fordern dabei vom Antragsteller eine Darstellung des Nutzens der Anwendung von Chromtrioxid im Verhältnis zum Risiko, das von der jeweiligen Art der Verwendung des Gefahrstoffs ausgeht. Ist der Nutzen der Anwendung größer als das monetär zu beziffernde Risiko, so ist dies ein wichtiges Argument, eine weitere Autorisierung zur Verwendung des Gefahrstoffs zu erteilen. Diese sogenannte sozioökonomische Betrachtung kann aber, je nach Standpunkt, völlig unterschiedlich interpretiert werden.

Für den Vertreter eines Galvanikunternehmens ergibt sich die Wertschöpfung unmittelbar aus dem Beschichtungsprozess unter Verwendung von Chromtrioxid. In der Theorie sollte dies der einzige Aspekt sein, den der Antragsteller zu beachten hat, da er nur diesen selbst verantwortet. Andererseits haben gerade verchromte Bauteile eine weit verbreitete Anwendung über eine Vielzahl von Industriesektoren hinweg und sind nur durch andere Prozesse zu ersetzen, wenn die daraus folgenden negativen Auswirkungen in Kauf genommen werden. Beispiele hierfür sind höhere Kosten, geringere Qualität oder Beschränkung auf spezielle Grundmaterialien. Bei Trilogen mit der ECHA in Helsinki - einem Bewertungsworkshop mit Antragsstellern, Vertretern der ECHA und anderen Interessengruppen - stellte sich heraus, dass die Definition der Verwendung von Chromtrioxid je nach Standpunkt des Betrachters deutlich unterschiedlich sein kann. Während die Anwender in der Galvanotechnik zwischen den unterschiedlichen Verchromungsverfahren und damit zwischen den Expositionsszenarien unterschieden haben, fokussieren sich Branchenfremde eher auf die Verwendungen der verchromten Produkte nach dem Herstellungsprozess in bestimmten Anwendungen, wie zum Beispiel der Militär- oder Luftfahrt-

Mittlerweile scheint sich der Schwerpunkt dahin verlagert zu haben, eine Genehmigung für die Weiterverarbeitung von Produkten in den Branchen zu erhalten, welche die mit Chromtrioxid beschichteten Teile zu bestimmten Produkten weiterverarbeiten. In der Tabelle sind einige Beispiel aufgeführt.

Die Beherrschung der Risiken der eigentlichen Technologie scheint bei der Bewertung nicht mehr im Vordergrund zu stehen. Stattdessen wird eine Transformation der Produktionsketten erwartet. Damit stellt sich sofort die Frage, ob sich die Autorisierungsverpflichtung an den richtigen Adressaten wendet, da der Beschichter hier keinerlei Einfluss hat. Oftmals hat er nur unzureichende Informationen über den späteren Einsatzzweck des Bauteils, das er beschichten soll.

#### Sinnhaftigkeit des Ansatzes

Klar ist, dass nicht der Beschichtungsvorgang selbst die benötigten chemischen und mechanischen Eigenschaften festlegt, denn die sind durch die kundenseitig festgelegten Vorgaben für die chemische Zusammensetzung – und damit deren Eigenschaften – der Oberfläche aus elementarem Chrom definiert. Stattdessen werden seitens der zuständigen Behörden der EU (KOM und ECHA) Substitutionspläne verlangt, die sich unvermeidlich mit der technischen Veränderung der Endprodukte auseinandersetzen müssen. Denn wo chrom(III)basierte galvanische Beschichtungen technisch nicht einsetzbar sind, wäre

Upstream-A	Upstream-Anträge				
AntrNr	Titel	Kommentar			
0032-02	Functional Chrome Plating	Die Funktion von Chromtrioxid wird durch das Auftragen einer Verschleißschutzschicht auf beliebigen Bauteilen erfüllt; die spätere Verwendung ist für den Beschichtungsvorgang irrelevant			
0032-03	Functional chrome plating with decorative character	Die Funktion von Chromtrioxid als Ausgangsstoff zur Transformation in eine einfach zu reinigende, wenig verschleißende hochdekorative Metallschicht wird auf dem Bauteil erst bei der Verwendung klar; die spätere Verwendung ist für den Beschichtungsvorgang jedoch irrelevant			
0032-03	Surface treatment for applications in the aeronautics and aerospace industries, unrelated to Functional chrome plating or Functional chrome plating with decorative character	Hier besteht direkter Bezug zur Abnehmerbranche mit branchenspezifischen Bauteilen			
0050-01	Functional chrome plating of piston rings for two-stroke and four-stroke large bore engines as applied in the industrial sectors Construction & Industry, Power Generation, Railway and Maritime	Antrag, der auf eindeutig festgelegte Bauteile für spezifische Branchen begrenzt ist			
0053-01	Hard chrome plating for gasoline and diesel injection applications	Branchenbezogene Bauteile, für welche die Autorisierung nach dem Verbot des Verbrennermotors wertlos werden könnte			

### **VERBÄNDE**

eine Substitution von Chrom(VI) in der Galvanik naturgemäß nicht möglich – der Kunde erwartet eine daraus hergestellte Chromschicht. Dennoch verlangen die zuständigen Gremien und die EU-Kommission eine Auseinandersetzung mit alternativen Beschichtungen für das Endprodukt; auch wenn es sich um eine Technologie handelt, die ein Galvanikunternehmen gar nicht beurteilen kann.

In den meisten Fällen kann nur das Unternehmen, welches das Bauteil verwendet, beurteilen, wie groß der Nutzen der spezifischen Oberfläche ist. Als Beispiel soll die dekorative Echtmetallverchromung eines Parfümflaschenverschlusses dienen: Dieser könnte auch aus billigstem Kunststoff ohne Beschichtung hergestellt werden, wird aber bei hochwertigeren Produkten aufwändig hergestellt, da dadurch beim Kunden ein wesentlich besserer Preis zu erzielen ist. Nur der Parfümhersteller selbst kann beurteilen, zu welchem Grad die aufwändige Beschichtung für ihn ökonomisch sinnvoll ist. Ob eine alternative Oberfläche die Marktanforderungen erfüllen kann und wieviel geringer oder höher der zu erzielende Preis des alternativen Endprodukts ist, kann der Galvaniseur nicht ermitteln. Das galvanische Unternehmen soll demnach also die technischen Anforderungen seiner Kunden vorwegnehmen und sich gegebenenfalls selbst als Lieferanten in Frage stellen.

### **Autorisierung der Verwendung** bei Servicedienstleistern

Die Galvanotechnik ist zum überwiegenden Teil nicht auf bestimmte Branchen festgelegt. Stattdessen ist die industrielle galvanische Beschichtung im Wesentlichen durch Bauteilgrößen, also die installierte Apparategröße, begrenzt. Welche Verwendung die vom Kunden beigestellten Bauteile später haben werden, ist von untergeordneter Bedeutung. Der Oberflächenbeschichter bietet eine chemisch und physikalisch definierte Oberfläche an und der Kunde muss entscheiden, ob deren Eigenschaften seinen speziellen Anforderungen genügen. Dies gilt vor allem für Lohnbeschichter, die als Servicedienstleister für breite Bereiche von Industrie und Handwerk auftreten. Sie sind es, die überwiegend gemeinsam in den Upstream-Autorisierungen nach Zulassung streben. Viele dieser Unternehmen sind viel zu klein, um selbst die bürokratischen Hürden zu nehmen und gleichzeitig ganze Herstellungsketten zu durchforsten, um Technologien für die Kundenbranchen zu finden, die sie selbst nicht anbieten können.

### Autorisierung für die Beschichtung von branchenspezifischen Bauteilen oder bei Inhouse-Galvaniken

Die neueren Entwicklungen bei Behörden und Industrie legen nahe, dass verstärkt Zulassungen für spezifische Anwendungen erteilt werden sollen. Dies zeigen nicht nur die Diskussionen um die bereits gestellten Anträge. So sind Anträge von Inhouse-Galvaniken, die sehr präzise mit Risiko- und Nutzenabwägungen arbeiten und dabei die Gesamtwertschöpfung des Fertigteils berücksichtigen können, bereits genehmigt worden. Diverse branchenspezifische Zusammenschlüsse versuchen, die dringend benötigten verchromten Bauteile zumindest für den eigenen Bedarf zu sichern. Gleichzeitig fokussiert sich die EU-Kommission auf den nächsten kommenden Regulierungsansatz: den essential use. Gemäß diesem Prinzip sollen gefährliche Substanzen nur noch verwendet werden dürfen, wenn sie für die Herstellung von Produkten benötigt werden, die für die Gesellschaft als unabdingbar - eben essential - angesehen werden. Dies eröffnet offensichtlich einen großen und vor allem kaum vorhersagbaren Interpretationsspielraum. Was für den einen in Europa überlebenswichtig erscheint, kann für den anderen überflüssig oder zu gefährlich sein.

Für viele Beschichter würde dies bedeuten, dass nur ein Teil ihrer Beschichtungsaufträge erhalten bliebe. Dies wäre gleichbedeutend mit einem entsprechenden Umsatzverlust. Weder EU-Kommission noch Kundenkonsortien scheinen zu realisieren, dass dieser Umsatzverlust schnell die wirtschaftliche Existenz der Galvaniken in Frage stellen kann, womit auch die Fertigung der autorisierten Bauteile obsolet würde. Eine Kompensation aus anderen Branchen ist durch die begrenzende Autorisierung nicht möglich.

#### Mögliche Auswirkungen

Die derzeit eingeschlagene Richtung der EU-Behörden bei der Autorisierung von Chromtrioxid wird voraussichtlich mindestens folgende Nebenwirkungen haben:

- Serviceleistende Unternehmen (Lohnbeschichter) ohne einen fest abgesteckten Produktrahmen werden möglicherweise nicht unerhebliche Teile ihres Beschichtungsumsatzes verlieren, da sie nicht selbst von der Wertschöpfung profitieren, die ihre Kunden über die nachfolgenden Verwendungen erzielen.
- Die Produktdiversität wird abnehmen. Gleichzeitig wird eine Konzentration der Unternehmen erfolgen müssen. Neugründungen/Startups, auch für wertschaffende Produktionsketten, sind aufgrund fehlender langfristiger Planbarkeit kaum mehr möglich. Das wird zu einer Monopolisierung oder Oligopolisierung der Märkte führen. Diese Auswirkungen sind schon jetzt bei den Chemieunternehmen zu beobachten.
- Defensive Forschung und Entwicklung wird vielfach zu einer Abnahme der Qualität der veränderten Produkte führen. Es erfolgt ein Zurückdrehen jahrzehntelanger Fortentwicklung. Auch werden Neuentwicklungen, die wiederum eine ausreichende Wertschöpfung für eine Autorisierung hätten, gar nicht erst entwickelt, weil eine spätere Verwendbarkeit nicht sichergestellt ist. Denn anders als im Green Deal der EU-Kommission angenommen, gibt es kein toxic-free.
- Die verringerte Qualität, insbesondere eine verkürzte Lebensdauer, verursacht erhöhten Ressourcen- und Energiebedarf.
- Zahlreiche Auswirkungen auf nachgelagerte Prozesse (Transport, Herstellungsprozesse, Maschinenbau) werden erst verzögert sichtbar werden.

Inwieweit diese Nebenwirkungen beabsichtigt sind oder billigend in Kauf genommen werden, kann an dieser Stelle nicht entschieden werden. Zusammen mit den vielen anderen Transformationen in Industrie und Gesellschaft sind die Folgen in vielen Lebensbereichen kaum absehbar und nicht notwendigerweise positiv.

Anstelle der Verbote von Chemikalien sollte die EU sich eher auf die Definition und Überwachung der Einsatzbedingungen konzentrieren. Dazu müssen die nationalen und lokalen Behörden die Vorgaben der Gesetzgebung umsetzen, die größtenteils schon vor REACh gegeben waren.

⊃www.zvo.org



(ZVO)

### ZVO-Oberflächentage 2023:

### Aufruf zur Einreichung von Vorträgen

Die ZVO-Oberflächentage ist eines der führenden Oberflächenforen für Anwender, Abnehmer von Oberflächen, Wissenschaftler, Entwickler, Konstrukteure, Einkäufer, QM- und Vertriebsmitarbeiter aus allen industriellen Wirtschaftsbereichen. Auch 2023 erwartet der ZVO zahlreiche internationale Teilnehmer und Teilnehmerinnen, welche die vielfältigen Möglichkeiten zu gegenseitiger Information und gemeinsamer Diskussionen als Basis für zukünftige Entwicklungen in ihren jeweiligen Segmenten nutzen werden. Dem grenzüberschreitenden Gedankenaustausch misst der ZVO-Kongress von jeher eine besondere Bedeutung bei.

Der ZVO e.V. ruft dazu auf, Vorträge für folgende Schwerpunktthemen und ständige Themenbereiche einzureichen:

Schwerpunktthemen 2023

- Vor- und Nachbehandlung als qualitätsbestimmende Prozessschritte galvanischer Oberflächenbeschichtungen im Hinblick auf Verfahrenschemie und Anlagentechnik (Hard- und Software):
   zum Beispiel Zustand blanker Oberflächen als Basis für galvanische Beschichtungen; Ausgangszustände des Beschichtungsmaterials aus vorgelagerten Bearbeitungsschritten wie Schmieden, Ziehen, Walzen, Stanzen, Drücken, Extrudieren, Schweißen, Schleifen, Polieren etc.; Prüfung von Vorbehandlungselektrolyten; Prüfung der Oberfläche nach der Vorbehandlung; Anforderungen und Prozesse nach der Beschichtung
- Technologien zur Oberflächenfunktionalisierung (außerhalb der Galvanotechnik)
- Industrie 4.0 und digitale Vernetzung: Bedeutung und Umsetzung in der Galvano- und Oberflächentechnik (Best Practice)
- Kosten- und ressourceneffiziente Abwasserbehandlung:
   zum Beispiel Schlammseparierung, Prozessrückführung von Wertstoffen, effiziente Abwasserbehandlungsmöglichkeiten
- Oberflächenverfahren für eine nachhaltige, klimaneutrale und energiesparende Beschichtung
- Herausforderung industrielle Bauteilsauberkeit: neue Anforderungen zu partikulären und filmischen Verunreinigungen
- Unternehmerforum MANAGEMENT meets OBERFLÄCHE:
   Industrie 4.0 und digitale Vernetzung: Bedeutung und Umsetzung in der Galvano- und Oberflächentechnik (Best Practice); Energiemanagement in der Galvano- und Oberflächentechnik (Best Practice); Personal & Recruitung (Best Practice); nachhaltige, klimaneutrale und energiesparende Ausrichtung einer Galvanik (Best Practice); Umstellung auf Cr(III)-Prozesse aus Sicht einer Galvanik (Best Practice)

Ständige Themenbereiche sind

- Ergebnisse aus der Forschung Junge Kollegen berichten
- Ergänzende Technologien zur Galvano- und Oberflächentechnik
- Kathodischer Korrosionsschutz
- Verschleißschutz & Tribologie
- Funktionsschichten
- Neue Anforderungen an die Galvano- und Oberflächentechnik
- Von der Prozessüberwachung zur Produktqualität

Vortragseinreichungen sind bis zum 31. Januar 2023 möglich.

### ⊃www.zvo.org

## **SEMINAR**

### I Grundlagen der Galvanound Oberflächentechnik



## 14. bis 16. März 2023 in Schwäbisch Gmünd

Die moderne Oberflächentechnik kommt in allen Segmenten des produzierenden Gewerbes zum Einsatz. Daher ist es nicht verwunderlich, dass die Oberflächentechnik in Deutschland eine der am dynamischsten wachsenden Branchen ist.

#### Zielgruppen sind Abnehmer von Oberflächen

- Entwickler und Konstrukteure
- Technische Kaufleute
- Einkäufer

#### sowie aus der Galvano- und Oberflächentechnik

- Projektingenieure und Vertriebsingenieure Anlagenbau
- Projektingenieure und Vertriebsingenieure Verfahrenschemie
- Seiten- und Wiedereinsteiger in die Galvano- und Oberflächentechnik

Über diesen QR-Code erhalten Sie alle Informationen sowie das Anmeldeformular.



#### **Kontakt:**

E-Mail mail@zvo.org Telefon 02103 25 56 10











