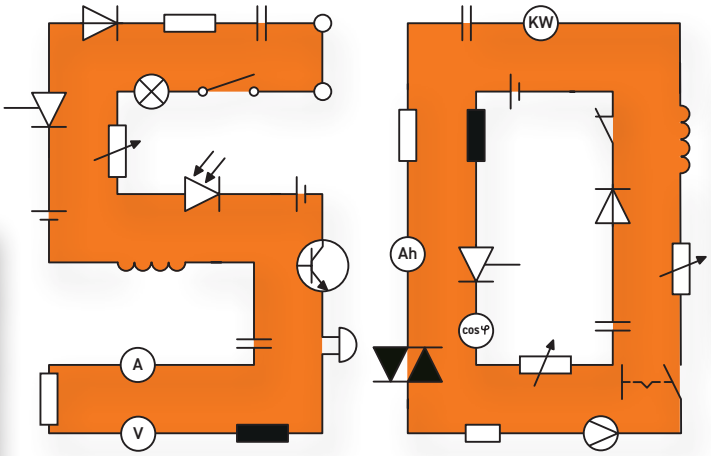
ISSN 2195-5905 | BAND 9

WOMAG

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche

Gleichrichtergeräte aus Westfalen

robust + effizient



Dezentrale Kompakt-klasse

1970 – 2020

Zentrale Mehrkreis-stromversorgung

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

www.munk.de
www.rectifier.com

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

WERKSTOFFE
Modifizierungen der Oberfläche von Polyethylen und Polypropylen

MEDIZINTECHNIK
Antimikrobielle Oberflächen zur Infektionsprävention

OBERFLÄCHEN
Galvanikgerechtes Polieren von Kunststoffbauteilen

OBERFLÄCHEN
Heißgeprägte großflächige Pflanzenmikrostrukturen

OBERFLÄCHEN
Moderne Beschichtungsverfahren

SPECIAL
Thermisches Spritzen – Mensch und Maschine im Zusammenspiel

MAI 2020

Branchen-News täglich: womag-online.de

Schlötter
Galvanotechnik

Spannungsfreiheit, die sich auszahlt.

Chemisches Nickelbad SLOTONIP LP 1870

Das chemisch Nickelbad zeichnet sich durch die Abscheidung sehr spannungsarmer Schichten mit einem niedrigen Phosphoranteil von 2-4 % in der Legierung aus.

Das chemisches Nickelbad SLOTONIP LP 1870 bietet Ihnen:

- eine einfache Badführung durch kombinierte Badzusätze
- blei-, kadmium- und PFOS - freie Zusätze (dadurch RoHS-konform)
- helle, halbglänzende bis glänzende Schichten
- einen Phosphorgehalt 2 - 4 %
- Abscheidegeschwindigkeit ca. 18 – 22 µm/h
- eine Härte 650 - 700 $HV_{0,1}$ (nach Abscheidung)

links: Standard chem. Nickelbad,
rechts: SLOTONIP LP 1870
Prüfung nach ASTM Standard B975

TÜV SÜD ISO 9001

DIN EN ISO 9001: 2015 /
14001: 2015 / 50001: 2011

Verfahren · Forschung
Service · Anlagentechnik

Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG

T +49 (0) 7331 205-0 · www.schloetter.de

EDITORIAL

Beschichtungstechnologie unter Mitwirkung der künstlichen Intelligenz

Die stetige Weiterentwicklung der Datentechnologie mit allen ihren Bereichen wie Rechenkapazitäten, Speichermöglichkeiten oder Datenübertragung erlaubt es in immer stärkerem Maße, nahezu alle Produktionsarten in mehr oder weniger großem Umfang zu unterstützen. Auch wenn die Leistungsfähigkeit von dazu notwendigen Sensoren diese Entwicklung fördert, liegt die Leistungsfähigkeit der menschlichen Sinne trotzdem häufig noch über denen der Maschinen - insbesondere, wenn es um die Verarbeitung von visuellen Informationen geht. Sowohl zur Optimierung von Fertigungsprozessen als auch zur dringend notwendigen Beschäftigung des Menschen ist es sicher sinnvoll, die Leistungsfähigkeit der beiden Welten - Mensch und Maschine - aufeinander abzustimmen.

In einem Forschungsprojekt an der Technischen Universität Chemnitz werden am Beispiel der Beschichtungsart des thermischen Spritzens die Herausforderungen für eine Verbesserung der Zusammenarbeit von Mensch und Maschine genauer betrachtet. Interessant zu hören ist, dass hierbei vor allem den Bedürfnissen der tätigen Menschen eine breite Betrachtung eingeräumt wird. In diesem Hinblick werden beispielsweise Aktionen aufgedeckt, die für den tätigen Facharbeiter eine Entlastung bedeuten können und ihm zusätzliche Freiräume für kreative Tätigkeiten zur Weiterentwicklung des Arbeitsprozesses verschaffen. Es kann aber auch dazu führen, gesundheitlich eher belastende Prozesssegmente aufzudecken und an die Maschine zu übertragen. Das Forschungsprojekt hat sich unter anderem zum Ziel gesetzt, solche Entwicklungen zu analysieren und die besten Lösungsansätze für einen besseren Beschichtungsprozess unter Einsatz der modernen künstlichen Intelligenz zu finden. Der erste Teil des Fachaufsatzes zum Forschungsprojekt ist in dieser Ausgabe (Seite 18ff und in der Online-Ausgabe) enthalten.

Unter Umständen fördert das Forschungsprojekt auch Hinweise auf Aspekte zutage, die einer weiteren großen Herausforderung der Oberflächentechnologie dienen können: dem Ersatz von kritischen Stoffen aufgrund der europäischen Chemikalienverordnung (Beitrag Seite 23ff). Dazu müssen alle Verfahren der Oberflächen- und Beschichtungstechnik einer detaillierten Betrachtung über Einsatzmöglichkeiten zum Schutze von Mensch und Natur unterzogen werden. Gewisse Querverbindungen zwischen den beiden Arbeitsrichtungen sind durchaus erkennbar - wir werden Sie über die Ergebnisse der weiteren Entwicklungen in diesen Richtungen auf dem Laufenden halten.

WOMAG – VOLLSTÄNDIG ONLINE LESEN

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

Sager + Mack®
Leading the way in pumps and filters

MAGNETPUMPEN
TAUCHPUMPEN
FILTERSYSTEME

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

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

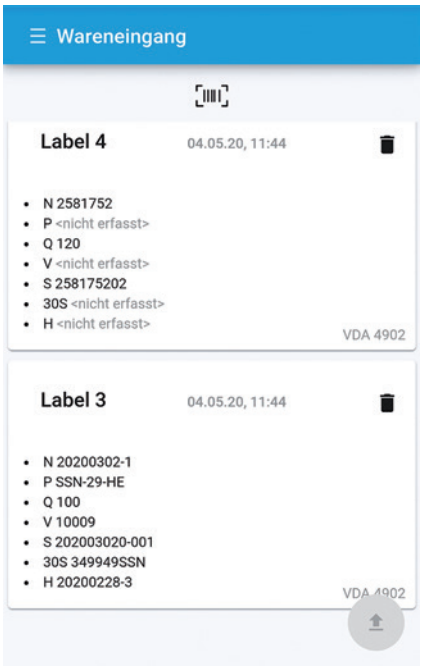
PUMPEN PUMPS | 泵
FILTER FILTERS | 过滤器
FILTERMEDIEN FILTERMEDIA | 过滤耗材
DAS PLUS THE PLUS | 服务

www.sager-mack.com

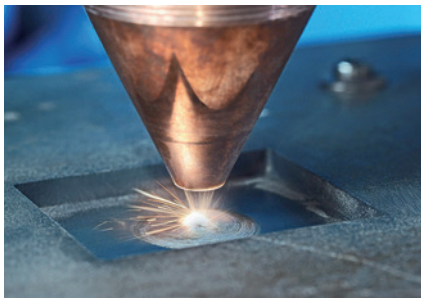
Sager + Mack GmbH
Max-Eyth-Str. 13/17
74532 Ilshofen-Eckartshausen
info@sager-mack.com
+49 7904 9715-0

INHALT

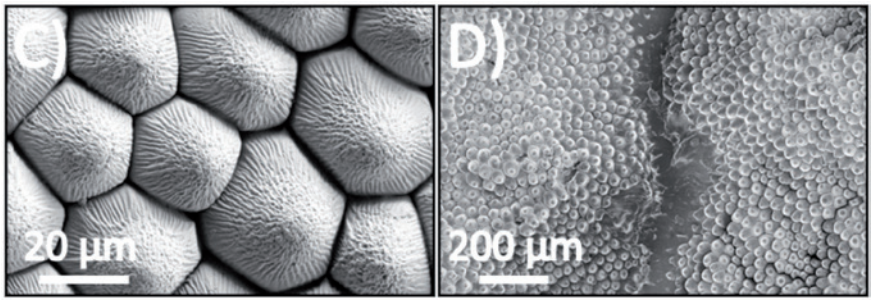
4 Modifizierung von Kunststoffoberflächen zur Verbesserung der Haftung



29 Apps in der Fertigung



8 Laserauftragschweißen



20 Oberflächenstrukturen von Pflanzen für technische Produkte

WERKSTOFFE

4 Modifizierungen der Oberfläche von Polyethylen und Polypropylen
6 Intelligente Umformprozesse
7 Deutsch-tschechisches Forschungsprojekt zu neuartigen Hartstoffschichten gestartet
8 Im Fokus: Biobasierte Leichtbau-Sandwich-Strukturen für Rotorblätter
8 Gezielt verstärkt: Laserauftragschweißen optimiert den Leichtbau
9 Rechtliche Aspekte der additiven Fertigung
10 Seeing how grain boundaries transform in a metal
11 Institut für Experimentelle Physik der TU Bergakademie Freiberg ist Partner des Helmholtz-Innovations Labs UltraTherm
11 Preisgekrönte Forschung an den Solarzellen der Zukunft

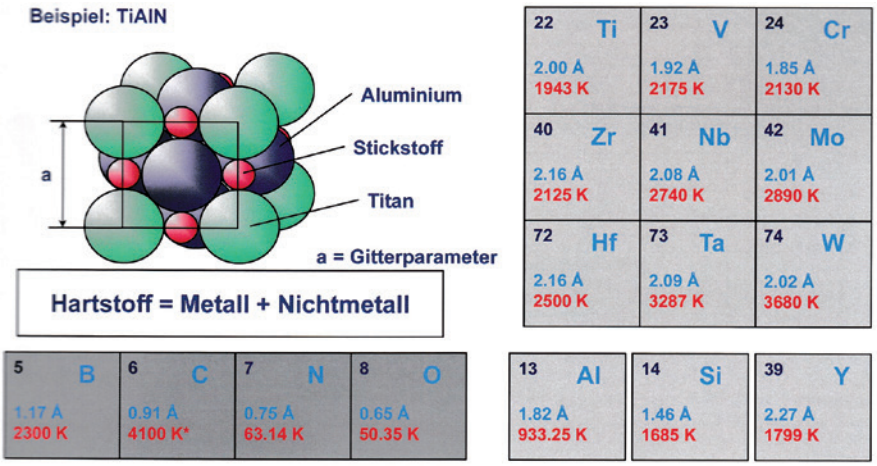
MEDIZINTECHNIK

12 Antimikrobielle Oberflächen zur Infektionsprävention
14 GBneuhaus ergreift Hygienemaßnahmen
14 Antimikrobielle Ausstattung von Oberflächen durch Verfahrens- und Wirkstoffkombination

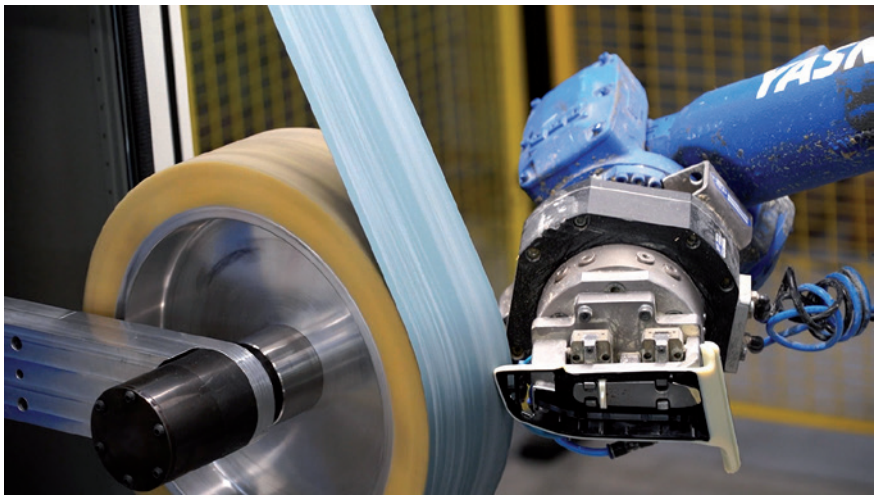
OBERFLÄCHEN

16 Galvanische Beschichtung von biobasierten und biologisch abbaubaren Kunststoffen
17 Galvanikgerechtes Polieren von Kunststoffbauteilen
18 Mensch und Maschine – Eine Betrachtung des Zusammenspiels der Systeme am Beispiel des thermischen Spritzens
20 Hot embossed large-area plant microstructures for improved photovoltaic light harvesting
22 Neuheit – Wassergekühlte Gleichstromquelle Power Station pe5910-W-AFE

INHALT



26 Hartstoffschichten, hergestellt mittels Vakuumverfahren



17 Polieren von Kunststoffteilen für den dekorativen Einsatz

OBERFLÄCHEN

23 Problematische Stoffe sollen durch sichere Chemikalien ersetzt werden – eine Stellungnahme des ZVO
26 Moderne Beschichtungsverfahren
28 OEMs erteilen Freigabe für Zinklamellenbeschichtung
29 Digitalisierung – jetzt erst recht!

VERBÄNDE

31 GDA e.V. – VOA e.V.

UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

32 Umicore Galvanotechnik – Sondermann

Zum Titelbild: Die Munk GmbH entwickelt, fertigt und vertreibt seit 50 Jahren Stromversorgungen für die Oberflächenbehandlung in höchster Qualität.

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

Modifizierungen der Oberfläche von Polyethylen und Polypropylen

Von Konstantin Siegmann, Labor für Polymere Beschichtungen des Institute of Materials and Process Engineering, IMPE, der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, ZHAW, Winterthur

Niederenergetische Kunststoffe, wie die Polyolefine Polyethylen oder Polypropylen, sind nur schwer zu kleben oder zu bedrucken. Die Herausforderung kann gelöst werden mit einer Methode, die ursprünglich aus der Biochemie stammt und mit der sich die Oberflächen von solchen Kunststoffen chemisch verändern lassen. Am Beispiel von photoreaktivem Skiwachs, einer hydrophoben Modifikation von Polyethylen, wird das Verfahren veranschaulicht.

1 Ein oberflächliches Problem

Im Jahr 2005 wurden weltweit 230 Millionen Tonnen Kunststoffe verbraucht; über 50 % davon entfielen auf die Polyolefine Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP). Polyethylen und Polypropylen sind ausgesprochen niederenergetische Kunststoffe, das heißt, dass ihre Oberfläche wenig reaktiv ist. Wasser und Öl perlen ab und sie lassen sich kaum lackieren, bedrucken oder kleben. Die Reaktionsträgheit der Polyolefine beruht auf ihrem molekularen Aufbau. Polyolefine bestehen ausschließlich aus Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen, die durch äußerst starke, unpolare Bindungen zusammengehalten werden; nur Teflon, das von der Anwendung als haftmindernde Bratpfannenbeschichtung bekannt ist, ist noch unreaktiver. Trotzdem besteht das Bedürfnis, die Oberflächen von Polyethylen und Polypropylen zu modifizieren, zu kleben oder zu bedrucken.

Oftmals muss die Oberfläche mit drastischen Methoden behandelt werden, bevor sie weiterverarbeitet werden kann. Weitverbreitet sind die Plasma-, Corona- oder Flammenaktivierung. Bei den drei genannten Verfahren wird die Oberfläche des Polyolefinwerkstücks sozusagen dosiert verbrannt, so dass sich reaktive Stellen bilden. Wird dieser Prozess auf der molekularen Ebene betrachtet, handelt es sich um das Einbringen von Sauerstoffatomen in den Kohlenstoff-Wasserstoff-Verband. Diese sind polar und erhöhen die Oberflächenenergie. Danach kann beispielsweise ein Lack haften oder die Werkstücke können verklebt werden.

Die genannten oxidativen Verfahren haben aber gewichtige Nachteile. Beispielsweise schwächt das dosierte Verbrennen den Kunststoff, so dass die anschließende Verklebung in der Verbindungszone mechanisch geschwächt ist. Auch ist die oxidative Aktivierung nicht dauerhaft, sie verschwindet mit der Zeit. Es besteht also eine große Nachfrage nach schonender und dauerhafter Oberflächenmodifizierung von Polyethylen und Polypropylen.

2 Die Zähmung explosiver Chemie

Ein Ansatz zur Erzielung einer entsprechenden Oberflächenmodifikation wurde aus der Biochemie übernommen. Dort wurden Methoden entwickelt, um Enzyme an unreaktiven Stellen zu markieren. Diese Methoden bedienen sich spezieller Moleküle, die durch ultraviolettes Licht angeregt werden und in hochreaktive Bruchstücke zerfallen; diese Bruchstücke können in unreaktive Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindungen eindringen. Eigentlich für die Biologie entwickelt, wurde diese Methode auf Kunststoffe wie Polyolefine angewandt. *Abbildung 1* zeigt das Prinzip.

Die reaktive Gruppe in Molekül A ist ein Azid, welches aus drei Stickstoffatomen besteht. Azide sind instabil, sie werden beispielsweise zum explosionsartigen Aufblasen von Airbags oder als Initialsprengstoffe eingesetzt. Hier ist das Azid an einen aromatischen Ring gebunden, der als Antenne wirkt. Sobald die Antenne ultraviolettes Licht absorbiert hat, gibt sie dessen Energie an das Azid weiter, das sofort molekularen Stickstoff abspaltet. Zurück bleibt eine Stickstoffspezies, die sich einen neuen Reaktionspartner sucht. Dieser kann die Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung der Oberfläche eines Kunststoffs sein, in die es sich einschiebt und sich damit mitsamt dem aromatischen Ring fest auf der Oberfläche verankert. Am aromatischen Ring kann eine beliebige Gruppe (*R* in *Abb. 1*) angebracht sein. Diese Gruppe ist nun mit der Kunststoffoberfläche chemisch verbunden. So gelingt es, fast beliebige Gruppen R auf die – sonst unreaktive – Kunststoffoberfläche aufzupfropfen.

3 Ein Beispiel: photoreaktives Skiwachs

Moderne Skiwachse sind effizient im Verringern des Gleitwiderstands von Ski auf Schnee. Sie erreichen dies, indem sie den Wasserfilm, der sich durch die Reibung zwischen Ski und Schnee bildet, stark abweisen. Allerdings werden konventionelle Skiwachse schnell abgerieben, sie haften nicht einmal

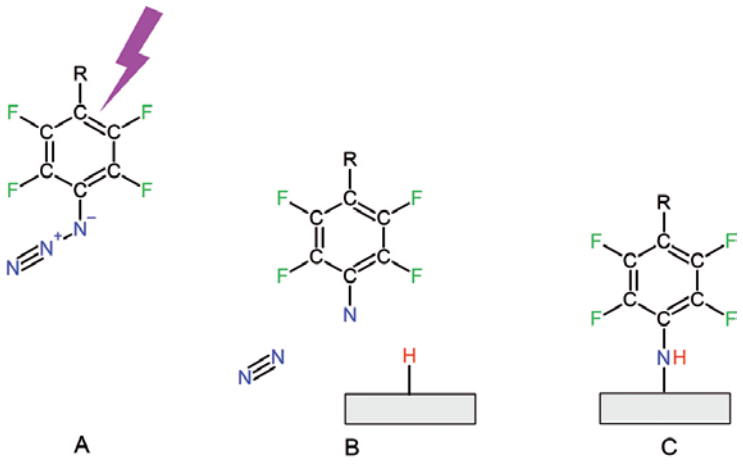


Abb. 1: Eine labile Substanz absorbiert ultraviolettes Licht (A), zerfällt in ein reaktives Bruchstück (B), welches mit der Kunststoffoberfläche reagiert (C)

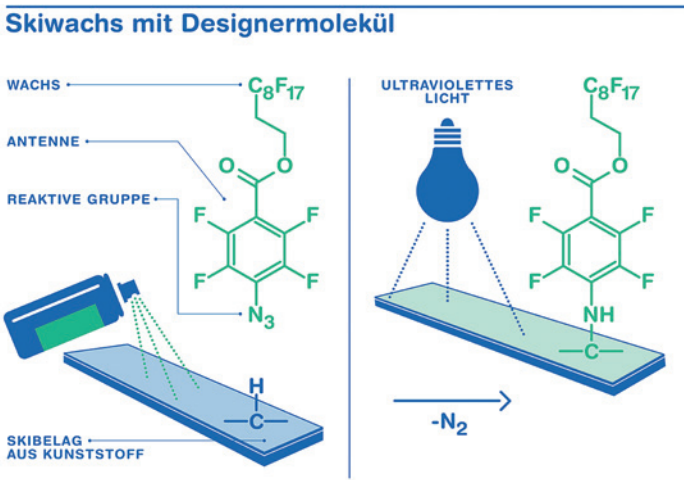


Abb. 2: Molekularer Aufbau und Anwendung von photoreaktivem Skiwachs

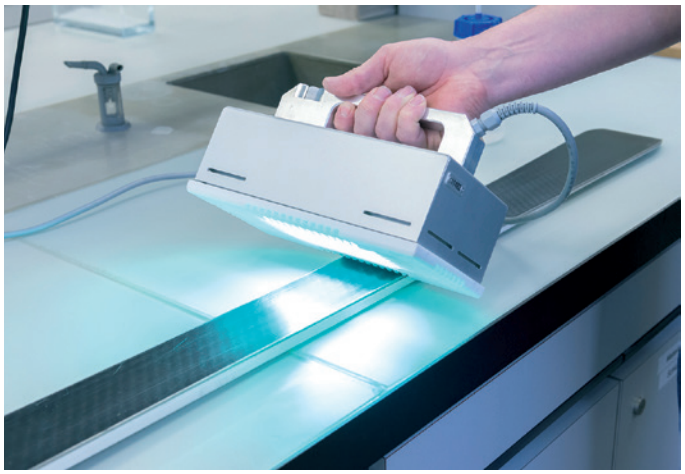


Abb. 3: Das Wachsen eines Skis mit Hilfe einer Quecksilberdampflampe

lang genug für die Dauer eines Rennens. Ein ideales Skiwachs wäre darum einerseits stark wasserabweisend (hydrophob) und würde andererseits gut am Skibelag haften.

Skibeläge bestehen aus Ultra-High-Molecular-Weight Polyethylen (UHMWPE), einem Polyethylen mit besonders langen Ketten, das sich in seiner Reaktivität kaum von normalem Polyethylen unterscheidet. Die Aufgabe besteht also darin, hydrophobe Gruppen auf UHMWPE zu pfropfen. Am stärksten hydrophob sind perfluorierte Kohlenstoffketten, also teflonartige Verbindungen. Die Gruppe R aus *Abbildung 1* sollte demnach eine lange, perfluorierte Kette sein. *Abbildung 2* zeigt den molekularen Aufbau von photoreaktivem Skiwachs. Zu erkennen sind in *Abbildung 2* folgende drei Segmente:

– Azid ($-N_3$) als reaktive Gruppe
– ein aromatischer Ring als Antenne für ultraviolettes Licht
– die stark hydrophobe lange, perfluorierte Kette ($-C_8F_{17}$)

Mit diesem Stoff läuft das Wachsen von Ski so ab, dass das photoreaktive Skiwachs im ersten Schritt als hochverdünnte Lösung auf den Belag aufgesprüht wird und anschließend trocknen kann. Dann wird der Ski mit ultraviolettem Licht aus einer Quecksilberdampflampe bestrahlt, das Skiwachs bindet chemisch an den Belag an. Der Ski ist nun dauerhaft stark hydrophob ausgerüstet. *Abbildung 3* zeigt die handgehaltene Quecksilberdampflampe und einen behandelten Ski.

4 Erfolg und Ausklang

Photoreaktives Skiwachs erwies sich in Labortests im Vergleich mit konventionellen Hochleistungsskiwachsen als über doppelt so lange haftend. Ausgedehnte Feldtests mit professionellen Skifahrern ergaben eine Leistungssteigerung von etwa 1 % gegenüber konventionellen Skiwachsen – ein enormer Wert, wenn bedacht wird, dass es im Skisport um Hundertstelsekunden geht. Darum wurde photoreaktives Skiwachs an der Winterolympiade 2018 in Südkorea erstmals angewandt. Welche Mannschaften das photoreaktive Skiwachs erhielten, bleibt ein gut gehütetes Geheimnis, es ist jedoch davon auszugehen, dass damit Medaillen gewonnen wurden.

Per- und polyfluorierte Kohlenstoffverbindungen stehen allerdings seit längerer Zeit in Verdacht, gesundheitsschädlich zu sein. Darüber hinaus werden sie kaum abgebaut und reichern sich in Umwelt und Biosphäre an. Aus diesen Gründen werden alle fluorierten Skiwachse (und damit leider auch photoreaktives Skiwachs) ab der Wintersaison 2020/21 verboten – das Ende einer Erfolgsgeschichte.

5 Viele Anwendungsgebiete

Das absehbare Ende von photoreaktivem Skiwachs ist jedoch nicht das Ende der Oberflächenmodifikationen mittels organischer Azide. Da die funktionellen Gruppen (R in *Abb. 1*), die durch die beschriebene Technologie auf Polyolefine gepfropft werden können, beinahe unbegrenzt sind, öffnen sich andere Anwendungsgebiete. Eines davon wäre zum Beispiel das Anbinden von Bioziden auf Polyolefinoberflächen. Eine antimikrobielle Ausrüstung von Gebrauchsgegenständen wäre damit möglich. Die Oberflächenmodifikation niederenergetischer Kunststoffe durch photoaktivierte Azide steckt noch in den Anfängen und soll am IMPE weiterentwickelt werden.

Zum IMPE der ZHAW

Das Institute of Materials and Process Engineering (IMPE) der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, ZHAW, Winterthur, verfügt über umfassende Kompetenzen in Materialwissenschaften und Verfahrenstechnik. Zusammen mit Partnern aus der Industrie erarbeitet das IMPE neue Lösungen mit angewandtem Charakter. Das Institut ist Ansprechpartner für Fragestellungen und bei Vorliegen von Forschungsbedarf im Bereich Materialien oder Prozessentwicklung.

➲ www.zhaw.ch/impe

Das Labor für Polymere Beschichtungen ist eines der sieben Labore des IMPE. Die Expertise der dort tätigen Fachleute erlaubt es, (fast) alle Beschichtungen einzusetzen und den jeweiligen Anforderungen anzupassen, angefangen bei Nanobeschichtungen bis hin zu konventionellen Lacken. Anfragen sind zu richten an:

➲ www.zhaw.ch/de/engineering/institute-zentren/impe/laborbereiche/polymere-beschichtungen/

Das IMPE organisiert darüber hinaus den jährlichen Winterthurer Oberflächentag, an dem oberflächenrelevante Themen vorgestellt werden. 2021 sind dies *Smart Coatings*.

➲ www.zhaw.ch/impe/wot

Danksagung

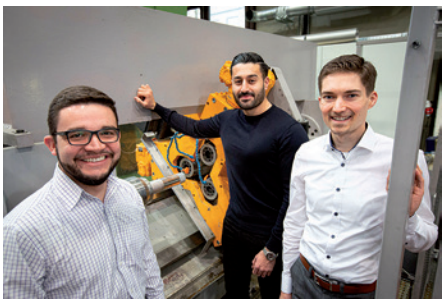
Die Autoren danken der Kommission für Technologie und Innovation KTI für die finanzielle Unterstützung. Dem Unternehmen TOKO sei für die gute Zusammenarbeit gedankt.

Intelligente Umformprozesse

Neues Verfahren für hochoptimierte, fälschungssichere Stahlbauteile

Die Universität Paderborn, die Technische Universität Dortmund und das Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM arbeiten seit Februar in einem neuen Forschungsprojekt daran, durch Umformprozesse nicht nur die äußere Form von Stahl zu verändern, sondern auch gezielt die Eigenschaften anzupassen. Dieses Verfahren ermöglicht künftig eine effizientere, ressourcenschonende Herstellung von optimierten, fälschungssicheren Stahlbauteilen.

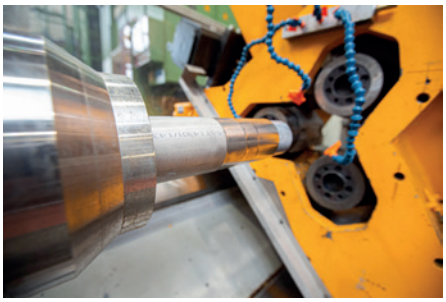
Das Projekt *Eigenschaftsbasierte Regelung von Verfestigungs- und Phasenumwandlungsprozessen beim Drücken und Drückwalzen metastabiler Austenite* wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) mit circa 450 000 Euro für zunächst zwei Jahre gefördert und gehört zum Schwerpunktprogramm *Eigenschaftsgeregelte Umformprozesse* der DFG. Sie fördert hier insgesamt elf Forschungsverbünde, mit dem Ziel, die wissenschaftlichen Grundlagen der prozessintegrierten Eigenschaftsregelung von Umformprozessen zu erforschen und neue Ansätze der Eigenschaftsregelung zu erproben und zu validieren.



Arbeiten an einem intelligenten Drückwalzprozess: (v.l.n.r.) Julian Rozo Vasquez (WPT, Technische Universität Dortmund), Bahman Arian (LUF, Universität Paderborn) und Markus Riepold (Fraunhofer IEM) vor dem Umform-Prüfstand der Universität Paderborn (© Fraunhofer IEM)

Ob Haushalt, Infrastruktur oder Industrie: Stahl ist aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Moderne Stahlwerkstoffe ermöglichen erst in Verbindung mit fortschrittlichen Fertigungstechnologien die Herstellung von vielen Hochleistungsprodukten. Ein typisches Beispiel ist der Einsatz des Drückwalzens für die Herstellung von Bauteilen aus Edelstählen für Zentrifugen- oder Strahltriebwerke. Kommt hier ein spezieller Stahl, ein sogenannter metastabiler austenitischer Stahl, zum Einsatz, lassen sich gezielt die äußere Form und auch die Eigenschaft des Metalls durch Phasenumwandlung beeinflussen.

Die Wissenschaftler der Universität Paderborn, der Technischen Universität Dortmund und des Fraunhofer IEM arbeiten an einem intelligenten Drückwalzprozess, mit dem Hersteller gezielt die Eigenschaften ihrer künftigen Bauteile sehr fein ortsaufgelöst einstellen und dadurch wertvolle Zusatzfunktionen integrieren können. Dies kann zum Beispiel für die Überwachung von Bauteilzuständen und Prozessen oder einer eindeutigen und manipulationssicheren Kennzeichnung von Bauteilen genutzt werden.



Drückwalzen: Die Spindel (vorne links) dreht das Stahlbauteil, das von den drei Walzen im Hintergrund umgeformt wird. Die blauen Leitungen sorgen für ausreichend Kühlschmierstoff (© Fraunhofer IEM)

Es ergeben sich dabei folgende Vorteile für den Herstellungsprozess:

– Ressourcenschonend:
  Umformprozesse fertigen Teile ohne den Abtrag wertvollen Materials, wie dies beispielsweise beim Fräsen geschieht. Weiterhin ermöglicht es der intelligente oder geregelte Drückwalzprozess, sehr definiert und reproduzierbar auf physikalische beziehungsweise mechanische Eigenschaften, wie zum Beispiel die Festigkeit oder Härte des Stahls, Einfluss zu nehmen. Neben einer deutlichen Verbesserung der Funktionalität können Hersteller Material einsparen beziehungsweise gezielter einsetzen.
– Kostengünstig:
  Eine vergleichbare Funktionalität ist bisher – wenn überhaupt – durch aufwendige und teure Nacharbeit beziehungsweise den Einsatz von zusätzlichen Bauteilen möglich. Die Fertigung innerhalb eines Regelkreises ermöglicht es auch, die Bauteilqualität zu verbessern und Ausschuss zu reduzieren.

Auch das fertige Stahlbauteil bietet Vorteile: Das intelligente Drückwalzen erschließt spezielle physikalische Eigenschaften der metastabilen austenitischen Stähle für eine Vielzahl von Anwendungen. So kann beispielsweise ein magnetischer Barcode in das Stahlbauteil integriert werden. Dieser äußerlich unsichtbare, eindeutig identifizierbare Code ermöglicht es, fälschungssichere Produkte herzustellen.

Die Forschungspartner

Für das Vorhaben bündeln die Partner verschiedene Kompetenzen. Der Lehrstuhl für Umformende und Spanende Fertigungstechnik (LUF) der Universität Paderborn besitzt umfangreiche Erfahrungen im Hinblick auf die erfolgreiche Auslegung von Drückverfahren. Diese nutzt er für die Erarbeitung der verfahrensspezifischen Grundlagen, die rechnerische Beschreibung und die umformtechnische Bewertung des intelligenten Drückwalzens.

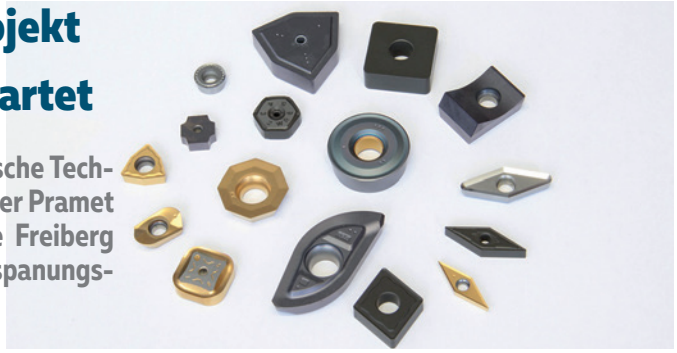
Das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) der TU Dortmund bringt Expertise im Bereich der Charakterisierung der Mikrostrukturen und verformungsinduzierten Phasenumwandlungen sowie der Eigenschaften von Werkstoffen und Bauteilen unter betriebsrelevanten Beanspruchungen im Sinne von Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit auf der Basis eines Prozess-Struktur-Eigenschaft-Schädigung-Verständnisses ein.

Der Forschungsbereich *Scientific Automation* des Fraunhofer IEM aus Paderborn liefert Knowhow aus der Regelungstechnik und Industrieautomatisierung. Seine Aufgabe ist es auch, als Bindeglied zwischen Prozess- und Mess-/Werkstofftechnik zu arbeiten und den späteren intelligenten Drückwalzprozess zu modellieren, Sensorik und Aktorik einzubinden und auf einer Industriesteuerung zu realisieren.

➲ **www.iem.fraunhofer.de**

Deutsch-tschechisches Forschungsprojekt zu neuartigen Hartstoffschichten gestartet

Gemeinsam mit dem Dresdner Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS und der tschechischen Firma Dormer Pramet entwickeln Werkstoffwissenschaftler der TU Bergakademie Freiberg neuartige Hartstoffschichten zum nachhaltigen Einsatz in Zerspanungswerkzeugen.



Die Aufsätze für Zerspanungswerkzeuge sind mit einer Schicht Titancarbonitrid und einer Schicht Korund (schwarz) bezogen. Die *goldenen* Wendeschneidplatten sind zusätzlich mit Titannitrid beschichtet (Foto: TU Bergakademie Freiberg)

In einem EU-Verbundprojekt des Netzwerks *M-era.Net* wollen die Forscher/innen in den kommenden drei Jahren aus Titancarbonitrid und Aluminiumoxid bestehende Hartstoffschichten so weiterentwickeln, dass sie länger und ohne umweltbelastende Schmierstoffe für Bohrspitzen in der Zerspanung eingesetzt werden können. Die Zerspanungswerkzeuge sind zuerst mit einer Schicht Titancarbonitrid und, optional, einer Schicht Aluminiumoxid in Form von Korund überzogen und kommen in der Hochgeschwindigkeitszerspanung von Metallen bei hohen Temperaturen zum Einsatz. In der industriellen Praxis können die so beschichteten Bohrspitzen jedoch nur zeitlich begrenzt verwendet werden, denn die Haftung zwischen den beiden Schichten lässt mit der Zeit nach. Es entstehen Risse in der Oberfläche der Korund-Deckschicht und diese platzt ab. Da die Deckschicht die Oxidation der Titancarbonitrid-Schicht verhindert, kommt es zur Korrosion der Werkzeugteile und die Bohrspitzen müssen erneuert werden.

Grenzflächendesign auf Nanoebene

Die Mechanismen an den Grenzflächen der beiden Hartstoffschichten will das Team um Prof. Dr. David Rafaja vom Institut für Werkstoffwissenschaft der TU Bergakademie Freiberg nun auf der Ebene der Nanostrukturen genauer untersuchen: An den Berührungsflächen der Schichten bildet sich eine sogenannte Übergangsphase, in der die Atome der beiden Materialien wie in einem Reißverschluss ineinanderfallen, und eine Spannung erzeugt wird. Die Vorgänge in dieser Übergangsphase können die Forscher/innen so verändern, dass sie als Barrieren für die Rissausbreitung und gleichzeitig als Diffusionsbarrieren fungieren. Konkret werden die Hauptkomponenten nach Aussage von Rafaja durchgemischt sowie Legierungselemente zugegeben. Damit werde das Auseinanderdriften der Schichten blockiert. *Die Haftung der beiden Schichten wird verbessert und die Ausbreitung von Rissen begrenzt,* erwartet der Werkstoffexperte. Die mit den neu entwickelten Hartstoffschichten überzogenen Zerspanungswerkzeuge könnten also länger eingesetzt werden und müssten seltener mit den Hartstoffschichten überzogen werden. Im tschechischen Šumperk werden die neuen Hartstoffbeschichtungen von der Firma Dormer Pramet in der Produktion von Schneide- und Zerspanungswerkzeugen auf ihre Praxistauglichkeit überprüft.

Hintergrund EU-Netzwerk M-era.Net

Das mit insgesamt einer Million Euro geförderte Projekt *Microstructure Design of Innovative Interfaces of CVD Hard Coatings (MiDiCoat)* gehört zum Netzwerk M-era.Net. M-era.Net ist ein durch die Europäische Union finanziertes Netzwerk, das seit dem Jahr 2012 europäische Forschungs- und Innovationsprogramme, insbesondere auf dem Gebiet der Materialwissenschaft und der Werkstofftechnologie, unterstützt und koordiniert. Das Konsortium M-era.Net trägt zu einer andauernden Restrukturierung des Europäischen Forschungsraums (ERA) bei. Es fördert die wissenschaftliche Exzellenz und die Übertragung der Ergebnisse der Grundlagenforschung in die Praxis als Basis für industrielle Innovationen. Das M-era.Net bemüht sich um die Entwicklung einer langfristigen Zusammenarbeit zwischen Forschungsförderungsorganisationen in einzelnen Regionen, in Europa und weltweit.

Kontakt:
Prof. Dr. David Rafaja, E-Mail: rafaja@ww.tu-freiberg.de,
➲ **www.tu-freiberg.de**

Im Fokus: Biobasierte Leichtbau-Sandwich-Strukturen für Rotorblätter

ESF-Nachwuchsforschergruppe *ecoWing* der TU Chemnitz arbeitet an einer Prozesskette zur automatisierten Verarbeitung nachwachsender Leichtbau-Materialien

Das Ziel der neuen Nachwuchsforscherguppe *Automatisierte, bauteilkonturnahe Fertigung biobasierter Leichtbau-Sandwich-Strukturen (ecoWing)* der Technischen Universität Chemnitz ist es, automatisierte Prozessketten zu entwickeln, um Leichtbaukomponenten aus biobasierten, nachwachsenden Rohstoffen zu fertigen. Die gesamte Prozesskette soll so weit entwickelt werden, dass ein funktionsfähiges Rotorblatt für eine Kleinwindkraftanlage hergestellt werden kann.

An dem interdisziplinären Projekt sind insgesamt vier Professuren aus drei Fakultäten der TU Chemnitz beteiligt. Die Projektkoordination liegt bei der Professur Textile Technologien (Prof. Dr. Holger Cebulla). Die Projektleitung hat Marc Fleischmann inne, wissenschaftlicher Mitarbeiter an dieser Professur. Hinzu kommen die Stiftungsprofessur Textile Kunststoff- und Hybridverbunde (Prof. Dr. Daisy Nestler), die Professur Koordinationschemie (Prof. Dr. Michael Mehring) und die Professur Unternehmensrechnung und Controlling (Prof. Dr. Uwe Götze).

Natürlich nachwachsende Leichtbaumaterialien – Konkurrenz zu synthetischen Werkstoffen

In einem vollautomatisierbaren, reproduzierbaren Fertigungsverfahren sollen Leichtbau-Sandwich-Strukturen aus Flachsfasern, biobasiertem Kunststoff und Furnierholz mit hoher geometrischer Flexibilität entstehen. Die natürlich nachwachsenden Leichtbaumaterialien sollen mit wenigen Prozessschritten direkt zur Bauteilform verarbeitet werden. Wesentliche Mengen an Materialabfall können auf diese Art und Weise eingespart werden.

Eine vergleichbare Verarbeitungstechnik ist nach Aussage von Marc Fleischmann aktuell nur für Verbundmaterialien mit synthetischen Kohlenstoff- und Glasfasern verfügbar und kommt beispielsweise in der Luftfahrt zum Einsatz. Für die automatisierte Verarbeitung von nachwachsenden Naturfasern mit natürlich schwankender Form und Faserlänge existieren ihm zufolge derzeit keine Lösungen. Naturfaserverstärkte Kunststoffe würden in hoch belasteten Bauteilen daher überwiegend in Premium-Nischenprodukten wie zum Beispiel biobasierte Ski oder Snowboards eingesetzt. Bei diesen Bauteilen würden zum Teil mechanische Eigenschaften erreicht, die mit Produkten aus synthetischen Konkurrenzmaterialien vergleichbar seien. Herausfordernd ist dabei nach seinen Worten insbesondere die Bereitstellung von Naturfaserbändern in möglichst gleichmäßiger Qualität und zu konkurrenzfähigen Preisen.

In die Optimierung und Evaluierung der ecoWing-Prozesskette und der neuen biobasierten Leichtbaumaterialien sollen neben den mechanischen Materialeigenschaften auch Kostenbetrachtungen sowie ökologische Gesichtspunkte, wie der CO_2-Fußabdruck, einfließen. *Mit dem Projekt ecoWing soll ein wesentlicher Beitrag zur kostengünstigen und ressourcenschonenden Verwendung nachwachsender Rohstoffe im Leichtbau geleistet werden*, so Fleischmann.

Flachsfaserbündel können im Tailored-Fiber-Placement-Verfahren zu Naturfaser-Preforms verarbeitet werden. Dieses Verfahren ist im ecoWing-Projekt Teil der Prozesskette (Foto: Sabrina Heinrich)

Die Nachwuchsforschergruppe wird finanziert aus dem Europäischen Sozialfonds (ESF) und mit Steuermitteln des Freistaates Sachsen auf Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen Landtags beschlossenen Haushalts.

Mario Steinebach

Kontakt:
Marc Fleischmann
E-Mail: marc.fleischmann@mb.tu-chemnitz.de
www.tu-chemnitz.de

Gezielt verstärkt: Laserauftragschweißen optimiert den Leichtbau

Eine neue Anwendung für das additive Laserauftragschweißen wollen die Automotive Center Südwestfalen GmbH (acs) aus Attendorn und das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT aus Aachen im Verbundprojekt LAVAL angehen. Im Mittelpunkt steht die Validierung eines Verfahrens, mit dem sich Stahl- und Aluminiumbleche mit Hilfe des Laserauftragschweißens lokal verstärken lassen. In Grundlagenstudien wurde eine Erhöhung der Lastaufnahme fast um das Dreifache nachgewiesen – bei minimaler Gewichtszunahme. Für LAVAL werden nun Industriepartner mit Problemstellungen aus dem Leichtbau mit Blechwerkstoffen gesucht, für die im Verbundprojekt Lösungen erarbeitet werden sollen.

2017 startete das Fraunhofer ILT aus Aachen mit Partnern aus Industrie und Forschung das mittlerweile erfolgreich abgeschlossene AIF-Projekt *Materialeffiziente Herstellung belastungsangepasster Blechbauteile mit durch Laser additiv aufgebrachten flexiblen Verstärkungszonen*. Im Mittelpunkt standen Grundlagenstudien zur Kombination der klassischen Blechumformung mit dem additiven Laserauftragschweißen. *Mit Hilfe der additiven Fertigung haben wir Blechbauteile vor und nach der Blechumformung lokal verstärkt*, erklärt Rebar Hama-Saleh, Wissenschaftler am Fraunhofer ILT. Zwei Anwendungsfälle – ein Kragenzug und der Deckel

eines Hydrowandlers – zeigten bereits im Labor das enorme Potenzial dieses Hybridverfahrens auf. Durch lokale Aufdickung des Blechs mit artgleichem Material ließ sich zum Beispiel die Lastaufnahme des Kragenzugs um 264 Prozent erhöhen

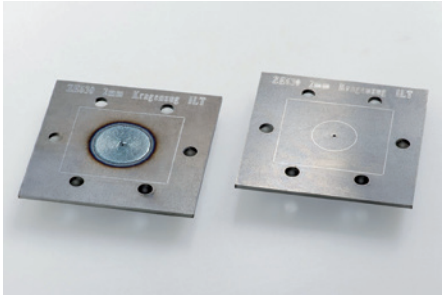
Leichtbau neu gedacht dank gezielter Blechverstärkung

Der sogenannte Patch erhöht dabei das Gesamtgewicht um nur 4,3 Prozent. Simulationen und Validierungen bestätigen die Machbarkeit. Es bietet sich daher eine neue Form des Leichtbaus, denn nun lassen sich Bleche deutlich dünner dimensionieren. Die Patches kommen gezielt nur noch an Stellen zum Einsatz, an denen Verstärkung benötigt wird – etwa weil dort ein Gewinde geschnitten werden muss. Dadurch lässt sich auch das akustische NVH-Verhalten des Blechs (Noise, Vibration, Harshness) gezielt optimieren.
Das Verfahren bietet sich daher als Alternative etwa zum Schweißen, Löten oder Kleben von Patches an, die als effektives Mittel zur belastungsangepassten Blechdickenverteilung dienen. Nach Aussage von Hama-Saleh können im Gegensatz zu den konventionellen Verfahren die Wissenschaftler mit der additiven Fertigung Patches dreidimensional dort auftragen, wo sich die Lastspitze befindet.

Das pulverbasierte Laserauftragschweißen kann Schicht um Schicht Verstärkungen mit höchster geometrischer Flexibilität auftragen, die sich individuell in ihrer Form anpassen lassen. Die Studien ergaben außerdem, dass der vollständige Stoffschluss und die Materialvielfalt für maximale Haftung sorgen. Es lassen sich Hama-Saleh zufolge auch die Oberflächengüte individuell einstellen und artfremde Patch-Werkstoffe verwenden, um zum Beispiel Korrosion entgegenzuwirken. Insbesondere lasse sich das Verfahren nutzen, um Derivate und Kleinserien etwa im Karosseriebau ohne zusätzliche teure Werkzeuge herzustellen.

Partner gesucht für das PNF-Projekt LAVAL

Auf dieser Basis wollen das acs aus Attendorn, ein Zusammenschluss von Industriefirmen im automobilen Leichtbau, und das Fraunhofer ILT das Forschungsprojekt LAVAL (Lokal verstärkte Blechhalbzeuge durch additives Laserauftragschweißen) starten. Es soll anhand von konkreten Aufgabenstellungen aus der Industrie das Verfahren für Stahl- und Aluminiumbleche validieren. Im Mittelpunkt des PNF-Projekts (PNF – Praxisnahes Forschen und Entwickeln) steht die Bearbeitung eines innovativen Themenfelds



Mit dem Laserauftragschweißen lassen sich Verstärkungen mit höchster geometrischer Flexibilität auftragen – gezeigt sind hier eine verstärkte Kragenzugprobe mit Patches aus Stahl (links) und eine nicht verstärkte Probe (rechts) **(© Fraunhofer ILT, Aachen)**

für Projektteilnehmer, die eine komplexe Aufgabenstellung nicht allein angehen wollen. PNF-Projekte arbeiten nach dem Crowdfunding-Prinzip: Erst wenn genügend zahlende Partner mitmachen, startet das Projekt. Für eine Teilnahme spricht, dass acs und Fraunhofer ILT die notwendige Expertise – Umformtechnik auf der einen und Lasertechnik auf der anderen Seite – in das Projekt einbringen. Gefragt sind Partner aus Industrie und Forschung, die Fragestellungen aus ihrer Praxis beisteuern.

➲ **www.ilt.fraunhofer.de**

Rechtliche Aspekte der additiven Fertigung

Additive Fertigungsverfahren bringen nicht nur ungeahnte technische Möglichkeiten mit sich, sondern auch neue rechtliche Fragestellungen. Dabei haben die verschiedenen Schritte in der Fertigung unterschiedliche juristische Aspekte und Fallstricke. Die neue Richtlinie VDI 3405 Blatt 5.1 nimmt sich der Thematik entlang der Prozesskette an und beschreibt die für jede Stufe typischerweise auftretenden rechtlichen Verantwortungen und Fragestellungen.
Zur Klärung der Grundlagen finden sich in VDI 3405 Blatt 5.1 auch eine erläuternde Beschreibung der Prozesskette und der Dateiformate und Dateitypen, die den einzelnen Schritten zugeordnet sind. Diese allgemeinen Basisinformationen und das zugleich enthaltene Detailwissen erleichtern auch die Zusammenarbeit von Juristen und Technikern, die beide zu den Zielgruppen der Richtlinie gehören. Juristen erhalten mit der Richtlinie das nötige Know-how zur juristischen Bewertung der technischen Aspekte. Techniker und Planer, Konstrukteure und Dienstleister werden in die Lage versetzt, die rechtliche Tragweite der einzelnen Produktionsschritte zu überblicken und zudem rechtskonforme Verträge zu gestalten.
Anwendungsbereich der VDI 3405 Blatt 5.1 sind die rechtlichen Implikationen in der additiven Fertigungstechnik. Die Richtlinie beinhaltet grundlegende Informationen zum Ablauf von Prozessketten. Sie beschreibt auch das Qualitätsmanagement in der additiven Fertigung. Weitere Teile sind Verträge und Haftung im Zusammenhang mit der additiven Fertigungstechnik.
Die Richtlinie behandelt außerdem Fragen des Datenschutzes und des Eigentums an Daten. Ebenfalls wird auf die veränderte Gesetzeslage zum *Reverse Engineering* eingegangen. Damit zusammenhängend stellt die Richtlinie auch die Rechtspflicht zur Implementierung von technischen Schutzmaßnahmen im Einzelnen vor. Auch die Dokumentation von Prozessen und Prozessschritten in der additiven Fertigung wird näher erläutert.
Herausgeber der Richtlinie VDI 3405 Blatt 5.1 *Additive Fertigungsverfahren - Rechtliche Aspekte der Prozesskette* ist die VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL). Die Richtlinie ist im Januar 2020 als Entwurf erschienen und kann beim Beuth Verlag (*www.beuth.de*) oder unter *www.vdi.de/3405* beim VDI bestellt werden.
Die Möglichkeit zur Mitgestaltung der Richtlinie durch Stellungnahmen besteht durch Nutzung des elektronischen Einspruchportals des VDI oder durch schriftliche Mitteilung an die herausgebende Gesellschaft (E-Mail: gpl@vdi.de). Die Einspruchsfrist endet am 30. Juni 2020.

➲ **www.vdi.de**

Seeing how grain boundaries transform in a metal

Max-Planck-scientists prove the existence of phase transformations in grain boundaries and publish their results in *Nature*

Grain boundaries are one of the most prominent defects in engineering materials separating different crystallites, which determine their strength, corrosion resistance and failure. Typically, these interfaces are regarded as quasi two-dimensional defects and controlling their properties remains one of the most challenging tasks in materials engineering. However, more than 50 years ago the concept that grain boundaries can undergo phase transformations was established by thermodynamic concepts, but they have not been considered, since they could not be observed. Dr. Christian Liebscher, head of the group *Advanced Transmission Electron Microscopy* and his team members at the Max-Planck-Institut für Eisenforschung (MPIE), now found a way to directly observe grain boundary transitions experimentally. With colleagues from the Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL), USA, who modelled the grain boundary transformations, the researchers published their recent findings in Nature.

Their results are surprising: *The search for congruent transformations has all the aspects of a search for a needle in a 6+C dimensional haystack* [1]. This quote by John W. Cahn, material scientist and expert for thermodynamics, describes the complexity of experimentally proofing their existence and the team of MPIE and LLNL even found two of these *needles*. The key was to utilize the atomic resolution microscopes at the MPIE to directly visualize the transforming interfaces. *We did not expect that we will see grain boundary phase transformations but our results clearly show that two grain boundary motifs coexist with different atomic arrangements. However, the grain boundary plane orientation, crystallite misorientation and chemical composition does not change. Through these observations we have to rethink how interfaces behave while exposing a material to temperature and/or stress*, explains Liebscher. He and his colleagues analysed thin films of pure copper particularly by atomic resolved transmission electron microscopy. This way, they unlocked the grain boundary phases and proofed their coexistence with atomic precision. The phases can be atomistically described as motifs with pearl and domino-shaped structure (*Fig. 1*). Dr. Timofey Frolov and Dr. Robert Rudd, from the Lawrence Livermore National Laboratory, modelled the grain boundary phases. They used a novel grain boundary structure search algorithm, which is capable of finding the experimentally observed structures. Moreover, their finite-temperature molecular dynamics simulations explore the transformation kinetics. The predicted structures not only perfectly resemble the experimental observations, but demonstrate that the grain boundary phases can transform into each other by changing temperature or stress. Additionally, the simulations indicate that the grain boundary phase junction, a novel line defect which has not been considered previously, is rate controlling. *We discovered by modelling that the speed of the transformation largely depends on the migration of the phase junction. It takes only a few tens of nanoseconds in case of a short defect to complete the transformation from the domino to the pearl structure. Whereas no transformation is observed when the defect length exceeds a few nanometres and takes place below 500 K.*, explains Dr. Thorsten Meiners, first author of the publication and former doctoral researcher at the MPIE. Furthermore, the grain boundary phases are characterized by different properties, which determine how the interface phases move, how they take up impurity elements or how they mechanically deform.

Hence, understanding how grain boundaries transform provides a new view on still unexplained material phenomena, such as abnormal grain growth, and paves new ways to consider interface transitions as a material design element, states Prof. Gerhard Dehm, director at the MPIE. The different states of grain boundaries or interfaces can have a strong impact on the corrosion behaviour of materials, how they behave under catalytic conditions or even play an important role in the failure of microelectronic devices. The scientists aim to widen the current observations to experiments done at different temperatures, under stress and in the presence of impurities. The aim is to establish a complete understanding of these phase transformations, thus being able to design material properties by reaching out to a holistic grain boundary engineering. This research was mainly financed through the ERC Advanced Grant GB-CORRELATE (Grant Agreement 787446) of Prof. Gerhard Dehm.

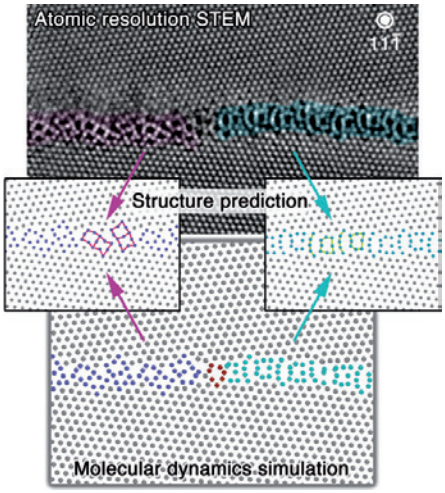


Fig. 1: Atomic resolution scanning transmission electron microscopy (STEM) image of a grain boundary phase transformation in elemental copper. The corresponding grain boundary phases are predicted by grain boundary structure search. The dynamics of the grain boundary phase transformation as observed in experiment is modelled by molecular dynamics simulations (© Christian Liebscher, Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH)

Yasmin Ahmed Salem

Literatur:

[1] John W. Cahn, German American material scientist and expert in the field of thermodynamics, in: Transitions and phase equilibria among grain boundary structures, Journal de Physique 12 (43) 1982, p. 208

Originalpublikation:

T. Meiners, T. Frolov, R. E. Rudd, G. Dehm, C. H. Liebscher; Observations of grain boundary phase transformations in an elemental metal; Nature, volume 579, (2020), p. 375–378

➲ **www.mpie.de**

Institut für Experimentelle Physik der TU Bergakademie Freiberg ist Partner des Helmholtz-Innovation Labs *UltraTherm*

Das Hochtechnologielabor *Ultratherm* befindet sich in den Räumen des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf (HZDR). Die Grundlage der Partnerschaft bilden nach Aussage von Dr. Charaf Cherkouk, Projektkoordinator von *SiNergy* und nun Mitwirkender am Innovation Lab, die an der TU Freiberg unter Leitung des Instituts für Experimentelle Physik (IEP) durchgeführten einschlägigen Arbeiten aus dem Projekt SiNergy; im F&E-Verbundprojekt SiNergy steht die Herstellung von neuartigen siliciumbasierten Metallelektroden für Lithiumionenbatterien mittels Blitzlampenausheilung im Fokus. Projektleiter Dr. Lars Rebohle vom Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung des Helmholtz Zentrum Dresden Rossendorf erwartet, dass das Labor UltraTherm weltweit das erste Kompetenzzentrum für die thermische Behandlung von Materialien mit Blitzlampenausheilung sein wird.

Neben der Möglichkeit der gemeinsamen Nutzung der Kerninfrastruktur von UltraTherm, mit der unter geeigneten Voraussetzungen Wärme bei Temperaturen bis zu 2000 °C im Millisekundenbereich auf der Oberfläche von Werkstoffen erreicht werden kann, ist für die Wissenschaftler/innen der TU Bergakademie Freiberg auch die am HZDR vorhandene Methodik zur Charakterisierung und Modifizierung von Materialien mittels Ionenstrahlen interessant.

Die Mitnutzung der Infrastruktur von UltraTherm in Rossendorf bietet unseren Wissenschaftler/innen vom IEP die wunderbare Möglichkeit, gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen vom HZDR und Verbundpartnern aus Industrie und Forschung an einer für die Entwicklung von Energiespeichern wichtigen Schlüsseltechnologie in besonderer Qualität zu arbeiten und weitere gemeinsame Projekte zu erschließen, freut sich Institutsleiter Prof. Dirk C. Meyer. Zugleich arrondiere diese Zusammenarbeit die experimentellen Möglichkeiten für alle interessierten Institutionen der TU Freiberg im Hochtemperaturbereich.

Innovation Lab *UltraTherm*

Das Innovation Lab UltraTherm widmet sich der ultrakurzen thermischen Behandlung von Materialien mit Blitzlampen- und Laserausheilung. Die Technologie, bei der Werkstoffe für Nano- bis Millisekunden sehr hohen Temperaturen ausgesetzt sind, verspricht massive Energieeinsparungen und die Schaffung neuer Materialstrukturen. Zum Verbund des Innovationslabors gehören auch das Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik und der Lehrstuhl Industrial Management der Hochschule Mittweida. Industriepartner ist die Rovak GmbH, Grumbach, Spezialist im Vakuum- und Anlagenbau und Vorreiter auf dem Gebiet der Blitzlampenausheilung. Beteiligt sind ferner die Unternehmen Frolyt Kondensatoren- und Bauelemente GmbH aus Freiberg und die Smartrac Technology GmbH. Das Freiberger Unternehmen Frolyt produziert Aluminium-Elektrolytkondensatoren und ist, als potenzieller Anwender im Bereich Speicherkomponenten, auch an der Weiterentwicklung von Energiespeichern interessiert.

Blitzlampeneinrichtung (Foto: Ch. Cherkouk)

➲ **www.tu-freiberg.de**

Preisgekrönte Forschung an den Solarzellen der Zukunft

Prof. Michael Saliba erhält einen der diesjährigen Heinz Maier-Leibnitz-Preise der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Der Physiker wird mit dem Preis für seine innovativen und weltweit anerkannten Forschungen auf dem Gebiet der Perowskit-Solarzellen ausgezeichnet. Sie gelten als verheißungsvolle Kandidaten für die Solarmodule der Zukunft. Der 36-Jährige leitet die Helmholtz-Nachwuchsgruppe *Frontrunner* am Jülicher Institut für Photovoltaik und lehrt an der TU Darmstadt. Der Preis ist mit 20 000 Euro dotiert.

Herkömmliche Solarzellen aus kristallinem Silizium – in Jahrzehnten optimiert – erreichten bisher einen Wirkungsgrad von 26,7 Prozent. Innerhalb von nur zehn Jahren gelang es, mit Perowskit-Solarzellen diesem Wert sehr nahe zu kommen, nämlich einen Wirkungsgrad von 25,2 Prozent zu erreichen. Perowskite, ursprünglich benannt nach einem natürlich vorkommenden Mineral im Ural, haben bemerkenswerte Materialeigenschaften: Sie lassen sich einfach, kostengünstig und energiesparend herstellen.

Die wohl größte Hürde auf dem Weg zur Markteinführung ist die mangelnde Langzeitstabilität der Perowskit-Solarzellen. Der Materialforscher Michael Saliba entwickelt deshalb mit Kollegen aus aller Welt standardisierte Methoden, um die Alterungsprozesse detailliert zu verstehen und die Lebensdauer der neu entwickelten Module zuverlässig vorhersagen zu können. In Jülich untersucht die Nachwuchsgruppe Perowskit-Kombinationen auf ihre Eignung für Anwendungen in Solarzellen, LEDs oder Sensoren. Außerdem fahnden die Wissenschaftler nach Perowskiten, die auf Siliziumzellen aufgebracht werden können und so als *Tandem* ein breiteres Spektrum des Lichts zur Stromgewinnung ausnutzen können.

Michael Saliba wurde bereits mehrfach ausgezeichnet. 2016 kürte ihn der Deutsche Hochschulverband zum *Nachwuchswissenschaftler des Jahres*. Für das Magazin *Times Higher Education* zählt er zu den einflussreichsten Forschern für Perowskit.

➲ **www.fz-juelich.de**

Antimikrobielle Oberflächen zur Infektionsprävention

VDI veröffentlicht Statusreport über Werk- und Wirkstoffe, Prüfverfahren sowie rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen

Im April 2020 ist unter Federführung des VDI-Fachausschusses *Management hygienisch relevanter Flächen in medizinischen Einrichtungen* ein Statusreport erschienen, der den aktuellen Stand mikrobiologischer, biotechnologischer und werkstoffbasierter Verfahren für das Management von hygienisch relevanten Oberflächen erfasst, diese hinsichtlich der Praxisrelevanz bewertet und Empfehlungen für Anwender und Hersteller gibt.

Zum online-Artikel

Als Einstieg in das Thema bietet der Statusreport einen Überblick zu Technologien und Prüfverfahren für Hygienemaßnahmen, bei denen antimikrobielle Materialien beziehungsweise Substanzen, massive Oberflächen und Oberflächenbeschichtungen eingesetzt werden. Der Statusreport ermöglicht in Abhängigkeit von der Anwendung, dem Werk- und Wirkstoff eine weitgehend praxisnahe Leistungsbeurteilung der antimikrobiellen Oberfläche zur Infektionsprävention. Auf Basis neuer Prüfansätze werden erste Handlungsempfehlungen für Hersteller und Betreiber abgeleitet, damit diese unter Berücksichtigung von gestiegenen rechtlichen und regulatorischen Anforderungen sowie der Nutzen-Risiko-Abwägung geeignete praxisrelevante Prüfverfahren auswählen können.

Der Einsatz von antimikrobiellen Oberflächentechnologien sowie ihre Wirksamkeitsprüfung sind durchaus kontroverse Themen, zu denen weltweit geforscht wird und neue Erkenntnisse entstehen. Der Statusreport spiegelt den aktuellen Arbeits- und Kenntnisstand einer Arbeitsgruppe im VDI-Fachausschuss *Management hygienisch relevanter Flächen in medizinischen Einrichtungen* wider (ohne Anspruch auf Vollständigkeit). Um dem dynamischen Wissenszuwachs Rechnung zu tragen, sollen neue Erkenntnisse künftig als Fortschreibung in den Statusreport mit aufgenommen werden.

Nachfolgend werden einige Abschnitte des Reports auszugsweise wiedergegeben. Die gesamte Ausgabe kann in gedruckter und elektronischer Form (als pdf-Datei) beim VDI bezogen werden. Aufgrund der aktuellen Pandemiesituation erfahren sicher einige Inhalte der Schrift eine besondere Aufmerksamkeit, da hier auch Anhaltspunkte zur Reduzierung der Gefahr einer Übertragung von Keimen zu finden sind. Die etablierten Verfahren der Oberflächentechnik und Beschichtungstechnik sollten eine hilfreiche Basis darstellen, um neue Schutzmaßnahmen im Bereich der Medizintechnik, aber auch der allgemeinen Abwehr gegen risikobehaftete Krankheitsträger zu unterstützen.

Ein Blick auf die Inhalte des VDI-Statusreports

Um das Risiko der Verbreitung von pathogenen Erregern über Berührungsoberflächen zu verringern, werden – neben Maßnahmen zur Standardhygiene – antimikrobielle Technologien und Werkstoffe genutzt. In Abhängigkeit von der angewandten Technologie und den chemisch-physikalischen Möglichkeiten der beteiligten Komponenten (Material, Wirkstoff, Imprägnierungsverfahren) kann eine Wirksamkeit der Oberflächen gegen diverse Mikroorganismen entweder durch die Nutzung von massiven Materialien mit intrinsischer antimikrobieller Eigenschaft oder durch Beschichtung wie auch Imprägnierung mit antimikrobiellen oder antiadhäsiven Stoffen erzielt werden.

Die antimikrobielle Ausstattung von Oberflächen erfolgt insbesondere in hygienesensiblen Bereichen. Anwendungsbereiche sind vor allem Oberflächen von medizintechnischen Geräten und Bedarfsgegenstände in Krankenhäusern sowie in Einrichtungen des ambulanten Gesundheits- und Sozialwesens. Hinzu kommen Oberflächen im öffentlichen Raum, im Lebensmittelsektor und in der Tierhaltung. Die Betrachtung von Berührungsoberflächen über das Gesundheitswesen hinaus entspricht dem sektorübergreifenden, interdisziplinären One-Health-Ansatz, der die enge Zusammenarbeit zwischen der Human- und Veterinärmedizin als Voraussetzung für die Erhaltung und Förderung der Gesundheit von Mensch und Tier, für die Einsparung von Ressourcen und den Erhalt einer intakten Umwelt verfolgt.

Der Statusreport ermöglicht in Abhängigkeit von der Anwendung, dem Werk- und Wirkstoff eine weitgehend praxisnahe Leistungsbeurteilung der antimikrobiellen Oberfläche zur Infektionsprävention.

Generell gilt für antimikrobielle Oberflächen: Sie dienen zur Ergänzung der Flächenhygiene und ersetzen die im einrichtungsspezifischen Hygieneplan ausgewiesenen Hygienemaßnahmen (Reinigung, Desinfektion) nicht. Daher sind sowohl Reinigungs- als auch Desinfektionsmaßnahmen zur Basishygiene weiterhin entsprechend der einrichtungsindividuellen Hygienepläne durchzuführen und die Vorgaben der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) zu berücksichtigen. Rechtliche und regulatorische Anforderungen sehen einen produkt- und anwendungsspezifischen Nachweis der Wirksamkeit vor, zum Teil bis hin zur Bewertung einer spezifischen Infektionsprävention.

Auf der Laborebene kommen zur Wirkungsbeurteilung von antimikrobiell wirksamen Oberflächen daher unterschiedliche, für den jeweiligen Anwendungsfall ausgewählte Methoden zur Anwendung. Die Wirkmechanismen antimikrobieller Substanzen werden, soweit bekannt, im Report vorgestellt. Die

derzeit existierenden normativen Vorgaben werden jedoch den vielfältigen Fragestellungen, Anforderungen beziehungsweise Anwendungsfällen vor allem aus der klinisch infektiologisch relevanten Sicht nicht voll gerecht: Es ist mit normativen Methoden bisher nicht möglich, den Beitrag von antimikrobiell wirksamen Produkten zur Unterbrechung von Infektionsketten zu bewerten oder eine Nutzen-Risiko-Abwägung vorzunehmen, da ihr Prüfaufbau die Praxisanwendung nicht berücksichtigt. Dies betrifft zum Beispiel verschmutze Oberflächen, Austrocknung, Mischpopulationen, Umweltorganismen sowie die Ausbildung von Überdauerungsformen (z. B. viable but not culturable, VBNC). Häufig ist daher unklar, wie eine praxisnahe Prüfung antimikrobieller Oberflächen aussehen kann.

Demgegenüber finden sich weltweit in Forschungs- und Entwicklungslaboren eine Vielzahl von experimentellen Prüfansätzen, die neue Möglichkeiten der Bewertung von antimikrobiellen Oberflächen eröffnen: Diese benötigen jedoch zunächst eine technologische Bewertung, um ihre Grenzen und Einsatzgebiete wissenschaftlich zu erfassen und sie den interessierten Industriezweigen zur Verfügung zu stellen. Es ist zu beachten, dass passende Prüfmethoden immer in Abhängigkeit von dem postulierten Wirkmechanismus auszuwählen sind. Auch sollten Prüfmethoden gewählt werden, die deutlich mehr Anwendungsbezug zeigen, als die derzeitigen normierten Verfahren. Die bekannten praxisrelevanten Prüfverfahren für Hygienemaßnahmen werden im Statusreport vorgestellt und bewertet. Die bisher noch experimentellen Methoden sollten alsbald standardisiert und etabliert werden, um dem Entwickler, Hersteller und Anwender gleichermaßen die notwendige, praxistaugliche, hygienische Sicherheit zu bieten.

Eine zukunftsfähige optimierte Hygiene im Gesundheitswesen benötigt Labor-, Feld-, und Benchmarktests, die dabei helfen, die Wirksamkeit von antimikrobiellen Werk- und Wirkstoffen, auch im Zusammenspiel mit neuen Reinigungsprozessen, exakt zu bewerten. Mit Blick auf das drängende Problem steigender Resistenzen ist die Politik gefordert, notwendige Forschungsprojekte zu ergänzenden Hygienemaßnahmen zu fördern und zu finanzieren. Dabei sollten auch das Mikrobiom betreffende Fragen verbindlich aufgenommen werden. Gleiches gilt für Untersuchungen, die klären, inwiefern antimikrobielle Oberflächen die Resistenzentwicklung beschleunigen und/oder verstärken sowie zur Verringerung der Organismenvielfalt beitragen können.

Werkstoffe für antimikrobielle Oberflächen

Unter dem Begriff der antimikrobiellen Oberflächen sind Materialien und Substanzen zusammengefasst, die das Wachstum und die Vermehrung von Mikroorganismen begrenzen oder verhindern. Im Bereich von Forschung und Entwicklung wie auch in der derzeitigen industriellen Fertigung stehen antimikrobielle Oberflächen aufgrund eines breiten Wirkungsspektrums im Fokus. Diese Flächen unterscheiden sich zum Teil stark in ihrer Wirksamkeit aufgrund des zugrunde liegenden Wirkmechanismus. Die Mehrheit der aktuell eingesetzten antimikrobiell wirkenden Substanzen basiert auf Hydrogelen, Polyethylenglykol (PEG), anorganischen und organischen (Nano-)Partikeln, antimikrobiellen Peptiden (AMP) und quaternären Ammoniumverbindungen (QAC) [1]. Durch chemische Modifikationen und Kombinationen der einzelnen Wirkstoffe erweitert sich das Feld der antimikrobiellen Substanzen noch einmal.

Eine im Rahmen des EU-COST-Netzwerks AMiCI (Anti Microbial Coating Innovations) durchgeführte Literaturrecherche in Bezug auf antimikrobielle Substanzen und Beschichtungen und die zugrunde liegende antimikrobielle Strategie hat gezeigt, dass sich rund 30 % der Publikationen auf silberbasierte Systeme, 17 % auf Chitosan und 14 % auf Titan fokussieren. Kupfer- und zinkbasierte Beschichtungen spielen im Forschungsumfeld aktuell eher eine untergeordnete Rolle (5 % und 4 %) [2]. Von Beschichtungen abzugrenzen sind Oberflächen monolithischer Materialien, beispielsweise reines Kupfer und Kupferlegierungen in Form von Werkstoffen [67].

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Unter WOMag-online steht der gesamte Beitrag zur Ansicht zur Verfügung. Im Weiteren werden wirksame Beschichtungen vorgestellt und der Hinweis zum Bezug der Gesamtstudie gegeben.
Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 3,5 Seiten mit 2 Abbildungen.

GBneuhaus ergreift Hygienemaßnahmen

Oberflächenbeschichtung für Schutz auf Türklinken

Angesichts der Covid-19-Pandemie ist das Thema Hygiene derzeit so stark im Fokus der Öffentlichkeit, wie lange nicht. Viele treffen aktuell nur noch an ihren Arbeitsplätzen eine größere Anzahl von Menschen auf einem Fleck. Deshalb hat sich die Geschäftsleitung der GBneuhaus aus Neuhaus am Rennweg, Thüringen, nun zu einer Reihe von Maßnahmen entschieden. Unter anderem werden die Türklinken im gesamten Unternehmen aktuell mit einer selbstentwickelten antimikrobiellen Beschichtung versehen, um die eigenen Mitarbeiter besser zu schützen.

Die Gesundheit unserer Mitarbeiter steht für uns an oberster Stelle, so Geschäftsführer Michael Petry. *Wir wollen bestmöglich dazu beitragen, dass alle schnell und unbeschadet durch diese Krise kommen.* Mit SANPURE® habe man den *Garanten für hygienische Oberflächen* im Portfolio, der in vielen Bereichen des öffentlichen Lebens einen großen Beitrag zu mehr Hygiene und Sicherheit leisten könne. SANPURE® tötet nach Angabe des Unternehmens mit Hilfe des Wirkstoffs Nanosilber Bakterien, Keime und Pilze ab. Wissenschaftliche Studien in der Vergangenheit hätten zudem ergeben, dass Nanosilber auch gegen Viren wirksam eingesetzt werden kann.

Mit ihren bewährten Beschichtungsverfahren ist die GBneuhaus in der Lage, verschiedenste Oberflächen mit dieser funktionellen Beschichtung zu veredeln. Möglich ist eine Beschichtung von Glas, verschiedenen Metallen und einer Vielzahl an Kunststoffen. Einmal aufgetragen ist SANPURE® lebenslang antibakteriell wirksam und reduziert die Keimbelastung auf der Oberfläche eines beschichteten Produktes deutlich.

Türgriffe von öffentlichen Toiletten, Haltestangen in Bussen, Tastaturen von Bankautomaten – das alles sind Oberflächen, mit denen in kurzer Zeit viele Menschen in Berührung kommen. Gereinigt und desinfiziert werden solche Flächen jedoch nur in größeren Abständen. Und genau da liegt nach Einschätzung von Michael Petry das Risiko. Zwischen diesen Reinigungszyklen könnten sich gefährliche Keime ungehindert vermehren und verbreiten. Hier setze SANPURE® an und sorge auch zwischen den Reinigungen für hygienische Sicherheit, indem es die Vermehrung der Erreger unterbindet und die Keimbelastung nach und nach reduziert.

In vielen Bereichen wurde das Thema Hygiene in den vergangenen Jahren zu stiefmütterlich behandelt. Nach Meinung von Petry darf Kostensenkung nicht länger der Gesundheit übergeordnet werden. Die aktuelle Zeit zeige, dass es keinen Sinn mache, an der Gesundheit zu sparen. Die Krankheit sei immer teurer. Die Möglichkeiten, Hygiene im Alltag zu verbessern, sind ihm zufolge da und sie sollten endlich genutzt werden, um den öffentlichen Raum sicherer zu gestalten. Mit der Beschichtung der eigenen Türklinken hat man bei GBneuhaus ein Zeichen für Hygiene und Gesundheit gesetzt, dem sich hoffentlich noch viele anschließen werden.

➲ **www.gbneuhaus.de**

Antimikrobielle Ausstattung von Oberflächen durch Verfahrens- und Wirkstoffkombination

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Industrieforschungseinrichtung Innovent e.V. haben schon vor den aktuellen Ereignissen um Covid-19 antimikrobielle Oberflächen als Themenschwerpunkt aufgegriffen. In den letzten Jahren konnten sie hierbei umfangreiche Kompetenzen im Fachgebiet der antimikrobiellen Beschichtungen, der Ausstattung und Materialentwicklung erlangen.

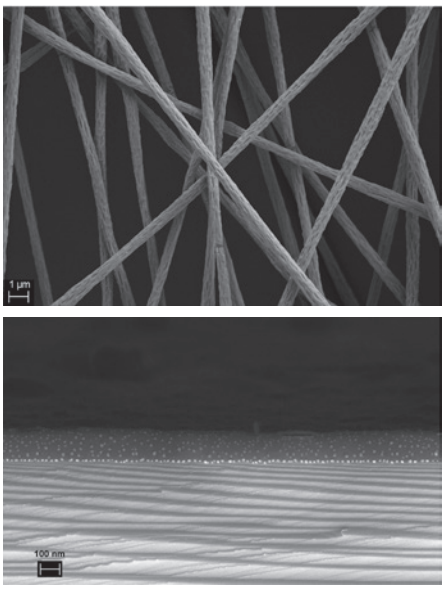


Abb. 1: Elektrogesponnene Vliesmatrix zur Freisetzung verschiedener Wirkstoffe (oben) und eine nur 200 Nanometer dicke Siliziumoxidmatrix mit eingelagerten Silbernanopartikeln (unten) (Quelle: Innovent e.V.)

Diese Kompetenzen werden durch das komplexe Zusammenspiel von Verfahrenskombinationen wie der Beflammung, Plasmabeschichtung, der Sol-Gel-Technologie sowie weiteren Verfahren wie dem Elektrospinnen abgerundet. Die hierbei eingesetzte Wirkstoffbandbreite reicht von Naturstoffen über Materialien wie Silber, Kupfer, Zinkoxid und quartären Ammoniumverbindungen (QAVs) bis hin zu Antibiotika. Durch Kooperationen mit Kliniken und anderen Forschungseinrichtungen konnte die Expertise immer weiter ausgebaut werden.

Das Thema antimikrobielle Oberflächen und Produkte ist sowohl im Bereich der Krankenhausversorgungen und der ambulanten Betreuung von Patienten als auch in sensiblen Bereichen wie der Lebensmittelbranche und anderen konsumorientierten Dienstleistungsbranchen aktuell. Durch die Ausbreitung von antibiotikaresistenten Mikroorganismen und Infektionskrankheiten wird diese

Abb. 2: Eine Tastatur für den medizinischen Gebrauch, beschichtet mit einer Zinkoxidhaltigen Wirkstoffschicht (Quelle: Innovent e.V.

Situation weiter verschärft. Bakterielle Infektionen stellen auch in der modernen Medizin sehr ernstzunehmende Komplikation dar, die das Behandlungs- beziehungsweise Operationsergebnis und damit die Heilungschancen in hohem Maße gefährden. Daher werden im Bereich Biomaterialien unterschiedliche Strategien zur antimikrobiellen Ausrüstung von Medizinprodukten verfolgt. Für Implantate werden zum einen Beschichtungsmethoden zur verzögerten Freisetzung von Antibiotika entwickelt, beispielsweise durch Inkorporation von Wirkstoffen in eine polymere Trägermatrix oder die Generierung schichtbildender Wirkstoffmodifikationen. Zum anderen werden antibakteriell wirkende Polymere synthetisiert, die chemisch an Oberflächen gebunden werden und als Kontaktbiozide wirken. Des Weiteren können mittels Electrospinning wirkstoffhaltige Fasern erzeugt werden, die als Drug-Delivery-System direkt auf Oberflächen abgeschieden werden oder in Form elektrogesponnener Vliese als antibakterielle Wundauflagen Verwendung finden können. Zudem werden in Hinblick auf zunehmende Resistenzentwicklungen gegenüber herkömmlichen Antibiotika neue Ansätze verfolgt, wobei zum Beispiel die getriggerte Freisetzung gegen MRSA wirksamer Neurotransmitter wie Stickstoffmonooxid (NO) oder Kohlenstoffmonooxid (CO) aus elektrogesponnenen Materialien möglich wird (*Abb. 1, oben*).

Im Bereich Oberflächentechnik können durch verschiedenste Wirkstoffe und Wirkstoffkombinationen wichtige regulatorische Vorschriften gewahrt und auf veränderte Bedingungen in nahezu jedem Anwendungsgebiet reagiert werden. In zahlreichen Versuchen auf verschiedenartigen Materialien konnten mittels verschiedener Beschichtungsverfahren wirkstoffbeladene Verbundschichten aufgebracht und anschließend bewertet werden. Hierbei werden feinste Partikel der genutzten Wirkstoffe in einem Siliziumoxid-Matrixverbund an der Oberfläche der jeweiligen Materialien appliziert. Das morphologische Erscheinungsbild einer solchen Beschichtung ist beispielhaft in *Abbildung 1, unten*, dargestellt.

Als Beispiele konnte die Wirksamkeit von Zinkoxid und Silber gegen multiresistente Keime bei sehr geringer Konzentration der Wirkstoffe (1-5 Atomprozent) unter Beweis gestellt werden. Die antimikrobielle Wirkung gegen die Krankenhauskeime S. aureus (MRSA) und K. pneumoniae wurde bereits durch mehrere Normprüfungen bestätigt. Eine praktische Anwendung dieser Beschichtung ist in *Abbildung 2* zu sehen. Diese Tastatur für den Krankenhausgebrauch wurde mit einer antimikrobiell wirkenden Zinkoxidbeschichtung ausgestattet.

➲ **www.innovent-jena.de**

Galvanische Beschichtung von biobasierten und biologisch abbaubaren Kunststoffen

Von Katja Feige, Fraunhofer-Institut IPA, Stuttgart

Die galvanische Kunststoffbeschichtung (Plating on Plastic – POP) ist ein wesentlicher Industriezweig der Galvanikbranche. Die eingesetzten Kunststoffe sind vorrangig Erdöl basierende Materialien. In Zeiten von Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz müssen galvanisch beschichtbare biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe entwickelt werden.

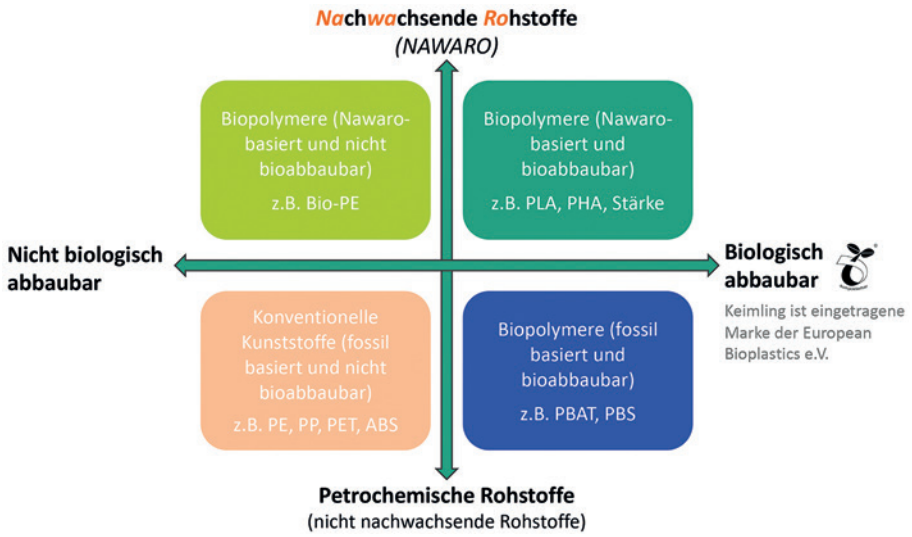
POP-Prozesse sind für die Herstellung metallisierter Kunststoffgegenstände in einem breiten Anwendungsbereich in der Automobilindustrie für den Fahrzeuginnenraum und -außenbereich, im Sanitärbereich und in der allgemeinen Konsumgüterindustrie unerlässlich. Es ist daher offensichtlich, dass die Entwicklung nachhaltiger POP-Prozesse für einen breiten Industriemarkt von Bedeutung ist. In der Regel basieren POP-Produkte auf Substraten aus Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) oder Acrylnitril-Butadien-Styrol-Polycarbonat (ABS / PC) und diese synthetischen Kunststoffe basieren vorrangig auf Erdöl.

In einem internationalen Kooperationsprojekt zwischen dem Metallurgy and Materials Science Research Institute (MMRI) der Chulalongkorn Universität in Bangkok (Thailand), der Forschungsgruppe Biotechnology and Sustainable Chemistry der University of Applied Sciences and Arts Westschweiz in Sion (Schweiz) und dem Fraunhofer IPA in Stuttgart wird eine maßgeschneiderte Prozesskette zur elektrochemischen Beschichtung von speziell entwickelten und modifizierten Biokunststoffen entwickelt.

Die allgemeine Bezeichnung Biokunststoff (Biopolymer) umfasst Kunststoffe, die biologisch abbaubar, biobasiert oder beides sind. Diese nicht ganz klare Begriffsdefinition führt häufig zu Missverständnissen, da biologisch abbaubare Kunststoffe sowohl auf nachwachsenden Rohstoffen als auch auf petrochemischen Rohstoffen (Erdöl, Erdgas) basieren.

Biobasiert heißt, dass das Material vollständig oder teilweise aus Biomasse (Pflanzen und Tiere) hergestellt wird. Für die Herstellung von Biokunststoffen wird beispielsweise Mais, Zuckerrohr oder Cellulose verwendet. Biologisch abbaubare Kunststoffe hingegen sind Polymere, die durch einen chemischen Prozess in die natürlichen Substanzen Wasser, Kohlenstoffdioxid und Kompost zersetzt werden. Der chemische Prozess wird durch Mikroorganismen hervorgerufen, die in der Umwelt vorkommen. Umweltbedingungen wie Ort und Temperatur sowie das verwendete Material haben ebenfalls Einfluss auf den biologischen Abbau.

Somit lässt sich feststellen, dass biobasierte Kunststoffe biologisch abbaubar sein können, sind es aber oftmals nicht. Umgekehrt sind biologisch abbaubare Kunststoffe nicht zwingend biobasiert, sondern können auch petrochemisch hergestellt sein.



Schematische Darstellung zur Einteilung von Biokunststoffen (Bild: IPA in Anlehnung an [1])

Projekt-Steckbrief

Titel	Galvanotechnische Prozesse für biologisch abbaubare Kunststoffe, hergestellt aus nachwachsenden Rohstoffen - BIOPLATE
Laufzeit	1. August 2019 bis 31. Juli 2022
Partner	Metallurgy and Materials Science Research Institute der Chulalongkorn Universität Bangkok; Forschungsgruppe Biotechnology and Sustainable Chemistry der University of Applied Sciences and Arts Westschweiz, Sion; Fraunhofer IPA, Stuttgart
Förderung	100.000 Euro (Projektteil Fraunhofer IPA), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, Förderkennzeichen: 01DP19010

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

Aufgrund der vielfältigen Einteilung von Biokunststoffen ist nachvollziehbar, wie komplex die Gestaltung und Synthese von biologisch abbaubaren Polymeren auf Basis nachwachsender (biobasierter) Rohstoffe ist, die am Ende auch noch galvanisch beschichtbar sein sollen. Die Herausforderung, biobasierte und biologisch abbaubare Polymere für die Galvanotechnik zu entwickeln, nimmt das internationale Konsortium an. Die Spezialisten der Fachhochschule Westschweiz entwickeln Biokunststoffe, die auf den Materialien PHA (Polyhydroxyalkanoat) und PLA (Polylactide/Polymilchsäure) basieren. In Zusammenarbeit mit den Forschern aus Bangkok und Stuttgart wird die Beschichtbarkeit (z. B. Haftung, kein Verzug) festgelegt. Die Biopolymere werden in Thailand mittels 3D-Druck verarbeitet und können zusätzlich modifiziert werden. Die galvanische Prozesskette (Vorbehandlung, Aktivierung und Beschichtung) wird unter Verzicht von CMR-Substanzen, wie sechswertige Chromverbindungen, in Bangkok und Stuttgart speziell auf die neuen Kunststoffe entwickelt und angepasst.

Literatur

[1] Hans-Josef Endres, Andrea Siebert-Raths: Technische Biopolymere. Rahmenbedingungen, Marktsituation, Herstellung, Aufbau und Eigenschaften; Hanser / München (2009); ISBN 978-3-446-41683-3

Galvanikgerechtes Polieren von Kunststoffbauteilen

BIA optimiert Verfahren zur Nachbearbeitung

Bedingt durch das Design kann es bei der Herstellung von Kunststoffbauteilen zu Formtrennungen kommen – sogenannte Grate. Diese dürfen bei dekorativen Bauteilen, insbesondere für die Automobilindustrie, nicht im Sicht- beziehungsweise Griffbereich liegen. Darauf ist bereits bei der Ausführung der Bauteildaten zu achten. Aufgrund immer komplexerer Bauteilgeometrien lässt sich diese Anforderung jedoch konstruktionsseitig nicht immer realisieren.

In diesen Fällen kann eine gezielt eingesetzte manuelle oder maschinelle Nachbearbeitung helfen. Der Solinger Automobilzulieferer BIA bietet als eine Lösung das Polieren der Rohteiloberfläche an und hat diese Technik optimiert. Zwar ist das Verfahren nicht für alle Bauteile anwendbar, abhängig von der Geometrie und der Position des Grates. Dort, wo das Polieren möglich ist, erzielt BIA jedoch hervorragende Ergebnisse.

Die Herausforderung beim Polieren von Bauteilen, die anschließend galvanisch verchromt werden, ist es, die empfindliche Oberflächenstruktur des Rohteils durch den Polierprozess nicht zu schädigen. Darüber hinaus sind offensichtliche Prozessfehler wie Kratzer und Schleifspuren ebenso zu vermeiden wie ein unzureichender Abtrag der Trennungskante.

Sind die Parameter beim Polieren nicht optimal auf das Bauteil abgestimmt, entsteht in der Beize – dem ersten Schritt im galvanischen Prozess – eine inhomogene Oberflächenstruktur. Diese erlaubt keinen gleichmäßigen Schichtaufbau. Nur wenn ein homogenes Beizbild über das gesamte Bauteil erreicht wird, kann auch der Schichtaufbau im galvanischen Prozess richtig erfolgen.

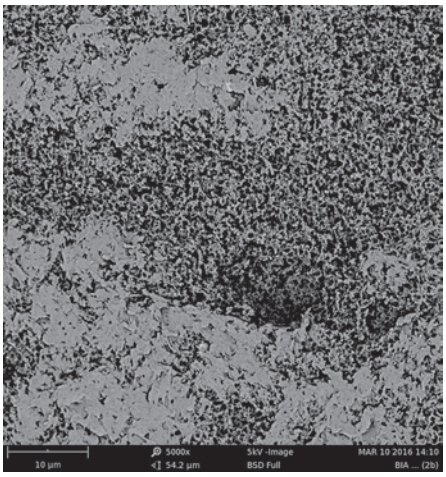
Entscheidend für eine homogene Oberflächenstruktur nach der Beizbehandlung ist die richtige Kombination aus Schleifmittel, Anpressdruck und Temperatur. Diese Kombination muss für die meisten Bauteile individuell entwickelt und getestet werden.

BIA ist es gelungen, die optionale Nachbearbeitung mittels Polieren zu optimieren. Dadurch lassen sich designbedingte Grate an Bauteilen vollständig entfernen bei gleichzeitigem Erhalt der Galvanisierbarkeit. Damit kann der komplette Prozess abgebildet werden: Spritzgießen, Polieren und Galvanisieren aus einer Hand. Die Realisierung von gratfreien Chrombauteilen trotz geometriebedingter Formtrennungen auf der Sichtfläche ist damit möglich.

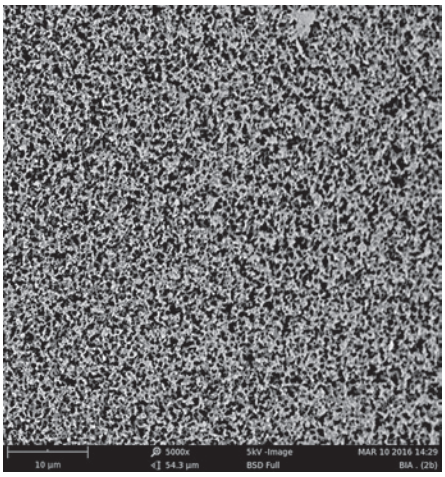
Einen Eindruck dieses Verfahrens vermittelt auch ein TechVideo auf dem BIA YouTube-Kanal (BIA Group):

https://youtu.be/P0LMVLTq6W8

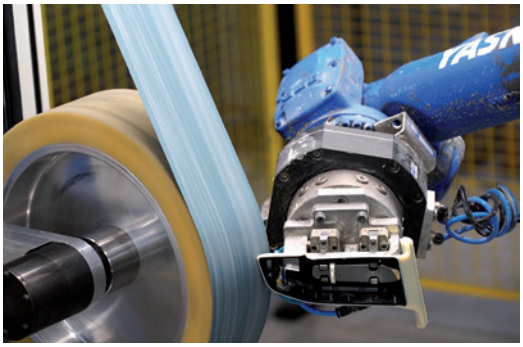
➲ **www.bia-group.com**



Sind Prozessparameter beim Polieren nicht optimal aufeinander und auf das Bauteil abgestimmt, entsteht in der Beize eine ungleichmäßige Oberflächenstruktur – ein gleichmäßiger Schichtaufbau in der Galvanik ist dann nicht gewährleistet (Bild: BIA)



Durch das Optimieren des galvanikgerechten Polierens von Kunststoff-Bauteilen wird beim Beizen eine gleichmäßige Oberflächenstruktur erzielt und ein sauberer Schichtaufbau beim Verchromen ist möglich (Bild: BIA)



Durch das Polieren der Rohteiloberfläche lassen sich konstruktionsbedingte Formtrennungen vor dem Verchromen entfernen (Bild: BIA)

Mensch und Maschine - Eine Betrachtung des Zusammenspiels der Systeme am Beispiel des thermischen Spritzens

Von Franziska Bocklisch[1], Rico Drehmann[2] und Thomas Lampke[2]

Zum online-Artikel

Die modernen Produktionsverfahren erfahren eine zunehmende Unterstützung durch Computersysteme, sowohl in der Produktion von Produkten als auch im Bereich der Entwicklung und Weiterentwicklung der Technologien. Vor allem für hochqualitative Verfahren spielt der Einfluss des Menschen als Bediener und als Entwickler nach wie vor eine große Rolle. Ein Ziel ist es, aus der Rolle der Systemkomponenten Mensch und Maschine innerhalb des Gesamtsystems die optimalen Ansätze zur Reduzierung des Aufwands für die Prozessverbesserung zu ermitteln. Dies kann beispielsweise sowohl die Qualität der Prozesse als auch die Flexibilität der Fertigungsverfahren erhöhen und zugleich die Zufriedenheit der am Prozess beteiligten Menschen verbessern. Die Untersuchungen der Technologie des thermischen Spritzens wurden im Rahmen einer Beobachtungsstudie mit Eye-Tracking durchgeführt.

1 Einleitung

1.1 Industrie 4.0 und Entwicklung cyber-physischer Systeme

Ein Schwerpunkt der deutschen Hightech-Strategie 2025 ist die Entwicklung und Realisierung von Industrie 4.0. Diese Zukunftskonzeption zielt unter anderem auf die Erhöhung des Effizienzgewinns im Produktionssektor durch flexiblere und ressourceneffizientere Produktionsstandards. Es soll ein *digitales Ökosystem* entstehen, in dem alle (produktions-)relevanten Entitäten, die für die Wertschöpfung nützlich sind, einheitlich und transparent digital abgebildet sind und durch Vernetzung (weltweit) autonom miteinander kommunizieren können. Hierfür sind die Implementation von Informations- und Kommunikationstechnologien und insbesondere die Nutzung von Algorithmen der künstlichen Intelligenz (KI) in der Produktion nötig [1, 2].

Ein Zwischenschritt zur Realisierung von Industrie 4.0 sind cyber-physische Systeme (CPS) [3], die einen symbiotischen Systemansatz zur Verschmelzung von physischer Realität und virtueller Welt mittels digitaler Technologien darstellen. CPS sind eingebettete, offene und vernetzte Systeme, die zum Teil domänenübergreifend kommunizieren und deren Automatisierungsgrad so hoch ist, dass sie weitgehend autonom agieren und sich auch adaptiv auf neue Gegebenheiten einstellen können (z. B. vernetzte Produktionssysteme oder *Car-to-X*-Vernetzungen zwischen Kraftfahrzeugen und Verkehrsinfrastruktur im Mobilitätsbereich [4, 5]). CPS bestehen aus

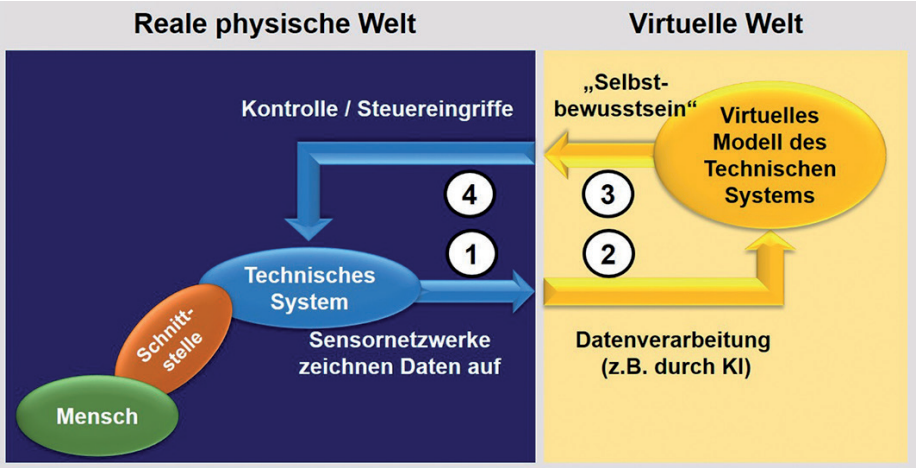


Abb. 1: Struktur eines Cyber-Physischen Systems, ergänzt um den Menschen als Bediener des technischen Systems

– einem physischen Teilsystem, das sich in der realen physischen Welt befindet (z. B. Maschinen) und
– einem virtuellen Teilsystem, das den digitalen Zwilling beziehungsweise das virtuelle Modell des technischen Systems beinhaltet und in der Cyberwelt liegt (u. a. [6–8]).

Die allgemeine Struktur eines Cyber-Physischen Systems ist in *Abbildung 1* schematisch zusammengefasst. Sie ist um den Menschen ergänzt, der klassischerweise als Bediener des technischen Systems in der realen Welt fungiert und über eine (oder mehrere) Schnittstelle(n) mit dem technischen System in Verbindung steht.

Im Produktionsbereich verbindet sich der menschliche Bediener temporär mit einem technischen System zur Erfüllung einer Arbeitsaufgabe. Ein Beispiel ist das thermische Beschichten, bei dem der/die Beschichter/in eine Spritzanlage steuert, um ein Werkstück mit einer bestimmten Beschichtung zu versehen. Die genutzten Schnittstellen sind beispielsweise Bedienpanels. Für die Beschreibung des Systems lassen sich vier Bereiche abgrenzen:

– Soll das technische System in ein CPS überführt werden, ist einerseits das Generieren von Daten über Zustand und Leistungsfähigkeit des Systems nötig (*Abb. 1, Punkt 1*). Dies kann durch (smarte) Sensornetzwerke geschehen und entspricht der *Connection*-Stufe des *5C-Architecture Models* (*Abb. 2* und [9]). Die Autoren schlagen vor, das 5C-Modell um die *Maschinenebene* zu erweitern, auf der bereits jetzt zur Steuerung und Regelung Daten gesammelt und verwendet werden und die von den anderen *C*-Ebenen zu unterscheiden ist. Die He-

[1] Institut für Psychologie
[2] Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik, Technische Universität Chemnitz

rausforderungen auf der *Connection*-Ebene bestehen in der Auswahl der geeigneten Messsensorik und der genauen Aufzeichnung reliabler Daten von Maschinen und Maschinenkomponenten, zum Beispiel zum Monitoring des Maschinenstatus.

– Die erzeugten Daten führen aus der realen physischen Welt in die virtuelle Welt (*Abb. 1, Punkt 2, rechts*) und müssen dort des Weiteren mit geeigneten Algorithmen verarbeitet werden (*Abb. 2*, *Conversion*-Level). Hierbei werden Fragen der Signalverarbeitung, Merkmalextraktion, prädiktiven Analyse und Prognose adressiert, um Daten in Informationen zu überführen und Aussagen (z. B. über die Maschinengesundheit) ableiten zu können. Die Modellbildung ist abgeschlossen, wenn ein virtuelles Modell des technischen Systems vorhanden ist, welches das reale technische System ausreichend gut charakterisiert. Hierzu müssen zwischen den wesentlichen System- und Modellgrößen umkehrbar eindeutige Zuordnungen und gleiche Relationen bestehen [10].
– Das virtuelle Modell des technischen Systems (*Abb. 2*, *Cyber*-Ebene) ist die Grundlage der Entstehung von Selbstbewusstsein beziehungsweise Selbstwahrnehmung der Maschinen(-komponenten) (*Abb. 1*, *3*). Die Analyse der Zustandshistorie, der Selbstvergleich mit anderen Maschinen sowie die Verhaltensvorhersage (z. B. Verschleißprognose) werden dadurch möglich [11].
– Wenn die Outputs des virtuellen Modells schließlich zur automatischen Kontrolle und Steuerung des realen technischen Systems verwendet werden, schließt sich der Regelkreis und das CPS entsteht. Dadurch wird es möglich, dass (nahezu) vollständiges Wissen über das technische System und die Zusammenhänge der Systemkomponenten entsteht. Dieses Wissen wird durch geeignete Organisation und Präsentation dem Nutzer beziehungsweise Experten zur Entscheidungsunterstützung zurückgemeldet (*Abb. 2*, *Cognition*-Ebene) und gegebenenfalls – sofern der Mensch noch einbezogen sein muss – in konkrete Handlungen und Steuereingriffe in der physischen Welt umgesetzt (*Configuration*-Ebene). Beispielsweise können korrektive oder präventive Entscheidungen des *Cognition*-Levels durchgeführt werden. Sofern die Realisierung vollautonomer CPS und *lights-out factories* technisch ermöglicht ist, wird der klassische Maschinenbediener durch sich selbst konfigurierende, eigenwartende und adaptive Technik weitgehend verdrängt. Es stellt sich daher die berechtigte Frage, welche Rolle der Mensch in CPS noch spielen wird beziehungsweise soll [12] und welche Grenzen der Digitalisierung von Arbeit bestehen bleiben (sollten), zum Beispiel was das implizite menschliche Erfahrungswissen betrifft, das notwendig und gleichzeitig nicht beziehungsweise nur sehr schwer digitalisierbar ist [13].

1.2 Die Rolle des Menschen in cyber-physischen Systemen

Die Konsequenzen der Digitalisierung und Automatisierung von Arbeit und die Rolle des Menschen werden zunehmend in den Fachwissenschaften und der Gesellschaft diskutiert. Es existieren hierzu *rosige* und *düstere* Zukunftsszenarien. Wahrscheinlich wird die vierte industrielle Revolution sowohl Vor- als auch Nachteile mit sich bringen. Fakt ist, dass das Ausmaß der Auswirkungen dieses Transformationsprozesses nicht mit den vorangegangenen industriellen Revolutionen vergleichbar ist, da er nahezu gleichzeitig alle wesentlichen Bereiche des menschlichen Lebens erfasst und diese sehr grundlegend verändert. Folgende Effekte auf den Menschen sind zu erwarten ([14] zitiert nach [15]):

– (1) *Polarisierungseffekte*
  zum Beispiel die Veränderung traditioneller Berufsbilder und der Beschäftigungsstruktur in vielen Branchen bis hin zu (Massen-) Arbeitslosigkeit (u. a. [16–19])
– (2) *Flexibilisierungseffekte*
  zum Beispiel die Zunahme der Flexibilisierung der Arbeit bezüglich Zeit, Ort und Inhalt, die Fragmentierung von Erwerbsbiographien [20] oder die Entstehung neuer Arbeitsformen wie Click-Working [21]
– (3) *Durchdringungseffekte*
  zum Beispiel die Beschleunigung und veränderte Organisation von Arbeitsprozessen [20]

Die Folgen wirken sich sowohl auf das Individuum als auch auf die Gruppen- und Gesellschaftsebene aus und sind derzeit schwer abzuschätzen. Sie werden entscheidend davon abhängen, wie der Transformationsprozess geführt, gestaltet und reguliert werden wird (für Arbeitsgestaltungsmaßnahmen vgl. [22]).

Es kann der Eindruck entstehen, dass der Mensch durch CPS überflüssig wird beziehungsweise ihm *nur* noch die Rolle des Bedieners/Überwachers zukommt, für den neue Schnittstellenkonzepte geschaffen werden müssen, damit er die Komplexität der CPS weiterhin überschauen und beherrschen kann (*Abb. 1*, *links unten* [5]). Dies ist teilweise zutreffend, da sich die Mensch-Technik-Schnittstellen verändern werden und dem Menschen beispielsweise mehr und andere Informationen über den Maschinenzustand zur Verfügung stellen können (*Abb. 1*, *Punkt. 2* Sensornetzwerke oder Informationen aus dem virtuellen Modell und *Abb. 3* *).

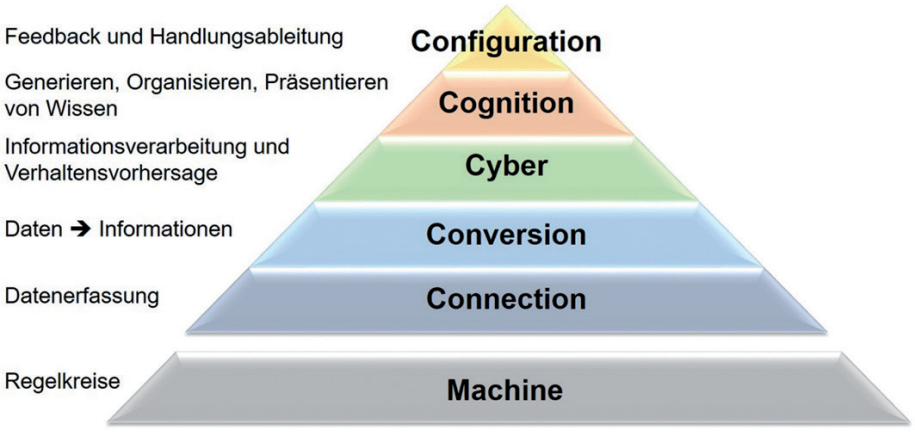


Abb. 2: 5C-Architecture Model mit Ebenen Cyber-Physischer Systeme sowie den zugehörigen Funktionen (in Anlehnung an [7]) und erweitert um die Maschinenebene

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Unter WOMag-online.de steht der gesamte Beitrag zur Ansicht zur Verfügung. Im Weiteren werden die Zusammenhänge des Systems *Mensch-Technik* mit seinen unterschiedlichen Aspekten detaillliert betrachtet und die Übertragung auf die Anwendung für das thermische Spritzen aufgezeigt.
Der Gesamtumfang des Beitrags/Teil 1 beträgt etwa 5,5 Seiten mit 4 Abbildungen und 38 Literaturhinweisen.

Hot embossed large-area plant microstructures for improved photovoltaic light harvesting

By Benjamin Fritz[1]), Markus Guttmann[2]), Guillaume Gomard[1,2]) and Ruben Hünig[3])

To the online paper

Within the scope of a KNMF project (KNMF = Karlsruhe Nano and Micro Facility) with the Center for Solar Energy and Hydrogen Research Baden-Wuerttemberg (ZSW) as project partner, a pro-cess routine to replicate the surface micro-/nanotextures of natural rose petals into large-area polymeric foils via hot embossing lithography has been successfully developed. Several natural petals cut into 3.5 x 2.0 cm² pieces were stitched together to achieve a total structured area of 12.5 x 10 cm². Overall, ten iterations of the shim/mold insert fabrication were carried out with-in this project. Using these mold inserts, a total of several hundreds of polymer foils was thus hot embossed in different polymeric thin foils. The light harvesting and self-cleaning properties of the latter were comprehensively analyzed. The fabricated structured foils were then applied onto Cu(In,Ga)Se_2 (CIGS) thin-film solar cells and 10 x 10 cm² CIGS solar modules, leading to a power output increase of around 5%, measured under outdoor conditions and over a period of 28 days. Additionally, the textured polymeric layers atop the solar modules largely reduce the amount of reflected polarized light, which is known to affect the ecology of several (polarotac-tic) insect species.

Heißgeprägte großflächige Pflanzenmikrostrukturen für eine erhöhte Lichtausbeute in der Photovoltaik

Im Rahmen eines KNMF-Projekts (KNMF = Karlsruhe Nano and Micro Facility) mit dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) als Projektpartner wurde erfolgreich eine Prozessroutine zur Replikation der Mikro-/Nano-Oberflächentexturen natürlicher Rosenblütenblätter in großflächige Polymerfolien mittels Heißpräge-Lithographie entwickelt. Mehrere natürliche Blütenblätter, in Stücke von 3,5 x 2,0 cm² geschnitten, wurden zusammengesetzt um eine strukturierte Gesamtfläche von 12,5 x 10 cm² zu erhalten. Insgesamt wurden im Rahmen dieses Projekts zehn Iterationen der Shim-/Formeinsatz-Herstellung durchgeführt. Unter Verwendung dieser Formeinsätze wurden insgesamt mehrere hundert Folien aus verschiedenen Polymeren heißgeprägt. Letztere wurden umfassend auf ihre Lichternte- und Selbstreinigungseigenschaften hin untersucht. Die strukturierten Folien wurden auf Cu(In,Ga)Se_2 (CIGS)-Dünnschicht-Solarzellen und 10 x 10 cm² CIGS-Solarmodule aufgebracht, was zu einer Leistungssteigerung von rund 5 % führte, gemessen im Freifeld über einen Zeitraum von 28 Tagen. Darüber hinaus verringern auf den Solarmodulen die texturierten Polymerschichten die Menge an reflektiertem polarisiertem Licht, von dem bekannt ist, dass es die Ökologie mehrerer (polarotaktischer) Insektenarten beeinflusst.

1 Introduction

The outer surfaces of animals and plants have evolved to achieve functionalities as diverse as heat, water or light management. The wealth of surface textures found in nature is a great source of inspiration for the design of (multi)functional coatings. It has been shown both experimentally and numerically, that the petal surface textures of most flowering plant species typically feature densely-packed micro-structures composed of nearly conical epidermal cells, which are further decorated by na-noscale (cuticular) folds (*Fig. 1*). Together, these properties foster sunlight harvesting and trapping, as needed for photosynthesis in leaves or for achieving saturated colors in petals. The same effects can be exploited to improve the sunlight absorption capability in photovoltaics (PV), regardless of the illumination direction. One way to realize this is to repli-cate the plant surface textures in a transparent cover layer directly applied onto solar panels.

In a first attempt to demonstrate the potential of this bio-replication approach, the hierarchical structures of rose petals were replicated into a transparent, ultraviolet (UV)-curing resist using a polydimethyl-siloxane (PDMS) template and applied onto the cover glass of organic solar cells. Thanks to the above mentioned optical mechanisms, the short-circuit current density (J_{SC}) of these small-area photovoltaic prototypes (active area of 3.5 x 3 mm²) improved by 13 % under normal incidence, and by up to 44 % under an incident angle of 80° [1]. A similar route, using either positive or negative templates, was tested on other solar cell technologies and resulted in a significant performance enhancement. That demonstrating the solar harvesting potential of petal texture replicas. Herein, the epidermal cells convexity was successfully preserved by replicating fresh petals into a PDMS mold at ambient conditions, hence limiting water losses and avoiding vacuum-operated processes, which promote the shrinkage of the microstructures of the natural surface texture.

In the present work, the authors review their recent advances towards the mass fabrica-

[1]) Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Light Technology Institute (LTI), D-76131 Karlsruhe, Engesserstraße 13; benjamin.fritz@kit.edu & guillaume.gomard@kit.edu

[2]) Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Microstructure Technology (IMT), D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1; markus.guttmann@kit.edu

[3]) Center for Solar Energy and Hydrogen Research Baden-Württemberg (ZSW), D-70563 Stuttgart, Meitnerstraße 1; ruben.huenig@gmx.de

tion of large-area PV cover layers incorporating the rose petal surface texture, and on their subsequent lamination onto encapsulated solar modules. This is now realized by developing a hot embossing process, which, compared to the previous standard method via soft imprint replication, significantly increases the possible throughput and allows the reproducible texturing of self-standing polymer foils by using a mechanically stable and durable metallic mold. Compared to the widely used PDMS molds that are used in soft imprint replication, this hot embossing approach introduces a great flexibility in the choice of polymer material to be textured. We note that in-depth discussions of all the advances in fabrication methodology and also the PV performance enhancements which are summarized within this communication can be found in references [2, 3].

2 Development of a hot embossing routine for the large-area replication of petal textures

For the fabrication of the hot embossing mold inserts, several working steps had to be carried out, which are depicted in *Figure 1* and described in detail below. Using the thus fabricated metallic mold inserts, three different polymeric materials were hot embossed, leading to several hundred pieces of rose petal surface texture replicas with dimensions of up to 12.5 x 10 cm^2.

2.1 Stitching of fresh rose petals and large-area soft imprint lithography

For the preparation of a large-area PDMS stamper, fresh rose petals (variety: *Red Naomi*) were cut by using rectangular glass slides as stencils. These rectangular cut outs were manually assembled into arrays onto metallic substrates using double-sided adhesive tape and then immediately covered with PDMS (Sylgard® 184, Dow Corning) before the petals lose their structural integrity due to water evaporation from the epidermal cells. After curing the PDMS material at room temperature, the edges of the resulting soft PDMS (negative) stampers (with a thickness of about 10 mm) were cut to ensure proper planarity. This is necessary for the subsequent hot embossing step in order to achieve reasonable thermal contact over the whole area between the fabricated metallic copy of the (negative) texture and the heated substrate (massive brass sheet). After cleaning the PDMS stampers from residual plant material, large-area soft imprint (positive) replicas were fabricated on 4", 6" or 8" silicon wafers using NOA68 (Norland Products, Inc.) as a UV-curing resist. Subsequently, these master substrates were used to carry out a nickel electroforming routine.

2.2 Fabrication of thick metallic mold inserts

First, 14 nm of chromium (adhesive layer) and 100 nm of gold (conductive plating base) were evaporated onto the resist-structured silicon wafer substrate. The textured and metal-coated wafer was subsequently fixed onto a commercial (for 4" and 6" substrates) or a homemade (for 8" substrates) plating holder and then immersed into a standard nickel electroplating system that was specially developed for thick nickel electroforming of micro- and nanostructures.

The system included boric acid containing nickel sulfamate electrolyte at a temperature of T = 52 °C and a pH in the range of 3.4–3.6. By gradually ramping up the current density from 0.1 A/dm^2 to 1.0 A/dm^2 from start to finish of the electroplating process, defect-free nickel deposition into the micro-/nanotextured areas was assured. With this routine, nickel mold inserts with a thickness of up to 3 mm were fabricated. After a first wire electrical discharge machining (wire-EDM) step (to planarize the backside) and a consecutive removal of the silicon substrates by wet chemical dissolution (using KOH solution), the nickel mold inserts were thereby slightly reduced in thickness. The residual NOA68 was removed by treatment with dichloromethane. By employing a further wire-EDM step, the final outer dimensions of the nickel mold inserts were realized. The first finished mold inserts had the shape of a small rectangle of 2.5 x 7.0 cm^2 or circular configurations (with diameters of the textured area between 78 and 136 mm) but finally, tex-tured areas of up to 12.5 x 10.0 cm^2 could be achieved (with outer dimensions of the mold inserts reaching up to 15.5 x 13.0 cm^2).

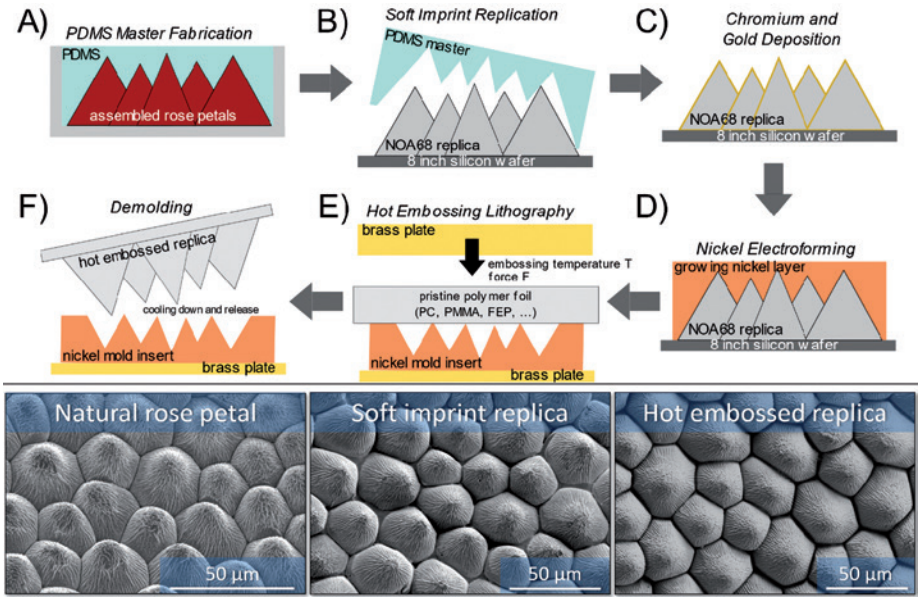


Fig. 1: Top – Schematic depiction of the fabrication routine of rose petal textured polymeric foils via hot embossing [3]. A) and B) At first, a soft imprint lithography process is carried out to transfer the petal surface texture via PDMS into a UV-curing polymer on top of a silicon wafer. C) Subsequently, the wafer with the structured polymer are covered by thin layers of chromium and gold to ensure a good surface conductivity for D) the nickel electroforming. E) and F) The finished nickel mold insert is then used to structure a polymer foil by applying heat and pressure. Bottom – SEM images (top view) of a natural rose petal, a soft imprint replica and a hot embossed replica [4]. The typical rose petal surface texture is kept intact during the double-replication process depicted in A) – F).

Read on in womag-online.de

WOMag online subscribers can download the entire article. Furthermore, the upscaling of the structures to large formats and the characterization (topography, optical properties) of the workpieces obtained are described. Finally, the achievable properties of solar cells using PMMA foils with rose petal texture are explained.
The total volume of the article is about 5 pages with 4 figures.

Neuheit – Wassergekühlte Gleichstromquelle Power Station pe5910-W-AFE

3 in 1 – jetzt mit optionalen, integrierten, elektronischen Polwender und Active Front End (AFE)-Technologie

Die plating electronic GmbH zählt zu den Technologieführern in der Entwicklung und Herstellung von Gleichstromquellen sowie Pulse-Reverse-Stromquellen für elektrochemische Prozesse. Für die unterschiedlichsten Anwendungen in der Galvanotechnik, wie beispielsweise Verchromungsprozesse, für das Anodisieren oder Aluminium-Färbeprozesse, hat das Unternehmen das Programm der kompakten wassergekühlten Hochstrom-Gleichstromquellen erweitert.

Die POWER STATION pe5910-W-AFE mit optionalem, integriertem, elektronischem Polwender und AFE-Technologie setzt mit bis zu 10 000 A bei 20 V und der maximalen Ausgangsleistung von bis zu 200 kW einen neuen Maßstab. Die Gerätereihe bietet damit maximale Leistung auf kleinstem Raum bei einer Aufstellfläche von nur 800 mm x 600 mm (B x T).

AFE-Technologie – sinusförmige Stromentnahme

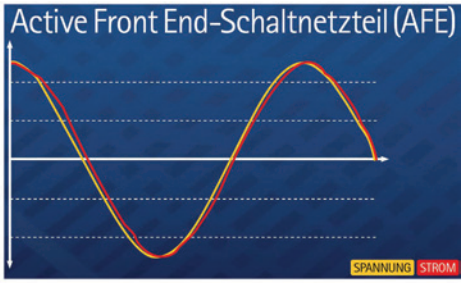
Bei Gleichrichtern mit integrierter AFE-Technologie (Active Front End) erfolgt eine sinusförmige Stromentnahme aus dem AC-Versorgungsnetz mit gleicher Phasenlage von Strom und Spannung. Dies führt zu einer merklichen Reduktion von harmonischen Schwingungen auf unter 1 % (THD_I). Gleichrichter mit AFE-Technologie erzielen zudem eine Erhöhung des Leistungsfaktors (Cos Phi) von standardmäßig 0,95 auf 1,00. Ein weiterer positiver Nebeneffekt der sinusförmigen Netzstromentnahme ist die Reduktion des Phasenstroms und somit eine geringere Belastung des Versorgungs-Trafos für die Gleichrichter.

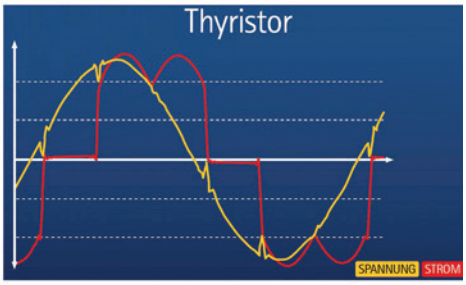
Bestmögliche Flexibilität, Geräteverfügbarkeit und Servicefreundlichkeit stehen bei plating electronic stets an erster Stelle. Dies ist durch den Einsatz der modularen Technik gewährleistet. Durch die Verwendung der bewährten Schaltnetzteiltechnologie und der digitalen Regelungstechnik zeichnet sich die Gleichstromquelle durch eine präzise Regelgenauigkeit und eine sehr geringe Restwelligkeit aus. Eine optimierte Qualität der Prozessabläufe und qualitative Vorteile bei vielen Beschichtungsverfahren sind das Ergebnis.

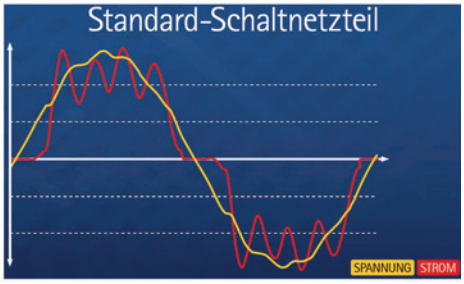
Der hohe Wirkungsgrad von 90 % bis 96 % bedeutet einen geringeren Energieverbrauch und somit eine Einsparung der Betriebskosten. Der sehr hohe Leistungsfaktor von bis zu 0,95 ermöglicht weitere Energiekosteneinsparungen aufgrund einer besseren Netzqualität und damit reduzierter Blindleistung. Zusätzliches Einsparpotential ist aufgrund der kompakten Bauweise und der Möglichkeit, die Gleichstromquelle mit möglichst geringem Abstand zum Arbeitsposition in der Galvaniklinie zu installieren, gegeben.

Das neue Design des DC-Ausgangs (Gleichstromausgang) ist ein weiteres Highlight. Stromschienen können nun in beliebiger Ausrichtung zu den DC-Anschlüssen geführt werden, weshalb eine flexible und einfache Integration in Anlagen und somit kürzere Stromschienenwege möglich sind. Der Leistungsbereich der Gleichstromquelle kann durch Parallel- oder Reihenschaltung individuell vervielfacht werden.

Die Integration und Ansteuerung kann über die bekannten Schnittstellen, wie zum Beispiel PROFIBUS, PROFINET, Modbus, TCP/IP oder RS485 erfolgen. Mit Hilfe einer analogen Schnittstelle kann die Kommunikation mit älteren Anlagensteuerungen gewährleistet werden. Als Insellösung bietet plating electronic alternativ die manuelle Bedienung mit Bedieneinheiten an, die ebenfalls für eine zukünftige externe Anbindung an die Ansteuerung geeignet sind.







➲ **www.plating.de**

Problematische Stoffe sollen durch sichere Chemikalien ersetzt werden – eine Stellungnahme des ZVO

Positionierung des Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO) zur Substitutionsstrategie der ECHA

Die ECHA verfolgt eine vierteilige Strategie zur Substitution problematischer Stoffe durch sicherere Chemikalien mit den Säulen *Workshop für Akteure der Lieferkette*, *Netze*, *Finanzierung und technische Unterstützung* sowie *Daten zur Vermeidung bedauerlicher Substitutionsentscheidungen*. Das ZVO-Ressort Umwelt- und Chemikalienpolitik hat dazu Position bezogen.

Am Anfang steht die Frage, was in diesem Kontext unter Substitution zu verstehen ist. Im zugehörigen Leitfaden findet sich dazu folgende Aussage: *In dieser Strategie wird der Begriff Substitution weit gefasst und kann definiert werden als der Ersatz oder die Reduzierung gefährlicher Stoffe in Produkten oder Prozessen durch weniger gefährliche oder nicht gefährliche Stoffe oder durch das Erreichen einer gleichwertigen Funktionalität durch technologische oder organisatorische Maßnahmen* (*Tab. 1*).

In diesem Zusammenhang ist die Berücksichtigung der technischen Funktion des Stoffs in Produktion und/oder Endprodukt von entscheidender Bedeutung, um eine größere Bandbreite an denkbaren, prüfungswürdigen Substitutionslösungen zu ermöglichen – weniger jedoch seine chemische Struktur und die damit verbundene Gefährlichkeit.

Der Ansatz, der als *funktionelle Substitution* bezeichnet wird, soll helfen, sogenannte *bedauerliche Substitutionen* zu vermeiden. Ziel ist es, sich nicht mehr nur auf ähnliche chemische Substitute zu konzentrieren, die zu einer Substitution durch Alternativen mit ähnlichen toxikologischen Profilen führen können.

Vierteilige Substitutionsstrategie der ECHA

Auf der ECHA-Website wird unter anderem der mögliche positive Effekt des Einsatzes *sicherer* Chemikalien auf die Nachhaltigkeit [1], zum Beispiel die Kreislaufwirtschaft, hervorgehoben. Doch das unbedingte Festhalten an der unbewiesenen und nicht grundsätzlich plausiblen Korrelation zwischen Nachhaltigkeit und Substitution gefährlicher Stoffe ist kritisch zu sehen.

Es wird oftmals suggeriert, dass mit der Substitution gefährlicher Chemikalien auch eine bessere Nachhaltigkeit gewährleistet ist. Gerade das Beispiel Chromtrioxid in der Oberflächenbeschichtung zeigt hingegen, dass diese beiden Ziele keineswegs selbstverständlich einhergehen.

Chromtrioxid und Natriumdichromat sind Verbindungen, die meist am Anfang des Produktionsprozesses von weiteren Chromverbindungen stehen, auch von Chrom(III)verbindungen. Beschichtungsverfahren auf der Basis von Chromtrioxid kommen mit einem Minimum an zusätzlicher Chemie aus und ergänzt werden muss im Wesentlichen nur das aus den Chromverbindungen gewonnene Chrom. Weitere Stoffe, die hinsichtlich Nachhaltigkeit zu betrachten wären, spielen keine Rolle. Elektrolytreste werden gegebenenfalls rückgeführt beziehungsweise wiederaufbereitet. Lediglich Spülwässer werden der Entsorgung zugeführt und zwar aus wirtschaftlichen Gründen; grundsätzlich wäre auch eine Rückgewinnung des enthaltenen Chroms möglich.

Bei alternativen Verfahren auf Basis dreiwertigen Chroms sind hingegen Anionen von wesentlichem Einfluss. Darüber hinaus arbeiten solche Elektrolyte in der Regel mit nicht unbedeutenden Mengen unterschiedlichster Zusatzstoffe, um notwendige Eigenschaften des Elektrolyten oder der Schicht zu erzielen oder aufrechtzuerhalten, das heißt ihn zu stabilisieren. Dies führt zu einem stofflichen Mehraufwand sowohl in der Produktion als auch in der anschließenden Behandlung der anfallenden Nebenprodukte (Reststoffe). Gerade die Fracht an Anionen lässt sich oft nicht ohne weiteres entfernen und gelangt so ins Abwasser. Zusätzlich müssen Ionenaustauscher eingesetzt werden, die nach kurzer Zeit nicht mehr regenerierbar sind und der thermischen Verwertung zugeführt werden müssen. Dies entspricht nicht dem Verständnis des ZVO von Nachhaltigkeit.

Chromtrioxid enthält 52 % Chrom. Der Anteil an Chrom in Chrom(III)verbindungen ist dagegen geringer, wie etwa Chrom(III)sulfat mit 26 % Chrom oder Chrom(III)chlorid mit 33 % Chrom und dies nur in wasserfreiem Zustand. In der Handelsform oder in Lösung sind es nochmals deutlich weniger. Das heißt, für die Abscheidung einer Chromschicht muss schon hier die mehrfache Menge an Stoff bewegt werden (in der Regel mit Diesel-Lkw angeliefert), die sonstigen Zusatzstoffe sind dabei noch gar nicht berücksichtigt.

Es existiert eine Vielzahl weiterer Beispiele, in denen die Substitution eines gefährlichen Stoffs nicht mit dem Wunsch nach Nachhaltigkeit einhergeht beziehungsweise diesem sogar entgegensteht. Es stellt sich somit die Frage, welcher Aspekt bedeutender ist, die Nachhaltigkeit oder die unbedingte Substitution unter Umständen gefährlicher Chemikalien. Natürlich müssen sich diese beiden Aspekte nicht immer widersprechen, doch dogmatisch vorauszusetzen, dass sie stets konform gehen, kann ebenso zu bedauerlichen Substitutionen führen.

Tab. 1: Vierteilige Strategie der ECHA im Überblick

Workshop für Akteure der Lieferkette	Die Workshops für Akteure der Lieferkette sollen die Forschung, die Bewertung und die Einführung sicherer Chemikalien voranbringen
Netze	Kooperationsnetze spielen eine wichtige Rolle bei der Koordination und Förderung der Innovation und der Substitution auf Grundlage fundierter Kenntnisse
Finanzierung und technische Unterstützung	Ein leichter Zugang zu technischer Unterstützung und zusätzlichen Finanzmitteln ist für die Förderung der Substitution gefährlicher Chemikalien von entscheidender Bedeutung
Daten zur Vermeidung bedauerlicher Substitutionsentscheidungen	Eine wirksamere Nutzung von REACh-, CLP- und BPR-Daten bei der Gefahrermittlung und Risikobewertung von Alternativen kann dazu beitragen, bedauerliche Substitutionsentscheidungen zu vermeiden

Workshops für Akteure der Lieferkette

In dieser Formulierung liegt bereits ein grundsätzlicher Gedankenfehler. Solche Workshops können nur dann erfolgreich sein, wenn neue Gedanken/Ideen einfließen und potenzielle Alternativen ganzheitlich, objektiv und nicht ausschließlich im Hinblick auf eine bestimmte Interessengruppe bewertet werden. Inwieweit diese Forderung innerhalb einer bestehenden Lieferkette überhaupt umfänglich erfüllt werden kann, bleibt fraglich. Dienstleister einer spezifischen Technologie wie der Chrombeschichtung bieten kein eigenes Produkt an – sie werden in der Lieferkette auf Anfrage ihres Kunden aufgenommen.

Alternativen werden durch den Kunden gewählt

– aus Effizienzgründen (Qualität/Preis)
– aus Gründen der Verfügbarkeit und/oder
– aufgrund eines Marketingvorteils.

Nur der Kunde kann derartige Workshops inhaltlich füllen, nicht die derzeitigen beziehungsweise potenziellen Zulieferer.

Ausgehend vom Beispiel Chromtrioxid, sind etwa den Beschichtern viele potenzielle Substitutionsmöglichkeiten bekannt, denn es handelt sich um ihre Wettbewerber. Ein Akteur einer etablierten Lieferkette hat kaum ein Interesse daran, Ressourcen zur Findung von Alternativen einzusetzen, die letztlich keine neuen Eigenschaften und damit keine verbesserte Marktsituation erreichen.

Workshops müssen ergebnisoffen ansetzen, vor allem müssen sie ganzheitlich die Auswirkungen möglicher beziehungsweise diskutierter Substitutionen erarbeiten. Dabei sind besondere Fragen zu klären, wie:

– Soll nur ein Stoff substituiert werden oder ein komplettes Verfahren (zum Beispiel Chrom(VI)- gegen eine andere Chromverbindung), oder Chrom als schichtbildendes Element gegen andere Schichten (mit identischen Eigenschaften)?
– Können/müssen einzelne Substitutionsmöglichkeiten alle bisher bedienten Lieferketten 1:1 abbilden, oder erfolgt beispielsweise die Substitution der *universellen* Beschichtung mit Chrom durch eine Vielfalt anderer Technologien (teils Lackieren, teils Auftragsschweißen, teils PVD, etc.)? Wie viele Produktionsstätten werden zusätzlich benötigt?
– Inwieweit muss ein Substitutionsstoff bereits zu Beginn auf potenzielle Zukunftstauglichkeit im Sinne von möglichen Risiken geprüft werden (Cr(VI) à Cr(III), Phosphate in Waschmitteln à Zeolithe, FCKW-Treibgas à Butan) und ab wann ist der Ersatzstoff eventuell nicht als Alternative anzusehen?
– Findet die Alternative eine (zumindest aktuell) vollumfängliche(!) Akzeptanz aller Stakeholder oder nur einen gewissen Prozentsatz an Befürwortern?
– Welche Auswirkungen hat die mögliche Umstellung auf eine Alternative auf Produktionssicherheit, Produktsicherheit, Energiebilanz, Produkteigenschaften? Wobei Produkteigenschaften auf möglicherweise komplexe Artikel zu beziehen ist, in denen der betrachtetete Stoff mengenmäßig eine untergeordnete Rolle spielt (zum Beispiel verchromte Stoßdämpferkolben in Fahrzeugen).

Je nach Substitutionsstrategie im konkreten Fall sind unterschiedliche Gruppen einzubeziehen, die sich überschneiden und teilweise widersprechen. Insgesamt führt der Ersatz einer etablierten Technologie durch eine Vielzahl anderer zu erhöhten Aufwänden und zur existentiellen Bedrohung der Betriebe der Ursprungstechnologie.

Nach Einschätzung des ZVO wird das Thema Substitution im Licht aktueller Gerichtsurteile an Bedeutung gewinnen, ohne die Gesamtsituation zu verbessern. Eine Autorisierung soll ohne konkreten Substitutionsplan keinen Erfolg mehr haben können. Vor allem erwartet das EuG (T-837/16) auch die Betrachtung der Frage, ob Alternativen durch Verzicht der Kunden auf gleichwertige Leistung Berücksichtigung finden könnten. Das bedeutet, dass die Akteure in der Lieferkette für den jeweiligen *Use* die Alternativen kennen müssen. Dabei ist nicht nur die eigene Substanz (wie Chromtrioxid) zu betrachten, sondern auch die Substitutionsmöglichkeiten in der späteren Anwendung (= Ersatz von Chrom).

Zur Kenntnis gehört auch eine Einschätzung, in welchem Zeitrahmen eine Einführung beim Antragsteller umzusetzen sein könnte. Dafür braucht es fundiertes Wissen in verschiedenen, eventuell sogar berufsfremden Technologien, genaue Informationen über Kosten, Rahmenbedingungen, Rohstoffverfügbarkeiten, Verfügbarkeit von Facharbeitern und andere Effekte (Stichwort bedauerliche Substitutionsentscheidungen) und nicht zuletzt die Voraussetzung, dass eine Einführung samt Upscaling und anderen Maßnahmen erfolgreich sein wird. Nachgelagerte Kunden erleben durch diese grundsätzliche Infragestellung von Technologien eine hohe Investitionsunsicherheit. Dadurch werden bereits angedachte Alternativen unter Umständen sehr früh in Frage gestellt; bedauerlich, wenn Investitionsmittel in andere Bereiche (geografisch, ökonomisch) abwandern.

Netze

Die Netze von Fachleuten müssen interdisziplinär aufgestellt sein und jeder letztliche Netzwerkpartner muss die Sachkenntnis haben, die zur zukunftssicheren Entscheidung führen kann. Daraus ergeben sich einige Fragen: Welcher *Preis* ist dafür zu zahlen, sein Wissen zu teilen? Wer bringt sich in solche Netze ein und mit welchem Ziel? Welche Bedeutung wird geheimes Know-how der Unternehmen noch haben dürfen?

Bei Betrachtung der ECHA-Website steht hier meist der Substitutionsgedanke bezüglich eines unter Umständen gefährlichen Stoffs durch einen anderen, als weniger gefährlich charakterisierten Stoff im alleinigen Fokus – ohne Betrachtung der *Nebenwirkungen* wie Ressourcennutzung, Energiebilanz, Rohstoffverfügbarkeit oder Produktions- und Produktsicherheit, um nur die wichtigsten zu nennen. Die Betrachtung des weitaus bedeutenderen komplexen Gesamtzusammenhangs tritt in den Hintergrund. Es darf aber nicht einfach nur ein Stoff betrachtet werden, der zur Substitution verurteilt wurde, sondern es muss der gesamte Prozess in die Betrachtung eingebunden werden.

Konkret vermag etwa im Sanitärbereich niemand die langfristige Auswirkung einer alternativen Lackierung gegenüber einer Chromschicht abzuschätzen, sei es nun bezüglich Auswirkungen auf die Umwelt (Stichwort Mikroplastik) oder auf Personen (mikrobielles Verhalten im Dauereinsatz) oder Wirtschaftlichkeit (Haltbarkeit und Bedingungen des Alltags). Deshalb müssen die Netze für jeden Einzelfall interdisziplinär aufgestellt sein. Durch die schiere Größe bedarf eine mögliche erfolgreiche Arbeit daher vor allem Zeit! Übereilte weitreichende Regulierungen ohne ganzheitliche Folgenbetrachtung tragen verborgene, jedoch keineswegs kleine Risiken in sich.

Finanzierung und technische Unterstützung

Inwieweit sollen hier andere Gruppen als in bisher üblichen Forschungsprojekten eingebunden werden? Wer soll hier worauf Einfluss nehmen und sucht die Finanzierungsschwerpunkte heraus? Auch hier steht wieder die Frage nach der Objektivität und ganzheitlichen Erkenntnis im Raum. Inwieweit geht die Förderung über ungewisse Einzelinteressen hinaus? Wer gibt die Rahmenbedingungen vor? Die Fördertöpfe müssen dafür ei-

nen weiten Spielraum ermöglichen, um den Substitutionsgedanken im ganzheitlichen Stil voranzutreiben und nicht auf den Austausch von Stoff A gegen Stoff B (mit scheinbar geringerem Gefahrenpotenzial) zu beschränken.

Daten zur Vermeidung bedauerlicher Substitutionsentscheidungen

Auch dieser Punkt ist auf die Substitution eines Stoffs und nicht auf komplette Prozesse gerichtet. Tatsächlich ist eine ganzheitliche Betrachtung nicht durch einfache Datensammlung realisierbar, denn es spielen vor allem die Wechselwirkungen der Systembausteine eine Rolle. Hier bedarf es nach Ansicht des ZVO weitaus komplexerer Denkansätze, als es die vier Strategiebausteine suggerieren. Die Vergangenheit hat bereits mehrfach gezeigt, dass die einfache Substitution eines bedenklichen Stoffs (wie Phosphate in Waschmitteln gegen Zeolithe) ohne Betrachtung des Gesamtsystems – was auch immer darunter verstanden werden soll – langfristig nicht erfolgreich ist und das obwohl der Ersatzstoff als solcher für unkritisch befunden wurde.

Fazit

Solange sich der Substitutionsgedanke vorrangig auf den einzelnen Stoff richtet und nicht die kompletten Prozesse umfasst, sind die bisherigen Ansätze halbherzig. Ebenso ist es sehr gefährlich, wenn suggeriert wird, dass die Substitution eines gefährlichen Stoffs automatisch mit einer besseren Nachhaltigkeit einhergeht. Es muss vielmehr ein ganzheitliches Verständnis für jede Einzelmaßnahme geschaffen werden. Dies erfordert ein gesteigertes Maß an interdisziplinärer Expertise und Ausrichtung, um die komplexen Prozessnetzwerke zu beherrschen.

Workshops und Netzwerke sollten dementsprechend interdisziplinär zusammengesetzt sein und Wechselwirkungen entlang aller Wirkketten sollten allen zugänglich gemacht werden (Wissensdatenbank, Open-Source, Simulationsverfahren).

Anstrengungen zu Substitution sind auch ohne REACh in der Industrie allgegenwärtig, allein schon aus wirtschaftlichen Erwägungen, um im Markt Vorteile zu erzielen. Ob dabei solche explizit ausgerufenen Projekte einen neuen Ansatz im Sinne einer *besseren* oder schnelleren Substitution gefährlicher Stoffe bieten können, bleibt ebenso fraglich wie der zu erwartende monetäre Benefit. Der Aufwand bei solchen, von offizieller Seite unterstützten Projekten ist gerade für diejenigen, die eigentlich davon profitieren sollten (KMU), oftmals größer als der daraus zu ziehende Nutzen. Die Ziele finanzieller Unterstützungsformen müssen ganzheitlich ausgerichtet sein. Andernfalls sind unkontrollierte Marktbereinigungen wahrscheinlich. Dadurch würden Arbeitsplätze und Innovationskraft vor allem von kleineren Unternehmen verloren gehen.

Durch Substitutionen soll Europa gesünder und umweltfreundlicher werden, eine vielleicht sogar drastische Marktbereinigung wird von der ECHA und der Europäischen Kommission gerne verneint und die Augen davor verschlossen. Insbesondere wird die Substitution durch *Fertigung im außereuropäischen Ausland* als undenkbar betrachtet und ignoriert.

Rigorose Regulierungen und kurzsichtige Substitutionen bleiben wirkungslos, wenn in Europa scheinbar gefährliche Prozesse nicht mehr durchgeführt werden können oder dürfen, jedoch die Endprodukte importiert werden können, obwohl im Drittland die Produktionsprozesse tatsächlich mit hoher Gefahr für Mitarbeiter, Bevölkerung und Umwelt betrieben werden.

Die Substitutionsstrategie ist wie vieles an der Chemikalienregulierung auf die Möglichkeiten, Arbeitsweisen, Ressourcen und Erfordernisse der Großindustrie ausgelegt. Die Auswirkungen auf die breite Masse an kleinen und mittelständischen Unternehmen bleiben unbeachtet. Die Folgen dieser Vorgehensweise werden sich erst mittelfristig zeigen. Es ist zu erwarten, dass sie dann unumkehrbar sein werden.

Der ZVO beurteilt die Substitutionsstrategie der ECHA als ungeeignet, Substitutionen tatsächlich vollständig beurteilen und bewerten zu können. Der ZVO fordert stattdessen die Durchführung von Folgenanalysen (*impact assessements*) beabsichtigter Analysen über die spezifische Frage der Substanzgefahr hinaus. Andere Risiken können den Nutzen leicht überwiegen.

Anmerkung

[1] Das ZVO-Ressort interpretiert den Begriff wie folgt: *Entwicklung zukunftsfähig zu machen, heißt, dass die gegenwärtige Generation ihre Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generation zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse befriedigen zu können.* (https://www.wortbedeutung.info/Nachhaltigkeit/)

➲ **www.zvo.org**

Moderne Beschichtungsverfahren

Bericht über eine Veranstaltung der DGM am 24. und 25. März – erstmals ausgeführt als Webinar infolge der Corona-Krise

Beschichtungstechnologien werden heute in breitem Umfang für die unterschiedlichsten funktionellen und dekorativen Anforderungen eingesetzt. Dabei werden die Arten der Beschichtungen in zunehmendem Maße auf besondere Eigenschaften, die von der Beschichtung gefordert sind, ausgerichtet. Dies wiederum hat einen deutlichen Einfluss darauf, dass die Beschichtungsverfahren beziehungsweise Eigenschaften der Oberfläche detailliert betrachtet und bewertet werden müssen. Nicht zuletzt im Zuge der europäischen Chemikalienverordnung REACh spielt diese detaillierte Betrachtung und Bewertung eine immer stärkere Rolle. Das zweitägige Seminar der DGM, Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V., bot einen Überblick über moderne Beschichtungsverfahren, wobei unter dem Adjektiv *modern* vorzugsweise die aktuell genutzten Verfahren zu verstehen waren. Die Betrachtung umfasste die Vakuumtechnologien einschließlich Randhärteverfahren, die - nur tangierten - galvanischen Verfahren, Lackierverfahren und Tauchschmelzverfahren. In deutlich breiterem Rahmen wurden die thermischen Spritzverfahren behandelt; neben den Auftragstechnologien wurden auch die Herstellung und Verwendung der Spritzwerkstoffe sowie unterschiedliche Verfahren der Prozessüberwachung dargestellt.

Zum online-Artikel

Einleitung

Eröffnet wurde die Veranstaltung von Prof. Dr. Möhwald, der einen kurzen Überblick über den Aufbau des Instituts für Werkstoffkunde an der Leibniz Universität Hannover als technisch-wissenschaftliche Einrichtung und Ansprechpartner für Unternehmen in Entwicklungs-, Planungs- und Beratungsleistungen gab. Prof. Möhwald befasst sich in seinem Arbeits- und Lehrgebiet mit der Füge- und Oberflächentechnik; zu seinen Schwerpunkten zählen das thermische Spritzen sowie die PVD-Technik. Weitere interessante Bereiche der gesamten universitären Arbeit sind beispielsweise Schneidetechniken, Technologie der Werkstoffe oder Korrosionsprüfungen. Zu den übergeordneten Bereichen gehören mechanische Prüfungen, Metallografie oder Analysetechnik und Schadensforschung. Neue Bereiche sind die Biomedizintechnik und der Leichtbau, in denen Arbeiten zur Entwicklung von neuen Werkstoffen beziehungsweise die Modifizierung für bestimmte Anwendungen durchgeführt werden.

CVD-Technik

Hanno Paschke von der Außenstelle des Fraunhofer IST am Dortmunder Oberflächen-Centrum DOC, eröffnete mit der Anwendung und Verfahren der CVD- beziehungsweise plasmaunterstützten CVD-Technik die Reihe der Fachbeiträge (CVD – Chemical Vapour Deposition, chemische Dampfabscheidung). CVD-Verfahren zählen neben der PVD-Beschichtung zu den vakuumbasierten Verfahren. Bei CVD wird zwischen den Verfahren mit Temperaturen über 900 °C und den plasmaaktivierten Verfahren unterschieden, bei denen die Temperaturen auf Werte unter 550 °C abgesenkt werden können. Die notwendigen Reaktionen werden hier nicht durch die hohen Temperaturen ausgelöst, sondern mit Hilfe des Plasmas.

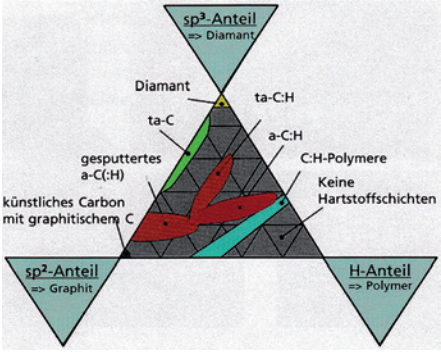
Da bei der CVD-Technologie der gesamte Gasraum um das zu beschichtende Bauteil Reaktionsraum ist, werden mit dieser Technologie sehr gute Bedeckungsraten erzielt. Bei der Plasmaunterstützung wird aufgrund der angelegten Spannung eine höhere Abscheiderate erzielt, da die Beschichtungsbestandteile auf die Teileoberfläche hin beschleunigt werden. Grundsätzlich werden bei der Beschichtung unterschiedliche Einzelschritte aus Antransport, Absorption, Oberflächendiffusion, Kondensation und dreidimensionales Schichtwachstum differenziert.

Je nach eingesetzten Festkörpern und Reaktionsgasen lassen sich unterschiedliche Oberflächen erzeugen. Im Falle von Titan können dies beispielsweise Titannitrid, Titancarbid oder Titancarbonitrid sein, falls Stickstoff und Kohlenstoffverbindungen vorgegeben werden. Bei Verwendung von Borchlorid entstehen Schichten aus Titanborid oder Titanbornitrid.

In Abhängigkeit von zu beschichtendem Substrat und herzustellender Schicht wird die verfügbare Technologie ausgewählt. Hier gilt: Je niedriger die Abscheidetemperatur ist, umso größer ist die Auswahl an beschichtbaren Substraten. Relativ niedrige Arbeitstemperaturen werden mit der Atomlagenabscheidung (ALD, Atomic Layer Deposition) erzielt; sie ist ein modifiziertes Verfahren der chemischen Gasphasenabscheidung Hohe

	Amorphe Kohlenstoffschichten Diamond like carbon (DLC) films							Kristalline C-Schichten	
								Diamantschichten	
Dotierung, Zusatzstoffe	wasserstofffrei		Metall	wasserstoffhaltig		Metall	Nicht-metall	un-dotiert	dotiert
Bindungsart	sp^2	sp^3	sp^2	sp^2 / sp^3	sp^3	sp^2		sp^3	
Abkürzung	**a-C**	**ta-C**	**a-C:Me**	**a-C:H**	**ta-C:H**	**a-C:H:Me** (Me = W, Ti, ...)	**a-C:H:X** (X = Si, O, N, F, B)	-	-
weitere gebräuchliche Namen	DLC, graphitartiger Kohlenstoff	DLC i-C Diamant		DLC, Hartkohlenstoff		DLC Me-DLC Me-C:H MeC:H	DLC X-DLC Si-DLC	PCD, PD, CVD-Diamant	
Abscheideverfahren	PVD	PVD	PVD	PA-CVD	PVD PA-CVD	PVD PA-CVD	PVD PA-CVD	aktivierte CVD	

Bezeichnung von Kohlenstoffschichten nach VDI-RL 2840 **(Bild: H. Paschke)**



Eigenschaftsdreieck der kohlenstoffbasierten Materialsysteme (Bild: H. Paschke)

Schichtbelastungen werden dagegen eher mit Beschichtungen aus hohen Arbeitstemperaturen erreicht. Von Vorteil ist auf jeden Fall der Einsatz einer Arbeitsspannung, also die Unterstützung der CVD-Abscheidung durch ein Plasma; diese Arbeitsweise ist bekannt unter der Bezeichnung Glimmentladung.

Der CVD-Prozess erlaubt es darüber hinaus, die Randschicht des Substrats zu modifizieren, zum Beispiel in der Art einer Nitrierung. Damit lassen sich Bereiche bis in eine Tiefe von mehreren Hundert Mikrometern behandeln. Diese Beschichtungsart schafft Zonen mit einer Stützfunktion und ist auch als Duplex-PACVD bekannt. Systeme auf Titanbasis erlauben die Herstellung von Nanokompositschichten, bei denen Übergänge beispielsweise von Ti-B-N zu Ti-Si-B-C-N erzeugbar sind. Da die Einstellung über das Reaktionsgas erfolgt, sind mit relativ wenig Aufwand unterschiedliche Schichtdicken und Schichtfolgen zu realisieren. Entwicklungen hierzu werden beispielsweise im DOC in Dortmund durchgeführt. Das Institut verfügt über Anlagen für Teile mit bis zu zwei Tonnen Gesamtgewicht. Zur Anwendung kommen solche Schutzschichten im Bereich der Warmumformung auf den dafür erforderlichen Werkzeugen. Weiter Einsatzgebiete sind Werkzeuge für den Aluminiumdruckguss.

Ein neueres Gebiet der CVD-Beschichtung ist die Herstellung von kohlenstoffbasierten PACVD-Schichten. Diese Materialsysteme liegen in einer Mischungszone, die durch Werkstofftypen eingegrenzt sind: auf einer Seite Diamant, auf einer Seite Graphit und auf der dritten Polymere. Innerhalb dieser drei Stoffarten lassen sich die Schichtwerkstoffe variieren. Dadurch stehen auch Eigenschaften zwischen zum Beispiel gut leitend und nicht leitend, hart und weich oder transparent und nicht transpartent zur Auswahl. Die Nomenklatur ist beispielsweise in der VDI-Richtlinie 2840 aufgeführt.

Diamantschichten lassen sich durch Einsatz der Heißdraht-CVD-Technik erzeugen. Hier liegen die Drahttemperaturen bei 2200 °C bis 2600 °C bei Abscheideraten bis etwa 0,2 bis 1 µm/h. Solche Schichten sind sehr glatt und werden zum Beispiel bei Motoren aufgrund der hohen Reibbeständigkeit eingesetzt. Ein weiteres Anwendungsgebiet ergibt sich aus der geringen Haftneigung, was die Schichten für den Einsatz bei Formwerkzeugen oder Heizoberflächen aus rostfreiem Stahl interessant macht.

PVD-Verfahren und Diamantschichten

Zu den grundsätzlichen Voraussetzungen der PVD-Technologie gehören die Vakuumkammer sowie eine Schmelze des Beschichtungswerkstoffs, die für eine Verdampfung geeignet ist, oder zumindest einige Bestandteile der Schicht, die in einer gasförmige Phase vorliegen müssen, wie Prof. Dr. K. Möhwald einleitend feststellte. Aus dieser Schmelze verdampfen Bestandteile und kondensieren dann auf dem zu beschichtenden Substrat. Großtechnisch angewendet wird diese grundlegende Technologie zum Beispiel für die Herstellung von Reflektoren in der Fahrzeugindustrie, indem Aluminium auf Kunststoffe aufgedampft wird.

Je nach aufzuschmelzendem Werkstoff unterscheidet sich die Art der Tiegel. Für geringe Schmelztemperaturen werden Widerstandsverdampfer genutzt, bei Schmelztemperaturen über 1000 °C können dies Elektronstrahlverdampfer sein. Beim simultanen Verdampfen kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz, mit denen auch Mischungen aus verschiedenen Werkstoffen herstellbar sind. Einsatz findet diese Technologie zum Beispiel für das Vergüten von Gläsern für optische Elemente.

Beim Sputtern werden Metalle nicht mehr durch Schmelzen in den gasförmigen Zustand versetzt, sondern durch Beschuss mit geladenem Gas zerstäubt. Die erzeugten Metalle können im atomaren oder ionisierten Zustand vorliegen. Im ionischen Zustand werden diese über elektrische Felder auf das zu beschichtende Substrat beschleunigt. Zur Verbesserung der Zerstäubung werden im Magnetronverfahren zusätzlich Magnetfelder genutzt. Damit lassen sich die Auftragsraten erhöhen, ebenso die Ionisation des Schichtwerkstoffs. Die Schichtverteilung innerhalb einer Beschichtungskammer wird in der Regel durch eine ausgiebige Bewegung der zu beschichtenden Teile vor allem mittels Planetengetriebe bewerkstelligt. Sehr effektiv sind unterschiedliche Arten von Magnet- und elektrischen Feldern, was beispielsweise durch thermoionische Bogenentladung bei Balzers-Anlagen erfolgt oder in Form eines Lichtbogens beim Arc-PVD-Verfahren.

Zu den wichtigsten Werkstoffen für PVD-Schichten zählen Titan, Vanadium, Chrom, Zirkon, Niob, Molybdän, Hafnium, Tantal und

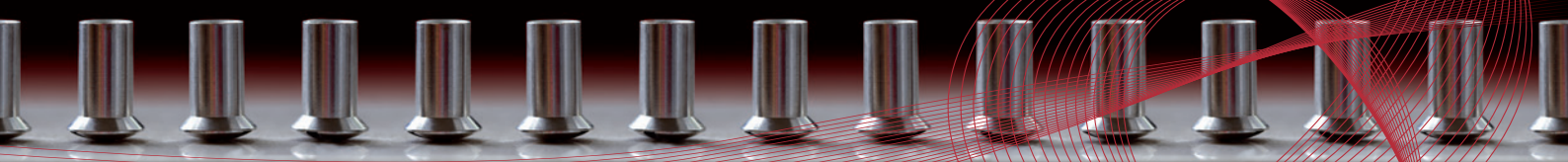
Customized Solutions
Oberflächenveredelung – Perfektion für Ihren Erfolg!

B + T
Unternehmensgruppe

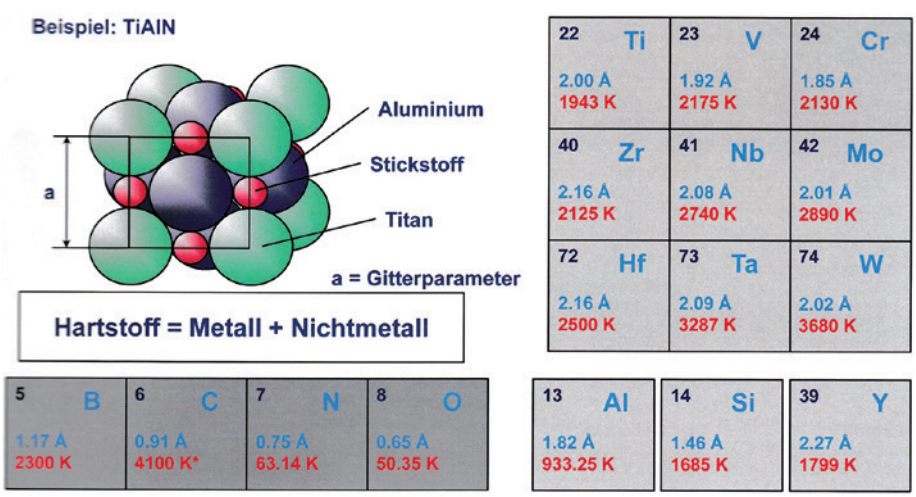
Wir sind eine hochinnovative Unternehmensgruppe mit viel Erfahrung: Wir sind Mit- und Vorausdenker, Präzisionsexperte, Prozessoptimierer, Prüfspezialist, Problemlöser, Qualitätsmaximierer, Rundum-Dienstleister und Mehrwert-Erbringer.

Gern auch für Sie.

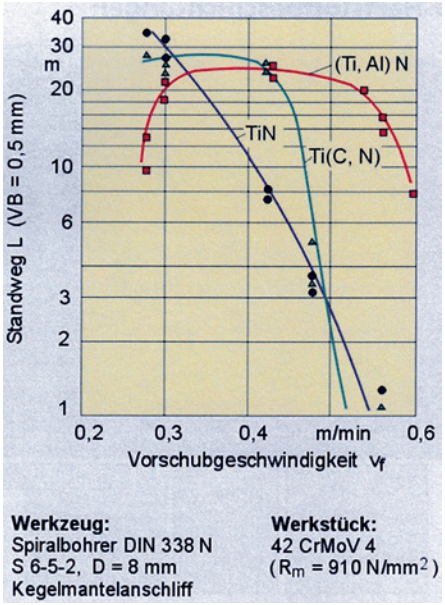
B+T Unternehmensgruppe



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



Schichtwerkstoffe als Basis für verschiedeneartige Verbindungen für PVD-Hartstoffschichten (Quelle: Prof. Möhwald / IOT, RWTH Aachen)



Leistungsfähigkeit von Hartstoffschichten am Beispiel von ionenplattierten Bohrwerkzeugen (Quelle: Prof. Möhwald / WZL, TH Aachen)

Wolfram, Aluminium, Silizium und Yttrium. Als nichtmetallische Bestandteile kommen Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und Bor zum Einsatz. Gute Ergebnisse werden durch Anpassung der Schichtstruktur wie Mono-, Multilayer, Gradientenschicht erzielt.

Als sinnvoll hat es sich erwiesen, dass beispielsweise für Schneidwerkzeuge eine aufgebrachte Schicht stark darauf abgestimmt wird, welches Material mit dem Schneidwerkzeug bearbeitet werden soll. Hier spielen auch Größen wie Vorschub- oder Schnittgeschwindigkeit eine wichtige Rolle. So konnte beispielsweise eine Verbesserung beim Vergleich von unbeschichteten Werkzeugen zu angepasster Beschichtung erzielt werden; hier konnte die Standzeit um den Faktor 50 innerhalb der letzten 30 Jahre erhöht werden. Ähnliche Verbesserungen wurden durch die Beschichtung von Umform- beziehungsweise Schmiedewerkzeugen erzielt. Die Qualität von derartigen Schichten wird in der Regel über Kalottenschliff (Dicke) oder Härteeindruck (Mikrohärte), Scratchtest (Härte, Verschleiß, Haftung), Stift-Scheibe-Tribometer (Verschleiß, Haftung) bewertet.

Bei Diamantschichten ist aufgrund der sp3-Hybridisierung der Reibkoeffizient mit μ = 0,05 besonders niedrig. Für die Herstellung der Diamantschichten ist zu beachten, dass im ersten Schritt eine Anfangsbekeimung im Ultraschallbad erfolgen muss. Auf diese Anfangsschichten erfolgt dann das Aufwachsen der CVD-Diamanten. Dafür kommt vor allem das Hot-Filament-Verfahren zum Einsatz. Erzeugbar sind nanokristalline, kristalline und mehrlagige Schichten, deren Härte mit 10 000 HV0,05 angegeben wird. Eingesetzt werden die Schichten beispielsweise auf Bohrwerkzeugen, um Nietlöcher in CFK-Bauteilen herzustellen.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Unter WOMag-online steht der gesamte Beitrag zur Ansicht zur Verfügung. Die weiteren Themen des Webinars sind:
– Randschichthärten
– Galvanische Beschichtungsverfahren
– Polymere Beschichtungen.
Der Gesamtumfang des Beitrags (Teil 1) beträgt etwa 5 Seiten mit 7 Abbildungen.

OEMs erteilen Freigabe für Zinklamellenbeschichtung

Zintek® 200 SL F zum Schutz von Verbindungselementen zugelassen – es erfüllt die Anforderungen der französischen OEM-Standards für Verbindungselemente

Zum online-Artikel

Zinklamellenbeschichtungen von Atotech bieten einen hochentwickelten Korrosionsschutz und erfüllen die Anforderungen einer Vielzahl von OEM-Spezifikationen. Durch seinen hohen Korrosionsschutz, die definierten Reibeigenschaften und eine reduzierte Anzahl von Beschichtungsdurchläufen stellt Zintek® 200 SL F eine kosteneffiziente Lösung dar, die mit den hohen Anforderungen der französischen OEMs perfekt im Einklang steht, wie Jean-Louis Baudoin, Atotech OEM Manager Frankreich, der das Genehmigungsverfahren begleitete, erklärt.

Neben seinen sehr guten Hafteigenschaften weist die Beschichtung der Atotech einen hervorragenden kathodischen Korrosionsschutz auf. Den jeweiligen Normen entsprechend muss die Beschichtung auf Verbindungselementen mindestens 600 Stunden ohne Grundmetallkorrosion im neutralen Salzsprühtest (ISO 91127) überstehen – Zintek® 200 SL F übertrifft diesen Wert mit mehr als 1000 Stunden deutlich.

Weiter unter:

➲ **www.womag-online.de**

Digitalisierung – jetzt erst recht!

Softec AG verstärkt Aktivitäten und bietet neue Ansätze für den effizienten Einsatz von Software in der Fertigung

Schulen und Universitäten stellen auf Online-Unterricht um, Videokonferenzen ersetzen Meetings und Messen finden virtuell statt. Die Corona-Krise treibt die Digitalisierung in der Gesellschaft voran. Gerade jetzt ist es deshalb sinnvoll, auch in der Oberflächentechnik über Digitalisierung zu sprechen – und welche Vorteile dadurch für Oberflächenveredler entstehen können. Als Spezialist für Softwarelösungen in der Oberflächentechnik beschäftigt sich die Softec AG aus Karlsruhe schon seit Jahren mit diesen Themen. Der folgende Artikel bietet einen Überblick darüber, wie Digitalisierung aussehen kann und wie der Einstieg in das Thema für Unternehmen gelingt.

Digitalisierung im Überblick

Digitalisierung ist als Begriff schwer zu fassen. Grundlegend beschäftigt sich Digitalisierung damit, Informationen, Maschinen und Personen zu vernetzen. Oft wird im Zusammenhang mit Digitalisierung auch von Industrie 4.0 gesprochen. Dieser Begriff bezieht sich auf die bisherigen industriellen Revolutionen und ordnet die Digitalisierung als vierte industrielle Revolution in diese Reihe ein.

Schon vor Jahren wurden mit einer Fibu-Schnittstelle Systeme miteinander verbunden. Rückblickend könnte heute auch schon hier von Digitalisierung gesprochen werden. Prozesse in der Finanzbuchhaltung wurden optimiert und die elektronische Übermittlung von Daten ermöglicht, wodurch Fehler minimiert werden. Auch der elektronische Versand von Rechnungen per E-Mail ist ein solches Beispiel. Das bedeutet, die ersten Schritte in der Digitalisierung haben viele Betriebe bereits vollzogen, ohne sich dessen vielleicht bewusst zu sein.

Wie bei einer Fibu-Schnittstelle spielen Optimierung und Fehlerminimierung eine Rolle in vielen Bereichen der Digitalisierung. Durch optimierte Prozesse kann beispielsweise auch die Geschwindigkeit in der Produktion gesteigert werden. Ein wachsender Aspekt der Digitalisierung ist außerdem die Energieeffizienz. Berechnung von Verschleppung, Analysen von Elektrolyten und ein Überblick über den Stromverbrauch zeigen, wo Ressourcen eingespart werden können.

Einstieg in die Digitalisierung

Über die Jahre hat Softec die Erfahrung gemacht, dass Unternehmen sehr unterschiedliche Bedürfnisse in Bezug auf Digitalisierung haben und großes Optimierungspotenzial in verschiedensten Prozessen sehen. Deswegen wäre es unangemessen, an dieser Stelle ein vorgefertigtes *Digitalisierungs-Paket* zu empfehlen.

Stattdessen müssen sich Unternehmen individuell damit beschäftigen, welche Prozesse sie digitalisieren möchten. Dabei sollte immer im Mittelpunkt stehen, welcher Nutzen daraus entsteht – für das Unternehmen selbst, oder seine Kunden. Dazu wird auch keine groß angelegte Analyse der Prozesse benötigt. Es müssen nicht alle möglichen Digitalisierungsmaßnahmen vorab gefunden werden, sondern nur ein Startpunkt.

Ein erster Schritt dafür können Gespräche mit Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern über mögliche Verbesserungen im Arbeitsalltag sein. Diese können zum Beispiel zeitfressende oder unnötig komplizierte Arbeitsschritte identifizieren und weitere Optimierungspotenziale aufzeigen. Das kann als Basis dafür dienen, wo mit der Digitalisierung begonnen werden soll.

Softec AG – Karlsruhe

Als Softwareunternehmen in Karlsruhe entwickelt die Softec AG seit 1988 ERP-Software, die speziell auf die Bedürfnisse von Oberflächenveredlern zugeschnitten ist. Mehr als 190 Kunden aus Galvanik, Pulverbeschichtung, Eloxal, Lackierung, Wärmebehandlung und weiteren Teilbranchen der DACH-Region vertrauen auf das ERP-System OMNITEC. Softec beteiligt sich an mehreren Forschungsprojekten rund um das Thema Digitalisierung und beschäftigt sich unter anderem mit mobilen Apps, Warenverfolgung mit RFID und Anlagenkopplung.

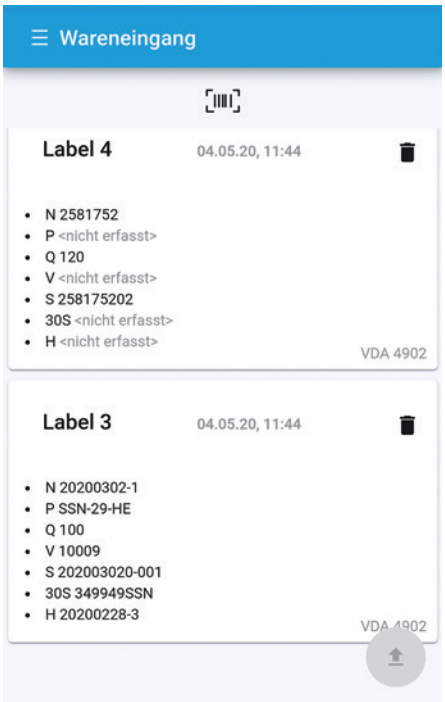
➲ www.softec.de

Apps können nicht nur im Wareneingang eingesetzt werden. Für viele Arbeitsschritte gibt es bereits passende Apps (Quelle: Softec AG)

Nachfolgend sind einige Beispiele aufgeführt, um darzustellen, wie unterschiedlich Digitalisierung aussehen kann.

Daten direkt im Wareneingang erfassen

Wenn bei einem Oberflächenveredler noch abends Waren angeliefert werden, kann es vorkommen, dass die Mitarbeiter der Verwaltung nicht mehr im Betrieb sind. Aufträge sammeln sich dort bis zum nächsten Morgen und müssen dann erstmal bearbeitet werden – alles läuft also zeitverzögert ab. Außer-



In einer App lassen sich Labels erfassen und aus den Informationen direkt Aufträge generieren (Quelle: Softec AG)

dem müssen meist die Daten vom Papier in ein ERP-System übertragen werden. Dafür könnte eine App im Wareneingang zum Einsatz kommen. Mit einem mobilen Gerät werden Barcodes auf den Aufträgen gescannt, in denen alle relevanten Auftragsdaten bereits enthalten sind. Bei einem Oberflächenveredler könnten das zum Beispiel VDA-Labels sein, aber auch andere Barcodes eignen sich dafür. Im Wareneingang scannen Mitarbeiter also die Aufträge, wodurch im ERP-System automatisch ein Auftrag generiert wird. Am nächsten Morgen kann die Produktion direkt starten – die Aufträge sind bereits im System!

Mit E-Mail-Anbindung Portokosten sparen

Oft werden auch heute noch Rechnungen per Post verschickt. Dadurch entstehen zusätzliche Arbeitsschritte – und zusätzliche Kosten. Neben dem Druck der Rechnungen fallen vor allem Portokosten für den Versand an. Hinzu kommt, dass viele Kunden von Oberflächenveredlern bereits selbst digitale Systeme für die Verwaltung von Rechnungen nutzen. Dementsprechend müssen die Papierrechnungen dann wieder eingescannt werden.

Mit einer E-Mail-Anbindung können nicht nur Rechnungen, sondern auch Lieferscheine und Angebote per PDF-Datei an Kunden verschickt werden. Wenn es mehrere Ansprechpartner gibt, kann auch hinterlegt werden, an welche E-Mail-Adresse beispielsweise Lieferscheine verschickt werden sollen. So läuft der E-Mail-Versand weitestgehend automatisch ab. Kunden erhalten ihre Rechnungen schneller, Portokosten werden eingespart und Mitarbeiter werden entlastet.

Digitale Warenverfolgung für schnellere Kundenauskünfte

Viele Oberflächenveredler werden von Kunden angerufen, die nach dem aktuellen Bearbeitungsstand ihrer Ware und deren Fertigstellung fragen. Oft wird der Kunde dann auf einen Rückruf vertröstet und Mitarbeiter begeben sich auf die Suche nach der Ware oder telefonieren die Fertigungshallen durch. Diese Kundenanfragen belasten also oft mehrere Mitarbeiter und sind mit enormem Zeitaufwand verbunden.

Eine Lösung in der Digitalisierung dafür ist eine digitale Warenverfolgung. Mit RFID-Technologie können Behälter durch die gesamte Produktion verfolgt werden und der Standort der Behälter ist in Echtzeit im ERP-System abrufbar. Damit kann bei einem Kundenanruf sofort reagiert werden. Ein Mitarbeiter prüft im System den Auftrag und zugehörige Behälter, weiß sofort, in welchem Produktionsschritt sich die Ware befindet und kann eine präzise Schätzung zum Liefertermin abgeben. Der Kunde ist zufrieden und Mitarbeiter sparen sich die Suche.

Von der Digitalisierung zur *Smart Factory*

Je mehr Prozesse digitalisiert werden, desto mehr Informationen können vernetzt werden. Dadurch entsteht ein Informationsnetz, in dem alle Unternehmensbereiche miteinander kommunizieren, Informationen austauschen und Prozesse immer weiter optimieren. Bei Oberflächenveredlern können beispielsweise auch Anlagen in die Vernetzung eingebunden werden und eigene Simulationen durchführen, die wiederum zentral verarbeitet werden. Zudem kann künstliche Intelligenz (KI) zum Beispiel unterstützend überall da zum

Mit RFID den Überblick behalten: Antennen lesen Transponder aus und melden diese Informationen automatisch an ein Lesegerät (Quelle: Softec AG)

Einsatz kommen, wo sehr viele Faktoren zusammenspielen und berücksichtigt werden müssen. Deshalb eignet sich KI hervorragend für die Maschinenbelegungsplanung.

Anlagenkopplung oder KI müssen aber nicht gleich der Startpunkt für Digitalisierung sein. Um mit der Digitalisierung zu starten, wird nur ein Prozess benötigt, der optimiert werden soll. Und das kann auch einfach bedeuten, dass Rechnungen nicht mehr per Post, sondern per Mail versendet werden.

Im Mittelpunkt der Überlegungen sollte die Frage nach dem Nutzen stehen: Ziel sollte sein, einen höheren Nutzen für die Kunden, für das eigene Unternehmen oder die Umwelt zu generieren. Selbst wenn die Prozesse auch analog schon sehr gut funktionieren, digitalisierte Prozesse entlasten die Mitarbeiter und beschleunigen die Abläufe. Dies senkt wiederum die Kosten.

WOMag-App

Online und offline auf mobilen Geräten

- mobil und bequem nutzen
- Suche nach Stichworten und mit Kategorien
- Schnellsuche mit Bildgalerien
- umfangreiche Verlinkungen nutzen
- Nachrichtendienst zu interessanten Neuheiten
- ... und mehr

Laden im App Store

Laden bei Google play

Gesamtverband der Aluminiumindustrie e. V. (GDA)

Republik Österreich ehrt Christian Wellner mit hoher Auszeichnung

Christian Wellner, ehemaliges geschäftsführendes Präsidialmitglied und Geschäftsführer des Gesamtverband der Aluminiumindustrie e. V. (GDA) in Düsseldorf, wurde mit dem *Goldenen Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich* ausgezeichnet. Christian Wellner wurde der Orden im Rahmen einer feierlichen Verleihung im März 2020 durch den Botschafter der Republik Österreich in Berlin, Dr. Peter Huber, überreicht. Er nahm die Auszeichnung in Begleitung seiner Frau und enger Freunde aus der Aluminiumindustrie entgegen. Mit dem Orden würdigt der österreichische Bundespräsident Dr. Alexander Van der Bellen die besonderen Verdienste von Wellner um die österreichische und europäische Aluminiumindustrie.

Frank Busenbecker, Bernd Schäfer, Birgit Wellner, Christian Wellner, Botschafter Dr. Peter Huber (v. l. n. r.): (Bildquelle: GDA)

Roman Stiftner, Geschäftsführer des Fachverbands der Nichteisenmetall-Industrie in der Wirtschaftskammer Österreich (WKO), begründet die Auszeichnung: *Der Beitrag von Christian Wellner für die österreichische Aluminiumbranche ist herausragend und von unschätzbarem Wert.* Das vertrauensvolle Arbeitsklima zwischen dem österreichischen und deutschen Aluminiumverband habe zu zahlreichen gemeinsamem, grenzüberschreitenden Projekten für die Branche geführt. Wellner habe zudem die gute Zusammenarbeit zwischen dem deutschen, schweizerischen und österreichischen Aluminiumverband unter dem Branding *D-A-CH Allianz für Aluminium* gefördert. Diese Allianz habe große Signalwirkung und zeige die starke Verbundenheit der drei deutschsprachigen Aluminiumverbände nach außen. Christian Wellner hat damit Stiftner zufolge den Grundstein und die Basis dafür gelegt, dass auch in Zukunft der gemeinsame Austausch und Synergien zwischen den drei Aluminiumverbänden über die D-A-CH Allianz gut gedeihen können. Weiterhin habe Wellner den europäischen Gedanken gefördert und sich auch auf europäischer Ebene für die Aluminiumbranche stark engagiert. Christian Wellner habe über viele Jahre als Chairman das *European National Aluminium Association Leaders Meeting* geführt. In diesem Expertengremium findet der sehr wichtige Austausch zwischen allen europäischen Aluminiumverbänden statt.

Zudem gilt Christian Wellner als Erfinder und Mitinitiator der ALUMINIUM. Die weltgrößte Branchenmesse bringt seit 1997 alle zwei Jahre die internationale Aluminiumwelt zusammen. Sie ist in Deutschland gestartet und hat inzwischen auf anderen Kontinenten Ableger gegründet.

➲ **www.aluinfo.de**

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

VOA unterstützt seine Mitglieder in den Zeiten der globalen Herausforderung

Ein unsichtbares, aggressives Virus legt die Wirtschaft lahm. Unternehmen der Oberflächenveredelungsbranche sind aktuell einer hohen Belastung ausgesetzt. Beherrschende Themen sind beispielsweise Lieferengpässe wegen geschlossener Grenzen, Mitarbeiterausfälle aufgrund von aktuellen akuten Erkrankungen oder notwendiger Kinderbetreuung, der Bezug von finanziellen Soforthilfen oder die Einführung von Kurzarbeit. Dabei entstehen zwangsläufig viele Fragen: An wen muss ich mich wenden? Wo finde ich das richtige Formular? Was gilt es zu beachten? Der Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) hilft seinen Mitgliedern in dieser Phase der besonderen Herausforderung mit nützlichen Informationen.

Der VOA hat sofort zu Beginn der sich abzeichnenden Krise begonnen, seine Mitglieder via Facebook, Instagram und in einer Mitgliederinformation stets aktuell zu informieren. Hilfe finden die Mitgliedsfirmen des VOA auf der Verbandshomepage, auf der nach dem Login gut 50 Dokumente zur Verfügung gestellt werden, um die Mitgliedsunternehmen zielgenau zu unterstützen. Von der Ausfüllhilfe für den Antrag auf Kurzarbeit bis zur Information über Grenzabfertigungen reicht das Spektrum, das zahlreiche Eventualitäten abdeckt. Besonders stolz ist der VOA auf die Rubrik *Von Mitglied zu Mitglied* mit den passgenauen Ausarbeitungen zu speziellen Themen der Branche, ob aus dem Versicherungs- oder dem Energiebereich, denn man unterstützt sich gegenseitig. Dr. Alexa A. Becker, Geschäftsführerin des VOA, ist sich sicher: *Nicht umsonst lautet unser Motto ‚Gemeinsam sind wir stark'. Gerade in der Zeit dieser Herausforderung des Jahrhunderts wollen wir unsere Mitglieder unterstützen.* Der Verband sammle wichtige Informationen, Formulare und Links und stelle dies alles als Service exklusiv seinen Mitgliedern zur Verfügung. *Darüber hinaus sind wir bei Fragen für unsere Mitglieder auch in dieser Zeit erreichbar.*

Derzeit ist noch nicht absehbar, wie lange die Herausforderung währt und welche wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und sozialen Folgen die Corona-Pandemie für die Wirtschaft und damit auch die Branche der Oberflächenveredelung bedeuten wird. Aus Verantwortungsbewusstsein gegenüber seinen Mitgliedern hat der VOA die für den 25. Juni 2020 geplante Mitgliederversammlung auf das kommende Jahr verlegt. Das interessante Programm mit Anja Kohl, TV-Wirtschaftsjournalistin, und Silke Wolf, Geschäftsführerin des Bayerischen Bankenverbands, wird sicher auch im kommenden Jahr für die Mitgliedsunternehmen des VOA interessant sein und die Folgen der aktuellen Herausforderung besonders beleuchten.

➲ **www.voa.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!

Informationen aus den Unternehmenn

Thomas Engert feiert 60. Geburtstag

Am 13. April 2020 feierte Thomas Engert, Geschäftsführer der Umicore Galvanotechnik GmbH, Schwäbisch Gmünd, und Leiter der Business Unit Electroplating des Umicore-Konzerns, seinen 60. Geburtstag.

Thomas Engert trat 1984 als Verfahrensingenieur direkt im Anschluss an sein Studium der Werkstoffkunde und Oberflächentechnik an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Aalen in das Unternehmen ein. In unterschiedlichen Positionen mit wachsender Verantwortung konnte Thomas Engert wertvolle Erfahrungen an unterschiedlichen Unternehmensstandorten in den Bereichen Dienstleistung, Produktion, Entwicklung, Marketing und Vertrieb sammeln. Seit dem Jahr 2001 ist Engert Geschäftsführer der Umicore Galvanotechnik GmbH in Schwäbisch Gmünd und trägt seit 2010 die weltweite Verantwortung für die Galvanoaktivitäten im Konzern. Im Januar 2016 wurde er zum Senior Vice President ernannt.

Thomas Engert engagiert sich ehrenamtlich im Vorstand beziehungsweise Beirat von verschiedenen regionalen und überregionalen Bildungsträgern, Forschungseinrichtungen sowie in Wirtschafts- und Fachverbänden:

- DGO-Fachausschuss Edelmetalle (Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V., DGO)
- Industriebeirat Oberflächentechnologie/ Neue Materialien der Fachhochschule Aalen
- IHK-Forschungs- und Innovationsausschuss
- Verein für das Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie, Schwäbisch Gmünd
- eule gmünder wissenswerkstatt
- Z.O.G. (Zentrum für Oberflächentechnik Schwäbisch Gmünd e. V.)
- TA Schwäbisch Gmünd e. V. (Technische Akademie für berufliche Bildung)

Die Umicore Galvanotechnik GmbH ist innerhalb des Umicore-Konzerns die Geschäftszentrale der Business Unit Electroplating und damit weltweit verantwortlich für die Produktentwicklung, Herstellung sowie die Vertriebs- und Servicekoordination in rund 60 Ländern der Welt. Das Unternehmen in Schwäbisch Gmünd besitzt eine lange Tradition, die bis ins Jahr 1888 zurückreicht. Als Scheideanstalt für Edelmetalle gegründet, präsentiert sich die Firma heute als ein weltweit führendes Unternehmen im Bereich der Edelmetallgalvanotechnik. Die Umicore Galvanotechnik GmbH ist ein Tochterunternehmen der Allgemeine Gold- und Silberscheideanstalt AG, Pforzheim, deren Mehrheitseigner wiederum der Umicore-Konzern ist.

Die galvanotechnische Beschichtung wird heute als Querschnittstechnologie bezeichnet, da sie Anwendung auf vielen Produkten des täglichen Gebrauchs findet beziehungsweise deren Produktion erst ermöglicht. Fast alle namhaften Hersteller der Kommunikations-, Automotive- und Schmuckindustrie beziehen direkt oder indirekt Bauteile, die mit Umicore-Produkten aus Schwäbisch Gmünd beschichtet wurden. Umicore Electroplating bewegt sich in einem spezifischen Nischenbereich, der im Wesentlichen durch edelmetallbasierte Schichtkombinationen definiert ist, und nimmt dort eine führende Position ein.

➲ **www.ep.umicore.com**

Sondermann goes digital

Der Kölner Pumpenhersteller Sondermann hat für sein Produktprogramm MAGSON Anfang April einen Webshop eröffnet, in dem die magnetisch gekuppelten Kreiselpumpen nun unabhängig von Geschäftszeiten jederzeit bestellt werden können. Damit setzt das Unternehmen gerade in den aktuell von Einschränkungen geprägten Zeiten ein Zeichen und baut somit seinen Kundenservice noch weiter aus.

Durch einen integrierten Konfigurator findet der Anwender abhängig von den benötigten hydraulischen Leistungsdaten und der gewünschten Werkstoffkombination schnell und einfach die passende Ausführung, wenn gewünscht auch selbstansaugend mit bis zu fünf Meter Ansaughöhe.

Verfügbarkeiten und Lieferzeiten sind mit dem Warenwirtschaftssystem von Sondermann synchronisiert; insofern ist vor Auslösung der Bestellung klar, wann die Pumpe geliefert wird – ein klarer Benefit gegenüber dem klassischen Bestellweg mit Anfrage und Angebot. Für den Webshop wurden die Lagerkapazitäten extra aufgestockt, sodass die meisten Pumpen ab Lager lieferbar sind und je nach Versandart innerhalb von zwei bis fünf Tagen nach der Bestellung beim Kunden eintreffen. Mit der Registrierung erhalten Bestandskunden außerdem direkt ihren kundenspezifischen Rabatt im Shop hinterlegt, sodass diese im Webshop zu den gleichen Sondernettopreisen einkaufen können wie bisher – nur eben schneller und mit direkter Angabe der Lieferzeit.

Bei Fragen zur Auslegung der optimalen Pumpe stehen die Fachberater von Sondermann weiterhin unter den unten genannten Kontaktdaten zur Verfügung. Auch eine persönliche Beratung vor Ort ist auf Wunsch unter Einhaltung der gebotenen Hygienemaßnahmen weiterhin möglich.

Als Willkommensaktion gewährt Sondermann auf alle bis zum 31. Mai 2020 eingehenden Bestellungen mit dem Gutscheincode *Willkommen2020* Rabatt auf den Listenpreis.

➲ **www.sondermann-shop.de**

Inserentenverzeichnis

B+T Unternehmensgruppe	27	Gebr. Liebisch GmbH & Co. KG	U3	STZ Oberflächentechnik	13
ELB Zerrer	U4	Munk GmbH	Titel	STZ Tribologie	7
G. & S. Philipp	25	Sager + Mack GmbH	1	WOTech GbR	30
Walter Lemmen GmbH	15	Dr.-Ing. Max Schlötter	U2		

PV-1210 climate change tests

DIN EN ISO 9227

VDA 621-415

humidity storage

SAE J2334

55 Jahre 1963 2018 Liebisch Labortechnik

D17 2028/C ECC 1

VCS 1027, 1449

Umweltsimulation

PV-1210

SAE J2334

MO158

D17 2028/C ECC 1

ASTM B-117

VCS 1027, 1449

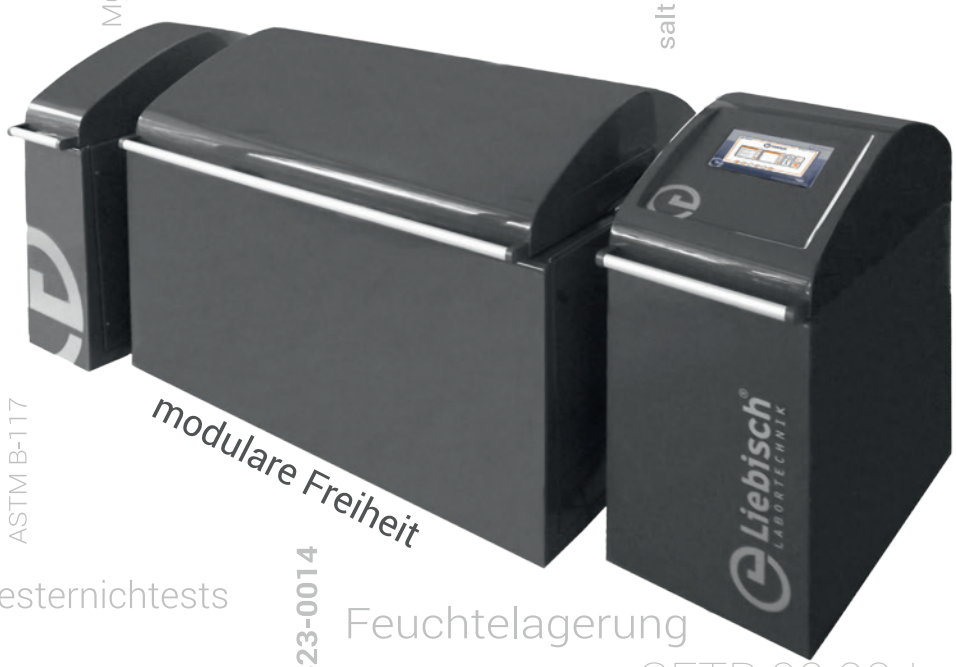
CETP 00.00-L-467

salt spray tests

VDA 621-415

STD 423-0014

STD 1027, 14



Normalklima

environmental simulation

VDA 621-415

ASTM B-117

modulare Freiheit

KKT Kesternichtests

STD 423-0014

Feuchtelagerung

CETP 00.00-L-467

Konstantklimatests

Klimawechseltests

Salznebelprüfung

constant climate tests

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 (Wechseltestprüfungen) 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

Contr...

05.-08.05.2020
Ort: Stuttgart
Halle 6
Stand 6413

Verschoben

Surface Technology GERMANY

27.-29.10.2020
Ort: Stuttgart
Halle 1
Stand H15

Unter Extrembedingungen

Steigert die Verschleißfestigkeit.

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