ISSN 2195-5905 | BAND 9

WOMAG

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche

plasmatreat

Mit Plasma in die automobile Zukunft

Innovative Technologien für die Oberflächenbehandlung

WERKSTOFFE
Temperaturfelderfassung in einer kommerziellen SLM-Anlage

OBERFLÄCHEN
Membran aus Aluminiumoxid, hergestellt durch anodische Oxidation

WERKSTOFFE
Moderne Oberflächenanalytik rund um den Beschichtungsprozess

OBERFLÄCHEN
Kompositgalvanoformung – Von der Idee zur Pilotanlage

MEDIZINTECHNIK
Kleinster mikroelektronischer Roboter der Welt

SPECIAL
Mit Plasma in die automobile Zukunft

APRIL 2020

Branchen-News täglich: womag-online.de

55 Jahre 1963 2018

BITTE BLEIBEN SIE GESUND

KORROSIONSPRÜFGERÄTE

nasschemische Qualitätsprüfung

Je nach Prüfanordnung können die Betriebssysteme Salznebel [S], Kondenswasser [K], Raum [B], Warmluft [W] und Schadgas [G] sowie geregelte relative Luftfeuchte [F] einzeln oder kombiniert (Wechsel-testprüfungen) in über 70 Varianten kombiniert werden. Optional sind Prüfklimate bis **20°C** (niedrigere Temperaturen auf Anfrage). und Beregnungsphasen z.B. Volvo STD 423, Ford CETP 00.00L467 möglich. Die Geräte sind intuitiv bedienbar, wahlweise als praktische manuelle bzw. komfortable automatische Lösung.

Gebr. Liebisch GmbH & Co. KG

Eisenstraße 34
33649 Bielefeld | Germany

Tel: +49 521 94647 -0
Fax: +49 521 94647 -90

sales@liebisch.com
www.liebisch.de

Liebisch® LABORTECHNIK

Abgesagt
Control
05.-08.05.2020
Ort: Stuttgart
Halle 6
Stand 6413

Verschoben
Surface Technology GERMANY
27.-29.10.2020
Ort: Stuttgart
Halle 1
Stand H15

EDITORIAL

Interessante Lösungen durch Verfahren der Galvanotechnik

Die derzeitige Kombination aus Wirtschaftsabschwächung und Corona-Krise macht es schwer, die weiteren wichtigen Herausforderungen unserer Zeit nicht aus den Augen zu verlieren. Eine dieser Herausforderungen ist die zukünftige Energieerzeugung und Energiespeicherung, vor allem zum Betrieb unserer unzähligen mobilen elektronischen Geräte. Zu diesem Zweck fördert der deutsche Staat seit kurzem mit hohen Summen die Weiterentwicklung der Batterietechnologie (hier spielt sicher auch die Tatsache eine Rolle, dass eine zu starke Ausrichtung auf die Belieferung durch außereuropäische Hersteller leicht zum Versorgungsrisiko in Europa werden kann.) Interessante Entwicklungen aus dem Bereich der Galvanotechnik, die gemeinschaftlich von der Hochschule Aalen (die unter anderem auch einen Fachbereich zum Thema Galvanotechnik unterhält), dem Forschungsinstitut fem in Schwäbisch Gmünd sowie Industriepartnern betrieben werden, tragen zur Stärkung der Batterietechnologie in Europa bei. Einerseits wurden sehr erfolgversprechende Ergebnisse zur Herstellung von Membranen auf Basis von Aluminiumoxid durch Anwendung der anodischen Oxidation erzielt (Beitrag Seite 22 ff.). Derartige Membranen werden als Separatoren in Batteriezellen eingesetzt.

Eine weitere Entwicklung desselben Einrichtungsverbundes (federführend ist hier das FINO an der Hochschule Aalen) sind Elektroden mit Schwefel als Wirkbestandteil. Hier erfolgt derzeit der Schritt von der Labor- zur Großserienproduktion. Dazu wurde vor kurzem eine Pilotanlage in Betrieb genommen, mit der Elektroden in Form eines Endlosbandes herstellbar sind (Beiträge auf Seite 25 und 28). Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse führen dann im nächsten Schritt zur möglichen Planung einer kommerziellen Großanlage für die Herstellung von Lithiumionen-Akkumulatoren.

Die Corona-Krise entwickelt sich allmählich zu einer der weltweit größten Bedrohung für die Menschen und für die Industrie. Auch die WOTech GbR als Herausgeber der WOMag sieht sich schweren Zeiten gegenüber. Trotzdem werden wir mit unverändert hohem Engagement und in demselben Umfang für unsere Leser alle wichtigen technischen Informationen aus dem Bereich der Werkstoff- und Oberflächentechnik zur Verfügung stellen. Dazu brauchen wir die Unterstützung unserer Kunden und Leser der WOMag - wir zählen darauf, auch weiterhin die bisherige Zusammenarbeit zu unserer aller Nutzen pflegen zu können!

Wir unterstützen natürlich auch die Wünsche unserer ganz jungen Technikfreunde:
Lieber Gott, kannst Du bitte 2020 löschen und neu installieren? Es hat einen Virus! Danke.
(Das genaue Alter des Bittenden ist leider nicht bekannt.)

WOMAG – VOLLSTÄNDIG ONLINE LESEN

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

Sager + Mack®
Leading the way in pumps and filters

MAGNETPUMPEN
TAUCHPUMPEN
FILTERSYSTEME

MAKE IT **BIG**!
STRONG | CLEAN | DURABLE

BIG Mack -
die starke Filterstation mit einem Volumenstrom von **bis zu 120 m³/h***

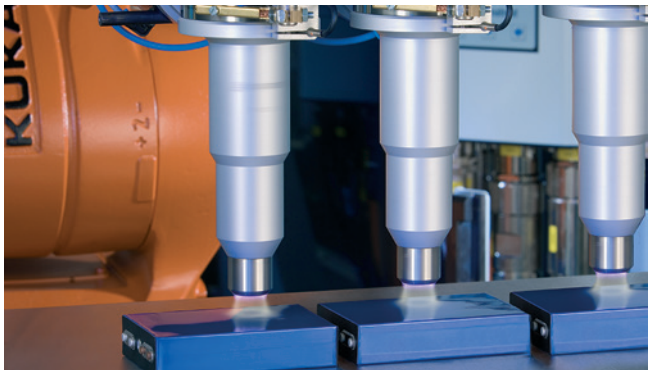
* abhängig von der Konfiguration, mit Plattenfiltereinsatz Volumenstrom von **bis zu 80 m³/h** möglich.

PUMPEN PUMPS | 泵
FILTER FILTERS | 过滤器
FILTERMEDIEN FILTERMEDIA | 过滤耗材
DAS PLUS THE PLUS | 服务

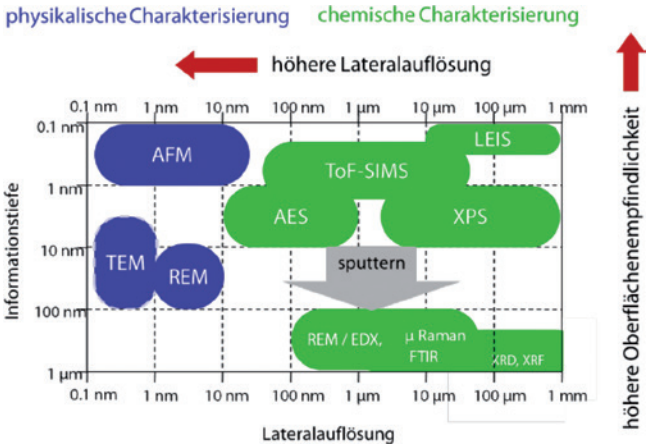
www.sager-mack.com

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

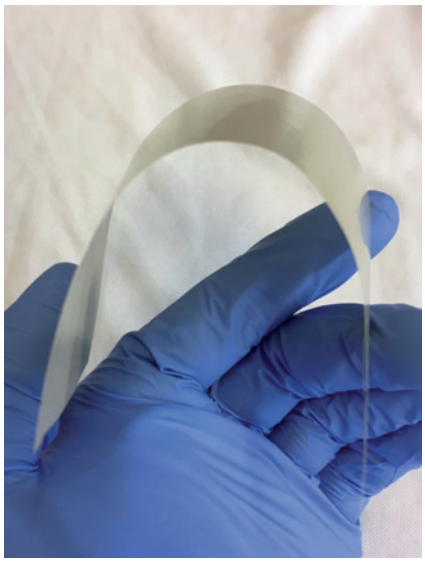
INHALT



30 Plasmaaktivierung vor dem Kleben bei Fahrzeugen



6 Oberflächen- und Materialanalytik



22 Aluminiumoxidmembran

16 Mikroroboter für den Einsatz beispielsweise in der Mikromedizin

WERKSTOFFE

4 Koaxiale Implementierung einer Temperaturfelderfassung in eine kommerzielle SLM-Anlage
5 Überwachung von Messmitteln für geometrische Größen
6 Moderne Oberflächenanalytik rund um den Beschichtungsprozess – von Materialvorbehandlung bis Fehleranalytik
8 Smart Heating – den Energieverbrauch intelligent senken
9 Augmented-Reality-System erleichtert die manuelle Herstellung von Produkten aus Faserverbundmaterialien
10 Neue vollautomatische Filterpresse für die Batteriezellfertigung und darüber hinaus
12 Additiv gefertigtes Raketentriebwerk mit Aerospikedüse für Microlauncher
13 Flexibles Fügen und wandlungsfähige Prozessketten: der Schlüssel für effiziente Produktion
14 Neue Einsatzmöglichkeiten für Faserverbund-Sandwichstrukturen
15 Eugen Hehl erhält Richard-Vieweg-Ehrenmedaille des VDI

MEDIZINTECHNIK

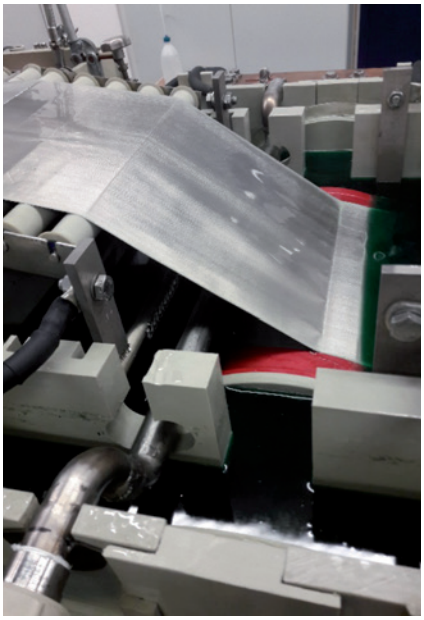
16 Kleinster mikroelektronischer Roboter der Welt
18 Materialien für die Zukunft gemeinsam vorantreiben
19 Neue Materialien und Sensoren: Uni Kiel doppelt erfolgreich im europäischen Wettbewerb für Technologietransfer
20 Mikrotechnikbranche erwartet keinen langfristigen Schaden durch Covid-19 – Gesamtwirtschaft aber stark betroffen

OBERFLÄCHEN

21 Internationale Forschungskooperation für industrielle Galvanotechnik
22 Herstellung von flexiblen und mechanisch stabilen porösen Aluminiumoxidschichten mittels anodischer Oxidation
25 Kompositgalvanoformung – Von der Idee zur Pilotanlage
27 Ebbinghaus Verbund – Ladestation für Elektrofahrzeuge
28 Pilotanlage zur Herstellung von Folien für Batteriekathoden
30 Mit Plasma in die automobile Zukunft

INHALT

34 Neue DGUV-Regelungen für die galvanotechnische Fertigung



28 Folien für Batteriekathoden

12 Additive Fertigung

OBERFLÄCHEN

34 Neuerungen im Vorschriftenwerk der DGUV für die Oberflächentechnik
36 Neues Innovatives Anwenderprojekt bei Innovent geplant
37 27. Leipziger Fachseminar: überzeugt durch Aktualität und Kontinuität
39 Nanosilber als letzte Verteidigungslinie gegen Viren
40 Ultraschallsysteme für Pilot-Galvaniklinie

VERBÄNDE

41 Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. – DGO
41 Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung e.V. – GSK

Zum Titelbild: Plasmatreat gibt einen Einblick in die Anwendung der chemiefreien Aktivierung von Oberflächen für das Verkleben; Beitrag auf Seite 30 bis 33

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 2019 angegeben

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

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

Redaktion/Anzeigen/Vertrieb/Abo
siehe Verlagsleitung

Bezugspreise
Jahresabonnement Online-Ausgabe:
149,– E, inkl. MwSt.
Die Mindestbezugszeit eines Abonnements beträgt ein Jahr. Danach gilt eine Kündigungsfrist von zwei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums.
Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 9 vom 10. Oktober 2019

Inhalt
WOMag berichtet über:
- Werkstoffe, Oberflächen
- Verbände / Institutionen
- Unternehmen, Ausbildungseinrichtungen
- Veranstaltungen, Normen, Patente

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

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

Bankverbindung
BW-Bank, IBAN: DE71 6005 0101 0002 3442 38
BIC: SOLADEST600; (Konto 2344238, BLZ 60050101)
Das Magazin und alle in ihm enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Bei Zusendung an den Verlag wird das Einverständnis zum Abdruck vorausgesetzt. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages und ausführlicher Quellenangabe gestattet. Gezeichnete Artikel decken sich nicht unbedingt mit der Meinung der Redaktion. Für unverlangt eingesandte 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

Koaxiale Implementierung einer Temperaturfelderfassung in eine kommerzielle SLM-Anlage

Von R. Dörfert[1], D. Tyralla[1], H. Freiße[1] und F. Vollertsen[1,2]

Die wachsende Verbreitung und steigende Akzeptanz der additiven Fertigungsverfahren fördern die stetige Weiterentwicklung des Prozesses, um die erforderliche Qualität und Wiederholbarkeit der Bauteile zu gewährleisten. Für pulverbettbasierte Prozesse, wie das pulverbettbasierte Laserstrahlschmelzen (kurz LPBF oder SLM genannt), werden der Energieeintrag und das resultierende Temperaturfeld im Prozess als Indikatoren für die Bauteilqualität und die Prozessstabilität angesehen. Diese können mit Hilfe optischer Prozessbeobachtung erfasst und ausgewertet werden. Der Prozess an sich enthält zahlreiche Einflussfaktoren (z. B. Pulver, Schutzgas, Schmauch) und Aggregatzustände sowie die dazugehörigen Emissionen. Dementsprechend ist eine gezielte Temperaturmessung und deren Genauigkeit sowohl in hohem Maße abhängig von dem Emissionsgrad des Messobjekts, welcher sich infolge der Temperatureinwirkung ändert, als auch von den weiteren Emissionen aus der Umgebung der Prozesszone.

Für optische Messsysteme wie Pyrometer und Thermografiekameras, die typischerweise mit einem fest eingestellten Wert für den Emissionsgrad arbeiten, ist eine präzise Messung der absoluten Temperatur mit hohem Aufwand verbunden, da eine exakte Bestimmung des Emissionsgrades für alle Prozesszustände schwer oder gar unmöglich ist. Neben der Art des Messsystems beeinflusst auch dessen Anordnung das gemessene Emissionsspektrum. Lateral angeordnete Messsysteme mit einem festen Winkel zur beobachteten Prozesszone sind typischerweise leicht implementierbar und liefern einen großen Bildausschnitt des Prozesses. Dieser geht über die eigentliche Prozesszone hinaus und nimmt auch alle darum herum auftretenden Emissionen auf.

Demgegenüber liefern koaxiale Messsysteme, die in den Strahlengang implementiert sind, einen deutlich kleineren Bildausschnitt. Zudem ermöglichen sie die Beobachtung parallel zum Bearbeitungslaser ohne einen durch die Aufstellung bedingten fest eingestellten Winkel. Jedoch durchlaufen koaxial implementierte Systeme zwangsläufig dieselben Optiken wie der Bearbeitungslaser. Die optischen Komponenten sind auf die Wellenlänge des Bearbeitungslasers zugeschnitten, um die maximal mögliche Transmission und einen minimalen optischen Verzug des Fokusspots während des Scanvorgangs auf der Bauplattform zu gewährleisten. Die Implementierung eines koaxialen Messsystems erfordert dementsprechend einen umfangreichen Umbau der optischen Komponenten, um die Transmission für die Messwellenlängen zu erhöhen und dabei die des Bearbeitungslasers möglichst geringfügig zu beeinträchtigen.

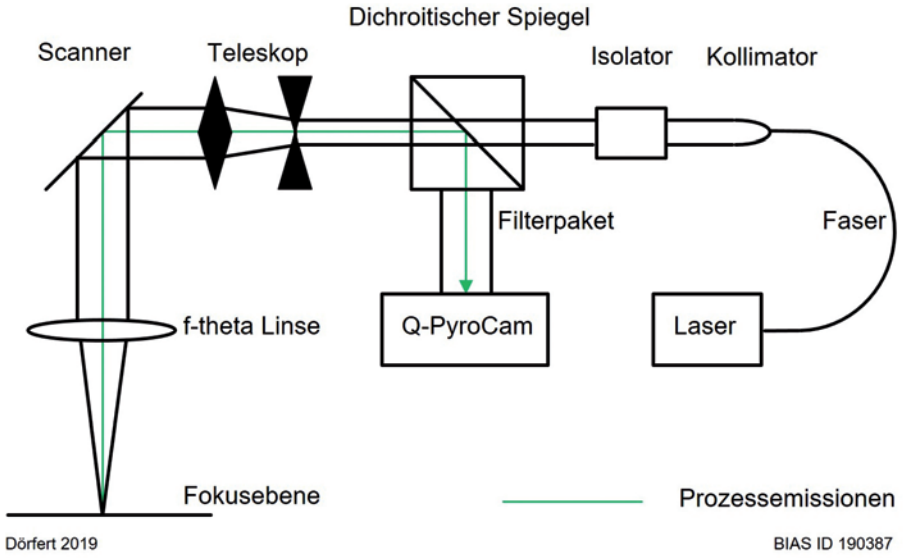


Abb. 1: Schematische Darstellung des optischen Systems einer kommerziellen SLM-Anlage mit integrierter Q-PyroCam in den Strahlengang

Die zusätzliche Anpassung der optischen Komponenten an die Wellenlängen von Messsystemen ist nötig, um einerseits ausreichend Emissionen zu erfassen, welche durch den Strahlengang zurückgeleitet werden und andererseits, um das Auseinanderdriften der Fokuspunkte von Messsystem und Bearbeitungslaser durch chromatische Aberration zu minimieren. Die auftretende chromatische Aberration kann durch die zusätzlichen Beschichtungen soweit reduziert werden, dass die Kamera das Schmelzbad über die gesamte Bauplattform erfassen kann.

Mit dem Ziel eine koaxiale, bildgebende Prozessbeobachtung bereitzustellen, wurde eine HDRC® Q-PyroCam von IMS CHIPS in eine kommerzielle Realizer SLM 250-Anlage der Realizer GmbH (Teil der DMG Mori AG) implementiert, wofür eine umfangreiche Analyse des optischen Systems und dessen Umbau durchgeführt worden war.

Das Messsystem ist eine Quotientenpyrometerkamera für eine bildgebende, emissionswertkompensierte Temperaturfelderfassung zur ortsaufgelösten Darstellung von Temperaturen. Eine schematische Darstellung der optischen Komponenten und die Implementierung der Q PyroCam ist in *Abbildung 1* dargestellt.

Die Komponenten Laser, Faser, Kollimator und Isolator bleiben unverändert. Das Pinhole wurde durch einen selbst hergestellten Strahlteiler ersetzt, der als Aufnahme für die Q-PyroCam dient und einen dichroitischen Spiegel der Precitec GmbH & Co. KG enthält. Der eingesetzte dichroitische Spiegel hat eine höhere Reflektion für Prozessemissionen im Bereich der Messwellenlängen der Q-PyroCam ($\lambda 1$ = 661 nm und

[1] BIAS - Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH, Klagenfurter Straße 5, D-28359 Bremen
[2] Universität Bremen, Bibliothekstraße 1, D-28359 Bremen

λ2 = 667 nm) sowie eine sehr hohe Transmission im Bereich des Bearbeitungslasers (1070 nm). Die maximal mögliche Nennleistung des Strahlteilers ist 1 kW. Das Teleskop in der optischen Bank blieb ebenfalls unverändert. Die x-y-Scannerspiegel wurden mit einer dielektrischen Metallbeschichtung für eine Reflektion von über 97 % des Bearbeitungslasers zusammen mit einer erhöhten Reflektion von Wellenlängen im Bereich von 600 nm und 900 nm beschichtet. Die f-theta-Linse S4LFT3260/105 von Sill Optics GmbH & Co. KG wurde ebenfalls für eine maximale Transmission von 1070 nm und einer verringerten Reflektion von Wellenlängen im Bereich von 660 nm beschichtet, um die Intensität des zurückgeführten Signals zu erhöhen.

Abbildung 2 zeigt den signifikanten Einfluss der Prozessemissionen während der Messungen. Ohne den Einsatz von optischen Filtern kann nur schwer eine genaue Größe des Schmelzbades ermittelt werden. Durch den Einsatz von Neutraldichtefiltern können die auftretenden Prozessemissionen jedoch weitestgehend unterdrückt und die Schmelzbadgeometrie erkennbar gemacht werden. Jedoch führt die Unterdrückung des Signals mitunter zu Abweichungen der exakten Schmelzbadbreite, weshalb die gemessenen Geometrien mit Hilfe metallografischer Querschliffe validiert werden müssen. Aufgrund der vergleichsweise kleinen Schmelzbadbreiten und möglichst hoch zu wählenden Scangeschwindigkeiten im Hinblick auf die Aufbaurate werden für diesen Prozess hohe Anforderungen an die Messfrequenz gestellt. Bei der eingesetzten Q PyroCam kann eine Erhöhung der Messfrequenz durch eine Reduzierung des Bildausschnitts auf Kosten der Bildauflösung erzielt werden.

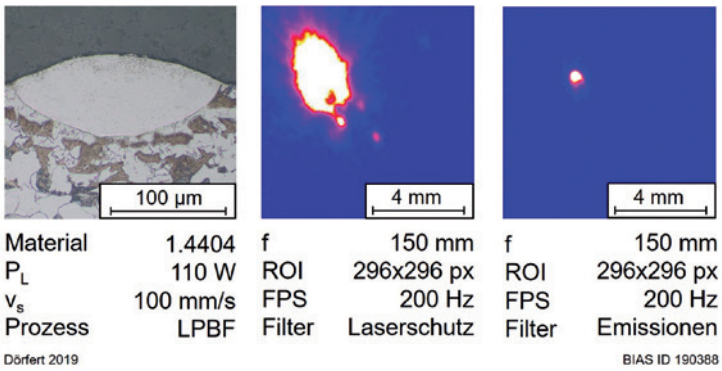


Abb. 2: Metallografische Querschliffe von Einzelspuren (links) und koaxiale Prozessbeobachtung ohne (mittig) und mit (rechts) dem Einsatz optischer Filter gegen die auftretenden Prozessemissionen

Zusammenfassend betrachtet kann die Schmelzbadbeobachtung und die Zugänglichkeit der Schmelzbadgröße als Messgröße erreicht werden, wenn eine ausreichend hohe Intensität der Messsignale durch das optische System zurück zum Messgerät geleitet werden kann. Der chromatischen Aberration konnte durch eine zusätzliche Beschichtung entgegengewirkt werden, wodurch es möglich wird, über die gesamte Bauplattform hinweg das Schmelzbad mit der Kamera zu erfassen. Durch die koaxiale Integration kann eine hohe örtliche Auflösung für jeden Bereich der Bauplattform erzielt werden. Durch die Wahl geeigneter Objektive lässt sich ein Kompromiss zwischen Bildvergrößerung, der erzielten Auflösung und den dargestellten Details erreichen. Eine erste Korrelation von Schmelzbadbreite und den korrespondierenden Querschliffen zeigt eine gute Übereinstimmung, muss aber anhand weiterer Daten umfassend validiert werden.

Hinweis

Die Autoren bedanken sich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung des Projekts *Schwingfestigkeit SLM-generierter Werkstoffe* (Projektnummer 275999847).

Federführender Autor

R. Dörfert; E-Mail: doerfert@bias.de

Überwachung von Messmitteln für geometrische Größen

Messungen sind ein wesentlicher Teil der Produktion. Durch Messung geeigneter Merkmale lässt sich eine Aussage über die Qualität eines gefertigten Produkts treffen. Die Richtlinienreihe VDI/VDE/DGQ/DKD 2618 beschreibt Verfahren und Handlungsweisen für die Überwachung und Prüfung von Messmitteln für geometrische Größen. Die Prüfanweisungen schaffen eine Basis zur Beurteilung der Messmittel. Das neue Blatt 1.1 ist eines von zwei Grundlagenblättern der Richtlinienreihe und somit Basis aller weiteren Blätter der Reihe.

Die Richtlinie schafft eine Basis zur Bewertung von neuen und gebrauchten Messmitteln. Sie erleichtert die Zusammenarbeit von Messmittelherstellern, Anwendern und Anbietern von Kalibrierdienstleistungen und sollte als Arbeitsanweisung für die Durchführung der Prüfmittelüberwachung herangezogen werden. Die Richtlinienreihe VDI/VDE/DGQ/DKD 2618 enthält strukturierte Anweisungen zur Kalibrierung von handelsüblichen Messmitteln, die überwiegend in fertigungsnahen Bereichen eigesetzt werden.

Blatt 1.1 ist für die weitere Nutzung von allen anderen Richtlinien der Reihe zwingend erforderlich, da sie die allgemein geltenden Forderungen bei der Überwachung von Messmitteln für geometrische Größen beinhaltet. Außerdem erklärt sie die Struktur der Richtlinienreihe, beschreibt wie die Ergebnisse zu dokumentieren sind und zeigt, wie Kennwerte zur Bewertung der Ergebnisse ermittelt werden können. Die neue Ausgabe wurde hinsichtlich neuer Anforderungen aus der internationalen Normung überarbeitet.

Herausgeber der Richtlinie VDI/VDE/DGQ/DKD 2618 Blatt 1.1 *Prüfmittelüberwachung - Anweisungen zur Überwachung von Messmitteln für geometrische Größen - Grundlagen* ist die VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA). Die Richtlinie erschien im Februar 2020 als Entwurf und kann beim Beuth Verlag (*www.beuth.de*) bestellt werden. Onlinebestellungen sind ebenfalls unter *www.vdi.de/2618* möglich. Die Möglichkeit zur Mitgestaltung der Richtlinie durch Stellungnahmen besteht durch Nutzung des elektronischen Einspruchsportals oder durch schriftliche Mitteilung an die herausgebende Gesellschaft (E-Mail: gma@vdi.de). Die Einspruchsfrist endet am **31. Oktober 2020**.

➲ **www.vdi.de**

Moderne Oberflächenanalytik rund um den Beschichtungsprozess - von Materialvorbehandlung bis Fehleranalytik

Von Karsten Lamann und Dr. Birgit Hagenhoff, Tascon GmbH, Münster

Wichtige Materialeigenschaften wie etwa die Benetzbarkeit, das Oxidationsverhalten oder optische Eigenschaften von beispielsweise Metallen, Kunststoffen oder Keramiken werden von der chemischen Zusammensetzung der äußersten Zone ihrer Oberfläche in Tiefen von einigen Nanometern bestimmt. Die Auswahl geeigneter oberflächenanalytischer Verfahren kann helfen, Materialeigenschaften zu optimieren sowie die Ursachen für Produktfehler, zum Beispiel in Beschichtungsprozessen, zu identifizieren.

Drei Fragestellungen stehen wiederkehrend im Fokus, wenn es darum geht, Oberflächen zu charakterisieren, um Materialeigenschaften zu optimieren oder Ursachen für Produktfehler zu finden:

– Welche Substanz (Identifizierung)
– befindet sich wo (Lokalisierung)
– und in welcher Menge ist diese Substanz vorhanden (Quantifizierung)?

Der analytische Werkzeugkasten

Zur Beantwortung dieser Fragen steht eine Vielzahl oberflächenanalytischer Methoden zur Verfügung (*Abb. 1*). Die Methoden lassen sich grundsätzlich hinsichtlich ihrer Informationstiefe und ihrer lateralen Auflösung unterteilen. Die laterale Auflösung gibt dabei an, welchen Abstand zwei Detailbereiche einer Probe haben müssen, damit sie noch getrennt analysiert werden können. Zusätzlich kann eine Unterteilung der Methoden in chemisch- und physikalisch-charakterisierend vorgenommen werden. Alle in *Abbildung 1* aufgeführten *Werkzeuge* sind heute Standardtechniken in der modernen Oberflächenanalytik. Allerdings gibt es nicht die eine, allumfassende Methodik, die sämtliche Fragestellungen beantworten kann.

Es ist vielmehr eine maßgeschneiderte Technikauswahl und -kombination nötig, um auftretenden Problemen adäquat zu begegnen. Hierbei ist eine fachliche Beratung bei der Wahl des geeigneten Verfahrens sowie bei der Interpretation der Ergebnisse sinnvoll. Da die Anzahl der verfügbaren Techniken des analytischen Werkzeugkastens und deren unterschiedliche Anwendungsmethoden sehr umfangreich ist, empfiehlt sich in der Regel eine Vorauswahl anhand der zu erwartenden Ergebnisse einer Untersuchung. Daher beschränken sich auch die vorliegenden Ausführungen auf eine leistungsfähige, aber im Vergleich zur REM/EDX oder XPS deutlich unbekanntere Technik – die ToF-SIMS.

Bei dieser vielseitig einsetzbaren und etablierten Technik aus dem in *Abbildung 1* gezeigten Werkzeugkasten handelt es sich um die Flugzeit-Sekundärionenmassenspektrometrie (ToF-SIMS). Zur Analyse werden Primärionen auf die Oberfläche der Probe beschleunigt, was unter anderem zu einer Emission von charakteristischen Sekundärionen aus der Probenoberfläche führt. Diese Sekundärionen werden entsprechend ihres Masse-zu-Ladungs-Verhältnisses (mass/u) getrennt und anschließend detektiert.

Die ToF-SIMS erlaubt die simultane Detektion von molekularen und elementaren Probenbestandteilen bis in den ppb-Bereich (ppb - parts per billion / 1 Teil pro 1 Milliarde Teilen) beziehungsweise fmol-Bereich (femto-mol = 10^{-15} mol). So ist es möglich, mit dieser Technik auch geringste Spuren von Atomen und Molekülen nachzuweisen und zu identifizieren. Mit einer Informationstiefe von etwa 1 bis 3 atomaren Monolagen ist die ToF-SIMS dabei ausgesprochen oberflächenempfindlich. Ein Sputter-Abtrag der Oberfläche ermöglicht es - wenn gewünscht - die Informationstiefe auf mehrere Mikrometer zu erweitern (*Abb. 1*).

Neben der reinen Identifikation bietet die ToF-SIMS auch die Möglichkeit zur bildgebenden chemischen Analyse von Probenbereichen bis zu einer Größe von 9 x 9 cm^2 sowie zur Tiefenprofilierung kleinerer Bereiche. Hierbei kann routinemäßig eine laterale Auflösung von < 300 nm und eine Tiefenauflösung von < 10 nm erreicht werden. Im Folgenden soll die Leistungsfähigkeit der ToF-SIMS anhand von zwei Praxisbeispielen aufgezeigt werden.

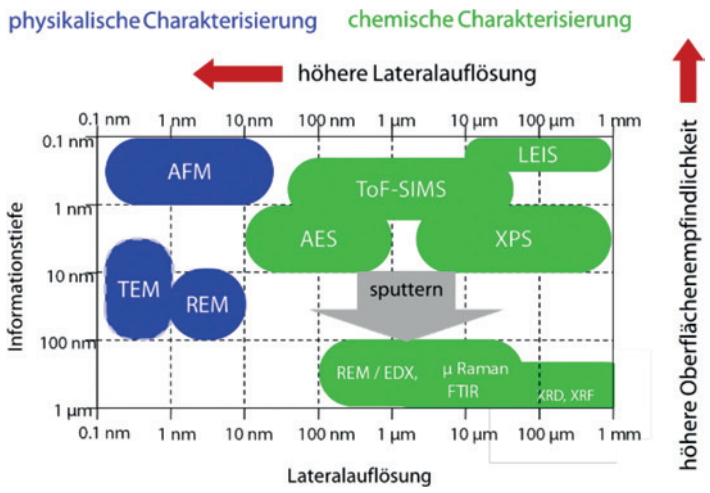


Abb. 1: Oberflächenanalytische Verfahren, unterteilt nach erreichbarer Lateralauflösung und Informationstiefe; Verfahren, die chemische Informationen über die Probe liefern sind grün dargestellt, Techniken, die physikalische Informationen liefern sind blau dargestellt

Vorbehandlung von Bauteilen im Beschichtungsprozess

Exemplarisch soll zunächst der Erfolg der Reinigung einer Edelstahloberfläche anhand der zugehörigen ToF-SIMS-Spektren beschrieben werden.

Die Spektrenausschnitte in *Abbildung 2* zeigen, wie sich die chemische Zusammensetzung der Stahloberfläche durch den Reinigungsprozess (Tensidlösung und Ultraschall) verändert.

Auf der ungereinigten Oberfläche werden deutlich Mineralöl und Fette detektiert. Anhand des Spektrums negativ geladener Sekundärionen können sogar einzelne Fettbe-

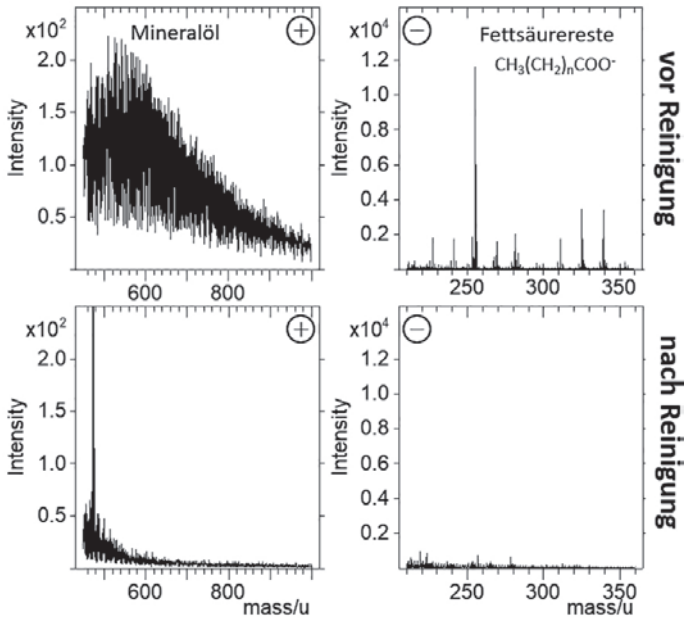


Abb. 2: Erfolgskontrolle einer Oberflächenreinigung mit dem ToF-SIMS-Verfahren; oben: vor der Reinigung; unten: nach der Reinigung

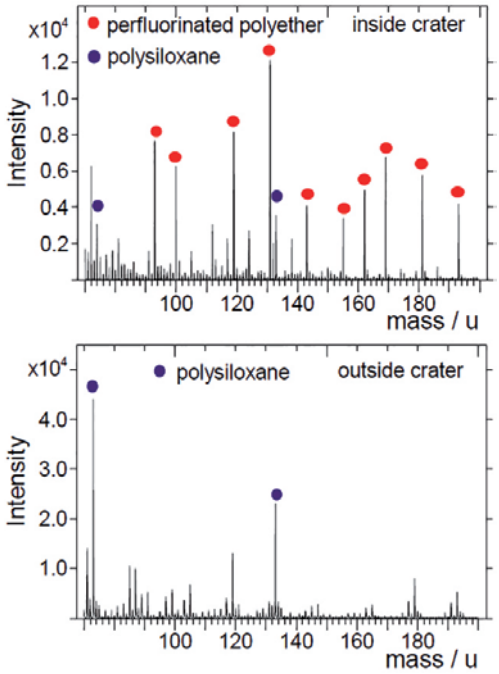


Abb. 4: ToF-SIMS Spektrum (positive Sekundärionenpolarität) inner- und außerhalb des in Abbildung 3 gezeigten Kraters

standteile (z. B. Palmitat (255 u), Arachidat (311 u)) unterschieden werden. Nach dem Reinigen sind die Intensitäten der charakteristischen Mineralöl- und Fettsäuresignale erheblich reduziert. Wie obiges Beispiel zeigt, ist durch geeignete Prozesse eine zuverlässige Beseitigung von Fett- und Mineralölkontaminationen möglich. Allerdings können Rückstände der zur Reinigung verwendeten Substanzen (z. B. Tenside) zu einer neuerlichen Kontamination der Oberfläche führen. Dieses Beispiel zeigt, dass bereits vergleichsweise einfache Analysen an Bauteilen wichtige Aussagen bezüglich der technischen Sauberkeit des Produkts liefern können, um Produktausfälle zu minimieren.

Die Folgen von oben genannten Kontaminationen und ein gangbarer Analyseweg zur Identifizierung solcher Kontaminationen werden im folgenden Beispiel aufgeführt.

Ursachen für Beschichtungsstörungen identifizieren

Abbildung 3 zeigt eine typische Benetzungsstörung in einer lackierten Oberfläche, verursacht durch Oberflächenkontaminationen. Neben den oben genannten Fettsäuren und Mineralölrückständen gibt es eine Vielzahl von Verunreinigungen, die solche Fehlstellen verursachen können, wie beispielsweise Polysiloxane, perfluorierte Polyether, Sulfate oder Phosphate.

Liefert die optische Analyse keine Hinweise auf die Ursache der Störungen etwa durch Partikel, so ist zu vermuten, dass eine chemische Kontamination die Oberflächenspannung und damit das Benetzungsverhalten des Lacks lokal verändert hat. In diesem Fall ist die ToF-SIMS die bevorzugte analytische Methode, um den Lack zielgerichtet auf chemische Veränderungen im Kraterbereich zu untersuchen. *Abbildung 4* zeigt die Resultate einer ToF-SIMS-Analyse innerhalb und außerhalb des in *Abbildung 3* gezeigten Lackkraters. In beiden Bereichen wird ein Polysiloxan nachgewiesen, das in diesem Fall ein Bestandteil des applizierten Klarlacks ist. Grundsätzlich sind Polysiloxane aber auch als kraterverursachende Substanzen bekannt, wobei die ToF-SIMS in der Lage ist, verschiedene Siloxanklassen zu unterscheiden.

Im hier vorliegenden Fall wird innerhalb des Kraters zusätzlich ein perfluorierter Polyether nachgewiesen (*Abb. 4*). Perfluorierte

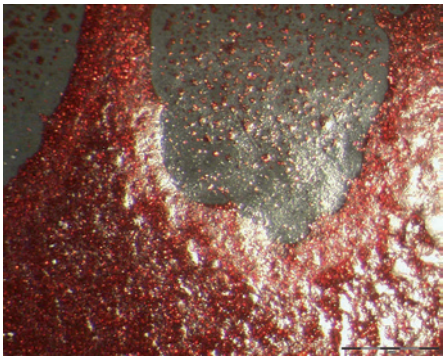


Abb. 3: Optisches Bild eines Kraters auf lackierter Oberfläche

Polyether werden als Hochleistungsschmierstoffe eingesetzt und kommen unter anderem in Industrierobotern oder Transportbändern zum Einsatz. Bereits geringe Mengen dieser Schmierstoffe sind ausreichend, um die Benetzung von Oberflächen signifikant zu stören.

Fazit

Die Anwendung von oberflächenanalytischen Techniken führt zu einem aussagekräftigen Bild der chemischen Zusammensetzung einer Oberfläche. Dabei können die gewonnenen Ergebnisse entlang der gesamten Prozesskette genutzt werden: von Forschung und Entwicklung über Produktion, bis hin zu After-Sales. Die Anwendung der ToF-SIMS und die gezeigten Beispiele sind dabei nur kleine Ausschnitte aus einem leistungsstarken und umfangreichen analytischen Werkzeugkasten, der problemlos auf eine Vielzahl von Proben (Glas, Keramik, Kunststoff, Metall) anwendbar ist.

www.tascon.eu

Wir sind dabei!
27.-29.10.2020
Stuttgart

Surface Technology
GERMANY

Smart Heating – den Energieverbrauch intelligent senken

Mit Smart Heating hat der Reinigungsanlagenbauer Karl Roll eine Lösung entwickelt, welche die Aufheizung der Prozessmedien von Reinigungsanlagen intelligent steuert. Sie stellt sicher, dass die Anlage nach Betriebsunterbrechungen zum festgelegten Zeitpunkt betriebsbereit ist – ohne energie- und kostenintensive Standby-Phasen durch Sicherheitszeitpuffer.

Ob Lösemittel- oder wässrige Reinigung, um ein anforderungsgerechtes Ergebnis zu erzielen, muss die Temperatur der Prozessmedien in einem definierten Arbeitsfenster liegen. Bei einer mit brennbarem Kohlenwasserstoff über dem Flammpunkt betriebenen Lösemittelanlage ist außerdem zu gewährleiten, dass Aggregate wie Vakuumpumpe und Kühlung temperaturabhängig zugeschaltet werden. Im Falle einer wässrigen Reihentauchanlage mit offenen Behältern ist ab einer gewissen Temperatur eine Absaugung im Einsatz. Sowohl die Heizung als auch die Nebenaggregate zählen zu den wesentlichen Energieverbrauchern einer Reinigungsanlage.

Hohe Energieverluste durch unnötige Standby-Zeiten

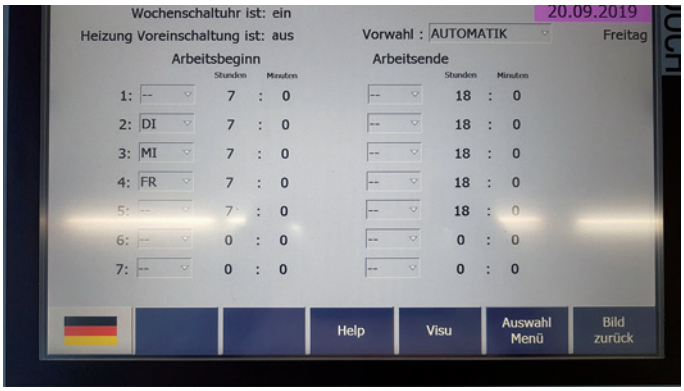
Damit die Anlage nach einer Betriebsunterbrechung, beispielsweise über Nacht, durch ein Wochenende oder einen Feiertag, rechtzeitig wieder betriebsbereit ist, wird über eine Automatik eingestellt, wann die Heizung mit dem Temperieren der Medien beginnen soll. Dieser Zeitpunkt für den Start der Aufheizung wird üblicherweise erfahrungsbasiert und mit einem großzügigen Sicherheitspuffer festgelegt. Dadurch kommt es nicht selten zu mehrstündigen Standby-Zeiten, in denen die Prozessmedien im festgelegten Temperaturfenster gehalten werden, ohne dass eine Reinigung von Teilen erfolgt. Die für dieses unnötige Aufheizen der Medien und gegebenenfalls den Betrieb der Nebenaggregate erforderliche Energie summiert sich im Lauf eines Jahres schnell auf einen Verbrauch im unteren vierstelligen Kilowattstunden-Bereich.

Intelligente Heizungssteuerung minimiert Energieverbrauch

Abgesehen vom finanziellen Mehraufwand für den Anlagenbetreiber sind solche Energieverluste mit den Bestrebungen, Emissionen an Kohlenstoffdioxid (CO_2) einzusparen und Klimaschutzziele einzuhalten, nicht vereinbar. Für den Reinigungsanlagenbauer Karl Roll war dies Anlass, die intelligente Heizungssteuerung Smart Heating zu entwickeln.

Auf Basis der Information, ab welchem Zeitpunkt die Anlage betriebsbereit sein soll, legt die patentierte Smart Heating selbstständig fest, wann mit dem Aufheizen der Prozessmedien begonnen wird. Sensoren messen dafür kontinuierlich die Temperatur der Prozessmedien. Die ermittelten Werte werden mit hinterlegten Algorithmen verknüpft und verarbeitet. Die Steuerung *weiß* dadurch, wann die Heizung gestartet werden muss, damit die Prozessmedien genau zum festgelegten Betriebsstart die definierte Temperatur aufweisen. Die energieaufwendigen und kostspielen Standby-Phasen durch Sicherheitszeitzeitpuffer fallen damit weg.

Gleichzeitig erstellt Smart Heating eine dynamische Heizkurve, die den Zustand der Heizung abbildet. Die Steuerung kann dadurch erkennen, ob das Heizaggregat richtig funktioniert. Ist beispielsweise ein Heizstab ausgefallen oder die Leistungsabgabe durch Ablagerungen verringert, wird dies automatisch ausgeglichen, so dass die Anlage trotzdem zum festgelegten Zeitpunkt betriebsbereit ist.



Nach der Eingabe des gewünschten Arbeitsbeginns sorgt Smart Heating automatisch dafür, dass die Temperatur der Prozessmedien zu diesem Zeitpunkt im definierten Arbeitsfenster liegt (Bild: Karl Roll)

Neben der Temperatur der Prozessmedien regelt die intelligente Heizungssteuerung auch das Zuschalten von Nebenaggregaten, wie beispielsweise einer Absaugung bei Reihentauchanlagen (Bild: Karl Roll)

Smart Heating zählt zukünftig zu den Ausstattungsoptionen aller Reinigungsanlagen von Roll. Anlagenspezifisch werden dabei weitere Funktionen integriert, beispielsweise die Regelung der Vakuum- und Kältetechnik bei mit brennbaren Kohlenwasserstoffen betriebenen Lösemittelanlagen oder einer Absaugung bei wässrigen Reinigungssystemen.

Bestehende Anlagen lassen sich damit teilweise nachrüsten. Eine wesentliche Voraussetzung hier ist, dass die Anlagensteuerung noch ausreichend Kapazität bietet, um die Funktion zu integrieren. D. Schulz

➲ **www.karl-roll.de**

Augmented-Reality-System erleichtert die manuelle Herstellung von Produkten aus Faserverbundmaterialien

Die Herstellung von Produkten aus Faserverbundkunststoffen (FVK) umfasst heute oft noch viele manuelle Arbeitsschritte: Position und Orientierung der Faserhalbzeuge müssen von Hand exakt ausgerichtet werden, damit das Produkt nach dem Laminieren und Aushärten die gewünschte Stabilität und Flexibilität erhält. Nur so kann der Anwender die Vorteile des Materialverbunds am Ende voll ausschöpfen. Zur Unterstützung des manuellen Ablegeverfahrens, des sogenannten Preformings, hat das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT aus Aachen eine intuitiv zu bedienende Software für marktübliche Augmented-Reality-Brillen entwickelt: Das System gibt die korrekte Ablage der Faserhalbzeuge als virtuelle Darstellung auf der Werkzeugform vor und kann damit die Qualität und Leistungsfähigkeit der Produktionsprozesse deutlich verbessern.

Für das Drapieren von Faserhalbzeugen zur Bauteilherstellung und -reparatur werden Informationen über die Position und Orientierung der Faserschichten bisher in sogenannten Plybooks bereitgestellt: Kleine und mittlere Unternehmen arbeiten häufig noch mit Anweisungen in Papierform und sind in hohem Maße auf die Erfahrung des ausführenden Mitarbeiters angewiesen. Größere Unternehmen, zum Beispiel in der Luftfahrtindustrie, setzen bereits auf Laserprojektionssysteme, mit denen die Halbzeugposition auf die Werkzeugform projiziert wird. Diese ermöglichen es auch weniger geübten Personen, die Halbzeuge passend zu positionieren. Solche unterstützenden Systeme sind jedoch vergleichsweise teuer und unflexibel in der Anwendung.

Das Fraunhofer IPT hat eine Software für marktübliche Smart Glasses entwickelt, welche die exakte Ablage der Faserhalbzeuge direkt auf dem Bauteil virtuell sichtbar macht

(© Fraunhofer IPT)

Digitale Anleitung und Dokumentation direkt am Bauteil

Im Fraunhofer-Forschungsprojekt *Smart-Lay-Up!* hat das Fraunhofer IPT nun eine Alternative zu diesen beiden Arbeitshilfen entwickelt: eine Software, die unter Einsatz marktüblicher Smart Glasses die exakte Ausrichtung und Positionierung der Halbzeuge direkt auf dem Bauteil sichtbar macht. Das Zuschneiden der Halbzeuge wird ebenfalls durch Projektion von Sollkonturen unterstützt. Das kostengünstige System ist gegenüber den konventionellen Vorgehensweisen mit Papier oder laserbasierten Projektionssystemen deutlich flexibler in der Handhabung und außerdem in der Produktionsumgebung beliebig skalierbar, also auch für die Serienfertigung von FVK-Produkten geeignet.

Die Anwendung, die das Fraunhofer IPT entwickelt hat, stellt dem Werker auf der Datenbrille deutlich mehr als nur eine digitale Version des Plybooks bereit: Sie bietet ihm darüber hinaus auch eine Augmented-Reality-Umgebung, in der die Informationen zur Ausrichtung der reinen Faserschichten oder vorimprägnierten Faserprepregs direkt über das vor ihm liegende Bauteil gelegt werden. Eine Schritt-für-Schritt-Anleitung führt ihn durch den Preforming-Prozess und dokumentiert währenddessen auf Wunsch die Arbeiten zum Zweck der Qualitätssicherung.

Die Software kann als App einfach auf Datenbrillen mit Android-Betriebssystem installiert und für die jeweilige Laminieraufgabe angepasst werden. Unternehmen, welche die Technologie ausprobieren und einsetzen möchten, können die App ab sofort im Rahmen einer Machbarkeitsstudie mit eigenen Mitarbeitern in der Produktion testen und dabei individuelle Bedarfe mit Mitarbeitern des Fraunhofer IPT diskutieren.

Die Aachener Forscher prognostizieren, dass sich durch die neue Technologie die Genauigkeit der Verarbeitung von Bauteilen aus faserverstärkten Hochleistungswerkstoffen verbessern kann. Dadurch, dass die Prozesse nun leichter nachvollziehbar werden, lässt sich die Fehlerrate senken – bei gleichzeitig oft deutlich kürzeren Prozesszeiten. Die Anschaffung des Brillensystems, das weniger als ein Zehntel der kostspieligen Laserprojektionssysteme kostet, wird damit auch für kleine und mittlere Unternehmen erschwinglich und kann in Märkten wie der Medizintechnik, dem Bootsbau, dem Maschinenbau, aber auch bei der Herstellung von gehobenen Consumer-Produkten aus FVK-Leichtbaumaterialien zu spürbaren Produktivitätsverbesserungen führen.

➲ **www.ipt.fraunhofer.de**

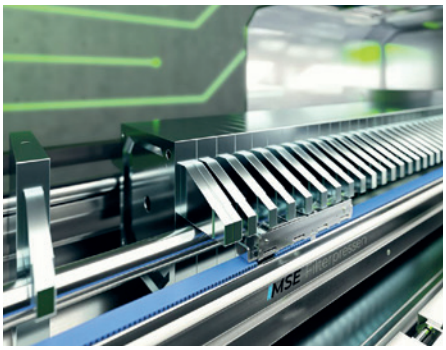
Neue vollautomatische Filterpresse für die Batteriezellfertigung und darüber hinaus

Das Erfolgsmodell startet in neuer Form durch. Die CellTRON®-Filterpresse von MSE wird für die Produktion und das Recyceln von Batteriezellen innovativer, sicherer und technisch einzigartig.

Leistungsstarke, nachhaltig produzierte und kostengünstige Batterien sind für die Zukunft der globalen Elektromobiliät, insbesondere für die Elektrifizierung der Verkehrssysteme, unentbehrlich. Hierbei bildet die sogenannte Batteriezelle das Herzstück jeder Batterie; auf sie entfällt auch der größte Teil der Wertschöpfung. Sowohl wiederaufladbare Batteriezellen, die Verwendung im Mobilitätssektor finden, als auch stationäre Stromspeicher im Energiesektor sorgen für einen stetig steigenden Bedarf an Batterien höchster Speicherdichte und Zuverlässigkeit. Die Fertigung von Batteriezellen höchster Qualität erfordert allerdings erhebliche technologische Kompetenz. Denn nur wenn die Batterie in Preis und Leistung überzeugen kann, wird vor allem der Einsatz im Automobilsektor dauerhaft steigen.
MSE hat sich in diesem Zuge ebenfalls für die Elektromobilität aufgerüstet und das bisherige Filterpressensystem konsequent überarbeitet und optimiert. Das Ziel: Eine für die Herstellung bis zum Recycling von Lithiumionenbatterien industriell wettbewerbsfähige Maschine zu entwickeln, aufzubauen und marktfähig zu gestalten.
So ist es dem weltweit tätigen Hersteller von Filtersystemen gelungen, eine kompakte Maschine für die mechanische Fest-Flüssig-Trennung mit Druckfiltern zu entwickeln, die höchst aggressive Produkte jederzeit und an jedem Ort sicher filtriert. In enger Zusammenarbeit mit branchenspezifischen Kunden wurde eine eigenständige Filterpressen-Produktreihe entwickelt und so der Umfang des Angebots an Filterpressen erweitert. Diese High-Tech-Filterpressenlinie soll den internationalen Benchmark bilden und sich durch einen vollautomatischen und absolut sicheren Betrieb, eine lange Lebensdauer sowie eine hohe Leistungsfähigkeit zu wettbewerbsfähigen Preisen hervorheben. Darüber hinaus sollen nachhaltige und umweltverträgliche Produktionsbedingungen hervorgehoben werden.
Mit diesem neuen Geschäftsfeld möchte MSE die Weiterentwicklung der Batteriezellen als Schlüsselkomponente der Elektrifizierung selbst vorantreiben. Riccardo Rumé, technischer Geschäftsführer der MSE Filterpressen GmbH, betont, dass CellTRON® für die Innovationskraft einer Marke *Made in Germany* steht. Die globale Marktposition des Unternehmens soll weiter gestärkt und MSE zu einem weltweit führenden Hersteller von Spezial-Filterpressen werden. Dazu wird der Kompetenzaufbau in den nächsten Jahren durch intelligente Partnerschaften und Kooperationen beschleunigt und auf ein noch breiteres Fundament gestellt. Das ist nach Ansicht von Riccardo Rumé wichtig, um den größtmöglichen Wert für den Kunden zu schaffen und künftige Entwicklungen zu sichern.

Filterpresse für höchste Filtrationsanforderungen

Die Filterpresse bildet als einer der ältesten Prozessfilter mit seiner hohen Automatisierung, Effizienz und Integrationsfähigkeit das solide Rückgrat der mechanischen Fest-Flüssig-Trennung. Mit der Einführung der CellTRON® vollzieht MSE einen entscheidenden Schritt in die Zukunft. Die Basis der neuen Filterpressenlinie stellt hierbei eine mit speziellen Filterplatten ausgerüstete vollautomatische Membranfilterpresse dar. Getreu der Philosophie *zuverlässig* und *effizient* erhält die neue Produktserie eine branchenführende und innovative Filterpressenentleerung mit Lifetime-Fehlermeldung, eine automatisierte Filtertuchwaschanlage mit zusätzlich implementierter CIP-Komplettreinigungsfunktion sowie eine automatisch öffnende Maschineneinhausung mit integriertem schwenkbarem Trichter für den definierten Filterkuchenaustrag. Diese Neuentwicklung gewährleistet eine vollkommene, nahezu gasdichte Abkapselung der Filterpresse zum Schutz des Bedienungspersonals und zur Absicherung der Produktqualität.
Bei der Lösungsfindung für die räumliche Trennung zwischen Anlage und Umgebung standen die Ingenieure vor einer großen Herausforderung. Das Ziel bei der Entwicklung war nach Aussage von Rumé die Realisierung einer unterdruckfesten Einhausung mit vernünftigem technischem Aufwand, die ein Austreten von Schlammrückstanden sowie des Filterkuchenstaubs jederzeit verhindert. Zudem sollte die Konstruktion so ausgelegt sein, dass ein Anhaften und Antrocknen des Filterkuchens beziehungsweise des Tropfwassers auf jeglicher Oberfläche um jeden Preis vermieden wird. Daher wurde nach Hygienic Design-Kriterien entwickelt und konstruiert. Generell wurde bei der Entwicklung der CellTRON® darauf geachtet, die Prozesskette insgesamt zu optimieren. Durch die Bündelung der Kompetenzen am Standort Remchingen hat das Unternehmen sichergestellt, dass MSE diesbezüglich neue Standards entwickeln und schnell in die Serienfertigung überführen konnte.
Die neue, vorrangig für die Batteriezellfertigungsindustrie entwickelte Filterpresse wird laut MSE so genau den spezifischen Anforderungen hinsichtlich der Entwässerung von speziellen (Metall-)Schlämmen ge-



Filterpressenreihe mit Eignung für flüchtige, staubexplosionsgefährliche und heiße Produkte sowie für Stoffe mit toxischen und radioaktiven Eigenschaften

recht. Neben den Standardkonfigurationen für solche Anwendungen wie in der Batteriezellenfertigung, ist diese Technologiereihe für Anwendungen geeignet, die höchste Sicherheits- und Effizienzstandards mit höchster Betriebssicherheit erfordern. Die CellTRON®-Produktlinie kann flüchtige, staubexplosionsgefährliche Produkte sowie Stoffe mit toxischen und radioaktiven Eigenschaften aber auch Pharmafood-Erzeugnisse und heiße Suspensionen mit Filtrationstemperaturen von mehr als 130 °C behandeln. Mit dieser Technologie hat MSE nach eigener Überzeugung ein entscheidendes Alleinstellungsmerkmal: Mit der neuen CellTRON-Serie wurde nach Aussage von Dietrich Schmitt, Projektleiter EMSR der MSE Filterpressen GmbH, ein bewährtes Produkt für den Einsatz in rauen Umgebungen konsequent weiterentwickelt und damit an einer innovativen, technisch verlässlichen Lösung für den vollautomatischen und sicheren Betrieb gearbeitet, die messbare Verbesserungen für den Kunden liefert.

Die CellTRON®-Produktreihe ist in den Größen von 470 mm x 470 mm als CT4 für Pilotanlagen bis 2000 mm x 2000 mm, als CT20 für Kapazitäten mit Filterflächen von 1 m^2 bis 1300 m^2 erhältlich. Hierbei kann zwischen der Konfiguration *Light* für hohe Produkt- und Sicherheitsanforderungen und der Konfiguration *Xtreme* für höchste Produkt- und Sicherheitsanforderungen gewählt werden. Jede Filteranlage wird auf Wunsch als Kompletteinheit mit Rohrleitungen, Ventilen, Instrumenten, Pumpen und Behältern geliefert.

Maximaler Personenschutz

Das neue Design, dass in seiner Aufmachung aus der Feder der National Aeronautics and Space Administration (NASA) stammen könnte, lässt den CellTRON® als geschlossene Kompletteinheit auftreten und unterstreicht seinen besonderen Kerncharakter. Der spezielle Spritzschutz mit Einsicht in die Filterpresse sowie die integrierte Trichtereinheit fallen auf den ersten Blick auf. Auf den besonders glatten Innenflächen werden das Filtertuchwaschwasser, das Restfiltrat, die CIP-Flüssigkeit und unkontrolliert austretende Flüssigkeit gezielt abgeleitet, um zu keiner Zeit mit der Umgebung in Verbindung zu kommen. Die einzelnen Einhausungselemente lassen sich hierbei, je nach benötigtem Bauraum, per Knopfdruck in der Längsachse der Presse verfahren, jedoch nur im Bereich des integrierten Trichters. Dadurch kann die beim Aufschieben der einzelnen Einhausungselemente austretende Flüssigkeit vom Auffangtrichter ebenfalls aufgenommen und gezielt abgeleitet werden.

Eine spezielle Dichtungs- und Abstreiftechnologie ermöglicht die ganzheitliche Abdichtung zwischen den einzelnen Elementen der Anlagen. Ein Kontaminieren des Bodens und der Umgebung mit einem aggressiven Medium ist somit stets ausgeschlossen. Hinzu kommt, dass die Abgabe unangenehmer Gerüche damit bedeutend reduziert wird. Ein damit verbundener Vorteil kann darüber hinaus das Entfallen aufwendiger und kostspieliger Stahlkonstruktionen für Gebäude und Räume sein.

Als Werkstoff kommen bei der *Xtreme*-Variante nahezu ausschließlich nichtrostende Stähle zum Einsatz. Produktberührte Baugruppen werden zudem mit einer Oberflächengüte von Ra ≤ 0,6 und einer Mindestschräge von 30° ausgeführt, um ein Anhaften sowie eine Verunreinigung des Produkts möglichst auszuschließen.

Innerhalb der Schutzeinhausung ermöglichen drei voneinander getrennte Systeme die zyklische Selbstreinigung der Filterpresse. Je nach Reinigungsbedarf strömt die Flüssigkeit, unter anderem Schwefelsäure, unter verschiedenen Strahlwinkeln mittels spezieller CIP-Düsen auf die Filterpresse. Zusätzlich implementierte translatorische und rotatorische Bewegungen der Verteilerrohre erlauben ein reproduzierbares Reinigen sowie eine erhöhte Standzeit der Anlage. Ein Antrocknen des Mediums wird so zusätzlich unterbunden. Menschliche Fehler werden weitgehend ausgeschlossen, Personalsicherheit erhöht und eine hohe Produktqualität gesichert.

Die CellTRON® läutet mit seinen Spezifikationen eine neue Filterpressen-Ära ein und ergänzt somit die traditionelle MSE-Filterpressenfamilie zu der auch eine Vielzahl an Filterpressen mit einer langen Erfolgsgeschichte für erstklassige Leistung und Flexibilität bei anspruchsvollen Anwendungen gehören.

➲ **www.mse-filterpressen.de**

Additiv gefertigtes Raketentriebwerk mit Aerospikedüse für *Microlauncher*

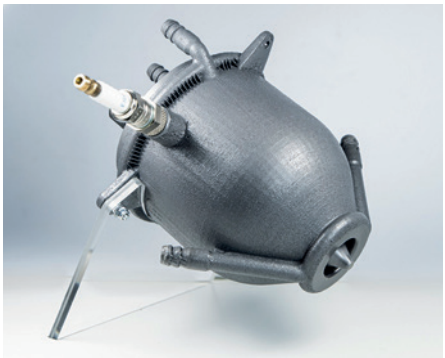
Microlauncher sind eine Alternative zu herkömmlichen Trägerraketen. Die mittelgroßen Transportsysteme können Nutzlasten bis zu 350 Kilogramm befördern; künftig sollen sie kleine Satelliten in den Weltraum bringen. Forscherinnen und Forscher am Dresdner Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS haben gemeinsam mit Raumfahrtexperten der TU Dresden ein additiv gefertigtes Raketentriebwerk mit Aerospike-Düse für Microlauncher entwickelt. Der skalierte Prototyp aus Metall soll 30 Prozent weniger Treibstoff als konventionelle Triebwerke verbrauchen.

Der Markt mit kleinen Satelliten wird in den kommenden Jahren boomen. Großbritannien plant im Norden Schottlands den ersten Weltraumbahnhof auf europäischem Boden und auch der Bundesverband der Deutschen Industrie hält einen Weltraumbahnhof hierzulande für sinnvoll. Von dort sollen kleine bis mittelgroße Trägerraketen Forschungsinstrumente und kleine Satelliten ins All bringen. Diese Microlauncher sind für eine Nutzlast von bis zu 350 Kilogramm ausgelegt. Eine effiziente Art, diese Microlauncher anzutreiben, sind sogenannte Aerospike-Triebwerke. Diese stellen nicht nur eine erhebliche Massereduktion, sondern auch eine signifikante Treibstoffersparnis in Aussicht.

Im Laufe der letzten beiden Jahre hat ein Forscherteam des Fraunhofer IWS zusammen mit dem Institut für Luft- und Raumfahrttechnik der TU Dresden ein solches Aerospike-Triebwerk entwickelt, gefertigt und getestet. Das Vorhaben wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Die Besonderheit: Treibstoffinjektor, Brennkammer und Düse werden per Laser Powder Bed Fusion (L-PBF), einem additiven Fertigungsverfahren, Schicht für Schicht hergestellt. Die Düse selbst besteht aus einem stachelförmigen Zentralkörper, über den die Verbrennungsgase beschleunigt werden.

Design-Demonstrator: Die additiv gefertigte Aerospike-Düse (© Fraunhofer IWS)

Die technologische Konzeption der Aerospike-Triebwerke ist erstmals in den 1960er Jahren aufgekommen. *Aber nur durch die Freiheiten der additiven Fertigung und die Einbettung dieser in konventionelle Prozessketten ist es uns möglich, so effiziente Triebwerke überhaupt herzustellen*, sagt Michael Müller, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Additive Manufacturing Center Dresden (AMCD), das gemeinsam vom Fraunhofer IWS und der TU Dresden betrieben wird.



Den Prototypen des Aerospike-Triebwerks testeten die Dresdner Forscher bereits auf dem Teststand des Instituts für Luft- und Raumfahrttechnik der TU Dresden (© Fraunhofer IWS Dresden)

Aerospike Rocket Engines versprechen eine Treibstoffeinsparung von etwa 30 Prozent gegenüber konventionellen Raketen. Darüber hinaus sind sie kompakter als konventionelle Systeme, wodurch die Masse des Gesamtsystems sinkt. *In der Raumfahrt ist jedes eingesparte Gramm Gold wert, da man weniger Treibstoff in den Orbit mitnehmen muss*, erläutert Mirko Riede, Gruppenleiter 3D-Generieren am Fraunhofer IWS und Kollege von Michael Müller. Je schwerer das Gesamtsystem, desto weniger Nutzlast könne transportiert werden. Die Dresdner Aerospike-Düse des Fraunhofer IWS und der TU Dresden passt sich auf dem Weg von der Erde in den Orbit besser an die Druckverhältnisse an. Dadurch ist sie effizienter und benötigt weniger Treibstoff als herkömmliche Triebwerke.

Additiv gefertigte Düse

Bei der Herstellung der Rakete aus Metall haben sich die Forscher für die additive Fertigung entschieden, da das Triebwerk nach Aussage von Mirko Riede eine sehr gute Kühlung und innenliegende Kühlkanäle erfordert. Dieses komplexe regenerative Kühlsystem mit innenliegenden, verschlungenen Strukturen lasse sich konventionell nicht fräsen oder gießen. Das Pulver wird Schicht für Schicht aufgetragen und anschließend selektiv per Laser aufgeschmolzen. So entsteht nach und nach das Bauteil inklusive der einen Millimeter breiten Kühlkanäle, die der Kontur der Brennkammer folgen. Das Pulver wird nachträglich aus den Kanälen herausgesaugt. Die Anforderungen an das Metall: Es muss bei hohen Temperaturen fest sein und Wärme gut leiten können, um eine optimale Kühlung zu gewährleisten. *In der Brennkammer herrschen Temperaturen von mehreren Tausend Grad Celsius, insofern ist eine aktive Kühlung erforderlich*, erläutert Michael Müller.

In dem Projekt *CFDµSAT*, das im Januar 2020 startete, legen die Wissenschaftler des Fraunhofer IWS und der TU Dresden den Fokus auf das Einspritzsystem, um die Effizienz der Antriebssysteme weiter zu steigern. Assoziierte Partner im Projekt sind die ArianeGroup und die Siemens AG. Die Fertigung der Injektoren stellt besonders hohe Anforderungen an Design und Fertigung. Wie Müller erklärt, nutzt man die Treibstoffe erst zur Kühlung des Triebwerks, sie erwärmen sich und werden dann in die Brennkammer eingebracht. Dabei würden flüssiger Sauerstoff und Ethanol separat zugeführt und über einen Injektor zusammengeführt. Das so entstehende Gasgemisch werde gezündet. Es dehne sich in der Brennkammer aus, ströme dann durch einen Spalt in der Brennkammer und werde über die Düse entspannt und beschleunigt, erklärt Müller den Vorgang der Schubentwicklung.

Triebwerk im Heißfeuertest

Auf dem Teststand des Instituts für Luft- und Raumfahrttechnik der TU Dresden testeten

die Dresdner Forscher den Prototypen des Aerospike-Triebwerks bereits. Sie erzielten eine Brenndauer von 30 Sekunden. Das ist Müller zufolge ein besonderer Vorgang, denn bislang gibt es noch kaum Tests von Aerospike-Düsen. *Wir haben nachgewiesen, dass sich mittels additiver Fertigung ein funktionierendes Flüssigkeitstriebwerk herstellen lässt*, so Müller.
Das Projekt ist ein Beispiel für die enge Kooperation der TU Dresden mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen im Rahmen des Wissenschaftsverbunds DRESDEN-concept. Im Projekt übernimmt die TU Dresden das Design und die Auslegung des Triebwerks, das Fraunhofer IWS ist im Vorhaben für die Prozesskette verantwortlich: Im ersten Schritt wurde das Design an den additiven Fertigungsprozess angepasst, anschließend folgte die Auswahl des Materials sowie die Ermittlung der Materialkennwerte. Per Laser Powder Bed Fusion wurde das Triebwerk aus zwei Komponenten gedruckt und an den Funktionsflächen nachbearbeitet. Im Anschluss wurden die Bauteile durch Laserstrahlschweißen gefügt und mit zerstörungsfreier Computertomografie auf Fehlstellen und andere Fehler überprüft. Beispielsweise lässt sich so feststellen, ob Kühlkanäle durch versintertes Pulver verstopft sind. Dies zeigt branchenübergreifend, wie AM-Verfahren sinnvoll in bestehende Prozessketten integriert werden können, um Entwicklungen voranzutreiben.

➲ **www.iws.fraunhofer.de**

Flexibles Fügen und wandlungsfähige Prozessketten: der Schlüssel für effiziente Produktion

Schrauben, Nieten, Clinchen – überall, wo Produkte gefertigt werden, ob im Fahrzeugbau, der Medizin- oder Haushaltsgerätetechnik, werden Konstruktionen aus einzelnen Bauteilen zu mehr oder weniger komplexen Strukturen mit zahlreichen Verbindungsstellen zusammengesetzt. Zunehmende Produktvielfalt, immer kürzere Modellzyklen und ökologische Rahmenbedingungen stellen die Fügbarkeit in modernen Produktionsprozessen allerdings vor große Herausforderungen. Hier setzen Wissenschaftler des Sonderforschungsbereichs *Methodenentwicklung zur mechanischen Fügbarkeit in wandlungsfähigen Prozessketten* der Universität Paderborn an: Ihr Ziel ist es, Produktionsbedingungen zu verbessern, indem sie wandlungsfähige Fügetechnologien entwickeln, die bisherige starre Verfahren aufbrechen und eine flexible Prozesskette ermöglichen sollen.

Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut (Foto: Univ. Paderborn)

Wachsende Anforderungen an die Fügetechnik

Fügestellen prägen die Eigenschaften von Produkten. Während etwa eine Waschmaschine schon mit wenigen Clinchpunkten zusammengehalten werden kann, muss eine Autokarosserie mit bis zu 3500 Stanznietverbindungen gefügt werden. Durch den steigenden Wunsch nach leichten, aber stabilen Strukturen von Produkten wachsen die Anforderungen an die Fügetechnik stetig.
Wie wichtig deshalb wandlungsfähige Prozessketten und flexible Fügeverfahren heute sind, weiß Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut, Sprecher des Sonderforschungsbereichs und Leiter des Laboratoriums für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF) an der Universität Paderborn. Die Fügbarkeit von Bauteilen ist nach seinen Worten häufig der Schlüssel für effiziente Produktionsprozesse und wird für den Entwicklungs- und Produktionsstandort Deutschland bei der Serienfertigung variantenreicher Produkte zunehmend zum strategischen Wettbewerbsfaktor. Bisher seien mechanische Fügeverfahren jedoch starr für das entsprechende Produkt konfiguriert. Das limitiere sowohl die Konstruktionsfreiheit bei der Werkstoffauswahl als auch die Gestaltungsmöglichkeiten von Fabrikaten. Wenn es zu Änderungen in der Produktion komme, beispielsweise zur Veränderung der Blechdicke einer Autokarosserie, müssten derzeit sämtliche Anpassungen der Verfahren durch Trial-and-Error-Methoden durchprobiert werden. *Das kann sehr hohe Kosten verursachen und ist mit Blick auf Ressourceneinsatz und Umweltbelastung unbedingt zu ändern*, so Meschut.

Wandlungs- und Prognosefähigkeit mechanischer Fügeverfahren

Im SFB nehmen die Wissenschaftler die gesamte Prozesskette – vom Werkstoff (Fügeeignung) über die Konstruktion (Fügesicherheit) bis hin zur Fertigung (Fügemöglichkeit) – unter die Lupe. Seit 2019 erforschen sie, wie in wandlungsfähigen Prozessketten zielgerichtete Änderungen in der Produktentstehung ermöglicht werden können. Dadurch sollen bei den einzelnen Prozessschritten, zum Beispiel am Halbzeug, der Fügestelle, dem Bauteil oder dem Fügeverfahren passgenaue Überarbeitungen vorgenommen werden können. Ergebnis ist eine unikale, das heißt einzigartige Fügestelle mit einem eigenen mechanischen Eigenschaftsprofil hinsichtlich verschiedener Beanspruchungsarten.
Dabei spielt insbesondere die Prognosegüte eine große Rolle: Die bisherige experimentell geprägte Herangehensweise bei Änderungen im Produktionsprozess ist nach Aussage von Dr.-Ing. Mathias Bobbert, Geschäftsführer des SFB/Transregio 285, vor dem Hintergrund einer wachsenden Anzahl an Werkstoff-Geometrie-Kombinationen nicht effizient. Vielmehr sind hier abgesicherte Prognosen der Fügbarkeit Voraussetzung für robuste Fügeprozesse: *Die ganzheitliche Prognose entlang der gesamten Prozesskette ist entscheidend für die Eigenschaften des späteren Endprodukts*, sagt Meschut.
Die Wissenschaftler arbeiten dafür unter anderem mit Computersimulationen und experimentellen Prüfmethoden. Betrachtet werden die gesamten Eigenschaften der verschiedenen Verbindungen: von den einzelnen Fügeteilwerkstoffen (Fügeeignung), beispielsweise Aluminium, Stahl oder Kunststoff, über die darauf angepassten Fügeprozesse (Fügemöglichkeit) bis zur schlussendlichen Belastbarkeit (Fügesicherheit), zum Bei-

spiel schlagartig wie im Fahrzeugcrash oder schwingend wie im Fahrbetrieb.

Universelle Lösungen

Im Zentrum der Forschungsarbeit stehen die Wechselwirkungen zwischen den jeweils vorausgegangenen Fertigungsschritten und der Fügestellenbelastbarkeit. Darauf aufbauend sollen Grundlagen geschaffen werden, die auch mit neuartigen Verfahrensansätzen eine Wandlungsfähigkeit der mechanischen Fügeverfahren ermöglichen. Langfristiges Ziel der Wissenschaftler ist es, eine flexible, übertragbare und branchenübergreifend anwendbare Auslegungsmethodik zu schaffen, welche Eigenschaften und Anforderungen bei neuen Fügeaufgaben genauestens prognostiziert. Durch die Erarbeitung fachübergreifender Methoden sollen nicht nur sicherere Prognosen der Fügbarkeit ermöglicht und Verbindungseigenschaften verbessert, sondern auch wirtschaftliche Vorteile erzielt werden.

Interdisziplinäres Forscherteam

Die Paderborner Wissenschaftler arbeiten dafür gemeinsam mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Technischen Universität Dresden und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg in einem interdisziplinären Forschungsverbund, aufgeteilt in 16 Teilprojekten, zusammen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) fördert die Transregio-Initiative TRR 285 bis 2023 mit rund zehn Millionen Euro. *Eine wesentliche Stärke des Sonderforschungsbereichs ist die interdisziplinäre Forschung, die wir in den verschiedenen Fachbereichen an drei Standorten betreiben*, sagt Prof. Gerson Meschut. *Rund 60 Wissenschaftler aus den Bereichen Werkstofftechnik, Konstruktion, Mechanik, Messtechnik und Leichtbau kooperieren hier, um das Thema Fügbarkeit von allen Seiten zu durchdringen.* Jennifer Strube

➲ **www.uni-paderborn.de**

Neue Einsatzmöglichkeiten für Faserverbund-Sandwichstrukturen

Hocheffiziente Leichtbaustrukturen, kostengünstig produziert: Diese Kombination lässt sich durch Sandwichbauweise mit faserverstärkten Kunststoffen erreichen. Auf der erstmals ausgerichteten Faserverbund-Sandwich-Konferenz in Halle (Saale) widmeten sich rund 100 internationale Fachleute am 5. und 6. Februar 2020 diesem Thema. Sie stellten Trends aus der Material- und Technologieentwicklung vor und präsentierten neue Anwendungsfelder beispielsweise in der Luft- und Raumfahrt sowie der Automobilindustrie. Eingeladen zur Faserverbund-Sandwich-Konferenz hatten das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS und die ThermHex Waben GmbH.

Zusätzlich zu den Vorteilen, die der Einsatz von Faserverbund-Werkstoffen ohnehin bietet, eröffnet die Sandwichbauweise nach Meinung von Dr. Jochen Pflug, Geschäftsführer der ThermHex Waben GmbH, noch einmal weiteres Potenzial für den Leichtbau. *Moderne Fertigungsverfahren machen mittlerweile auch eine günstige Herstellung von Faserverbund-Sandwichstrukturen möglich*, erläutert Dr. Pflug den Mehrwert der Technologie. Bei Sandwichstrukturen wird ein leichter Kern, zum Beispiel aus Polymerschaum oder einer Wabenstruktur aus Kunststoff oder Papier, von dünnen, hochfesten Deckschichten umhüllt. Weil nur für die Deckschichten die teuren Faserverbundmaterialien eingesetzt werden müssen, können durch diese Bauweise auch Gewicht, Material- und Produktionskosten im Leichtbau reduziert werden.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Industrie und Forschung tauschten sich während der Faserverbund-Sandwich-Konferenz in drei Sessions zu den Möglichkeiten der industriellen Anwendung, neuen Erkenntnissen zu Materialeigenschaften und Materialentwicklung sowie zukunftsweisenden Fertigungstechnologien aus. International führende Fachleute präsentierten den Einsatz von Wabenkernen aus Nomex® und Kevlar® für Anwendungen in Luftfahrzeugen, die Potenziale von thermoplastischen Hochleistungskompositen für eine Fertigung von Sandwichbauteilen in hohen Stückzahlen, neue Bewertungs- und Nachweismethoden für die Schadenstoleranz von Faserverbund-Sandwich-Strukturen, Möglichkeiten zur Simulation des Materialverhaltens von Wabenkernen und Sandwichstrukturen oder die Umsetzung von Sandwichbauweisen in hocheffizienten Spritzguss-Produktionsprozessen.

Auf der Abendveranstaltung an der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina blickte Prof. Christian Berggreen von der TU Denmark in Kopenhagen auf die Forschungserfolge bei der Entwicklung von zuverlässigen Methoden für die schadenstolerante Auslegung von Sandwichstrukturen in sicherheitsrelevanten Bauteilen zurück. Zudem konnten die Teilnehmenden am Nachmittag die Produktionsanlage von ThermHex Waben GmbH zur kontinuierlichen Herstellung von thermoplastischen Wabenkernen und Sandwichhalbzeugen besichtigen und lernten das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ und die hier entwickelte Organosandwich-Technologie kennen, bei der thermoplastische Sandwichhalbzeuge dreidimensional thermogeformt und durch Spritzguss funktionalisiert werden.

(Bild: ©ThermHex Waben GmbH)

Die Tagung hat nach den Worten von Dr. Ralf Schlimper vom Fraunhofer IMWS einen sehr produktiven Austausch ermöglicht und viele neue Erkenntnisse gebracht, wie etwa zum Bedarf nach kosteneffizienten Faserverbund-Sandwichstrukturen und deren Verarbeitung durch automatisierte Produktionsverfahren, der Zuverlässigkeit der damit produzierten Bauteile oder auch neuen Einsatzmöglichkeiten für die Sandwich-Technologie. Die sehr positive Resonanz zeige, wie groß die Potenziale der Technologie seien und wie groß das Interesse bei den Unternehmen vor allem im Bereich der Mobilitätssysteme sei, diese zu erschließen.

➲ **www.imws.fraunhofer.de**

Eugen Hehl erhält Richard-Vieweg-Ehrenmedaille des VDI

VDI würdigt mit der Ehrung Hehls Verdienste auf dem Gebiet der Kunststofftechnik

Der VDI zeichnete Eugen Hehl mit der Richard-Vieweg-Ehrenmedaille des VDI aus, der höchsten Ehrung im VDI-Fachbereich Kunststofftechnik. In seiner Laudatio würdigte Dr.-Ing. E. H. Herbert Kraibühler, ehemaliger Technik-Geschäftsführer der Arburg GmbH + Co KG das unermüdliche Engagement von Eugen Hehl für die Kunststofftechnik, vor allem im Bereich der Spritzgießtechnik, beim Einsatz von Kunststoffen in der Medizintechnik und bei der Verfahrensauslegung und -optimierung für Serienverfahren.

Eugen Hehl, Seniorchef des Unternehmens Arburg, hat die Weiterentwicklung der Spritzgießtechnik mit großem Einsatz vorangetrieben und gleichzeitig auch neue Technologien außerhalb seiner Branche gefördert. Er entsandte viele seiner Mitarbeiter in die Gremien des VDI-Fachbereichs Kunststofftechnik und ermöglichte es so, dass deren Expertenwissen in die technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit des VDI einfloss.

Die Richard-Vieweg-Ehrenmedaille wurde von Dipl.-Ing. Kurt Gebert, Vorsitzender des VDI-Fachbereichs Kunststofftechnik anlässlich der diesjährigen VDI-Jahrestagung *Spritzgießen 2020* in Baden-Baden am 11. Februar 2020 stellvertretend an Juliane Hehl, geschäftsführende Gesellschafterin von Arburg, übergeben.

Die Richard-Vieweg-Ehrenmedaille des VDI wurde erstmals 1978 von der VDI- Gesellschaft Kunststofftechnik, der heutigen VDI-Gesellschaft Materials Engineering, in Würdigung der hervorragenden und beispielhaften Persönlichkeit des Namensgebers verliehen. Sie ist eine Auszeichnung für besonders verdiente Mitglieder und ehrenamtlich Tätige oder für Ingenieure, die sich auf den Gebieten der Kunststofftechnik besondere Verdienste erworben haben.

➲ www.vdi.de

Dipl.-Ing. Martin Würtele, Dipl.-Ing. Kurt Gebert, Dr. Achim P. Eggert, Juliane Hehl, Dr.-Ing. E. H. Herbert Kraibühler, Dr.-Ing. Erwin Bürkle (v.l.n.r.) (Bild: ©Fotoatelier Christiane Haumann-Frietsch)

Kleinster mikroelektronischer Roboter der Welt

Internationales Forschungsteam unter Federführung der Technischen Universität Chemnitz entwickelt ein neuartiges mikroelektronisches System

Einem internationalen Forschungsteam unter Leitung von Prof. Dr. Oliver G. Schmidt, Inhaber der Professur Materialsysteme der Nanoelektronik an der Technischen Universität Chemnitz, Initiator des Zentrums für Materialien, Architekturen und Integration von Nanomembranen an der TU Chemnitz und Direktor am Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) Dresden, ist ein Durchbruch gelungen. Im Fachmagazin *Nature Electronics* berichten sie über die Entwicklung des kleinsten mikroelektronischen Roboters der Welt, der durch einen Zwillingsdüsenjet angetrieben und gesteuert wird. Der mikrolektronische Roboter ist 0,8 mm lang, 0,8 mm breit und 0,14 mm hoch. Zum Vergleich: Ein 1-Cent-Stück hat einen Durchmesser von rund 16 mm. Der Mikroroboter ist mechanisch extrem flexibel, beweglich und mit diversen Funktionen ausgerüstet. An dem Projekt waren neben der TU Chemnitz und dem IFW Dresden die Chinesische Akademie der Wissenschaften Changchun und die Technische Universität Dresden beteiligt.
Ein besonderer Aspekt der Entwicklung ist die Bereitstellung von elektrischer Energie an Bord, die es dem hochflexiblen Mikroroboter erlaubt, verschiedene Aufgaben zu erfüllen. Das System ist zudem in hohem Maße manövrierfähig in wässriger Lösung und lässt sich fernsteuern. Darüber hinaus verfügt der Roboter über eine Lichtquelle und einen kleinen Greifarm, die kabellos mit Energie versorgt werden können. Denkbar ist so der Einsatz von biomedizinischen Sensoren und Aktoren, die Anwendungen in den Bereichen der Mikrorobotik und Medizintechnik ermöglichen. Beispiele hierfür sind das gezielte Verabreichen von Medikamenten oder die Diagnose von Krankheiten direkt im Organismus.

Kontrolle und Steuerbarkeit erstmalig in kabellosem Mikroelektronikroboter umgesetzt

Das Forschungsfeld der Mikroroboter und Mikromotoren erzeugt seit mehr als zehn Jahren ein steigendes weltweites Interesse bei Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern verschiedener Fachrichtungen. Insbesondere die fiktive Anwendung eines medizinischen Mini-U-Boots mit einem eigenem steuerbaren Antrieb beflügelt immer wieder sowohl die Grundlagen- als auch die angewandte Forschung. Dabei war das Ziel, die Entwicklung eines vollständig kontrollier- und steuerbaren mikroelektronischen Roboters, lange Zeit Science Fiction – bis jetzt. Zwar gibt es mittlerweile chemisch angetriebene Mikromotoren, die in ersten medizinischen Studien in den USA auf ihre Tauglichkeit zur Heilung bestimmter Krankheiten getestet werden, allerdings handelt es sich dabei um sehr einfache Systeme, die weder über elektrische Energie noch über mikroelektronische Einheiten an Bord verfügen. Eine gezielte Kontrolle und Steuerung der Mikroroboter ist somit nicht möglich. Das ist bei dem von Oliver G. Schmidt und seinem Team entwickelten System anders – dabei basiert es auf einer neun Jahre alten Idee.

Prof. Dr. Oliver G. Schmidt ist Pionier auf dem Gebiet der Mikrorobotik und Mikromotoren und war federführend an der Entwicklung des mikroelektronischen Roboters beteiligt (Foto: Jacob Müller)

Voll fernsteuerbarer Mikroantrieb – Neun Jahre alte Idee wird Realität

Vor fast zehn Jahren hat Schmidt mit seinem damaligen Team die Idee formuliert, winzige chemische Düsenantriebe mit mikroelektronischen Komponenten zu verbinden, um damit zwei Fachrichtungen zusammenzuführen, die bis dahin nur wenig gemeinsam hatten. *Es ist wunderbar zu sehen, dass diese Idee durch die technologische Innovationskraft meines Doktoranden Vineeth Kumar Bandari und das außergewöhnliche wissenschaftliche Engagement von Dr. Feng Zhu nun in einer ersten vereinfachten Form experimentell realisiert werden konnte*, sagt Schmidt erfreut.
Die Antriebseinheit des nun vorgestellten Systems besteht aus aufgerollten Mikroröhrchen, die Schub durch den druckhaften Ausstoß von Sauerstoffbläschen erzeugen. Diesen Vorgang konnten die Forscherinnen und Forscher in einem der beiden Mikroröhrchen thermisch kontrollieren und so den Mikroroboter in verschiedene Richtungen steuern.
Das komplette mikroelektronische System fertigten die Forscherinnen und Forscher aus einer Kombination aus Nanomembranen auf Polymerbasis an, die mit ihren Materialeigenschaften ihresgleichen sucht und in dieser Kombination eine wesentliche Rolle spielt.

Die kleinsten elektronischen Mikroroboter mit eigenem Antrieb manövrieren in einer Flüssigkeit über einer 1-Cent-Euro-Münze (Grafik: TU Chemnitz)

Die Konstruktion ist mechanisch hochflexibel und ermöglicht die Aufnahme elektronischer Komponenten und steuerbarer Aktuatoren. Für letzteres fertigte das Team eine dünne Schicht aus einem temperaturempfindlichen Polymer und integrierte diese als Aktuator an einem Ende des mikrorobotischen Systems. Durch die justierbare lokale Erhöhung oder Verringerung der Temperatur ist es möglich, den Aktuator zu schließen und zu öffnen, um kleinste Objekte zu greifen und wieder loszulassen.

Elektrische Energie in einem Mikroroboter – Bahnbrechende Grundlagen gelegt

Da der Mikroroboter Energie braucht, aber nicht einfach an der Steckdose geladen werden kann, kommt ein System für die drahtlose Energieübertragung zum Einsatz, das aus einem externen Transmitter und einer in dem Mikrosystem integrierten Empfangsantenne besteht. Die Energie wird per Induktion übertragen; das Prinzip ist mit dem kabellosen Aufladen eines Handys vergleichbar. Es ist das erste Mal, dass die kabellose Übertragung elektrischer Energie in einem derart kleinen Mikroroboter genutzt werden kann.

Mit ihrer bahnbrechenden Arbeit zur Fertigung des kleinsten mikroelektronischen Roboters, der kabellos mit Energie versorgt werden kann, fernsteuerbar und voll manövrierfähig ist sowie über eine Aktorik verfügt, legen die Forscherinnen und Forscher um Prof. Dr. Oliver G. Schmidt eine wesentliche Grundlage für den zukünftigen Einsatz von autonom arbeitenden Mikrorobotern im biomedizinischen Sektor. Da aktuell für den Antrieb unter anderem auch Wasserstoffperoxid notwendig ist, kann das System in dieser Laborkonfiguration noch nicht direkt im menschlichen Körper eingesetzt werden. Eine Weiterentwicklung ist dafür nötig, der sich das Forschungsteam in einem nächsten Schritt widmen wird. Matthias Fejes

Originalpublikation

Oliver G. Schmidt et al.: A flexible microsystem capable of controlled motion and actuation by wireless power transfer; https://www.nature.com/articles/s41928-020-0384-1

➲ **www.tu-chemnitz.de**

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

Profitieren Sie von der erfolgversprechenden Kombination: Die T4M verbindet Fachmesse, Foren, Workshops und Networking. Entdecken Sie neue Technologien, innovative Prozesse und vielfältige Materialien für die Produktion und Fertigung von Medizintechnik.

T4M
Technology for Medical Devices
T4M-expo.de · #T4Mexpo

Materialien für die Zukunft gemeinsam vorantreiben

DFG-Mercator-Fellow Richard D. James von der Universität Minnesota forscht an der Universität Kiel zu Formgedächtnismaterialien

Zur Behandlung von Durchblutungsstörungen des Herzens werden häufig Stents eingesetzt, um die Gefäße offen und damit den Blutstrom aufrecht zu erhalten. Oft bestehen diese ultrafeinen Drahtröhren aus sogenannten Formgedächtnislegierungen: Sie sind in der Lage, sich auch nach einer starken Verformung an ihren Ausgangszustand zu *erinnern* und in ihre ursprüngliche Form zurückzukehren. So kann sich zum Beispiel ein Stent, der über einen kleinen Katheter eingesetzt wird, in der Herzarterie zu seiner eigentlichen Größe entfalten. Diese superelastischen Materialien kommen bereits in vielen medizinischen und technischen Anwendungen zum Einsatz. Eine zentrale Anforderung dafür ist eine ausreichende Lebensdauer.

Keramiken gelten normalerweise als zu zerbrechlich, um als Formgedächtnismaterialien eingesetzt zu werden. Professor Eckhard Quandt von der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) und Professor Richard D. James von der Universität Minnesota sehen allerdings großes Potential in ihrer Widerstandsfähigkeit. Sie erforschen keramische Materialien im Rahmen eines Reinhart-Koselleck-Projekts, mit dem die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) besonders innovative Forschungsprojekte fördert. Um die gemeinsame Arbeit noch zu vertiefen, hat Quandt jetzt zusätzlich ein Mercator-Fellowship der DFG eingeworben. Sie ermöglicht James als international anerkanntem Experten für Formgedächtnismaterialien insgesamt ein Jahr an der CAU zu forschen, um die Entwicklung von neuen Materialien für Anwendungsbereiche wie Medizin, Industrie und Energie voranzutreiben.

Warum Verformungsprozesse umkehrbar sind

Ausgelöst durch Temperaturänderungen können Formgedächtnismaterialien zwischen unterschiedlichen Formen hin- und herwechseln. Dabei durchlaufen sie auf struktureller Ebene verschiedene Phasen. Da die Phasenübergänge umkehrbar sind, können diese Materialien frühere Zustände wieder einnehmen. *Ich will verstehen, wie diese Phasen ohne Verzerrungen passgenau aneinander anschließen können. Dafür versuchen wir herauszufinden, welche physikalischen Prinzipien bei diesen Veränderungen auf atomarer Ebene wirken*, so Richard D. James, Professor für Aerospace Engineering and Mechanics an der Universität Minnesota. *Superkompatibel* nennt er die Eigenschaft der Phasen, wenn sie perfekt zusammenpassen. Er und Eckhard Quandt untersuchen diese Eigenschaften bereits seit einigen Jahren im Zusammenhang mit Formgedächtnismaterialien. Künftig wollen sie noch stärker zusammenarbeiten.

Keramische Materialien könnten auch hohen Temperaturen standhalten

Im aktuellen Projekt wollen die Forscher herausfinden, welche Faktoren die Lebensdauer von Formgedächtnismaterialien beeinflussen und wie sich diese optimieren lassen. *So könnten wir neue Materialien entwickeln, die zusätzliche Anwendungen in der Medizin und der Industrie ermöglichen*, erläutert Quandt, Professor für Anorganische Funktionsmaterialien an der CAU.

Einen besonderen Vorteil hätten Formgedächtnismaterialien aus Keramik, die Quandt im Rahmen des Reinhardt Koselleck-Projekts *Kristallographisch kompatible keramische Formgedächtniswerkstoffe* bereits seit längerem erforscht: Anders als metallische Werkstoffe könnten sie auch bei extremen Bedingungen wie sehr hohen Temperaturen eingesetzt werden, zum Beispiel als Steuerelemente in Verbrennungsmotoren. Bislang ist ihr Verformungsprozess jedoch noch nicht ausreichend reversibel, so dass weitere Forschungsarbeiten notwendig sind.

Ein anderer Fokus der Forschungskooperation liegt auf dem bereits seit langem bekannten Phänomen der sogenannten *Hysterese*: Die Temperatur, bei der ein Material seine Form verändert, kann eine andere sein als die, bei der es in seinen Ursprungszustand zurückkehrt. Ebenfalls bekannt ist, dass sich dieser Temperaturunterschied nahezu beheben lässt, wenn die Veränderungen im Material unter ganz bestimmten, definierten Bedingungen ablaufen. *Wir vermuten, dass dies am besten funktioniert, wenn die komplexen geometrischen Voraussetzungen für superkompatible Phasenübergänge erfüllt sind*, so James. Theorien wie dieser wollen sie im Rahmen des Mercator-Fellowships in den nächsten Monaten nachgehen.

Prof. Richard D. James (r.) wird als Mercator Fellow der DFG ein Jahr lang gemeinsam mit Prof. Eckhard Quandt von der CAU an neuen Formgedächtnismaterialien forschen (© Julia Siekmann, Uni Kiel)

Langjährige Kooperation geht voraus

Eine vielbeachtete Publikation im führenden Wissenschaftsjournal *Science* war der Ausgangspunkt für die enge wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen James und Quandt, in der mittlerweile einige gemeinsame Publikationen entstanden sind – auch zusammen mit dem Kieler Graduiertenkolleg 2154 *Materials for Brain*. In dem Artikel konnte Quandt 2015 zeigen, wie ein neuartiges Dünnschicht-Formgedächtnismaterial aus einer Titan-Nickel-Kupfer-Legierung bis zu zehn Millionen Belastungszyklen schadlos übersteht. Seiner Arbeitsgruppe ist es mithilfe der Infrastruktur des Kieler Nanolabors gelungen, einen Prozess für die Herstellung hochreiner Materialien zu entwickeln, die unter anderem für Formgedächtniswerkstoffe genutzt werden können. An qualitativ hochwertigen Ausgangsmaterialien ohne Risse in der Struktur lassen sich nach Aussage von Quandt Ermüdungserscheinungen durch Belastungen besonders präzise bestimmen. Durch die Möglichkeit, mithilfe von Dünnschichttechnologie solche Materialien von hoher Qualität zu produzieren, ist bereits eine Ausgründung entstanden.

Mit James arbeitet jetzt einer der international führenden Theoretiker auf dem Gebiet der Formgedächtnismaterialien in dem Forschungsprojekt mit.

➲ **www.uni-kiel.de**

Neue Materialien und Sensoren: Uni Kiel doppelt erfolgreich im europäischen Wettbewerb für Technologietransfer

Kieler Professorinnen Martina Gerken und Christine Selhuber-Unkel aus den Nanowissenschaften erhalten je einen EU-Proof-of-Concept-Grant

Sie forschen an der Entwicklung neuer Materialien unter anderem für die Gefäßchirurgie oder an optischen Sensoren, die als mobile Diagnosetechniken aufwendige Blutanalysen im Labor ersetzen könnten: Für ihre Projekte erhalten Professorin Christine Selhuber-Unkel und Professorin Martina Gerken von der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) je einen mit 150 000 Euro dotierten, sogenannten ERC-Proof-of-Concept-Grant. Gleich zwei der insgesamt sieben Förderungen für Projekte aus Deutschland gehen damit an den Forschungsschwerpunkt Nanowissenschaften und Oberflächenforschung nach Kiel. Die Förderung des Europäischen Forschungsrates (European Research Council, ERC) soll Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dabei unterstützen, Ergebnisse auf Pioniergebieten der Forschung in die Anwendung zu bringen und so den Technologietransfer stärken. Voraussetzung ist, dass die Bewerberinnen und Bewerber für ihr Forschungsvorhaben bereits eine *ERC-Grant*-Förderung erhalten haben.

Projekt *VASCUGRAFT*: Neue Materialien ahmen mechanisches Verhalten natürlicher Blutgefäße nach

Herzkreislauferkrankungen gehören zu den häufigsten Todesursachen in Deutschland und der Europäischen Union. Ihre Behandlung ist allerdings mit Risiken und hohen Kosten verbunden. Bei Verengungen wichtiger Blutgefäße, die zu Schlaganfällen oder Infarkten führen können, bleibt oft keine andere Möglichkeit, als Blutgefäße zu transplantieren, zum Beispiel im Rahmen einer Bypass-Operation. Da geeignetes Gewebe, entweder aus dem eigenen Körper oder von Spenderinnen und Spendern, nur begrenzt zur Verfügung steht, werden synthetische Materialien als mögliche Alternativen erforscht. Künstliche, relativ starre Blutgefäße können allerdings zu Komplikationen führen. Ihre mechanischen Eigenschaften unterscheiden sich stark von denen natürlicher Körpergefäße. Sie reagieren daher unter anderem anders auf mechanische Belastungen wie den Blutdruck.

In ihrem vorangegangenen ERC-Starting Grant Projekt *CELLINSPIRED* (2013–2018) hat Christine Selhuber-Unkel, Professorin für Biokompatible Nanomaterialien am Institut für Materialwissenschaft, eine Materialstruktur entwickelt, die das mechanische Verhalten von natürlichen Blutgefäßen nachahmt. Mithilfe ihres jetzt bewilligten Proof-of-Concept-Grants *VASCUGRAFT* will sie diese Materialien nun im Hinblick auf Anwendungsmöglichkeiten in der Gefäßchirurgie weiterentwickeln und einen ersten Prototypen erstellen. *Wir hoffen, dass wir so gemeinsam mit Unternehmen oder im Rahmen einer Ausgründung unsere Erkenntnisse auf den nationalen und internationalen Markt bringen können,* so Selhuber-Unkel.

Christine Selhuber-Unkel, Professorin für Biokompatible Nanomaterialien (© privat)

Projekt *BEAMOLED*: Nanostrukturierte OLEDs für Biosensoren

Für technologische Herausforderungen wie die Vernetzung von verschiedenen elektronischen Systemen unter den Schlagwörtern Internet der Dinge und Industrie 4.0 oder für mobile Labordiagnostiken müssen physische, chemische und biomedizinische Daten in Echtzeit erfasst und verarbeitet werden. Dafür braucht es effiziente und wartungsarme Sensoren. Durch den vielfältigen Einsatz von optischen Messtechniken verbreiten sich optische Mini-Sensoren immer mehr. Leuchtdioden (kurz LEDs), die auf organischen Halbleitermaterialien basieren, lassen sich für jede sichtbare Wellenlänge maßschneidern. Zurzeit werden außerdem kostengünstige Herstellungsprozesse basierend auf sogenannten Rolle-zu-Rolle-Verfahren entwickelt, mit denen sich flexible Materialien großflächig beschichten lassen. Damit wäre ein Einsatz organischer Leuchtdioden (OLEDs) auch in Sensoren möglich. In mobilen Laboren im Chipformat könnten sie zum Beispiel als Lichtquellen eingesetzt werden.

Martina Gerken, Professorin für Integrierte Systeme und Photonik (© privat)

In ihrem vorangegangenen ERC-Starting-Grant-Projekt *PhotoSmart* (2012-2018) hat Martina Gerken, CAU-Professorin für Integrierte Systeme und Photonik, bereits intelligente Oberflächen für Biosensoren entwickelt: Sie besitzen verschiedene lichtempfindliche Eigenschaften, die sich mit Licht aus OLEDs schalten lassen. Im darauf aufbauenden Proof-of-Concept-Projekt *BEAMOLED* will sie OLEDs auf einer fluoreszierenden Schicht aufbringen, die sich auf Nanoebene gezielt strukturieren lässt. Auf diese Weise lassen sich die Leuchteigenschaften der OLEDs für verschiedene Anwendungen optimal festlegen. *Wir wollen unseren Ansatz mit Blick auf die Anwendung in Sensoren weiter testen, Marktbedarfe ermitteln und die Patentsituation prüfen. Unser Ziel ist eine Ausgründung*, fasst Gerken die Pläne für ihr neues Projekt zusammen.

➲ **www.uni-kiel.de**

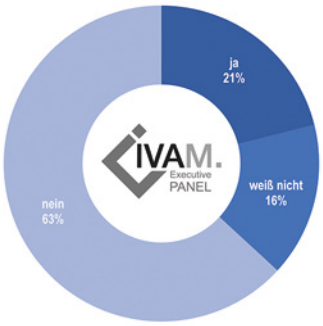
Mikrotechnikbranche erwartet keinen langfristigen Schaden durch Covid-19 – Gesamtwirtschaft aber stark betroffen

Vertreter der Mikrotechnikbranche gehen zum jetzigen Zeitpunkt nicht davon aus, dass die Branche langfristig unter den Folgen der Corona-Pandemie leiden wird. 63 Prozent erwarten derzeit keine langfristigen Effekte, welche die Branche über mehrere Monate oder gar Jahre hinaus nachhaltig beeinträchtigen werden. Dies ergab eine Blitzumfrage, die der IVAM Fachverband für Mikrotechnik am 19. März 2020 unter den in Deutschland ansässigen Mitgliedern durchgeführt hat.

Schaden durch Corona bei Mikrotechnikzulieferern stark abhängig von der Anwenderbranche

Da ein hoher Anteil der Mikrotechnikunternehmen als Zulieferer abhängig vom Geschäft der Inverkehrbringer ist, dürfte es aber, je nach Anwenderbranche, zu Geschäftseinbrüchen kommen. So sind zum Beispiel Zulieferer der Automobilbranche stärker beeinträchtigt, als Zulieferer der Medizintechnik. Spezialisierte Mikrotechnikzulieferer oder Erstausrüster könnte dies in Bedrängnis bringen, da ihnen die Möglichkeit zum Gegensteuern fehlt. In der Medizintechnik und der Gesundheitswirtschaft dürften sich durch die Corona-Pandemie sogar Chancen für neue Anwendungen von Mikrotechnologien ergeben. Davon geht eine deutliche Mehrheit von 90 Prozent der befragten Industrievertreter und Forscher aus.

Neben miniaturisierten und mobilen Systemen für eine schnelle Diagnostik würden in kritischen Situationen wie der derzeit herrschenden Pandemie beispielsweise Sensorik für Beatmungsgeräte oder medizinische Messtechnik benötigt. Für solche Anwendungen stehen zum Teil bereits einsatzfähige Komponenten und Systeme zur Verfügung.



Mikrotechnikbranche erwartet keinen langfristigen Schaden durch Covid-19 (Bild: IVAM)

Damit Chancen für Unternehmen in der Medizintechnik auch ausgeschöpft werden können, sei ein Umdenken in Bezug auf globale Lieferketten nötig, so die Branchenvertreter. Neben den Marktchancen beschäftigen die Mikrotechnikexperten auch die Folgen für das Gesundheitssystem. So macht die Pandemie die Notwendigkeit deutlich, den Ausbau der Telemedizin zu beschleunigen. Man hofft außerdem, dass die Politik die Notwendigkeit erkennt und nutzt, das Gesundheitssystem zu stärken.

Weltwirtschaft durch Covid-19 stärker beeinträchtigt als durch Finanzkrise

Obwohl die befragten IVAM-Mitglieder von relativ milden Auswirkungen der Corona-Krise auf die eigene Branche ausgehen, glauben sie, dass die Auswirkungen auf die Weltwirtschaft gravierender sein werden, als die der Wirtschaftskrise 2008/2009. Dies erwarten 68 Prozent der Befragten. Dies sei wahrscheinlich, da nicht vorrangig der Finanzsektor, sondern die gesamte Realwirtschaft betroffen sei. Eine Verschärfung der Schutzmaßnahmen, insbesondere eine komplette Ausgangssperre, werde die Auswirkungen mittelfristig noch verschärfen.

Ob die Hilfsangebote des Bundes und der Länder zur Unterstützung der Wirtschaftsbetriebe ausreichend sind, wird sich erst später herausstellen. 63 Prozent der Befragten sind unsicher, ob die bisher angekündigten Maßnahmen ausreichen, um einen massiven wirtschaftlichen Schaden durch die Corona-Pandemie abzuwenden. Dies sei zum derzeitigen Zeitpunkt sehr schlecht einzuschätzen und abhängig vom noch unabsehbaren Umfang der Schäden und der Dauer der Einschränkungen. Auch werden unterschiedliche Branchen unterschiedlich stark betroffen sein, was eine bedarfsgerechte Verteilung von finanziellen Hilfen erschwert. Die Herausforderung der Politik ist es nach Meinung eines Befragten, die Hilfen an die richtigen Unternehmen zu verteilen. Es sei zu erwarten, dass auch solche Unternehmen Hilfen erhalten, die bereits vor Corona angeschlagen waren.

Schutzmaßnahmen gegen die Ausbreitung von Covid-19 sind angemessen

Die Maßnahmen der Bundesregierung gegen die Ausbreitung von Covid-19 sind angemessen und werden dem Schutzbedürfnis der Bevölkerung und den Interessen der Wirtschaft gleichermaßen gerecht. Dieser Annahme stimmen 58 Prozent der befragten Vertreter der Mikrotechnik-Branche zu. Ein knappes Drittel (32 %) ist sich diesbezüglich nicht sicher. Wirken könnten diese Maßnahmen nur, wenn sich die Bevölkerung auch konsequent daran halte. Ein fehlendes Bewusstsein in Teilen der Gesellschaft werde wahrscheinlich dazu führen, dass noch härtere Maßnahmen folgen werden. Einige Befragte wünschen sich ohnehin eine schnellere und konsequentere Umsetzung von Schutzmaßnahmen.

Das IVAM Executive Panel ist das Stimmungsbarometer für die Mikrotechnikbranche. Experten und aus Wirtschaft und Wissenschaft äußern sich zu einem aktuellen Thema aus den Bereichen Wirtschaft, Politik oder Gesellschaft. Dafür werden Blitzbefragungen unter ausgewählten Führungskräften in überwiegend kleinen und mittleren Unternehmen und führenden Wissenschaftlern in Deutschland und einigen Nachbarländern durchgeführt. An der Befragung zur Corona-Pandemie und ihren Auswirkungen am 19. März 2020 nahmen 19 Vertreter der Mikrotechnikbranche teil. Mona Okroy-Hellweg

➲ www.ivam.de

Internationale Forschungskooperation für industrielle Galvanotechnik

In nationalen oder internationalen Lieferketten spielt Galvanotechnik eine wesentliche Rolle. Diese weltweite Präsenz findet leider keine Entsprechung in der Forschung und Entwicklung. Es gibt international kaum Einrichtungen mit Fokus auf galvanotechnische Forschung. Umso wichtiger sind Aufbau und Vertiefung langfristig angelegter Kooperationen mit den wenigen relevanten Forschungseinrichtungen außerhalb Deutschlands. Deshalb arbeitet das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA mit dem Metallurgy and Materials Science Research Institute (MMRI) der Chulalongkorn Universität in Bangkok zusammen.

Galvanisierte Oberflächen werden überall eingesetzt: Im Automobil werden Halterungen verzinkt, Lager verchromt oder buntmetallbeschichtet, Kolbenringe verchromt, Lenkgehäuse anodisiert sowie Zierleisten und Bedienelemente verkupfert, vernickelt und anschließend verchromt. Im Maschinenbau werden Lager, Wellen und Walzen, Werkzeuge und Halterungen mit funktionalen galvanischen Schichten wie Nickel, Chrom oder Zink beschichtet. Leiterbahnen der Mikroelektronik werden galvanisch mit Kupfer erzeugt, Lötdepots aus Zinn hergestellt oder Komponenten von Festplatten vernickelt. Schmuck wird mit den Methoden der Edelmetallabscheidung veredelt.

Die weite Verbreitung galvanischer Schichten resultiert einerseits aus deren Vielfältigkeit, andererseits aus der Skalierbarkeit der Prozesse und Anlagen. Dies führt dazu, dass galvanische Verfahren mit der Lackiertechnik zusammen etwa 75 Prozent des industriellen Markts der Oberflächentechnik abdecken. Ein gemeinsames Kennzeichen fast aller zur Galvanotechnik gehörenden Prozesse ist dabei der intensive Einsatz von elektrischer Energie zur Erzeugung der jeweiligen Schicht. Trotz der grundsätzlich gegebenen Effizienz der galvanotechnischen Verfahren durch die überwiegend nur geringen Schichtdicken stellt die Minimierung des Energieeinsatzes deshalb eine bedeutende Stellschraube dar, sowohl zur Einsparung von Kosten als auch zur Verbesserung der CO_2-Bilanz.

Im Projekt *Energieeffizienz elektrochemischer Beschichtungsprozesse und -anlagen* (ECO-PLATE) arbeiten das Fraunhofer IPA in Stuttgart und das MMRI in Bangkok gemeinsam an Ideen zur effizienteren Gestaltung von Prozessen zur galvanotechnischen Metallabscheidung. Die Bandbreite der bisherigen gemeinsamen Aktivitäten reicht dabei von der Durchführung von Workshops zur konkreten Bedarfsanalyse über die Abstimmung von Arbeitsweisen zur Sicherung der Qualität der Forschungsergebnisse bis hin zur Erarbeitung von gemeinsamen Projektanträgen zur Fortführung der Forschungsansätze in größerem Rahmen. Die Erarbeitung von Fallstudien und Trainingsprogrammen erfolgte mit separater Förderung durch die thailändische Seite.

Fallstudie zur Steigerung der Energieeffizienz in einem thailändischen Industrieunternehmen (Quelle: Fraunhofer IPA)

Neben der Tatsache, das am MMRI mit Yuttanant Boonyongmaneerat einer der wenigen ausgewiesenen Universitätsprofessoren auf dem Gebiet der elektrochemischen Beschichtungsverfahren als Partner gewonnen werden konnte, stellt Thailand an sich ein wichtiges Land für Kooperationen in der galvanotechnischen Forschung dar. Mit sicher weit über 1000 Galvaniklinien ist das südostasiatische Land ein bedeutender Standort der Galvanotechnik. Als Mitglied in der Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) befindet sich Thailand in einem Markt mit immerhin etwa 600 Millionen Einwohnern, die von ihrem Entwicklungsstand her eine stetige Zunahme des BIP erwarten lassen – mit entsprechenden Bedarfen und Möglichkeiten.

➲ www.ecoplate.fraunhofer.de/

Fraunhofer IPA

Wir produzieren Zukunft

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

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

Ansprechpartner
Dr.-Ing. Martin Metzner
Abteilungsleiter Galvanotechnik,
Fraunhofer IPA, Stuttgart
➲ www.ipa.fraunhofer.de/galvanotechnik

Herstellung von flexiblen und mechanisch stabilen porösen Aluminiumoxidschichten mittels anodischer Oxidation

Von Joanna Komorowska, Sandra Meinhard, Anne Wengel, Christoph Kiesl, Oliver Kesten und Timo Sörgel, Hochschule Aalen, Forschungsinstitut für Innovative Oberflächen FINO, Aalen

Zum online-Artikel

Keramische Membranen aus anodisiertem Aluminiumoxid haben ein sehr breites Einsatzgebiet, da sie neben der Härte, die alle Keramiken kennzeichnet, viele weitere Vorteile mit sich bringen. Die Morphologie der nanoporösen Aluminiumoxidschichten kann relativ einfach durch das Anodisierverfahren gezielt eingestellt werden. Dieses ermöglicht die Herstellung von Membranen mit definierten Porengrößen und Dicken. Darüber hinaus lassen sich die Membranen chemisch modifizieren. Sie können daher neben einer definiert geometrischen auch eine definierte chemische Wechselwirkung eingehen. Ein großer Nachteil liegt jedoch in der Sprödigkeit und der fehlenden Flexibilität der Membran. Die Flexibilität ist jedoch notwendig, um die Membranen später als Separatoren in Batteriezellen einsetzen zu können. Dieser Beitrag stellt das Vorgehen zur Entwicklung einer keramischen, nanostrukturierten Aluminiumoxidmembran über den Prozess der anodischen Oxidation vor. Dabei ist es gelungen, eine vergleichsweise hohe mechanische Stabilität, Flexibilität und Bruchbeständigkeit zu erreichen.

Ceramic membranes of anodised alumina offer a wide range of applications due to their advantageous properties. Typical for all ceramic materials is their hardness. The morphology of nanoporous alumina can be also easily adjusted by customising of the anodising process. This allows the membranes to be produced with defined pore size and layer thickness. The alumina layers can easily be chemically modified, and therefore they interact both in a geometrical and chemical manner. Yet, alumina membranes generally are brittle and not flexible. For later use as a separator for battery cells, it is necessary to improve their mechanical flexibility. This work presents the approach towards the development of a ceramic, nanoporous membrane of aluminium oxide via an anodising process. It was possible to achieve a comparably high mechanical stability, flexibility and fracture resistance.

1 Einleitung

Auf der Oberfläche von reinem Aluminium bildet sich bekanntermaßen sofort nach Exposition an Luft oder Wasser eine natürliche Oxidschicht. Sie erreicht nach einem Tag bei Raumtemperatur eine Dicke von 2 nm bis 3 nm [1] und kann anschließend unter diesen Bedingungen auf Werte von 5 nm bis 10 nm [2] anwachsen. Diese dünne, dichte Schicht wirkt als Schutzbarriere für das Grundmaterial gegenüber schädlichen Einflüssen von außen. Die Wirkung ist allerdings aufgrund der geringen Oxidschichtstärke begrenzt.

Diese dünne, natürliche Oxidschicht kann künstlich durch den Prozess des Anodisierens verstärkt werden. Je nach Betriebsbedingungen können Oxidschichten erzeugt werden, die bis zu 200 000-fach dicker als die natürliche Oxidschicht sind [3]. So modifizierte Aluminiumbauteile sind für ein breites Anwendungsspektrum geeignet. Dabei spielen sowohl funktionale Eigenschaften wie Korrosions- und Verschleißschutz als auch dekorative Aspekte eine Rolle, welche auf der Möglichkeit basieren, Farbstoffe in die Porenstruktur der Schicht einzulagern [4, 5].

Darüber hinaus ist es möglich, aus den anodisierten Aluminiumoxidschichten (AAO-Schichten) keramische Membranen herzustellen. Diese können sowohl in der Biomedizin, beispielweise für das Immobilisieren von Enzymen [6] und als Drug-Delivery-Kapseln [7], oder auch in der Energiebranche, zum Beispiel in der Solarzellen- [8] oder der Batterietechnologie [9, 10], eingesetzt werden. Des Weiteren stehen sie im Fokus der Nanowissenschaftler, da sie eine relativ günstige und einfache Alternative zur Herstellung von Nanomaterialien [11–13] durch den Prozess der Selbstorganisation darstellen.

Am Forschungsinstitut für Innovative Oberflächen FINO wurden im Rahmen des vom BMWi geförderten Projekts *Entwicklung einer Li/S-Zelle mit 3D-Zellkomponenten* Aluminiumoxid-Membranen entwickelt. Ziel war es, diese als Separatoren in neuartigen Lithium/Schwefel-Batteriezellen (Li/S-Batteriezellen) in Kombination mit schaumbasierten Kathoden [14] und Anoden [15] einzusetzen.

Es ist notwendig, einen mechanisch stabilen und gleichzeitig einen mit einer gewissen Flexibilität ausgestatteten Separator zu verwenden, der dem unregelmäßigen Druck der dreidimensionalen Elektroden widerstehen kann. Des Weiteren muss der Separator die Standardanforderungen, wie beispielweise eine gute Benetzbarkeit mit dem Batterieelektrolyten sowie eine hohe Ionenleitfähigkeit, erfüllen, wobei das Separatormaterial selbst elektrisch isolierend sein muss. Die im Rahmen dieser Arbeit hergestellten Aluminiumoxidschicht-Membranen erfüllen all diese Anforderungen und lassen sich darüber hinaus noch chemisch oberflächenmodifizieren, wodurch ein speziell für Li/S-Zellen wichtiger Rückhalt von Polysulfiden ermöglicht werden soll.

2 Grundlagen des Anodisierens

Das Anodisieren wird in breitem Umfang mit Aluminium durchgeführt; es ist jedoch auch möglich, den Prozess bei anderen Leichtmetallen, wie Titan oder Magnesium, einzusetzen [5]. Dieses Verfahren, auch anodische Oxidation genannt, findet an der Anode einer elektrochemischen Zelle statt. Dort wird das Aluminium durch den Entzug von Elektronen unter Bildung von Aluminiumoxid oxidiert [16]. Die zugrunde liegende Reaktion lautet:

$$2Al + 9H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 6H_3O^+ + 6e^- \qquad [17]$$

An der Kathode werden dagegen formal die an der Anode entstehenden Oxoniumionen zu Wasserstoff reduziert:

$$6H_3O^+ + 6e^- \rightarrow 3H_2\uparrow + 6H_2O \qquad [17]$$

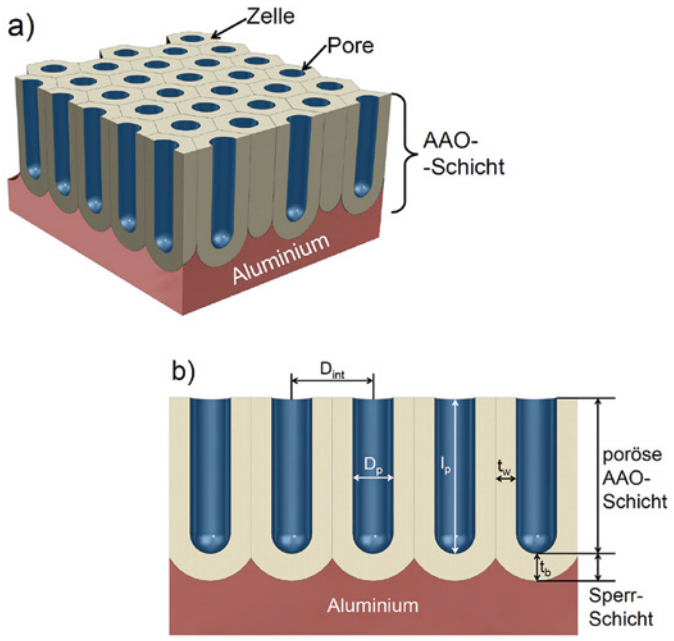


Abb. 1: Schematische Darstellung des porösen anodisierten Aluminiumoxids auf einem Aluminiumsubstrat mit einer hexagonalen, bienenwabenähnlichen Zelle (a) und einer runden Pore (a) als Querschnitt mit markiertem Aluminiumsubstrat, dielektrischer Sperrschicht sowie poröser Aluminiumoxidschicht (b); t_b - Dicke der Sperrschicht, t_w - Dicke der Wand der Pore, l_p - Porenlänge, D_p - Durchmesser der Pore, D_{int} - Abstand zwischen den Poren

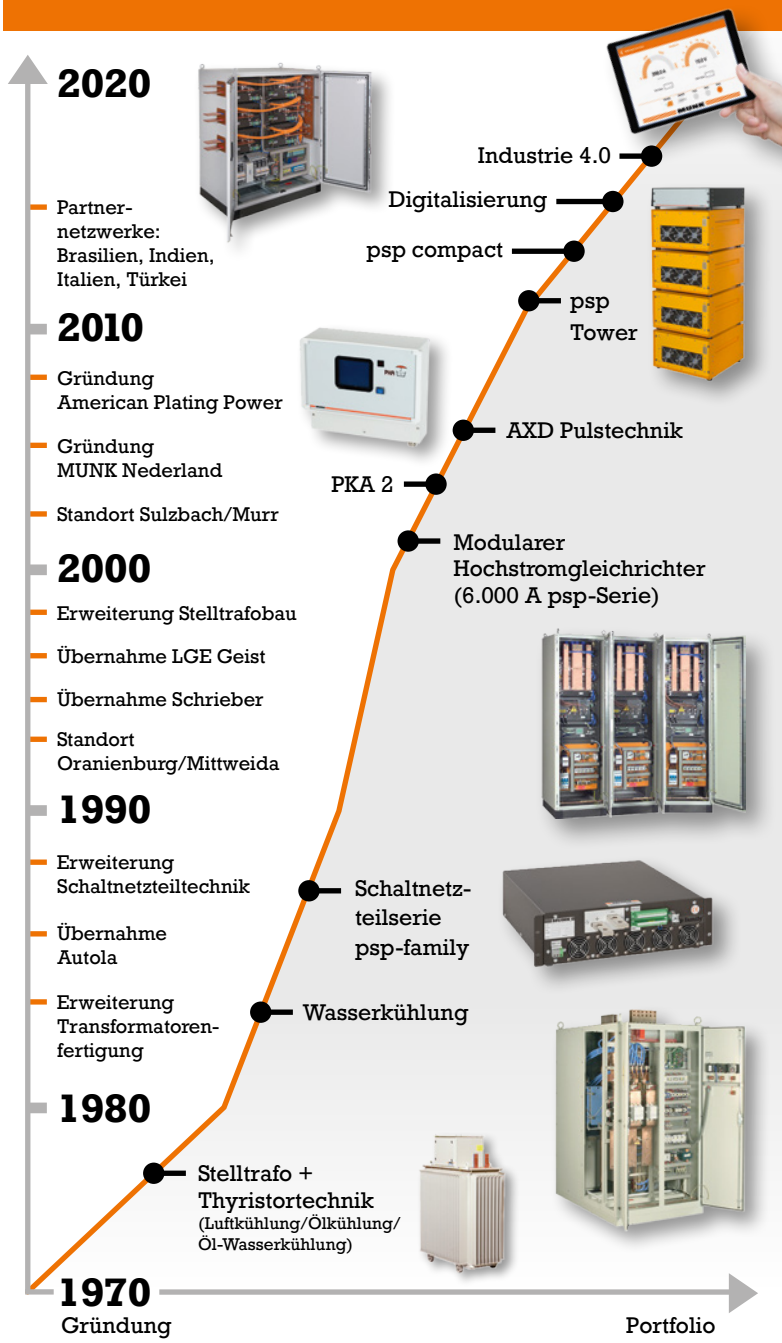
Es handelt sich um eine elektrochemische Konversionsschicht mit der vereinfachten chemischen Formel Al_2O_3, wobei ein Schichtbestandteil aus dem Grundmaterial (Aluminium) und der andere Schichtbestandteil (Sauerstoff) aus dem Elektrolyten stammt. Die Schicht wächst dadurch zum Teil in das Bauteil hinein, gleichzeitig durch Einlagerung von Elektroytbestandteilen auch aus dem Bauteil heraus. Insgesamt kommt es so zu einer sehr guten Anhaftung auf dem Grundmaterial [4, 13].

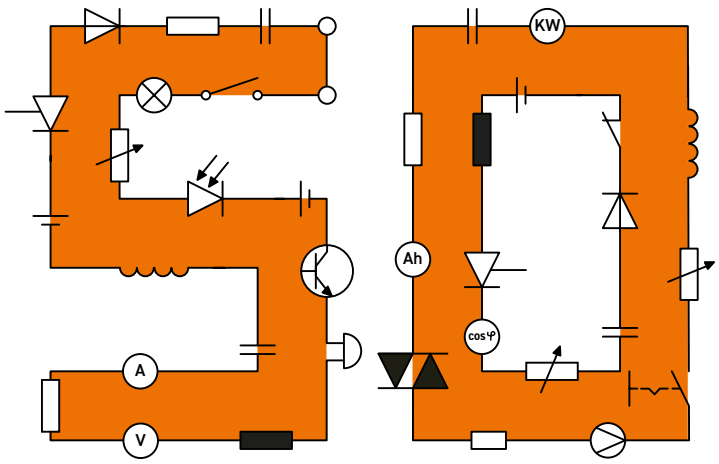
Es ist möglich, sowohl kompakte, dielektrische als auch poröse Schichten herzustellen, wobei in dieser Arbeit nur poröse behandelt werden. Der Aufbau einer solchen Aluminiumoxidschicht aus zwei Teilschichten ist in *Abbildung 1* dargestellt. Die untere Schicht, die im Kontakt mit dem Substrat – Aluminium – steht, ist dünn, dielektrisch und wird als Sperrschicht bezeichnet. Die obere, dickere, poröse Deckschicht besteht, idealisiert betrachtet, aus parallelen Nanoporen, eingebettet in hexagonale, bienenwabenähnliche Zellen. Die jeweiligen Schichtdicken und die Porenstruktur sowie die mechanischen Eigenschaften des anodisierten Aluminiumoxids hängen sowohl von der Zusammensetzung des Elektrolyten als auch von den Verfahrensbedingungen ab [3, 18].

Wie beschrieben, ist es möglich, aus substratgebundenen Aluminiumoxidschichten freistehende keramische Membranen herzustellen. Für diesen Zweck werden in der Regel poröse Schichten genutzt. Dabei wird nach dem Anodisiervorgang das verbliebene Aluminiumsubstrat durch chemische Auflösung entfernt. Als weiterer Schritt wird die Sperrschicht aufgelöst, wodurch die Poren geöffnet werden. Die erhaltenen freistehenden Membranen aus Aluminiumoxid sind relativ hart, dabei oft auch sehr spröde und nicht flexibel. Vorteilhaft ist die Möglichkeit des Einstellens der Membranparameter durch Anpassung des Anodisierverfahrens. In nachfolgenden Schritten können die

Gleichrichtergeräte
für die Oberflächentechnik

Unser Portfolio ≙ Ihr Nutzen!





Internationale Fachmesse
für Oberflächentechnik
NEUER TERMIN!
27. – 29. Oktober 2020
Surface Technology GERMANY

MUNK
WE HAVE THE POWER!
Gewerbepark 8 + 10 ■ 59069 Hamm/Germany

Membranen relativ einfach chemisch funktionalisiert werden. Auf der Membranoberfläche befinden sich Hydroxylgruppen, die sich leicht modifizieren und damit mit gewünschten Eigenschaften ausstatten lassen [19].
Die Reinheit sowie die Vorbehandlung des Substrats spielen für die Morphologie und die Eigenschaften der Schicht eine beträchtliche Rolle. Da die Aluminiumoxidschicht teilweise aus dem Grundmaterial gebildet wird und Legierungsbestandteile beziehungsweise Verunreinigungen in der Regel im Anodisierprozess nicht mit umgesetzt werden, gehen diese in die Anodisierschicht über. Hierbei entstehen häufig auch Schichtfehler, zum Beispiel in Form einer gestörten Porenanordnung. Durch eine geeignete Vorbehandlung können Oberflächendefekte, die zum Beispiel durch das Walzen oder die Lagerung des Aluminiums entstanden sind, beseitigt werden. Hierfür können neben mechanischen auch chemische und elektrochemische Methoden eingesetzt werden.
Ein weiterer wichtiger Faktor für die Membranparameter ist die Wahl des Elektrolyten. Die am häufigsten eingesetzten Elektrolyte für die Herstellung von porösen Schichten sind Lösungen auf Basis von Schwefel-, Oxal-, Phosphor- oder Chromsäure [13]. Wichtige Prozessparameter sind die Umwälzung des Elektrolyten während des Prozesses, das gewählte Stromprogramm (Gleich- oder Pulsstrom), angelegter Strom beziehungsweise angelegte Spannung sowie Prozessdauer und -temperatur. Durch die Nachbehandlung zur Porenerweiterung beziehungsweise die Nachbehandlung zum Entfernen des restlichen Aluminiums und der Sperrschicht bei der Herstellung von Membranen können die Morphologie sowie die Eigenschaften des Aluminiumoxids ebenfalls signifikant verändern werden.
Im Fall eines potentiostatisch kontrollierten Prozesses steigen die Porendurchmesser mit der Erhöhung des Potentials und der Elektrolytkonzentration an. Die Verlängerung der Anodisations- sowie erweiterten Auslagerungszeit als auch die Erniedrigung des pH-Werts des Elektrolyten haben denselben Effekt [13].

3 Experimentelles

Für die Herstellung der Membranen aus einer anodisch erzeugten Aluminiumoxidschicht wird eine speziell für diesen Zweck entwickelte Anodisierzelle (*Abb. 2a*) sowie ein temperierbares Doppelwandglasgefäß (*Abb. 2b*) eingesetzt.
Alle Versuche werden in wässrigen Oxalsäureelektrolyten mit der Konzentration von 0,4 mol/L beziehungsweise 1 mol/L ohne weitere Zusätze durchgeführt. Das Anodisieren erfolgt primär unter galvanostatischen Bedingungen mit einer angewandten Stromdichte zwischen 1,0 mA/cm² und 36,0 mA/cm². Unter potentiostatischen Bedingungen wird der Spannungsbereich zwischen 40 V und 70 V untersucht. Die Anodisierdauer (15 min bis 7 h) sowie die Prozesstemperatur (0 °C bis 40 °C) werden variiert. Als Substrat wird eine Aluminiumfolie mit einer Reinheit von 99,5 % (EN AW-1050A nach DIN 573-3, Alu-Jet) eingesetzt. Zusätzlich wird der Einfluss der Vorbehandlung des Substrats auf die entstandenen Schichten untersucht. Für die Vorbehandlung werden unterschiedliche Methoden eingesetzt: mechanisches Glätten, Reinigung in Aceton und Isopropanol, Beizen, Elektropolieren (Lösung aus 60 % Perchlorsäure und Ethanol 1:4 (vol/vol), ϑ = 5 °C bis 10 °C, U = 15 V, t = 3 min) und Glühen (ϑ = 400 °C, t = 4 h, unter Argon-Schutzatmosphäre).
Nach dem Anodisieren wird das Restaluminium durch Eintauchen in konzentrierte Salzsäure aufgelöst. Das Porenöffnen zum Entfernen der Sperrschicht erfolgt durch Behandlung mit Phosphorsäure (8 Gew.% bis 23 Gew.%) für 30 min bis 180 min.
Für die Charakterisierung der Membran wird primär mit einem Rasterelektronenmikroskop (Modell Gemini 1525, Carl Zeiss, Oberkochen) gearbeitet. Die Proben werden nicht besputtert, die Beschleunigungsspannung liegt in der Regel bei 1 kV.

4 Ergebnisse und Diskussion

Um eine ausreichende mechanische Stabilität mit einer gewissen Flexibilität zu verbinden, wird eine Membrandicke von 60 µm bis 100 µm angestrebt. Aus diesem Grund werden Aluminiumfolien mit einer Stärke von 100 µm als Ausgangsmaterial eingesetzt. Wird das Substrat in die Elektrolytlösung getaucht und anodisiert, wächst die Oxidschicht von beiden Folienseiten, wodurch die Porenbildung mit durchgängigen Kanälen erschwert ist. Wird nur einseitig anodisiert, kann die Nachbehandlung wie oben beschrieben durch Auflösung des Restaluminiums und Öffnen der Sperrschicht vereinfacht durchgeführt werden. Um zu garantieren, dass die Folie nur einseitig mit Elektrolyt in Kontakt kommt, ist die Verwendung eines speziellen Versuchsaufbaus erforderlich (*Abb. 2a*). Das Foliensubstrat liegt zu diesem Zweck auf einer Kupferkühlplatte mit einer Aluminiumschutzplatte als Zwischenschicht. Die Kontaktierung der Anode erfolgt über die Kupferplatte. In der Zelle ist es möglich, Folien mit einem Durchmesser von etwa 140 mm großflächig zu anodisieren (Gesamtdurchmesser des Substrates: 160 mm). *Abbildung 3* zeigt ein im Rahmen der Untersuchungen anodisiertes Aluminiumsubstrat.

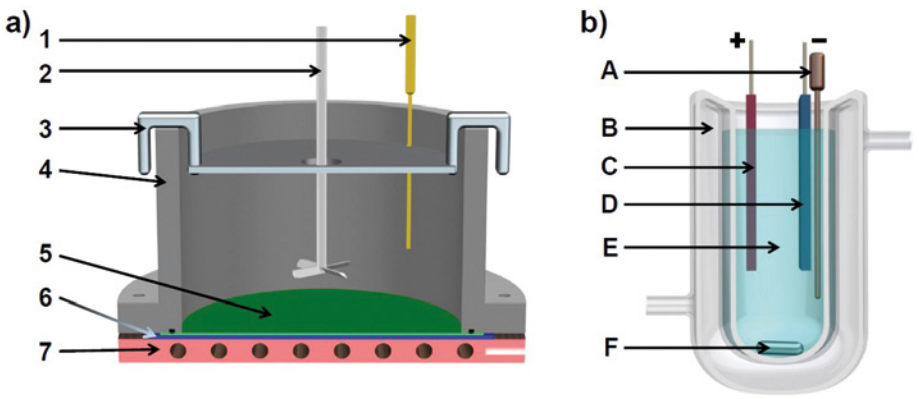


Abb. 2: Schema der Anodisierzelle (a) mit Temperaturfühler (1), Welle mit Propeller (2), Kathode mit Kontaktierung (3), PVC-Halterung (4), Aluminiumsubstrat (grün; 5), Schutzplatte aus Aluminium (blau; 6) und Kupfer-Grundplatte mit Kühlwendel und Kontaktierung der Anode (7); Teilbild b zeigt das temperierbare Doppelwand-Glasgefäß mit Temperaturfühler (A), Doppelwandglasgefäß mit Kühlmittel (B), Anode (C), Kathode (D), Elektrolyt (E) und Magnetrührstäbchen (F)

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren werden die erzielten Strukturen mit den geprüften Anodisierverfahren dargestellt und die Wege zur Herstellung von Membranen aus Aluminiumoxid aufgezeigt und bewertet.
Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5 Seiten mit 8 Abbildungen und 22 Literaturhinweisen.

Kompositgalvanoformung – Von der Idee zur Pilotanlage

Von A. K. Jäger, S. Meinhard, O. Kesten, I. Hägele und T. Sörgel, Hochschule Aalen, Forschungsinstitut für Innovative Oberflächen FINO

E-Autos, E-Roller, E-Bikes. Im Zuge der Ressourceneinsparung im Bereich der fossilen Brennstoffe treten Akkumulatoren in den Fokus als Grundlage unserer Fortbewegung. Heute sind im Bereich der Elektromobilität Lithium-Ionen-Batterien Stand der Technik. Seit dem letzten Jahrzehnt wird intensiv an Lithium/Schwefel-Batterien geforscht, einer aufgrund ihrer hohen spezifischen Energie vielversprechenden neuen Technologie. Dabei wurden zunächst die Prozesse der Elektrodenproduktion weitgehend von den Lithium-Ionen-Batterien auf die Lithium/Schwefel-Systeme übertragen. Für die Herstellung der Elektroden werden neben den eigentlichen Energiespeicher- beziehungsweise Aktivmaterialpartikeln verschiedene weitere Hilfsstoffe zusammen mit einem organischen Lösungsmittel (i. d. R. N-Methyl-2-pyrrolidon) zu einer Slurry vermengt und auf eine Trägerfolie, den Stromsammler, aufgetragen. Nach Trocknen und Kalandern (Verdichten) kann die beschichtete Folie zugeschnitten und als Elektrode in einer Batterie verwendet werden.

Bereits 2013 hatte Prof. Dr. Timo Sörgel mit seinem Team die Idee, dass hier die Galvanotechnik einen alternativen Lösungsweg zur Herstellung von innovativen Elektroden bieten könnte. Durch Kombination zweier etablierter Verfahren - der Dispersionsabscheidung und der Galvanoformung – entstand der einstufige Prozess der Kompositgalvanoformung zur Herstellung selbsttragender Metallfolien mit eingelagerten Aktivmaterialpartikeln. Vorteilhaft an den neuen Elektroden ist, dass die Metallmatrix sowohl die mechanische als auch elektrische Anbindung und Kontaktierung der Aktivmaterialpartikel gewährleistet. Auf den Zusatz von Leitadditiven (z. B. Kohlenstoffpartikel) und organischem Binder, wie sie für Elektroden nach dem Stand der Technik verwendet werden, kann verzichtet werden. Die Kompositgalvanoformung eröffnet damit erstmals die Möglichkeit, die mechanische und elektrische Kontaktierung des Aktivmaterials synergetisch zu optimieren und gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Elektroden herzustellen.

Erste Versuche wurden unter Einsatz eines herkömmlichen sauren Kupferelektrolyten mit funktionalisierten Schwefelpartikeln durchgeführt. Die Funktionalisierung ist zum einen notwendig, um die Benetzbarkeit und Dispergierbarkeit der Partikel zu verbessern, zum anderen um Einfluss auf die Struktur der aufwachsenden Schicht nehmen zu können. Für die Galvanoformung ist das erfolgreiche Lösen der entstandenen Folie vom Substrat essenziell. Zunächst hat sich als Material hochlegierter Stahl als geeignet erwiesen, wobei auch die Oberflächentopographie eine entscheidende Rolle spielt. *Abbildung 1* zeigt das Ablösen einer kompositgalvanogeformten Elektrode vom planaren Stahlsubstrat.

Das innovative Verfahren sowie das dadurch hergestellte Folienverbundmaterial wurde von der Hochschule Aalen zum Patent angemeldet [1] und die Ergebnisse wurden in einem hochrangigen Journal [2] veröffentlicht. Seitdem wurde die Methode der Kompositgalvanoformung zur Herstellung von Batterieelektroden in zahlreichen öffentlich geförderten Projekten weiterentwickelt und auf verschiedene Kombinationen aus Matrix- und Aktivmaterial übertragen.

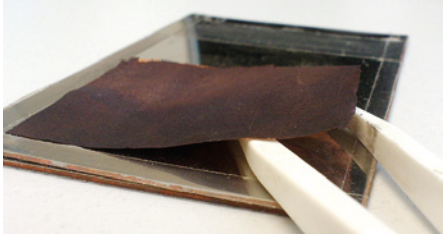
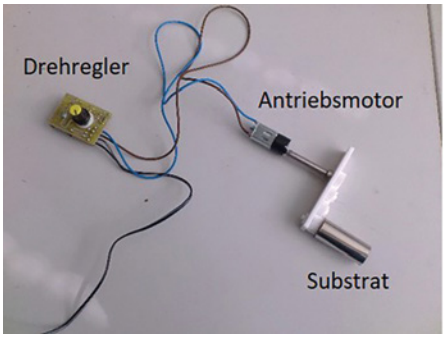


Abb. 1: Kompositgalvanogeformte Elektrodenfolie beim Ablösen vom planaren Stahlsubstrat

Bei der Weiterentwicklung des Konzepts wurde zunächst das planare Stahlsubstrat durch einen Stahlzylinder ersetzt. Für Dispersionsschichten ist bekannt, dass die räumliche Orientierung des Substrats sowie die Wannengeometrie und Konvektion entscheidende Einflussgrößen für das Einlagerungsvolumen der Dispersoide darstellen [3]. Ein sich horizontal drehender Zylinder bietet den Vorteil, dass eine gleichmäßigere Verteilung der Aktivmaterialpartikel in der Schicht erreicht werden kann. Die Rotation des Zylinders wird durch einen Antrieb ermöglicht, der gleichzeitig die elektrische Kontaktierung gewährleistet. Verschiedene Planungs- und Entwicklungsschritte führten zur eigenen Konzeption eines miniaturisierten, rotierenden Warenträgers, mit welchem ausführlich die Evaluation der Einflussgrößen durchgeführt werden konnte (*Abb. 2*). Nach dem Machbarkeitsnachweis mit Kupferelektrolyten zeigte sich schnell, dass sowohl in Bezug auf die Galvanoformung als auch für die spätere Batterieanwendung Nickel als Matrixmetall entscheidende Vorteile bringt. Aktuell wird in allen Projekten der Arbeitsgruppe ein Elektrolyt auf Basis von Nickelsulfamat für die Kompositgalvanoformung eingesetzt.

Als weitere Schritte in der Evolution der Versuchsanordnung folgten die Verwendung eines größeren Zylindersubstrats sowie die Konstruktion und der Bau einer kleinen Pro-



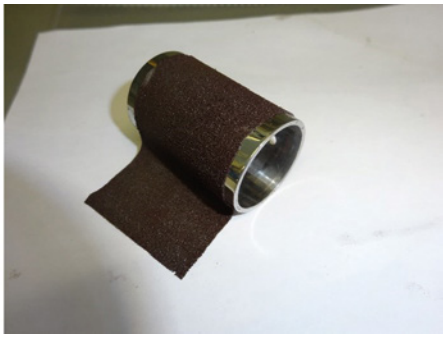


Abb. 2: Weiterentwicklung der Kompositgalvanoformung durch die Nutzung eines Stahlzylinders, welcher mit Hilfe eines eigens konstruierten Warenträgers horizontal gedreht werden kann (links), so dass als Ergebnis eine deutlich homogenere Partikeleinlagerung über die gesamte Fläche erzielt wird; Ablösen der kompositgalvanogeformten Elektrodenfolie vom Stahlzylinder (Durchmesser: 22 mm) (rechts)

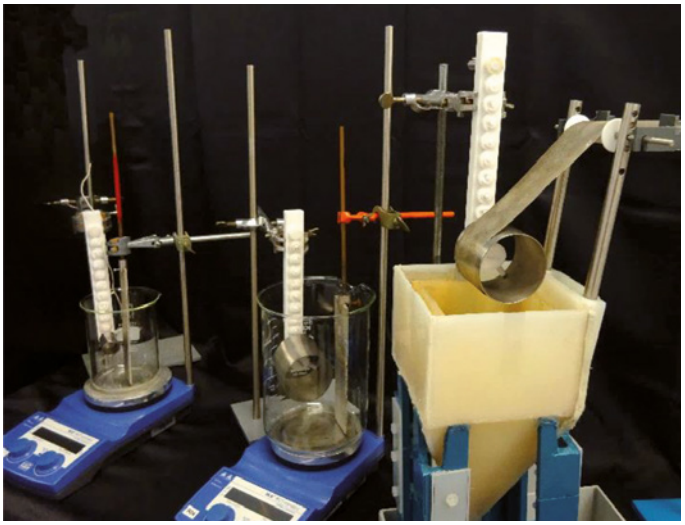


Abb. 3: Evolution der Versuchsanordnungen an der Hochschule Aalen in Form eines Stahlzylinders mit Durchmesser d = 22 mm (links), eines Titanzylinders mit d = 68 mm im Batchbetrieb (Mitte) sowie eines Titanzylinders mit d = 68 mm bei kontinuierlicher Folienherstellung (rechts)

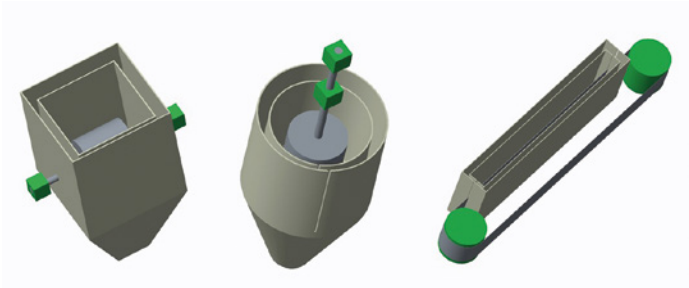


Abb. 4: Verschiedene Konzepte zur Kompositgalvanoformung mit unterschiedlicher Substratorientierung; horizontale Walze (links), vertikale Walze (Mitte) sowie Bandbeschichtung (rechts)

Abb. 5: Die weltweit erste Technikumsanlage zur Kompositgalvanoformung im Galvanotechniklabor der Hochschule Aalen

totypanlage, welche erstmals den Übergang vom Batch-Betrieb hin zu einem kontinuierlichen Verfahren erlaubte (*Abb. 3*). Bei der Auswahl des größeren Zylinders wurde großer Wert daraufgelegt, dass dieser möglichst keine Schweißnaht aufweist. Sehr erfolgreiche Beschichtungsversuche konnten mit Hilfe eines nahtlosen Titanzylinders durchgeführt werden.

Mit dem Bau der Prototypanlage fand zudem eine Evaluation verschiedener Anlagenkonzepte statt. In die Überlegungen wurde neben dem bisherigen Aufbau mit horizontal ausgerichtetem Substratzylinder eine Anlage mit vertikal orientierter Walze sowie eine Bandbeschichtungsanlage mit einbezogen. Ein Überblick zu den verschiedenen Anlagenkonzepten ist in *Abbildung 4* gezeigt.

Das Upscaling der Kompositgalvanoformung erfolgt derzeit im Projekt *GoForE - Galvanoformung von Dispersionsfolien für den Einsatz als neue Elektrodenverbundmaterialien in Lithium-Akkumulatoren*. Im Fokus von GoForE steht der Übertrag des im Labormaßstab erprobten Fertigungsverfahrens auf eine größere, industriellen Produktionsbedingungen angenäherte Pilotanlage, wobei die Entwicklung eines möglichst umwelt- und ressourcenschonenden sowie wirtschaftlichen Verfahrens angestrebt wird. Aufgrund der größten Erfahrungswerte und der damit verbundenen höchsten Erfolgschancen wurde für die Umsetzung der Anlage eine horizontale Ausrichtung der Walze gewählt.

Mit dem Unternehmen ELANIS Ivanka Majdacic konnte ein kompetenter und zuverlässiger Anlagenbauer als Partner engagiert werden. Die Konzipierung und Planung der Anlage erfolgte dabei in enger gemeinsamer Abstimmung und mit Hilfe zahlreicher Projekttreffen. Im Dezember 2019 wurde die erste Technikumsanlage zur kontinuierlichen Kompositgalvanoformung in Betrieb genommen (*Abb. 5*). Für den erfolgreichen Bau war zum einen die langjährige Erfahrung und Weiterentwicklung des Konzepts durch die Arbeitsgruppe sowie zum anderen das umfangreiche Know-how des Anlagenbauers im Bereich der Dispersionsabscheidung ausschlaggebend.

Seit dem feierlichen Produktionsstart [4] konnten bereits rund 100 Meter der innovativen Elektrodenfolie kontinuierlich produziert werden. Als nächster Schritt steht die ausführliche Untersuchung und Variation der Anlagenparameter an. Anschließend werden die neuen Elektroden in Batteriezellen charakterisiert und getestet.

Dank

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF für die Förderung dieser Arbeiten im Rahmen der Projekte OSTSTROM (Förderkennzeichen 03FH013I2) und GoForE (Förderkennzeichen 03VP05120). Besonderer Dank gilt dem Anlagenbauer, ELANIS Ivanka Majdacic, sowie Claudia Erhardt und Michael Schüle für ihre Research-Master-Arbeiten auf diesem Gebiet.

Literatur

[1] T. Sörgel, S. Meinhard, Ş. Sörgel; EP 3 114 721 B1, 2015

[2] C. Erhardt, Ş. Sörgel, S. Meinhard, T. Sörgel; J. Power Sources 2015, 296, 70

[3] T. Sörgel, J. Meyer; WOMag 09 (2013), S. 24–33; https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2013/09/24_w_soergel_dispersion_09j2013/24_w_soergel_dispersion_09j2013.php; DOI: 10.7395/2013/Soergel1

[4] N.N.: Innovative Batterie-Elektroden made in Aalen; WOMag 1-2 (2020), S. 30–31 ; https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2020/01-02/30_kb_hs-aalen_batterie_01-02j2020/30_kb_hs-aalen_batterie_01-02j2020.php

➲ **http://www.hs-aalen.de/fino**

Ebbinghaus Verbund – Ladestation für Elektrofahrzeuge

Wenn es um die Beschichtung von Oberflächen in der Industrie geht, ist der Ebbinghaus Verbund ein zuverlässiger Partner. Auch das Thema Umweltschutz wird bei den Unternehmen des Ebbinghaus Verbunds groß geschrieben. Die einzelnen Standorte nutzen eigenentwickelte Anlagen zur Wasserkreislaufführung, Luftwäscher und thermische Luftreinigung und übertreffen so alle gültigen Forderungen und Auflagen. Nun hat Ebbinghaus am Verwaltungs- und Technologiestandort in Solingen auch seinen Pool an Firmenfahrzeugen zum Teil auf Elektrofahrzeuge umgestellt und eine Ladestation mit entsprechender Infrastruktur auf dem Firmengelände installiert.

An zwei Ladesäulen mit jeweils zwei Ladepunkten können vier Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden. Die Ladesäulen sind mit Ladesteckern Typ 2 und Ladeleistungen von 2 x 22 kW ausgestattet. Die entsprechenden Stromzähler sind geeicht und damit auch für die öffentliche Nutzung zugelassen. In erster Linie werden die Ladesäulen von den Besuchern im Ebbtron sowie von Mitarbeitern und für die unternehmenseigenen Elektrofahrzeuge genutzt. Ebbtron gehört zum Ebbinghaus Verbund und betreibt einen Coworking Space sowie einen Workshop- und Event-Bereich auf dem Unternehmensgelände in Solingen. Auch der Öffentlichkeit stehen die Ladesäulen von morgens 8 Uhr bis abends 20 Uhr zur Verfügung. In entsprechenden Datenbanken sind die Ladesäulen von Ebbinghaus hinterlegt, so dass jederzeit der Zustand der Ladesäule (belegt oder frei) ermittelt werden und ein Ladestopp in der Streckenführung eingeplant werden kann.

Die Ladesäulen und die Ladeinfrastruktur werden von der eliso GmbH (www.eliso.io) betrieben und verwaltet. Um eine unkomplizierte und abrechnungsfähige Nutzung zu ermöglichen, wird die Authentifizierung beziehungsweise Ladefreigabe für externe Nutzer durch Ladekarten und QR-Code (Roaming: öffentliches Laden) abgewickelt.

Seit 1923 steht Ebbinghaus für die hochwertige organische Beschichtung von metallischen Oberflächen in unterschiedlichen Industriebereichen. Unter dem Dach der Ebbinghaus Verbund Management- und Dienstleistungs GmbH mit Sitz in Solingen arbeiten Unternehmen wie zum Beispiel die Ebbinghaus Styria Coating GmbH in Graz und die Oftec Oberflächentechnik GmbH & Co. KG in Hagenbach. Hier werden Teile unter anderem durch Verfahren wie KTL-Beschichtung, Nasslackierung oder PVC-Beschichtung veredelt. Darüber hinaus entwickelt Ebbinghaus Verbund Betreibermodelle für organische Überzüge auch mit Lohnbeschichtungen, Machbarkeitsprüfungen und Marktuntersuchungen sowie Anlagen und Werkplanungen für interne und externe Kunden. Im eigenen Technikum werden die bestehenden Verfahren ständig weiterentwickelt und neue Oberflächenlösungen erforscht.

➲ **www.ebbinghaus-verbund.de**

ELANIS

Elektrotechnik- Anlagenbau – Industrieservice – Kunststoffverarbeitung
Fachbetrieb des WHG §62 gemäß VDE/ BGV A3
Fachbetrieb für Kunststoffschweißen und Kunststofftechnologie nach DVS 2213

ELANIS • Mühlweg 37 • D-72393 Burladingen • Tel.: +49 7475 914279 • E-Mail: elanis@elanis.de • www.elanis-anlagenbau.com

Pilotanlage zur Herstellung von Folien für Batteriekathoden

Von Karsten Eugen Beihl

Die Hochschule Aalen arbeitet an einem neuen Ansatz zur Herstellung von Kathoden für Lithium/Schwefel-Akkumulatoren. Diese Kathoden für die landläufig Batterien genannten Akkumulatoren entstehen im Forschungsinstitut für Innovative Oberflächen (FINO) unter Leitung von Prof. Dr. Timo Sörgel. Eingebunden sind diese Arbeiten in das Projekt GoForE, an dem auch Prof. Dr. Arndt Borgmeier, Hochschule Aalen, beteiligt ist. Das Vorhaben wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Fördermaßnahme VIP+ zur Validierung neuer Verfahren und Ansätze finanziell unterstützt. Basis für diesen neuen Ansatz ist das durch die Hochschule Aalen patentierte Verfahren, galvanotechnisch in einem Arbeitsgang Schwefel auf eine Trägerfolie zu bringen.

Der vorliegende Beitrag hat die Pilotanlage im Fokus, mit der zukünftig industrienah die neuen Batteriekathoden hergestellt werden sollen. Dabei liegt der Fokus auf den Herausforderungen und Möglichkeiten der Pilotanlage. In einem weiteren Beitrag der Hochschule Aalen in der vorliegenden Ausgabe der WOMag wird auf die Historie und bisherige Entwicklung der Kompositgalvanoformung eingegangen.

Die Pilotanlage

Nach der Ausarbeitung und Optimierung der Kompositgalvanoformung im Labormaßstab, zunächst diskontinuierlich und zuletzt auch kontinuierlich, sollte im Rahmen des Projekts GoForE erstmals eine hochskalierte industrienahe Kompositgalvanoformungsanlage aufgebaut werden. Dieser Schritt konnte erfolgreich in enger Zusammenarbeit mit erfahrenen Industrieunternehmen umgesetzt werden. Nach einem langen Vorauswahlverfahren und vielen Gesprächen wurde dieser Schritt schließlich erfolgreich mit dem Unternehmen ELANIS aus Burladingen gegangen.

Bereits innerhalb der Projektierungs- und Konstruktionsphase gab es eine enge Zusammenarbeit mit dem Team der Hochschule. Es handelt sich schließlich um eine Pilotanlage mit Kriterien, die bisher von keiner vergleichbaren Anlage erfüllt werden mussen.

Herzstück der Pilotanlage ist die Beschichtungszelle für die Herstellung der Kompositfolie. Ein mechanisches Vorbild ist die Anlagentechnologie zur Herstellung von reinen Kupferfolien verschiedener Dicke, wie sie beispielsweise für Leiterplatten Anwendung finden und von den Bolta Werken am Standort in Gottmadingen unterhalten werden.

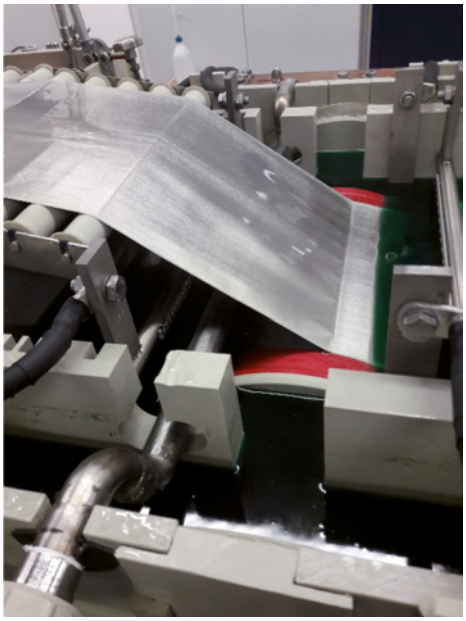
Die Bedingungen zur Herstellung von Kompositfolie für Batterieelektroden lassen sich nur in begrenztem Maße im Becherglas variieren. Dazu zählen die Temperatur des Elektrolyten, die Drehzahl der Trommel, die Elektrolytzusammensetzung oder der Anteil an Schwefelpartikel im Elektrolyten. Eine Pilotanlage sollte hier weitere Stellschrauben bereitstellen, mit denen Einfluss auf die Entstehung der Schicht und deren Eigenschaften genommen werden kann.

Damit war klar, dass mit einem starren Konzept keine weiteren Verbesserungen erzielt werden können. Die neue Pilotanlage verfügt deshalb über variable Einstellmöglichkeiten und bietet damit weitreichende Prüfung der denkbaren Einflussgrößen:

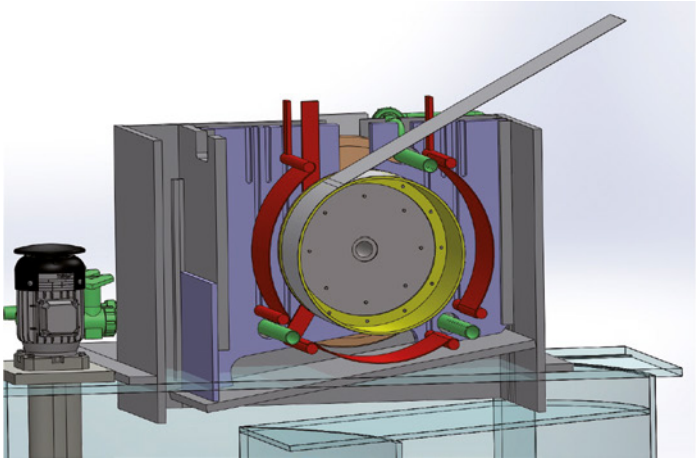
- Die Drehzahl der Trommel ist in einem weiten Bereich regelbar. Letztlich auch, um später die Kapazität der Anlage zu steigern, wenn die optimalen Parameter festliegen
- Einstellbarkeit von unterschiedlichen Strömen am Umfang der Trommel. Dazu wurde eine dreiteilige Anode hergestellt, bei der über drei Einzelgleichrichter die Stromversorgung erfolgen kann
- Der Anstellwinkel der Anoden zur Trommel kann in Stufen eingestellt werden
- Die Trommel kann horizontal zu den Anoden verstellt werden
- Die Relativgeschwindigkeit des Elektrolyten zwischen Trommel und jeweiligem Anodenteil lässt sich in Grenzen variieren
- Der Anströmwinkel der Elektrolytzufuhr ist in jedem Anodenbereich veränderbar
- Der Ablösewinkel der Kompositfolie von der Walze ist variierbar

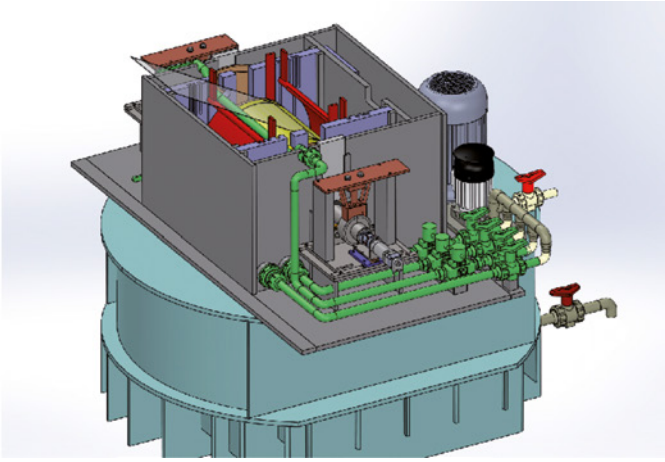
Die Beschichtungszelle befindet sich in einem Vorlagebehälter. Aus diesem wird sie bis zum Überlauf geflutet. Der Vorlagebehälter ist mit einem Rührwerk ausgestattet, um die Schwefelpartikel in Schwebe zu halten. Mittels Pumpe wird der Elektrolyt über verschiedene Zuleitungen dem Beschichtungsbehälter zugeführt. Drei Leitungen münden jeweils vor einer der Anoden, so dass Austrittsmenge und Austrittswinkel der Elektrolytzuführung über die gesamte Trommelbreite variiert werden können. Eine Leitung dient der Reinigung des schrägen Bodens der Beschichtungszelle, um abgesunkene Schwefelpartikel wieder in den Pumpkreislauf zu bringen.

Einen hohen Stellenwert kommt der Reproduzierbarkeit der Pilotanlage zu. Die umfangreiche Datenerfassung und -protokollierung betrifft vor allem Abscheidespannung und -strom, Drehzahl der Trommel, Fördergeschwindigkeit der Folie, Elektrolyttemperaturen, pH-Wert des Elektrolyten oder Volumenströme. Kennwerte, deren automatisch Registrierung zu aufwendig ist, können dem internen Protokoll zugefügt werden. Dazu stehen in der Anlage Markierungen zur Verfügung, die sich protokollieren lassen. Dies erlaubt es, vorteilhafte Einstellungen soweit festzuhalten, dass deren Parameter nachvollziehbar für die Pilotanlage gesichert werden.



Austritt aus der Beschichtungszelle





Beschichtungszelle im Schnitt (links) und im Planungszwischenstand (rechts)

Das Spülen und Trocknen der hergestellten Folie sowie deren Transport durch die Spül- und Trockenstufen waren weitere Herausforderungen. Die sehr dünne, hochempfindliche Folie muss die Prozessschritte durchlaufen, ohne zu reißen oder mechanisch geschädigt zu werden. Die Oberfläche, auf denen die Partikel aus Aktivmaterial eingeschlossen sind, darf keiner extremen Belastung ausgesetzt werden.

Nach mehreren Ansätzen fiel die Entscheidung für ein Vakuumband. Hier wird die Folie angezogen. Das Band zieht die angezogene Folie mit. Bei richtiger abgestimmter Geschwindigkeit zwischen Trommel in der Beschichtungszelle und dem Vakuumband wird die Kompositfolie von der Trommel gelöst und durch die Spülen und den Trockner transportiert. Schlitze in den gefluteten Spülkästen sorgen dafür, dass die Folie unter der Flüssigkeitsoberfläche gespült wird. Pumpsysteme halten das nötige Flüssigkeitsniveau und gleichen den Spülwasserverlust am Folieneintritt und Folienaustrittaustritt aus. Das führt zu einer schonenden Spülung und schützt die haftenden Aktivpartikel auf der Kompositfolie.

Die Spülung ist als Vierfachkaskade aufgebaut und werden mit VE-Wasser gespeist. Die letzte Spüle kann beheizt werden, um den nachfolgenden Trocknungsvorgang zu unterstützen.

Der Abwasseranfall wird durch Wiederverwendung innerhalb der Pilotanlage minimiert. Die Verdunstungsverluste im Vorlagebehälter der Beschichtungszelle werden durch Spülwasser ergänzt. Idealerweise, indem dieses Wasser gleichzeitig die aus der Beschichtung austretende Folie feucht hält, bis diese in der ersten Spüle eintaucht, wodurch Antrocknungen verhindert werden. Weiterhin wird das Spülwasser als Vorlage für den Neuansatz von Nickelcarbonat verwendet. Um eine zu starke Vermischung des Spülwassers zu vermeiden, wird die Kompositfolie vorsichtig zwischen den einzelnen Spülstufen abgeblasen.

Die abschließende Trocknung erfolgt über Infrarotstrahler von oben und unten. Im allgemeinen trocknet die Kompositfolie sehr schnell ab. Um aber auch die zerklüftete Oberfläche der Folie sicher trocken zu bekommen, bedarf es einer schwachen Infrarotstrahlung.

Den Abschluss der Pilotanlage bildet eine manuelle Schneideeinrichtung, Die Kompositfolie wird in Form von *Sheets* weiterverarbeitet. Dazu wird die hergestellte Endlosfolie in kürzere Abschnitte zerteilt. Die Schneidevorrichtung klemmt auf Knopfdruck die Folie, dann erfolgt über ein geführtes Messer ein Schnitt. Nach Freigabe läuft die Folie bis Erreichen der nächsten Schnittposition weiter. Sensoren machen auf den nächsten nötigen Schnitt aufmerksam.

Mit dieser Anlage entstehen unter Praxisbedingungen produzierte Folien. Die vorgesehenen Variationsmöglichkeiten führen nicht nur zur Verbesserung der bisherigen Eigenschaften. Im Falle des Erreichens eines technischen Optimums ermöglicht die kontinuierliche Herstellung unter den ideal eingestellten Parametern eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für die serielle großtechnische Herstellung. Sollte die Produktion dieser Folien industriell aufgenommen werden, so wird eine Praxisanlage auf Basis der Pilotanlage entstehen. Die Erfahrungen mit der Pilotanlage werden eingearbeitet.

Danksagung

Anlagenplaner und Anlagenhersteller danken dem gesamten Team um Prof. Dr. Sörgel für die kooperative Zusammenarbeit bei der Planung der Anlage.

Eckdaten der Pilotanlage

Trommelgröße	: 300 mm Durchmesser, 300 mm Breite
Folienbreite	: ca. 280 mm
Foliengeschwindigkeit	: Stufenlos einstellbar
Gleichrichter	: 3 x 250 A
Anlagengröße	: ca. 5100 mm x 2100 mm x 2200 mm (LxBxH)
Planung	: Galvanoberatung Karsten E. Beihl (karsten.eugen.beihl@gmx.de)
Konstruktion	: Zimmermann Engineering (info@zimmermann-germany.com)
Herstellung:	: ELANIS Anlagenbau (elanis@elanis.de)

Mit Plasma in die automobile Zukunft

Innovative Technologien von Plasmatreat für die Oberflächenvorbehandlung – Plasmabehandlungen ermöglichen neue Oberflächen, Materialverbunde sowie Prozesse und sind damit einer der Schlüssel zum Fortschritt im Automobilbau

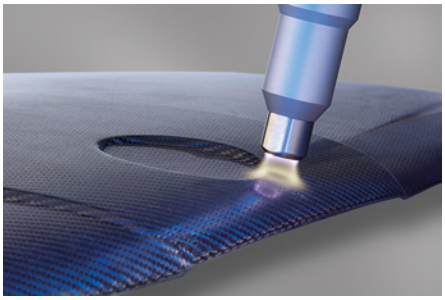
Die zukunftsweisenden Plasmatechnologien von Plasmatreat sind der Schlüssel zum Fortschritt im Automobilbau. Sie erzeugen hochwertige Oberflächen mit gezielten Eigenschaften, ermöglichen neue Materialverbindungen und gewährleisten umweltfreundliche Fertigungsprozesse. Damit schaffen sie die Voraussetzungen für Hightech-Innovationen im Bereich neuer Mobilitäts- und Fahrzeugkonzepte wie Leichtbau, autonomes Fahren und E-Mobilität. Prozesssicher, kosteneffizient und vollautomatisiert.

Die Automobilindustrie befindet sich im Wandel: Elektromobilität, autonomes Fahren, intelligente Sensorik sowie Leichtbau stehen im Fokus und stellen die Hersteller mit innovativen Werkstoffen sowie komplexen Materialzusammensetzungen vor neue Herausforderungen. Die Oberflächenbehandlung nimmt dabei einen hohen Stellenwert ein, denn eine sorgfältige Vorbehandlung der einzelnen Komponenten und Bauteile bildet die Basis für langzeitstabile Klebeverbindungen, optimale Lackhaftung oder zuverlässigen Korrosionsschutz. Eines der effizientesten Verfahren zur Reinigung, Aktivierung und Beschichtung von Oberflächen ist die Atmosphärendruck-Plasmabehandlung von Plasmatreat.

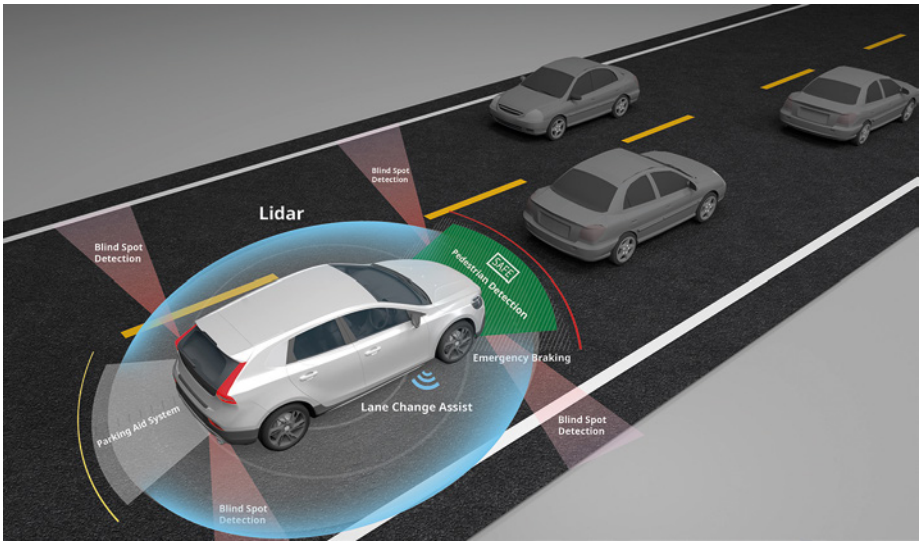
Plasma: Gegenwart und Zukunft der Fertigung

Plasma entsteht durch die Einkopplung von Energie in gasförmige Materie, wobei den Elektronenhüllen der Gasatome einzelne Elektronen entzogen werden. Das Ergebnis ist ein hohes instabiles Energieniveau, das die Oberflächeneigenschaften fester Materialien verändert. *Dieses Prinzip nutzen wir, um Oberflächen und Materialeigenschaften gezielt zu modifizieren*, erklärt Joachim Schüßler, Vertriebsleiter bei Plasmatreat, einem der Weltmarktführer für atmosphärische Plasmatechnologie. Die Vorbehandlung mit Openair-Plasma® bewirkt eine relevante und exakt justierbare Steigerung der Adhäsionsfähigkeit und Benetzbarkeit von Oberflächen. Dadurch können vollkommen neue (auch unpolare) Materialien sowie umweltfreundliche, lösungsmittelfreie (VOC-freie) Lacke und Klebstoffe industriell eingesetzt werden.

Beim Kontakt des Plasmas mit der Oberfläche des Kunststoffs findet eine Funktionalisierung statt, da die Energie der angeregten Moleküle und Ionen des Plasmas hoch genug ist, um die Bindungen zwischen den Atomen der Polymerkette von Kunststoffen aufzubrechen. Häufig sind dies Kohlenstoff-Kohlenstoff- oder Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen. Die so entstandenen Radikale der geöffneten Bindungen reagieren mit den angeregten Molekülen und Ionen des Plasmas oder mit Molekülen aus der umgebenden Luft. Hierdurch nimmt die Oberflächenenergie sowie die Polarität der behandelten Oberflächen zu und führt zu einer besseren Benetzbarkeit des behandelten Kunststoffs.



Openair-Plasma®-Vorbehandlung einer CFK-Motorhaube stellt eine vollflächige und homogene Benetzbarkeit der Oberfläche mit Klebstoffen oder Lacken an der behandelten Stelle sicher (Bild: Plasmatreat)



Automatisierte Fahrzeuge nutzen zur Navigation eine Vielzahl an Sensoren; Antifog-Beschichtungen von Plasmatreat verhindern ein Beschlagen durch Wasser oder Nebel und sorgen so auch bei extremer Feuchtigkeit für optimalen Durchblick (Bild: Adobe.com/ Akarat Phasura)

Plasmatechnologie für die neuen Mobilitäts- und Fahrzeugkonzepte

Als langjähriger Partner der Automobilindustrie begleitet Plasmatreat die Entwicklungen der Branche mit richtungsweisenden Innovationen für mehr als 100 Bauteile, die den hohen Anforderungen an Prozesssicherheit, Reproduzierbarkeit, Qualität und Effizienz vollauf gerecht werden. Inzwischen hat sich die Openair-Plasma®-Technik in immer mehr Anwendungen als Schlüsseltechnologie etabliert und führende Automobilhersteller haben sie fest in ihre Fertigungslinien integriert. Zu verdanken haben die Plasmatreat-Verfahren diesen Erfolg ihrer einfachen Anwendbarkeit, hohen Wirksamkeit sowie der Inline-Integrierbarkeit. Sie ermöglichen Plasmabehandlungen unter Normaldruck, sind

vollständig automatisierbar und lassen sich unkompliziert in bestehende Fertigungsprozesse einbinden. Zudem garantieren sie perfekt vorbehandelte Oberflächen, maximale Prozesskontrolle (inklusive Nachverfolgbarkeit) sowie ortsselektive Anwendungen – und das bei niedrigen laufenden Kosten.

Bei der Fertigung von elektrischen Antriebs- und Speichersystemen für die E-Mobilität gehören die hocheffizienten, prozesssicheren sowie vollautomatisierbaren Plasmabehandlungen von Plasmatreat zu den Schlüsseltechnologien (Bild: Adobe.com/ 2dmolier)

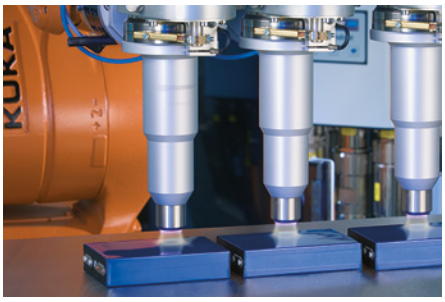
Hocheffiziente Reinigung und Aktivierung

Ob Fahrzeugsensorik, Batteriemodul/Batteriepack oder Elektroauto: Plasmabehandlungen mit den Technologien von Plasmatreat sind ein Schlüssel zum Fortschritt im Automobilbau. Das Anwendungsspektrum reicht dabei von der Vorbehandlung mit Openair-Plasma® für strukturelle Verklebungen, zum Abdichten der sensiblen Elektronik oder für makellose Lackierungen bis hin zu Nanobeschichtungen im PlasmaPlus®-Verfahren für hocheffektive Funktionsbeschichtungen.

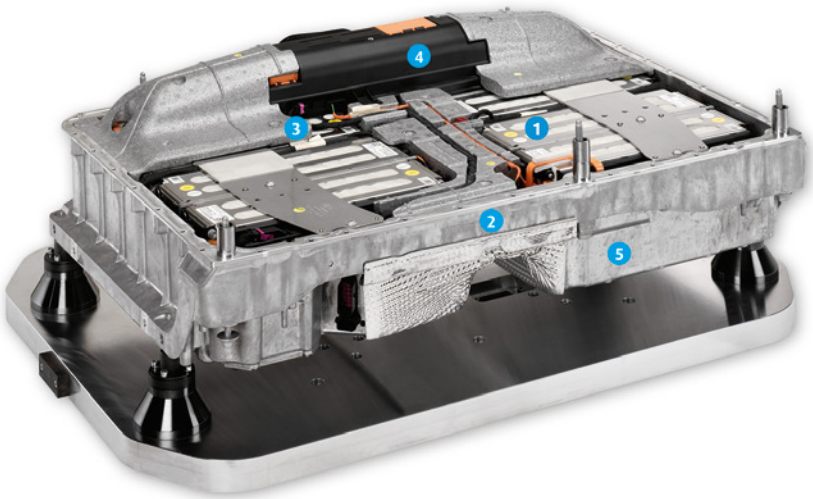
Ihre Stärken spielen die innovativen Verfahren auch bei der Fertigung von elektrischen Antriebs- und Speichersystemen aus. Wenn heutzutage von Elektromobilität gesprochen wird, gehört die Langzeitstabilität eines Batteriepacks zu den wichtigsten Themen. Besondere Bedeutung kommt hierbei dem Wärmemanagementsystem der Zellen sowie der Isolation der Zellen untereinander zu. Um einen internen Kurzschluss zu verhindern, muss das Fügemedium zwischen den einzelnen Zellen eines Zellstapels isolierend wirken. In der Regel wird daher ein Klebstoff auf Basis von Polyurethan verwendet.

Für eine präzise Isolationsverklebung mit optimalen Haftungseigenschaften ist eine Feinstreinigung und Aktivierung der Zellenaußenhülle (besteht meist aus Aluminium) zwingend erforderlich. Auf Aluminium und anderen Metallen finden sich häufig undefinierte Oxidschichten, dünnste Schichten von Staub, Spuren von Oxidationsproduktion oder Rückstände aus dem Produktionsprozess wie Trenn-und Gleitmittel, Schneidöle oder Ziehfette. Die Verunreinigungen verhindern, dass die im Aluminium vorhandene und für die Haftfestigkeit eines Klebstoffs maßgeblich mitverantwortliche Oberflächenenergie zur Wirkung kommen kann.

Die Plasmareinigung entfernt Staubablagerungen, Oxidschichten, Fette und andere Kontaminationen. Das Substrat verfügt danach wieder über die optimale Oberflächenenergie, wodurch eine vollflächige und homogene Benetzbarkeit der Oberfläche mit Klebstoffen oder Lacken an der behandelten Stelle gewährleistet wird. Durch das hohe Energieniveau des Plasmas können chemische oder organische Stoffe an der Oberfläche des Materials gezielt in ihrer Struktur aufgebrochen werden. Die deionisierende Wirkung des Plasmastrahls neutralisiert zudem lose aufliegende Staubpartikel und entfernt diese von der Werkstoffoberfläche. Simultan wird die Oberfläche aktiviert, wobei



Openair-Plasma®-Vorbehandlung von prismatischen Zellen, bei denen die Reinigung und Aktivierung die Voraussetzungen für eine präzise Klebeverbindung mit optimalen Haftungseigenschaften schafft (Bild: Plasmatreat)



Innovatives Plasmaverfahren für langzeitstabile Batteriemodule

- **Optimale Haftung.** Um einen internen Kurzschluss zu verhindern, muss das Fügemedium zwischen den einzelnen Zellen eines Zellstapels isolierend wirken. Die Plasmafeinstreinigung und -aktivierung gewährleistet eine präzise Isolationsverklebung mit optimalen Haftungseigenschaften (1).
- **100% Dichtheit.** Damit weder Feuchtigkeit noch andere korrosive Medien zwischen Gehäusedeckel und Batteriemodul gelangen, gewährleistet die Dichtung in Kombination mit der Plasmafeinstreinigung eine deutliche Steigerung der Dichtwirkung. Bei erhöhten Anforderungen an das Bauteil, kann eine korrosionsinhibitierende PlasmaPlus® Schicht aufgetragen werden. So wird das Phänomen der Dichtungsunterwanderung komplett vermieden (2).
- **Gezielte Kontaktflächenreinigung.** Die Nahtstellen für die peripheren elektronischen Komponenten müssen zu 100% frei von Kontaminationen sein. Die gezielte Reinigung der Kontaktflächen mit Openair-Plasma® bewirkt eine bessere Verbindung für die anschließende Kontaktierung (3).
- **Langzeitstabiler Korrosionsschutz.** Unabhängig von der Art des Dichtsystems sind Verbindungen aus Aluminium und Kunststoff aufgrund der unterschiedlichen H2O-Affinität sehr anfällig für Unterwanderung. Einen hochwirksamen Schutz liefert die plasmapolymere Nanobeschichtung PlasmaPlus® (4).
- **Verbesserter Haftverbund zur Temperaturregelung.** Hochleistungsbatterien benötigen eine Temperaturregelung mit aktiver Kühlung. Eine Methode ist das Kleben einer Wärmeleitplatte/eines Kühlsystems aus Aluminium mit einem wärmeleitfähigen Klebstoff unter die Batterie. Durch die Plasmareinigung und -aktivierung der Oberfläche wird der Haftverbund verbessert (5).

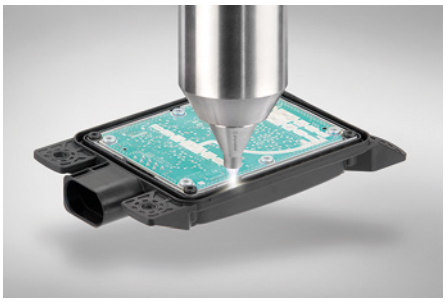
Mit Plasmabehandlungen lassen sich Zelleffizienz, Prozessstabilität sowie Wirtschaftlichkeit in der Batteriefertigung bei Prozessschritten wie Reinigen, Aktivieren oder Beschichten optimieren (Bild: Plasmatreat)

sauerstoff- und stickstoffhaltige Gruppen in das Substrat eingebracht werden. Die Aktivierung bindet freie Radikale an die Materialoberfläche. Das verhindert Lufteinschlüsse und stellt einen optimalen Wärmeabtrag und damit die volle nominale Leistung der Batteriezellen sicher.

Hoher und langzeitstabiler Korrosionsschutz

Auf dem Weg von der einzelnen Zelle hin zu Batteriemodulen und -packs leisten die effizienten Plasmatreat-Verfahren in einer Vielzahl von Prozessschritten einen wesentlichen Beitrag, die hohen Anforderungen an Zelleffizienz, Prozessstabilität sowie Wirtschaftlichkeit zu erfüllen. So ermöglichen Plasmabehandlungen unter anderem haftungsstarke Kunststoff-Metall-Verbindungen bei der Verklebung der Zellstapel mit isolierenden Polypropylenplatten, eliminieren Verunreinigungen bei der elektrischen Kontaktierung und sorgen für eine vollständige Abdichtung des Batteriegehäuses aus Aluminium-Druckguss. Der Gehäusedeckel verschließt das Batteriemodul zuverlässig. Damit weder Feuchtigkeit noch andere korrosive Medien eindringen können, muss eine 100-prozentige Dichtheit gewährleistet sein. Entscheidend dafür ist die Definition und Kontrolle des Oberflächenzustands vor dem Aufbringen der Dichtungen.

Unabhängig von der Art des Dichtsystems (gespritzt, geklebt oder FIPG) sind Verbindungen aus Aluminium und Kunststoff aufgrund der unterschiedlichen Affinität zu Wasser sehr anfällig für Unterwanderung. Einen hochwirksamen Schutz liefert die plasmapolymere Nanobeschichtung PlasmaPlus® von



Die Behandlung von elektronischen Kontrolleinheiten und Sensoren mit Openair-Plasma® garantiert langzeitstabile Klebeverbindungen sowie zuverlässigen Korrosionsschutz (Bild: Plasmatreat)

Plasmatreat. Diese wird nach der Reinigung und Aktivierung mit Openair-Plasma® auf das metallische Bauteil aufgetragen. So entsteht im nachfolgenden Spritzgussprozess eine mediendichte Verbindung. Auf diese Weise wird eine deutliche Steigerung der Barrierewirkung gegen korrosive Elektrolyte geboten und gleichzeitig ein sehr hoher und langzeitstabiler Korrosionsschutz.

Über einen speziellen Düsenkopf werden dem Plasma spezifische Zusatzstoffe zugeführt. Diese werden durch das Plasma angeregt und ihre Reaktivität dabei signifikant erhöht. So können sich die Substanzen während der Plasmabeschichtung an der Materialoberfläche optimal anlagern und fest anbinden. Es entsteht eine Schicht, die höchstmöglichen Schutz vor eindringender Feuchte gewährleistet. Besonderheiten liegen nach Aussage von Joachim Schüßler im Vorteil gegenüber nass-chemischen und diversen anderen Vorbehandlungsmethoden aufgrund der Technologie – neben dem Inline-Einsatz und der hohen Prozesssicherheit – vor allem in der Technik der ortsselektiven Anwendung des Plasmastrahls. Zudem handelt es sich um ein trockenes, umweltfreundliches Verfahren, bei dem keine Entsorgungskosten anfallen und die Bauteile sofort nach ihrer Vorbehandlung weiterverarbeitet werden können.

Materialeigenschaften gezielt modifizieren

Der Korrosionsschutz ist dabei nur ein Anwendungsfeld von PlasmaPlus®. Durch den Einsatz von unterschiedlichen Beschichtungsstoffen (Prekursoren) lassen sich Oberflächen für spezielle Produktanforderungen gezielt funktionalisieren und mit neuen Eigenschaften versehen. Zusätzlich macht sich die Automobilindustrie weitere Effekte zunutze. So werden haftungsaktive Nanobeschichtungen für besonders langzeitstabile Gummi-Metall- oder Kunststoff-Metall-Verbindungen im Hybrid-Spritzguss verwendet und Antihaftbeschichtungen ermöglichen wasser- und schmutzabweisende Oberflächen.

Sensoren, Scheinwerfer sowie Kamerasysteme profitieren ebenfalls von einer Polymerisation unter Einsatz des Atmosphärendruckplasmas. Hydrophobe Beschichtungen verhindern hier ein Beschlagen durch Wasser oder Kondensat und sorgen so auch bei extremer Feuchtigkeit für optimalen Durchblick. Mit der zunehmenden Verbreitung von Fahrerassistenzsystemen bis hin zum autonomen Fahren erhält dieses Verfahren eine besondere Relevanz, denn im Auto der Zukunft sind Sensoren die Augen und Ohren des Fahrzeugs. LiDAR-Sensoren (Light Detection and Ranging) scannen ihr Umfeld mittels Laser und erhalten detaillierte Informationen über Abstände, Geschwindigkeiten und Objekte. So entsteht ein exaktes 3D-Bild der Umgebung – die Grundlage für die Navigation des Fahrzeugs. Für maximale Zuverlässigkeit und Sicherheit ist eine klare Sicht das A und O.

Dank des Einsatzes von Openair-Plasma® lassen sich auch schwer verklebbare Kunststoffe wie Polycarbonat (PC) und Flüssigsilikon (LSR) miteinander verbinden, zum Beispiel bei der Herstellung von Regen-/Lichtsensoren (Bild: Plasmatreat)

Verbindung bisher inkompatibler Materialien durch Plasmaeinsatz

Ob Elektronik, Batterie, Fahrwerk, Antriebsstrang, Karosserie oder Innenraum – Plasmabehandlungen sind aus der automobilen Fertigung längst nicht mehr wegzudenken. Sie schaffen stabile Verbindungen, schützen Oberflächen, ermöglichen neue umweltfreundliche Produktionsverfahren und tragen maßgeblich zu Kostensenkungen bei. Zum

Die isolierenden, haftvermittelnden PlasmaPlus®-Beschichtungen von Plasmatreat ermöglichen eine sichere Haftung sowie einen völlig dichten Materialabschluss und schützen so Sensoren, Kameras und Elektronik vor schädlichen Umwelteinflüssen (Bild: Adobe.com/ Ilya)

Verkleben der neuen Materialien und komplexen Materialmixe, die unter anderem aufgrund der modernen Leichtbauweise stark im Kommen sind, sind sie sogar oft die einzige technische Lösung. Fahrzeugaußenteile beispielsweise werden heute meistens aus Verbundstoffen wie glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) oder Kunststoff-Metall-Kompositionen gefertigt. Das spart Gewicht und erhöht die Reichweite von Elektrofahrzeugen beziehungsweise senkt den Verbrauch von konventionellen Antrieben. Allerdings weisen die Ausgangsmaterialien sehr unterschiedliche Oberflächenqualitäten auf, was dazu führt, dass sie sich ohne eine Vorbehandlung nicht oder nur schlecht kleben lassen.

Eine Behandlung mit Openair-Plasma® wird daher bei einer Vielzahl an Bauteilen vor der Verklebung durchgeführt, unter anderem bei Fahrzeugdächern (Befestigung der Kunststoffteile des Schiebedachs auf dem beschichteten Edelstahl- oder eloxierten Aluminiumrahmen mittels 1K-Polyurethan-Kleber), Kofferraumklappen (Verbindung zweier Polypropylen-Kunststoffe mit einem 2K-Polyurethan-Kleber) oder Windschutzscheiben (Verbinden der glaskeramischen Oberflächen mit der Metallkarosserie). Gegenüber herkömmlichen Verfahren wie dem Einsatz von lösemittelhaltigen Haftvermittlern (Primern) oder dem Beflammen sind die umweltfreundlichen, VOC-freien und vollautomatisierbaren Plasmabehandlungen aufgrund ihrer zuverlässigen Haftung, hohen Prozessverfügbarkeit sowie der leichten Inline-Integration deutlich im Vorteil.

Bevor die Kunststoffteile des Schiebedachs mit dem beschichteten Edelstahl- oder eloxierten Aluminiumrahmen verbunden werden, werden sie mit Openair-Plasma® gereinigt und aktiviert, wodurch eine hohe Haftfestigkeit sowie langzeitstabile Verklebung gewährleistet wird (Bild: Plasmatreat)

Maximum an Prozesssicherheit

Ein weiteres Plus ist das hohe Maß an Prozesskontrolle. Für eine gleichbleibend hohe Qualität des Plasmas sorgt unter anderem die spektrale Überwachung des Plasmastrahls: Ein in die Plasmadüse integrierter Sensor misst hier das vom Plasma abgegebene Licht mittels einer einkanaligen optischen Erfassung. Im relevanten Spektralbereich des emittierten Lichts erfolgt eine permanente Amplitudenauswertung. Sollten Abweichungen auftreten, kann die Intensität des Plasmastrahls entsprechend geregelt werden. Ein Bewegungskontrollsystem kann zudem die Vorschub- und Rotationsgeschwindigkeit der Plasmadüse überwachen.

Um die prozessspezifischen Plasmaeigenschaften (Temperatur, Intensität) reproduzierbar sicherzustellen, bietet Plasmatreat Überwachungseinheiten für jeden Anforderungsbereich. Alle Prozessdaten werden in Echtzeit bereitgestellt, das HMI sorgt gleichzeitig für eine hohe Zugänglichkeit der Daten. Darüber hinaus werden die Prozessdaten geloggt und stehen für eine spätere Auswertung und Nachverfolgung zur Verfügung.

Die interoperablen Systemkomponenten (Plasma Control Unit und Generator) sind im Hinblick auf eine Industrie-4.0-Nutzung für den Einsatz in intelligenten Prozesslinien konzipiert. Ihre Anbindung erfolgt über EtherCAT- / CANopen-Gateways. Damit sind die Schnittstellen so definiert, dass sie für Automationssysteme verwendet werden können. Auch eine Integration in bestehende Fertigungslinien und Netzinfrastrukturen ist möglich.

Die Verfahren von Plasmatreat bieten umfangreiche Möglichkeiten zur exakten Prozesssteuerung und -kontrolle und damit ein Höchstmaß an Prozesssicherheit (Bild: Plasmatreat)

Openair-Plasma® - ein Fortschrittsmotor im Automobilbau

Keine Frage: Die Mobilität verändert sich und mit ihr die Anforderungen an den Automobilbau. Mit der Openair-Plasma®-Technik liefert Plasmatreat eine prozesssichere, effiziente und umweltfreundliche Antwort, welche die Oberflächenvorbehandlung auf ein neues Level hebt. Gleichzeitig erfüllt die innovative Technologie vollumfänglich die gängigen Prozessvorgaben der Großserienfertigung, wie reproduzierbare Prozessabläufe, eine hohe Systemzuverlässigkeit, geringe Fertigungstoleranzen, stabile Qualitätsniveaus sowie eine datengestützte Automatisierung.

Deeplinks

https://www.plasmatreat.de/industrieanwendungen/plasmavorbehandlung_im_automobilbau.html

https://www.plasmatreat.de/plasmatechnologie/openair-plasmatechnik.html

https://www.plasmatreat.de/plasmabehandlung/prozesse/funktionsbeschichtung_plasma_nanobeschichtung.html

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

Neuerungen im Vorschriftenwerk der DGUV für die Oberflächentechnik

Von Frank Schüle, Schwäbisch Gmünd

Mit den beiden Schriften DGUV-Regel 109-602 und DGUV-Information 209-009 liegen Unterlagen für den Bereich der nasschemischen Oberflächenbehandlung vor, die den in diesem Technikbereich tätigen Fachleuten eine gut verständliche Zusammenstellung aller Sicherheitsvorschriften und -empfehlungen bieten. Die Schriften decken die Verfahren und deren Besonderheiten ab und befassen sich mit den für die Oberflächenbehandlung notwenigen Anlagen und Geräten im Hinblick auf einen sicheren Umgang.

Nachdem bereits zum Oktober 2017 die Branchenregel Galvanik (DGUV-Regel 109-602) veröffentlicht wurde ist nun auch seit November 2019 mit der DGUV-Information Galvanisieren (DGUV-Information 209-009) das Regelwerk wieder komplett und an die aktuellen Vorschriften angepasst. Der vorliegende Artikel erläutert, an wen sich dieses Regelwerk wendet und wie sie sinnvoll genutzt werden kann. An beiden Veröffentlichungen war der Autor als Branchenvertreter des Zentralverbands für Oberflächentechnik (ZVO) beteiligt und konnte so Informationen aus der Praxis einfließen lassen.

Die beiden Werke - DGUV-Regel 109-602 und DGUV-Information 209-009 - sind die sinnvolle Zusammenfassung der vielfältigen Vorgaben aus staatlichem und berufsgenossenschaftlichem Regelwerk. Die unüberschaubaren vielzähligen Vorschriften wie zum Beispiel das Chemikaliengesetz, die Gefahrstoffverordnung, das Arbeitsschutzgesetz, die Betriebssicherheitsverordnung sowie die unterschiedlichen Unfallverhütungsvorschriften und unzählige Konkretisierungen im nachgeschalteten Regelwerk wie Arbeitsstättenregeln, Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), für Betriebssicherheit (TRBS) sowie auch Regeln zur Arbeitsmedizin im Rahmen der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) führen beim unbedarften Leser schnell zur Unsicherheit und vielen offenen Fragen. Nachdem dazu noch die frühere Unfallverhütungsvorschrift VBG 57 *Elektrolytische und chemische Oberflächenbehandlung; Galvanotechnik* und zugehörige ZH-Regeln aufgehoben wurden, fehlten sinnvolle Aussagen für viele Fragestellungen. Mit der neuen Produktnorm EN 17059:2018 *Galvanik- und Anodisieranlagen – Sicherheitsanforderungen* gibt es zwar nunmehr Anforderungen für Neuanlagen, für den Bestand fehlten aber sinnvolle Übersichten und Erläuterungen.

Dieses wurde auch von der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) erkannt und daher mit dem neuen Ansatz des Vorschriftenwerks die Branchenregeln in den verschiedenen Bereichen ins Leben gerufen. Die Branchenregel Galvanik war dabei eine der ersten in der Veröffentlichung. Eventuelle weitere Vorschriften wie die für Bürobetriebe könnten natürlich ebenfalls von Interesse sein [1].

DGUV Regel 109-602 - Branche Galvanik

Praxisnähe und Verständlichkeit ist das Ziel des neuen Produkts Branchenregel. Diese sind:

- ein übersichtliches Kompendium des Arbeitsschutzrechtes, ergänzt um das Fachwissen und die Branchenerfahrung der gesetzlichen Unfallversicherung
- die Veranschaulichung spezifischer Gefährdungen einer Branche und Lösungsvorschläge, wie man ihnen begegnen kann
- Zusammenfassung des bisher bereits geltenden Rechts (es soll kein neues Recht erstellt werden!)
- Darstellung in einer verständlichen, knappen Sprache

Zielgruppe der Branchenregeln sind in erster Linie Unternehmerinnen und Unternehmer. Denn sie sind ja für die Sicherheit und Gesundheit ihrer Beschäftigten verantwortlich. Durch den hohen Praxisbezug bietet das neue Format aber auch einen hohen Nutzen für weitere betriebliche Akteurinnen und Akteure - wie Betriebsrat, Fachkräfte für Arbeitssicherheit oder Sicherheitsbeauftragte. Daher sollte natürlich dieses Werk in keinem Unternehmen fehlen; ist es doch eine sichere *guideline* für das rechtssichere Führen eines Betriebes und gibt gute Lösungsansätze. Die übersichtliche Struktur mit den grundsätzlichen Anforderungen (was für alle gilt) und den aufbereiteten Zusammenfassungen für die verschiedenen oberflächentechnischen Vorbehandlungs- wie auch Hauptverfahren (z.B. Verzinken, alkalisch oder Vernickeln, chemisch) verschaffen einen schnellen und vor allem vollumfänglichen Überblick für die jeweiligen im Unternehmen eingesetzten Prozesse und den damit zusammenhängenden Anforderungen. So muss die betroffene Fachkraft nur die Kapitel betrachten, die sie interessieren beziehungsweise für die Verfahren, die eingesetzt werden. Aber auch die Nebentätigkeiten wie Instandhaltung und Abwasserbehandlung werden betrachtet und bewertet.

§ Rechtliche Grundlagen

- Arbeitsschutzgesetz
- Arbeitssicherheitsgesetz
- Arbeitsstättenverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Gefahrstoffverordnung
- PSA-Benutzungsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“
- DGUV Vorschrift 2 „Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit“

- „Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“ (Technische Regel für Betriebssicherheit, TRBS 1201)
- „Befähigte Personen“ (TRBS 1203)
- „Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten“ (Technische Regel für Arbeitsstätten, ASR V3a.2)
- „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ (ASR A1.3)
- „Maßnahmen gegen Brände“ (ASR A2.2)
- „Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan“ (ASR A2.3)
- „Erste-Hilfe-Räume, Mittel und Einrichtungen zur Ersten Hilfe“ (ASR A4.3)

i Weitere Informationen

- DGUV Information 204-022 „Erste Hilfe im Betrieb“
- DGUV Information 205-023 „Brandschutzhelfer“
- DGUV Information 250-010 „Eignungsuntersuchungen in der betrieblichen Praxis“
- DGUV Information 211-042 „Sicherheitsbeauftragte“

Abb. 1: Auszug aus der DGUV Regel 109-602 zu Grundlagen für den Arbeitsschutz

§ Rechtliche Grundlagen

- Gefahrstoffverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
- DGUV Vorschrift 3 und 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
- DGUV Vorschrift 52 und 53 „Krane“
- TRBA/TRGS 406 (Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege)
- TRGS 401 (Gefährdungen durch Hautkontakt)
- TRGS 402 (Inhalative Exposition)
- TRGS 500 (Schutzmaßnahmen)
- TRGS 561 (Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und Verbindungen)
- TRGS 722 (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln“

i Weitere Informationen

- DGUV Information 209-009 „Galvaniseure“
- DGUV Information 213-716 „Galvanotechnik und Eloxieren“
- VDE 0113-1:2014-10 Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 12599:2013-01 Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumlufttechnischer Anlagen
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 4: März 2006 Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe
- Leitfaden des ZVO (2016) zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanikanlagen
- Handlungshilfe der BG ETEM Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und Oberflächenveredelung (S 015)

Abb. 4: Auszug aus der DGUV Regel 209-009 zur Absaugung und Lüftung im Bereich der galvanotechnischen Produktionseinrichtungen

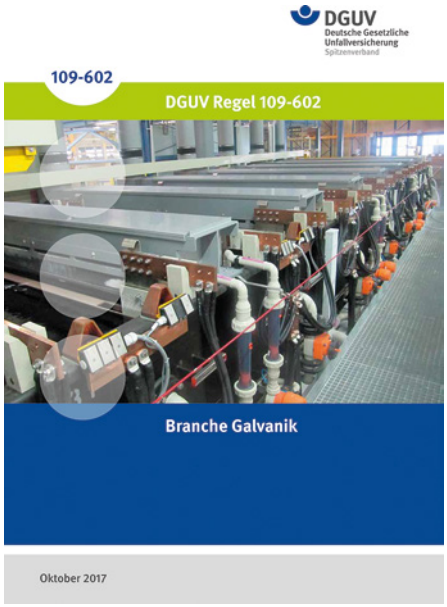


Abb. 2: Auszug aus der DGUV Regel 109-602 zur chemischen Nickelabscheidung

DGUV-Information Galvanisieren

Richtet sich die Branchenregel eher an den Unternehmer, so ist die DGUV-Information Galvanisieren das Nachschlagewerk für den Mitarbeiter/-in zu empfehlen. Als Nachfolge zum früheren Sicherheitslehrbrief für Galvaniseure wurde nicht nur der Titel modernisiert, sondern auch die Inhalte.

In der Sprache der Mitarbeiter werden hier alle Informationen zum sicheren Arbeiten im Bereich der Oberflächentechnik gut und anschaulich zusammengefasst. Über Grundlagen zu den Themen der unterschiedlichen Gefährdungen (mechanisch, chemisch, physikalisch), Gefahrstoffe, Lagerung, Brandschutz bis zur Abwasserbehandlung und innerbetrieblicher Transport über die speziellen Gefährdungen der jeweilig im Unternehmen eingesetzten Prozesse informiert das 50-seitige Werk. Ebenfalls sind Erläuterungen zur persönlichen Schutzausrüstung (PSA) zur Absaugung und Lüftung und der notwendigen Organisation und Dokumentation in diesem effektiven Almanach zu finden.

Gefährdungs- und Belastungsfaktoren	Beispiele für Schutzmaßnahmen (spezielle Rechtsgrundlagen)
■ Offene Flammen	→ Kontakt verhindern (z. B. durch Isolation, trennende Schutzeinrichtungen)
■ Heiße Oberflächen (z. B. glatte Metalloberflächen > 60 °C, Holz > 110 °C)	→ Bei Arbeiten mit Dampf oder Heißwasser nur geeignete Schlauchleitungen mit geeigneten Anschlussarmaturen verwenden.
■ Heiße Flüssigkeiten (z. B. strömendes Wasser > 60 °C)	→ Dichtheit von Systemen (Apparate, Rohrleitungen und Armaturen) gewährleisten.
■ Heiße Dämpfe (z. B. Wasserdampf)	→ Persönliche Schutzausrüstungen benutzen.
■ Heiße Gase (z. B. Heißluftgebläse)	→ Gefahrstreifen kennzeichnen (z.B. Warnzeichen W017 nach ASR A1.3)
■ Tiefkalte Medien, Kühl- und Kältemittel (z. B. flüssiger Stickstoff, Trockeneis)	W017 Warnung vor heißer Oberfläche

Abb. 3: Auszug aus der DGUV Regel 209-009 zur Kennzeichnungspflicht von Prozessbehältern und Rohrleitungen

Hilfen zur pragmatischen Umsetzung zu geben ist die Absicht der neuen Informationsschrift. So kann sie auch zum Beispiel für die Sicherheitsbeauftragten des Betriebs als *Fibel* für ihre tägliche Arbeit dienen. Diese Zusammenfassung gab es bisher nicht in dieser aktuellen Fassung. Für weitere Informationen gibt es noch im Anhang ein aktuelles Verzeichnis der Gesetze, Normen, BG-Vorschriften und sonstigen Erkenntnisquellen.
Damit beide Werke auch anschaulich und leicht lesbar sind, unterstützten freundlicherweise viele Betriebe der Branche durch die Zurverfügungstellung von Bildmaterial das Autorenteam um den Projektleiter Dr. Andreas Vossberg von der BGHM, Sitz Hannover (Leiter der Themenfelder Reinigen/Entfetten, Galvanik, Feuerverzinken der BG). Dafür dankt das Autorenteam den beteiligten Unternehmen und Personen.
Die beiden Schriften können als pdf-Ausgabe kostenfrei von der Internetseite der DGUV heruntergeladen werden. Druckausgaben können gegen eine entsprechende Gebühr bei der DGUV beziehungsweise BGHM bezogen werden.

Literatur

[1] https://publikationen.dguv.de/search?sSearch=branchenregeln

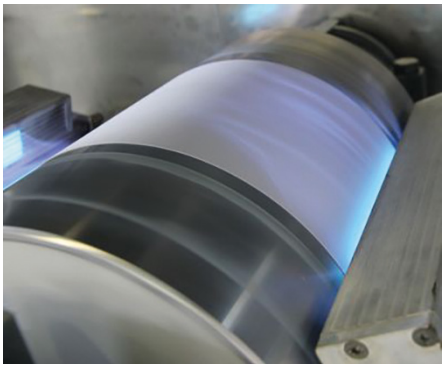
DGUV Branchenregel Galvanik 109-602
➲ **https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3345**

DGUV-Info 209-009 Galvanisieren
➲ **https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/317**

Neues Innovatives Anwenderprojekt bei Innovent geplant

Bei Innovent startet ab 1. Juli 2020 ein neues INNovatives Anwender Projekt (INNAP). Ab sofort können sich interessierte Unternehmen für das neue INNAP zum Thema *flammenpyrolytische Behandlung und Funktionalisierung von Folien- und Bahnware auf einer Rolle-zu-Rolle-(R2R-)Anlage* anmelden.

Die Rolle-zu-Rolle-Anlage ermöglicht es, die Oberflächeneigenschaften von Kunststoff- oder Metallfolien sowie von Textil- oder Papierbahnen gezielt zu modifizieren oder für nachfolgende Bearbeitungsschritte vorzubereiten. Die Anwendungsmöglichkeiten liegen zum Beispiel in der Erzeugung von Barriereschichten, einer erhöhten Benetzbarkeit beziehungsweise einer Haftverbesserung für weitere Arbeitsschritte. Grundlage des Prozesses ist die von Innovent etablierte CCVD Technologie (combustion chemical vapor deposition), häufig auch Flammenpyrolyse genannt. Dieses zur Gruppe der chemischen Gasphasenabscheidung (engl. chemical vapor deposition, CVD) gehörende Verfahren ermöglicht die Abscheidung von funktionellen dünnen Schichten bei Atmosphärendruck. Hierbei können unter Zudosierung von geeigneten chemischen Vorläufersubstanzen, sogenannten Präkursoren, in einem Verbrennungsprozess schnell und kostengünstig dünne funktionelle Beschichtungen, wie zum Beispiel das von Innovent entwickelte Pyrosil (SiO_x), unter Atmosphärendruckbedingungen realisiert werden.
Die bei Innovent vorhandene R2R-Anlage integriert die dafür erforderlichen prozesstechnischen Komponenten sowie eine Steuerung für den gleichmäßigen und kräfteausgeglichenen Transport. Sie verfügt über insgesamt vier Brenner, die jeweils an zwei polierten und temperierten Walzen angeordnet sind, wodurch eine effiziente Wärmeabfuhr ermöglicht wird. Bislang erzielte Resultate sind unter anderem die Erzeugung von Barriereschichten auf 12 µm dünnen PET-Folien mit OTR-Werten < 1, die Verbesserung der Hafteigenschaften von anschließend applizierten Sol-Gel-Schichten auf diversen Polymerfolien und die Verbesserung der Aufnahme nasschemischer Ausrüstungen textiler Materialien mit zum Beispiel permanent antibakteriellen Eigenschaften. Im Rahmen des INNAP steht diese Anlage für interessierte industrielle Anwender sowohl für Beschichtungsversuche als auch zum Einstieg in neue Entwicklungen zur Verfügung.
Die anwendergerechte Projektform ermöglicht niedrige Kosten durch eine anteilige Finanzierung des Projekts, einen unkomplizierten und firmenspezifischen Zugang zu neuen innovativen Technologien, geringen Personaleinsatz für Verwaltung und Versuche, minimalen technischen Aufwand für die Anwender, Zeitersparnis durch Nutzung von vorhandenem Know-how und bietet einen sehr variablen Gestaltungsspielraum. Eine hausinterne Oberflächen- und Materialanalytik (SEM, AFM, FT-IR, XPS, UV-Vis, Raman, Oberflächenenergiebestimmung, Abrasions- und Permeationstests) erlaubt eine schnelle



(Bildquelle: Innovent e.V.)

Bewertung der Behandlungsergebnisse. Interessenten erhalten weitere Informationen zum Projekt unter:

www.innovent-jena.de/innap/

Die Jenaer Industrieforschungseinrichtung Innovent e. V. analysiert, forscht und entwickelt seit über 25 Jahren auf den Gebieten Oberflächentechnik, Verbunde, magnetisch-optische Systeme sowie Biomaterialien. Das Institut beschäftigt etwa 130 Mitarbeiter, leitet verschiedene Netzwerke und führt bundesweit Fachtagungen durch. Innovent ist Gründungsmitglied der Deutschen Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse.

➲ **www.innovent-jena.de**

27. Leipziger Fachseminar: überzeugt durch Aktualität und Kontinuität

Das diesjährige Leipziger Fachseminar am 27. Februar hat erneut Kontinuität bewiesen: 249 Teilnehmer und 55 Aussteller waren der Einladung der DGO-Bezirksgruppen Sachsen und Thüringen in das Congress Center Leipzig gefolgt.

Als Gäste konnte der Moderator des Vormittags, Professor Thomas Lampke, TU Chemnitz, den neuen Leiter des Amtes für Wirtschaftsförderung der Stadt Leipzig, Clemens Schülke, sowie Rainer Venz, seit Anfang 2020 Past-Präsident der DGO, und Christoph Matheis, Geschäftsführer des ZVO, begrüßen. Schülke begrüßte die Teilnehmer im Namen der Stadt Leipzig und hob in seinen Begrüßungsworten hervor, dass die Oberflächentechnikbranche als Zulieferer für die Automobilindustrie angesichts des Strukturwandels vor großen Herausforderungen steht. Er wünschte einen regen Austausch im Rahmen der Veranstaltung, um diese Herausforderungen zu meistern. Auch Past-Präsident Venz wünschte gutes Gelingen.

Vor Beginn des Vortragprogramms erinnerte Professor Lampke an die Gründung des Vereins Deutsches Museum für Galvanotechnik e. V. (VDMG e. V.) vor zehn Jahren durch Thilo von Vopelius in Leipzig. Die Gründung erfolgte mit 27 Mitgliedern, heute zählt der Verein 68 Mitglieder. Lampke berichtete über wesentliche Aktivitäten des VDMG e. V. aus den vergangenen zehn Jahren und dankte dem Vorstand für seine erfolgreiche Entwicklungsarbeit. Jens Heinze, MacDermid Enthone GmbH, beendet nach einer über 20-jährigen Mitarbeit im Organisationsteam des Leipziger Fachseminars seine Mitarbeit. Lampke würdigte seine Aktivitäten als langjähriger Leiter der BG Thüringen, bedankte sich für die geleistete Arbeit und wünschte ihm für seine Zukunft alles Gute.

Der Plenarvortrag von Rainer Venz, Coventya International GmbH, mit dem Thema *Veränderungen der Oberflächen im Automobil durch E-Mobilität* beantwortete einige der in der Branche diskutierten Fragen zu den Anforderungen, die sich durch die Umstellung auf Elektromobilität ergeben. Eine wichtige Voraussetzung wird unter anderem der Leichtbau sein. Klassische mechanische Komponenten wie Verbrennungsmotor, Antrieb oder Abgasanlage werden neuen Komponenten wie Batterie, Elektromotor oder der Leistungselektronik Platz machen. Viele Anforderungen sind allerdings aufgrund der fehlenden Felderfahrungen noch nicht definiert.

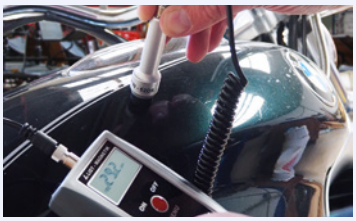
Eine der beiden Auszeichnungen erhielt AIRBUS für die 3-D-SurFin®-Technologie (Bildquelle: DGO e.V.)

List-Magnetik

PaintExpo Karlsruhe 12.-15.10.2020
Halle 3 Stand 3610

Schichtdicken-messung

- Hohe Genauigkeit
- Einfache Bedienung
- Für Stahl und NE-Metalle
- Mit kombinierter Sonde



Sonde PF-1000
TOP-CHECK FE-1000

zur präzisen Messung dünner Schichten auf kleinen Flächen.

LIST-MAGNETIK
Dipl.-Ing. Heinrich List GmbH
Max-Lang-Straße 56/2
70771 Leinfelden-Echterdingen
Germany
Telefon +49 (711) 903631-0
www.list-magnetik.de

Industrie 4.0

Das Vormittagsprogramm war durch den Themenblock Industrie 4.0 geprägt. Erster Referent war Frank Benner, B + T Technologies GmbH, mit seinen Ausführungen zum Thema *Vernetzte Oberflächentechnik – wie geht das?* Benner machte deutlich, dass die Digitalisierung Prozesse optimieren soll und dass es darum geht, die Chancen der digitalen Daten zu nutzen. Die Frage, wo der Mensch dabei bleibe, spielte eine wesentliche Rolle in seinen Ausführungen. *Industrie 4.0 – intelligente Ergänzungen für Stromversorgungen in der Oberflächentechnik* stellte Heinrich-W. Kämper, Munk GmbH, vor. Er informierte vor allem über den Einsatz von intelligenteren Gleichrichtergeräten, die lokale Überwachung und Fernsteuerung, die Statusüberwachung sowie die Meldung von Fehlfunktionen.

In seinem Beitrag *Chrom(III)elektrolyte durch automatisierte Analysenverfahren sicher beherrschen* gab Daniel Schlak, Deutsche Metrohm GmbH & Co. KG, Empfehlungen zur Automatisierung der Analytik der Badparameter unter Berücksichtigung der Relevanz für den Prozess. Die Herausforderung besteht in der direkten Einbindung in die Prozesssteuerung. Den letzten Vortrag in diesem Block gestaltete Michael Hellmuth, Softec AG, zum Thema *Warum 4.0 schon heute Sinn macht – Vorteile für Logistik und Prozesssicherheit*. Er zeigte auf, wie Digitalisierung in Galvaniken funktionieren kann. Dabei bieten sich verschiedene Ansätze und Lösungsmöglichkeiten an: RFID, Apps und die Vernetzung von Anlagen.

Leipziger Galvanopreis

Nachdem in diesem Jahr sechs äußerst hochwertige Bewerbungen für den Leipziger Galvanopreis eingereicht worden waren, entschied sich die Jury in Abstimmung mit dem Organisationsteam, zwei Auszeichnungen zu vergeben: Der erste Galvanopreis ging an AIRBUS für die Technologie 3-D-Surfin®. Das Verfahren behandelt das wichtige Thema der aktuell stark im Aufwind befindlichen additiven Fertigung von Metallteilen. Durch den 3-D-SurFin®-Prozess ist es möglich, die Oberflächenrauheit von additiv gefertigten Ti6Al4V-Bauteilen signifikant zu reduzieren und somit die dynamischen Eigenschaften des Materials zu verbessern.

Den zweiten Galvanopreis erhielt das Coventya-Team aus der Türkei, die Politeknik Metal San ve Tic A.S., für das Verfahren Castelox. Es fokussiert die besonderen Anforderungen der Oberflächentechnik an Aluminium-Silizium-Gusslegierungen. Das Erzeugen von gleichmäßig ausgebildeten Oxidschichten ist bekanntermaßen schwierig und kann durch das Verfahren deutlich verbessert werden. Der neu entwickelte Prozess ermöglicht gleichmäßige Anodisierschichten, die dekorativ eingefärbt werden können und verbesserte technische Eigenschaften besitzen.

Der Galvanopreis wird alljährlich von den DGO-Bezirksgruppen Thüringen und Sachsen ausgeschrieben und im Rahmen des Leipziger Fachseminars an die Gewinner übergeben. Er zeichnet Unternehmen der Galvano- und Oberflächentechnik aus, die erfolgreich besonders innovative Lösungen umgesetzt haben. Die Preisträger erhalten neben einer Bronzestatue, einer Urkunde und einer Rezension in der *Galvanotechnik* die Möglichkeit, ihr Thema zu Beginn des nächsten Leipziger Fachseminars vorzustellen.

Richtlinien und Verordnungen

Im folgenden Vortrag berichtete Dr. Michael Flämmich, Vacom Vakuum Komponenten & Messtechnik GmbH, über die vom FiT-Arbeitsausschuss *Messen, Prüfen und Steuern* erarbeitete Richtlinie *Filmische Verunreinigungen beherrschen*. Die Richtlinie gibt firmenunabhängige Handlungsempfehlungen, wie die Prozesskette der Bauteilreinigung aufgebaut und optimiert werden kann, um die Anforderungen an Restverunreinigungen filmischer Natur auf Teileoberflächen sicher zu erfüllen und damit die Funktionalität und Qualität von Bauteilen, Baugruppen und Produkten stabil zu sichern. Im letzten Vortrag des Tages stellte Ulrich Mäule, Qubus GmbH, die *AwSV – Verordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen*, insbesondere Kapitel 3 der Verordnung (anlagenbezogene Regelungen) vor. Anhang 2 ist für Betriebe der oberflächenbearbeitenden Industrie, bei denen es um die Löschwasserrückhaltung geht, immens wichtig. Ziel ist die Verhinderung von Boden- und Grundwasserverunreinigungen bei der Verwendung, Lagerung und beim Abfüllen.

Mit einem Dank an Referenten, Aussteller, Teilnehmer und das Organisationsteam beendete Dr. Olaf Boehnke, der die Moderation am Nachmittag übernommen hatte, das 27. Leipziger Fachseminar und kündigte das 28. Leipziger Fachseminar für Anfang März 2021 an. Marion Regal

➲ www.dgo-online.de

Nanosilber als letzte Verteidigungslinie gegen Viren

Viren verbreiten sich über Oberflächen. Wissenschaftliche Studien belegen, dass eine Beschichtung mit Nanosilber Infektionen vermeiden kann. Entsprechende Lösungen sind aktuell verfügbar und erfüllen weltweite Standards zur sicheren Anwendbarkeit.

Ein weiteres Mal trifft die Welt aktuell eine Pandemie. Im Moment gibt es gegen die rasche Ausbreitung des Coronavirus (SARS-CoV-2) kein Gegenmittel, da Impfstoffe nicht bereitstehen. Demzufolge sind die Menschen darauf angewiesen, den Kontakt mit dem Virus zu vermeiden. Die Strategien, die dafür zur Verfügung stehen sind begrenzt: Gesichtsmasken etwa nutzen kaum, da sich Viren häufig über Hände und Oberflächen weiterverbreiten.

Die chemischen Bausteine der Viren (RNA, DNA) sind jedoch nicht unangreifbar, denn sie enthalten Schwefelatome. Die Schwefelatome reagieren auf chemischer Ebene mit Silber und führen zur irreversiblen Zerstörung der viralen Bausteine. Viren sind immobil: einmal auf eine Oberfläche, wie etwa eine Türklinke abgelegt, müssen sie erstmal in Kontakt mit Silber kommen. Und hierbei bringt die Nanotechnologie ihren unschätzbaren Vorteil ein: Silber kann in geringsten Mengen, fein verteilt und aktiv gegen Viren auf Oberflächen wie Türklinken, Handgriffe, Touchscreens etc. eingesetzt werden.

Die Wirksamkeit von Nanosilber gegen Viren ist in zahlreichen wissenschaftlichen Studien, die weltweit durchgeführt wurden, belegt [1]–[7]. Einen praxisrelevanten Beitrag lieferte jüngst ein Forschungsprojekt der Universität Regensburg mit dem Regensburger Unternehmen RAS AG (Entwicklung und Vertrieb von Nanomaterialien und Beschichtungen). In dem Projekt sollte untersucht werden, welchen Beitrag zur Hygiene Oberflächen leisten, die mit Nanosilber ausgerüstet sind. In einer Doppel-Blind-Studie konnte nachgewiesen werden, dass der Hygienenutzen erheblich ist: Auf Oberflächen, die Nanosilber in Form einer ultradünnen Beschichtung enthalten, siedeln 50 Prozent weniger Keime als auf Oberflächen, die kein Nanosilber enthalten [8]. Im Ergebnis lieferte das Projekt eine anwendungsfertige Beschichtung. Der darin enthaltene Wirkstoff Nanosilber ist sowohl in der EU als auch in den USA verkehrsfähig.

Was ist also nun zu tun?

Die Behörden in Deutschland wären aufgerufen, für die Zukunft vorzusorgen. Es müssen Standards aufgestellt werden, dass die Oberflächen an öffentlichen Orten, wie Kliniken, Flughäfen, Bahnhöfen, Firmengebäuden etc. mit einem Infektionsschutz ausgestattet sind. Und schließlich wären auch Unternehmen aufgerufen, in Infektionsprophylaxe zu investieren und neben Desinfektionsmaßnahmen gängige Übertragungswege, wie Telefone, Touchscreens, Tastaturen, Türklinken, Handgriffe etc. mit aktiven Schutzmaßnahmen auszustatten.

Weitere Informationen zur Nanosilber-Technologie und einen Videobeitrag zur Wirkweise sind auf den Webseiten *http://agpure*.de und *http://ras-ag.com* zu finden.

Über die RAS AG

Die RAS AG mit Sitz in Regensburg ist ein Hersteller von Querschnittsmaterialien mit chemisch-technischem Hintergrund. Produkte und Additive des Unternehmens finden sich in einem breiten Anwendungsfeld in der Textilindustrie, bei Farben und Lacke, in der Medizintechnik und der Landwirtschaft. Daneben bietet die RAS AG durch ihr hochqualifiziertes Personal wissenschaftliche Dienstleistungen an. RAS ist damit enorm technologieorientiert und forscht und entwickelt an der Spitze der Nanotechnologie.

Quellen:

[1] Inactivation of microbial infectiousness by silver nanoparticles-coated condom: a new approach to inhibit HIV- and HSV-transmitted infection; International Journal of Nanomedicine 7 (2012), 5007–18

[2] Silver nanoparticles as potential antiviral agents; Molecules, 2011, Basel, Switzerland, [3] Mode of antiviral action of silver nanoparticles against HIV-1; Journal of Nanobiotechnology (2010), 8:1

[4] In Vitro Antiviral Effect of „Nanosilver" on Influenza Virus; DARU Vol 17, No. 2 (2009), 88

[5] Silver nanoparticles inhibit hepatitis B virus replication; Antivir Ther. (2008), 13(2):253-62

[6] Interaction of silver nanoparticles with HIV-1; J. Nanobiotechnol. (2005), 3, 6

[7] Lv X, et al.: Inhibitory effect of silver nanomaterials on transmissible virus-induced host cell infections; Biomaterials (2014)

[8] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMWI): Sicherheitsforschung (Sifo): NE-Offensive; https://www.sifo.de/de/ne-offensive-erforschung-eines-antimikrobiellausgeruesteten-notaufnahmeraums-2396.html

➲ **www.ras-ag.com**

Customized Solutions

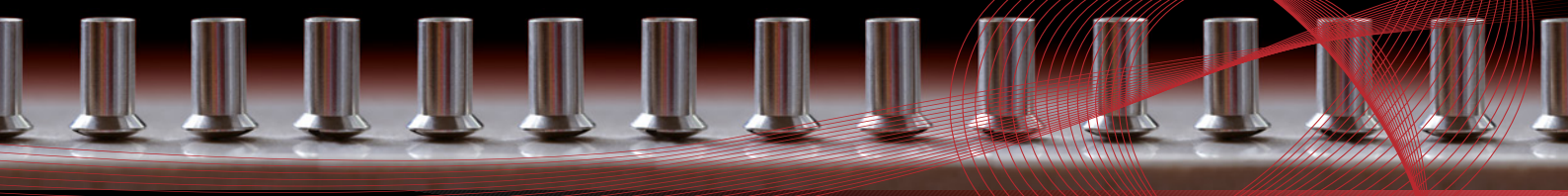
Oberflächenveredelung – Perfektion für Ihren Erfolg!

B + T Unternehmensgruppe

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

Gern auch für Sie.

B+T Unternehmensgruppe



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

Ultraschallsysteme für Pilot-Galvaniklinie

Größter asiatischer Armaturenhersteller setzt auf Ultraschall von Weber Ultrasonics

Ziel des chinesischen Unternehmens war es, eine neue Galvaniklinie zu installieren, die durch modernste Technologie in der Branche Maßstäbe setzt. In die Anlage sind sechs Reinigungsstationen integriert. Hier sorgen jeweils zwölf Ultraschalleinheiten für saubere und fettfreie Teile, die für eine hochwertige Beschichtungsqualität unverzichtbar sind. Bei der Ultraschalltechnik entschied sich das Unternehmen für Lösungen von Weber Ultrasonics.

Rund 3,8 Millionen Euro investierte die chinesische Changtai Kemei Kitchen & Bathroom Technology Ltd., der größte Armaturenhersteller in Asien, im Werk Zhangzhou in eine neue Galvaniklinie. Sie wird für die Veredelung von Bad- und Küchenarmaturen aus Edelstahl und Kupferlegierungen eingesetzt.

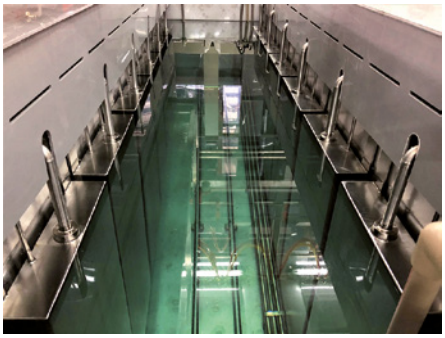
Moderne Technik für erstklassige Oberflächenqualität

Entscheidendes Kriterium für ein optimales Beschichtungsergebnis ist eine saubere und fettfreie Oberfläche der Teile. Entsprechend verfügt die neue Anlage über eine Reinigungslinie mit sechs Stationen. In vier Becken erfolgt die Abreinigung wachsartiger Polierpasten, in den anderen beiden findet das Entfetten vor der anschließenden galvanischen Behandlung statt.

Um in kurzer Zeit ein optimales und stabiles Reinigungsergebnis sicherzustellen, wird die Wirkung des Mediums in allen Reinigungsstationen durch Ultraschall mit einer Frequenz von 25 kHz unterstützt. Changtai Kemei setzt dabei auf die Generatoren Sonopower 3S in der Leistungsklasse 2600 Watt und auf in der Leistung abgestimmte Tauchschwinger der Weber Ultrasonics AG.

Hohe Prozess- und Betriebssicherheit

Jedes Becken ist aufgrund des hohen Volumens mit zwölf Sonosub-Tauchschwingern ausgestattet. Ihre Kapsel wird in einer speziellen Laserschweißtechnik gefertigt, die für extreme Verschlussfestigkeit und Maßhaltigkeit sorgt. Die digitale Frequenzerzeugung und -regelung erfolgt für jeden Schwinger durch einen Sonopower 3S-Generator. Diese Single-Frequenzsysteme ermöglichen durch eine kombinierte Frequenz- und Amplitudenmodulation sehr homogene Schallfelder und verhindern sogenannte stehende Wellen. Dies erhöht die Ultraschallwirkung, so dass die Reinigungs- und Entfettungsprozesse schneller und effizienter erfolgen können.



Jedes Becken der Reinigung ist mit zwölf Tauchschwingern mit 25 kHz ausgestattet (Bild: Weber Ultrasonics AG)

Einen Beitrag zur gleichbleibenden Schallleistung leistet auch der Sonoscan. Er ermittelt die Arbeitsfrequenz vor der Schallabgabe automatisch und stellt das System entsprechend ein. Während des Prozesses kann die Frequenz kontinuierlich überwacht und automatisch angepasst werden. Dadurch wird auch bei sich verändernden Betriebsbedingungen, wie beispielsweise Temperaturschwankungen, stets mit der effizientesten Leistung gearbeitet. Da die Anpassungen im laufenden Betrieb erfolgen, ist ein unterbrechungsfreier Betrieb gewährleistet – ein Kriterium, das bei Changtai Kemei ebenso wie die hohe Qualität und Lebensdauer besonders ins Gewicht fällt. Denn die Anlage ist an sieben Tagen der Woche im Dreischichtbetrieb im Einsatz.

Die 72 Generatoren sind in einem klimatisierten Raum untergebracht und mit einer optionalen Profibus-Schnittstelle ausgestattet. Sie ermöglicht, dass die teilespezifischen Reinigungsprogramme, beispielsweise abgestimmt auf die verschiedenen Materialien und Teileabmessungen, aus der Ferne ausgewählt werden können. Ebenso kann die Leistung im Bereich von zehn bis 100 Prozent stufenlos eingestellt werden.

Die Galvanikanlage ist ein Pilotprojekt für einen neuen Industriepark, in dem bis zu 20 solcher Galvaniklinien eingesetzt werden sollen. Er soll bis 2022 in Betrieb gehen.

Doris Schulz

Die 72 Sonopower 3S-Generatoren befinden sich in einem klimatisierten Raum und sind mit einer optionalen Profibus-Schnittstelle ausgestattet. Sie ermöglicht die Steuerung der Schwinger aus der Ferne (Bild: Weber Ultrasonics AG)

Über Weber Ultrasonics AG

Die Weber Ultrasonics AG entwickelt, produziert und vermarktet Lösungen und Komponenten für die industrielle Nutzung der Ultraschalltechnologie. Ihr Geschäftsfeld konzentriert sich auf das Reinigen, Schweißen und Schneiden mit Ultraschall und schließt weitere spezielle Anwendungsformen ein. Das Unternehmen ist nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert und wurde bereits mehrfach für eine vorbildliche Unternehmensführung ausgezeichnet. Das familiengeführte mittelständische Unternehmen mit Sitz in Karlsbad, Deutschland, beschäftigt weltweit über 130 Mitarbeiter. Zur Weber Ultrasonics AG gehören Tochterunternehmen in den USA und Asien sowie die Weber Entec GmbH & Co. KG mit Sitz in Waldbronn, die auf ultraschallbasierte Anlagentechnik für Biogas- und Kläranlagen spezialisiert ist.

➲ www.weber-ultrasonics.com

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

DGO-Arbeitskreis Leichtmetalle unterstützt Normungsvorhaben zur plasmaelektrolytischen Oxidation

Am 23. Januar trafen sich Vertreter aus Wissenschaft und Industrie bei der Dechema in Frankfurt, um gemeinsam die Erstellung einer offiziellen Verfahrensnorm zur plasmaelektrolytischen Oxidation (PEO) voranzutreiben. Begleitet wurde das Treffen von Amelie Banhart als Vertreterin des DIN, Berlin. Bereits Mitte 2019 veröffentlichte der DGO-Arbeitskreis Leichtmetalle einen entsprechenden Aufruf für dieses Bestreben.

Die PEO ist ein oberflächentechnisches Verfahren zur Herstellung keramischer Schichten auf Leichtmetallen. Die Schichten erreichen eine Dicke von üblicherweise 10 µm bis 200 µm und weisen aufgrund einer kristallinen und dichten Mikrostruktur sehr hohe Mikrohärten (bis zu 2000 HV) auf. Das Verfahren kommt für industrielle Zwecke zunehmend zum Einsatz. Die Anwendungsfelder erstrecken sich von hochverschleißfesten sowie hitzebeständigen Schutzschichten auf Aluminiumbauteilen über dekorative oder korrosionsschützende Schichten für Magnesium bis hin zu bioinerten und bioaktiven Beschichtungen für medizinische Titanimplantate.

Mit einer Norm soll nun eine gemeinsame Basis grundsätzlicher Anforderungen geschaffen werden, um eine harmonisierte Kunden-Lieferantenbeziehung entlang der Wertschöpfungskette zu fördern. Dies birgt Vorteile auf der Qualitäts- und auch auf der kommerziellen Seite. Das weitere Vorgehen zu diesem Normungsvorhaben wird die DGO-Geschäftsstelle gemeinsam mit dem Normenausschuss *Chemische und elektrochemische Überzüge* (NA 062-01-76 AA) auf dessen nächster Sitzung abstimmen. Nähere Informationen zum Normungsvorhaben erhalten Interessierte in der DGO-Geschäftsstelle bei Dr. Daniel Meyer (E-Mail: d.meyer@dgo-online.de).

➲ **www.dgo-online.de**

Praktika für Studenten der Galvano- und Oberflächentechnik gesucht

Die Förderung des Branchennachwuchses ist wichtiger Bestandteil der Verbandsarbeit. Daher richtet der DGO seinen Fokus künftig auch auf das Thema *Praktika für Studenten aus dem Bereich der Galvano- und Oberflächentechnik*. Firmenmitglieder der DGO und des Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO) sowie darüber hinaus alle Branchenunternehmen werden dazu aufgerufen, bezahlte Praktikumsplätze bekanntzugeben.

Für Studenten, die gemäß Prüfungsordnung verpflichtet sind, im Laufe ihres Studiums ein Betriebspraktikum zu absolvieren, gestaltet sich die Suche nach einem Unternehmen in der Nähe des Studienortes oft schwierig, da Firmen, die Praktika anbieten, selten öffentlich gelistet sind. Darüber hinaus bleiben viele Praktika unbezahlt. Dabei können Studenten mit ihrem bereits erworbenen Wissen durchaus nützliche Impulse setzen und fachlich zuarbeiten. Für Firmen bietet die Vergabe von Praktika den Vorteil, schon heute qualifizierte Mitarbeiter von morgen kennenzulernen und an die Firma zu binden. Alle Mitglieds- und Branchenunternehmen werden gebeten, durch die Meldung verfügbarer (bezahlter) Praktika für Studenten die Situation zu verbessern.

Interessierte Anbieter von Praktikumsplätzen können sich per E-Mail an Sabine Groß (s.gross@dgo-online.de), wenden. Sie erhalten einen kurzen Fragebogen zur Erhebung der Kontaktdaten und Randbedingungen. Die Liste wird anschließend den praktikumssuchenden Studenten zur Verfügung gestellt.

➲ **www.dgo-online.de**

Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung e. V. (GSK)

Neuer Vorstand und Wechsel in der GSK-Geschäftsführung

Der neue GSK-Vorstand: Niels Jørgen Hedegaard, Torsten Leitermann,, Michael Krebs, Günter Hawle, Johan Kolk, Ertugrul Ince (v.l.n.r)

Lars Walther ist neuer Geschäftsführer

Die Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung e.V. (GSK) hat bei der letzten Mitgliederversammlung im Herbst 2019 einen neuen Vorstand gewählt. Der Vorstand setzt sich nun zusammen aus dem Vorsitzenden Johan Kolk, Appendagefabriek Kolk B.V., dem stellvertretenden Vorsitzenden Michael Krebs, VAG GmbH, sowie den weiteren Mitgliedern Günter Hawle, Niels Jørgen Hedegaard, Ertugrul Ince sowie Torsten Leitermann.

Der neu gewählte Vorstand hat sich aus strategischen Überlegungen heraus entschieden, die Geschäftsführung zukünftig technischer auszurichten. Deshalb wurde Rechtsanwalt Lars Walther zum neuen Geschäftsführer der GSK bestellt. Walther ist bereits Geschäftsführer von unterschiedlichen Güte- und Qualitätsverbänden aus dem Bereich der organischen Oberflächenveredelung. Ab 1. April 2020 wird die Geschäftsstelle der GSK ihren Sitz nach Schwäbisch Gmünd verlegen und zukünftig von dort aus die Geschäfte der Gütegemeinschaft führen.

➲ **www.gsk-online.de**

Inserentenverzeichnis

Airtec Mueku	33	G. & S. Philipp	11	Munk GmbH	23
B+T Unternehmensgruppe	39	Walter Lemmen GmbH	15	Plasmatreat	Titel
Ebbinghaus Verbund	37	Gebr. Liebisch GmbH & Co. KG	U2	Sager + Mack GmbH	1
Elanis	27	List-Magnetik	38	Softec AG	37
ELB Zerrer	U4	Messe T4M	17		

Unter Extrembedingungen

Hält Spitzentemperaturen stand.

Mit den CERANOD®-Technologien von ELB® können Oberflächen von Aluminium, Magnesium und Titan exakt an Ihre Anforderungen angepasst werden.

Innovative Lösungen für Ihre Anwendungen,
Ihr Wettbewerbsvorteil.

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

CERANOD®

Oberflächentechnologie der Zukunft