# WOMag

BAND 5
ISSN 2195-5905

**Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche | 7-8 / 2016**

Additiv gefertigte Gabelbrücke eines Motorrads aus AZ91

PVD-Hartstoffschichten zur Zerspanung hochfester Werkstoffe

Additive Technologien erobern die industrielle Fertigung

Novel Multipurpose Coatings for Universal Use – PVD and PACVD

Thermisch gespritzte Korrosionsschutz-schichten und Feuerverzinkung

WOTECH Technical Media
www.wotech-technical-media.de

## Der Beschichtungsexperte

... für Ihr Werkzeug.

PlanoTek®
**Schicht. Funktion. Qualität.**

- konturgetreu, kein Kantenaufbau
- planparallel, auch in Bohrungen und Vertiefungen
- verzugsfrei max. 90 °C
- gezielte Funktionsbildung durch Einlagerung von Feststoffen
- Stahl (gehärtet, plasmanitriert), Kupfer, Aluminium, Sintermetall usw.
- Oberflächenstrukturen bleiben erhalten
- Schleifen, Erodieren und Polieren
- Entschichten/Neubeschichten möglich

NovoPlan

gegen ...
Verschleiss
Rost
Belag
Kleben

Wir sind ein mittelständisches, innovatives und erfolgreiches Unternehmen der Oberflächentechnik. Als Dienstleister für die Kunststoffverarbeitung, den Werkzeug- und Formenbau und den Maschinenbau erbringen wir mit unseren PlanoTek Funktionsschichten einen wichtigen Beitrag für eine wirtschaftliche Fertigung.

NovoPlan GmbH
Robert-Bosch-Str. 41
D-73431 Aalen

Fon [07361] 9284-20
Fax [07361] 9284-25
vertrieb@novoplan.com

www.novoplan.com



SCHICHTDICKENMESSUNG

# Von Keine Experimente Experten für Experten

## Auf Herz und Nieren prüfen

Schicktdickenmessung für die Qualitätskontrolle in der Produktion oder zur Wareneingangskontrolle. **MAXXI** 6 – für dünnste Schichten bis in den Nanometerbereich mit aktueller Technologie, natürlich mit Bauartzulassung.

www.oxford-instruments.com/maxxi6

MAXXI 6

OXFORD INSTRUMENTS
*The Business of Science®*

# Vielfalt als neue Herausforderung

Die Einführung der europäischen Chemikalienverordnung REACh mit den darin verankerten Bestimmungen, als gefährlich eingestufte Stoffe nach Möglichkeit nicht mehr einzusetzen, verursacht in der galvanotechnischen Branche seit einigen Jahren erhebliche Unruhe. Insbesondere die Abscheidung von metallischen Chromschichten aus Chromsäurelösungen mit Chrom(VI)verbindungen ist hiervon betroffen. Der Grund für die zum Teil heftig geführten Diskussionen in der Oberflächentechnik sowie mit den europäischen Behörden liegt vor allem darin, dass eine einfach einsetzbare, bewährte und sicher beherrschbare Verfahrenstechnik eingeschränkt werden soll beziehungsweise die Anwendung auf jeden Fall deutlich aufwendiger werden wird.

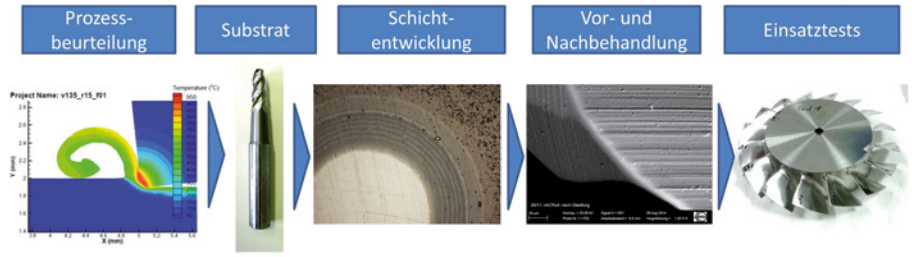
Einer der Hauptabnehmerbereiche, die Automobilindustrie, reagiert inzwischen auf das Unausweichliche mit neuen Ansätzen für zukünftige Oberflächen. So hat ein Vertreter des BMW-Konzerns unter anderem auf dem kürzlich stattgefundenen Stuttgarter Automobiltag (Bericht über die Veranstaltung in der aktuellen WOMag-Ausgabe) darauf hingewiesen, dass BMW auch zukünftig Chromoberflächen an Fahrzeugen in großem Umfang einsetzen wird. Allerdings prüft der Autohersteller, ob es sich stets um galvanisch abgeschiedenes Chrom in bekannter und bewährter Art handeln muss. Geprüft werden also auch Chromoberflächen aus physikalischen Verfahrenstechniken oder Varianten auf Lackbasis.

Diese Entwicklung wird allerdings nicht auf dekorative Chromschichten begrenzt bleiben. Chrom wird in vielen Bereichen, auch aufgrund der ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften, verwendet. In diesem Fall kommen zukünftig Alternativen aus dem Bereich des thermischen Spritzens, unter Umständen sind es Plattierschichten oder die möglichen Lösungen könnten andere Grundwerkstoffe ohne Beschichtung sein. Des Weiteren werden in der Galvanotechnik Multilagenschichten, Legierungsschichten oder Dispersionsschichten die gewünschten Eigenschaften liefern müssen. Die Unternehmen der Oberflächentechnik werden sich in Zukunft vermutlich von ihren gewohnten und bisher mit großem Erfolg eingesetzten Verfahren verabschieden müssen, um die bestehenden Beziehungen zu ihren Kunden halten zu können. Die Kunden wiederum müssen ihre Anforderungen an die Oberflächen noch stärker als Einheit aus Grundmaterial und Beschichtung betrachten und neu festlegen, auch unter dem Aspekt höherer Kosten.

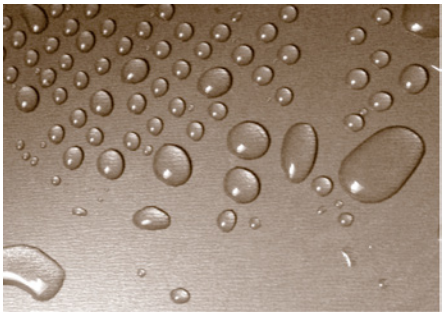
Die WOMag unterstützt die Unternehmen entlang der Prozesskette mit der Präsentation von neuen Verfahren. Darüber hinaus bietet die Internetpräsenz umfangreiche Informationen – von aktuellen Kurzbeiträgen bis hin zu Datenbanken über sonstige Veröffentlichungen anderer Anbieter, Normen, Patente. In der *intelligenten* Unternehmensdatenbank werden Unternehmensangebote mit Fachbeiträgen verknüpft und vor allem mit allgemein verständlichen Eigenschaften belegt, die Fachleuten aus allen technischen Richtungen schnell eine gute Einführung zu den unterschiedlichsten Technologien verschafft – testen Sie unser Angebot und überzeugen Sie sich von dessen Leistungsfähigkeit!

*Herbert Käszmann*
Dipl.-Ing. (FH)
WOTech GbR

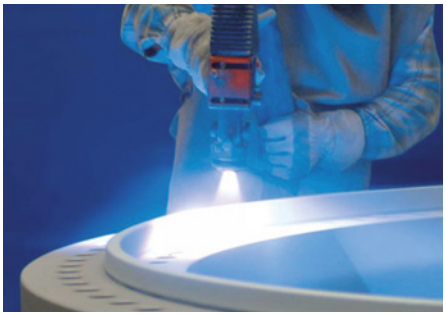
# Inhalt




PVD-Hartstoffschichten zur Zerspanung hochfester Werkstoffe 4



LABS-Prüfung 30



Thermische Spritzen von Hartstoffschichten 19

MpC-Beschichtungen für hohe Belastungen, hergestellt durch PVD- und PACVD-Verfahren 17

Plasmachemische Oxidation bei Swarovski 21

Material 4.0 14

## Werkstoffe

PVD-Hartstoffschichten zur Zerspanung hochfester Werkstoffe 4

Prozessüberwachungssystem für einen neuartigen direktstrahlenden Diodenlaser koaxialer Strahlführung 6

Additive Technologien erobern die industrielle Fertigung 7

Fraunhofer-Allianz Leichtbau etabliert neue Fortbildungsreihe Faserverbund-Fachingenieur 9

3DS – der neue Standard für erodierte Oberflächen im Spritzguss 11

Materialstandort Deutschland: Nicht attraktiv genug für internationale Spitzenforschung? 12

Korrosionsschutz im Automobil 13

## Werkstoffe

Der Werkstoff wird digital 14

Dymax erweitert Präsenz in Europa – Neuer Standort in Cork, Irland 15

## Medizintechnik

CoHMed – Connected Health in Medical Mountain Hochschule Furtwangen gewinnt Förderwettbewerb 16

## Oberflächen

Novel Multipurpose Coatings (MpC) for Universal Use – about PVD and PACVD Excellence Coatings, Something Everyone Needs! 17

Thermisch gespritzte Korrosions-schutzschichten, eine Ergänzung zur Feuerverzinkung! 19

## Oberflächen

Thüringer Know-how für Tiroler Präzision – erfolgreicher Transfer in die Wirtschaft 21

Oxidkeramische Schichten für Leichtmetalle 22

Der Prozess der stromlosen Vernickelung und seine Bedeutung in der Anwendung 23

Funktionsschichten für innovative Spritzgießwerkzeuge 26

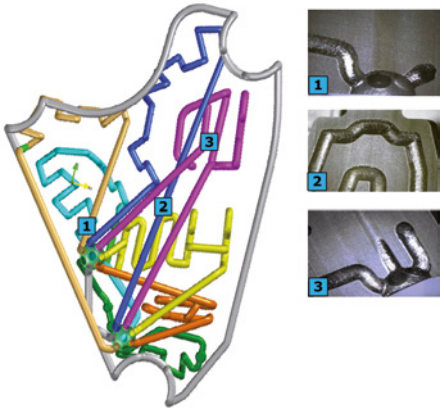
Das Projekt Siebec & Bohncke 28

EnviroFALK verstärkt sein Expertenwissen in der Prozesswasseraufbereitung 28

Softec stellt neues Software-Release OMNITEC V12 vor 29

# Inhalt

Erfolgreicher Abschluss der Galvanotechnikerausbildung in Schwäbisch Gmünd 40




Herstellung von Kunststoffspritzwerkzeugen 26

Herstellung oxidkeramischer Schichten 22

## Oberflächen

Initiative für eine vereinheitlichte Prüfung auf lackbenetzungsstörende Substanzen (LABS) 30

Hoch effiziente Flüssigkeitskühler mit natürlichem Kältemittel 31

Besser, schneller, ressourcen- und kosteneffizienter lackieren 32

Effektiver Einstieg in die wässrige Spritzreinigung 33

Innovationen, Trends und Sauberkeit 34

Leistungsträger Oberfläche im Automobil 35

## Verbände

DGO – Bezirksgruppe Thüringen 38

Zentralverband Oberflächentechnik 38

## Rubriken

Schlötter mit neuem Exportleiter 39

H2O eröffnet Geschäftsstelle in China 39

Chinesischer Qualitätsverband bei ifo 39

## Beruf + Karriere

Galvanotechniker aus Schw. Gmünd 40

Weiterbildung mit dem FGK 41

**Zum Titelbild:** Demonstrator für eine topologieoptimierte Gabelbrücke eines Motorrads (Werkstoff: AZ91),hergestellt durch eine addtive Technologie unter Einsatz der Lasertechnik; Beitrag dazu auf Seite 7ff

# 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 2015 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,– €, 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. 5
vom 1. Oktober 2015

**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: DE71600501010002344238
BIC: SOLADEST; (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

**Druck**
Holzer Druck + Medien GmbH & Co. KG
Fridolin-Holzer-Straße 22+24, 88171 Weiler

© WOTech GbR, 2016

# PVD-Hartstoffschichten zur Zerspanung hochfester Werkstoffe

Von F. Barthelmä, H. Frank und M. Schiffler, GFE-Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e. V.

**Hochfeste Werkstoffe wie Nickelbasislegierungen werden für viele Industriebereiche immer wichtiger, insbesondere für die Luftfahrtindustrie. Die Vorzüge der Materialien liegen hauptsächlich in der Kombination von Eigenschaften wie hohe Festigkeit bei erhöhten Temperaturen, geringe Dichte, hohe chemische Beständigkeit und hohe Verschleißbeständigkeit. Die Materialien weisen aber auch einige Nachteile auf: Die Bearbeitung ist relativ schwierig und damit auch teuer, weil beispielsweise nur geringe Bearbeitungsgeschwindigkeiten bei geringen Standzeiten der Werkzeuge möglich sind. Die Gründe liegen im Wesentlichen in einer starken Wärmeentwicklung bei niedriger Wärmeabfuhr über das Werkzeug und das Werkstück, der hohen Festigkeit bei hohen Temperaturen und dem Entstehen von Vibrationen aufgrund der hohen Festigkeit bei der Bearbeitung. Diese Einschränkungen sind Anlass für Entwicklungen von Verfahren zur Bearbeitung dieser schwer zu bearbeitenden Materialien. Dazu wurden spezielle Schneidwerkstoffe mit angepassten Makro- und Mikrogeometrien (z. B. des Schneidwinkels) und neuen PVD-Hartstoffschichten kombiniert. Insbesondere Schichten auf Basis von Oxinitriden und Nanokompositen konnten für die Bearbeitung von Nickelbasislegierungen mit hoher Temperatur- und Oxidationsbeständigkeit mit guten Ergebnissen eingesetzt werden. Darüber hinaus zeigen diese Schichtsysteme eine hohe mechanische Festigkeit und Abriebbeständigkeit. Die neuen Werkzeuglösungen erlauben die Bearbeitung derartiger Legierungen (Inconel 718) mit erhöhter Schnittgeschwindigkeit (bis zu 150 m/min). Die Verbesserung der Bearbeitungstechniken, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklungen neuer Schichtstrukturen und -zusammensetzungen in Verbindung mit Werkzeuggeometrien. erlauben eine deutlich effizientere Bearbeitung der schwer zu bearbeitenden Werkstoffe mit gleichzeitig besserer Prozessstabilität.**

**PVD Hard Coatings for Machining of High-Strength Materials**

**High-strength materials such as Nickel-based alloys have become an important material in many industries, especially in the aerospace industry. Advantages of the materials are mainly the combination of material properties such as high strength at elevated temperatures, a low density, high chemical resistance and high wear resistance. However these materials show essential disadvantages: The processing e. g. by machining is difficult and therefore very expensive, because only relatively low cutting speeds can be used and the tool life is low. The reasons for this are essentially high thermal stresses due to lower heat dissipation through the chip and the workpiece, the high material strength at high temperatures and the high strength which leads to vibrations or chatters. With consideration of these limitations innovative solutions of tool and technology have been developed for machining difficult-to-machine materials. The combination of specific cutting materials and tool macro- and micro-geometries (e. g. sharp cutting edge) with new PVD hard coatings can be used for high-performance machines. In particular oxynitride and nanocomposite coating layers proved successful when machining nickel-based alloys due to the high temperature and oxidation resistance. Furthermore the developed coating systems can be characterized by high mechanical strength and abrasion resistance. These solutions allow a reliable machining of the used material (Inconel 718) at increased cutting speed (up to 150 m/min). The enhancement of the machine technique, particularly with regard to the development of new coating structures and compositions in conjunction with tool macro and micro-geometries shows a possibility to increase the efficiency of milling of difficult-to-machine materials like nickel-based alloys with increased process stability and reduced chatter.**

## 1 Einleitung

Hochfeste und schwer zu bearbeitende Werkstoffe, wie zum Beispiel Nickelbasislegierungen, gewinnen in vielen Industriezweigen, vor allem in der Luftfahrtindustrie, an Bedeutung. Die Gründe liegen vor allem in der Kombination von günstigen Eigenschaften wie hohe Festigkeit bei erhöhten Temperaturen, niedrige Dichte, hohe chemische Beständigkeit und hohe Verschleißfestigkeit. Allerdings steht diesen Vorteilen ein wesentlicher Nachteil gegenüber: Die Bearbeitung mittels spanender Methoden ist sehr schwierig und daher sehr teuer, da bei einer geringen Werkzeugstandzeit nur relativ geringe Schnittgeschwindigkeiten genutzt werden können.

Die Ursachen für die Probleme beim Bearbeiten von Titanwerkstoffen sind unter anderem hohe thermische Spannungen an den Schneidkanten infolge der geringen Wärmeableitung durch die Späne und das Werkstück, eine starke Neigung von Titan zur Legierungsbildung mit dem Material des Zerspanwerkzeugs, der geringe E-Modul, der zu starken Durchbiegungen und damit zu Schwingungen beziehungsweise zum Rattern führt, sowie die hohe Festigkeit des Materials bei hohen Temperaturen [1].

Zahlreiche neuere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten widmen sich daher der Erarbeitung von Werkzeug- und Technologielösungen, mit denen eine signifikante Steigerung der Leistungsfähigkeit der Bearbeitungsprozesse zum Zerspanen von schwer zerspanbaren Materialien erreicht werden soll [2–6].

## 2 Zerspanung hochfester Werkstoffe

### 2.1 Zielsetzung

In Rahmen der Zusammenarbeit mit Werkzeug- und Maschinenherstellern sowie Anwendern von hochfesten Werkstoffen wurden Bearbeitungsprozesse zum Fräsen von Nickelbasislegierungen umfassend analysiert. Zielstellung war dabei vor allem die Verbesserung der Produktivität bei der Bearbeitung dieser Legierungen. Von Bedeutung waren insbesondere die Optimierung

von Schneidstoff, Werkzeugmakro- und -mikrogeometrie sowie verschleißfeste Beschichtungssysteme. Diese Randbedingungen in Kombination mit einer optimierten Zerspanung haben ein großes Potenzial im Hinblick auf eine Hochleistungsbearbeitung von hochfesten Werkstoffen.

Ein weiteres Ziel war die Entwicklung von Strategien zur Verbesserung der Zerspanung der Nickelbasislegierungen zur Erhöhung der Prozesssicherheit. Je nach Prozesskräften und Temperaturen sowie dem Werkzeugverschleiß galt es, die Bearbeitungsparameter zu optimieren, um damit die Prozesseffizienz, zum Beispiel über eine Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit, zu verbessern.

### 2.2 Vorgehensweise

Um die Ziele zu erreichen, wurden relevante Prozesse entlang der Prozesskette

Schneidstoff → Werkzeug → Mikrogeometrie → Beschichtung → Schichtnachbehandlung → Einsatz

analysiert (*Abb. 1*) und Lösungen für eine wirtschaftliche und prozessstabile Bearbeitung von Nickelbasislegierungen entwickelt. Von entscheidender Bedeutung waren dabei neben der Beurteilung des Einsatzverhaltens der Zerspanwerkzeuge der Schneidstoff, die Werkzeuggeometrie und insbesondere die Entwicklung von speziell auf die genannten Bearbeitungsaufgaben *zugeschnittenen* Hartstoffschichten.

Um den Bearbeitungsprozess zu charakterisieren, wurde eine Prozesssimulation genutzt. In Abhängigkeit von berechneten Prozessbedingungen wie Temperatur und Zerspankräfte wurden optimale Bearbeitungsstrategien und relevante Werkzeugmakro- und -mikrogeometrien ermittelt. Die Entwicklung von Hartstoffschichten erfolgte mittels PVD-Verfahren auf der Grundlage von vorhandenen Erfahrungen beziehungsweise im Ergebnis vorangegangener und laufender FuE-Projekte [7]. Relevante Schichteigenschaften waren vor allem die thermische und mechanische Stabilität, der Wärmeschutz des Substrats und eine sehr gute Schichthaftung. Die Beurteilung des Einsatzverhaltens erfolgte beim Fräsen von Inconel 718 mit beschichteten Hartmetall-Kugelkopffräsern an Versuchs- und Einsatzbauteilen.

### 2.3 Randbedingungen

Zur Beurteilung des Einsatzverhaltens mittels Simulation des Zerspanungsprozesses wurde die Software AdvantEdge (Third Wave Systems) genutzt. Diese Software ermöglicht es, Zerspanungsprozesse zu simulieren und die Spanformung bewerten zu können. Im Rahmen der Prozesssimulation wurden in Abhängigkeit der jeweiligen Randbedingungen (Werkzeuggeometrie, Prozessparameter) die auftretenden Kräfte und Temperaturen ermittelt. Auf der Grundlage der berechneten Werte erfolgte eine Optimierung der Werkzeugmakro- und -mikrogeometrie sowie der Prozessparameter im Hinblick auf eine Verringerung der Schnittkräfte und Temperaturen. Das erarbeitete Simulationsmodell sowie die genutzten Randbedingungen sind in *Abbildung 2* aufgeführt.

Die Entwicklung von Hartstoffschichten wurde unter Einsatz des Arc-PVD-Verfahrens vergenommen. Um Schicht- und Oberflächeneigenschaften wie Haftung, Rauheit, Härte, Verschleißbeständigkeit sowie thermische Beständigkeit zu verbessern, erfolgte die Abscheidung angepasster Schichtstrukturen mit spezifischen Schichtzusammensetzungen.

Um die Haftung zu verbessern, wurde eine Kombination von mechanischer und chemischer Aktivierung mit einer intensiven Ionenstrahlbehandlung in einer speziellen Vorbehandlungsprozedur genutzt. Als Substratwerkstoffe wurden Hartmetalle mit einem Kobaltanteil von 12 % und einer Korngröße von etwa 0,5 µm verwendet.

Zum Einstellen eines definierten Schneidkantenradius, zur Reduzierung der Schichtrauheit nach der Beschichtung und zum Entfernen von prozessbedingten Droplets erfolgte auch eine entsprechende Werkzeugvor- beziehungsweise Schichtnachbehandlung. Abschließende Einsatztests mit den hergestellten Werkzeugen wurden beim Zerspanen der Nickelbasislegierung Inconel 718 durchgeführt. Genutzt wurde ein Bearbeitungszentrum vom Typ DMG 64V; die Kühlung der Werkzeuge erfolgte mit einer 5-prozentigen Emulsion.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Prozesssimulation

Unter Nutzung der vorgegebenen Randbedingungen der Simulation (*Abb. 2*) wurden Prozesstemperaturen und -kräfte bei der Zerspanung ermittelt. Die ersten Berechnungen ergaben, dass anstelle einer zeitaufwendigen 3D- die 2D-Simulation ausreichend ist, um hinreichend genaue Ergebnisse zu erhalten. *Abbildung 3* zeigt exemplarisch die durch 2D-Simulation berechnete Kraft in x-Richtung während der Zerspanung bei Variation von Schnittgeschwindigkeit $v_c$ und Zahnvorschub $f_z$. Es ist erkennbar, dass die Kraft in x-Richtung maßgeblich vom Zahnvorschub und nur in sehr geringem Maße von der Schnittgeschwindigkeit beeinflusst wird.

In *Abbildung 4* sind die berechneten Maximaltemperaturen und maximalen Kräfte in x- und y-Richtung für verschiedene Vorschubgeschwindigkeiten ($v_c$ = 100, 150, 200 m/min) und Zahnvorschübe ($f_z$ = 0,03, 0,04, 0,06 mm) dargestellt. Die Kräfte werden wesentlich durch den Zahnvorschub $f_z$ bestimmt: Je höher der Zahnvorschub ist, umso größer sind die resultierenden Kräfte. Es zeigte sich, dass unter den gegebenen Randbedingungen die Vorschubgeschwindigkeit $v_c$ keinen signifikanten Einfluss auf die Zerspankräfte hat. Die berechneten maximalen Temperaturen reduzieren sich gleichermaßen mit Reduzierung von $v_c$ und $f_z$.

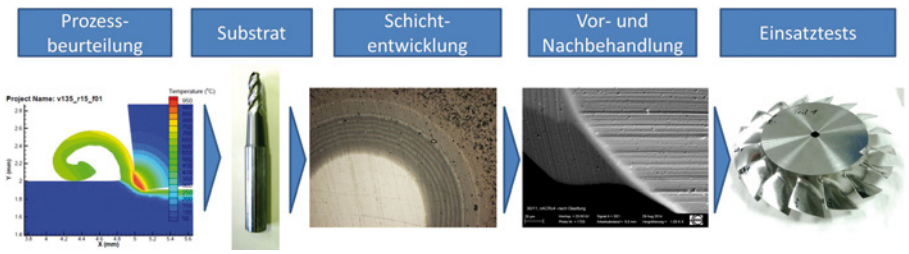



Abb. 1: Prozesskette

Bildquelle: GFE

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

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Weitere Abschnitte des Beitrags sind:

– Schichtentwicklung
– Einsatztests (Vergleich der Eigenschaften wie Haftung, Wärmeentwicklung, Verschleiß).

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5 Seiten mit 8 Abbildungen, 1 Tabelle und 7 Literaturhinweisen.

# Prozessüberwachungssystem für einen neuartigen direktstrahlenden Diodenlaser koaxialer Strahlführung

Von H. Freiße[1)], H. Köhler[1)], C. Thomy[1)], F. Vollertsen[1,2)], N. Brocke[3)] und M. Schnick[3)]

**Ein neues Messsystem für die additive Fertigung basiert auf einer geeigneten Kameraoptik sowie Adaption und Integration in einem neuartigen direktstrahlenden Diodenlaser. Das Messsystem erlaubt den Nachweis der Funktionsfähigkeit eines Prototyps und der Belastungs- und Langzeittests für die additive Fertigung von Bauteilen aus Metall. Das System ist für die Arbeiten in Zwangslagen prädestiniert; die additive Fertigung (3D-Druck) oder Beschichtung kann richtungsunabhängig durchgeführt werden.**

### Additive Fertigung und 3D-Druck mit Metallen

Polymer- und metallbasierte Verfahren des 3D-Drucks haben sich in den letzten Jahren von einer Nischenanwendung zu einem etablierten Verfahren insbesondere im Bereich der Prototypenfertigung entwickelt. Metallbasierte additive Fertigung bietet gegenüber den kunststoffbasierten Verfahren die Möglichkeit, funktionsfähige Prototypen zu drucken, die unter anderem im Automobil- und Flugzeugbau getestet werden können. Signifikante Vorteile bieten die metallbasierten Verfahren unter anderem bei der Einzelteil- und Kleinserienfertigung, wie zum Beispiel im Werkzeug- und Formenbau.

### Prozessüberwachungssysteme

Additive Fertigungsverfahren (3D-Druck) verfügen über ein großes Potential, sowohl Kosten als auch Fertigungszeiten deutlich zu reduzieren. Voraussetzung hierfür ist, dass beim 3D-Drucken eine vergleichbare Zuverlässigkeit und Qualität wie bei konventionellen Fertigungsverfahren sichergestellt wird. Derzeitige Qualitätssicherungskonzepte ermöglichen jedoch keine ortsaufgelöste quantitative transiente Temperaturüberwachung und -dokumentation.

Daher ist es in einem aktuellen Forschungsvorhaben das Ziel, hier entsprechende anforderungsgerechte Lösungen für die Prozessüberwachung zu entwickeln und dem Markt im Verbund mit einem neuartigen direktstrahlenden Diodenlaser (d. h. ohne Lichtleitfaser) in Form eines kompakten Systems zum 3D-Drucken von Metall, wie zum Beispiel den Werkzeugstahl 1.2379, zur Verfügung zu stellen.

### Ziele des Forschungsvorhabens

Das Forschungsvorhaben wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand gefördert. In dem bilateralen Entwicklungsprojekt zwischen dem BIAS, Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH, und der Oscar PLT GmbH wird ein Temperaturfeldmesssystem zur Prozessüberwachung bei der additiven Fertigung mittels Laserpulverauftragschweißens realisiert.

Komponenten zur Temperaturmessung werden erprobt und evaluiert und im Verlauf des Projekts wird eine einfach bedienbare und benutzerfreundliche Software zur Prozessüberwachung und -dokumentation entwickelt. Geeignete Auswertungsalgorithmen zur Temperaturfeldmessung werden identifiziert, sodass bei einer hohen Datenrate und geringer Latenzzeit eine Online-Auswertung der Messdaten ermöglicht wird.

Das Messsystem soll im Rahmen dieses Projekts für die additive Fertigung qualifiziert werden. Hierzu erfolgt die Konzipierung einer geeigneten Kameraoptik sowie die Adaption und Integration in einem neuartigen direktstrahlenden Diodenlaser (d. h. ohne Lichtleitfaser). Es erfolgt der Nachweis der Funktionsfähigkeit des Prototyps und der Messalgorithmen durch Belastungs- und Langzeittests für die additive Fertigung von Bauteilen aus Metall.

Das entwickelte Prozessüberwachungssystem soll zusammen mit dem neuartigen Diodenlaser der Oscar PLT GmbH in Form eines innovativen Bearbeitungssystems für die industrielle additive Fertigung (3D Druck) zur Verfügung gestellt werden.

Koaxialer Diodenlaserbearbeitungskopf der Oscar PLT GmbH

### Neuartiger direktstrahlender Diodenlaser

Der koaxiale Direktdiodenlaser der Oscar PLT GmbH besitzt einen innovativen Aufbau, bei dem die Führung der Laserstrahlung koaxial erfolgt und der Zusatzwerkstoff in Form von Pulver oder Draht zentral zugeführt wird. Dadurch ist dieses System für die Arbeiten in Zwangslagen prädestiniert und die additive Fertigung (3D-Druck) oder Beschichtung kann richtungsunabhängig durchgeführt werden.

Der flexible Einsatz des direktstrahlenden Lasers, der kleine Abmessungen von Ø 185 mm x 300 mm und ein geringes Gewicht von etwa zehn Kilogramm aufweist, ist an diversen Handhabungsmaschinen möglich. Mit einer kontinuierlichen Ausgangsleistung von bis zu 1 Kilowatt kann der Laser für unterschiedlichste Verfahren der Lasermaterialbearbeitung eingesetzt werden.

1) BIAS, Bremer Institut für angewandte Strahltechnik GmbH
Klagenfurter Straße 2, D-28359 Bremen;
Korrespondierender Autor: H. Freiße
E-Mail: freisse@bias.de

2) Universität Bremen, Bibliothekstraße 1
D-28359 Bremen

3) Oscar PLT GmbH, Hamburger Ring 11
D-01665 Klipphausen

# Additive Technologien erobern die industrielle Fertigung

Von Harald Holeczek, Stuttgart

**Additive Technologien, also der Aufbau von technischen Komponenten aus Pulvern durch selektives Aufschmelzen in vielen dünnen Schichten, begannen einmal als Werkzeug für die schnelle Herstellung von 3D-Prototypen. Durch die Verbesserung der Pulver und vor allem des meist mit Laser ausgeführten Aufschmelzvorgangs hat sich diese Technologie in einigen Gebieten zur vollwertigen Produktionstechnik für kleine Stückzahlen entwickelt. Allerdings gibt es auch noch genügend Herausforderungen, von der Einführung neuer Werkstoffe bis zur Beherrschung von Oberflächenrauigkeit und Kerbwirkungen an unzugänglichen Stellen bei dauerbelasteten Bauteilen.**

Ein Schaufenster für die Leistungsfähigkeit von additiven Technologien und den Möglichkeiten der damit verbundenen Materialbearbeitung mittels Laser ist alle zwei Jahre der Laserkongress in Aachen, bei dem alle wichtigen Maschinenhersteller und viele, auch internationale, Forscher und Anwender zusammen kommen. In diesem Jahr waren es fast 700 Besucher, davon fast ein Drittel aus dem Ausland, wobei 27 Länder vertreten waren.

Additive Technologien zur Herstellung industrieller Komponenten haben vier wesentliche Vorteile. Zunächst die Zeit; sie ermöglichen eine schnelle Herstellung von Einzelstücken und kleinen Serien, wobei es keine Werkzeugkosten und auch keine Rüstzeiten gibt. Für komplexe Bauteile kann das ein großer Vorteil sein. Zum Zweiten ist die Fertigung von komplexen Bauteilen und Geometrien in einem Schritt möglich; weder werden verschiedene Bearbeitungsverfahren noch verschiedene Aufspannungen benötigt. Zum Dritten können additive Technologien mit überraschender Funktionalität punkten; die Freiheiten für die Konstrukteure sind groß und wenn Bauteile entsprechend gestaltet werden, dann lassen sich Funktionen realisieren, die mit keiner anderen Technologie möglich sind. Zum Vierten sind da die neuartigen Möglichkeiten für Leichtbaukonstruktionen, die mit additiven Technologien zugänglich sind. Extreme Gewichtsreduktionen bis zur Hälfte des Ausgangsgewichts ohne Einbußen der Festigkeit sind möglich.

All diesen Vorteilen stehen heute natürlich noch verschiedene Nachteile gegenüber, welche eine breite Anwendung dieser Technologie erschweren. Eine der größten Herausforderungen ist die oftmals geringe Produktivität der Anlagen. Da additive Prozesse immer scannend arbeiten, ist das Verhältnis der Fläche des Laserstrahls zur

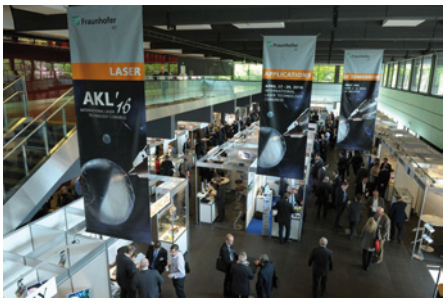



Abb. 1: Industrieausstellung und Networking während des Laser-Kongresses in Aachen; Hersteller aus der gesamten Technologiekette der Laserbearbeitung waren in der Ausstellung vertreten
Quelle: Fraunhofer-ILT

gesamten Bearbeitungsfläche eines Bauteils entscheidend und eben heute meist sehr klein. Trotz hoher Scangeschwindigkeiten ist die Baugeschwindigkeit begrenzt und neue Konzepte zur Verkürzung der Zeiten sind erforderlich. Das beginnt bei der Idee, mehrere Laserstrahlen parallel zu führen und damit die bearbeitete Fläche zu vervielfachen. Auch der Wechsel zwischen Pulverschmelzen einerseits und dem Auftrag der nächsten Pulverschicht andererseits könnte effizienter erfolgen, sodass die Strahlquelle permanent genutzt werden kann. Insbesondere in der Forschung wird derzeit an neuen Maschinenkonzepten gearbeitet. Interessant ist die Frage, ob diese eines Tages eine ähnliche Entwicklung nehmen werden wie beim Tintenstrahldruck, wo es heute für industrielle Anwendungen den Single-pass-Druck gibt, der die Fertigstellung des kompletten Druckbildes in einer einzigen Überfahrt des Kopfes erlaubt.

Neben neuen Fertigungskonzepten ist die Einführung von neuen Werkstoffen ein wichtiges Thema für additive Technologien. Außer für Kupfer und Kupferlegierungen werden zunehmend auch Prozesse für die rissfreie Verarbeitung von hochfesten Legierungen entwickelt. Ganz neue Möglichkeiten bietet die Verarbeitung von Magnesium, beispielsweise für die Herstellung von ultraleichten Maschinenkomponenten oder für die patientenindividuelle Fertigung von resorbierbaren Implantaten, die auch mit Poly-Milchsäure möglich ist.

Wichtige Anwendungsbereiche für die additive Laserfertigung sind heute die Luft- und Raumfahrttechnik sowie die Medizintechnik. Vor allem in der Luftfahrtindustrie spielen additive Fertigungstechniken eine immer bedeutendere Rolle. Heute werden vor allem Turbinenschaufeln und andere Turbinenkomponenten gefertigt sowie Ersatzteile von Flugzeugkomponenten, die nicht sicherheitskritisch sind. Gerade bei den Turbinenschaufeln können über additive Fertigungsprozesse Kühlkanäle für die extremen Temperaturbelastungen hergestellt werden, die sich mit keinem anderen Verfahren realisieren lassen. Dies ist neben der großen Flexibilität der wesentliche Vorteil des selektiven Laserschmelzens (SLM) in der Luftfahrt.

Die größte Herausforderung besteht hier derzeit darin, stabile und sehr gut reproduzierbare Prozesse zu entwickeln. Über die Zeit ändert sich heute die Qualität des eingesetzten Metallpulvers und damit auch die mechanischen Eigenschaften der Bauteile, vor allem gibt es immer wieder Ausfälle bei der Dauerfestigkeit von Bauteilen, welche mit den heutigen Methoden der Pulvercharakterisierung und der Prozessmodellierung nicht vorhergesagt werden können. Daher fordern die industriellen Anwender eine leistungsfähige Inline-Prozessüberwachung, mit der eine Zertifizierung für die Luftfahrtzulassung möglich wäre. An einer solchen Prozessüberwachung arbeiten verschiedene Forschungsgruppen weltweit, allerdings ist das Verständnis der Laser-Material-Interaktion heute noch nicht so weit,

dass ein aussagekräftiges Überwachungsverfahren daraus konstruiert werden könnte. So behilft sich die Industrie derzeit mit der Überwachung verschiedener Maschinenparameter, welche für Anwendungen des allgemeinen Maschinenbaus eine gute Bauteilqualität ermöglicht, aber eben noch nicht für anspruchsvolle Anwendungen in der Luftfahrt.

Solange dies so ist, können additive Fertigungsprozesse nur sehr eingeschränkt für Bauteile mit hohen Anforderungen an Dauerfestigkeit eingesetzt werden. Allerdings besteht durch neue Entwicklungen bei Pulvern und bei Nachbearbeitungsprozessen die Hoffnung, dass auch diese Herausforderung schließlich gemeistert wird. Andererseits lassen sich anforderungsgerecht auch inzwischen sehr feine Oberflächenstrukturen zusammen mit dem Bauteil herstellen, ohne dass dessen Kosten dadurch steigen. Der Anwender eines Bauteils bekommt also Komplexität zum Nulltarif, auch diese Tatsache könnte langfristig ganz neue Möglichkeiten für die additiven Technologien erschließen.

In der Medizintechnik ist die Herstellung oder spezifische Anpassung von patientenindividuellen Implantaten die wichtigste Anwendung additiver Prozesse. Die Implantate werden aus Titan oder Poly-Milchsäure gefertigt; letztere wird vom Körper im Lauf der Zeit aufgenommen und ist damit verschwunden. Ein neuer Trend ist die Fertigung von Implantaten aus Magnesium, welches ebenfalls resorbiert wird, sich jedoch für höhere mechanische Belastungen eignet. Die Verarbeitung von Magnesium stellt besondere Anforderungen an die Laserprozesse und auch die gesamte Anlagentechnik, da der eigentliche Schmelzprozess beispielsweise unter Schutzgas erfolgen muss.

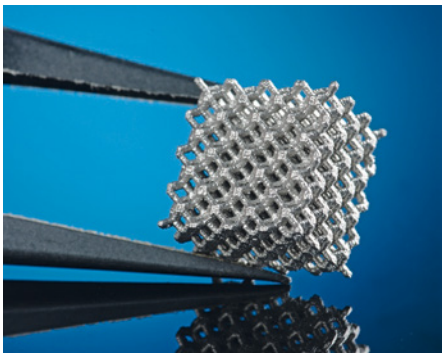


Abb. 2: Implantat (Scaffold) mit definierter Porenstruktur aus einer biodegradierbaren Magnesiumlegierung (WE43) mit Abmessungen von 10 x 10 x 7,5 mm³ bei circa 400 µm Strebendicke
Quelle: Fraunhofer-ILT

Abb. 3: Demonstrator für eine topologieoptimierte Gabelbrücke eines Motorrads (Werkstoff: AZ91)
Quelle: Fraunhofer-ILT

Abb. 4: Preisverleihung des Innovation Award Lasertechnologie des European Laser Institute im Rahmen des Laser-Kongresses im Aachener Rathaus
Quelle: Fraunhofer-ILT

Anwendungen additiver Technologien in der Medizintechnik sind immer als Systemtechnik zu betrachten. Die Herstellung individueller Implantate erfordert ein gutes Verständnis des Gesamtsystems: Wissen über die technischen Prozesse der Implantatherstellung muss kombiniert werden mit medizinischem Wissen über die Verletzung und die chirurgischen Rekonstruktionstechniken. Trotz der hohen finanziellen Aufwendungen für Operationen nach schweren Verletzungen oder in Folge von Tumoren herrscht ein hoher Kostendruck für die Lieferanten von Implantaten. Hinzu kommt, dass viele Anwendungen in Nischen stattfinden, dabei aber hohe Anforderungen an die Qualität der Produkte und das Wissen der Hersteller gestellt werden. Damit ist das Erzielen ausreichender Gewinne zur Weiterentwicklung der Technologien nicht einfach, da gerade in den anspruchsvollen Nischen keine Massenprodukte eingesetzt werden können.

Überhaupt ist die Komplexität der Anwendungen heute eine der größten Herausforderungen für die Laserindustrie, da auch in Anwendungen wie der Oberflächenbehandlung die Anforderungen, aber auch die Erwartungen der potentiellen Kunden ständig steigen. Viele Anwendungen erfordern Sonderlösungen oder spezifische Entwicklungen auf Seiten der Anlagenhersteller oder auch der Prozessentwickler. Natürlich sind sehr interessante Lösungen mithilfe von Lasern möglich; so wurde einer der diesjährigen Innovation Awards des Europäischen Laser-Instituts für die Entwicklung eines Hochleistungs-UV-Lasers vergeben, der in der industriellen Fertigung von flexiblen Displays die schnelle und vor allem großflächige Trennung des fertigen, folienartigen Displays vom Glasträger ermöglicht. Eine Entwicklung, welche der Coherent LaserSystems nun gute Umsätze in der Displayindustrie einbringen dürfte, deren Entwicklung aber auch sehr aufwendig war. Die hohen Kosten der Anwendungskomplexität sind das Dilemma der Laserhersteller, sie zwingen zu Fokussierung und damit zu Beschränkung.

Spätestens hier stellt sich die Frage, wie kleinere Unternehmen die riesigen Potentiale der Lasertechnik nutzen können, ohne hohe Vorinvestitionen sowohl in Anlagen als auch in entsprechende Spezialisten. Ein Forschungsauftrag an eines der einschlägigen Institute oder die Teilnahme an einem Verbundprojekt sind oft schon zu teuer oder auch zu konkret, wenn zunächst die Klärung von Möglichkeiten und des Standes der Technik im Fokus stehen. Gerade die Technologieevaluation in Verbindung mit Machbarkeitsversuchen ist oft ein erster Schritt auf dem Weg in die Anwendung und er braucht umfassende Unterstützung, um erfolgreich sein zu können. Genau diesen Bedarf hat unter anderem das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik in Aachen erkannt und das Aachen Center for Additive Manufacturing (ACAM) gegründet. Dieses ist Teil des Clusters Photonik in Aachen und wird in einem eigenen Gebäude Firmenpartnern den Raum für ihre spezifischen Entwicklungsprojekte bieten. Allerdings gibt es eben auch Angebote für Schulungen oder Machbarkeitsuntersuchungen für Unternehmen, die gerade erst in die Lasertechnologie einsteigen.

Im Cluster Photonik werden Industrieunternehmen mit Experten der RWTH Aachen und einigen Fraunhofer-Instituten an neuen Projekten für die Nutzung von Licht als Werkzeug in der industriellen Produktion arbeiten. In Anlehnung an die kreative Atmosphäre von Startup-Unternehmen sind neben Büros und Laboren sogenannte Scrum-Areas geplant. Dort können die Teams in großen Freiräumen gemeinsam Ideen entwickeln.

Bei der feierlichen Eröffnung des ersten Gebäudes des Clusters im April 2016 waren bereits 90 Prozent der Flächen vermietet. Die ersten 150 Mitarbeiter werden in diesem Jahr einziehen, unter ihnen die Mitarbeiter des Aachen Center for Additive Manufacturing. Die Mitglieder dieses Netzwerks sind verschiedene Fraunhofer-Institute, Lehrstühle der RWTH Aachen und der FH Aachen sowie technologieorientierte Spin-Offs im Umfeld des RWTH Aachen Campus, die hier mit Unternehmen aus der Region ebenso wie mit internationalen Großkonzernen zusammenarbeiten.

Im Mittelpunkt stehen Weiterbildung und Auftragsforschung für die additive Fertigung. Darüber hinaus koordinieren die Aachener die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte strategische Forschungsinitiative *Digital Photonic Production*. In den kommenden 15 Jahren werden industrierelevante Projekte für aufbauende, abtragende und strukturierende Laserverfahren mit bis zu zwei Millionen Euro pro Jahr anteilig gefördert.

Mit der Eröffnung des Cluster Photonik wurde eine neue Form der Kollaboration bei der Entwicklung von industrieller Lasertechnik gestartet. In einer staatlich geförderten Umgebung kommen hier Partner aus Forschung, Fraunhofer-Instituten, kleinen und großen Unternehmen zusammen, um in einer offenen Atmosphäre neue Ideen vom Labor in den Markt zu bringen.

# Fraunhofer-Allianz Leichtbau etabliert neue Fortbildungsreihe Faserverbund-Fachingenieur

Der Schlüssel zu neuen Technologien und zu einer nachhaltigen Unternehmensentwicklung liegt heute in der beruflichen Weiterbildung. Insbesondere das Arbeiten mit Faserverbundwerkstoffen (FVW) eröffnet zahlreichen Branchen neue Möglichkeiten. Vor diesem Hintergrund bietet die Fraunhofer-Allianz Leichtbau, welche die Kompetenzen auf dem Gebiet der Faserverbundtechnologie von 16 Fraunhofer-Instituten bündelt, in Kooperation mit der Fraunhofer-Academy ab 2016 bundesweit den ersten zertifizierten Lehrgang zum *Composite Engineer* (Faserverbund-Fachingenieur) an. Ziel dieses modular aufgebauten Weiterbildungsprogramms ist es, notwendige Wissensbausteine über den gesamten Produktlebenszyklus eines aus faserverstärkten Werkstoffen hergestellten Bauteils abzubilden. Teilnehmer werden qualifiziert, Produkte aus faserverstärkten Werkstoffen von der Produktentwicklung über die Fertigung bis zur Reparatur werkstoffgerecht zu betreuen.

Die Teilnehmer des Weiterbildungsangebots profitieren von den Kompetenzen der Fraunhofer-Gesellschaft und der Fraunhofer-Allianz Leichtbau sowie dem direkten Wissens- und Technologietransfer. Sie haben die Möglichkeit, sich von Fachleuten, die in der aktuellen Forschung arbeiten, in den verschiedenen für Faserverbund relevanten Themengebieten weiterbilden zu lassen. Angesprochen sind Ingenieure und Naturwissenschaftler aller Fachrichtungen und Branchen auf der technischen Entscheiderebene, welche die Faserverbundtechnologie bereits einsetzen oder in Zukunft einsetzen wollen sowie Meister und Facharbeiter mit ausgewiesener Berufserfahrung und Fachkompetenz.

Die Weiterbildung zum *Composite Engineer* qualifiziert Mitarbeiter, den gesamten Produktlebenszyklus eines aus faserverstärkten Werkstoffen hergestellten Bauteils – von der Produktentwicklung über die Fertigung bis zur Reparatur – zu betreuen. Dabei müssen sie hinsichtlich des fach- und materialgerechten Einsatzes der Faserverbundwerkstofftechnologie interdisziplinär denken, bewerten, entscheiden und handeln.

Die Weiterbildung ist modular aufgebaut. Die Teilnehmenden haben nach Absolvierung des Grundlagenmoduls, das einen Überblick über alle relevanten Themengebiete vermittelt, und der vier Basismodule die Möglichkeit und die Aufgabe, aus den 15 angebotenen Modulen des Aufbaubereichs vier auszuwählen. Diese qualifizieren die Teilnehmenden für die zertifizierende Abschlussprüfung. Außer dem Grundlagenmodul schließen alle Module jeweils mit einer schriftlichen Prüfung ab. Jedes Modul dauert drei Tage. Die Abschlussprüfung wird durch eine zweitägige Wiederholungsphase, das Abschlussmodul, eingeleitet, so dass die Weiterbildung insgesamt zehn Module mit insgesamt 240 Stunden umfasst. Die Weiterbildung sollte in einem Zeitraum von vier Jahren abgeschlossen sein. Alle Module sind auch unabhängig von dem Ziel, das Zertifikat zu erlangen, einzeln und unabhängig buchbar.

Das Fraunhofer-IFAM ist zentrale Anmeldestelle für alle Module. Die Veranstaltungsorte variieren entsprechend der thematischen Ausrichtung und der gerätetechnischen Ausstattung der einzelnen verantwortlichen Fraunhofer-Institute.

**Anmeldung:**

➲ **www.composite-engineer.de**

**Oberflächenvermessungen aller Art,**
**egal welcher Werkstoff**
**egal wie glatt, egal wie rau !**

Wir führen auch Verschleißuntersuchungen, Material- und Beschichtungsanalysen durch und bieten darüber hinaus Beratungen und Seminare zur Tribologie an.

Sprechen Sie uns einfach an !

STZ Tribologie
Anwendung und Praxis

**Prof. Dr.-Ing. Dietmar Schorr**
**Tel.: (+49) 0172 9057349**
**Dietmar.Schorr@stw.de**
**www.tribologieinanwendungundpraxis.de**

# 3DS – der neue Standard für erodierte Oberflächen im Spritzguss

**Zu Besuch beim Lüdenscheider Werkzeugbauer Lauer Harz, einem der ersten Anwender der bahnbrechenden 3DS-Technologie**

**GF Machining Solutions setzt erneut einen Meilenstein in der Senkerosion. Die innovative 3DS-Technologie verspricht Nutzern von Spritzgussformen wesentliche Produktivitätssteigerungen – dank besserer Entformbarkeit, schnellerer Produktionszyklen und reduzierter Wartungskosten. Der Werkzeugbauer Lauer Harz setzt die neue Technologie seit kurzem ein.**

Der Werkzeugspezialist Lauer Harz GmbH beschäftigt rund 30 Mitarbeiter in Lüdenscheid

Mit der Funkenerosion lassen sich leitfähige Werkstoffe beliebiger Härte hochpräzise und mit höchster Oberflächengüte bearbeiten. Mehr als jedes andere Maschinenbauunternehmen hat GF Machining Solutions dieses Verfahren im Laufe der letzten 50 Jahre ständig perfektioniert. David Labadie, bei GF Machining Solutions für die Produktlinie Senkerosion verantwortlich, stellt fest, dass viele potenzielle Anwender davon ausgehen, dass die Möglichkeiten dieser Technologie inzwischen weitestgehend ausgereizt sind. Doch die Ingenieure des GF Innovations-Teams sind im Begriff, mit den neuen 3DS-Erosionsoberflächen die EDM-Technologie zu revolutionieren.

Das Kürzel *3DS* steht für *dreidimensionale Strukturen*. Tatsächlich beschreitet dieser Ansatz einen neuen Weg: Wurde bislang die Qualität einer Oberfläche im Grad ihrer zweidimensionalen Rauheit bewertet (Ra-Wert), betrachtet die 3DS-Technologie die tatsächliche, dreidimensionale Beschaffenheit einer Oberfläche.

Werkzeugoberflächen können nach Aussage von Joachim Seele, Leiter Sales Support bei GF Machining Solutions, den gleichen Ra-Wert haben und dennoch gänzlich unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Mit der 3DS-Technologie erhalten Werkzeugbauer und vor allem Spritzgießer ganz neue Möglichkeiten. Dank einer optimierten Funkenentladung beim Erosionsprozess werden die Oberflächen wesentlich *entschärft*. Die Erodiertiefen sind zwar noch vorhanden, dreidimensional betrachtet weisen sie aber ein deutlich verrundetes Profil auf, wie der EDM-Experte ausführt.

3DS-Bearbeitungszentrum von GF Machining Solutions bei Lauer Harz

### Konkrete Vorteile dank 3DS

Was zunächst sehr theoretisch klingt, birgt entscheidende Vorteile für Anwender der 3DS-Technologie. Das bestätigt Kurt Harz, Geschäftsführer der Lauer Harz Werkzeugtechnologie GmbH. Das mittelständische Unternehmen aus dem sauerländischen Lüdenscheid stellt seit über 25 Jahren Spritzgussformen her – vornehmlich für die Automobil-, Pharma- und Bauindustrie. Feinwerkmechanikermeister Harz setzt seit jeher auf Maschinen von GF Machining Solutions und hat in seiner Laufbahn stets ein gutes Gespür für Innovationen bewiesen. Als kleiner Werkzeugbauer kann er sich nach eigenem Bekunden keine Fehlgriffe erlauben und prüft die Anschaffung neuer Maschinen sehr genau. Sie müssen dem Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil verschaffen, der sich schnell in

Ein Hälfte der Oberfläche wurde mit 3DS und die andere herkömmlich erodiert; obwohl beide Flächen denselben Ra-Wert haben, unterscheiden sie sich optisch deutlich voneinander

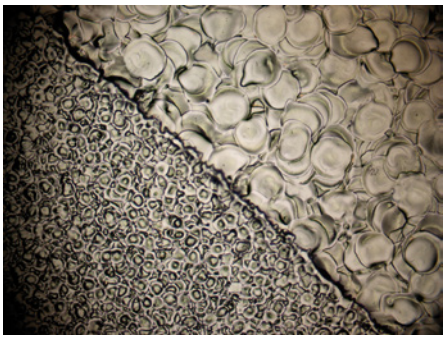
Kostenvorteilen auszahlt. So hat er sich als einer der ersten Kunden von GF Machining Solutions dazu entschieden, die neuartige 3DS-Technologie einzuführen. Kurt Harz hat im Frühjahr 2015 ein Komplettsystem von GF Machining Solutions angeschafft, ein so genanntes *FORM Werk*. Es besteht aus einer Highspeed-Fräsmaschine Mikron HSM 500 LP, einem Roboter, einer Jobmanagement-Software und dem Herzstück, einer Senkerosionsmaschine AgieCharmilles Form 200 mit 3DS-Funktion.

**Innovative Senkerodiertechnologie überzeugt schnell**

In den ersten Tagen waren Kurt Harz und seine Facharbeiter noch etwas skeptisch. Was sollte sich am lange erprobten Erodiervorgang noch verbessern lassen, fragte sich die eingeschworene Werkzeugbauertruppe. Sie experimentierten, fertigten erste Prototypen an und waren von den Ergebnissen verblüfft: Die Scharfkantigkeit der Erodierkrater gehörte plötzlich der Vergangenheit an, wodurch das Entformen der dünnen Stege deutlich einfacher wurde. Mit 3DS konnten die realen Entformkräfte mehr als halbiert werden. Eine manuelle Nacharbeit der Formen, wie beispielsweise Handpolitur, war kaum noch erforderlich.

Doch nicht genug: Die 3DS-Technologie von GF Machining Solutions eliminiert auch den sogenannten *Dieseleffekt* nahezu vollständig. Die perfekt verrundete Oberfläche des Werkzeugs begünstigt die Entlüftung beim Spritzguss. Gaseinschlüsse werden somit

Das FORM Werk von GF Machining Solutions besteht aus einer Senkerodiermaschine AgieCharmilles FORM 200, einer Highspeed-Fräsmaschine Mikron HSM 500 LP und einem Palettenwechsler WorkPartner 1+ – eine kompakte Automationslösung für den Werkzeug- und Formenbau zur Elektrodenherstellung und zum Hartfräsen von Werkzeugkomponenten



Mikroskopische Aufnahme einer erodierten Oberfläche, die in beiden Fällen denselben Ra-Wert 0,8 µ aufweist; in der unruhigeren Topografie der linken Fläche ohne 3DS verhakt sich der Kunststoff und lässt sich so deutlich schwerer entformen als in der oberen, deutlich homogeneren Fläche, die mit der 3DS-Technologie hergestellt wurde

vermieden, was wiederum Dieseleinbränden vorbeugt. In der Konsequenz müssen 3DS-Formen nicht so oft gereinigt werden und sind damit deutlich produktiver. Insgesamt ergeben sich viele Vorteile für den Endkunden, wie Joachim Seele, GF Mitarbeiter seit 21 Jahren, erklärt: Je leichter das Entformen vonstatten geht, desto wärmer kann der Kunststoff beim Entformungsprozess sein. Entsprechend weniger Zeit benötigt das Abkühlen. So konnte beispielsweise beim Unternehmen Bernd Richter in Wipperfürth die Abkühlzeit von 65 auf 30 Sekunden mehr als halbiert beziehungsweise die Ausbringung der Maschine verdoppelt werden. Die Produktivitätssteigerungen sind also erheblich.

Zudem tritt nach Kenntnis von Kurz Harz der Dieseleffekt kaum mehr auf. Tatsächlich ist dieses Argument nicht von der Hand zu weisen: Bei bestimmten Kunststoffarten – zum Beispiel jenen mit hohem Glasfaseranteil – ist ohne 3DS-Technologie eine gründliche Reinigung der Spritzgussmaschine mittels Trockeneisstrahlen alle vier Stunden notwendig. Dank der 3DS-Technologie verlängert sich der Zyklus von viereinhalb auf deutlich über zehn Stunden. So können die Kunden der Lauer Harz GmbH die Maschinen auch über Nacht laufen lassen und erhöhen so die Wirtschaftlichkeit.

Und es gibt noch einen weiteren Unterschied: Mit 3DS ist die Oberfläche des Spritzgussteils weniger empfindlich gegen Kratzer. Was diese Technologie gerade auch für die Produktion von empfindlichen und beanspruchten Sichtteilen sehr interessant macht. Ideale Einsatzfelder sind zum

Dank der 3DS-Technologie müssen Kunststoff-Spritzgussformen deutlich weniger häufig gereinigt werden; der Reinigungszyklus verlängert sich von viereinhalb auf zehn Stunden

Beispiel Armaturen, Verkleidungen, Abdeckungen und Griffe für das Fahrzeuginterieur, Haushaltsgeräte und die Verpackungsindustrie bis hin zu Handyschalen.

**Visionär im Sauerland**

Werden die Vorzüge der neuen 3DS-Technologie betrachtet, so ist davon auszugehen, dass sie sich schnell als Standard in der Industrie durchsetzt, ist Kurt Harz überzeugt. Innovationen setzen sich meist von unten durch. Die 3DS-Technologie von GF Machining Solutions gilt noch als Geheimtipp, noch... Wie gesagt, Kurt Harz hat ein gutes Gespür für erfolgreiche Innovationen.

**GF Machining Solutions**

GF Machining Solutions ist ein führender Anbieter von Maschinen, Automationslösungen und Serviceleistungen für den Werkzeug- und Formenbau sowie für die Fertigung von Präzisionsteilen. Die Angebotspalette reicht von Elektroerosions-, Hochgeschwindigkeits- und Hochleistungsfräsmaschinen, über Spann- und Palettiersysteme, 3D-Lasermaschinen für die Oberflächenstrukturierung, Spindeln, Serviceleistungen, Ersatz- und Verschleißteile, Verbrauchsmaterial bis hin zu Automationslösungen. Als global tätiges Unternehmen ist GF Machining Solutions, eine Division des Georg Fischer Konzerns (Schweiz), mit eigener weltweiter Organisation an 50 Standorten präsent. 3003 Mitarbeitende erwirtschafteten 2015 einen Umsatz von 902 Millionen Schweizer Franken.

➲ www.gfms.com/de

# Materialstandort Deutschland: Nicht attraktiv genug für internationale Spitzenforscher?

**Datenbankrecherchen machen deutlich, dass die deutsche Materialwissenschaft im internationalen Vergleich nicht stark genug wahrgenommen wird, um auch in Zukunft für internationale Spitzenforscher attraktiv zu sein. Professor Dr. Ferdi Schüth, Institutsleiter des Max-Planck-Instituts für Kohleforschung und Vize-Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, sprach im Rahmen des Symposiums** *Material Innovativ 2016* **mit Vertretern von Bayern Innovativ über die Herausforderungen der deutschen Materialforschung.**

*Bayern Innovativ*: Deutschland verfügt über ein starkes materialwissenschaftliches Know-how. Woran ist dies auch im internationalen Vergleich zu erkennen?

*Prof. Schüth*: Unsere Materialwissenschaftler sind weltweit gesucht, deutsche Postdoktoranden gern gesehene Mitarbeiter und auch die deutsche Materialwissenschaft wird insgesamt als gut aufgestellt wahrgenommen. Allerdings muss man vor dem Hintergrund der Vergleichbarkeit erwähnen, dass die international als *Materials Science* bezeichnete Fachrichtung in Deutschland teils als Material-, teils als Werkstoffwissenschaften geführt wird. Während die Werkstoffwissenschaften stark ingenieurwissenschaftlich geprägt sind, orientiert sich die Materialforschung eher naturwissenschaftlich. Gerade in den Werkstoffwissenschaften verfügt Deutschland über ein erhebliches Potenzial.

*Bayern Innovativ*: Dennoch gilt es, die Sichtbarkeit materialwissenschaftlich arbeitender Institutionen zu verbessern. Woran mangelt es?

*Prof. Schüth*: Ein Blick auf Zitationsanalysen oder auch auf die verschiedenen internationalen Rankings zeigt, dass die deutschen Institutionen – abgesehen von der Max-Planck-Gesellschaft – nicht besonders weit oben rangieren. Das hat unterschiedliche Gründe. Entscheidend ist hier zum einen die schon erwähnte eher ingenieurwissenschaftliche Prägung. Dort wird eine andere Publikationskultur als in den Naturwissenschaften gepflegt – Tagungen sind meist wichtiger. Dies wird jedoch in vielen Zitationsanalysen, die in die Rankings einfließen, nicht so stark wahrgenommen und bewertet. Zudem ist häufig Deutsch unsere Publikationssprache, was die internationale Sichtbarkeit nicht wirklich fördert. Darüber hinaus ist die material- und werkstoffwissenschaftliche Kompetenz in den Universitäten über mehrere Fakultäten verteilt. Eine große sichtbare Einheit ist so nicht darstellbar. Dies sind einige der Faktoren, die dazu beitragen, dass die deutsche Materialforschung nicht ganz die Sichtbarkeit hat, die sie eigentlich verdient hätte.

*Bayern Innovativ*: Warum erscheinen renommierte deutsche Material-Zentren in den internationalen Rankings erst auf den mittleren oder hinteren Plätzen?

*Prof. Schüth*: Es ist immer entscheidend, welche Kriterien angelegt werden und welche wissenschaftlichen Einheiten betrachtet werden, was dann Einfluss auf die Rankingposition der einzelnen Institutionen hat. Für das Prozedere gebe ich ein Beispiel anhand meiner persönlichen Tätigkeit: Meine Arbeiten werden sowohl in der Chemie als auch in der Materialwissenschaft zitiert. Somit wird man automatisch in unterschiedliche *Klassen* einsortiert. Ich würde mich eher als Chemiker und weniger als Materialwissenschaftler sehen. In den Zitationsrankings bin ich aber als Materialforscher sichtbarer als in meiner Funktion als Chemiker, weil die Gruppe kleiner ist und die Zitationsgewohnheiten andere sind. In vielen universitären Departments gibt es eine Reihe von Chemikern, die man auch in die Materials Sciences einordnen könnte, die dort aber nicht auftauchen, weil sie nicht in den klassischen Schubladen agieren. Rankings leiden oftmals an den uneinheitlichen Definitionen, die zugrunde gelegt werden – allen voran an der bereits erwähnten starken Trennung zwischen Material- und Werkstoffwissenschaften.

*Bayern Innovativ*: Welche Auswirkungen hat das eher *mittelmäßige* Ranking deutscher Forschungsplätze im Hinblick auf die Gewinnung von internationalen Spitzenforschern für den Standort Deutschland?

*Prof. Schüth*: Wenn wir in der Max-Planck-Gesellschaft versuchen, Top-Forscher zu gewinnen, sind natürlich Ausstattung und Gehalt wesentliche Größen. Ein wichtiger Aspekt ist aber auch die intellektuelle Umgebung und die Frage, ob ich Menschen *meines Kalibers* als Gesprächspartner am Institut treffe. Ein erster Indikator hierfür sind natürlich die Rankings. Ist eine Einrichtung nicht gut gerankt, werde ich auch eine nicht so gute intellektuelle Umgebung erwarten. Das macht es nicht leichter, Kollegen und Kolleginnen zu gewinnen. Wenn man als Institution in den Rankings nicht auftaucht, wird man schlichtweg übersehen.

Prof. Dr. Ferdi Schüth, Institutsleiter des Max-Planck-Instituts für Kohleforschung und Vize-Präsident der Max-Planck-Gesellschaft auf dem Symposium *Material Innovativ 2016*
Quelle: Bayern Innovativ GmbH

*Bayern Innovativ*: Worin besteht das Potenzial der deutschen Materialforschung?

*Prof. Schüth*: Ich würde es nicht wagen, als Chemiker – also quasi als Außenseiter – der Materialforschung Ratschläge zu geben. Gemeint ist die starke Basis in den Werkstoffwissenschaften, das heißt in den Strukturmaterialien und ihre enge Kopplung an die deutsche Industrie. Nimmt man eine Unterteilung in Struktur- und Funktionsmaterialien vor, habe ich den Eindruck, dass Deutschland im Bereich der Funktionsmaterialien weniger stark aufgestellt ist. In den biomedizinischen Anwendungen, bei Magnet- oder Nanomaterialien gibt es andere Wissenschaftssysteme, die hier erfolgreicher positioniert sind als wir in Deutschland. Führend dagegen ist die deutsche Material- und Werkstoffszene in Strukturmaterialien wie Legierungen, hochfesten Werkstoffen, Werkzeugstählen, Keramiken oder Glas. Bereiche also, die von einer starken industriellen Anknüpfung profitieren.

*Bayern Innovativ*: Welche Empfehlung geben Sie dem Hochtechnologiestandort Deutschland auf dem Gebiet der

Materialforschung, um im internationalen Wettbewerb gut aufgestellt zu bleiben?

*Prof. Schüth*: Es wird wichtig bleiben, die erkenntnisorientierte Erforschung neuer Materialien weiter zu entwickeln. Wir müssen besser werden, diese grundlegenden Erkenntnisse auch in Technologien umzusetzen. In Deutschland sollten wir selbst die Wertschöpfung erzeugen – gerade wenn wir über Nanomaterialien reden, die oft in kleinen Mengen eingesetzt werden. Die Wertschöpfung liegt nicht mehr beim Material direkt, sondern in der Anwendung. Die Materialmengen sind klein, die Erlöse, die für das Basismaterial selbst erzielt werden, gehen bei optimierter Herstellung zurück. Das *große Geld* wird letztendlich in der Anwendung verdient. Und da viele Anwendungen jenseits der reinen Materialentwicklung entstehen, ist hier zunehmende Interdisziplinarität entscheidend.

# Korrosionsschutz im Automobilbau

Am 28. und 29. Juni veranstaltete der VDI die zweite Fachkonferenz *Korrosionsschutz im Automobilbau* im Tagungshotel The Monarch in Bad Gögging, etwa 35 Kilometer von Ingolstadt entfernt. Eine Vielzahl von Experten aus der Automobilindustrie, Zulieferern aus der Wirtschaft sowie dem Forschungsbereich nahmen an der Tagung teil. Prof. Dr. Christoph Strobl von der TH Ingolstadt, Fakultät Maschinenbau, Werkstoff- und Oberflächentechnik, sowie Dr.-Ing. Simon Oberhauser, Geschäftführer der InnCoa GmbH, leiteten die Konferenz.

Der erste Themenblock widmete sich in diesem Jahr verstärkt der Vorbehandlung und Beschichtung von Stückgut sowie Schüttware. Dr. Jörg Sander sprach in seinem Vortrag *Der Weg zu modernen Vorbehandlungen im Automobilbau* grundlegende Themen zur Vorbehandlung an. Dr. Sasa Jacob von der DGO, Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V., informierte über die unterschiedlichsten galvanotechnisch relevanten Themen, wie REACh und die Notwendigkeit der Vernetzung der Unternehmen mit Forschungsstellen.

Dr. Corinna Weigelt, Chemikerin R&D Metal Pre-Treatment bei der Surtec International GmbH, zeigte in ihrem Referat unterschiedliche Vorbehandlungsmöglichkeiten auf Basis der Phosphatierung vor einer Lackierung auf. Völlig neue oberflächentechnische Ansätze und erste Ergebnisse für den Einsatz einer Beschichtung als temporäre Hochtemperaturschutzschichten präsentierte Dr. Marcel Roth, Dörken MKS-Systeme GmbH & Co. KG.

Dass zinkbasierte galvanische Schichtsysteme weiterhin zu den High-Performern in Sachen Korrosion und auch Tribologie gehören, stellten Falko Krambeer und Wolfgang Siegert von der Collini ACT GmbH an einer Reihe von Beispielen vor. Dem Thema Zink treubleibend präsentierte Dr. Thomas Pinger von ZINQ Technologie GmbH die Möglichkeiten, aber auch die besonderen Randbedingungen bei der klassischen Stückgutverzinkung sowie der Zink-Aluminium-Legierungsschicht mit 5 Prozent Aluminium. Dr. Thomas Koll, Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, befasste sich anschließend mit dem Thema Zink-Magnesium-Bandverzinkung, den Vorteilen hieraus unter anderem im Hinblick auf Korrosion und Tiefziehen.

Daran knüpfte die Präsentation von Dr.-Ing. Karl-Heinz Stellnberger von voestalpine Stahl GmbH, der die Ergebnisse von Dr. Koll nochmals an einigen Beispielen unterstrich. Er ging aber vor allem auf verschiedene Korrosionsmechanismen, wie Lackunterwanderung und Flanschkorrosion, im Detail ein.

Der folgende Tag begann mit dem Vortrag von Dr. Paul Oberhauser, AMAG rolling GmbH, der die Korrosion an 6xxx Aluminiumwerkstoffen sowie deren unterschiedliche Prüfungen behandelte. In einem sehr anschaulichen Vortrag, der die Kooperation von thyssenkrupp Steel Europe AG und der Benteler Automobiltechnik GmbH herausstrich, informierten Dr. rer. nat. Stefan Krebs (thyssenkrupp) und Liuhao Yu (Benteler) über die verschiedensten Seiten der Kontaktkorrosion bei Mischbau von Aluminium und Stahl. Sie stellten außerdem die im Rahmen der Kooperation erzielten Ergebnisse bezüglich Kontaktkorrosion vor.

Dr.-Ing. Cornelia Heermant, Böllhoff Verbindungstechnik GmbH, präsentierte die Korrosionsproblematik beim Fügen mit Verbindungselementen und schilderte die Herangehensweise im Hause Böllhoff. Dr. Martina Thies, InnCoa GmbH, stellte verschiedene, bei InnCoa bearbeitete Korrosionsschäden vor; ihr Schwerpunkt lag dabei auf der Spannungsrisskorrosion durch Eigenspannungen. Darauf aufbauend präsentierte Dr. Irina Sieber, ebenfalls InnCoa, verschiedene Prüfungen im Vorfeld zur Vermeidung von Korrosionsarten, wie zum Beispiel Kontaktkorrosion oder interkristalline Korrosion, mittels elektrochemischen sowie klassischen Korrosionstests.

Dr. Oliver Mamber, Mahle Behr GmbH & Co. KG, informierte über die strömungstechnische Untersuchung von Korrosionsprüfkammern mittels CFD-Simulation am Beispiel einer Salzsprühkammer zur Verteilung des Salznebelniederschlags über die Kammerfläche. Die simulierte Korrosionsprüfung offenbarte erhebliche Schwankungen bei den getesteten Prüflingen, die stark von Feineinstellungen der Düse sowie von Winkeln abhängt. Prof. Dr.-Ing. Ralf Feser von der Fachhochschule Südwestfalen stellte ein Verfahren zur Beurteilung von Kontaktkorrosion bei CFK-Verbindungen auf Basis elektrochemischer Methoden sowie ein eigens dafür entwickeltes portables Messgerät vor.

Zinn-, Silber- und Goldbeschichtungen für Kontakte präsentierte Dr.-Ing. Helge Schmidt, TE Connectivity Germany GmbH, im Hinblick auf Korrosion und Degradationsverhalten. Korrosion durch Verunreinigungen beziehungsweise elektrochemische Migration als Schadensmechanismus bei elektronischen Baugruppen stellte Dr.-Ing. Helmut Schweigart von Zestron Europe vor. Die Veranstaltung endete mit einem Vortrag von Jens-Hendrik Klingel, KC Kunststoff-Chemische Produkte GmbH, der mögliche Abhilfemaßnahmen durch Lackieren beziehungsweise Vergießen von elektronischen Baugruppen zur Vermeidung von Korrosion darstellte.

Neben den zahlreichenden Vorträgen gab es für die Teilnehmer ausreichend Möglichkeiten für angeregte Diskussionen und den Austausch mit anderen Teilnehmern. Prof. Strobl bedankte sich bei den Teilnehmern für die zahlreichen, fachlich guten Beiträge sowie die angeregte Diskussion zu den Vorträgen auch in den Pausen. Er fasste die Korrosion mit einem Augenzwinkern als *Don Quijoterie* zusammen. Am Ende wird demnach immer die Thermodynamik gewinnen, aber der Korrosionsspezialist kann die Zeitspanne, also die Kinetik der Korrosion, durch Auswahl der Werkstoffe, Einsatzbedingungen und Konstruktion direkt beeinflussen. Nach dem sehr positiven Feedback der Teilnehmer plant der VDI eine Wiederholung der Konferenz in 2 Jahren. S. Oberhauser

# Der Werkstoff wird digital

**Industrie 4.0 ist auf die passenden Materialien und Werkstoffe angewiesen. Fraunhofer schafft dazu eine Plattform: Der Materials Data Space stellt unternehmensübergreifend digitale Daten zu Materialien und Werkstoffen entlang der gesamten Wertschöpfungskette bereit. Durch die Vernetzung werden kürzere Entwicklungszeiten, lernende Fertigungsverfahren und neue Geschäftsmodelle möglich, zudem ergeben sich enorme Potenziale für Materialeffizienz, Produktionseffizienz und Recycling. Der Fraunhofer-Verbund *Materials* hat ein entsprechendes Konzept vor kurzem vorgestellt.**

Neue Werkstoffe sind der entscheidende Treiber bei der Entwicklung von innovativen Produkten im verarbeitenden Gewerbe. Schätzungen zufolge basieren schon heute bis zu 70 Prozent aller neuen Erzeugnisse auf neuen Werkstoffen. Für Industrie 4.0, die enge Verzahnung der Produktion mit der modernen Informations- und Kommunikationstechnik, wird die Bedeutung der Werkstoffe noch steigen. Sie sollen maßgeschneiderte Produkte nach individuellen Kundenwünschen möglich machen, kostengünstig, mit hoher Qualität und bei kurzen Innovationszyklen.

Um dafür die Grundlagen zu schaffen, hat der Fraunhofer-Verbund *Materials*, der die Kompetenzen von 15 materialwissenschaftlich orientierten Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft bündelt, das Konzept des Materials Data Space entwickelt. Wie Prof. Dr. Peter Elsner, Vorsitzender des Verbunds, die Initiative beschreibt, stellt der Materials Data Space alle relevanten Informationen zu den Werkstoffen und Bauteilen digitalisiert in einer leistungsfähigen und unternehmensübergreifenden Plattform zur Verfügung. Damit soll e-Entwicklern und Ingenieuren ermöglicht werden, die eingesetzten Werkstoffe in den jeweiligen Entwicklungsschritten als variable Systeme mit einstellbaren Eigenschaften zu begreifen und zu nutzen. Am Ende der Entwicklung könnte ein virtueller Raum stehen, in dem sich Werkstücke und Produkte autonom bewegen, das heißt in Wechselwirkung mit den Herstellungs- und Bearbeitungsmaschinen und -anlagen stehen und ihren eigenen Gestehungsprozess steuern.

Grundlage für Industrie 4.0 ist eine Digitalisierung der Materialforschung; dazu hat Fraunhofer den Materials Data Space konzipiert Bild: Fraunhofer

Fraunhofer stellt auf Basis des Industrial Data Space eine weitere zentrale Säule für eine erfolgreiche Industrie 4.0 bereit. Nach Ansicht von Prof. Dr. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, wird im Industrial Data Space ein sicherer Datenraum für Wertschöpfungsnetzwerke geschaffen und mit dem Materials Data Space die Material- und Werkstoffdaten der an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen hinzugefügt. Die Entwicklung von neuen Materialien, die fit für Industrie 4.0 sind, wäre ein entscheidender Wettbewerbsvorteil für die deutsche Industrie. Denn der Materialkostenanteil liegt im verarbeitenden Gewerbe zwischen 35 Prozent und 55 Prozent des Bruttoproduktionswerts und damit deutlich höher als beispielsweise der Energiekostenanteil.

Daten zu einem Werkstoff beziehungsweise zu einem Bauteil stehen im Materials Data Space durchgängig über den gesamten Lebenszyklus zur Verfügung, vom Materialentwickler über den Werkstoff-, Halbzeug- und Bauteilhersteller bis hin zum Endnutzer und zum strategischen Recycling. An jedem Schritt des Prozesses werden in Echtzeit die dynamischen Materialeigenschaften erfasst und in den Materials Data Space eingespeist. Durch die Vernetzung können sich selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke etablieren, die sich nach unterschiedlichen Kriterien, wie Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch, optimieren lassen. Informationstechnisches Fundament des Materials Data Space sind Datendienste, die derzeit im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts zum Industrial Data Space entwickelt und pilotiert werden.

Die Werkstoffe können nach Aussage des Projektkoordinators Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn zu jedem Zeitpunkt ihre Eigenschaften mitteilen. Diese Informationen stehen im Materials Data Space zur Verfügung und helfen beispielsweise, den

Fraunhofer-Präsident Reimund Neugebauer, Bundesministerin Johanna Wanka, IMWS-Institutsleiter Ralf Wehrspohn und Michael Totzeck von Zeiss (v. li.) bei der Präsentation des Materials Data Space auf der diesjährigen Hannover Messe Bild: Fraunhofer

Materialverbrauch zu senken, die Entwicklung neuer Werkstoffe zu beschleunigen, den Herstellungsprozess zu optimieren, Lebensdauer und Zuverlässigkeit zu steigern oder zu erkennen, bei welchen Produkten sich das Recycling lohnt, so die Idee der Arbeitsgruppe. Weitere Informationen zu den Materialien und Werkstoffen betreffen beispielsweise die mögliche Belastbarkeit bis zum Auftreten von Ermüdungserscheinungen oder die Einsparpotenziale infolge von Werkstoffänderungen mit geringeren Verarbeitungskosten.

Entscheidend dafür, die Werkstoffe selbst Industrie-4.0-fähig zu machen, ist die Kenntnis ihrer Mikrostruktur. Ziel der Forscher ist es, sie in digitale Materialmodelle umzusetzen, welche zu Startpunkten für durchgängige Prozesskettensimulationen werden. Der Materials Data Space ist ein Baukasten, aus dem die Experten für Material- und Werkstoffinnovationen oder -optimierungen neue Module entnehmen oder neu verknüpfen können. Zugleich wird er mit seinem Datenbestand zum *Gedächtnis* des Werkstoffs.

Neben den Angaben zur Mikrostruktur fließen in den Materials Data Space auch die Informationen von Werkstoffen und Bauteilen ein, die mit sensorischen Eigenschaften versehen sind. Sie können ihren aktuellen Zustand selbst erfassen, etwa zum Abnutzungszustand. Diese Daten geben die Werkstoffe eigenständig an Herstellungs-, Bearbeitungs- und Montagemaschinen weiter, die dann darauf reagieren können.

Zugleich berücksichtigt die Plattform Daten von adaptiven Bauteilen, die sich aufgrund der eigenermittelten oder der vom Gesamtsystem signalisierten Belastungssituation anpassen. So entstehen lernende Fertigungsverfahren, in denen die Prozesse stets optimal auf die Eigenschaften der jeweils eingesetzten Materialien zugeschnitten sind. Nicht zuletzt können die Daten selbst zur Grundlage von neuen Geschäftsmodellen werden.

Viele deutsche Unternehmen, darunter auch Mittelständler, haben deshalb bereits Interesse an Use-Cases zum Aufbau und zur Nutzung des Materials Data Space signalisiert. Gemeinsam mit Industriepartnern sollen zunächst drei Pilotprojekte im Bereich der Automobilindustrie umgesetzt werden. Konkret geht es dort um Metalle, Faserverbundwerkstoffe sowie Funktionsmaterialien und deren Recycling.

Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – *Materials* bündelt die Kompetenzen der 15 materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Materialforschung bei Fraunhofer umfasst die gesamte Wertschöpfungskette, von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Herstelltechnologie im industrienahen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen. Mit Schwerpunkt setzt der Verbund sein Know-how in den volkswirtschaftlich bedeutenden Handlungsfeldern Energie, Gesundheit, Mobilität, Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Bauen und Wohnen ein, um über maßgeschneiderte Werkstoff- und Bauteilentwicklungen Systeminnovationen zu realisieren. Materials ist der größte Verbund innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft mit über 2500 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und einem Jahresbudget von über 500 Millionen Euro.

➲ **www.materials.fraunhofer.de**

# Dymax erweitert Präsenz in Europa – Neuer Standort in Cork, Irland

Dymax, Spezialist für Komplettlösungen rund um lichthärtende Materialien, hat im Mai seine neue Niederlassung in Cork, Irland, eröffnet und damit seine Präsenz auf dem wichtigen europäischen Markt weiter ausgebaut. Die weltweit tätige Dymax Corporation mit Hauptsitz in Torrington, USA, stellt Klebstoffe, Beschichtungen und Dichtungsmaterialien her, die sich mit Licht aushärten lassen. Außerdem bietet das Unternehmen Dosiersysteme sowie UV- und LED-Lampen zum Aushärten an und positioniert sich so als kompetenter Anbieter in diesem Umfeld.

Mit der neuen Niederlassung in Irland hat Dymax jetzt neben der Europazentrale in Wiesbaden ein weiteres Standbein in Europa. Seit über 30 Jahren entwickelt das Unternehmen innovative Lösungen für industrielle Anwendungen in den Bereichen Medizintechnik, Elektronik- und Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Solarenergie, Telekommunikation, Haushaltsgeräte und Glasindustrie.

In der Niederlassung Cork stehen Räumlichkeiten zur Verfügung, in denen Kundenprojekte umfassend betreut werden. Gerade die Möglichkeit, vor Ort mit den Bauteilen des Kunden zu arbeiten, hat für beide Seiten große Vorteile: Es kann die für die spezifische Anwendung optimal geeignete Lösung ausgewählt und der Kunde noch umfassender beraten werden. Alle Interessenten sind eingeladen, die neue Niederlassung in Cork zu besuchen und ihre spezifischen Anforderungen mit den Spezialisten von Dymax zu diskutieren.

Die Dymax Corporation wurde im Januar 1980 als *American Chemical and Engineering Company* gegründet. Der nach ISO 9001:2008 zertifizierte Klebstoffhersteller beschäftigt weltweit über 250 Mitarbeiter.

**Dymax Europe GmbH**
**Kasteler Straße 45, D-65203 Wiesbaden**

➲ **www.dymax.com**

# CoHMed – Connected Health in Medical Mountains

## Hochschule Furtwangen gewinnt Förderwettbewerb – Kooperatives Innovations- und Partnerschaftskonzept von Unternehmen und HFU setzt Meilenstein für Technologietransfer

Die Hochschule Furtwangen (HFU) erhielt im Rahmen des bundesweiten Forschungsprogrammes *FH-Impuls* (Starke Fachhochschulen – Impuls für die Region) den Zuschlag zur Förderung vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Die Summe umfasst insgesamt 100 Millionen Euro für zehn Anträge für eine Förderdauer von acht Jahren.

Mit *FH-Impuls* fördert das BMBF das Innovationspotential von Fachhochschulen und deren Zusammenarbeit mit dem regionalen unternehmerischen Mittelstand. Über 80 Bewerbungen gingen in dem Förderprogramm ein. Nur zehn Anträge erhielten den Zuschlag – so auch der Antrag *CoHMed* der Hochschule Furtwangen mit dem Schwerpunkt *Medizintechnik*. Den Antrag erarbeitete das Institut für Angewandte Forschung (IAF) der HFU gemeinsam mit zahlreichen Unternehmen der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg, den Unternehmen des Hochschulcampus Tuttlingen Fördervereins sowie den Clusterinitiativen Technology-Mountains und MedicalMountains als Innovations- und Partnerschaftskonzept. Mit dem Antrag CoHMed und dem in Tuttlingen entstehenden Innovations- und Forschungszentrum IFC wurden nach Aussage von Prorektor und IAF-Leiter Prof. Dr. Ulrich Mescheder nun zwei weitere wichtige Bausteine zur Verbesserung des Technologietransfers in der Region geschaffen.

CoHMed (Connected Health in Medical Mountains – eine Innovations- und Transferpartnerschaft der Hochschule Furtwangen) umfasst Forschungsthemen und Projektarbeiten, die sich mit der Miniaturisierung, Digitalisierung und Biologisierung von medizintechnischen Anwendungen beschäftigen. Mit den Projektarbeiten soll im Januar 2017 begonnen werden. Der Realisierungszeitraum ist zunächst auf vier Jahre und eine Summe von rund fünf Millionen Euro festgelegt.

Teilnehmer des Arbeitstreffens zur Antragsstellung

Das BMBF sieht Fachhochschulen als wichtige Impulsgeber für die wirtschaftliche Entwicklung in ihrer Region. Sie bilden Fachkräfte praxisnah am unternehmerischen Bedarf aus und sind gleichzeitig leistungsstarke Forschungspartner für die Wirtschaft; sie tragen so wesentlich dazu bei, Ideen schneller in innovative Produkte und Dienstleistungen zu überführen, wie Bundesforschungsministerin Johanna Wanka erklärt. Unternehmen wie auch die Hochschule Furtwangen bauen mit ihrem Antrag ihre Zusammenarbeit weiter aus und fördern damit eine positive Entwicklung des Wirtschaftstandorts der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg.

Susanne Kunschert, Juryvorsitzende und geschäftsführende Gesellschafterin der Pilz GmbH, führt weiter aus, dass viele Mittelständler nicht über genügend eigene Forschungskapazitäten verfügen, um ihr Innovationspotenzial auszuschöpfen. Durch die Zusammenarbeit mit forschungsstarken Fachhochschulen erhalten Unternehmen Zugang zu neuesten Technologien und hervorragend und praxisnah qualifizierten Fachkräften. Außerdem profitieren sie vom gegenseitigen Wissensaustausch und der Kompetenz der Fachhochschulen, Forschungsfragen anwendungsnah und bedarfsorientiert zu lösen.

Dr. Harald Stallforth, Vorstandsvorsitzender des Technologieverbunds Technology-Mountains e. V., war von Beginn an in die Antragstellung und Konzeptentwicklung einbezogen. Durch die Bundesförderung sieht er die Innovationskraft des regionalen Mittelstands gestärkt: Wie er betont, unterstützt das Unternehmen den Antrag CoHMed – Connected Health in Medical Mountains – der Hochschule Furtwangen nachdrücklich. In dem Ansatz und in der Partnerschaft wird eine Verstärkung des Innovationsprozesses in der Region und insbesondere bei den Mitgliedsunternehmen gesehen.

**Kontakt**

Partnerschaftssprecher CoHMed
Prof. Dr. Knut Möller; E-Mail: knut.moeller@hs-furtwangen.de
Prorektor für Forschung und Entwicklung, Technologietransfer, Prof. Dr. Ulrich Mescheder
E-Mail: ulrich.mescheder@hs-furtwangen.de

➲ **www.hs-furtwangen.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!*

# Novel Multipurpose Coatings (MpC) for Universal Use – about PVD and PACVD Excellence Coatings, Something Everyone Needs!

By Dr.-Ing. Georg Erkens, Düren

**Developments in recent years have shown that improving the properties of machining tools by application of suitable coatings is at its best when the tool geometry is most exactly matched to the task in hand. Key factors can include for example surface roughness and surface microstructure, especially in terms of the micro-geometry at cutting edges. Thanks to development of high-performance coatings, interface properties can be optimised in order to cope with demanding conditions such as elevated temperatures and friction with high wear. Thanks to this, machining operations can be accelerated with higher cutting rates, increased productivity and improved product quality.**

**Neuartige Mehrzweckschichten für den universellen Einsatz – PVD- und PACVD-Excellence Schichten für jeden Einsatz!**

**Entwicklungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass die Verbesserung der Eigenschaften von Werkzeugen durch das Aufbringen von Schichten dann besonders hoch ist, wenn die Werkzeuggeometrie einer genaueren Betrachtung und Anpassung unterzogen wird. Dies betrifft beispielsweise die Oberflächenrauheit und -mikrostruktur, aber insbesondere die Gestaltung beispielsweise der Mikrogeometrie von Schneiden, Schneidecken, Schneid- oder Ziehkanten. In Kombination mit innovativen Hochleistungsschichten können dann die Grenzflächeneigenschaften optimierend auf die auftretenden Belastungen wie hohe Temperatur und Reibung und hoher Verschleiß angepasst werden. Daraus ergeben sich beispielsweise in der Zerspanung höhere Zeitspanvolumina, höhere Produktivität und verbesserte Bauteilqualitäten.**

Yesterday coatings were often used for material refurbishment, today and tomorrow application tailored material and surface design will approach to higher performance levels. In the interplay between wear resistance and toughness the increasing demands on the surfaces have shown material developments their limits. At this point it became evident that an additional element had to force the breakthrough, the so-called hard coatings.

Excellence Coatings are essential for operating modern precision tools and components at their process-performance limits. The coating alone is only part of the success story, however. By tailored micro-structuring e. g. of a cutting edge, existing solutions can be lifted to a higher level of performance. We are just at the beginning of a paradigm shift, away from the pure material refurbishment by coating to the application and coating applicable compound design.

**Theses 1**

*We synthesize layers which nobody badly wants, but everyone necessarily needs*, Dr. Georg Erkens, CEO Surcoatec Deutschland GmbH, stated. *Definitely, that is not a homerun but from a service perspective not a bad situation at all. It includes some amount of conviction, high effort in bridging knowledge gaps and overcoming obstacles and hurdles and it requires high flexibility within the triangle end-user, manufacturer and coating service provider as well. At the end of the day this is all about productivity and performance increase as well as reduction of the loss factors friction and wear in an industrial environment*.

Thin films synthesized with PACVD and PVD are used and requested for different reasons in various areas of the industry, for instance in the pharmaceutical and chemical industries, in general engineering, in the energy sector, in the food industry for production, processing or packaging, in the automotive industry and for racing, as well as in many areas where high precision tools are produced and used.

PVD (Physical Vapour Deposition) and PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition) techniques are widely used for the deposition of a large number of compound and metallic coatings with specified mechanical, electrical and optical properties. In general, these techniques allow some control over the phase and atomic composition of the coating. In [4] the different processes are represented in a nice aggregated manner. More technical details are summarized in the annex.

In all the different industry sectors coatings improve productivity and efficiency by saving energy, and provide safety, durability, reliability and performance. All this is achieved by the targeted setting of the interfacial properties, meaning the properties of surfaces which are in contact with the respective environment. These properties are tailored in terms of their mechanical, physical, chemical, tribological, optical or haptic characteristics. But why does one need coatings for this purpose?

During the technical configuration of a component or tool the designer decides for a material that meets particular requirements as far as manufacturing, stability, stiffness and cost are concerned but the actual surface can´t tolerate the occurring loads and the severe wear. As a rule this is the time when the design engineer starts to think about a coating.

The approach to combining outstanding wear resistance and high toughness has been the key for the success story of all innovative hard coatings. The development of hard coatings was closely linked to the development of cemented carbides. Until the 1950s intensive work had been going into the development of so called *sandwich carbides* with the objective to get a hard and wear resistant surface with a graded transition to a tough core. During that time the achievements have had little success and have resulted in a compromise to get close to the objective namely the laminate of a carbide body and a coating. First

products were launched in the 1960s. That was the breakthrough of hard coatings. CVD coatings came first followed by PVD coatings later on [1].

The necessity for using thin films can be summarized as follows: *Modern surface technology especially the thin film technology represents the same for engineering as the semiconductor technology for the IT sector. It is essential*, Georg Erkens comments. *To operate components and precision tools at their limits laminates from base material and innovative thin films are of vital importance. The material engineer would have loved a solid state body which combines all the requested properties in itself. But in most cases that is not possible and if so most probably it won´t be affordable. This brings us to the second theses*.

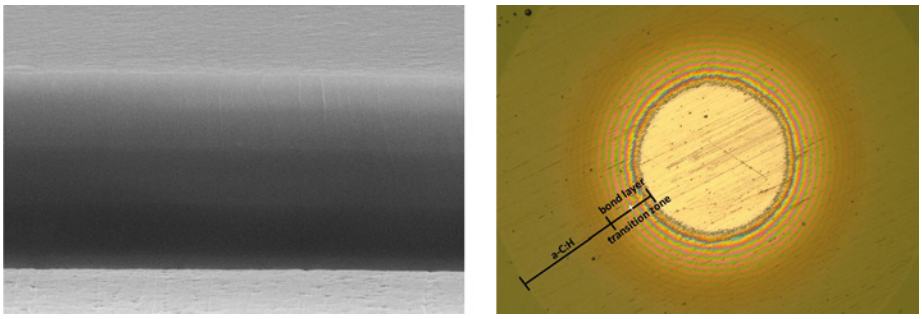



Fig. 1: DC99® DLC layer: dense, compact and amorphous with a smooth as deposited coating surface. To achieve such a morphology and thus the corresponding properties a surface finish Ra < 0.1 µm of the to be coated component is demanded; the ball crater (right hand image) illustrates the coating design of the DC99® DLC layer

Fig. 2: DC99® and STech® coated parts for the food industry; request: non-stick, reduced wear and friction, food-save (left) and DC99® DLC layer on a valve for the chemical industry; demand: anti-fouling properties, low friction coefficient and wear protection (right)

**Theses 2**

Material refurbishment was yesterday. Todays and tomorrows focus will be the application tailored material and surface design, more precisely, the application and coating deposition oriented to design and surface structuring. What does it mean in detail?

The idea to design a coated component from the outset has not been enforcing yet. Most design engineers develop tools and components down to the last details and most specific for a certain application. Later on they often have to notice that it is not working and behaving as intended. To use a different material or to redesign the part is often difficult with respect to machinability and cost. This is the point where in many cases only one technical lifeline exists. The approach to a supposed solution often is, *well, then let´s make a coating*.

As most components are not designed to this purpose, service provider are often facing new challenges. Parts have to be completely coated what generally is not possible in one cycle, complex masks are requested to protect areas against coating, undercuts should be coated which is not possible in most cases due to process characteristics, the surface roughness is too high or the material is temperature sensitive so the coating of best choice for the application can´t be applied as process temperatures exceed the limits given by the material, etc.

One of the most important issues that should be taken into consideration during the design phase right from the beginning are the changes of the overall surface properties a thin film induces, for instance the modified heat balance in the contact zone. Only this effect could make slight changes in the geometry necessary to lift the performance of the coated component or tool to full potential. Just a coating usually does not meet the demands. To get the best out of it a holistic lean approach is essential. One option could be that design engineers dig deeper into the thin film technology or they involve thin film experts already during the early design phases. Currently designers still try to refurbish components and materials with a lot of effort by means of coatings.

Various different coating types come into play here, such as PACVD DLC (Diamond Like Carbon) and silicon based layers from the DC99® and STech® series that are applied onto components mostly made of temperature sensitive materials to reduce friction and wear.

PSE 2016
15th International Conference on Plasma Surface Engineering
www.pse-conferences.net/pse2016
September 12 -16, 2016
Garmisch-Partenkirchen, Germany
International Conference
Accompanying Exhibition
Industrial Workshop
Tutorials

**Continuing at womag-online.de**

Subscriber get whole paper at womag-online.de. The author explicate in detail the need of planing the process of manufacturing a tool, beginning at selection of base materials, manufacturing techniques until the kind of pvd finishing. Important are furtheron the geometry details of tools. The result is a great benefit in use of tools.
Total numbers of pages are about 7,5 with 7 figures.

# Thermisch gespritzte Korrosionsschutzschichten, eine Ergänzung zur Feuerverzinkung!

Von K. Bobzin, M. Öte, C. Schulz und M. A. Knoch, Institut für Oberflächentechnik/RWTH Aachen University

**Vor allem bei großen Stahlbauten ist ein nachhaltiger und ressourcenschonender Korrosionsschutz gefordert, insbesondere dann, wenn diese einer starken korrosiven Belastung ausgesetzt sind, beispielsweise in maritimer Umgebung oder durch Industrieatmosphäre. Der kathodische Korrosionsschutz durch Zinküberzüge hat sich dabei als besonders wirksam erwiesen. Das Verzinken von Stahlbauteilen erfolgt häufig durch Feuerverzinken. Ein weiteres Verfahren zur Applikation von Zinküberzügen ist das Thermische Spritzen. Im Gegensatz zum Feuerverzinken gibt es für die Bauteile beim thermischen Spritzen keine Einschränkungen bezüglich der maximalen Bauteilgröße und des Substratwerkstoffs. Weitere Vorteile dieses Verfahrens sind der geringe Temperatureintrag in das Substrat, die Variabilität des Verfahrens und die sofortige Eignung der Oberfläche für folgende organische Beschichtungen. Die Eigenschaften der Beschichtungen lassen sich durch die unterschiedlichen Spritztechnologien und Spritzparameter sowie die Verwendung verschiedener Zusammensetzungen der Schicht optimieren. Vor allem Legierungen auf Zinkbasis mit Aluminium und Magnesium zeigen sehr gute Ergebnisse, die zum Teil mit zusätzlichen organischen Deckschichten weitere Vorteile aufweisen.**

**Thermally Sprayed Corrosion Protection Coatings, a Complement to Hot-Dip Galvanization!**

**Especially in the case of large steelwork constructions, a sustainable and economically attractive corrosion protection coating is called for, not least when such structures are exposed to strongly corrosive environments such as in maritime service or in the areas of industrial pollution. Cathodic protection afforded by zinc coatings has long been recognised as one meeting such criteria. Such zinc coatings are often applied using hot-dip galvanising. An alternative procedure is thermal spraying. In contrast to hot-dip galvanising, the latter process places no constraints on the physical size of the object to be coated. Further advantages include avoiding the high temperatures to which the entire structure is subject in hot-dip processing, a degree of flexibility and the fact that such coatings are able immediately to receive subsequent organic coating. Coating properties can be optimised for a particular service, thanks to a range of available spraying technologies and spraying parameters while the composition of the sprayed material itself can be modified, using alloying elements. In particular, zinc-based alloys with magnesium or aluminium show excellent behaviour, not least when used in conjunction with subsequently applied organic coatings.**

## 1 Einleitung

Korrosion beschreibt die Reaktion eines metallischen Werkstoffs mit seiner Umgebung. Diese muss dabei eine Veränderung des Werkstoffs hervorrufen [1]. Die Ursache dieser Reaktion ist das Bestreben des Metalls einen energetisch günstigeren Zustand einzunehmen. Im Falle von Eisen beziehungsweise Stahl können die Korrosionsprodukte chemisch den natürlich vorkommenden Eisenerzen entsprechen. Werden Stahlbauteile nicht oder unzureichend vor Korrosion geschützt, können Korrosionsschäden auftreten. Ein Beispiel hierfür ist der Einsturz der Silver Bridge in Ohio am 15. Dezember 1967 mit 46 Todesopfern. Korrosion und Materialermüdung führten zu einem Spaltbruch an einem geringfügigen Gefügefehler.

Neben einem energetisch ungünstigen Zustand, erfordert die Korrosion von Metallen die Interaktion des Metalls mit seiner Umgebung. Die wichtigsten Einflussfaktoren sind hierbei die Anwesenheit eines Elektrolyten und dessen Eigenschaften, wie beispielsweise Ionengehalt und -leitfähigkeit oder pH-Wert sowie Temperatur und Druck. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die wechselseitige Beeinflussung zwischen Umgebung, Elektrolyt und Stahlbauteil zu beachten. Wasser kann beispielsweise durch Interaktion mit Beton und Kohlenstoffdioxid ($CO_2$) eine Absenkung des pH-Werts erfahren. Infolgedessen wird die korrosive Belastung der Bewehrungselemente gesteigert. Diese Bewehrungskorrosion ist für 60 % der Schäden an Stahlbetonbauten verantwortlich [2]. Wasser unterschiedlicher Reinheitsgrade, zum Beispiel Abwasser in der Kanalisation, Meerwasser oder Regenwasser, ist wahrscheinlich der am weitesten verbreitete Elektrolyt. Neben elektrochemischer Korrosion können auch chemische, beispielsweise in heißen Gasen, und metall-physikalische, zum Beispiel in Metallschmelzen, Korrosionserscheinungen auftreten. Diese Korrosionsarten werden im Folgenden nicht näher betrachtet.

Um Schäden zu vermeiden, werden unter anderem verschiedene Beschichtungen zum aktiven und passiven Korrosionsschutz eingesetzt. Beim passiven Korrosionsschutz bildet die Beschichtung eine physikalische Barriere zwischen Substrat und Umgebung und verhindert somit die erforderlichen Wechselwirkungen mit dem umgebenden Medium. Diese Schutzschichten sind so lange wirksam, wie sie die vollständige Isolierung des Substrats gewährleisten. Treten jedoch, aufgrund von Degradation oder mechanischer Beschädigung, Fehlstellen in der Beschichtung auf, so können diese Beschichtungen das darunter liegende Bauteil nicht mehr schützen.

Beim aktiven Korrosionsschutz wird dagegen gezielt in den Korrosionsprozess eingegriffen, um diesen an die Anforderungen anzupassen. Dabei kann beispielsweise das Bauteil durch eine Opferanode, mit oder

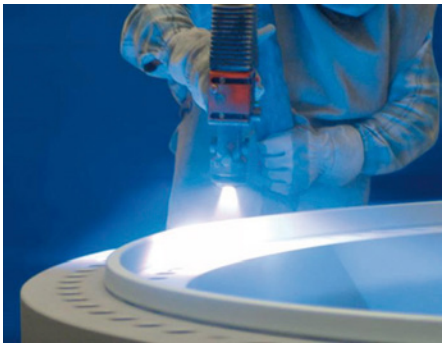


Abb. 1: Manuelles Lichtbogendrahtspritzen
Quelle: Grillo Werke AG

ohne Fremdstrom, kathodisch polarisiert werden. Der Vorteil dieser Strategie liegt darin, dass im Allgemeinen das Substrat auch bei kleinen Beschädigungen weiter geschützt wird. In *Abbildung 1* ist das Thermische Spritzen beispielhaft dargestellt.

Eine wichtige Einflussgröße auf das Korrosionsverhalten ist die Morphologie der metallischen Schicht. Liegt ein poröses Material vor, so kann der Elektrolyt in das Innere vordringen und die Korrosion ist nicht auf die Oberfläche beschränkt. Sind keine Defekte vorhanden, muss der Elektrolyt zunächst die gesamte Beschichtung durchdringen, bevor das Substrat angegriffen werden kann.

*Abbildung 2* zeigt eine ZnAl15-Beschichtung auf S355J2+N nach 500 Stunden im neutralen Salzsprühnebeltest. Es ist deutlich zu erkennen, dass der lamellare Schichtaufbau Poren sowie Oxide enthält. In diesem Zusammenhang ist neben der Morphologie auch die Phasenzusammensetzung entscheidend. Zwischen zwei unterschiedlichen Phasen, beispielsweise in einem eutektischen Gefüge, kann sich ein lokales galvanisches Element bilden. Dieses hat die bevorzugte Auflösung einer Phase zur Folge.

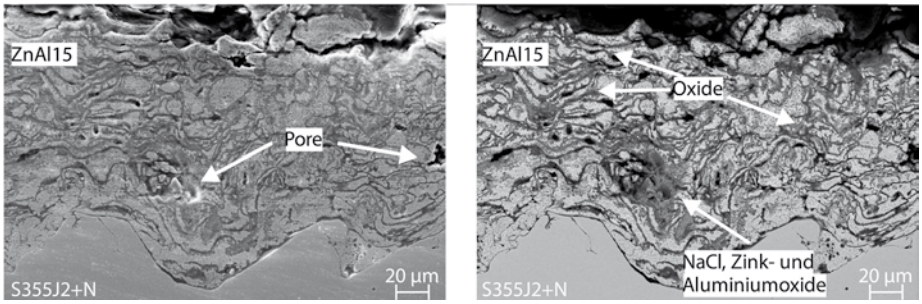



Abb. 2: ZnAl15-Beschichtung nach 500 Stunden Salzsprühnebeltest, wie sie in einer REM-Aufnahme mit verschiedenen Detektoren zu sehen ist; links als Topographie und rechts als Elementkontrast

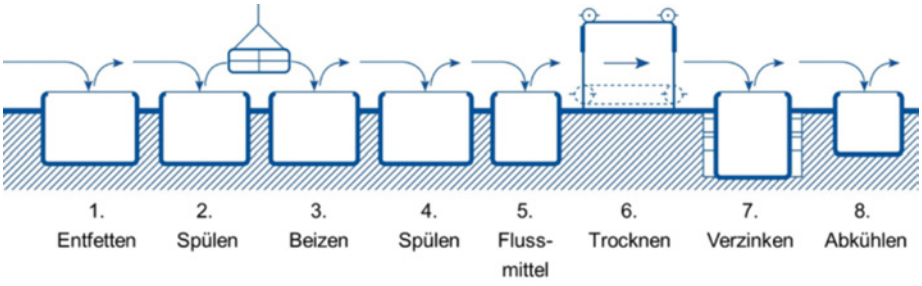



Abb. 3: Schematischer Ablauf der Stückverzinkung

## 2 Kathodischer Korrosionsschutz (KKS) durch Zink-Basis-Beschichtungen

Sind zwei Metalle mit unterschiedlichem Elektronenpotential elektrisch leitend und über einen Elektrolyten miteinander verbunden, so bildet sich eine galvanische Zelle. Das unedlere Metall, das heißt das Metall mit geringerem Elektronenpotential, stellt dabei die Anode dar und wird bevorzugt aufgelöst. Am edleren Metall laufen hingegen die kathodischen Teilreaktionen ab und dieses Metall wird somit kathodisch vor Korrosion geschützt. Solche Systeme werden beispielsweise zum Schutz von Bauten in maritimer Atmosphäre, großen Stahlkonstruktionen, Bewehrungsstählen und Schweißnähten eingesetzt.

Aufgrund ihres geringen Elektronenpotentials unter realen Bedingungen eignen sich Zink (Zn) und Zink-Basis-Legierungen als Opferanoden zum Schutz von Stahlbauteilen. Zudem bildet Zink in maritimer Atmosphäre, im Gegensatz zu Aluminium (Al), keine stabilen Passivschichten auf der Oberfläche aus und besitzt eine Fernschutzwirkung. Zink-Aluminium-Legierungen zeigen in Untersuchungen einen besseren Korrosionsschutz in maritimer Umgebung, als reines Zink oder Aluminium [3]. Neben dem Feuerverzinken und thermischen Spritzen können metallische Überzüge auch mittels Sherardisieren, galvanischer Abscheidung und mechanischem Plattieren appliziert werden. Diese Verfahren eignen sich jedoch nicht für sehr große Bauteile, wie beispielsweise Brücken, und werden daher im Weiteren nicht betrachtet.

### 2.1 Feuerverzinken

Beim Feuerverzinken wird das zu beschichtende Bauteil zunächst in einem mehrstufigen Reinigungsprozess vorbereitet. Im Anschluss erfolgt die Beschichtung in einer flüssigen Metallschmelze. Dabei wird zwischen diskontinuierlichem Stückverzinken und kontinuierlichem Band- oder Drahtverzinken unterschieden.

**19. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK) und Side-Event ELCH-Kurs**

**TU Chemnitz: Wissen schafft Zukunft**

Am 16. und 17. März 2017 veranstaltet das Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik (IWW) der Technischen Universität Chemnitz das 19. Werkstofftechnische Kolloquium. Die thematischen Schwerpunkte liegen auf der Werkstoff-, Oberflächen- und Fügetechnik. Wie bereits im Vorjahr, wird das Kolloquium durch ein Side-Event thematisch erweitert: der ELCH-Kurs *Elektrochemisches Beschichten* mit deutlicher Grundlagenorientierung spricht Praktiker und technisches Führungspersonal in gleicher Weise an. Englische Tagungsbeiträge können in Ergänzung zum gedruckten Tagungsband erneut via Open Access in der *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* veröffentlicht werden.

Nähere Informationen sowie die Anmeldung: http://www.wtk.tu-chemnitz.de/

Wie in jedem Jahr wird auch diesmal die Abendveranstaltung ein weiteres Highlight darstellen. Die Veranstalter freuen sich, Sie in Chemnitz willkommen zu heißen!

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

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im weiteren werden die Schichten in Bezug auf Zusammensetzung, Porosität und Korrosionsverhalten unter maritimen Umgebungsbedingungen bewertet und verglichen. Verbesserungsmöglichkeiten ergeben sich durch die Optimierung der Arbeitsparameter des Spritzprozesses, der daraufhin genauer betrachtet wird.
Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5,5 Seiten mit 10 Abbildungen.

# Thüringer Know-How für Tiroler Präzision – erfolgreicher Transfer in die Wirtschaft

**Vollautomatische Beschichtungsanlage zur plasmachemischen Oxidation (PCO®) von Leichtmetalllegierungen für den optischen Präzisionsgerätebau**

Schon fast selbstverständlich haben sich Magnesiumlegierungen im letzten Jahrzehnt einen festen Platz im optischen Gerätebau erobert. Sie werden vorwiegend im Druckguss hergestellt und für mechanische Bauteile zum Fassen von Optiken verwendet. Für diesen Einsatz bedürfen sie natürlich auch einer angepassten und funktionellen Oberflächenbehandlung, die den Anforderungen an metallische Bauteile in der Optik gerecht wird:

– sehr hohe Passgenauigkeit durch minimale Schichtdickenschwankungen
– sehr kleiner Reflexionskoeffizient in einem weiten Wellenlängenbereich
– homogenes Streulichtverhalten

**Innovent auf der PSE in Garmisch-Partenkirchen**

Die Innovent e. V. nimmt auf der diesjährigen Tagung PSE (12. bis 16. September) mit zwei Postern an der Posterausstellung teil:

– Plasma Electrolytic Oxidation with Alternating Current and Asymmetric Electrodes (Postersession am 12.9.16, Nr. 1055; Innovent gemeinsam mit aixcon PowerSystem GmbH)
– Antimicrobial coatings and coatings with high water repellency on beech veneer made by APCVD (Conference code, PO4017)

➲ www.innovent-jena.de

– gleichmäßiger Schichtaufbau, auch bei komplizierten Geometrien, sowie einstellbare Schichtdicken
– Serientauglichkeit des Beschichtungsverfahrens
– ausgezeichneter Korrosionsschutz

Wurden lange Zeit organische Beschichtungen (ETL, hoch pigmentierter Nasslack) für die Lösung dieser Aufgaben eingesetzt, so hat sich seit etwa acht Jahren mit dem Verfahren der plasmachemischen Oxidation (PCO®) ein elektrochemisches Verfahren zur Erzeugung von anorganischen Beschichtungen etabliert. Mit keinem anderen Verfahren können die genannten Anforderungen in der Gesamtheit zufriedenstellend gelöst werden.

Speziell für Aluminium- und Magnesiumlegierungen wurde eine hoch absorbierende Beschichtung auf Grundlage der Verfahrensprinzipien der plasmachemischen Oxidation in langjähriger Forschungsarbeit bei Innovent e. V. entwickelt und für den Einsatz im optischen Gerätebau qualifiziert. Es lag nahe, für die Errichtung eines Beschichtungsautomaten zur Beschichtung von Leichtmetalllegierungen (Magnesium- und Aluminiumlegierungen) beim österreichischen Optikhersteller Swarovski Optik AG die Kompetenzen von Innovent e. V. Jena mit den Erfahrungen des Anlagenherstellers A.S.T. GmbH aus Gehren/Thüringen zu nutzen.

Im Frühsommer erfolgte die feierliche Einweihung dieser Anlage unter Beisein aller daran beteiligten Kollegen in einem extra dafür neu errichteten Produktionsgebäude. Die Swarovski Optik AG fertigt optische Präzisionsgeräte, wie zum Beispiel Zielfernrohre und Ferngläser.

**Kontakt**

Jürgen Schmidt, Innovent e. V.

➲ js@innovent-jena.de

# Oxidkeramische Schichten für Leichtmetalle

## AHC Berlin: Kompetenzzentrum für plasmachemische Beschichtungen

**Das Werk Berlin der AHC Oberflächentechnik GmbH ist Spezialist für so genannte plasmachemische Verfahren, die unter dem Markennamen KEPLA-COAT® (für Aluminium und Titan) beziehungsweise MAGOXID-COAT® (für Magnesium) am Markt eingeführt sind. Diese Beschichtungsverfahren führen zu weißen, verschleiß- und korrosionsbeständigen oder auch zu schwarzen, stark Licht absorbierenden Oxidkeramikschichten.**

Für beide plasmachemische Verfahren verfügt die AHC in Berlin über eine industrielle Großanlage mit kompletter Vor- und Nachbehandlung. Die Anlage wird vollautomatisch prozessgesteuert und hat ein Elektrolytvolumen von 2,8 Kubikmeter. Es können Bauteile bis zwei Meter Länge in der Großserie oder als Einzelstücke beschichtet werden (*Abb. 1*). Eine neue, vollautomatische Anlage für MAGOXID-COAT® schwarz ist für die Serienproduktion, vor allem für die Automobilindustrie, geplant.

Abb. 1: Vollautomatische Großteilanlage zur plasmachemischen Beschichtung im AHC-Werk Berlin

Die Beschichtungsverfahren benötigen Salzlösungen als Elektrolyte und eine äußere Stromquelle. Das zu beschichtende Werkstück, das aus einer Aluminium-, Titan- oder Magnesiumlegierung besteht, wird dabei als Anode geschaltet. Die Oberfläche des Werkstücks wird über Plasmaentladungen im Elektrolyten in eine weitgehend kristalline Schicht umgewandelt, die aus Oxiden des entsprechenden Grundmaterials gebildet wird (*Abb. 2*). Die Schichten wachsen bei ihrer Entstehung teilweise in das Metall hinein und weisen dadurch eine sehr hohe Haftfestigkeit auf. Die Schichten zeigen eine hervorragende Dauerschwingfestigkeit. Die Festigkeit des Grundmaterials wird nicht oder nur gering beeinträchtigt. Die KEPLA-COAT®-Schicht ist kurzzeitig bis 2000 °C

Abb. 2: Die Plasmaentladungen im Elektrolyten zeigen sich durch ein kräftiges Leuchten

temperaturbelastbar, bei Titanwerkstoffen als Grundmaterial dauerhaft bis 700 °C.

Die Motivation für den Einsatz von Leichtmetallen ist natürlich, Gewicht einzusparen. Magnesiumlegierungen bieten zudem Vorteile im Gießprozess, indem sich feinere Strukturen erzeugen lassen. Die plasmachemischen Verfahren sorgen für verschleiß- und korrosionsfeste Oberflächen (weiße Varianten) beziehungsweise für UV-beständige und Licht absorbierende Schichten (schwarze Verfahren). Der Lichtabsorptionsgrad der schwarzen Oberflächen liegt über 95 Prozent.

KEPLA-COAT® weiß wird überwiegend für Maschinenbauteile eingesetzt; es eignet sich für Sonderanwendungen, überall

Abb. 3: Im Beratungsgespräch mit einem Kunden, hier am Beispiel eines Rotors für Turbomolekularpumpen, der mit KEPLA-COAT® weiß beschichtet wurde

dort wo andere Schichten etwa aufgrund mangelnder Dauerschwingfestigkeit versagen (*Abb. 3*). KEPLA-COAT® schwarz wird dort verwendet, wo eine sehr gute UV-Beständigkeit und eine hohe Lichtabsorption gefordert werden. Eine Spezialität des AHC-Werks in Berlin ist die einseitige Beschichtung von 50 Mikrometer dünnen Titanfolien mit KEPLA-COAT® schwarz und die anschließende Beklebung von Bauteilen mit diesen Folien. Mit MAGOXID-COAT® weiß werden Magnesiumbauteile

Abb. 4: Magnesiumbauteil vor (links) und nach der plasmachemischen Beschichtung

beschichtet, um sie vor Verschleiß und Korrosion zu schützen (Abb. 4), die auch nachträglich lackiert werden können (u. a. Felgen für Sportwagen, Fahrräder und Rollstühle). Die Ausführung in schwarz kommt zum Einsatz, wenn für Magnesiumbauteile eine sehr gute Lichtabsorption und eine hohe UV-Beständigkeit gefragt sind.

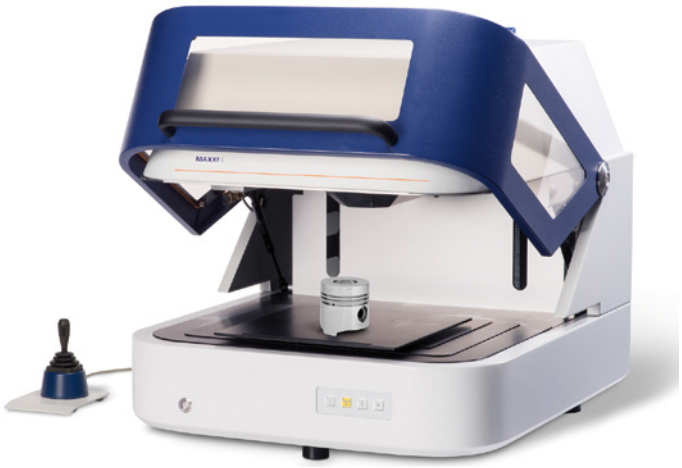
**AHC Oberflächentechnik GmbH**
**Coswiger Straße 16, D-12681 Berlin**

**www.ahc-surface.com**

# Der Prozess der stromlosen Vernicklung und seine Bedeutung in der Anwendung

Von Matt Kreiner und Joseph Zhu, Oxford Instruments

**Fortschritte in der Röntgenfluoreszenztechnologie ermöglichen die direkte Messung der Zusammensetzung von Nickelphosphorlegierungen, wie sie für die chemische Vernicklung verwendet werden. Dadurch wird die Prozesssicherheit der Beschichtungen, wie sie in zunehmendem Maße in wichtigen Industriebereichen wie der Automobil- und Luftfahrtindustrie zum Einsatz kommen, deutlich erhöht. Die Technologie eignet sich auch für die messtechnische Erfassung von Mehrfachschichten.**



Vermessung einer Nickel-Phosphor-Schicht auf einem Kolben mit dem maxxi6 von Oxford Instruments

Der Prozess der stromlosen (auch als chemisch oder autokatalytisch bezeichnet) Nickelabscheidung (Electroless Nickel, kurz: EN) ist ein modernes Beschichtungsverfahren, bei dem eine Nickel-Phosphor-Legierung auf einem Metall- oder Kunststoffsubstrat in einer kontrollierten chemischen Reaktion aufgebracht wird. Dieses Beschichtungsverfahren wird für bestimmte Anwendungen aufgrund der sich hieraus ergebenden Eigenschaften (z. B. gleichmäßige Schichtdicke), der Stabilität (hohe Härte und gute Korrosionsbeständigkeit) und des Glanzes der Beschichtung bevorzugt. Der autokatalytische Prozess der stromlosen Vernicklung ermöglicht es, die Schicht auf einer metallischen oder nichtmetallischen Oberfläche ohne Einsatz einer äußeren Stromversorgung herzustellen. Zu diesem Zweck wird das zu beschichtende Werkstück in eine wässrige Lösung mit gelöstem Metall und Zusatzstoffen wie Reduktionsmittel oder chemische Stabilisatoren eingetaucht. Das in der Lösung befindliche Reduktionsmittel, in der Regel Natriumhypophosphit, reduziert das gelöste Metall, wobei Wasserstoff frei wird. Das reduzierte Metall bildet die Metallschicht auf dem Werkstück. Als weiterer Bestandteil aus dem Reduktionsmittel steht Phosphor zur Verfügung, der ebenfalls in die sich bildende Metallschicht eingebaut wird und zur Entstehung einer Nickel-Phosphor-Legierung mit sehr vorteilhaften Materialeigenschaften führt.

Das Beschichtungsverfahren ermöglicht die zuverlässige Herstellung von Beschichtung in stets einheitlicher Stärke, durch die sich in einigen Fällen die mechanische Nachbearbeitung beispielsweise durch Schleifen nach der Beschichtung erübrigt. Weitere Vorteile sind der hochwertige Korrosionsschutz, günstiges Gleit- und Reibverhalten (beispielsweise durch Einbettung von zusätzlichen Schmierstoffen), Lötbarkeit und Verschleißfestigkeit. Aus diesem Grund wurde der chemische Vernicklungsprozess in der Automobil-, Luftfahrt- und Militärindustrie eingeführt, wie auch in der Leiterplattenindustrie, die auch den Bedarf an hochgradig zuverlässigen Elektronikartikeln in diesen Industrien bedient.

## Zusammensetzung und Eigenschaften von Nickel-Phosphor

Chemisch aufgebrachte Nickelbeschichtungen werden üblicherweise in drei Phosphorkonzentrationsbereiche mit spezifischen metallurgischen Eigenschaften eingeteilt:

– niedrig mit 2 % bis 5 % Phosphor
– mittel mit 6 % bis 9 % Phosphor
– hoch mit 10 % bis 13 % Phosphor

Beschichtungen mit niedrigem Phosphoranteil werden beispielsweise aufgrund ihrer einheitlichen Dicke inner- und außerhalb von komplexen Bauteilen geschätzt, da eine mechanische Nachbearbeitung entfallen kann. Beschichtungen mit hohem Phosphoranteil bieten optimale Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit für anspruchsvollere Anwendungsbereiche.

Durch die Einführung der stromlosen Vernicklung vor über 50 Jahren wurde es möglich, Werkstücke mit geringem Gewicht mit besseren Korrosionseigenschaften und höherer Lebensdauer herzustellen, durch die beispielsweise die Treibstoffeffizienz verbessert wird. Aus diesem Grund wurde diese Technologie schnell in der Automobil-, Luftfahrt- und Transportindustrie eingeführt. Darüber hinaus gilt sie aufgrund ihrer Fähigkeit, zahlreiche Konstruktionsanforderungen zu erfüllen bei gleichzeitig sehr geringer Umweltgefährdung, als eine Alternative zur Beschichtung mit Chrom. Richtlinien, die sich speziell auf Altfahrzeuge, die Regulierung gefährlicher Substanzen (Restriction of the Use of Hazardous Substances kurz: RoHS), die US-Umweltschutzbehörde (EPA) und die Occupational Safety and Health Administration (OSHA) beziehen, erhöhten die Bemühungen der Chemikalienhersteller, Alternativen zur Chromtechnologie zu erforschen. Dies gilt insbesondere, da bei Verwendung von Chrom im Fertigungsprozess die Umwelt- und Gesundheitsbedenken aufgrund der hohen Toxizität in den letzten Jahren stetig zugenommen haben. Heute gilt die stromlose Vernicklung als ausgezeichnete Alternative zur Verbesserung der Energieeffizienz, zur Erfüllung von Konstruktionsanforderungen und zur Reduktion von Sondermüll.

## Stromlos Nickel im Automobil- und Luftfahrbereich

In der heutigen Automobilindustrie sind Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten der stromlos abgeschiedenen Nickelschichten weitgehend akzeptiert, beispielsweise für Einzelteile in Getrieben, Lager, Einspritzsysteme, Aluminium-Kraftstofffilter,

Sollbruchbolzen und Entlüftungsventile. Ähnliches gilt für die Luftfahrtindustrie als Schutz von rotierenden Teilen und Wellen.

Ein signifikanter Vorteil des stromlos abgeschiedenen Nickels und der Grund für die große Bedeutung für die Luftfahrt- und Automobilindustrie liegt in der Eigenschaft, Beschichtungen in einheitlicher Dicke herzustellen, auch wenn das Werkstück komplexe Formen und Geometrien aufweist. Mit der Technologie wird sichergestellt, dass die Beschichtung auf scharfen Kanten, tiefen Einschnitten und Blindlöchern eine einheitliche Dicke aufweist, unter der Berücksichtigung, dass es gelegentlich zu Variationen der Beschichtung an Kanten, Gewinden, kleinen Bohrungen oder tiefen Einschnitten kommen kann. Schließlich ist die Tatsache, dass durch diese Beschichtungsmethode industrielle Schmierstoffe für Komponenten und Einzelteile entfallen oder stark reduziert werden können, ein weiterer Vorteil. Das Interesse an stromlos abgeschiedenem Nickel steigt daher weiter und das Verfahren wird fortlaufend in neuen Industrien wie in der Elektronik-, Chemie- und Erdöl-, Eisenbahn-, Druck-, Textil-, Holz- und Papierindustrie und in anderen Branchen eingesetzt.

### Stromlos Nickel in der Elektronik

Kombinationsschichten aus chemisch abgeschiedenem Nickel und chemisch abgeschiedenem Gold (ENIG) sowie aus chemisch Nickel, chemisch abgeschiedenem Palladium und chemisch abgeschiedenem Gold (ENEPIG) werden auf Leiterplatten verwendet, um Nickel gegen Oxidation zu schützen. Dieser Schutz ist erforderlich, um die Funktionsqualität für hochgradig zuverlässige Elektronik in der Automobil-, Luftfahrt- und Militärindustrie sicherzustellen. Die primäre Funktion von ENIG und ENEPIG besteht darin, eine lötfähige Oberfläche mit ausgeprägtem Verbundverhalten zu erzeugen. Dadurch kann bei derartigen Leiterplatten eine hohe Lebensdauer garantiert werden, die für alle Oberflächenmontagen und Through-Hole-Bestückungen geeignet ist.

### Qualitätssicherung durch Röntgenfluoreszenzanalyse

Die für viele Anwendungen erforderliche hohe Qualitätssicherung macht es notwendig, den Phosphorgehalt unter einer dünnen Goldschicht oder Mehrfachlagen aus Gold- und Palladiumschichten zu prüfen. Für Leiterplattenanwendungen ist es wünschenswert, die Analysen ohne die Zerstörung des Werkstücks durchzuführen.

### Ortsaufgelöste Röntgenfluoreszenzanalyse

Die Röntgenfluoreszenzanalyse ist eine Analysetechnik, bei der die Probe mit einem primären Röntgenstrahl mit ausreichend Energie bestrahlt wird, um Elektronen aus den innen Schalen eines Atoms zu entfernen. Dadurch entsteht eine instabile Elektronenlücke (Fehlstelle im energetischen Sinn). Ein Elektron aus einem höheren Energieniveau kann diese Lücke spontan füllen. Dadurch entsteht ein Energieverlust, was zum Beispiel zur Emission von sekundären Röntgenstrahlen, sogenannter Röntgenfluoreszenz führt. Diese Röntgenfluoreszenz weist eine diskrete Energie auf, die charakteristisch für jedes chemische Element und dessen spezifische Übergänge ist. Durch die Identifikation der Energie dieser Röntgenfluoreszenz ist eindeutig gekennzeichnet, welche Elemente in der Probe vorhanden sind. Die Intensität der jeweiligen Röntgenfluoreszenz kann ein geeignetes Analysegerät in die Menge (Schichtdicke und Zusammensetzung) jedes Elements, das in der Probe vorhanden ist, umrechnen.

Analysengeräte für Röntgenfluoreszenz (RFA) werden bereits seit vielen Jahren eingesetzt, um die Elementzusammensetzung und Schichtdicken zu ermitteln. Die Geräte werden zunehmend spezialisiert, um anspruchsvollere Analyseanforderungen zu erfüllen. µ-RFA-Geräte sind darauf ausgelegt, kleine Messflächen auf der Probe anzuregen, indem ein primärer Röntgenstrahl auf eine Mikrometerebene fokussiert wird.

Der Einsatz von diesen Geräten war in den Anfängen der Analysentechnik auf relativ wenige Anwendungen mit einer begrenzten Anzahl von Elementen oder Schichten, minimalen oder keinen spektralen Überlappungen beschränkt. So konnten nur Elemente mit einer höheren Ordnungszahl erkannt werden. Durch kontinuierliche Weiterentwicklung sind moderne Geräte in der Lage, komplexere Anwendungen mit einer höheren Anzahl an Elementen oder Legierungen beziehungsweise Schichten und einer breiteren Abdeckung des Periodensystems zu erfassen. Diese Art der Röntgenfluoreszenzanalyse ist eine ideale Testmethode, da sie eine zerstörungsfreie Messung der Dicke und Zusammensetzung gewährt und präzise, wiederholbare Analysen mit nur wenigen Sekunden Messdauer und ohne Einsatz von Chemikalien oder Spülgase erfordern.

Die RFA ist eine Methode, die von der American Society for Metals (ASM), der Association Connecting Electronic Industries (IPC), American Society for Non Destructive Testing (ASNT) und der Society of Manufacturing Engineers (SME) anerkannt wurde, um nur einige Beispiele zu nennen. RFA dient als ein Verfahren für Techniker und Ingenieure, die sich mit Vorgaben der Qualitätskontrolle beziehungsweise Qualitätssicherung befassen, um die Schichtdicke während einer Phase des Beschichtungsprozesses von der Eingangsinspektion bis hin zur letzten Qualitätsprüfung zu messen. Die Verwendung der RFA während des gesamten Beschichtungsprozesses weist große Vorteile auf, beispielsweise zur Kostenoptimierung oder der sicheren Einhaltung von Normen. Darüber hinaus bietet sie Unterstützung bei der Sicherstellung einer reibungslosen Funktionalität und Langlebigkeit der fertiggestellten Baugruppe oder des Produkts. Weiterhin kann die RFA Hersteller dabei unterstützen, einen teuren Rückruf von Komponenten und Produkten zu vermeiden und ein Unternehmen vor irreparablen Schäden angesichts von Produktversagen schützen.

### Zerstörungsfreie Echtzeitmessung mit RFA

Fortschritte in der µ-RFA-Technologie, zum Beispiel durch Hochleistungssilicon-Drift-Detektoren (SDD), machen es möglich, sowohl den Nickel- als auch den Phosphorgehalt direkt zu messen, sodass sowohl die Schichtdicke als auch die chemische Zusammensetzung simultan bestimmt werden. Um die größtmögliche Präzision bei der Vermessung von Nickel-Phosphor-Legierungen (NiP) mit µ-RFA zu gewährleisten, ist es erforderlich, eine Mikrosonden-Einheit zu nutzen, die eine geeignete Röhren-Detektor-Kombination und eine optimale Geometrie (minimaler Abstand zwischen Probe und Detektor) besitzt.

Damit ist die µ-RFA ein ideales Instrument zur kritischen Schichtdickenanalyse für die Qualitätskontrolle während des gesamten Prozesses der stromlosen Vernicklung. Die Technologie erlaubt auch präzise Messungen an Beschichtungen, wenn Nickel-Phosphor-Legierungen in unterschiedlichen Verhältnissen erzeugt werden sollen. Da die physikalischen und chemischen Eigenschaften der stromlos abgeschiedenen Nickelschicht entscheidend vom zugrunde

*Tab. 1: Verfahrensvergleich für die Analyse von Nickel-Phosphor*

| | *Nasschemische Analyse (z.B. ICP, OES)* | *herkömmliche energiedispersive RFA (EDXRF)* | *neue energiedispersive RFA (EDXRF) mit SSD + opt. Geometrie* |
|---|---|---|---|
| Zerstörungsfreie Analyse | nein | ja | ja |
| Probenvorbereitung | erforderlich | keine | keine |
| Direkte Bestimmung von Phosphor in % | ja | nein | ja |
| Wiederholgenauigkeit | gut [1] | gut | sehr gut |
| Schichtdicke und Zusammensetzung simultan | nein | nein | ja |
| Kosten | hoch [2] | gering | gering |

[1] Anfällig für Probenvorbereitungsfehler
[2] Aufgrund von Gas, Lösemitteln und Verbrauchsgütern

liegenden Phosphoranteil abhängen, ist es von großer Bedeutung, den korrekten Konzentrationsbereich für Phosphor über die gesamte Schicht einzuhalten.

Phosphor ist ein Element, dessen Röntgenfluoreszenz eine relativ niedrige Energie (K-alpha: 2,01 keV) aufweist. In Nickel-Phosphor-Schichten beträgt die Sättigungsdicke üblicherweise weniger als 2 µm. Daher wird nur das Nickelsignal mit höherer Energie (K-alpha: 7,47 keV) zum Ermitteln der Schichtdicke verwendet. Für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Schicht kann direkt auf die Röntgenfluoreszenzlinie von Phosphor zurückgegriffen werden. Die Ermittlung der chemischen Zusammensetzung der Nickel-Phosphor-Legierung basiert auf direkter Bestimmung der Phosphor-Röntgenfluoreszenzlinie (*Tab. 1*).

## Schlussfolgerung

Neue Entwicklungen in µ-RFA ermöglichen die Bestimmung von Schichtdicke und Zusammensetzung von stromlos abgeschiedenen Nickelschichten auf Automobil-, Luftfahrt- und Elektronikkomponenten. Die zerstörungsfrei arbeitenden Röntgenfluoreszenzmethoden zur Materialanalyse unterstützen das Qualitätsmanagement dabei, die chemischen Bedingungen des Prozesses und die Beschichtungen zu kontrollieren.

Die Integration von RFA in ein Qualitätssicherungsprogramm kann Unterstützung dabei bieten, die Produktionsprozesse während aller Phasen des Beschichtungsprozesses zu überwachen, die Effizienz zu steigern, Kosten zu senken und vor allem die Risiken eines Produktrückrufs zu minimieren. Die Messgeräte sind darauf ausgerichtet, die geltenden Spezifikationen einzuhalten; zu nennen sind insbesondere: AMS-2404, AMS-C-26074, ASTM B-733, ASTM B-656, IPC-4556, ASTM-B568 und MIL-DTL-32119. Die RFA-Messungen lassen sich gut in bestehende Anlagen integrieren und durch die hohe Messgeschwindigkeit und Präzision bei Wiederholungsmessungen auch im Dauerbetrieb einsetzen.

Angesichts der globalen Bedeutung der Regulierung von Blei und Chrom in den heutigen Herstellungsprozessen und mit dem Endziel, die potenzielle Gefährdung derartiger Stoffe für Mensch und Natur zu reduzieren, kann die Verwendung von RFA auch im Bereich des Recyclings unterstützen. Sie hilft, einwandfreie Entsorgung von Elektronik und Altfahrzeugen sicherzustellen, indem qualitative und quantitative Analysen über Inhaltsstoffe – von toxischen Bestandteilen wie Blei bis zu wertvollen Rohstoffen wie Gold – von elektronischen oder mechanischen Komponenten schnell und einfach erzielbar sind.

## Über Oxford Instruments

Oxford Instruments entwickelt, liefert und wartet Geräte und Systeme der Spitzentechnologie mit dem Schwerpunkt auf Forschung und Industrieanwendungen. Das Unternehmen liefert die notwendigen Lösungen für Fortschritte in der physikalischen Grundlagenforschung und ihre Übertragung in wirtschaftliche Anwendungen in der Nanotechnologie. Innovation ist seit mehr als 50 Jahren die treibende Kraft hinter dem Wachstum und dem Erfolg von Oxford Instruments. Die Strategie des Unternehmens ist es, eine erfolgreiche Vermarktung dieser Ideen zu bewirken, indem sie zeitnah und kundenorientiert auf den Markt gebracht werden.

➲ **www.oxford-instruments.com**

# Funktionsschichten für innovative Spritzgießwerkzeuge

## 24. NovoPlan-Workshop - Weiterbildung für Techniker und Kaufleute im Bereich der Kunststoffverarbeitung nach wie vor sehr gefragt

**Um einen fachbezogenen Erfahrungsaustausch zu ermöglichen, bietet NovoPlan, ein erfolgreiches und innovatives Unternehmen der Oberflächentechnik, jährlich im Frühjahr als festen Bestandteil seiner Aktivitäten einen Workshop an. Die praxisnahen Vorträge sind auf den Bedarf von Führungskräften, Entscheidern und Anwendern aus der Spritzgießtechnik, dem Werkzeugbau- und Formenbau und der Kunststoffverarbeitung zugeschnitten. Udo Daniels, der die Veranstaltung leitete, konnte mehr als 70 Teilnehmer zum diesjährigen Workshop begrüßen. Geboten wurden Fachinformationen zu den Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten der verschiedenen Beschichtungsarten auf Basis von chemisch abgeschiedenem Nickel. Besondere Vorteile bieten solche Oberflächen auf Spritzwerkzeugen für die Kunststoffverarbeitung als Verschleißschutz und Erhöhung der Gleitwirkung, aber auch zur Vermeidung von Kunststoffanhaftungen auf der Werkzeugoberfläche sowie Kalkablagerungen oder Algenbildung in Kühlkanälen von komplexen Werkzeugen. Ergänzt wurden die Inhalte des Workshops durch Grundlagen zu Beschichtungen, Kunststofftypen und wissenschaftlichen Untersuchungen zur mechanischen Bearbeitung von Nickeloberflächen.**

### Kunststofftechnik im Fokus

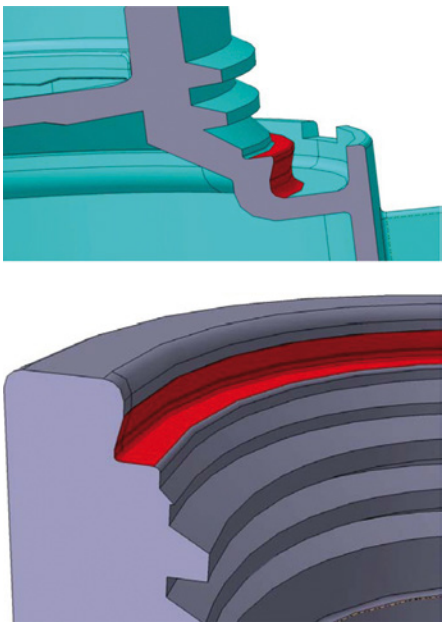
Eröffnet wurde die Reihe der Fachvorträge von Siegfried Kaiser mit einem Einblick in die Entwicklungen der Kunststofftechnik sowie deren Auswirkungen auf den Werkzeug- und Formenbau. Werkstoffe werden in zunehmendem Maße zur Integration von Funktionen, vor allem in Form von Sensoren oder elektronischen Displays oder Ein-/Ausgabeeinheiten, eingesetzt. Dabei entstehen unterschiedliche Arten von *Smart*-Geräten oder -Geräteteilen. Relativ weit gediehen ist die Entwicklung von Leichtbauteilen, zum Teil als Ersatz für konventionelle Metalle. Dazu gibt es Bestrebungen, Werkstoffe speziell für die jeweiligen Anforderungen zu designen. Ebenfalls in zunehmendem Maße wird auf biopolymere Werkstoffe zurückgegriffen; eine erhebliche Rolle bei den Überlegungen spielt das Recycling. Textilien werden daraufhin weiterentwickelt, dass elektronische Geräte in die Kleidung integriert werden. Für die Kunststofftechnik werden dadurch Entwicklungen zu mehr Funktionalität, höheren mechanischen Beständigkeiten oder einfacher Verarbeitung vorangetrieben. Denkbar ist beispielsweise das Lackieren im Spritzwerkzeug als nächste Entwicklungsstufe nach dem Folienhinterspritzen. OLEDs werden unter Umständen direkt in den Kunststoff eingebettet, indem sie in das Spritzwerkzeug eingebracht werden. Graphen findet aufgrund der hohen mechanischen Festigkeit und der guten Wärmeleitfähigkeit Verwendung.

Die Komplexität von Werkzeugen wird nach den Worten von Siegfried Kaiser durch all diese Forderungen und Entwicklungstrends steigen; sie werden flexibler gestaltet und ihre Funktionalität wird zunehmen. Gleichzeitig ist ein hoher Kosten-Nutzen-Effekt zu erzielen, bei sinkenden Fertigungszeiten. Um diese Forderung zu erfüllen, muss auch die Produktion verbessert werden: Notwendig dazu sind ein höherer Automatisierungsgrad, ein höherer Bedarf an Fachkräften oder eine steigende Flexibilität im Einsatz, beispielsweise im Hinblick auf die zu verarbeitenden Kunststoffe. Für die produzierenden Unternehmen bedeutet dies eine immer schnelle Änderung der Produktionsausrichtung mit neuen Produkten und neuen Verarbeitungsverfahren.

### PlanoTek-Schichttechnologie

Viktor Binder gab in seinem Vortrag einen Einblick in die Herstellung und Nutzung von Schichten für Spritzwerkzeuge. Beschichtet werden bei NovoPlan Teile bis zu zwei Tonnen Gewicht; die Kunden kommen aus Gesamteuropa. Das Unternehmen führt zahlreiche Entwicklungsprojekte mit Partnern zur Weiterentwicklung ihrer Beschichtungen durch.

Die von NovoPlan entwickelte Beschichtungstechnologie PlanoTek, ein stromloses Abscheidungsverfahren, liefert Funktionen, die einzeln oder als Kombination für jeden Anwendungsfall individuell eingesetzt werden. Die Funktionsschichten werden auf alle im Werkzeugbau üblichen Werkstoffe (Stahl, Aluminium- und Kupferlegierung, Sintermetalle, Werkstoffkombinationen) und Oberflächen aufgebracht. Das Hauptaugenmerk liegt auf dem Schutz gegen Verschleiß und Korrosion. Darüber hinaus erfüllen die Schichten Aufgaben einer gut gleitenden und gut entformbaren Oberfläche; sie bieten aber auch eine hohe Wärmebeständigkeit ohne Veränderung des Oberflächenzustandes. Schließlich besteht die Möglichkeit, Unterschreitungen von Werkzeugmaßen durch partielles Beschichten zu reparieren. Dadurch kann eine Neuherstellung von Werkzeugen in vielen Fällen vermieden werden. Um eine qualitativ hochwertige Beschichtung zu erzielen, sind allerdings genaue Kenntnisse über die jeweiligen Anforderungen des zu beschichtenden Bauteils erforderlich.

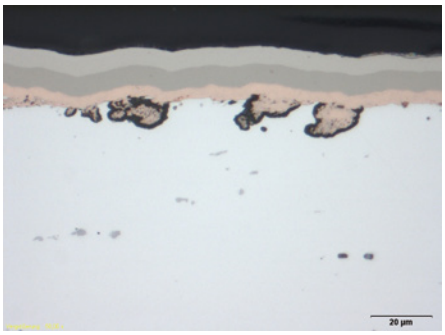


Anpassung von Maßen durch Aufbringen von partiellen Beschichtungen

### Chemisch und physikalisch abgeschiedene Schichten

Neben den chemisch abgeschiedenen Nickelschichten werden auf Werkzeugen als Verschleißschutz auch physikalisch abgeschiedene Schichten eingesetzt. Herbert Käszmann von der WOTech GbR gab einen Einblick in die prinzipiellen Eigenschaften und Unterschiede der Beschichtungsentstehung und -herstellung. Ein wichtiger Unterschied betrifft die Schichtverteilung bei komplexen Geometrien; die chemische Abscheidung ist eines der wenigen Verfahren, mit der auf beliebigen Konturen nahezu ohne Änderung der geometrischen Gegebenheiten konstante Schichtdicken erzielbar sind.

Eine wichtige Grundvoraussetzung zur Erfüllung der Eigenschaften von Beschichtungen ist eine gute Haftung der Schicht auf dem Substrat. Dazu ist ein besonderes Augenmerk auf die Vorbehandlung zu richten. Insbesondere bei Stählen können bestimmte Legierungselemente die Haftung vermindern, weshalb hierfür die Vorbehandlung abzustimmen ist. Des Weiteren muss bei der mechanischen Bearbeitung von Substraten auf die Vermeidung von gestörten Oberflächenzonen oder bei Gusswerkstoffen auf unterschiedliche Porengehalte im Oberflächenbereich geachtet werden. Auch hierfür kann das Beschichtungsverfahren




Poröse Gusswerkstoffe können durch optimierte Beschichtungstechniken mit gut haftenden und korrosionsschützenden Schichten versehen werden

so optimiert werden, dass eine gute Anbindung der Beschichtung an den Grundwerkstoff erzielt werden kann. Gut haftende und auf die Anforderungen abgestimmte Beschichtungen erweitern die Gesamteigenschaften eines Teils in hohem Maße und gewährleisten damit eine hohe Effizienz von Werkzeugen.

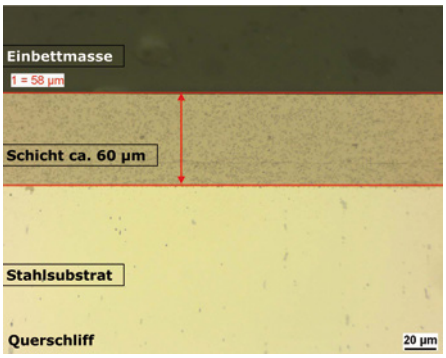
### Belagsverhinderung und Entformung

Stefan Pachler stellte die Dispersionsschicht der NovoPlan GmbH vor, die einen idealen Schutz gegen Belagsbildung und Anhaftung von Rückständen oder Kunststoff gewährleistet, also eine gute Enthaftung besitzt. Eingebettet werden je nach geforderter Eigenschaft PTFE oder Festschmierstoff. Der besondere Vorteil des Beschichtungsverfahrens ist die sehr gleichmäßige Einbettung der Dispersionsstoffe in der Schicht. Neben der hohen Lebensdauer entsprechend beschichteter Teile ergibt sich für den Anwender eine deutliche Verkürzung der Zykluszeit beim Spritzen von Kunststoffen durch ein schnelles Entformen.

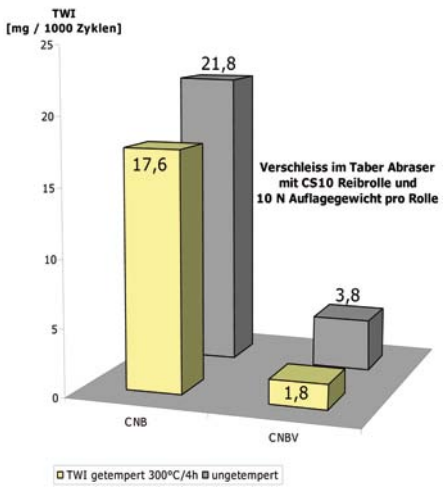
Gute Gleiteigenschaften werden durch hexagonales Bornitrid erzielt. Durch die zusätzliche Zugabe von Hartstoffen wird die Verschleißbeständigkeit erhöht.

### Erfahrungen mit Nickel-PTFE-Schichten

Ferratec, vorgestellt von Roland Jäger, fertigt Kunststoffteile, wobei das Unternehmen



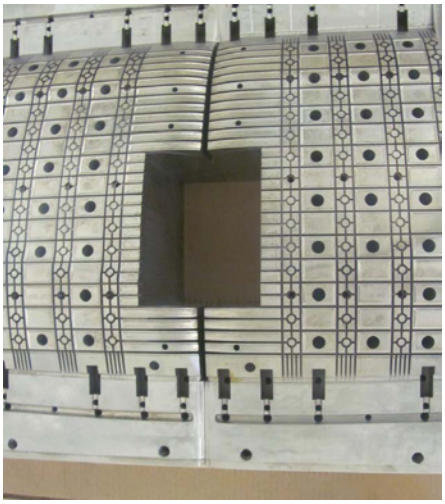

Chemisch abgeschiedene Dispersionsschichten besitzen eine sehr konstante Dicke und gleichmäßig eingelagerte Feststoffe




Bornitrid und Hartstoffe verbessern die Verschleißbeständigkeit der Oberfläche

die erforderlichen Werkzeuge selbst herstellt. Das Produktspektrum reicht von kleinen, einfachen bis hin zu großen und komplexen Kunststoffteilen. Im Bereich der Werkzeugherstellung werden Spritzgussformen, Stanzwerkzeug und Vorrichtungen produziert.

Bei der Verarbeitung von PA66 GF30/PTFE können durch Verbrennen von PTFE Beläge entstehen – PlanoTek-Schichten schützen hierbei vor der Belagsbildung. Positiv wirkt sich diese Funktionsschicht auch zur Vermeidung von Ablagerungen, zum Beispiel bei Auswerfern, aus. Bei der Verarbeitung von TPU treten in der Regel aufgrund von Ausgasungen Beläge auf, die durch Dispersionsschichten behoben werden. Die Beschichtung führt zudem zu einer deutlichen Reduzierung der Ausschussrate.



Einsätze aus Aluminium mit Beschichtung

### Verarbeitung und Fehleranalyse von TPE

Dieter Krüger, Allod Werkstoff GmbH & Co. KG, gab einen Einblick in die Verarbeitung und Fehlermöglichkeiten von Thermoplastischen Elastomeren, TPE. Heute wird der elastische Werkstoff als Bestandteil eines 2K-Teils verarbeitet, etwa als Faltenbalg für Kabelführungen im Auto. Um Bauteile aus TPE zu entformen, ist eine geringe Temperatur erforderlich, woraus sich längere Zykluszeiten ergeben. Beim Spritzen ist darauf zu achten, dass mit Düsen mit Nadelverschluss gearbeitet wird, um unerwünschten Düsenausfluss zu vermeiden.

**Gesamtbeitrag kostenfrei unter:**
***www.womag-online.de***

# Das Projekt Siebec & Bohncke

Die Siebec SAS wurde 1957 von Guy Villette in Grenoble gegründet, mit dem Ziel, Filtergeräte für die Galvanik zu entwerfen. Das Unternehmen hat sofort in Forschung und Entwicklung investiert und sehr rasch eine komplette Reihe an großen Filtergehäusen aus hartgummiertem Stahl sowie Pumpen mit Gleitringdichtungen und Magnetantrieb entwickelt. Darauf folgend wurde bei Siebec eine Kunststoffspritzerei aufgebaut und eine Reihe von magnetgetriebenen Pumpen und Filtern, die im Spritzgussverfahren in PP und PVDF hergestellt werden, eingeführt.

Die kaufmännische Entwicklung stützte sich auf die Tochtergesellschaften in Spanien (1972), in Deutschland (1987), in Großbritannien (1996) und ein weites Netz an Vertriebspartnern in über 40 Ländern. Siebec hat sich darüber hinaus im Bereich der Filtration von Prozesswasser und Recycling von Abwässern etabliert. Das Unternehmen Siebec besteht heute aus acht Gesellschaften, die einen Gesamtumsatz von 15 Millionen Euro erwirtschaften. Es gehört Privataktionären, unter anderem Christian Guillet (Präsident). Im Juli 2015 hat Siebec eine Mehrheitsbeteiligung an der Bohncke GmbH erworben.

Die Bohncke GmbH wurde 1988 von Jan Bohncke gegründet. Mit über 25-jähriger Erfahrung in Filtertechnik und Maschinenbau hat sich das Unternehmen zu einer anerkannten ersten Adresse für Pumpen und Filter auf dem Galvanosektor und im Bereich neuer Filtertechnologien entwickelt.

Siebec und Bohncke können beide langjährige Erfahrungen im Bereich der Galvanik vorweisen und haben Produktreihen verschiedener Bauarten in ihrem Programm, die sich ergänzen:

– Siebec ist Allround-Hersteller mit einer Palette innovativer Produkten mit einem sehr guten Preis-/Leistungs-Verhältnis
– Bohncke ist Hersteller hochwertiger Produkte mit außergewöhnlicher Leistungsfähigkeit, Ausführung und langer Lebensdauer

Beide Marken werden ihre spezifischen Besonderheiten, ihre Produktionsstandorte in Deutschland (Bohncke GmbH) und Frankreich erhalten. Bohncke wird vom Know-how (Spritzgussmaschinen) und den Erfahrungen bei Siebec profitieren können. Verstärkte Investitionen in Forschung und Entwicklung sollen bei Bohncke eine Erneuerung der Tauchpumpenpalette fördern, sowie die Weiterentwicklung von Filteranlagen für den Permanentbetrieb blendfreier galvanischer Nickelsysteme und anderer spezieller Anwendungsfelder. Für Siebec wird die Reihe von Pumpen mit Magnetkupplung ebenfalls überarbeitet.

Die Siebec GmbH in Deutschland, Tochtergesellschaft der Siebec S.A.S./Frankreich, unter der Leitung von Heiner Ratzel, wird auf einen vergrößerten Bohncke-Standort nach Wallbach bei Frankfurt umziehen. Beide Unternehmen werden ihre logistischen, administrativen und kaufmännischen Aktivitäten zusammenlegen.

Die Investitionen, der Erfahrungsaustausch und die gemeinsame Nutzung der Einrichtungen haben das Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit beider Marken auf dem deutschen Markt sowie auch im Export zu stärken und den seit über 50 Jahren währenden guten Kundendienst erfolgreich weiterzuführen.

➲ **www.siebec.com**

# EnviroFALK verstärkt sein Expertenwissen in der Prozesswasseraufbereitung

Intelligente Lösungskonzepte zur Wasseraufbereitung für Industrie, Gewerbe, Krankenhäuser, Labore und Medizintechnik erfordern exzellente Kenntnisse in den unterschiedlichsten Verfahrenstechniken sowie grundlegende Einblicke in die Prozesszusammenhänge. In diesem anspruchsvollen Segment konnte EnviroFALK zwei Experten mit langjähriger Branchenerfahrung dazugewinnen. Zum 1. Juli unterstützt Dr.-Ing. Fernando Gehre als Leiter Verfahrenstechnik Kompaktanlagen insbesondere den Vertrieb. In Zusammenarbeit mit den technischen Schnittstellen verantwortet er die Standardisierungsprozesse mit den anwendungsbezogenen Baureihen. Durch seine langjährige Tätigkeit bei Herco Wassertechnik in Freiberg verfügt Dr. Gehre hierfür über ausgezeichnete verfahrenstechnische Kenntnisse in der Wasseraufbereitung.

Lutz Bohmerich, ebenfalls neu im Team, unterstützt als Leiter *Verfahrenstechnik Projektanlagen* den Vertrieb und die Technik bei der Auslegung und Planung von individuell gefertigten Wasseraufbereitungsanlagen. Diese werden speziell nach Anwendungsbereich, Wasseranalyse und Anforderungen gefertigt. Bohmerich hat umfangreiche Erfahrungen in der Membrantechnik für die industrielle Wasserbehandlung. EnviroFALK hilft Kunden, eine hohe Wertschöpfung aus ihren Prozessen zu sichern; von der kompakten Wasseraufbereitungsanlage für Standardanwendungen bis zum individualisierten Anlagenbau.

Seit der Gründung des Unternehmens im Jahre 1989 steht die Idee, Prozesswasseranlagen für unterschiedliche Anwendungen zu entwickeln. Daraus entstehen branchenspezifische Verfahren und Anlagen der Wasseraufbereitung und -behandlung. Das Produktangebot umfasst Lösungskonzepte für die optische-, Metall-, Glas-, Solar- und grafische Industrie bis hin zu Medizintechnik, Energieerzeugung oder Werkzeug- und Formenbau. Die speziellen Wasseraufbereitungsverfahren umfassen Filtrationsanlagen, Ionenaustausch

Neu im Team von EnviroFALK: Dr.-Ing. Fernando Gehre (links), Leiter Verfahrenstechnik Kompaktanlagen, und Lutz Bohmerich, Leiter Verfahrenstechnik Projektanlagen

mit Harz-Regenerationsservice, Membrantechnologien wie Umkehr-Osmose, Ultrafiltration und Elektrodeionisation (EDI). Die ressourcenschonende Kreislauftechnik des Unternehmens, die das Wasser wieder in den Prozess zurückführt, zeigt den verantwortungsbewussten ökologischen und ökonomischen Umgang mit Wasser.

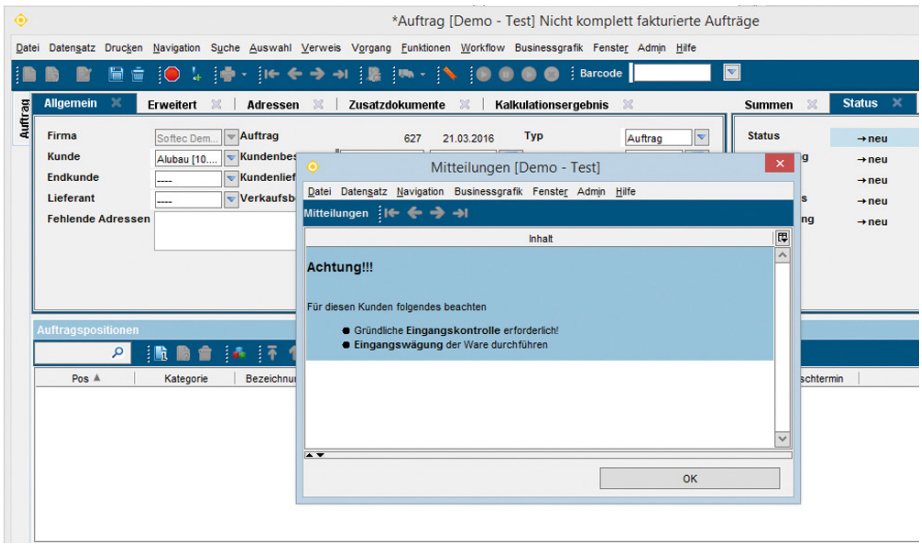
➲ **www.envirofalk.com**

# Softec stellt neues Software-Release OMNITEC V12 vor

**Im Mai ging die neue Version der ERP-Branchenlösung OMNITEC an den Start. OMNITEC V12 überzeugt durch innovative Lösungen im Informationsmanagement sowie durch zeitsparende Neuerungen für den Warenausgang.**

Bei der aktuellen Version der speziell für Oberflächenveredler entwickelten ERP-Software fokussierten sich die Softwareentwickler von Softec auf Fragen, wie ein ERP-System mit Wissen umgeht, das über Stammdaten hinausgeht; Erfahrungswerte beispielsweise, über die ein Mitarbeiter verfügt und die bei der Bearbeitung eines Beschichtungsauftrags Berücksichtigung finden sollten. Für diese Informationsebene hält OMNITEC V12 mit der neuen Mitteilungsfunktion eine auf Transparenz und Prozessbegleitung ausgelegte Lösung bereit. Sie ermöglicht es Unternehmen, zu einzelnen Vorgängen Notizen, Arbeitsanweisungen, sogar Bilder und Dokumente zu hinterlegen, die sich über ein definiertes Zeitfenster hinweg zu bestimmten Bearbeitungsschritten automatisch öffnen. Der Anwender erhält proaktiv die Zusatzinformationen, die für seine aktuell anstehende Aufgabe erforderlich sind.

Ein Beispiel: Bei der Auftragsbearbeitung zu einem Kunden öffnet sich automatisch die Mitteilung, dass eine gründliche Eingangskontrolle nötig ist oder eine Eingangswägung der Ware durchgeführt werden soll. So können spätere Konflikte oder Fehlerursachen von Anfang an vermieden werden.




Die neue Mitteilungsfunktion erlaubt insbesondere eine individuelle, engmaschige Kundenbetreuung, indem sie den Workflow gezielt unterstützt, die richtigen Informationen zur richtigen Zeit bereithält und die eindeutige Delegation von Aufgaben ermöglicht. So könnte beispielsweise der QM-Leiter immer dann zur Überwachung eines Auftrags aufgefordert werden, wenn ein Auftrag eines Kunden eingegangen ist, bei dem es bei einem der letzten Aufträge zu schwerwiegenden Reklamationen gekommen war.

Der Warenausgang ist ein Teilprozess im Beschichtungsablauf, der viele Chancen für Optimierung und Zeitersparnis bietet. In Version 12 von OMNITEC wurden die Erfassungsmöglichkeiten in Versand und Verpackung erweitert. Pack- und Transportmittel sind in der Software systematisch berücksichtigt. Sobald Ware auslieferbereit ist, können die dazugehörigen Pack- und Transportmittel schnell und einfach mit Barcodes erfasst werden. Zeitgleich lassen sich verschiedene Varianten VDA-konformer Etiketten mit den relevanten Lieferinformationen automatisch mitdrucken.

Auch bei der abschließenden Lieferscheinerstellung für das fertige Packstück wird wertvolle Bearbeitungszeit gespart: Indem die Identifikationsnummer der gesamten Verpackungseinheit abgescannt wird, werden alle dazugehörigen Positionen direkt in den Lieferschein aufgenommen.

Seit 1988 entwickelt und vertreibt die Softec AG aus Karlsruhe ERP-Standardsoftware für oberflächenveredelnde Unternehmen. OMNITEC, die führende Lösung des Unternehmens, gilt als die Standard-Unternehmenssoftware für die Oberflächenveredelungsbranche. Auf die umfangreiche Branchenkenntnis und technologische Innovationskraft des Unternehmens vertrauen 170 Kunden.

➲ **www.softec.de**

## Industrie 4.0: Vorbereiten, ja! Aber wie?

Michael Hellmuth, Vorstandsvorsitzender der Softec AG, informiert auf den ZVO-Oberflächentagen, Garmisch-Partenkirchen, am 22. September (12:00, Richard-Strauss-Saal):

*Industrie 4.0* steht für die 4. industrielle Revolution, die – meist uneinheitlich – durch eine Individualisierung von Produkten selbst in der Serienfertigung, durch (teil-)autonome Maschinen, die sich ohne menschliche Steuerung in und durch Umgebungen bewegen und selbstständig Entscheidungen treffen sowie durch das *Internet der Dinge* (cyber-physische Systeme) umrissen wird. Die Automotive-Branche erweist sich als Vorreiter bei diesem technologischen Trend, der, so die Prognosen, 2025 bereits Realität sein wird.

Der Vortrag zeigt praxisbezogen, wie sich oberflächenveredelnde kleine und mittlere Unternehmen organisatorisch und technologisch auf Industrie 4.0-Bestrebungen ihrer Industriekunden vorbereiten können. Bisher wird der Veredelungsdurchlauf – Auftragserfassung, Planung, Fertigung, QM, Versand und Logistik – zwar softwaregestützt, aber weitgehend von Menschen mit spezialisiertem Prozesswissen gesteuert. Wenn sich in Zukunft Aufträge zumindest teilautonom den Weg durch die Produktion suchen sollen, muss dieses Wissen im cyberphysischen Gesamtsystem zur Verfügung stehen. Datenpflege, Konnektivität der Systeme, übergreifende Datenstandards, Mobilität und der Rückfluss von Echtzeitdaten in Planung und Prognose werden zu Leuchtturmprojekten des Umstellungsprozesses. Die Vorbereitung auf Industrie 4.0 bietet Lohnveredlern klare Chancen. Daraus ist für die Unternehmen ein Mehrwert zu erwarten, insbesondere im Hinblick auf Ressourceneffizienz und Fachkräftemangel.

# Initiative für eine vereinheitlichte Prüfung auf lackbenetzungsstörende Substanzen (LABS)

Von Eberhard Klaiber und Holger Jonak

Die Zulieferer in der Automobilindustrie werden mit der Anforderung konfrontiert, ihre Produkte frei von lackbenetzungsstörenden Substanzen zu liefern. Die dafür vorgesehene Prüfvorschrift wird von den verschiedenen Automobilunternehmen gleich mitgeliefert. Für die Zulieferer bedeutet dies allerdings, dass sie (streng genommen) jedes Produkt gleich mehreren verschiedenen, einschlägigen Prüfungen unterziehen müssen. Dies ist allerdings praxisfremd und wirtschaftlich nicht darstellbar. Daher entsteht momentan beim VDMA im Fachbereich Oberflächentechnik ein VDMA-Einheitsblatt, welches eine vereinheitlichte Prüfung auf lackbenetzungsstörende Substanzen zum Ziel hat.

### Was ist LABS?

LABS, also eine lackbenetzungsstörende Substanz, ist weder sichtbar noch riechbar und daher nur schwer zu erkennen. Nur ihre Wirkung im Lackierprozess wird als störend und damit als Fehler erkannt.

Damit ein Lack einen zu lackierenden Untergrund vollständig benetzen kann, muss die Oberflächenspannung dieses Untergrunds ***höher*** sein als die des Lacks. LABS hat per Definition eine Oberflächenspannung ***kleiner*** der des Lacks, somit wird an den Stellen mit LABS die Benetzung gestört (*Abb. 1*). Der Effekt der unterschiedlichen Oberflächenspannungen kann mit Wasser in einer mit PTFE beschichteten Pfanne sichtbar gemacht werden (*Abb. 2*).

### Was sind LABS-Quellen?

Die Frage nach den LABS-Quellen kann dahingehend präzisiert werden, indem nach dem Stoff gefragt wird, der lackbenetzungsstörend wirkt.

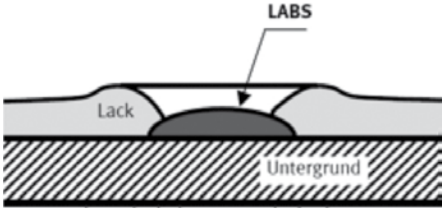



Abb. 1: Schematische Darstellung eines Oberflächenbereichs mit Benetzungsstörung

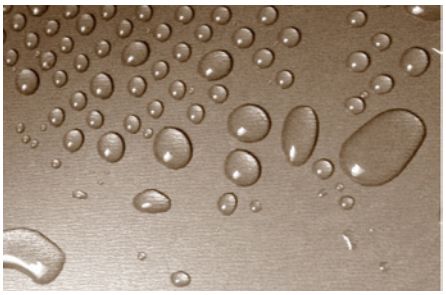


Abb. 2: Wirkung der Benetzungsstörung am Beispiel einer Pfanne mit PTFE-Oberfläche

Abb. 3: Beispiel für eine großflächige Benetzungsstörung durch ein Hochtemperatur-Schmierfett

Es gibt heute keine vollständige Liste solcher Stoffe. Die typischen Vertreter sind unter anderem Öle und Fette, wobei nicht alle lackbenetzungsstörend wirken. Bei den Ölen ist Silikonöl eine typische Quelle für LABS, Mineralöl eher nicht. Hochtemperaturfette sind typische Quellen für LABS, litiumverseifte Fette eher nicht.

Die in der Herstellung von Elastomerbauteilen verwendeten Trennmittel sind ebenso typische Quellen wie auch Haarspray und bestimmte Cremes bei Körperpflegemitteln. All diese Stoffe können ein Fertigungswerk kontaminieren beziehungsweise innerhalb des Werks verschleppt werden. Der Faktor Mensch spielt hier eine wesentliche Rolle.

### Wie wirkt sich LABS aus?

Besonders an großflächig lackierten Oberflächen wie Fahrzeugen stören kleinste Krater und andere Fehlstellen in der Lackschicht, die unter anderem durch LABS verursacht sein können. Die Folge für einen lackverarbeitenden Betrieb sind neben Fehlersuche und Produktionsstopp unter Umständen hohe Nacharbeitskosten und Folgeaufwände für die Reinigung bis hin zum Austausch von LABS-haltigen Bauteilen.

### Wie kann LABS nachgewiesen werden?

Wissenschaftliche Analyseverfahren sind möglich, jedoch in der betrieblichen Praxis nicht anwendbar. Daher werden Stand heute Lackverträglichkeitsprüfungen an Bauteilen nach definierten Prüfmethoden durchgeführt. Dabei wird die Wirkung einer Benetzungsstörung augenscheinlich bewertet (*Abb. 3*); das heißt: Entstehen bei der Prüfung Krater, ist das Bauteil nicht in Ordnung.

In diesem Punkt sind sich Zulieferer und Automobilindustrie einig. Die bei einer Bestellung angeforderte LABS-Freiheit kann mithilfe einer mehr oder weniger einfachen Prüfung ermittelt werden. In Detail jedoch haben die verschiedenen Automobilunternehmen unterschiedliche Vorstellungen zur Prüfung.

### Normungsprojekt

Dieser Umstand hat zu einer Initiative einiger Hersteller geführt, die sich in einem Erfahrungskreis zunächst intensiv mit den verschiedenen Prüfmethoden auseinandergesetzt haben.

Inzwischen wurde daraus ein Normungsprojekt unter dem Dach der VDMA-Fachabteilung Oberflächentechnik. Am runden Tisch der Normung sitzen neben einigen Herstellern von Komponenten und Lackieranlagen auch Vertreter von Instituten, die sich mit Lackierung beschäftigen, sowie jetzt auch Fachleute aus der Automobilindustrie.

### VDMA-Einheitsblatt

In der bisherigen Praxis fordert der Kunde (z. B. ein Unternehmen aus der Automobilindustrie) in einer Bestellung grundsätzlich *LABS-frei*, unabhängig davon, wo in der Fabrik des Kunden das Bauteil eingesetzt wird. Es ist nur schwer nachvollziehbar, warum ein Bauteil für die Endmontage (weit nach der Lackierung) ebenso scharf geprüft werden muss wie die Sprühpistole,

die den Lack auf die Oberfläche des Fahrzeugs bringt.

### LABS-Relevanz und Zonen

In dem VDMA-Einheitsblatt ist daher ein zentraler Gedanke beschrieben, der einen lackverarbeitenden Betrieb in verschiedene Zonen einteilt (*Abb. 4*). Dabei hat Zone I (alle Bereiche der Vorbehandlung, Lackierung und Trocknung) eine hohe LABS-Relevanz, Zone II (unmittelbar angrenzend an Zone I und innerhalb des lackverarbeitenden Produktionsbereichs) eine niedrige LABS-Relevanz und Zone III (außerhalb des lackverarbeitenden Produktionsbereichs) hat keine LABS-Relevanz.

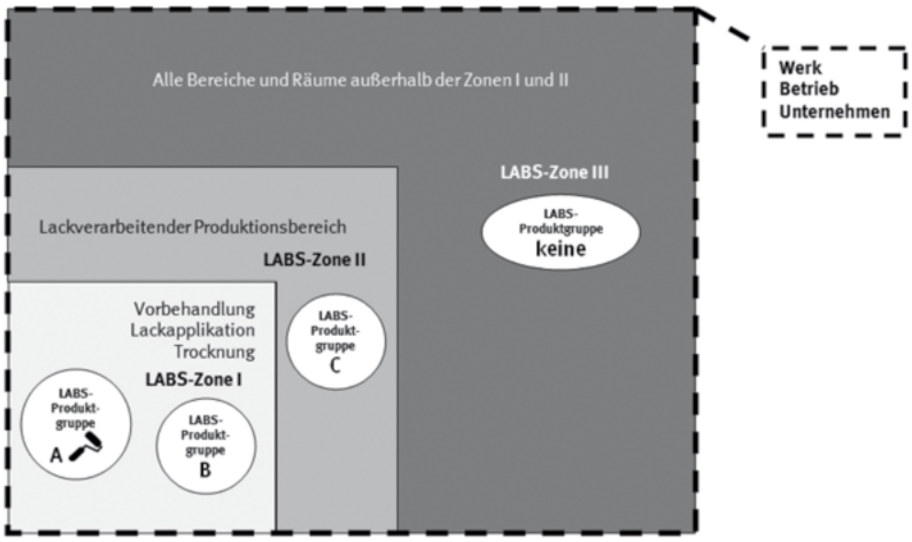



Abb. 4: Schema zur Festlegung der LABS-Zonen

### Produktgruppen und Prüfklassen

Den Zonen lassen sich detailliert beschriebene Produktgruppen zuordnen, für die dann wiederum Prüfklassen definiert sind. Beispielsweise ist die Steuerung einer Lackieranlage der Produktgruppe C zuzuordnen, da sie sich in Zone II befindet.

Für die Produktgruppe C ist folgende Prüfung vorgesehen: *Trocken Abreiben*. Das bedeutet, dass ein Bauteil ohne zusätzliche Hilfsstoffe (trocken) auf einer Prüfunterlage gerieben wird, sofern das Bauteil dies zulässt. Andernfalls muss das Bauteil mit definierter Druckluft nach VDMA 15390-3 abgeblasen werden. Der Abrieb beziehungsweise die abgeblasenen Rückstände werden überlackiert und per Augenschein auf Kraterbildung oder sonstige Benetzungsstörung beurteilt.

Die Produktgruppe S gilt allgemein für Stoffe, die sich erfahrungsgemäß über die Zonen hinweg leicht verschleppen lassen und somit keiner bestimmten Zone zugeordnet werden. Daher ist für diese Produktgruppe eine Prüfung vorgesehen, die den Anforderungen für Zone I standhält.

### Prüfung und Auswertung

Das Überlackieren mit handelsüblichen Lacken ist allen Prüfungen gemeinsam. Je nach Prüfklasse werden Prüfungen wie Spülen und Einlegen mit definiertem Lösemittel oder auch direktes Auftragen bei Stoffen unterschieden.

Eine objektive Auswertung ohne zusätzliche Hilfsmittel ist möglich, entsprechende Erfahrung ist jedoch äußerst hilfreich.

### LABS-Konformität und Kennzeichnung

Als Ergebnis der Prüfungen wird einem Prüfling LABS-Konformität bescheinigt. Daher heißt die Kennzeichnung, die beispielsweise ein Hersteller in seinem Katalog oder Datenblatt verwenden kann wie folgt:

– LABS-Konformität VDMA-24364-A2

Damit wird bescheinigt, dass ein Bauteil nach den Regeln der Prüfklasse A2 geprüft wurde und damit geeignet ist, in Zone I eingesetzt zu werden.

Eben diese Bezeichnung kann ein Kunde bei seiner Bestellung angeben. Somit ist der eigentliche Zweck einer allgemein anerkannten Norm erfüllt, nämlich Handelshemmnisse abzubauen.

Ziel des VDMA-Einheitsblatts ist die Definition von Prüfungen, die einerseits möglichst einfach gehalten und für *jedermann* durchführbar sind und andererseits die tatsächlichen und realistischen Anforderungen der Automobilindustrie erfüllen.

Formal steht das VDMA-Einheitsblatt mit der Dokumentnummer VDMA 24364 kurz vor der Veröffentlichung als Entwurf.

**Kontakt**

Eberhard Klaiber, Festo AG & Co. KG
E-Mail: eberhard.klaiber@festo.com

Holger Jonak, Festo AG & Co. KG
E-Mail: holger.jonak@festo.com

# Hoch effiziente Flüssigkeitskühler mit natürlichem Kältemittel

Die F-Gase-Verordnung und der daraus resultierende Trend zur Nutzung alternativer Kältemittel war ein zentrales Diskussionsthema auf der WTT Expo in Karlsruhe. Die GCM Kältesysteme GmbH leistet dazu einen ganz konkreten Beitrag und stellte energieeffiziente Flüssigkeitskühler vor, die von Grund auf für den Betrieb mit Ammoniak und anderen natürlichen Kältemitteln entwickelt wurden. Das im Jahr 2015 gegründete Unternehmen hat bereits erste Markterfolge vorzuweisen; es hat in den vergangenen Monaten mehrere Flüssigkeitskühler projektiert und ausgeliefert, die Ammoniak als Kältemittel nutzen.

Für Ammoniak (R 717) spricht zum einen die positive Umweltbilanz: R 717 hat einen GWP-Wert von 3 und einen ODP-Wert von Null. Es trägt also nur minimal zur Erderwärmung und gar nicht zum Ozonabbau bei und ist deshalb nicht vom schrittweisen Verbot marktgängiger Kältemittel betroffen. Darüber hinaus aber lassen sich mit Ammoniak sehr energieeffiziente Kälteanlagen realisieren. Die Anlagen, die GCM bislang projektiert und installiert hat, verbrauchen bis zu 35 Prozent weniger Energie als die Vorgängeranlagen, die mit den bisher gebräuchlichen H-FKW-Kältemitteln betrieben werden.

GCM bietet Anwendern und Planern von industriellen Kälteanlagen sowie von Kälteanlagen für Rechenzentren ein komplettes, neu entwickeltes Flüssigkeitskühlerprogramm mit Kälteleistungen bis 1500 Kilowatt. Die Kühler werden in Neumark/Sachsen gefertigt und verwenden standardmäßig Ammoniak als Kältemittel. Da das Programm aber als Technologieplattform konzipiert wurde und in Neumark eine flexible, auftragsbezogene Fertigung aufgebaut wurde, kann GCM auch Kaltwassersätze mit anderen Kältemitteln (R 134A, R 723, R 1234yf, R 437A, R 410A, Propan) projektieren und fertigen – mit kurzer Vorlaufzeit und in hoher Qualität.

**GCM Kältesysteme GmbH**
**Auenstraße 4, D-08496 Neumark**

➲ **www.gcm-kaelte.de**

# Besser, schneller, ressourcen- und kosteneffizienter lackieren

**1. DFO-Tagung** *Einsparmöglichkeiten durch Simulation des Lackierprozesses* **am 14. September in Neuss**

Simulation ermöglicht es, Lackierprozesse schneller und wirtschaftlicher zu gestalten. Durch neue Softwareentwicklungen gewinnt diese Vorgehensweise auch in der industriellen Lackiertechnik zunehmend an Bedeutung. Verschiedene dieser Lösungen werden bei der Tagung *Einsparmöglichkeiten durch Simulation des Lackierprozesse* der DFO, Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e. V., am 14. September 2016 in Neuss vorgestellt. Aufgezeigt wird auch, welche Einsparpotenziale damit ausgeschöpft werden können – unabhängig davon, ob die Simulation im Unternehmen oder extern als Dienstleistung durchgeführt wird.

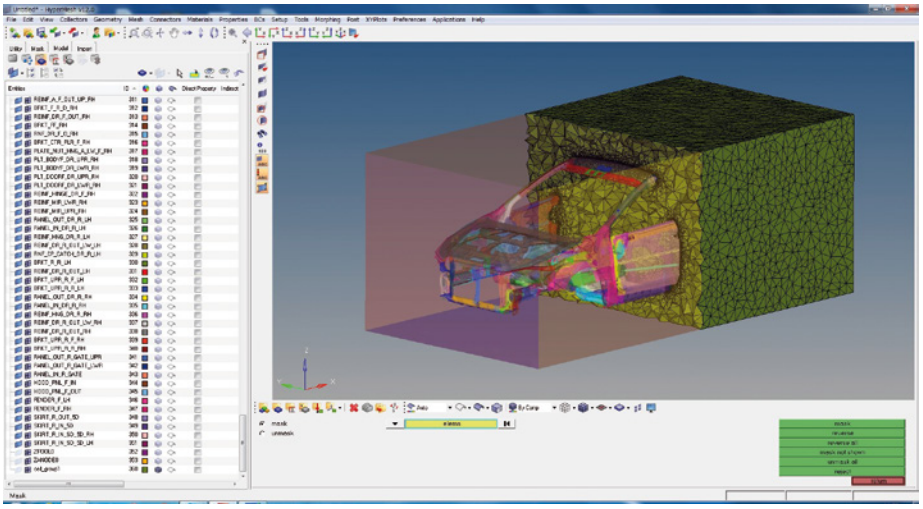


Bild: ESS Engineering Software Steyr GmbH

Die Simulation von Bauteileigenschaften und Fertigungsschritten sorgt in vielen Bereichen der Industrie für qualitätssichere, ressourcen- und kostenreduzierte Prozesse. In der Automobilserienlackierung ist diese Vorgehensweise bereits gängige Praxis. Die industrielle Lackiertechnik profitiert jedoch noch wenig von den Möglichkeiten, Qualität, Energie- und Materialeffizienz zu erhöhen, Fehlerquoten, Realversuche und damit Kosten durch numerische Simulation zu minimieren. Für die DFO Grund genug, gemeinsam mit der ESS Engineering Software Steyr GmbH und der Delight Co. Ltd. eine neue Tagungsreihe zu diesem Thema zu starten. Die erste Tagung unter dem Titel *Einsparmöglichkeiten durch Simulation des Lackierprozesses* findet am 14. September in Neuss statt.

Experten aus Industrie und Wissenschaft informieren während der eintägigen Veranstaltung über verschiedene Simulationswerkzeuge und deren Anwendungsgebiete. Es geht dabei um die Frage, wie mittelständische lackierende Unternehmen und Lohnbeschichter sie gewinnbringend einsetzen können.

Der erste Programmpunkt behandelt die CFD-Simulation der Applikation und Ausbreitung von Hohlraumkonservierungswachsen mit einer neuen Berechnungsmethode auf Basis einer Strömungssimulation. Neben der Absicherung der Beschichtung bieten die gewonnen Daten Informationen zur Verbrauchsmenge und dem Düsenlayout, die zur Senkung von Entwicklungs- und Verbrauchskosten genutzt werden können. Unter dem Titel *Usability und wer sind Anwender in der Zukunft* wird eine leicht zu bedienende Simulationssoftware vorgestellt und live demonstriert. Sie kann auf Standard-Desktops ausgeführt werden und ermöglicht, alle Anwendungen der Lackieranlage zu simulieren.

Oft entfallen zwei Drittel der Simulationszeit auf die Aufbereitung der Daten. Dass es deutlich schneller geht, beispielsweise ein Netz für eine Karosserie ohne Exterieur und Interieur in 15 Minuten erstellt werden kann, belegt ein Vortrag. Das Erstellen des Gleichungssystems für die Berechnung der Schichtdicke im KTL-Becken ist kein Problem. Extrem schwierig wird es aber, wenn auch die Umgriffe realistisch abzubilden sind. Mit der neuesten Version einer Software lässt sich nicht nur eine Ergebnisqualität innerhalb von zwei Mikrometern erreichen, es werden auch Luftblasenergebnisse berücksichtigt. Ein weiterer Beitrag zeigt die Möglichkeiten auf, um Parameter- und Formoptimierungen sowie topologische Varianten in der Karosseriekonstruktion mit voll parametrisierten Flächenmodellen durchzuführen und in einen ganzheitlich angelegten Optimierungsprozess einzubinden. Präsentiert wird auch eine Lösung, durch die sich der Ofen virtuell nachbilden und fortlaufend optimieren lässt. Die Hitzeentwicklung ist dadurch jederzeit auf allen Bauteilbereichen und bei allen Materialien verfügbar, sodass auch ein Verzug simuliert werden kann. Die Fragestellung, wie sich Problemstellen und deren Verursacher durch Simulation identifizieren lassen, beantwortet ein Referat am Beispiel von Haftwasser, Auftrieb, Badverschleppung, Luftblasen und Aufkocher.

Die Tagung richtet sich an Unternehmens- und Lackierereileiter, Fach- und Führungskräfte aus Produktion und Produktionsplanung, Entwickler, Konstrukteure sowie Mitarbeiter aus der Qualitätssicherung.

➲ **www.dfo.info**

# Effektiver Einstieg in die wässrige Spritzreinigung

## Dürr Ecoclean präsentiert EcoCCube auf der AMB in Stuttgart

**Auf der AMB, der internationalen Ausstellung für Metallbearbeitung, präsentiert Dürr Ecoclean mit der EcoCCube eine ausgesprochen kompakte Reinigungsanlage. Durch ihr geringes Aufstellmaß und Gewicht sowie durch ihre komplette Ausstattung lässt sich das anschlussfertige Frontladesystem einfach und schnell in die Fertigung integrieren. Die EcoCCube ermöglicht damit einen optimalen Einstieg in die wässrige Spritzreinigung.**

Ob spanend oder umformend hergestellte Bauteile, die wässrige Bauteilreinigung mit neutralen, alkalischen oder sauren Medien ist eines der am häufigsten in der Industrie und der Instandsetzung eingesetzten Reinigungsverfahren. Dabei variieren die Anforderungen an die Bauteilsauberkeit je nach Fertigungsgrad, nachfolgendem Prozess und Branche.

Geht es darum, einfachere Reinigungsaufgaben beziehungsweise eine Zwischenreinigung effektiv und effizient zu lösen, kann die EcoCCube von Dürr Ecoclean Trümpfe ausspielen. Dazu zählen das platzsparende Aufstellmaß von nur 2100 x 1630 x 1855 mm (L x B x H) und das geringe Gewicht. Die zweistufige, anschlussfertige Spritzanlage mit Heißlufttrocknung lässt sich dadurch einfach und in kürzester Zeit in die Fertigung integrieren.

Andererseits überzeugt die Flexibilität des anwenderfreundlichen Frontladesystems mit integrierter manueller Beschickungseinrichtung. So können die mit Öl und/oder Emulsion verschmutzten Bauteile als Schüttgut oder gesetzte Ware gereinigt werden. Das allseitige Spritzsystem mit vier Düsenstöcken arbeitet dabei sowohl beim Reinigen als auch beim Spülen mit großer Umwälzmenge. Um die Reinigungswirkung des eingesetzten Mediums zu unterstützen, können die zu reinigenden Teile in der Arbeitskammer rotiert werden.

Durch geringes Aufstellmaß und geringes Gewicht ermöglicht die EcoCCube einen optimalen Einstieg in die wässrige Reinigung

Die Trocknung erfolgt mit Heißluft, ohne dass Dampf in die Umgebung abgegeben wird. Für eine teilespezifische Behandlung verschiedener Bauteile lassen sich in der frei programmierbaren Anlagensteuerung zehn Reinigungsprogramme speichern und über das intuitive HMI-Bedienfeld einfach auswählen. Dies leistet einen Beitrag zur hohen Prozesssicherheit.

*Effiziente Reinigung – hoher Durchsatz – lange Standzeit*

Die effektive Reinigung, Spülung und Trocknung der Teile ermöglicht, dass bei einem Chargengewicht von maximal 80 Kilogramm bis zu zwölf Chargen pro Stunde gereinigt werden können. Eingetragene Verunreinigungen werden durch die integrierte Vollstromfiltration und einen Ölskimmer aus den Reinigungslösungen entfernt. Daraus resultiert eine lange Standzeit, die neben dem hohen Durchsatz zu einer kosteneffizienten Reinigung beiträgt. Gleichzeitig sorgt die optimal abgestimmte Größe der beiden serienmäßigen Flutbehälter dafür, dass die Betriebstemperatur schnell und energieeffizient erreicht wird.

*Über Dürr Ecoclean*

Als ein führender Anbieter beliefert Dürr Ecoclean Automobilhersteller und -zulieferer sowie den breit gefächerten industriellen Markt mit modernster Reinigungstechnik sowie Systemen zur Behandlung und Aktivierung von Oberflächen. Mit individuell angepasster Technik erschließen Kunden des Reinigungsspezialisten Einsparpotenziale, zum Beispiel bei Stückkosten, Energieverbrauch und Prozessdauer. Dürr Ecoclean ist Mitglied des Dürr-Konzerns und verfügt weltweit über zehn Standorte in acht Ländern mit rund 800 Mitarbeitern.

Der Dürr-Konzern zählt zu den weltweit führenden Maschinen- und Anlagenbauern. Produkte, Systeme und Services des Unternehmens ermöglichen hocheffiziente Fertigungsprozesse in unterschiedlichen Industrien. Rund 60 Prozent des Umsatzes entfallen auf das Geschäft mit Automobilherstellern und -zulieferern. Weitere Abnehmerbranchen sind zum Beispiel der Maschinenbau, die Chemie- und Pharmaindustrie und – seit der Übernahme der HOMAG Group AG im Oktober 2014 – die holzbearbeitende Industrie. Dürr verfügt über 92 Standorte in 28 Ländern. 2015 erzielte der Konzern mit knapp 15 000 Mitarbeitern einen Umsatz von 3,77 Milliarden Euro.

Der Konzern agiert mit fünf Divisions am Markt:

- Paint and Final Assembly Systems: Lackierereien und Endmontagewerke für die Automobilindustrie
- Application Technology: Robotertechnologien für den automatischen Auftrag von Lack sowie Dicht- und Klebstoffen
- Measuring and Process Systems: Auswucht- und Reinigungsanlagen sowie Montage-, Prüf- und Befülltechnik
- Clean Technology Systems: Abluftreinigungsanlagen und Energieeffizienztechnik
- Woodworking Machinery and Systems: Maschinen und Anlagen für die holzbearbeitende Industrie

➲ **www.durr-ecoclean.com**

**AMB 2016, Halle 6, Stand 6E38**

# Innovationen, Trends und Bauteilsauberkeit

## Forum Bauteilreinigung auf den ZVO-Oberflächentagen in Garmisch Partenkirchen

Die Oberflächentage des Zentralverbands für Oberflächentechnik e. V. (ZVO) sind mit regelmäßig über 550 Teilnehmern eine der bedeutendsten Informations- und Kommunikationsplattformen im deutschsprachigen Raum. Beim diesjährigen Gipfeltreffen der Oberflächentechnik vom 21. bis 23. September in Garmisch Partenkirchen erwartet die Teilnehmer ein vielschichtiges Vortragsprogramm zu Innovationen, neuen Entwicklungen – auch bei REACh – und der Bedeutung von Industrie 4.0 für die Galvanotechnik. Mit dem Forum Bauteilreinigung am 22. September bietet die Veranstaltung auch innovative Lösungen und praxisorientiertes Wissen für diesen qualitätsentscheidenden Fertigungsschritt.

In allen Industriebereichen ermöglichen und beeinflussen Oberflächentechniken Innovationen und Weiterentwicklungen. Mit den jährlich stattfindenden Oberflächentagen bietet der ZVO eine der bedeutendsten Informations- und Kommunikationsplattformen. Sie ermöglicht einerseits, sich über neue Entwicklungen und Trends in den Oberflächentechniken zu informieren. Ziel ist andererseits, den Dialog zwischen den Teilnehmern aus den Bereichen Entwicklung, Konstruktion, Design und Fertigung unterschiedlichster Branchen zu fördern. Dies gewinnt insbesondere durch die immer wichtiger werdende Erschließung von neuen Anwendungsgebieten für galvanische Beschichtungen und die erhöhten Anforderungen an Schichten an Bedeutung.

*Vielschichtige Information und Diskussion*

Die Teilnehmer erwartet bei den diesjährigen Oberflächentagen ein hochkarätiges Vortrags- und Diskussionsprogramm. National und international anerkannte Fachleute aus Forschung und Praxis referieren unter anderem zu den Themen: Neues zu REACh, Industrie 4.0 – Bedeutung für die Galvanotechnik und Betrachtung der Ist-Situation, funktionelle Oberflächensysteme, anwendungsnahe Zukunftstechnologien, kathodischer Korrosionsschutz sowie Bandgalvanisierung. Die integrierte Sonderveranstaltung *Vorbeugender Brandschutz* am 22. September thematisiert die spezifischen Anforderungen von Unternehmen in der Galvanotechnik.

*Keine hochwertige Beschichtung ohne saubere Oberfläche*

Unabhängig davon, wofür und welche Beschichtung eingesetzt wird, eine bedarfsgerecht saubere Oberfläche ist Grundvoraussetzung für deren Qualität und Haltbarkeit. In neun Vorträgen vermittelt das Forum Bauteilreinigung des Fachverbands industrielle Teilereinigung e. V. (FiT) am 22. September Wissen, um die für die Beschichtung erforderliche Sauberkeit stabil und wirtschaftlich erzielen. So werden in zwei Vorträgen Grundlagen zur wässrigen Teilereinigung unter den Gesichtspunkten Auswahl von Chemie und Verfahren sowie Reinigungssystem und Anlagentechnik behandelt. Weitere Aspekte stellen Aufbereitungssysteme zur Standzeitverlängerung von Reinigungs- und Spülbädern sowie einfache Methoden zur Überwachung der Reinigerkonzentration dar.

Über die effiziente Aufbereitung und Kreislaufführung von Spülwässern, die in der Oberflächentechnik und industriellen Bauteilereinigung immer mehr an Bedeutung gewinnt, beschäftigt sich ein weiteres Referat. Thematisiert wird darüber hinaus, wie sich Sauberkeitsspezifikationen mit der Lösemittelreinigung ökonomisch und ökologisch erfüllen lassen. Vorgestellt wird mit der zyklischen Nukleation (CNp-Verfahren) ein innovativer Lösungsansatz im Bereich der wässrigen Feinstreinigung. Die Präsentation der Ergebnisse aus aktuellen Untersuchungsreihen mit Mikroorganismen verschiedenen Ursprungs bezüglich deren Fähigkeit, mit Öl und anderen Verunreinigungen belastete Oberflächen zu reinigen, steht ebenfalls auf der Agenda. Weiterhin werden bionisch entwickelte Reiniger zur Entfernung von Polierpastenrückständen in metallischen Riefen und von Flugrost beziehungsweise Eisenoxidrückständen nach dem thermischen Entgraten vorgestellt.

Informationen bietet das Forum auch zur Technologie und den Einsatzmöglichkeiten der Laserstrahlreinigung, zu deren Hauptanwendungsfelder die Reinigung und Modifikation von Oberflächen vor dem Beschichten, Schweißen und Kleben zählt. Die Potenziale, welche technisches Kohlendioxid bei Schneid-, Strahl- und Reinigungsanwendungen eröffnet, werden ebenfalls beleuchtet. Ein weiteres Thema ist modernes Gleitschleifen als Hightech-Verfahren zur Erzeugung anspruchsvoller Oberflächen mit definierten Eigenschaften.

Mit diesem breit gefächerten Themenspektrum richten sich die ZVO-Oberflächentage an Anwender, Forscher, Entwickler, Konstrukteure, Einkäufer, QM- sowie Vertriebsmitarbeiter aus allen Wirtschaftsbereichen. Ergänzt wird das Programm durch eine fachbegleitende Industrieausstellung. Namhafte Unternehmen aus der Galvano- und Oberflächentechnik präsentieren hier Neu- und Weiterentwicklungen.

### Über den FiT

Der Fachverband industrielle Teilereinigung e. V. (FiT) repräsentiert Lieferfirmen, Anwender, Beratungs-, Planungs-, Engineering- und Serviceunternehmen, wissenschaftliche Institute und Fachverbände für diesen Industriebereich. Sein Ziel ist die Wahrnehmung und Förderung der allgemeinen, ideellen und wirtschaftlichen Interessen seiner Mitglieder. Zu unterschiedlichen Themen bilden Mitglieder des Fachverbandes industrielle Teilereinigung Fachausschüsse, um Lösungswege für die Problemstellungen in der Branche zu erarbeiten. Er arbeitet mit zahlreichen institutionellen und staatlichen Stellen kooperativ zusammen, z. B. mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig. Von besonderem Interesse sind innovative neue Techniken im Bereich der Reinigungschemie, Anlagentechnik, Badpflegeeinrichtungen, Umweltschutz, Abfallverwertung, Abfallentsorgung sowie der praxisorientierten Bad- und Oberflächenanalytik. Gewonnene Erkenntnisse werden durch Seminare, Lehrgänge, Messen, Tagungen, Vorträge sowie in Veröffentlichungen der Branche zur Verfügung gestellt. Der FiT bietet, teilweise zusammen mit dem ZVO (Zentralverband Oberflächentechnik e. V.) und seinen Organen, ein Forum für die Behandlung von branchenspezifischen Fragestellungen.

➲ www.fit-online.org

# Leistungsträger Oberfläche im Automobil

## Bericht über den Stuttgarter Automobiltag 2016, eine Veranstaltung der DGO-Bezirksgruppe Stuttgart

**Die Automobilindustrie ist eine der wichtigsten Kundengruppen für Dienstleistungen und Produkte der Oberflächentechnik. Es ist daher erforderlich, die Entwicklungen der Autoindustrie und Oberflächentechnik aufeinander abzustimmen, um so Anforderungen schnell erfüllen zu können, beispielsweise für den optimalen Einsatz von neuen Leichtbauwerkstoffen. Derzeit ergibt sich vor allem für verchromte Oberflächen aufgrund von REACh ein dringender Handlungsbedarf, um langfristig hochqualitative Beschichtungen anbieten zu können. Zu diesem Zweck werden alle verfügbaren alternativen Schichtsysteme wie galvanische, PVD- oder Lackschichten miteinander verglichen und bewertet. Aus dem Dialog zwischen Automobilhersteller und Oberflächentechnik entstehen Perspektiven für neue Entwicklungen, benötigte Fertigungskapazitäten werden geschaffen. Zudem gewährleistet die Zusammenarbeit, Rahmenbedingungen zur Erfüllung der Forderungen aus REACh effektiver zu erarbeiten – im Sinne einer Wettbewerbsstärkung der europäischen Industrie.**

Axel Baus, Vorsitzender der DGO-Bezirksgruppe Stuttgart, betonte in seiner Eröffnung zum 11. Stuttgarter Automobiltag die Bedeutung der Automobilbranche für die Galvano- und Oberflächentechnik sowie für den Großraum Stuttgart als deutschem Zentrum der Automobilindustrie. Dem schloss sich Rainer Venz, Vorstand der DGO, an und gab seiner Freude darüber Ausdruck, dass sich der Stuttgarter Automobiltag über lange Zeit bewähren und etablieren konnte. Dazu tragen entscheidend die gute Zusammenarbeit innerhalb der DGO und vor allem die rege Zusammenarbeit der Mitglieder des ZVO-Fachausschusses Automobil bei. Dieser verfügt über die notwendigen Kontakte, wichtige Vertreter aus Industrie und Forschung für die Tagung zu gewinnen und aktuelle Themen vorzubereiten. In diesem Jahr konnte erstmals eine Verbandsarbeit als Überblick zur Korrosionsschutzschichten präsentiert werden.

Als Vertreter des Landes Baden-Württemberg wünschte Ministerialdirigent Günther Leßnerkraus der Tagung einen erfolgreichen Verlauf. Er wies darauf hin, dass in einer vor Kurzem stattgefundenen Veranstaltung mit der Automobilindustrie derzeit deutlich steigende Absatzzahlen verzeichnet werden. Auch wenn der Brexit für den Handelspartner Großbritannien nachteilig ist, wird die steigende Nachfrage der anderen Nationen den Rückgang in Großbritannien ausgleichen und so einen Rückgang der Auftragslage für die Autohersteller ebenso wie für die Zulieferer vermeiden lassen. Entsprechend der derzeitigen Anstrengungen wird der Elektromobilität auch seitens der Landesregierung ein höherer Stellenwert beigemessen. Dazu trägt unter anderem auch die Elektrochemie bei, die seit einigen Jahren wieder mit großem Engagement unterstützt wird: Klassische Technologien wie die Batterietechnik werden ebenso wie die neuen Superkaps verfolgt. Weitere Schwerpunkte mit hohen Anforderungen an die Oberflächentechnik werden von der Landesregierung beim 3D-Druck oder beim Leichtbau gesehen. Beide kommen ohne Beschichtung nicht aus.

### Benchmark Beschichtungen

Mit Kollegen der Fachgruppen im ZVO hat Karl Morgenstern einen Verfahrensvergleich der derzeit relevanten Beschichtungsverfahren erstellt. Die Oberflächentechnik zählt demzufolge nach wie vor zu den wichtigsten Schlüsselindustrien einer modernen Volkswirtschaft. Dabei stehen Beschichtungen wie Edelmetalle und Kupfer für elektrotechnische Produkte oder Zink zum Korrosionsschutz im Mittelpunkt. Diese Schichten tragen wesentlich zur Wertschöpfung der Produkte bei.

Nach Angaben von VW nehmen heute Zinklamellen und Zinklegierungen als Schichten den größten Anteil im Fahrzeugbau ein, wogegen reine Zinkschichten nur noch in geringem Maße eingesetzt werden. Bei den

| Verfahren | Zink | Zink – Flake | Zink– Nickel |
|---|---|---|---|
| Mit TOP COAT oder Gleitlack | Ja | Ja | Ja |
| Optik | silber glänzend | Lackoptik | Schwarz |
| Felgenreinigungsbeständig | | | Ja |
| Mehfachanzug | 20 fach | 20 fach | 20 fach |
| Korrosionsschutz nach Verschraubung | mittel | gut | sehr gut |
| durch Kappe abgedeckt | Ja | | |
| direkt sichtbar | | Ja | Ja |

Erfüllung der Anforderungen bei einer beschichteten Radschraube Quelle: Morgenstern

Grundwerkstoffen ist eine stete Abnahme von Stahl und Eisen zu verzeichnen; dagegen werden zunehmend Kunststoffe eingesetzt. Auch Aluminiumgussteile werden in steigendem Maße durch Kunststoffe ersetzt. Zink und Zink-Nickel nehmen bei der Bewertung des Chemieeinsatzes zusammen mit den Nachbehandlungsverfahren eine Vorrangstellung ein. Verwendet werden diese Verfahren zur Herstellung des kathodischen Korrosionsschutzes für Eisenwerkstoffe.

Bei den nichtmetallischen Oberflächen spielt die Elektrotauchlackierung als Basislack für die Lackbeschichtung eine wichtige Rolle. Bei den Konversionsschichten sind dies die Phosphatierungen als eine der wichtigsten Tauchbeschichtungen; sie werden ebenfalls zum großen Teil als Lackuntergrund eingesetzt. Zinn wird in großem Umfang als Schutzschicht bei Konserven, als Lotwerkstoff sowie als Lagerwerkstoff verwendet.

Neben der galvanischen Abscheidung von Zink und Zinkverbindungen durch Galvanotechnik lassen sich mittels Thermdiffusion und Mechanical Plating hochwirksame Beschichtungen als Schutz gegen Korrosion oder als Basis für eine Lackierung einsetzen. Mit beiden Verfahren kann zudem die Wasserstoffversprödung vermieden werden. Das Metall Zink kommt zudem bei Zink-Flake-Beschichtungen zum Einsatz, wobei die Technologie auch für die Kombination beim Verbauen von Stahl mit Aluminium empfohlen wird. Obwohl Zinklegierungen einen immer höheren Stellenwert gewinnen, haben die alkalischen und sauren Zinkverfahren, beispielsweise aufgrund sehr guter Streufähigkeit, höherer Duktilität oder der Möglichkeit zur Gussbeschichtung, ihre Berechtigung. Am Beispiel von Zink-Nickel machte der Vortragende die Komplexität der galvanischen Legierungsabscheidung deutlich. Bei Zink-Nickel sollte darüber nachgedacht werden, inwieweit geringere Schichtdicken als die derzeit gebräuchlichen zum selben Korrosionsschutzwert führen. Damit lassen sich Vorteile durch die beschränkte Duktilität bei Schichten mit höherem Nickelgehalt ausgleichen.

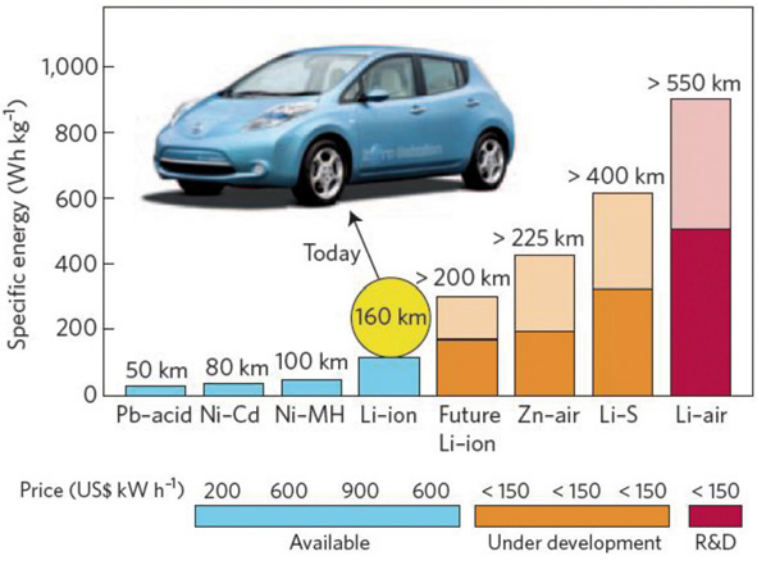
Bei Radschrauben werden mit Zink-, Zink-Flake- und Zink-Nickel-Schichten die Anforderungen erzielt, die unter anderem die Optik, das Lösen und wieder Anziehen oder den Korrosionsschutz betreffen. Zink und Zink-Eisen sind für den Verbau mit Magnesium geeignet, während für Aluminiumwerkstoffe Zink-Nickel und Zink-Flake geeignet sind. In Bezug auf die Top-Coats müssen Verbesserungen in Bezug auf die Temperaturbelastbarkeit erarbeitet werden.

Zusammenfassend wies Morgenstern darauf hin, dass die Vielfalt der Oberflächenbehandlung auch in Zukunft Bestand haben wird, da die Anforderungen ebenso vielfältig sind wie die Eigenschaften der Oberflächen. Universelle Schichtsysteme, die in selber Art und Weise für unterschiedliche Grundmaterialien und verschiedene Anforderungsprofile eingesetzt werden, sind nach seinen Worten nicht zu erwarten.

**Batterietechniken**

Prof. Dr. Andreas Bund stellte Arbeiten zur Lösung von Anforderungen an die Elektrochemie vor. Als Hoffnungsträger der Batterietechnik steht die Lithiumionenbatterie, bei der Graphit und Kobaltoxid als Elektroden fungieren und Lithium der Ladungsträger ist. Diese Technik ist heute für die Praxis verfügbar und liefert derzeit eine Fahrleistung im Bereich von etwa 150 Kilometer. Für höhere Leistungen bieten sich nach derzeitigem Kenntnisstand die neuen Technologien mit den Materialien Lithium-Schwefel und Lithium-Luft an. Damit sollten Fahrleistungen im Bereich von 500 Kilometer möglich sein. Augenmerk muss beim Einsatz von elektrischer Energie auf die Speicherung von Energie gelegt werden, bei der alle Arten von Batterien im Hinblick auf die Kosten sehr schlecht abschneiden, wenn diese etablierten Verfahren, wie beispielsweise Benzin, für den Antrieb von Fahrzeugen gegenübergestellt werden.

Ein Vergleich der Energieeinsätze zeigt, dass Elektrofahrzeuge eine Energiemenge von 150 kWh speichern sollten, um gleiche Ergebnisse bei der Fahrleistung wie bei Verbrennungsmotoren erzielen zu können. Dafür müssten bei Lithiumionenbatterien 75 000 Euro bei einem Gewicht von 1 Tonne aufgewendet werden. Ein zehnminütiger




Leistungsvergleich unterschiedlicher Batteriearten Quelle: Bund

Ladevorgang würde zudem eine Leistung von 900 kW erfordern, was derzeit für das Aufladen mit den für Wohnhäuser üblichen Leistungen nicht realisierbar ist.

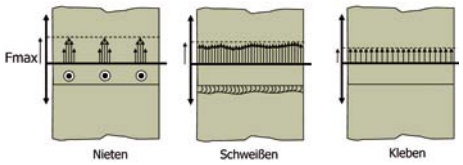
Ein Hoffnungsträger der Batterietechnik ist Lithium-Schwefel, bei der theoretisch 2500 Wh/kg erreichbar sind. Die Lithium-Luft-Batterie verspricht eine Verbesserung auf Werte von etwa 11 000 Wh/kg. Allerdings sind zur Realisierung noch zahlreiche Entwicklungen notwendig.

Problematisch ist unter anderem bei Lithiumbatterien die Bildung von Lithiumdendriten, die zum Kurzschluss der Batterie führen. Als Lösung bieten sich Zusätze zu den Elektrolyten zur Unterdrückung der Dendritenbildung an, deren Funktion in ersten Ansätzen bereits nachgewiesen wurde. Zur Herstellung von Lithium-Schwefel kann die Galvanotechnik in Form der Dispersionsabscheidung beitragen. Neben Kupfer kommt hierfür Nickel in Betracht, bei dem Nickelschäume mit eingebettetem Schwefel beschichtet werden. Eine weitere Herausforderung bei derartigen Batterien ist die Vermeidung von Korrosion zwischen den Lithiumelektroden und den Aluminiumzuleitungen. Hier hat sich gezeigt, dass mit Nickel-Phosphor-Schichten gute Ergebnisse erzielbar sind.

**Kleben**

Marcus Lämmer befasst sich mit dem strukturellen Kleben von Metall auf Metall im Automobilbau. Die Einsparung von Gewicht ist im Fahrzeugbau der hauptsächliche Treiber zur Änderung der Fügetechniken durch Einsatz von Klebeverfahren. Heute sind Klebungen bei der Verbindung von Teilen an Heckklappen, Türen oder Frontklappen zu finden, womit an Falzen entlang der Kanten Innen- und Außenteile miteinander verbunden werden. Die Klebung hat dabei neben der mechanischen Verbindung auch die Aufgabe der Vibrationsdämpfung. Die mechanischen Anforderungen ergeben sich vor allem aus Sicherheitsaspekten im Crash-Fall und müssen sich mit klassischen Verfahren wie Nieten, Schweißen oder Schrauben messen. Häufig schneiden die klassischen Verfahren aufgrund des höheren Aufwands oder eines hohen Wärmeeintrags bei der Herstellung schlechter ab, als Kleben.

Vorteilhaft beim Kleben ist die gleichmäßige Lastverteilung über die gesamte Verbindungsfläche, die eine Reduzierung der Grundmaterialstärken erlaubt. Einer der wesentlichen Nachteile beim Kleben ist das




Kleben resultiert in geringer Substratbelastung (F max) und damit im Einsatz dünnerer Substrate

Fehlen einer Lösungsmöglichkeit der beiden verbundenen Teile. Grundsätzlich ist es notwendig, beim Wechsel einer klassischen Verbindungstechnik auf Kleben, den Verbindungsbereich zu optimieren. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Verbindung nicht zu reduzierende Aushärtezeiten erforderlich macht; zudem erfährt das Klebstoffpolymer bei Belastung eine Formänderung. Insbesondere sind die thermischen Ausdehnungen der verbundenen Metalle von Nachteil, wenn unterschiedliche Metalle verbaut werden müssen. Im Ergebnis kann es zum Verziehen der Bauteile oder auch dem Brechen der Verbindung kommen. Moderne Klebstoffe erlauben beispielsweise das Verkleben von geölten Teilen oder optimierte Härtezeiten zur Herstellung von verzugsfreien Verbindungen, sodass hierdurch die Produktionsbedingungen deutlich verbessert werden können.

**Leichtbau**

Prof. Dr. Bertram Reinhold gab in seinem Beitrag einen Überblick über den Einsatz von Leichtbauwerkstoff in Form der hochfesten Stähle, Aluminium und Magnesium im Automobil. Üblich ist bereits heute eine Mischbauweise bei den Karosserien unter Einsatz von höchstfesten Stählen und Aluminium. Magnesium könnte dem Vortragenden zufolge für innen liegende Karosseriekomponenten in Betracht kommen, wird im Moment allerdings nicht verwendet.

Für den Einsatz von Aluminium sind die Beschichtungsarten Zink-Nickel und Zink-Lamelle die Verfahren der Wahl. Für funktionelle Teile werden Aluminiumgusslegierungen verwendet, die mit Zink-Nickel-Schichten versehen werden. Als alternative Verbindung wurde das Plattieren von Stahl mit Aluminium getestet. Dabei entstehen jedoch störende Diffusionsschichten, wodurch ein breiter Einsatz derzeit nicht möglich ist.

**Gesamtbeitrag kostenfrei unter:**
***www.womag-online.de***

POETON
Coating Technology Worldwide

**Apticote Coating solutions** for wear, corrosion, heat and friction problems **worldwide**

Poeton are surface coating specialists in hard chrome, anodising, electroless nickel, polymers, plasma spraying and metal/polymer composites. We also offer design and R&D support to all major industrial sectors worldwide.

For more information call
(+44) 1452 300 500
or sales@poeton.co.uk
Poeton Industries Ltd, Eastern Avenue,
Gloucester, GL4 3DN England

**www.poeton.co.uk**
Precision surface engineering excellence since 1898

Accredited Nadcap™

AS9100, Rev C & ISO 9001:2008

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

**Exkursion zum Fraunhofer-IOF in Jena**

Die DGO-Bezirksgruppe Thüringen besuchte mit 18 Fachkollegen im Juni 2016 das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena.

Dr. Ramona Eberhardt, Abteilungsleiterin im Bereich Feinwerktechnik, begrüßte die Besucher und gab einen Überblick über die Fraunhofer-Gesellschaft mit 66 Instituten und selbstständigen Forschungseinrichtungen, mehr als 23 000 Beschäftigten, 2,08 Milliarden Euro Finanzvolumen (2014) und weltweiter Vernetzung. Das IOF in der Optikregion Jena wurde 1992 gegründet und bis 2011 auf etwa 7000 m² Nutzfläche einschließlich Reinraumtechnik erweitert. Es entstand eine Prozesskette vom Systemdesign bis zum Prototypenbau von neuartigen optischen Komponenten. Gegenwärtig werden im IOF unter anderem

– innovative optische sowie feinmechanische Komponenten und Systeme
– funktionelle Oberflächen und Schichten,
– photonische Sensoren und Messsysteme
– und Lasertechnik

bis zur Anwendung im Zukunftsbereich entwickelt. Als weitere Forschungsfelder nannte Dr. Eberhardt unter anderen die Freiformtechnologie, den extremen Leichtbau für optische Komponenten, die ultradünne Multi-Aperturkamera für Projektionen auf Freiformflächen sowie die High-Speed-3D-Vermessung für Flugzeuge. Eine kurze Diskussion über die Vernetzung mit anderen Instituten und Hochschulen und über den jährlichen Wachstumszuwachs im IOF rundeten den Vortrag ab.

Im Anschluss berichtete Jan Kinast, Mitarbeiter in der Abteilung Feinwerktechnik im Fraunhofer IOF, über Oberflächentechnik für den Weltraum. Unter der Bezeichnung DESIS (DLR Earth Sensing Imaging Spectrometer) werden massenreduzierte Metalloptiken und Gehäuseteile für den Weltraum entwickelt. Diese Teile werden mit einer röntgenamorphen Funktions- oder Korrosionsschutzschicht extrem hoher Qualität beschichtet. Als Substratmaterial dient dabei ein thermisch angepasster, mit Siliziumpartikeln verstärkter Aluminiumwerkstoff. Durch die Verwendung dieses Substratwerkstoffs wird der nachteilige

Bimetalleffekt reduziert. Die unzureichende Oberflächengüte und -formabweichung nach der Ultrapräzisionsbearbeitung des Substrats werden durch die nachfolgend chemisch abgeschiedene Nickel-Phosphor-Schicht und deren Politur ausgeglichen. Die röntgenamorphe Schicht ermöglicht verschiedene Poliertechniken, um die Rauheit durch einen abschließenden Polierprozess bis < 1 nm rms zu erreichen. Zusätzlich lässt sich der Ausdehnungskoeffizient der Nickel-Phosphor-Schicht durch Veränderung des pH-Werts beziehungsweise des Phosphorgehalts beeinflussen. Gehäuseteile aus dem gleichen, mit Siliziumpartikeln verstärkten Aluminiumwerkstoff werden aus Korrosionsschutzgründen mit einer chemisch abgeschiedenen Nickelschicht versehen.

Den interessanten Vortrag lockerte Jan Kinast mit eindrucksvollen Fotos und Grafiken auf und lud die Teilnehmer zum Schluss seiner Ausführungen zur Laborbesichtigung ein. In zwei Gruppen aufgeteilt, konnte die Laboranlage zur Chemisch-Nickel-Beschichtung mit automatisierter Temperatur-, pH-Wert- und Nickelkonzentrationskontrolle besichtigt werden. In dieser Anlage wurden im Dauerbetrieb Schichtdicken über 300 µm erreicht. In der Ultrapräzisionsbearbeitung war eine taktile Ultrapräzisionsmessmaschine zur Analyse der Oberflächenformabweichung an nicht ebenen Geometrien, eine Ultrapräzisionsdrehmaschine und eine Freiform-Poliermaschine MRF zu sehen.

Von der modernen Technik beeindruckt wurden beim gemeinsamen Abendessen im Landgasthaus Ammerbacher Hof angeregte Gespräche über das Gesehene fortgeführt. Vor der Verabschiedung dankte Bezirksgruppenleiter Jens Heinze den beiden Referenten Dr. Ramona Eberhardt und Jan Kinast für ihr Arrangement, für die interessanten Vorträge und für die Möglichkeit der Laborbesichtigung im Fraunhofer-IOF.

Dr. P. Kutzschbach

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

**VOA Geschäftsstelle neu in München**

Der VOA, Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V., ist von Nürnberg nach München umgezogen. Im Haus der Bayerischen Wirtschaft hat der VOA seinen neuen Platz gefunden, um noch besser als Bundesverband für die Branche der Oberflächenveredelung agieren zu können. Die neue Adresse ist:

Max-Joseph-Straße 5, D-80333 München

➲ **www.voa.de**

## Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO)

**ZVO-Oberflächentage mit 72 Vorträgen**

Aus über 90 Vortragsvorschlägen hat das Programmkommittee das diesjährige Programm der ZVO-Oberflächentage vom 21. bis 23. September 2016 mit der 55. DGO-Jahrestagung zusammengestellt. Das hochkarätige Programm informiert unter anderem aus den Bereichen Update REACh, Industrie 4.0, funktionelle Oberflächensysteme, anwendungsnahe Zukunftstechnologien, Korrosionsschutz, Bauteilreinigung, Ergebnisse aus der Forschung, Material-/Energieeffizienz in der Galvano- und Oberflächentechnik, Bandgalvanisierung. Besonders zu erwähnen ist die Sonderveranstaltung über vorbeugenden Brandschutz, die insbesondere durch zahlreiche Brände in den letzten Jahren initiiert wurde. Dadurch wurde der Fokus der Versicherer auf die Galvano- und Oberflächentechnik gelenkt, die die Betriebe zu verstärktem Handeln im Hinblick auf Brandvorsorge zwingt.

Sehr erfreulich sind die zahlreichen Vorschläge aus dem Nachwuchsbereich: Der Programmpunkt *Junge Kollegen* findet in diesem Jahr mit insgesamt neun Vorträgen wieder am Donnerstag, 22. September statt.

Mit insgesamt 72 Vorträgen und Referenten wird das Programm eine neuerliche Ausweitung erfahren und eindrucksvoll die Leistungsfähigkeit der Galvano- und Oberflächentechnik unter Beweis stellen.

➲ **www.zvo.org**

### Schlötter mit neuem Exportleiter

Von Wuxi in China zurück an den Stammsitz im schwäbischen Geislingen an der Steige: Nach mehr als zehn Jahren in Fernost kehrte Volker Wohlfarth nach Deutschland zurück, um die Nachfolge von Ewald Müller, dem langjährigen Exportleiter der Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG anzutreten, der nach rund 50 Jahren im Unternehmen in den Ruhestand wechselte.

Zurück in Geislingen: Volker Wohlfarth

Auch Volker Wohlfarth, ausgebildeter Galvaniseur und Galvanotechniker, ist kein Unbekannter bei Schlötter: Er trat 1997 in das Unternehmen ein, wo er zunächst als Servicetechniker mit Schwerpunkt Verfahren für die Elektronikindustrie arbeitete. 2004 wurde sein Dienstsitz in die neu gegründete Zweigniederlassung nach Shanghai verlegt, um Kunden in China, Hong Kong, Taiwan, Korea, Singapur, Malaysia, Philippinen und Thailand zu betreuen. 2008 zog das Büro in das rund 120 Kilometer westlich gelegene Wuxi um, wo auch ein Servicelabor eingerichtet wurde. Während seines China-Aufenthaltes trug Wohlfarth maßgeblich dazu bei, das Vertriebsnetz von Schlötter in Fernost zu stärken. Gerade für Additive, die in der Leiterplatten- und Elektronikindustrie eingesetzt werden, sind die ostasiatischen Länder mittlerweile der wichtigste Absatzmarkt für Schlötter.

2012 eröffnete Wohlfarth zusammen mit Schlötters taiwanesischem Vertriebspartner AGES Triallian Corp. das PCB Development Center in Taipeh, in dem von der Geislinger F&E-Abteilung entwickelte Kupferverfahren unter produktionsnahen Bedingungen zur Marktreife gebracht werden können. Im selben Jahr meldete er außerdem mit Dr. Manfred Jordan ein Patent für ein Zinnverfahren zur Beschichtung von Widerständen an (Elektrolyt und Verfahren zur Abscheidung von lötbaren Schichten EP 2740820). Im Herbst 2013 organisierte Wohlfarth zusammen mit chinesischen Vertriebspartnern ein Automobilseminar in Shanghai zum Thema *Aktuelle Trends im Korrosionsschutz*, da in der sich rasant entwickelnden chinesischen Automobilindustrie auch die Nachfrage nach Zink-Nickel-Elektrolyten wächst.

➲ **www.schloetter.de**

### H2O eröffnet Geschäftsstelle in China

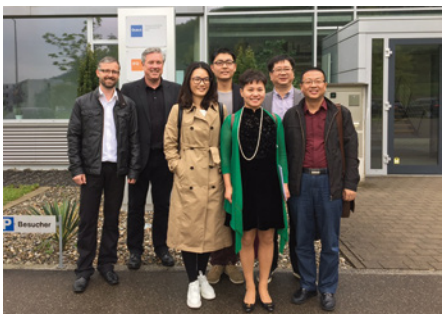
China ist nach Aussage von Matthias Fickenscher, Geschäftsführer der H2O GmbH, einer der wichtigsten Exportmärkte des Unternehmens. *Für uns war es an der Zeit, für unsere Kunden in China eine lokale Anlaufstelle zu schaffen*, ergänzt er. Ende 2015 eröffnete die, neben Polen und Schweden, bereits dritte Geschäftsaußenstelle der H2O GmbH in Kunshan (Shanghai), China.

Geschäftsführer der Niederlassung in Kunshan, Uwe Hanschke, betreut dort mit seinen Mitarbeitern in Administration, Vertrieb, Labor und Service die chinesischen Kunden. Kundenbesuche, Laborversuche, Ersatzteillieferungen und Serviceeinsätze können nun nach den Worten von Hanschke viel kurzfristiger, schneller und in Landessprache durchgeführt werden. *Davon profitierten unsere Kunden, wir bekommen viel positives Feedback*, betont Uwe Hanschke. Die zahlreichen Erfahrungen des Unternehmens in China hätten außerdem einen weiteren Vorteil: *„Wir kennen den chinesischen Markt und die strengen Umweltstandards. Deshalb sind wir in der Lage, optimale Lösungen für unsere Kunden anzubieten.*

➲ **www.h2o-de.com**

### Chinesischer Qualitätsverband bei ifo

Seit mehreren Jahren betreibt das Ifo ein Prüflabor in der Region um Hangzhou in China. Es sichert dort die Produktionen von oberflächenveredelten Aluminiumprodukten ab, die aus China weltweit exportiert werden. Die fünfköpfige Delegation aus China verschaffte sich nun einen Überblick über die Dienstleistungen am deutschen Standort des neutralen Prüfinstituts.



Marc Holz und Geschäftsführer Michael Müller mit der chinesischen Delegation des Qualitätsverbands (v. l.)

Die Ingenieure des Labordienstleisters Ifo arbeiten hier und weltweit nach anerkannten Prüf- und Gütebestimmungen und erfassen vor Ort Verfahrensabläufe und die Qualität der produzierten Bauteile. Diese neutrale Überwachung sorgt bei Betrieben für gleichbleibende Standards, die durch Qualitäts- und Gütezeichen belegt werden.

Herr Pan, Qualitätsmanager von Guang Ya Aluminium, hob bei seinem Besuch die gute Zusammenarbeit und Kompetenz hervor, die durch das Ifo-Institut lokal vor Ort in China geschaffen wurde. Seit Ende der 90er Jahre ist das Institut für Oberflächentechnik GmbH bereits in China aktiv. Michael Müller, Geschäftsführer der Ifo GmbH, berichtet von einem kontinuierlichen Wachstum und einem Wandel der chinesischen Massenproduktion hin zu einer qualitätsorientierten Fertigung. Hieraus werden zukünftig weitere Geschäftsbereiche erwartet, in denen das Institut mit seinen Dienstleistungen agieren wird.

➲ **www.ifo-gmbh.de**

## Inserentenverzeichnis


| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| AHC Oberflächentechnik | 25 | OTTI e.V. | 41 | STZ Oberflächen- und Beschichtungstechnik | 15 |
| A.S.T. GmbH | 21 | Oxford Instruments | U2 | STZ Tribologie | 9 |
| Bohncke GmbH | 1 | Poeton Industries Ltd. | 37 | ZVO e.V. | Beilage |
| eiffo eG | U4 | PSE | 18 | | |
| NovoPlan GmbH | U2 | Ruhl & Co. GmbH | 35 | | |

# Qualifizierter Nachwuchs für die Industrie – Galvanotechniker aus Schwäbisch Gmünd

Im Rahmen einer Feierstunde der Gewerblichen Schule Schwäbisch Gmünd wurden am 16. Juli die erfolgreichen Absolventen der Fachschule für Galvanotechnik Schwäbisch Gmünd verabschiedet. 20 erfolgreiche Absolventen konnten ihre Zeugnisse entgegennehmen. Mit zwei Preisen und fünf Belobigungen bei einem Klassendurchschnitt von 2,5 war die Freude über einen wieder sehr erfolgreichen Jahrgang groß.

Schulleiter Gerhard Barreith begrüßte die Gäste; Karl Kurz, Kämmerer des Ostalbkreises, überbrachte die Glückwünsche des Ostalbkreises als Schulträger. Er unterstrich die Bedeutung des Schulstandorts Schwäbisch Gmünd für den Kreis, die auch in den bereits getätigten und noch anstehenden Investitionen, insbesondere für das Berufliche Schulzentrum, zum Ausdruck kommt. Für die Stadt Schwäbisch Gmünd gratulierte der Erste Bürgermeister Dr. Joachim Bläse den Absolventen. Er betonte die große Bedeutung von qualifizierten Fachkräften für den Wirtschaftsstandort Deutschland mit der produzierenden Industrie als Basis.

Im Namen des Fördervereins für die Fachschulen der Galvano- und Leiterplattentechnik Schwäbisch Gmünd e. V. überbrachte Vorstandsvorsitzender Frank Friebel (Umicore Galvanotechnik GmbH, Schwäbisch Gmünd) den neuen Technikern die Glückwünsche und übergab die Preise des Fördervereins für die besten Leistungen. Die Mitglieder des Fördervereins sind neben Absolventen der Technikerschule regionale und überregionale Fachfirmen/Betriebe der Galvano- und Leiterplattentechnik. Der Verein unterstützt die Schule finanziell und ermöglicht damit, die Qualität der Ausbildung zu verbessern. Gleichzeitig werden die wichtigen Kontakte zwischen Industrie und Schule intensiviert, was sowohl den Absolventen bei der Wahl von Arbeitsplätzen als auch der Schule hilft.

Die erfolgreichen Absolventen des Jahrganges der Fachschulen für Galvanotechnik sind:

- Bartsch, Justin (Belobigung)
- Best, Ronny
- Burk, Sven
- Daubert, Alexander
- Dechant, Tim
- Fais, Alexander (Belobigung und 3. Preis des Fördervereins)
- Fieser, Sebastian
- Frolov, Pavel
- Fuhrmann, Maik
- Hofer, Ekalak
- Knäble, Raphael
- Orel, Ogün
- Popko, Christoph (Belobigung)
- Schaale, Peter (Belobigung)
- Stärk, Roman
- Steiner, Oliver (Preis der Schule und 2. Preis des Fördervereins)
- Studer, Philipp (Preis der Schule und 1. Preis des Fördervereins)
- Wäckerle, Tobias
- Weber, Andreas
- Zschäbitz, Cedric (Belobigung).

Die Ergebnisse seiner Abschlussarbeit über die *Lackierbarkeit von verzinkten und passivierten Stahlteilen sowie passivierten Zinkdruckgussteilen in Bezug auf den Korrosionsschutz* stellte Alexander Fais in anschaulicher Weise vor: Er konnte an diesem Beispiel zeigen, wie Umwelt- und Gesundheitsschutz zugleich die Qualität verbessern und Produktionskosten senken können. Durchgeführt wurde die Arbeit bei der Gretsch Unitas GmbH, Ditzingen.

Die weiteren Themen der Absolventen waren:

- Untersuchung und Bewertung der Erstellung einer Pilotanlage für Chemisch-Nickel-PTFE-Dispersionsverfahren mit einem neuartigen Messsystem zur Online-Ermittlung der Abscheiderate (Justin Bartsch)
- Optimierung und Beobachtung des Ablaufverhaltens beim Versiegelungsprozess am Beispiel sauer verzinkter Bremssättel (Ronny Best)
- Anodenauswahl unter Zuhilfenahme von Stromdichte-Potentialkurven (Sven Burk)
- Zinn-Nickel-Legierungsabscheidung (Alexander Daubert)
- Spülwasseroptimierung und Dimensionierung einer Ionenaustauscheranlage (Tim Dechant)
- Haftfestigkeit von Kupferinnenlagen in einem 8-Lagen-Multilayer (Sebastian Fieser)
- Zinn-Nickel-Legierungsabscheidung (Pavel Frolov)
- Elektrolytische Nickel/Kobalt/Phosphor Legierungsabscheidung (Maik Fuhrmann)
- Optimierung und Beobachtung des Ablaufverhaltens beim Versiegelungsprozess am Beispiel sauer verzinkter Bremssättel (Ekalak Hofer)
- Schwarznickel (Raphael Knäble)
- Cyanidfreies Abscheiden von Zinn-Zink-Legierungsüberzügen (Ogün Orel)
- Spülwasseroptimierung und Dimensionierung einer Ionenaustauscheranlage (Christoph Popko)
- Elektrolytische Nickel/Kobalt/Phosphor Legierungsabscheidung (Peter Schaale)
- Schwarznickel (Roman Stärk)
- Untersuchung und Optimierung des Beschichtens von Aluminiumprofilen mit nickelfreier Zwischenschicht und anschließendem Versilbern (Oliver Steiner)
- Haftfestigkeit von Kupferinnenlagen in einem 8-Lagen-Multilayer (Philipp Studer)

Die frisch gebackenen Galvanotechniker mit Ehrengästen, Schulleiter und Lehrern (Bild: A. Striso)

– Cyanidfreies Abscheiden von Zinn-Zink-Legierungsüberzügen (Tobias Wäckerle)
– Anodenauswahl unter Zuhilfenahme von Stromdichte-Potentialkurven (Andreas Weber)
– Untersuchung und Optimierung des Beschichtens von Aluminiumprofilen mit nickelfreier Zwischenschicht und anschließendem Versilbern (Cedric Zschäbitz)

In seinem Rückblick auf zwei Jahre Technikerausbildung in Schwäbisch Gmünd dankte Klassensprecher Justin Bartsch dem Förderverein der Fachschulen, der Schule sowie der Lehrerschaft und den Angehörigen im Namen der Absolventen.

➲ www.gs-gd.de

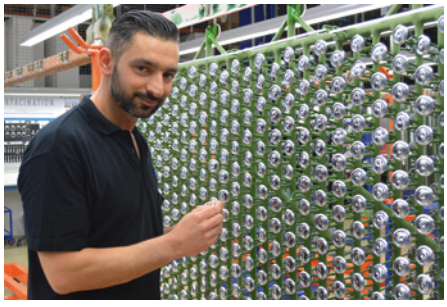
# Gezielte Vermittlung von Fachwissen durch Weiterbildung

*Geprüfter Werkmeister Kunststoffgalvanik (FGK)* lautet der Titel, mit dem jetzt erstmals elf Absolventen des berufsbegleitenden Fachlehrgangs ausgezeichnet wurden. Der 18-monatige Lehrgang wurde federführend vom Kunststoff-Institut Lüdenscheid in Kooperation mit dem Fachverband Galvanisierte Kunststoffe (FGK) durchgeführt und ermöglicht Fachkräften der Kunststoffgalvaniken eine neue und speziell auf die Branche bezogene Qualifizierung.

Wie der FGK-Vorsitzender Jörg Püttbach erklärte, wurde der Lehrgang geschaffen, um den Bedürfnissen der Kunststoff verarbeitenden Industrie nach qualifizierten Fachkräften auf Meisterebene mit dem Schwerpunkt Kunststoffgalvanik gerecht zu werden. Wichtig war den Verantwortlichen die gezielte Vermittlung von neuen Technologien und Innovationen in der Kunststoffgalvanik. Neben fachspezifischen Themen, wie Anlagentechnik und Galvanotechnik, standen auch Umwelt- und Gewässerschutz, Personalführung sowie Qualitätssicherung auf dem Lehrplan. Den Dozenten aus der Industrie gelang es, ihren umfangreichen Erfahrungsschatz praxisnah zu vermitteln.

Für die Zielgruppe der Galvaniseure und Oberflächenbeschichter ist in den insgesamt 280 Unterrichtsstunden erstmals ein Lehrgang im Angebot, der den Schwerpunkt nicht mehr auf die metallischen Werkstoffe richtet, sondern sich sehr intensiv mit Theorie und Praxis des Kunststoffgalvanisierens und der damit verbundenen Fachgebiete befasst. Aufgrund des hohen Bedarfs der Unternehmen und der guten Resonanz der Teilnehmer startet bereits im September 2016 der nächste Lehrgang.

➲ www.f-g-k.org



Mit dem neuen Werkmeister Kunststoffgalvanik gibt es ein praxisorientiertes Weiterbildungsangebot für Galvaniseure und Oberflächenbeschichter auf Meisterebene Quelle: BIA Kunststoff- und Galvanotechnik GmbH & Co. KG

Wissen nutzen – erfolgreicher sein!
OTTI

7. Fachtagung

Reinigen und Vorbehandeln in der Oberflächentechnik

15. bis 16. November 2016 in Karlsruhe

- Basiswissen zur industriellen Reinigung von Glas-, Kunststoff- und Metalloberflächen
- Wie finde ich das richtige Reinigungsverfahren? Troubleshooting
- Fokussierung auf die Werkstoffe Glas, Kunststoff und Metall jeweils mit
  → Spezifika der jeweiligen Materialoberfläche
  → typischen Verschmutzungsarten
  → Verfahrenstechnik
- Vermeidungsstrategien von Kontaminationen und Wiederverschmutzung – Analytik und Bewertung der Sauberkeit
- Erfahrungsberichte und konkrete Anwendungsbeispiele aus der betrieblichen Praxis
- Expertendiskussion an Thementischen zur „Glaskorrosion“, zur „Wasseraufbereitung“ und zur „Messung der Oberflächenspannung“
- Netzwerken
- Begleitende Fachausstellung

Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI)
Regensburg · Telefon +49 941 29688-25
E-Mail ilona.lamour@otti.de
www.otti.de

# eiffo

## FORSCHUNG ENTWICKLUNG INDUSTRIE

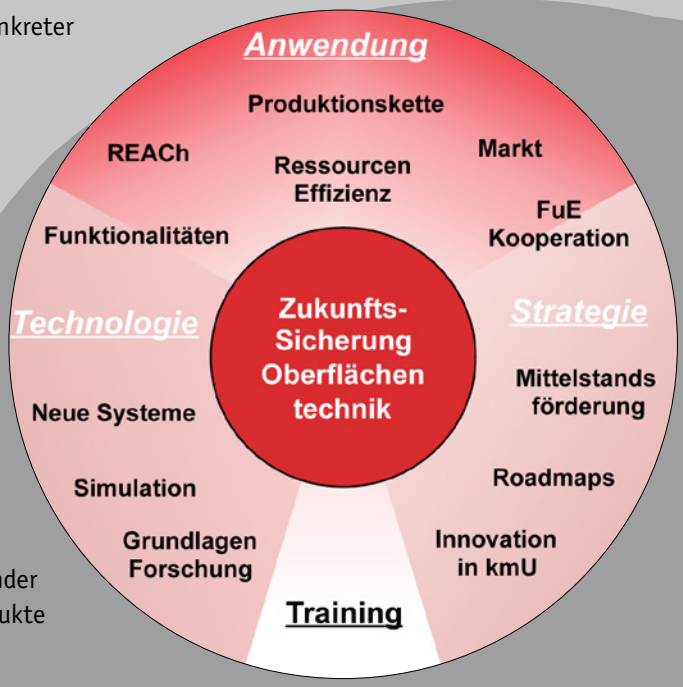
## *Zukunftssicherung ist ein wichtiges Ziel für Sie?*

Dann ist eiffo Ihr Partner

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

Bewährte Schwerpunkte bei eiffo sind:

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




Gemeinsam erreichen wir
Lösungen für die Hauptanforderungen der heutigen Zeit:

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

## *Unsere Besonderheit*

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

Alle wesentlichen Komponenten erfolgreicher Zusammenarbeit werden berücksichtigt:

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

www.eiffo.de