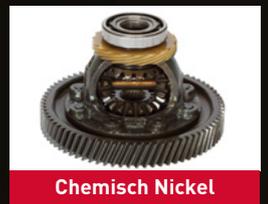
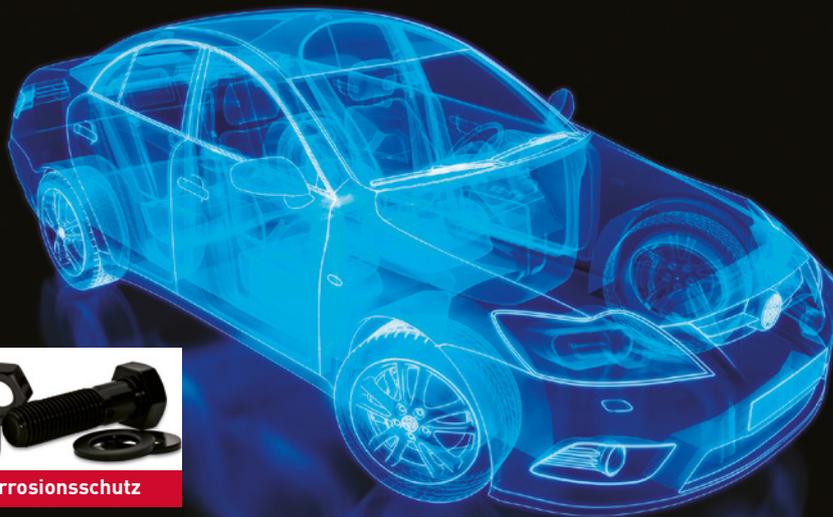


# WOMAG

**≡ Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche**



**Besuchen Sie uns auf den Oberflächentagen  
in Berlin, 13. – 15. September 2017**



## WERKSTOFFE

Leichtbau mit  
metallischen Werkstoffen

## WERKSTOFFE

Neuartige intermetallische  
Hartlegierungen zum Verschleißschutz

## MESSTECHNIK

Photothermie als neue Methode für  
zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

## OBERFLÄCHEN

HVOF-Technologie  
für optimalen Verschleißschutz

## OBERFLÄCHEN

Hochratenabscheidung von  
amorphen Kohlenstoffschichten

## SPECIAL

Filter zur Keimbekämpfung  
in Prozessflüssigkeiten

**SEPTEMBER 2017**



**VECCO**  
we will REACH the future



[www.veccohelp.me](http://www.veccohelp.me)

**Ihre Zukunft ist uns wichtig!**

**Der direkte Weg zum Interview mit den  
Experten des VECCO e.V. zum Thema  
Sunset Date**

**Ein weiteres wichtiges Datum:  
Mitgliederversammlung am 26. 10. 2017  
Würzburg – Festung Marienberg**



## Kein wirklich neues Problem



Vor kurzem (31. August 2017) wurden die Ergebnisse einer neuen Studie des Forschungsinstituts Prognos veröffentlicht, die für die Unternehmen im Umkreis der Werkstoff- und Oberflächentechnik nicht wirklich neu sind: der Mangel an Fachkräften wird in den nächsten 10 bis 15 Jahren deutlich zunehmen. Dieser Trend wird der Studie zufolge auch nicht durch den Wegfall zahlreicher Arbeitsplätze aufgrund der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung ausgeglichen, so die Studie weiter. Besonders in den stark durch manuelle Tätigkeiten geprägten Berufsfeldern des verarbeitenden Ge-

werbes oder des Handwerks besteht bereits seit längerem ein erheblicher Mangel an qualifizierten Fachkräften. Dies führt in der Regel bei den dort beschäftigten Fachkräften zu einer immer stärkeren Arbeitsbelastung, was wiederum die Attraktivität der Berufe bei Neueinsteigern nochmals reduziert. Ein Ausweg aus diesem Dilemma ist sicher nicht einfach zu finden.

Ein Ansatz könnte darauf beruhen, die Berufe durch Neuentwicklungen oder durch Einführung von IT-Technologien – was insbesondere auf die jungen Nachwuchskräfte eine positive Wirkung haben wird – zu gestalten. Die Möglichkeiten, mit Werkstoffen und der Werkstoffbearbeitung neuartige Produkte herzustellen oder vorhandene zu verbessern, sind erheblich. So zeigen Beiträge in der vorliegenden Ausgabe unterschiedliche Methoden zur Erhöhung der Verschleißbeständigkeit, beispielsweise durch die Auftragung von Hartstoffschichten oder durch den Einsatz neuer metallischer Werkstoffe. Des Weiteren finden zunehmend Automatisierungsverfahren und automatisierbare Messtechniken Einsatz, die für den Arbeiter in der Produktion körperliche Erleichterungen bedeuten und zugleich den Blick für Verbesserungen der Fertigungsverfahren freimachen. Die Ludy Galvanosysteme GmbH hat im Rahmen einer Hausmesse Anregungen für eine zunehmende Automatisierung aufgezeigt, beispielsweise für das Handling von Teilen oder die Beurteilung von Oberflächenqualitäten. Entwicklungen und Neuerungen wie diese tragen dazu bei, dass auch für klassische Berufsfelder mit oftmals eingefahrenen Vorgehensweisen durch moderne Trends zur Realität werden können.

Eines ist aus heutiger Sicht klar erkennbar: die technischen Berufe bieten jungen Menschen ein großes Potenzial für die Zukunft. Fachkräfte mit langjähriger Berufserfahrung sind aufgefordert, diese Erkenntnis den Nachwuchskräften zu vermitteln und die Umgestaltung der bestehenden Berufsfelder zur Steigerung der Attraktivität zu unterstützen.

## WOMAG – VOLLSTÄNDIG ONLINE LESEN

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



# Sager + Mack®

Leading the way in pumps and filters



MAGNETPUMPEN  
TAUCHPUMPEN  
FILTERSYSTEME



### Plattenfilter mit optimiertem Strömungsentwurf!

- Kapazitäten bis **3x 45m<sup>3</sup>/h**
- Neu-entwickelte Platten - einzigartig auf dem Markt
- Konzipiert für den Bedarf einer großen Filterfläche und einer hohen Schmutzaufnahmekapazität
- Niedrige Drücke führen zu längeren Standzeiten und besserer Filtration



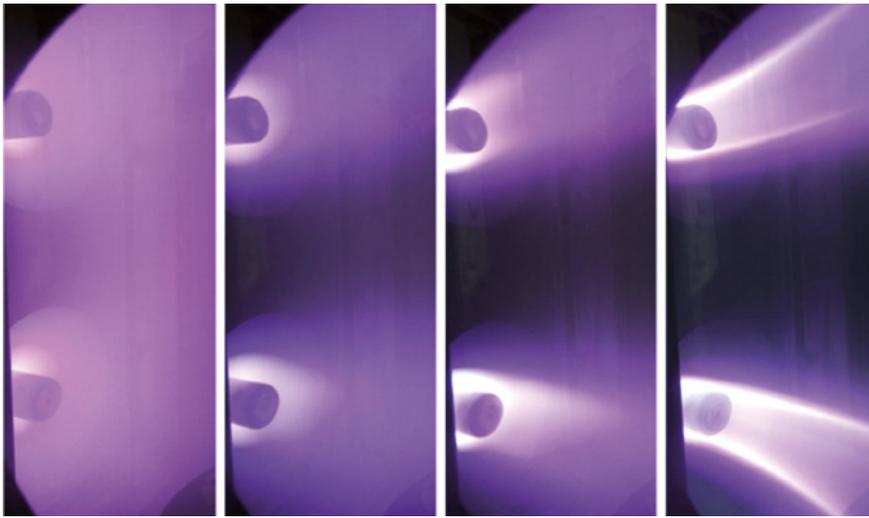
**OT** ZVO-OBERFLÄCHENTAGE  
**BERLIN**  
13.-15.09.2017  
Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

Wir stellen aus  
Stand Nr.:  
**64**

[www.platten-filter.de](http://www.platten-filter.de)

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

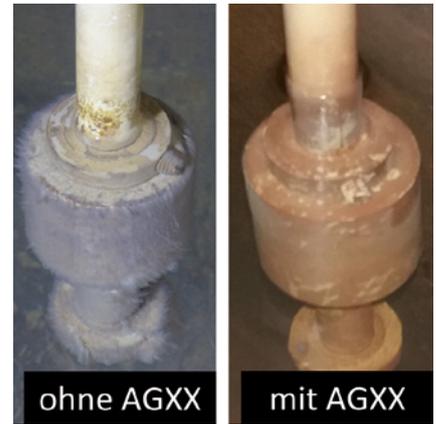
# INHALT



## 30 Plasmatechnik zur Herstellung von amorphen Kohlenstoffschichten



## 28 HVOF-Technologie für Verschleißschutzschichten



## 16 Keimbekämpfung in Wasser



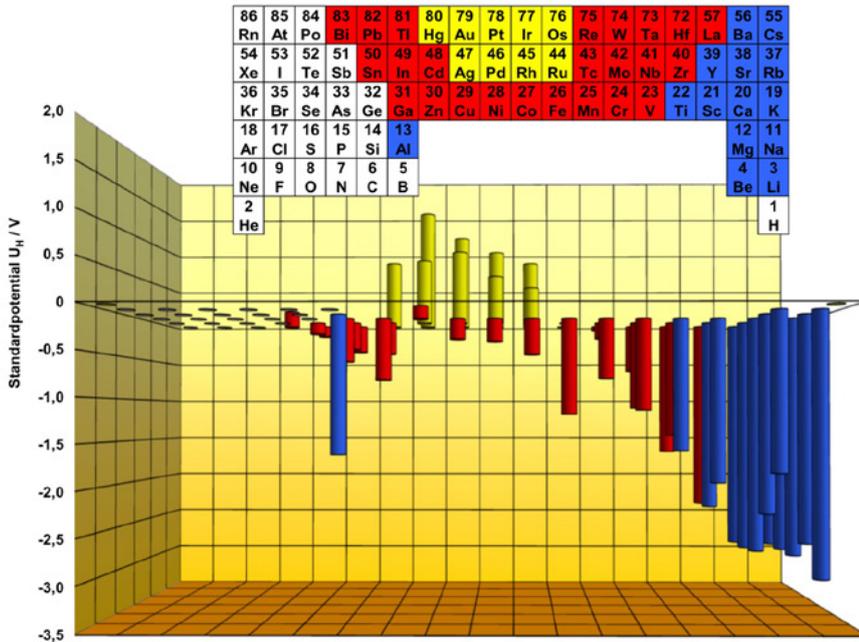
## 14 Additive Fertigung

### WERKSTOFFE

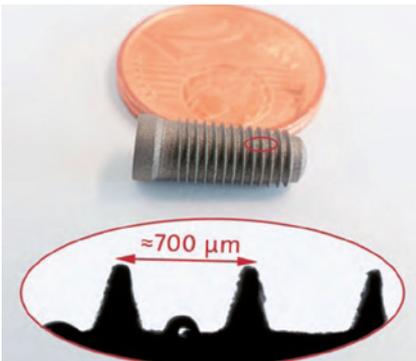
- 4 Leichtbau mit metallischen Werkstoffen
- 6 Trocknung gefrorener Profile für den Flugzeugbau
- 8 Photothermie als neue Methode für zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
- 10 Fest wie Baustahl, leicht wie Carbon und trotzdem aus der Natur
- 12 Entwicklung neuartiger intermetallischer Hartlegierungen zum Verschleißschutz
- 14 Additive Manufacturing trifft Oberflächentechnik

### OBERFLÄCHEN

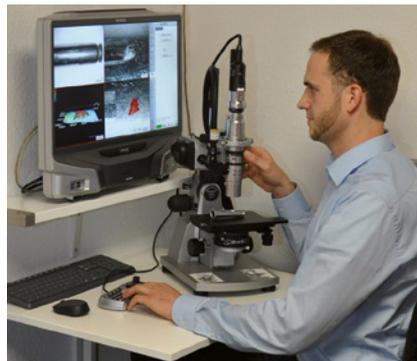
- 16 ae-aqua-Filter zur Keimbekämpfung in Prozessflüssigkeiten – Anwendungsbeispiele aus der Praxis
- 18 Herausforderung REACH – Die EU fordert nickelfreie Bedarfsgegenstände
- 20 Benetzungsanalyse: Kontaktwinkel auf kleinsten Oberflächen messen
- 22 IVD-Aluminium-Beschichtung – zertifiziert für die Luft- und Raumfahrt
- 24 Schutz vor Abrasion mit PlanoTek Dispersionsschichten CNB und CNBV
- 24 Natürliche Aluminiumoberfläche mit individuell variierenden Gestaltungsmöglichkeiten
- 26 Moderne Prozessentwicklung für die Oberflächentechnik – der nächste Schritt
- 28 HVOF-Technologie für optimalen Verschleißschutz – Höchste Qualität und Präzision



## 4 Vergleich der Eigenschaften von Leichtbauwerkstoffen



## 20 Benetzungsmessung



## 34 Schmalriete-Zink

## OBERFLÄCHEN

- 30** Hochratenabscheidung von hydrogenisierten amorphen Kohlenstoffschichten (a-C:H) mittels plasmaaktivierter chemischer Gasphasenabscheidung (PECVD)
- 32** Saubere Arbeit für saubere Bahnteile
- 34** Korrosion vermeiden – Werte erhalten – mit Zink als Garant gegen Korrosion
- 37** Aktuelle Forschung und Entwicklung in der europäischen Oberflächentechnik

## RUBRIKEN

- 40** Informationen aus Unternehmen und Verbänden:  
Studienzentrum Rottweil – Kunststoff-Institut Lüdenscheid – Arbeitskreis Atmosphärendruckplasma – Benseler – EnviroFalk – Zink Körner – OTEC – DGO e.V. – VOA – FGK – QIB

**Zum Titelbild:** Die MacDermid Enthone GmbH stellt als einer der großen Anbieter von Chemie und Verfahren der Oberflächentechnik ihre Produkte auf den ZVO-Oberflächentagen in Berlin vor



**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 2017 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. 6 vom 4. November 2016

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

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

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

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

**Gerichtsstand und Erfüllungsort**  
Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Waldshut-Tiengen

**Herstellung**  
WOTech GbR

**Grafische Gestaltung (Grundlayout)**  
Wasserberg GmbH

**Druck**  
Holzer Druck + Medien GmbH & Co. KG  
Fridolin-Holzer-Straße 22+24, 88171 Weiler  
© WOTech GbR, 2016



Zum online-Artikel

Die Realisierung von hochwertigen Produkten aus Leichtbauwerkstoffen setzt voraus, dass möglichst viele Parameter der Werkstoffe eine Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik erzielen. Zu betrachten sind hier im ersten Schritt die Kennwerte bei mechanischer Belastung, wie der Elastizitätsmodul sowie die Grenzwerte für die mechanische Spannung beim Versagen. Diese Werte werden im Hinblick auf die Dichte der jeweiligen Werkstoffe bewertet. Des Weiteren sind insbesondere bei Leichtmetallen die Korrosionsanfälligkeiten zu berücksichtigen. Um Produkte herstellen zu können, müssen die Metalle in vielen Fällen beispielsweise aus Blechen als Ausgangsmaterial mechanisch verformt werden - auch die hierfür vorliegenden Kennwerte beeinflussen den möglichen Einsatz der Leichtbauwerkstoffe.

### Lightweight Construction with Metallic Materials

Creating high-end products from lightweight materials assumes that various properties of the materials used, brings with it an improvement over similar products made from conventional materials. Of critical importance at the outset is a knowledge of the various parameters related to mechanical loading such as the elasticity modulus and the limiting value of mechanical stress to failure. These parameters are assessed in terms of the density of materials to be used. In addition, and especially in the case of light metals, corrosion resistance must be considered. To manufacture a product, the metals must in most cases be mechanically formed, as is the case when metal sheet is the starting material. Here too, the relevant parameters determine whether a lightweight metal can be used.

Abbildung 1 zeigt Gesichtspunkte einer Kostenreduzierung, eines schonenden Umgangs mit den verfügbaren Ressourcen und der Umwelt bei der Fertigung wie auch beim Betrieb eines Bauteils. Ein ganz wesentlicher Aspekt zur Minimierung der Betriebskosten ist der letztgenannte Punkt. Er führt unmittelbar zum Gegenstand dieses Beitrags, der Umsetzung des Prinzips *Leichtbau*.

### 1 Die Verhältnis Versagensspannung/Dichte und Elastizitätsmodul/Dichte

Während die Definition des *Elastizitätsmoduls* als Proportionalitätskoeffizient zwischen Spannung  $\sigma$  und Dehnung  $\epsilon$  selbsterklärend ist (Abb. 2; AFK: hier mit 45 % bis 50 % Aramidfasern verstärktes Epoxidharz; GFK: hier mit 65 % bis 70 % Glasfasern verstärktes Epoxidharz; CFK: hier mit 65 % bis 70 % Kohlenstofffasern verstärktes Epoxidharz), erfordert die Definition des Begriffs *Versagensspannung* einige erklärende Worte.

Im Sinne des Konstrukteurs versagt ein Bauteil mit Auftreten einer plastischen Verformung, einer Rissbildung oder des Bruchs. Daher liegt die Versagensspannung werkstoffgruppenabhängig bei den Kennwerten, die in *Abbildung 3* wiedergegeben sind: Bei den plastisch mehr oder weniger gut verformbaren Metallen und monolithischen Kunststoffen wird die Versagensspannung  $\sigma_{vz}$  im Zugversuch bei Erreichen einer gewissen plastischen Dehnung ermittelt (bei Metallen i. A. 0,2 % und bei Polymeren i. A. 1,0 %;

Abb. 4a). Bei den plastisch nicht verformbaren Keramiken und Silikatgläsern wird sie dagegen mit Eintreten des ersten Anrisses angegeben, wobei wegen der Rissensibilität die Versagensspannung  $\sigma_{vz}$  bei Zugbeanspruchung erheblich unter der bei Druckbeanspruchung  $\sigma_{zd}$  liegt (Abb. 4b).

Umgekehrtes gilt für die faserverstärkten Duroplaste. Demzufolge differieren bei keramischen Werkstoffen die im Zugversuch und Biegeversuch und bei faserverstärkten Duroplasten die im Zug- und Druckversuch ermittelten Versagensspannungen deutlich (Abb. 3). Bei letzteren liegt die Versagens-

spannung  $\sigma_{vz}$  bei Zugbeanspruchung erheblich über der  $\sigma_{zd}$  bei Druckbeanspruchung  $\sigma_{zd}$ , bei der es frühzeitig zur Delamination zwischen Faser und Duroplastmatrix kommt (Abb. 4c). Die Definition der Dichte als Quotient aus Masse  $m$  und Volumen  $V$  ist dagegen wieder selbsterklärend (Abb. 5).

Soll die Masse eines Bauteils minimiert werden, so kann dies über eine zweckdienliche Wahl eines Werkstoffs und der anschließenden Angabe der Wanddicke des Bauteils geschehen. Konzepte, wie dies in Abhängigkeit vom Belastungsfall geschehen kann, sind in [1] dargestellt. Darf die Verformung eines

Minimierung der Fertigungskosten Schonung von Ressourcen und Umwelt	<b>Kostengünstiger zweckdienlicher Werkstoff</b>
	<b>Geringer Verbrauch an zweckdienlichem Werkstoff durch geringe Toleranzabweichungen</b> → weniger Späne/Verschnitt
	<b>Geringe Formgebungskräfte</b> → filigrane Werkzeuge geringer Festigkeit
	<b>Wenige einzelne Formgebungsschritte</b> → "Endkonturnahe Formgebung"
	<b>Wenige Einzelteile</b> → weniger Dichtungs-, Füge- und Montagearbeiten
	<b>Einbaufertige Oberflächenqualität</b> → Keine Späne
	<b>Geringer Verbrauch an Fertigungshilfsmitteln</b>
Minimierung der Betriebskosten	<b>Lange Wartungsintervalle und geringer Reparatur-/Ersatzteilbedarf</b> → hohes Versagensspannung, Dauerfestigkeit, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit bei akzeptabler Bruchdehnung und Bruchzähigkeit
	<b>Wenig Energie zur Beschleunigung dynamisch bewegter Baugruppen</b> → hohes Elastizitätsmodul/Dichte-Verhältnis und hohes Versagensspannung/Dichte-Verhältnis → Steigerung von Versagensspannung und Elastizitätsmodul durch Übergang von monolithischen zu Verbundwerkstoffen → Reduzierung der Dichte durch Übergang von Massivbauweisen zu Hohlstrukturen

Abb. 1: Gesichtspunkte einer kostenreduzierenden Fertigungsweise und Betriebsweise



## Reinigen und passivieren von Aluminium

-  Verbesserter Korrosionsschutz
-  Hervorragender Haftgrund für Farben und Lacke
-  Hemmung der natürlichen Oxidschicht
-  Optimale Basis für Folgeprozesse:
  - Schweißen
  - Lackieren
  - Kleben
  - Vulkanisieren
-  Umweltfreundliches Verfahren
-  Erfüllt die Restschmutz-anforderungen nach VDA 19

Ihr kompetenter Ansprechpartner:

**Holder GmbH Oberflächentechnik**

D-73230 Kirchheim/Teck

Peter Oberkircher

Tel. 07021.5704-168

p.oberkircher@holder-oft.de



Elastizitätsmodul E / GPa (log)

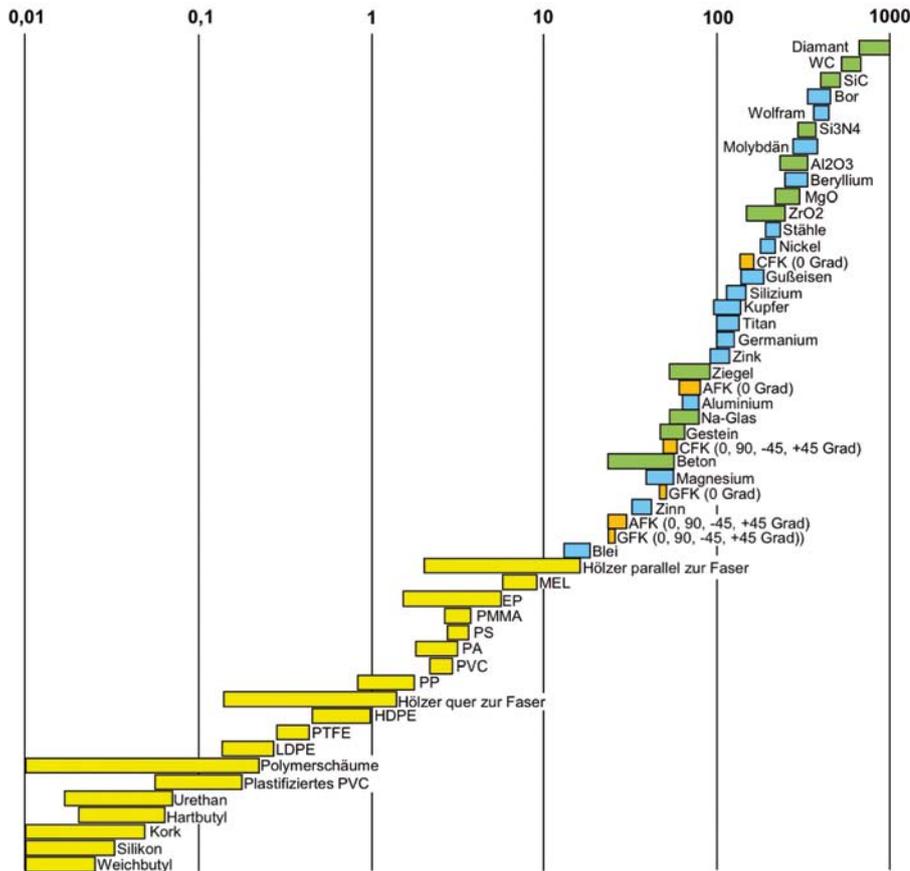


Abb. 2: Elastizitätsmodul von Werkstoffen

Bauteils zum Beispiel wegen einer Beschränkung des Verformungsfreiraums oder einer Vorgabe der Spaltmaße ein gewisses Maß nicht überschreiten, so können zweckdienliche Werkstoffgruppen aus *Abbildung 6* entnommen werden. Darf die Versagensspannung ausgeschöpft werden, so lassen sich zielführende Werkstoffgruppen aus *Abbildung 7* beziehungsweise *Abbildung 8* entnehmen.

Auf der Masterlinie, welche in ihrer Steigung durch den Beanspruchungsfall gegeben ist, liegen jeweils Werkstoffe, die alle bis auf die Wanddicke hinsichtlich Dimensionierung, Beanspruchung und Masse des Bauteils identisch sind. Geht man auf der Masterlinie nach unten links, so erhöht dies die Wanddicke. Umgekehrtes gilt, wenn man nach oben rechts wandert. Wird die jeweilige Masterlinie nach oben verschoben, so reduziert dies die Masse des Bauteils. Umgekehrtes gilt bei einer Verschiebung der Masterlinie nach unten.

In *Abbildung 6* bis *Abbildung 8* wurde die Masterlinie für den häufig vorkommenden Fall eines axial auf Zug beanspruchten Stabes so gelegt, dass unter Minimierung der Bauteilmasse zur Bauteilauslegung metallische Werkstoffe gerade noch in Frage kom-

men. Beryllium-Werkstoffe stehen wegen ihrer Toxizität und Bor- sowie Silizium-Werkstoffe wegen ihrer Sprödigkeit für eine Bauteilauslegung nicht zur Verfügung.

Keramische Werkstoffe sind bei zugbeanspruchten Bauteilen wegen ihrer geringen Bruchzähigkeit (*Abb. 9*), welche mit einer geringen Versagensspannung verbunden ist (*Abb. 7*), für eine Bauteilauslegung unter der Prämisse des Leichtbaus ausgeschlossen. (Unter ganzflächig axial wirkender Druckspannung können nicht zu schlanke Bauteile aber durchaus aus Keramik gefertigt werden (*Abb. 8*!))

### Lesen Sie weiter unter [womag-online.de](http://womag-online.de)

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im ersten Teil des Beitrags werden die Festigkeitswerte und Korrosionsbeständigkeiten gegenübergestellt. Detailliert werden die für die Umformung maßgeblichen Eigenschaften wie Zug- und Druckspannungen oder Zähigkeit aufgelistet und bewertet.

Der Gesamtumfang des Beitrags, Teil 1, beträgt 7 Seiten mit 19 Abbildungen.

## Trocknung gefrorener Profile für den Flugzeugbau

Eine der Hauptbaugruppen im Flugzeugbau stellt der Flugzeugrumpf dar, der sowohl alle anderen Flugzeugteile verbindet als auch Cockpit, Passagier- und Nutzlastenräume beinhaltet. Damit Kräfte optimal aufgefangen werden, hat der Rumpf einen runden oder ovalen Querschnitt, der überdies der Aerodynamik gerecht wird. Somit werden zum Bau des Rumpfes an die Form angepasste Profile benötigt. Die Erzeugung der Form stellt die Hersteller vor besondere Herausforderungen, denn sie kann nur bei bestimmten Temperaturen und nur in einem sehr begrenzten Zeitfenster stattfinden. Ein niedersächsisches Unternehmen fand hier eine Lösung durch eine Kombination aus Gefrieren, Antauen und Trocknen.

Claudius Peters aus Buxtehude stellt in seiner Aerospace Division Flugzeugkomponenten für das europäische Airbusprogramm her. Unter anderem werden dort Aluminiumprofile produziert und verarbeitet, die später einmal Teil eines Corpus von Flugzeugen werden. Viel Know-how ist notwendig, um die entsprechende Geometrie zu erzielen und ganz besonders, um spätere Ermüdungen oder Risse zu verhindern. Die Kräfte, die während des Fluges auf das Material einwirken, sind enorm. Ebenso wie die internationalen Vorschriften im Flugzeugbau, denen die Baugruppen natürlich Genüge leisten müssen. Das weltweit operierende Unternehmen, das Teil einer privaten Engineering-Gruppe in England ist, gefriert die Profile, damit das innere Gefüge seinen Zustand behält. Im aufgetauten Zustand können die Aluminiumprofile dann verarbeitet werden. Dafür steht gemäß der Verarbeitungsvorschriften lediglich ein kurzes Zeitfenster zur Verfügung. Allerdings ist diese Zeit nur bedingt nutzbar, denn während der ersten Auftauphase entsteht ein Kondensat an den Profilen. Zur Verarbeitung müssen die Teile aber komplett trocken sein. *Zudem müssen die Profile bis in den Kern eine konstante Temperatur aufweisen, damit sie nach dem Trocknen nicht nochmals nachkühlen und erneut Kondensat entsteht*, legt Mona Lemke, Leiterin des Flugzeugteilebaus bei Claudius Peters dar. *Auch dürfen 60 °C Trocknungstemperatur beziehungsweise 25 °C Produkttemperatur nicht überschritten werden, da die Bauteile sonst beschädigt oder nicht direkt weiterverarbeitet werden können*, so Lemke weiter. Doch die Anforderungen seitens Claudius Peters sind noch umfangreicher. Auch in Sachen Trocknungszeit, Energie und Geräuschbelastung hat der Komponentenhersteller die Messlatte hochgelegt. Um all diese Hürden zu meistern, machte sich Claudius Peters auf die Suche nach einem entsprechenden Partner für eine passende Trocknung und wurde beim Trocknungsanlagenbauer Harter aus Stiefenhofen im Allgäu fündig.

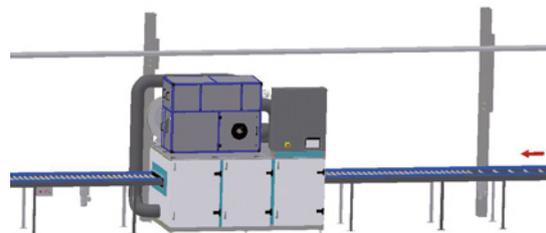
### Niedertemperatur als wesentlicher Parameter

Die Harter GmbH bietet mit ihrer Kondensationstrocknung auf Wärmepumpenbasis eine ideale Lösung für eben diese komplexen Anforderungen. Ihre Art zu trocknen erfüllt kurze Trocknungszeiten, gleichmäßige Trocknung, konstante Parameter und vor allem niedrige Temperaturen. Das Projekt von Claudius Peters war dennoch in einigen Punkten eine große Besonderheit und erforderte viel Kreativität und Entwicklungsgeist seitens Harter. Wie in aller Regel wurden als erstes Trocknungsversuche durchgeführt. Zuerst wie üblich im Technikum bei Harter, zusätzlich vor Ort beim Kunden mit einer mobilen Versuchsstation. Auf diese Weise wurde der Weg für eine erfolgreiche Umsetzung dieses Projekts geebnet.

Durch die realisierte Trocknung konnte die Auftauzeit signifikant verkürzt und somit die Bearbeitungszeit verlängert werden. Heute werden die Profile bei Temperaturen zwischen 50 °C und 60 °C bei fester Trocknungszeit vollständig, homogen und zugleich schonend getrocknet. Nach der Trocknung haben die Profile eine Produkttemperatur von etwa 20 °C und liegen somit im geforderten Bereich zwischen 15 °C und 25 °C. Sie sind trotz ihrer schwierigen Geometrien an allen Stellen komplett trocken, sodass ein Nachkühlrisiko ausgeschlossen ist. Doch wie genau ist es physikalisch möglich, all diese Anforderungen zu erfüllen und wie wurden sie technisch umgesetzt?

### Luftentfeuchtung und Luftführung

Um das verstehen zu können, ist eine kurze Erläuterung der Funktionsweise der Kondensationstrocknung mit Wärmepumpe sinnvoll. Harter hat dieses permanent weiterentwickelte Verfahren vor über 25 Jahren erstmals auf den Markt gebracht und nutzt hier einen alternativen physikalischen Ansatz. Die Luft, die für die Trocknung verwendet wird, wird vorab in einem Aggregat sehr stark entfeuchtet und gleichzeitig erwärmt. Diese



### Konzept der Gesamtanlage

nun ungesättigte Luft wird in den Trockner und über die zu trocknenden Produkte geführt und nimmt dabei die Feuchtigkeit in kürzester Zeit auf. Anschließend wird die nun gesättigte Luft zurück ins Entfeuchtungsaggregat geführt und gekühlt. Das Wasser kondensiert aus und verlässt die Anlage. Im geschlossenen Kreislauf wird dann die wieder erwärmte trockene Luft erneut zur Trocknung bereitgestellt.

Durch das Trocknen mit trockener Luft ist es möglich, im Niedertemperaturbereich zu bleiben. Die Trocknungstemperatur kann je nach Anwendung und Kundenwunsch zwischen 20 °C und 90 °C variierbar eingestellt werden; in der Regel liegt sie zwischen 45 °C und 75 °C. Dieses Trocknungsverfahren kombiniert somit von Natur aus mehrere vorteilhafte und wünschenswerte Charakteristika. *Doch die trockene Luft allein ist nur die halbe Miete*, erläutert Michael Richter vom technischen Vertrieb bei Harter, *denn der zweite wesentliche Faktor für eine erfolgreiche Trocknung ist die richtige Luftführung*. Harter integriert in jede Trocknungsanlage ein individuell gestaltetes Luftleitsystem. Somit wird gewährleistet, dass die ungesättigte Luft zielgenau auf, über oder durch die zu trocknenden Produkte strömt und nicht wahllos daran vorbei. Im Innendesign jedes Trockners steckt aus diesem Grund viel Know-how von Seiten Harter und natürlich auch einfach die Erfahrung aus einem Vierteljahrhundert Trocknungsanlagenbau.

### Trocknung im Durchlauf

Bei Claudius Peters wurde eine Trocknungsanlage im Durchlaufverfahren realisiert. Die



**Mona Lemke, Leiterin des Flugzeugteilebaus bei Claudius Peters, vor der neuen Anlage**

zu trocknenden Profile mit unterschiedlichen Stärken variieren in der Länge zwischen 30 cm und 10 m. Deshalb kam hierfür nur eine kontinuierliche Lösung in Frage. Ein Rollenförderer nimmt die tiefgefrorenen Profile mit einer Ursprungstemperatur von  $-25^{\circ}\text{C}$  auf und befördert sie zum Trocknungstunnel. Dieser Tunnel ist innen mit einem Edelstahl-Rollenförderer ausgestattet, der speziell für eine optimale Luftführung konzipiert wurde. Angeschlossen an den Durchlauf-trockner ist ein sogenanntes Airgenex<sup>®</sup>-Aggregat, in dem das erforderliche Klima für die Trocknung geregelt wird. Aus Platzgründen wurde das Entfeuchtungsaggregat in diesem Fall auf dem Durchlauf-trockner platziert.

In einem ersten Schritt werden die Profile mithilfe eines Umluftventilators aufgetaut bis die Oberfläche eisfrei ist. Anschließend werden die Wassertropfen mit Abblasdüsen von der Oberfläche entfernt. Harter installierte hier eine spezielle Abblastechnik, die dem großen Portfolio an Profilen gerecht werden konnte – für große und schwerere Profile und auch kleinere und damit leichtere. Alle erhalten die maximale Abblasung und verbleiben durch eine technische Raffinesse trotzdem auf dem Rollenförderer. Gleichzeitig sorgen zwei Umluftventilatoren und spezielle Luftleitbleche für eine gleichmäßige Verteilung der trockenen Luft im Trockner.

Nach vollzogener Trocknung werden die Profile aus dem Trockner über einen weiteren Rollenförderer zur Entnahmestelle trans-

portiert. Die einzelnen Rollen aller Förderer sind mit Kunststoff überzogen, damit die Aluminiumprofile nicht verkratzt werden. Der Trockentunnel hat Maße von 1600 mm x 3200 mm x 1600 mm (Länge x Breite x Höhe). Der Rollenförderer hat bei gleicher Länge eine Breite von 800 mm und eine Förderhöhe von 1000 mm. Die Bandgeschwindigkeit ist anpassbar. Die längsten Profile mit 10 m Länge beispielsweise sind nach zwei Minuten aufgetaut und trocken.

### Energiesparend und geräuscharm

Auch energetisch ist die Airgenex<sup>®</sup>-Kondensationstrocknung interessant. Ein- und Ausgang am Trockentunnel sind so konzipiert, dass Wärmeverluste so gering wie möglich gehalten werden. Die Verrohrung zwischen Aggregat und Trockner ist isoliert, um die wertvolle Wärme im System zu halten. Die integrierte Wärmepumpentechnologie sorgt für eine effiziente Luftaufbereitung. Die Anschlussleistung des Entfeuchtungsaggregats liegt bei lediglich 4,3 kW. Zuzüglich der eingesetzten sechs Abblas- und Umluftventilatoren wird die von Claudius Peters geforderte maximale Anschlussleistung von 20 kW eingehalten.

Überdies sollten die Mitarbeiter keiner großen Lärmbelastung ausgesetzt werden. Somit war eine weitere Anforderung, dass der Trockner bei laufenden Ventilatoren einen Schalldruckpegel von 72 Dezibel nicht überschreiten durfte. Auch diesem Anspruch wurde Harter gerecht. *Mit diesem Trocknungsverfahren haben wir eine technisch einwandfreie Lösung erhalten, die konstante Prozessparameter, eine leichte Bedienbarkeit liefert und unsere vielen und hohen Anforderungen voll erfüllt*, so Lemke abschließend.

### Kontakt

**Harter GmbH, Harbatshofen 50, D-88167 Stiefenhofen; Michael Richter;**  
Tel.: +49 8383 / 9223-19; michael.richter@harter-gmbh.de  
➔ [www.harter-gmbh.de](http://www.harter-gmbh.de)

**Claudius Peters Projects GmbH, Schanzenstr. 40, D-21614 Buxtehude; Mona Lemke;**  
Tel.: +49 4161 / 706-318; mona.lemke@claudiuspeters.com  
➔ [www.claudiuspeters.com](http://www.claudiuspeters.com)

### Tauchpumpen (PP, PVDF, V4A)



### Magnetpumpen (PP, ETFE)



### Pumpenwächter

### Filtergeräte 500-60.000 l/h



### Filteranlagen



### Sonderanlagen

Permanent-Blendfrei-Nickel-Aggregat  
Velours-Nickel-Aggregat

### Zubehör

Vorfilter, Ventile, Impfbienen, usw.

### Filtermittel

Kerzen, Papier, Spaghetti, Watte, Beutel, usw.



## Photothermie als neue Methode für zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

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

Das Steinbeis-Transferzentrum Tribologie in Anwendung und Praxis an der Dualen Hochschule in Karlsruhe beschäftigt sich mit der Reduzierung von Verschleiß in tribologischen Systemen. Dies erfolgt analytisch anhand der Vermessung und Bewertung von Oberflächen- und Materialeigenschaften. Für deren Untersuchung steht im Steinbeis-Transferzentrum eine umfassende Ausstattung an modernen Messmöglichkeiten zur Verfügung. Das Steinbeis-Transferzentrum ist in vielen Branchen tätig und führt Analysen und Beratungen als Dienstleistung für Industrieunternehmen und als Kooperationspartner für Forschungseinrichtungen durch. Die Schwerpunkte liegen hierbei in den Bereichen Oberflächenmessungen, Schichtanalysen und Materialuntersuchungen. Das Steinbeis-Transferzentrum Tribologie arbeitet auf der wissenschaftlichen Grundlage einer Hochschule und mit der Handlungskompetenz eines Industrieunternehmens.

### 1 Einleitung

Die Photothermie nutzt thermophysikalische Eigenschaften (Wellenlänge  $\lambda$ , spez. Wärmekapazität  $c_p$ , Dichte  $\rho$ ), um gesuchte Resultate aus den Messdaten abzuleiten. Beim photothermischen Messverfahren (Abb. 1) trifft ein intensitätsmodulierter Laserspot auf eine Objektoberfläche und erwärmt diese. Das veränderliche Temperaturfeld in Form von reflektierten oszillierenden Wärmewellen wird mit einem Infrarotdetektor

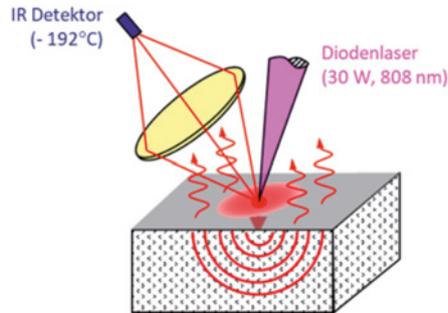


Abb. 1: Funktionsprinzip Photothermie

registriert. Die Ableitung aus den Temperaturkurven liefert Informationen über die Materialeigenschaften (z.B. Dichte, Porosität, Wärmeleitung, Wärmekapazität). Der Infrarotdetektor wird zur Erhöhung der Empfindlichkeit auf  $-192\text{ °C}$  heruntergekühlt, entweder mit Flüssigstickstoff oder mit einem Stirlingkühler. Die photothermische Methode arbeitet berührungslos und liefert nicht nur lokal eng begrenzte Werkstoffeigenschaften, sondern zwei- beziehungsweise dreidimensional am Objekt. Der Wärmewiderstand des Materials sorgt dafür, dass die Wärmewelle zeitlich verzögert durch das Material wandert und damit die Phase der abgestrahlten Wärme versetzt zum eingestrahlt Laserlicht ist. Ändern sich die thermophysikalischen Eigenschaften des Materials macht sich dies im Phasenversatz bemerkbar, welcher die Messgröße des Verfahrens darstellt.

Die Ausbreitung der oszillierenden Wärmewelle ins Materialinnere (Eindringtiefe) wird

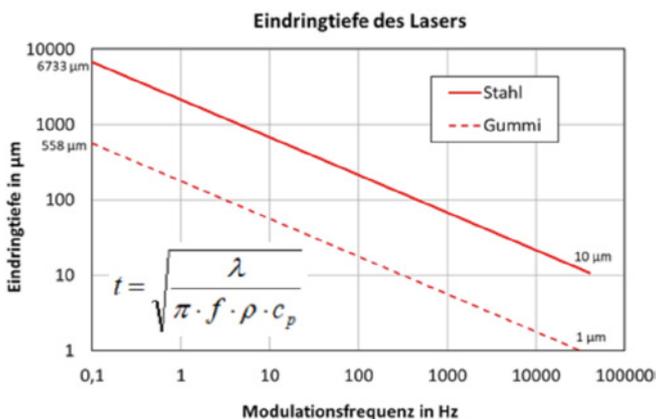


Abb. 2: Eindringtiefe des Lasers für Stahl und Gummi

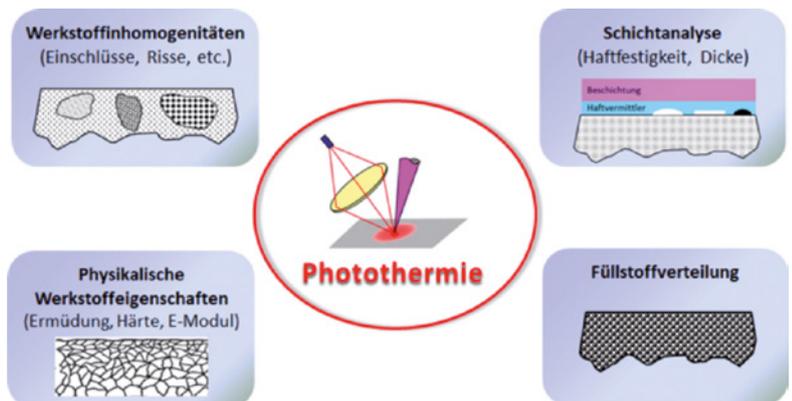


Abb. 3: Einsatzgebiete Photothermie

Die WOMag-Redaktion informiert

Prof. Dr. Dietmar Schorr wird zum Thema **Photometrie** auf dem diesjährigen Pforzheimer Werkstofftag am 28. September in Pforzheim vortragen. Die Veranstaltung des IWWT und der Cluster-Initiative Hochform steht unter dem Titel *Edelmetalle – Technologiemetalle*.

[www.hochform-pforzheim.de](http://www.hochform-pforzheim.de)

durch die eingestellte Modulationsfrequenz des Lasers und den thermischen Eigenschaften des Materials bestimmt (Abb. 2). Sie kann über die in *Abbildung 2* aufgeführte Formel berechnet werden. Die bei einer bestimmten Eindringtiefe des Lasers zurückreflektierten Wärmewellen beinhalten die Materialinformationen von der Oberfläche bis zur theoretischen Eindringtiefe. Hohe Frequenzen im kHz-Bereich werden beispielsweise für Schichtanalysen verwendet und tiefe Frequenzen im Hz-Bereich beispielsweise für Materialanalysen.

### 2 Einsatzgebiete der Photothermie

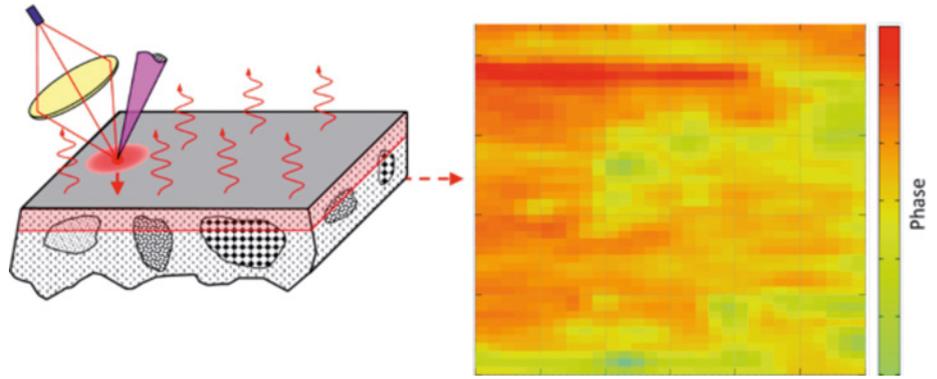
Weil die Ausbreitung der thermischen Wellen von den thermischen Eigenschaften des Materials abhängt, kann alles, was diese beeinflusst, durch die Photothermie gemessen werden. Aufgrund des Messprinzips ergeben sich vielfältigste Einsatzgebiete für die Photothermie. In *Abbildung 3* sind die wichtigsten Einsatzgebiete der Photothermie aufgeführt. Dies sind im Wesentlichen:

- Werkstoffinhomogenitäten
- Gefügedichte (z.B. verursacht durch Dauerbelastung oder Prozessänderungen)
- Härte (z.B. Härteverlauf zerstörungsfrei)
- Schichtdicke
- Schichthaftung

- Füllstoffe Kunststoffe
- Alterungszustand Kunststoffe

## 2.1 Werkstoffinhomogenitäten

In der *Abbildung 4* ist das Ergebnis der Messung von Werkstoffinhomogenitäten durch eine flächenhafte Messung in konstanter Eindringtiefe des Lasers beispielhaft dargestellt. Damit lassen sich Einschlüsse, Versetzungen und Risse im Materialinneren erfassen.



**Abb. 4: Photothermische Messung von Werkstoffinhomogenitäten**

## 2.2 Schichtanalyse

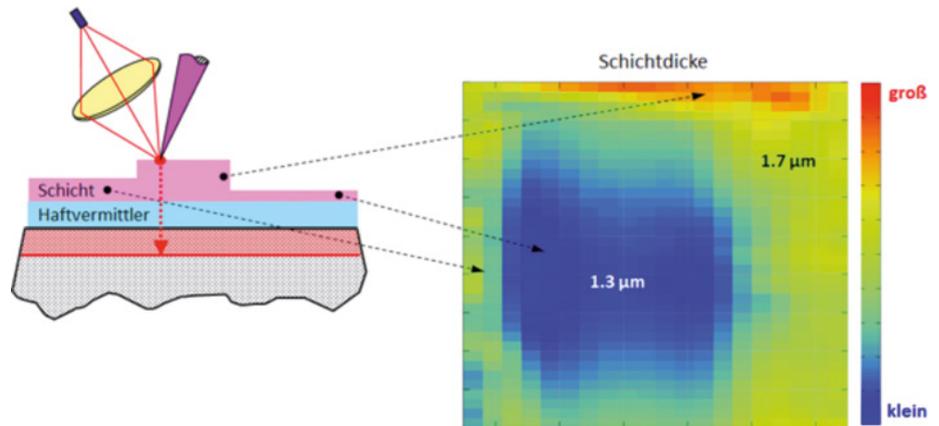
Die Schichtdickenmessung mit Photothermie arbeitet berührungslos, liefert zweidimensionale Informationen und ist besonders dort von Vorteil, wo konventionelle Verfahren versagen oder beispielsweise nur mit deutlich höherem Aufwand verbunden sind:

- Pulverschichten, metallischen Schichten, Lacken
- Flüssigkeitsfilme (Druckfarbe)
- Poröse Schichten
- Beschichtungen auf Holz, Kunststoff, Aluminium, Glas

Sie eignet sich für transparente und nicht transparente Schichten.

*Abbildung 5* zeigt einen sogenannten Tiefen-/Frequenzscan. In diesem ist die Phase über der Eindringtiefe für einen Stahl mit einer beschichteten Oberfläche dargestellt.

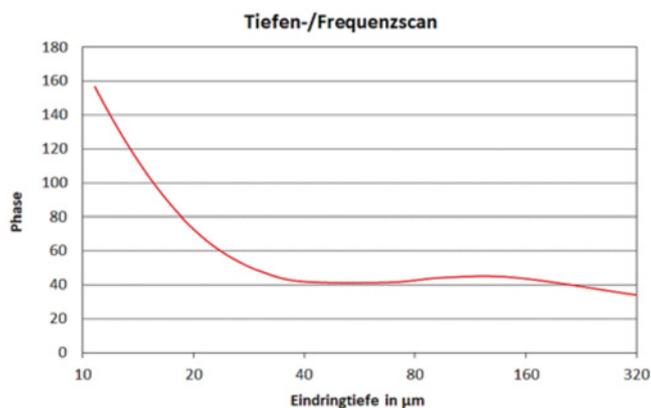
*Abbildung 6* zeigt das Ergebnis einer Messung der Schichtdicke mittels Photothermie. Beim Beschichtungsprozess können unterschiedliche Schichtdicken auf einem Bauteil entstehen. Somit lässt sich mit Hilfe der Photothermie der Beschichtungsprozess bezüglich der Schichtdickenverteilung optimieren, da die Schichtdickenmessung mit Hilfe der Photothermie zweidimensional erfolgen kann.



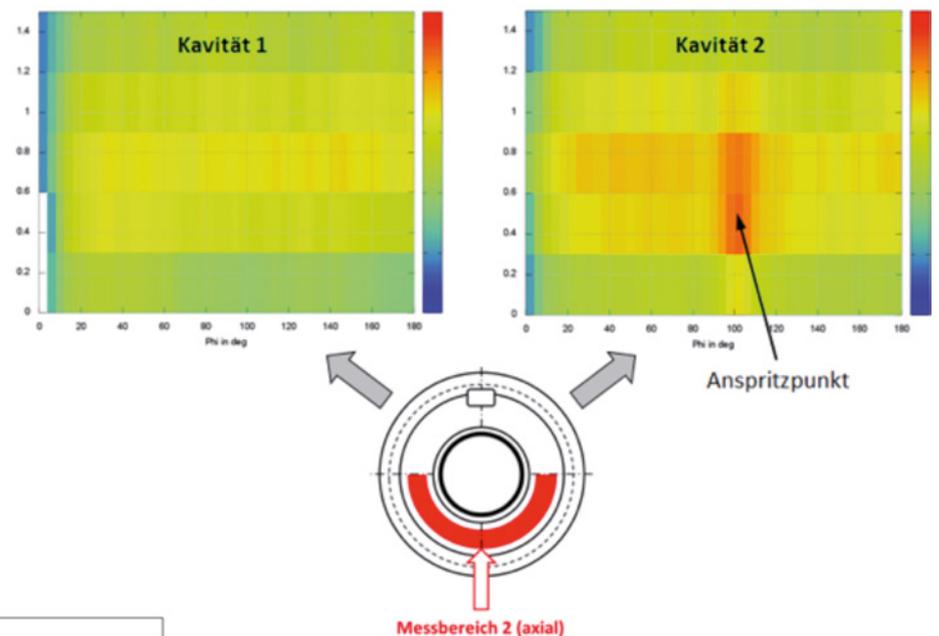
**Abb. 6: Photothermische Schichtdickenmessung**

## 2.3 Füllstoffverteilung

Auch Kunststoffe können mit der Photothermie untersucht werden. Füllstoffe und



**Abb. 5: Tiefen-/Frequenzscan**



**Abb. 7: Photothermische Messung eines Dichtringes**

Weichmacher führen zu einer Veränderung der Diffusionseigenschaften. Somit kann die Füllstoffverteilung oder der Alterungszustand von Kunststoffen zerstörungsfrei analysiert werden. In *Abbildung 7* ist die photothermische Messung eines Dichtringes dargestellt. In dieser ist die unterschiedliche Füllstoffverteilung von zwei Dichtringen, die in unterschiedlichen Kavitäten gespritzt wurden, gut erkennbar.

## Fest wie Baustahl, leicht wie Carbon und trotzdem aus der Natur

Chemnitzer Wissenschaftler entwickeln am Bundesexzellenzcluster MERGE biobasierte Faserkunststoffverbunde als Vision für die nachhaltige Großserie

Werkstoffverbunde aus Kunststoffen und Fasern sind im Strukturleichtbau fest etabliert. Glas- und Carbonfasern werden am häufigsten verwendet und als Verstärkung zum Beispiel in dünne Folien aus thermoplastischen Kunststoffen integriert. Die meisten dieser Kunststoffe basieren allerdings auf Erdöl – einem raren Rohstoff, dessen Gewinnung und Einsatz wenig ökologisch sind. Ökologischer und nachhaltiger ist da ein Ansatz der Forscherinnen und Forscher im Bundesexzellenzcluster MERGE. Ahmed-Amine Ouali, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Strukturleichtbau, erklärt ihn so: *Wir ersetzen die Glas- oder Carbonfasern durch Naturfasern, zum Beispiel Flachsfasern. Die Kunststoffmatrix ist bei uns ein Biopolymer aus nachwachsenden Rohstoffen.* Damit sei die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Bauteile im gesamten Produktlebenszyklus um einiges besser. Auch die auf das Strukturgewicht bezogenen Materialeigenschaften des Faserkunststoffverbunds sind technisch interessant: Durch den Einsatz von Endlosfasern wird der Verbund in Faserrichtung enorm fest und hochsteif. Zudem ist Flachs leichter als Glas- und kostengünstiger als Carbonfaser.

Ziel der Forscher war es, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem diese sogenannten Halbzeuge aus Kunststoff und Naturfasern in Großserie hergestellt werden können. Bisher wird in der Praxis hauptsächlich die Film-Stacking-Technologie eingesetzt, ein diskontinuierliches Verfahren. Dabei werden die einzelnen Schichten als Stapel (z. B. Kunststoffolie-Fasergelege-Kunststoffolie)

in eine Heizpresse eingelegt, unter Druck aufgeschmolzen, entnommen und an einer anderen Maschine zu Platten weiterverarbeitet. Für die kontinuierliche Produktion mussten die Forscher in MERGE daher eine eigene Walzanlage, einen sogenannten Kalandrier, konstruieren.

Naturfasern haben nach den Worten von Ouali im Unterschied zu Glas- oder Carbonfasern eine besondere Eigenschaft: Sie nehmen sehr gut Feuchtigkeit auf. Deshalb müssen sie vor der Verarbeitung getrocknet werden. Die Forscher haben am Lehrstuhl eine eigene Trockneranlage entwickelt, die fast lückenlos vor dem Kalandrier angebaut wird. So hat die Faser nach dem Trocknen und vor dem Weiterverarbeiten kaum Kontakt mit der feuchtehaltigen Umgebungsluft. Der nach seiner Form benannte Omega-Kalandrier ist das Herzstück der kontinuierlichen Herstellungslinie. Er besteht aus mehreren Zylindern, zwischen denen die Flachsfaser-Kunststoff-Bahnen theoretisch endlos hindurchgeführt, erwärmt und zusammengepresst werden. Nach diesem Imprägnierungsvorgang und dem Abkühlen ist das sogenannte thermoplastische Prepreg (preimpregnated fibres), also das Faser-Matrix-Halbzeug, fertig. Es liegt dann als Rolle vor und kann verschieden weiterverarbeitet werden. Zugeschnitten und in mehreren Schichten als Stapel gepresst, ergibt sich eine feste Platte.

Die Forscher können nach Aussage von Ouali das Halbzeug aber auch ein weiteres Mal umformen und mit Spritzgussteilen verbind-

den; beides in einem einzigen Prozess. So haben wir auch einen Technologie-Demonstrator, nämlich unseren Seitenaufprallträger für PKW, hergestellt, erklärt Ouali.

Der Bauteilfertigungsprozess ist momentan noch nach der kontinuierlichen Herstellung des Prepreg-Halbzeugs unterbrochen und wird je nach Bedarf der Forscher an diversen weiteren Anlagen fortgesetzt. Im Hinblick auf die Großserienherstellung kann die Maschinenreihe so je nach Anforderung ergänzt oder kombiniert werden. Die Wissenschaftler haben laut Ouali zukunftssträchtige, nachhaltige, langlebige Materialien entwickelt, deren Herstellung wesentlich energieeffizienter sei und sich durch einen besseren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck auszeichne, als bei konventionellen Faserkunststoffverbunden.

Mit Blick auf die Zukunft wird nach Aussage der beteiligten Fachleute auch weiterhin mit unterschiedlichen Faserstrukturen als Gewebe experimentiert, als Gelege oder in anderer Form, sowie auch mit verschiedenen Matrixvarianten, zum Beispiel als Folie oder Spinnvlies. So werden die positiven Materialeigenschaften, die ökologischen Faktoren und der großserientaugliche Herstellungsprozess der Faserkunststoffverbunde in MERGE weiterentwickelt und optimiert.

### Kontakt:

Ahmed Amine Ouali, Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz  
E-Mail: ahmed-amine.ouali@mb.tu-chemnitz.de

www.tu-chemnitz.de



# aqua

# plus

...wasser und mehr

### Wasser- und Recyclingsysteme

für effizienten und umweltgerechten Umgang mit einer wertvollen Ressource

### Water and recycling systems

for an efficient and environmentally compliant dealing with a valuable resource

### Zertifizierter Fachbetrieb nach § 19 I WHG

aqua plus  
Wasser- und Recyclingsysteme GmbH

Am Barnberg 14  
D-73560 Böbingen an der Rems

Tel.: +49 7173 / 714 418 - 0  
www.aqua-plus.de

## Anderes Wort für Vorteil mit drei Buchstaben:



**KTL** – die kathodische Tauchlackierung von Dörken MKS

- Wirtschaftlichkeit durch Massenschüttgutprozess
- Hoher kathodischer Korrosionsschutz

## Entwicklung neuartiger intermetallischer Hartlegierungen zum Verschleißschutz

Von V. Wesling<sup>1)</sup>, R. Reiter<sup>1)</sup>, S. Kamper<sup>1)</sup>, L. Lau<sup>2)</sup> und D. Beuth<sup>2)</sup>



Zum online-Artikel

Derzeitig verfügbare Werkstoffe auf dem Gebiet der intermetallischen Hartlegierungen sind insbesondere im Bereich der Systeme Kobalt und Nickel zu finden. Die sich hier bei der Erstarrung der Schmelze als  $\text{Mo}(\text{Co},\text{Si})_2$  beziehungsweise  $\text{Mo}(\text{Ni},\text{Si})_2$  ausscheidenden Laves-Phasen sind Träger des Verschleißschutzes dieser Legierungen. Aus technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten erscheint es auch erstrebenswert, intermetallische Eisenbasislegierungen zu entwickeln, die als kostengünstige Alternative bei besonderen Anwendungen genutzt werden können. Erste Untersuchungen einer Legierung des Systems Eisen-Titan zeigen, dass hier ähnliche Eigenschaften im Hinblick auf abrasiven und adhäsiven Verschleiß wie mit Kobaltbasislegierungen erreicht werden können. Im Rahmen dieses Beitrags werden ausgewählte intermetallische Eisenhartlegierungen der Systeme Eisen-Titan, Eisen-Molybdän und Eisen-Niob im Hinblick auf ihre Eigenschaftsprofile und Anwendungsmöglichkeiten vorgestellt. Dafür wird Probenmaterial schmelzmetallurgisch hergestellt, dieses metallographisch untersucht sowie tribosystemgerechten Verschleißprüfungen unterzogen.

Available materials in the field of intermetallic hard-facing alloys are currently limited to the systems of cobalt- and nickel-base alloys. The Laves phases precipitating during the solidification of the melt form hard and brittle materials of the system  $\text{Mo}(\text{Co},\text{Si})_2$  or  $\text{Mo}(\text{Ni},\text{Si})_2$ . Considering the wear protection from a technical-economic point of view, however, it is desirable to develop intermetallic iron-base alloys, which can be produced more cost-effectively and, on the other hand, can be used in special applications. First investigations of a hard-facing alloy of the system Fe-Ti shows that similar properties can be obtained with respect to abrasive and adhesive wear as with cobalt-base alloys. Within the framework of this paper, intermetallic iron hard-facing alloys such as the systems Fe-Ti, Fe-Mo and Fe-Nb will be presented with regard to their properties and application possibilities. For this purpose, they are processed by casting techniques, subjected to metallographic examination as well as tribological wear tests.

### 1 Einleitung

Bisherige Untersuchungen zu intermetallischen Hartlegierungen befassen sich insbesondere mit Kobalt- und Nickelbasislegierungen [1–3]. Diese Legierungen sind im Bereich des Verschleißschutzes durch Auftragschweißen vor allem als Pulverwerkstoffe kommerziell verfügbar.

Eisenbasierte Hartlegierungen bieten gegenüber diesen Werkstoffgruppen einen Kostenvorteil und ihr Eigenschaftsprofil kann, entsprechend legiert, an komplexe Beanspruchungsrandbedingungen angepasst werden. Erste eigene Untersuchungen einer Legierung des Systems Eisen-Titan zeigen, dass diese sich unter komplexer Verschleißbeanspruchung als Verschleißschutzwerkstoff eignet [4]. Auch von [5] werden intermetallische Eisen-Niob-Legierungen als

mögliche, zukünftige Hochtemperaturwerkstoffe gesehen.

### 2 Intermetallische Hartlegierungen

Die in Hartlegierungen genutzten Laves-Phasen zeigen die Zusammensetzung  $\text{AB}_2$ , wobei B hier das entsprechende Matrixmetall darstellt. Die drei Hauptstrukturtypen sind die kubische  $\text{MgCu}_2$ - sowie die beiden hexagonalen  $\text{MgZn}_2$ - und  $\text{MgNi}_2$ -Strukturen, welche sich in Abhängigkeit der Valenzelektronenzahl der genutzten Legierungselemente bilden [6, 7]. Die sich in intermetallischen Hartlegierungen ausbildenden Laves-Phasen entsprechen dem Typ  $\text{MgZn}_2$ , der bevorzugt bei einer Valenzelektronenkonzentration von 2 auftritt [6, 8].

Entgegen zum Beispiel fägetechnischer Anwendungsfälle, in denen intermetallische Phasen in Werkstoffen unerwünscht sind und zudem oftmals niedrigschmelzende Eutektika bilden und somit die Eigenschaften der Werkstoffe beeinträchtigen [9, 10], können diese wegen ihrer hohen Härte im Bereich des Verschleißschutzes genutzt werden; sie bieten damit eine Alternative zu den sonst üblichen karbidischen und boridischen Typen.

Der Kohlenstoffgehalt muss bei solchen Legierungen jedoch begrenzt bleiben, um eine Karbidbildung weitestgehend zu vermeiden, da die zur Laves-Phasenbildung genutzten Legierungselemente Molybdän, Titan und Niob eine hohe Affinität zu Kohlenstoff besitzen.

### 3 Untersuchte Werkstoffe

Bereits 1975 wurden erste intermetallische Legierungen zum Beschichten vorgestellt [1], die unter der Handelsbezeichnung Tribaloy bekannt sind. Diese Untersuchungen beziehen sich auf Kobalt- und Nickeltypen, die hinsichtlich ihrer Verschleißbeständigkeit unter eingeschränkter Schmierung und korrosiven Medien betrachtet wurden.

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

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im weiteren werden die Ergebnisse der Verschleißtests dargelegt. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 4 Seiten mit 9 Abbildungen.

<sup>1)</sup> TU Clausthal, Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren, Agricolastraße 2, D-38678 Clausthal-Zellerfeld; E-Mail: office@isaf.tu-clausthal.de

<sup>2)</sup> Corodur Fülldraht GmbH, Gießerallee 37, D-47877 Willich; E-Mail: info@corodur.de

# Der Beschichtungsexperte

... für Ihr Werkzeug.



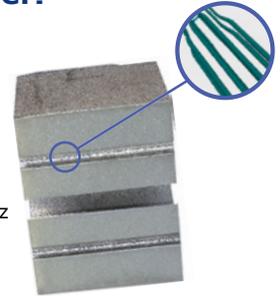
PlanoTek®

Schicht. Funktion. Qualität.

## Korrosionsschutz konturnahe Kühlung **OHNE wenn und aber!**

D = 2 mm

- Salzsprühnebeltest bestanden:  
> 1000 Stunden
- Temperaturbeständigkeit  
der Beschichtung ca. 900°C
- Durchgängige Beschichtung  
aller Kühlkanäle incl. O-Ringsitz  
und Auflagefläche
- Gleichmässige Schichtdicke
- Keine Isolationswirkung
- Realisierbar für alle Arten von Temperierungen
- Geeignet auch für Variotherme Anwendungen

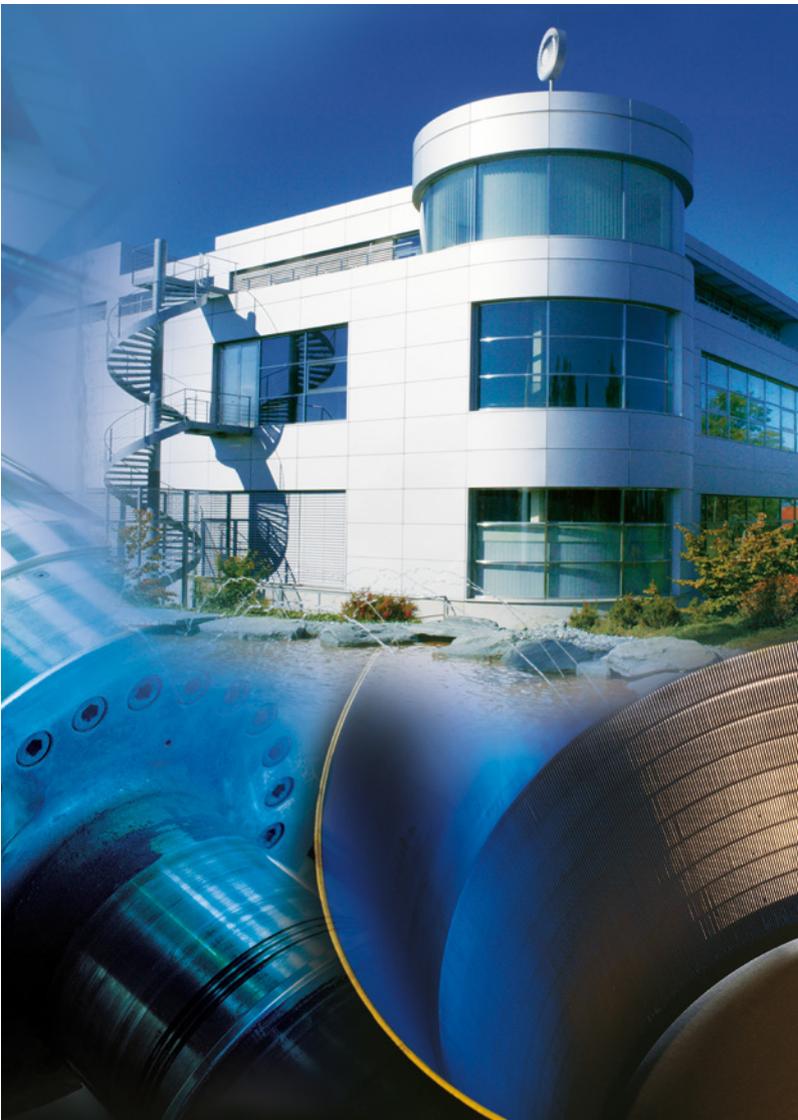


**NovoPlan GmbH**  
Robert-Bosch-Str. 41  
D-73431 Aalen

Fon [07361] 9284-20  
Fax [07361] 9284-25

[www.novoplan.com](http://www.novoplan.com)  
[vertrieb@novoplan.com](mailto:vertrieb@novoplan.com)

**NP**



**STI Group**  
The precision company

## We surface your visions worldwide

**STI Group - Surface solutions worldwide**

**STI Group**  
Hartchrom AG  
CH-9323 Steinach  
[sti-surface.com](http://sti-surface.com)

**STI Group Switzerland [HQ]**  
STI Surface Technologies International Holding AG, Hartchrom AG,  
Hartchrom Defense Technology AG [Steinach]

**China** STI Precision Machining (Changshu) Co., Ltd. [Changshu]

**France** STI France SAS [Arudy, Oloron-Escout, Saint Martin de Seignanx],  
Prodec Métal [Bordeaux]

**Germany** STI Deutschland GmbH,  
Hartchrom Teikuro Automotive GmbH [Sternenfels-Diefenbach]

**USA** Hartchrom Inc. [Watervliet NY], STI Fabrics Inc. [Earth City MO]

# parts2clean

## Qualität braucht Perfektion

Internationale Leitmesse  
für industrielle Teile- und  
Oberflächenreinigung

24.– 26. Oktober 2017  
Stuttgart - Germany

parts2clean.de

Wieder mit  
Guided Tours

## Additive Manufacturing trifft Oberflächentechnik

INPLAS Talks bietet zahlreiche Fachvorträge sowie Workshops zum Additive Manufacturing

Additive Manufacturing (AM) ist als Treiber der vierten industriellen Revolution, Industrie 4.0, bekannt. Experten erwarten, dass mit AM-Prozessen zwischen 20 und 25 Prozent der Energie- und Produktionskosten eingespart werden können. AM-Verfahren stellen als relativ junge Technologien die Oberflächentechnik vor neue Aufgaben, vor allem in den Bereichen Auslegung und Beschichtung von inneren Konturen, Standardisierung von Behandlungsprozessen etc. Bei Endprodukten, Ersatzteilen oder Kleinserien stehen neben der Auswahl der Druckverfahren und Werkstoffe auch Oberflächenqualität und -funktionalität der entstandenen Bauteile im Fokus. Die Veranstaltung INPLAS Talks vom 29. bis 30. November 2017 am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig zeigt Möglichkeiten und Herausforderungen der Oberflächentechnik bei AM-gedruckten Teilen sowohl bei Kunststoffen als auch bei Metallen.

Am ersten Tag können die Teilnehmer im mobilen 3D-Druck-Labor *FabBus* 3D-Drucker live beobachten und neue Wege des Prototyping und der Produktion kennenlernen. In Workshop 2 *Dünnschichtsensorik auf Werkzeugen* werden die Möglichkeiten und Potenziale für die Fertigung von modifizierten Kunststoffen im Labor veranschaulicht. In Workshop 3 *Oberflächentechnik erleben* lernen die Teilnehmer in verschiedenen Bereichen des Fraunhofer IST Verfahren der Plasma- und Galvanotechnik sowie Analytik und Prüftechnik kennen.

Den zweiten Veranstaltungstag eröffnet Prof. Dr.-Ing. Andreas Gebhardt mit seinem Vortrag zum Thema *Additive Manufacturing und Oberflächen – eine „angeborene“ Herausforderung. Additive Fertigung – Die Herausforderung in der Wertschöpfungskette* thematisiert Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Witt von der Universität Duisburg/Essen. Vorträge zu The-



men wie *Zusatzwerkstoffe für Additive Manufacturing – Einfluss auf Struktur und Oberflächenbeschaffenheit* (Dr.-Ing. Fabian Stahl, Deutsche Nickel GmbH) oder *Mit Beschichtungen zu besseren Oberflächen* (Eric Klemp, voestalpine Edelstahl GmbH) stehen unter anderen auf dem weiteren Programm. Über die *Oberflächenqualität additiv gefertigter Gasturbinenbauteile* informiert Dr.-Ing. Sebastian Piegert, Siemens AG, und René Gurka, BigRep GmbH, gibt *Beispiele aus der Praxis: 3D-Druck für Panele, Formen und großformatige Objekte*. Die Mikrostruktur und Eigenschaften von konventionell und additiv gefertigten austenitischen Stählen im Blick hat Prof. Dr.-Ing. Sebastian Weber von der Bergischen Universität Wuppertal, Solingen. Eine Abschlussdiskussion beendet die vom Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V. veranstaltete Tagung. Weitere Informationen sind erhältlich unter:

➔ [www.inplas.de/inplastalks](http://www.inplas.de/inplastalks)



TIBCHEMICALS

# Konzentrieren Sie sich auf Ihr Kerngeschäft?

## Grundchemie mit Mehrwert

Warum nicht alles aus einer Hand? Perfekte Lösungen für Ihre diversen und anspruchsvollen Anforderungen sind Sie von uns seit Jahrzehnten gewohnt – weltweit.

Unser Anspruch an uns selbst ist jedoch höher, zu Ihren Gunsten. Das Standardprodukt war gestern. Heute bietet Ihnen TIB Chemicals sämtliche Dienstleistungen rund um die Galvanotechnik – optional und ganz nach Ihrem Bedarf. Konzentrieren Sie sich auf Ihr Kerngeschäft!

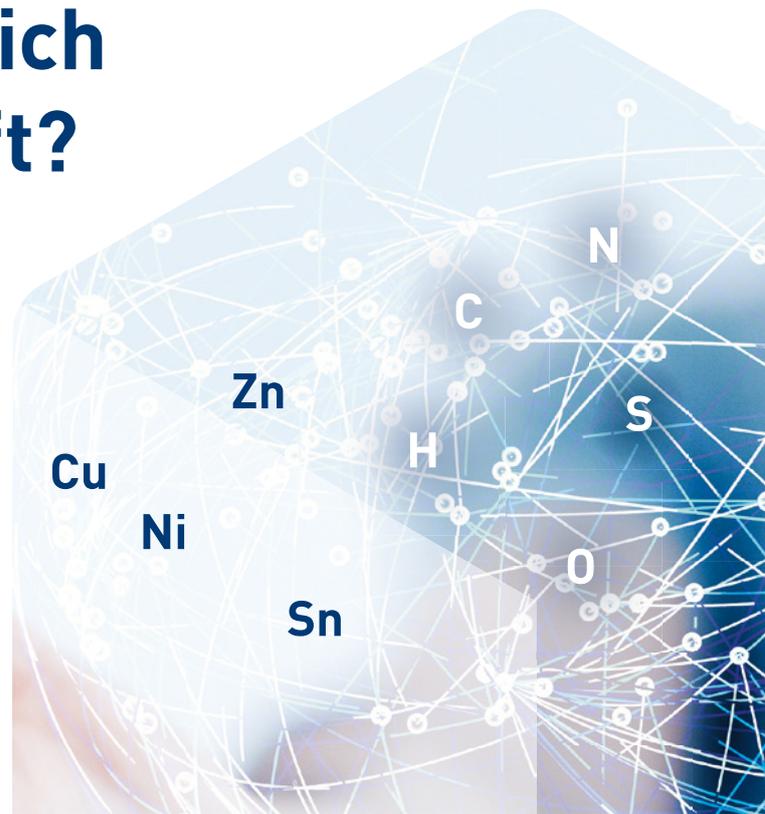
Wir halten Ihnen den Rücken frei. TIB Chemicals.



**TIB Chemicals AG**  
BU Metall- & Oberflächenchemie  
Mülheimer Straße 16-22  
68219 Mannheim  
Deutschland

Tel.: +49 621 8901-800  
Fax: +49 621 8901-1800  
E-Mail: [moc@tib-chemicals.com](mailto:moc@tib-chemicals.com)

[www.tib-chemicals.com](http://www.tib-chemicals.com)



**umicore**  
Electroplating



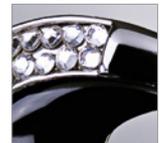
Er hat schon die perfekte,  
dekorative Oberfläche.

Schmuck, Bekleidungszubehör, Schreibwaren, Armaturen, Elektrogeräte, etc. Gerade bei dekorativen Produkten entscheidet neben dem Design natürlich die sichtbare Oberflächenbeschaffenheit über Interesse und Kauf beim Endkunden.

### UND IHR PRODUKT?

Wir lassen Ihr Produkt in faszinierenden Farbtönen aus Gold erstrahlen, bieten brillante Endschichten aus Silber und Platin, strahlend weiße oder satt schwarze Oberflächen aus Rhodium und Ruthenium.

Lassen Sie sich inspirieren.



[www.ep.umicore.com](http://www.ep.umicore.com)

## ae-aqua-Filter zur Keimbekämpfung in Prozessflüssigkeiten – Anwendungsbeispiele aus der Praxis

Von Dr. Ingo Jolk<sup>1)</sup>, Carsten Alex<sup>2)</sup>, Dr.-Ing. Philipp Frania<sup>1)</sup> und Gerhard Bürstner<sup>1)</sup>



Zum online-Artikel

Die galvanische Abscheidung von speziellen Edelmetallen auf ein Edelstahlsubstrat ergibt einen Verbund, der eine dauerhafte und sehr effiziente Keimbekämpfung in Wasser bewirkt. Das als AGXX®-Technik bekannte System eignet sich zum Einsatz in der Industrie zur Reinhaltung von Prozesswasser. Dazu werden Behälter mit Körpern aus Edelstahlgeflechtem in den Wasserkreislauf eingebracht. Je nach Art der Belastung lassen sich die Filter einfach anpassen. Die optimale Funktion wird nach einer einmaligen gründlichen Reinigung der wasserführenden Systeme vor dem Einsatz erzielt. Neben Industrieanwendungen kann das System auch für Wasser für den menschlichen Gebrauch ohne Nachteile eingesetzt werden.

### Ae-aqua Filters to Combat Scale Formation in Process Liquids – Some Case Studies

The electrodeposition of certain noble metals onto stainless steel substrates creates a composite structure which is durable and extremely efficient in combating scale formation in aqueous systems. The so-called AGXX® process is admirably suited for installation in industrial process water circuits. In practice, containers with stainless steel mesh inserts are introduced into the water circulation system. The size of these depends on process water composition and other variables. Best results are obtained when a very thorough cleaning of the water feed system is carried out prior to installation of the new units. Apart from industrial applications, the same technology is ideally suited to domestic water supply systems.

In vielen Bereichen der Industrie führt keimbelastetes Wasser zu Qualitätsproblemen der Produkte, zu Schäden an Anlagenteilen oder zu Produktionsstillständen infolge von Reinigung, Desinfektion und Wartung. Das Ziel, die Keimbelastung ohne kontinuierlichen Zusatz teils sehr kritischer Chemikalien zu beseitigen oder zumindest zu reduzieren, gewinnt in den letzten Jahren aufgrund gesteigerter Umwelt- und Arbeitsschutzanforderungen an Priorität. Mit den auf der AGXX®-Technologie basierenden ae-aqua-Filtern steht nun ein System zur Verfügung, das diesen Anforderungen gerecht wird.

#### 1 AGXX® – ein antimikrobiell wirkender Kontaktkatalysator

Die AGXX®-Technologie basiert auf einem Edelmetallbeschichteten Edelstahlsubstrat mit speziellen katalytisch wirkenden Edelmetallbeschichtungen, das ohne Dosierung von Chemikalien gegen Bakterien, Pilze und Algen wirkt. Das Beschichtungssystem wurde vom Berliner Unternehmen Largentec GmbH entwickelt und patentiert; für verschiedene Anwendungsbereiche beziehungsweise Regionen wurden Produktions- und Vertriebslizenzen erteilt. In der Fachliteratur gibt es bereits mehrere Veröffentlichungen zum Thema AGXX®, die

einerseits den Wirkmechanismus näher beleuchten, andererseits die Wirksamkeit gegen eine Vielzahl von unterschiedlichen, teilweise gegen konventionelle Biozid-resistente Keime testen [1, 2]. Resistenzen gegen AGXX® sind bisher bei keiner Untersuchung aufgetreten [3–5].

Die Feindrahtwerk Adolf Edelhoff GmbH & Co KG setzt AGXX® bereits seit acht Jahren in seiner Drahtgalvanik erfolgreich ein und erwarb Mitte 2014 die Produktions- und Vertriebslizenz für AGXX®-Wasserapplikationen in der EU. Die vertrieblichen Aktivitäten im Zusammenhang mit AGXX® wurden in der separaten Sparte ae-aqua gebündelt. Die Anwendungsbereiche für AGXX® gehen heutzutage bereits weit über die ursprünglich vor allem präferierte Oberflächentechnik hinaus. Im Folgenden werden dazu einige Beispiele aus der Praxis aufgezeigt. Die Liste der benannten Einsatzbereiche ist in keiner Weise abschließend, denn für diese nachhaltige Methode zur Keimbekämpfung in wässrigen Systemen ohne Einsatz zusätzlicher Chemie hat die Zukunft erst begonnen.

#### 2 Ausführungsformen von AGXX® und ae-aqua-Filtern

AGXX® gibt es in verschiedenen Ausführungsformen. Grundlage ist stets ein speziell mit Edelmetallen beschichtetes Edelstahlsubstrat, das auf entsprechende Breite und Länge geschnitten, zu sogenannten Ra-

schig-Ringen gewickelt wird, die herstellerseitig als ae-aqua-Ringe (Abb. 1) bezeichnet werden. Diese bieten auf relativ geringem Raum eine relativ große Oberfläche. Mitunter werden die beschichteten Gewebepanzen auch auf Breite konfektioniert als Längsband eingesetzt oder aus den Gewebepanzen werden Ronden oder andere Konturen ausgeschnitten, die dann in Bauteilkomponenten Anwendung finden.

ae-aqua-Ringe werden in der Regel in Kartuschen, Körben oder Filtergehäusen verbaut, je nachdem, wie viel Wirkoberfläche benötigt wird und welche Durchströmungsvariante (druckbeaufschlagt versus drucklos) zur Anwendung kommt. In Behältern zusammengefasst entstehen die sogenannten ae-aqua-Filter.



Abb. 1: ae-aqua Ringe

<sup>1)</sup> Feindrahtwerk Adolf Edelhoff GmbH & Co KG, Am Großen Teich 33, D-58640 Iserlohn

<sup>2)</sup> Carsten Alex, Unternehmensberatung, Berlin

# OBERFLÄCHEN



**Abb. 2: 10"-Big Blue, ausgerüstet mit ae-aqua-Ringen**

Zwei gebräuchliche Ausführungsformen sind das Filtergehäuse (Abb. 2) sowie die Verwendung in Körben (Abb. 3). Im Filtergehäuse (Pentek Big Blue der Firma Pentair Water Purification EMEA, z. B. im 10"-Gehäuse in Abb. 2) sind die ae-aqua-Ringe in speziell konzipierten Innenkäfigen dicht an dicht gepackt. Die Filter gibt es in verschiedenen Größen. Mittels Gewindeanschlüssen werden sie in Leitungssysteme eingebunden. Miteinander verrohrt können Big Blue-Filter zu Filtergruppen zusammengeschaltet werden, wobei dieses aus Gründen eines ausgeglichenen Strömungswiderstandes stets nach dem Tichelmann-Prinzip zu erfolgen hat. Durch den modularen Aufbau der Korbkonstruktion sind Größenvarianten leicht realisierbar; *Abbildung 3* zeigt zwei unterschiedliche Varianten. Darüber hinaus gibt es mittlerweile weitere Sonderformen, die für einzelne spezielle Anwendungen konzipiert worden sind.

### 3 Rahmenbedingungen zum Einsatz von AGXX®

Flüssigkeitsbewegung, Kontaminationstand des Systems, Partikel- und Keimfracht bilden entscheidende Rahmenbedingungen für das einwandfreie Funktionieren von AGXX®. AGXX® ist ein Oberflächenkatalysator, auf dem und in dessen unmittelbarer Nähe die Zellmembranen von Keimen in wässrigen Systemen angegriffen werden; die Keime erfahren eine Zellyse, sie werden zerstört. Es ist also erforderlich, dass die in einer Flüssigkeit beziehungsweise in einem Flüssigkeitssystem befindlichen Keime mit der Oberfläche der ae-aqua-Ringe in Kontakt kommen; von daher ist eine Flüssigkeitsbewegung un-



**Abb. 3: ae aqua®-Filtergehäuse mit ae-aqua-Ringen**

abdingbar, in speziellen Fällen reicht auch Konvektion. Die zu installierende Oberfläche an AGXX® korreliert mit dem zu behandelnden Wasservolumen.

Grundsätzlich sollten Systeme vor dem Einsatz des Systems gründlich gereinigt werden, da die in Leitungen und Tanks befindlichen Biofilme wesentliche Brutstätten für Keime sind. Diese Brutstätten gehören möglichst beseitigt, sodass die Keimbilanz zwischen Neuentstehung von Keimen im Verhältnis zur Abtötung von Keimen durch AGXX® über die Zeit in Summe zu einer Keimreduktion führt.

**Lesen Sie weiter unter [womag-online.de](http://womag-online.de)**

Unter WOMag-online steht der gesamte Beitrag zur Verfügung. Vorgestellt werden Einsatzmöglichkeiten und die sich daraus ergebenden Vorteile. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt 5 Seiten mit 12 Abbildungen.



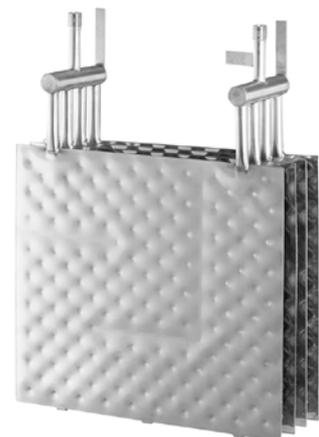
**MAZURCZAK**  
THERMOPROZESSE

**Gute Lösungen sind oft verblüffend einfach:  
Optimaler Volumenstrom bringt höchste Effizienz.**

## Plattenwärmetauscher SYNOTHERM®

Der Plattenwärmetauscher SYNOTHERM erzielt hohe Effizienz durch einen optimalen Volumenstrom – ermöglicht durch die Bauweise.

Die von dem Heiz- und Kühlmedium (z. B. Heißwasser, Dampf, Thermoöl) durchströmte Heizplatte aus Edelstahl oder Titan gibt die Energie über die gesamte front- und rückseitige Oberfläche gleichmäßig ab.



**Heizen • Kühlen • Regeln  
mit Mazurczak-Produkten**

## Herausforderung REACH – Die EU fordert nickelfreie Bedarfsgegenstände

Von Benjamin Wieser, Umicore Galvanotechnik GmbH, Schwäbisch Gmünd

Die Hautkontaktzeiten mit Nickel wurden durch den Gesetzgeber weiter verschärft. Sie gelten nun für zahlreiche Alltagsgegenstände, wie Modeschmuck, Brillengestelle, Werkzeuge, Knöpfe und Verschlüsse. Aber auch modernste, technische Gerätegehäuse, wie Küchengeräte oder Smartphones fallen nun nicht mehr durch das Raster. Die Umicore Galvanotechnik GmbH produziert bereits seit 1981 Elektrolyte, welche die Verwendung von Nickel in Produkten hinfällig macht.

### Warum hat der Gesetzgeber nachgebessert?

Nickel kann für Menschen gesundheitsschädlich sein. Bei häufigem Nickelkontakt kann es zu dauerhaften Hautveränderungen kommen, dem chronischen allergischen Kontaktekzem [1].

In der Verordnung (§ 27, Ann. XVII, Reg. (EC) No 1907/2006) des Europäischen Parlaments und des Rates zur Reduzierung des Risikos einer Sensibilisierung durch das Kon-

taktallergen Nickel wurde der Einsatz von Nickel in Bedarfsgegenständen reguliert. Grenzwerte zur Nickelabgabe bei direktem und verlängertem Kontakt zur Haut wurden vorgeschrieben. Der Terminus *verlängerter Hautkontakt* war jedoch nicht definiert [2].

Um diese Lücke zu schließen, entwickelte die ECHA (Europäische Chemikalienagentur) eine wissenschaftlich gestützte Interpretation, was als *verlängerter Hautkontakt* in Zusammenhang mit der Nickelbegrenzung zu verstehen ist. Diese Interpretation wurde 2014 vorgestellt und besagt: längerer Kontakt der Haut mit Gegenständen die Nickel enthalten, also mehr als

- zehn Minuten bei drei oder mehr Gelegenheiten innerhalb von zwei Wochen oder
- 30 Minuten bei einer oder mehreren Gelegenheiten innerhalb von zwei Wochen [3].

### Wen betrifft die neue Regelung?

Diese Definition hat zur Folge, dass viele bisher nicht betroffene Bedarfs- und

Konsumgegenstände unter die Begrenzung der Nickelabgabe (nicht mehr als  $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{Woche}$ ) fallen.

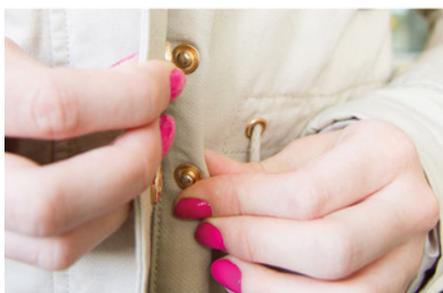
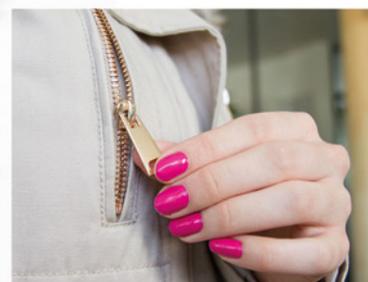
Damit hätten unter anderem die Produzenten von den folgenden Gütern Handlungsbedarf:

- Modeschmuck (Ohrstecker/-ringe, Halsketten, Armreifen, u. a.)
- Bekleidungszubehör (Reißverschlüsse, Metallknöpfe, u. a.)
- Handarbeitsutensilien (Strick-/Nähnadeln, u. a.)
- Schreibgeräte/-utensilien (Kugelschreiber, Zirkel, Scheren, u. a.)
- Brillengestelle
- Werkzeuge
- Schnallen
- Griffe aller Art
- Lenkräder/Schaltknüppel
- Geräte zur Körperpflege
- Mundstücke jeglicher Art
- Küchengeräte
- Elektronische Geräte



**Nickel sorgt für dekoratives Aussehen und gute Korrosionsbeständigkeit, ist allerdings auch für die Nickelallergie verantwortlich!**

**Gefordert sind jetzt die Produzentenhersteller.**



## Eine Herausforderung, die keine ist?

Unter anderem die ausgereiften Bronze-Elektrolyte (vertrieben unter dem Markennamen Miralloy®) der Umicore Galvanotechnik GmbH haben sich über Jahrzehnte weltweit zur Abscheidung von Weiß-, Gelb- und Rotbronzeschichten etabliert. Aber auch im Edelmetallbereich bietet das Unternehmen Schichtkombinationen an, beispielsweise mit Palladium, Rhodium, Ruthenium und Platin. Das Sortiment wird mit modernsten Anlaufschutzverfahren und Versiegelungen abgerundet und macht Umicore so zum Komplettanbieter, wenn es darum geht, nickelfrei zu beschichten.

Warum viele betroffene Hersteller noch immer nicht nach der neuesten Verordnung produzieren, erklärt sich Benjamin Wieser (Vertrieb & Technische Kundenberatung bei Umicore) so: *Kosteneffizient und ohne Qualitätseinbußen nach der neuesten REACH-Verordnung zu produzieren geht mittlerweile problemlos. Umicore Galvanotechnik bietet entsprechende Elektrolyte und Prozesse, berät intensiv zu Optimierung und Umstellung und leistet bei Bedarf auch technischen Anwenderservice. Oft fehlt einfach das Bewusstsein, dass nicht mehr gesetzeskonform produziert wird. Die Herausforderung für be-*

*troffene Unternehmen besteht lediglich im Beschluss, den Schritt hin zu nickelfreien Fertigungsprozessen zu gehen.*

## Über Umicore

Die Umicore Galvanotechnik GmbH ist innerhalb des Umicore-Konzerns die Geschäftszentrale der Business Unit Electroplating und damit weltweit verantwortlich für die Produktentwicklung, Herstellung und die Vertriebs- und Servicekoordination in rund 60 Ländern der Welt.

Die Geschichte des Unternehmens in Schwäbisch Gmünd besitzt eine lange Tradition und reicht bis zum Jahr 1888 zurück. Als Scheideanstalt für Edelmetalle gegründet, präsentiert sich das Unternehmen heute als ein weltweit führendes Unternehmen im Bereich der Edelmetallgalvanotechnik. Die Umicore Galvanotechnik GmbH ist eine hundertprozentige Tochter der Allgemeine Gold- und Silberscheideanstalt AG, Pforzheim, deren Mehrheitseigner wiederum der Umicore-Konzern ist.

Die galvanotechnische Beschichtung wird heute gern als Querschnittstechnologie bezeichnet, da sie Anwendung auf fast allen Produkten des täglichen Gebrauchs findet, beziehungsweise deren Produktion erst

ermöglicht. Fast alle namhaften Hersteller der Kommunikations-, Automotive- und Schmuckindustrie beziehen direkt oder indirekt Bauteile, die mit Hilfe von Umicore-Produkten aus Schwäbisch Gmünd beschichtet wurden. Umicore Electroplating bewegt sich in einem spezifischen Nischenbereich, welcher im Wesentlichen durch edelmetallbasierte Schichtkombinationen definiert ist.

➔ [www.ep.umicore.com](http://www.ep.umicore.com)

## Quellen und weitere Informationen

- [1] <http://www.apotheken-umschau.de/allergie/nickellallergie>
- [2] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONS-LEG:2006R1907:20121009:DE:PDF>
- [3] <https://echa.europa.eu/documents/10162/5dea96fd-1db4-4b64-1572-19858939d8fd>
- [4] <http://www.bfr.bund.de> <http://www.nickelfrei.de> (5.5.2017)
- [5] [www.zdf.de/verbraucher/wiso/nickel-im-alltag-100.html](http://www.zdf.de/verbraucher/wiso/nickel-im-alltag-100.html) (5.5.2017)
- [6] <http://ep.umicore.com/de/produkte/nichtedelmetall-elektrolyte> (5.5.2017)
- [7] Broschüre: Keine Berührungsängste mehr mit den Schichtsystemen der Zukunft; <http://ep.umicore.com/storage/ep/produkt-flyer-nickelfrei-reachverordnung-de-210x297-wickelfalz-20170330-ansicht-300dpi.pdf>



## Kompakte Anlagen für perfekte Oberflächen



**Titanfärben Elektropolieren Eloxieren Vergolden Versilbern Rhodinieren Beizen Reinigen Passivieren**

**Walter Lemmen GmbH • +49 (0) 93 42 - 7851 • [info@walterlemmen.de](mailto:info@walterlemmen.de) • [www.walterlemmen.de](http://www.walterlemmen.de)**

## Benetzungsanalyse: Kontaktwinkel auf kleinsten Oberflächen messen

Von Dr. Michaela Laupheimer, DataPhysics Technologie- & Wissenstransfer,  
und Dina Otto, DataPhysics Applikationszentrum

**Oberflächen untersuchen, verstehen und optimieren: Dazu sind Kontaktwinkelmessgeräte und Tropfenkonturanalysesysteme von DataPhysics Instruments weltweit im Einsatz. Für jede Anforderung gibt es das passende Messsystem. Dank innovativer Nano- und Pikoliterdosierung gelingt auch das Prüfen kleinster Bauteile.**

Die DataPhysics Instruments GmbH entwickelt, baut und vertreibt seit 20 Jahren hochwertige Messgeräte zur Analyse von Grenz- und Oberflächeneigenschaften. Mit ihren hohen Qualitäts- und Präzisionsstandards werden diese auch höchsten Messanforderungen gerecht. Dank eines breit aufgestellten Produktportfolios von optischen Kontaktwinkelmessgeräten, über Tensiometer und Spinning Drop-Tensiometer, bis hin zu Stabilitätsanalysatoren für Dispersionen, bietet DataPhysics Instruments passende Systemlösungen für unterschiedlichste Messaufgaben.

Genau das haben wir erwartet, freut sich Dr. Carl Funke und betrachtet den kleinen Wassertropfen zwischen den Schraubengewindungen, der sich eng an die Oberfläche des Zahnimplantats anschmiegt. Er und seine Kollegen feilen seit Monaten an dem Implantatmaterial, das durch seine Hydrophilie ein schnelles und festes Einwachsen eines nötigen Zahnersatzes sicherstellen soll. Heute steht Dr. Funke mit seiner Entwicklung im Applikationslabor von DataPhysics Instruments in Filderstadt. Hier möchte er an einem Labortag herausfinden, mit welchem Messgerät er seine Forschung zukünftig noch effektiver vorantreiben kann. Das optische Kontaktwinkelmessgerät und Konturanalysesystem OCA mit dem eben vorgeführten Nanoliterdosiersystem scheint perfekt geeignet.

Wie viele Wissenschaftler in der Oberflächentechnik, steht Dr. Funke vor der Herausforderung, die Eigenschaften eines neu entwickelten Materials auch am schließlich daraus gefertigten Bauteil zu testen. Das ist aufgrund von dessen Form und Größe jedoch mitunter schwierig. Während am Rohmaterial für die Untersuchung meist große Flächen zur Verfügung stehen, sind mögliche Testflächen am Bauteil oft nur noch wenige Quadratmillimeter oder gar Quadratmikrometer

klein. So wie die Gewindgänge von Dr. Funkes Zahnimplantat. Dies stellt besonders hohe Anforderungen an die verwendeten Messgeräte.

### Kontaktwinkelmessung erlaubt Oberflächencharakterisierung

Für die Durchführung von Benetzungsanalysen auf Festkörperoberflächen werden bevorzugt optische Kontaktwinkelmessgeräte eingesetzt. Diese besitzen eine Dosiervorrichtung, mithilfe derer ein Flüssigkeitstropfen auf der zu untersuchenden Oberfläche abgesetzt wird. Eine Kamera filmt den Vorgang und sendet die Bilder an einen Computer mit Auswertesoftware. Die Tropfenbasis sowie die -konturlinie werden automatisch erkannt und angepasst. Unmittelbar daraufhin wird der Kontaktwinkel berechnet.

Der Kontaktwinkel erlaubt eine direkte Oberflächencharakterisierung: Niedrige Wasserkontaktwinkel  $< 90^\circ$  zeugen von Hydrophilie, während man auf hydrophoben Oberflächen kugelförmige Wassertropfen mit Kontaktwinkeln  $> 90^\circ$  beobachtet. Kontaktwinkelmessungen mit mehreren unterschiedlichen Testflüssigkeiten ermöglichen weiterhin die Bestimmung der Oberflächenenergie. Diese ist das Pendant zur Oberflächenspannung von Flüssigkeiten und lässt mit ihren dispersen und polaren Anteilen auch Rückschlüsse

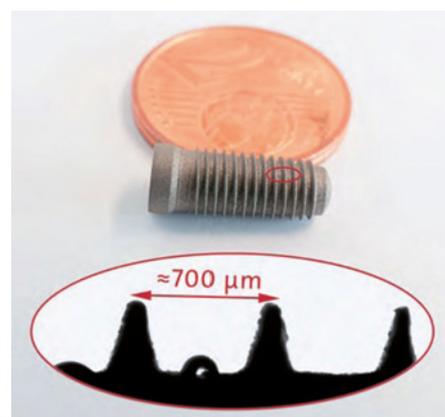


**Abb. 1: Schematische Darstellung eines Kontaktwinkels  $\theta_c$  auf einer Festkörperoberfläche, mit der Oberflächenspannung der Flüssigkeit  $\sigma_L$ , Oberflächenenergie des Festkörpers  $\sigma_S$  und fest-flüssig-Grenzflächenenergie  $\sigma_{SL}$ .**

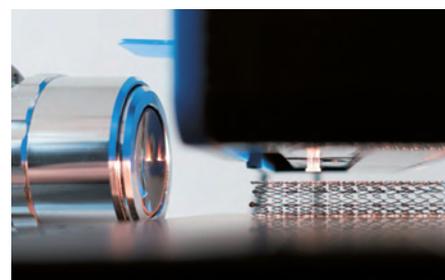
se auf die Oberflächenchemie des Materials zu (Abb. 1).

### Innovative Dosierung für kleinste Oberflächen

Soll nun der Kontaktwinkel auf sehr kleinen Oberflächen gemessen werden, erfordert dies die Dosierung von besonders kleinen Flüssigkeitstropfen. DataPhysics Instruments hat zu diesem Zweck neben der Standarddosierung mit Glas- oder Einwegspritzen, die Mikrolitertropfen erzeugt, zwei spezielle Dosiersysteme entwickelt: die Nanoliterdosierung und die Pikoliterdosierung PDDS. Die Größenverhältnisse kann man sich wie folgt vorstellen: Ein Mikrolitertropfen benetzt eine Fläche mit einem Durchmesser von einigen Millimetern (umso größer, je kleiner der



**Abb. 2: Nanolitertropfen im Gewinde eines Zahnimplantats**



**Abb. 3: Pikoliterdropfen auf Koronarstent**

Kontaktwinkel); das entspricht in etwa der Größe eines Stecknadelkopfes oder einer Reißzwecke. Mit der Nanoliterdosierung werden bereits hundertmal kleinere Tropfen erzeugt ( $V = 10 \text{ nl}$ ). Diese passen beispielsweise auf den Rand einer Cent-Münze – oder in die Gewindegänge eines Zahnimplantats (Abb. 2).

Mit der Pikoliterdosierung schließlich lassen sich noch dreißigmal kleinere Tropfen dosieren ( $V = 30 \text{ pl}$ ), zum Beispiel auf ein menschliches Haar oder die Drähte eines Koronarstents (Abb. 3).

Und wie groß ist Ihre Probe? Die Oberflächenexperten bei DataPhysics Instruments beraten Sie gerne und finden für Sie

das passende Messsystem. Mit ihrem dichten weltweiten Vertriebsnetz garantiert das Unternehmen die schnelle, kompetente Beratung und Unterstützung auch über alle Grenzen hinweg.

➔ [www.dataphysics.de](http://www.dataphysics.de)

## G. & S. PHILIPP *Chemische Produkte*

### Unsere Schwerpunkte

- Langfristige Verhinderung von Bakterien-, Algen- und Pilzwachstum in fast allen wässrigen Lösungen (VE-Wasser, Destillat, Kühlkreislauf, Luftwäschern, Emulsionen, Passivierungen, Spülen, versch. Prozessbädern u.v.m.)
- Reinigung, Entkeimung und Entkalkung wasserführender Systeme (Kiesfilter, Ionenaustauscher, Wasserkreisläufe, Module, Tauchanlagen u.a.)
- Abwasserbehandlung/-reinigung (Fällen und Flocken, Komplexspalten, Entgiften und verschiedene Spezialbehandlungen)



### Unser Ziel

Zufriedene und erfolgreiche Kunden, die uns gerne weiter empfehlen.

### G. & S. PHILIPP *Chemische Produkte*

Mühlweg 7 - 86943 Thaining

[www.guschem.de](http://www.guschem.de) - [info@guschem.de](mailto:info@guschem.de)

Tel. 08194-93109-80 - Fax 08194-8461

**HARTER**  
drying solutions

PERFEKTION IN ALLEN FRAGEN  
DER **TROCKNUNG.**

DAS BESTE KENNT  
KEINE ALTERNATIVE.

BESUCHEN SIE UNS:  
**ZVO**  
Oberflächentage  
in Berlin  
13. - 15. Sept. 2017

## IVD-Aluminium-Beschichtung – zertifiziert für die Luft- und Raumfahrt

Acorn Surface Technology Ltd ist ein auf Oberflächentechnik spezialisiertes Unternehmen, das in Kirkby-in-Ashfield bei Nottingham in Großbritannien beheimatet ist. Es gehört seit Anfang 2016 zur AHC-Gruppe, ist jedoch schon wie die AHC Oberflächentechnik GmbH seit 2001 im Firmenverbund von Aalberts Industries NV. Seit ihrer Gründung im Jahre 1969 bot Acorn Anodisierverfahren (Harteloxal, Chromsäure- und Schwefelsäure-Anodisieren) in erster Linie für die feinmechanische Industrie an.

In den folgenden Jahren richtete sich Acorn sehr stark auf die Luft- und Raumfahrtindustrie aus, gestützt auf einem hohen technischen Know-how in den dort geforderten Anodisier- und Lackierverfahren. Mit zunehmender Anzahl von OEM- und Kunden-Zulassungen, einschließlich Airbus, Boeing, Bombardier und Rolls Royce, hielt das Unternehmen Ausschau nach neuen Technologien, in die es neben seinen In-house-Verfahrensentwicklungen investieren konnte.

1998 griff Acorn die Technologie des ionen-gestützten Bedampfens mit Aluminium auf, bekannt unter dem Begriff IVD-Aluminium-Beschichtung (IVD = Ion Vapour Deposition). Acorn hat diese Technologie und die Verfahrenskapazitäten im Laufe von 18 Jahren erfolgreich weiterentwickelt. Die IVD-Aluminium-Beschichtung wurde ursprünglich von McDonnell Douglas als Ersatz für das Cadmieren von Stahl- und Titanbauteilen entwickelt. Das IVD-Aluminium wird vor allem für den Korrosionsschutz typischerweise im Temperaturbereich von 0 °C bis 300 °C eingesetzt. Die Beschichtung kann auch der

Vermeidung bimetallischer oder galvanischer Korrosion dienen. Ein Beispiel ist die Beschichtung von Befestigungselementen aus Titan mit IVD-Aluminium, mit denen Aluminiumbaugruppen verbunden werden.

Es lassen sich drei verschiedene Beschichtungsklassen definieren. Die Beschichtung nach Klasse 1 mit mindestens 25 µm Schichtdicke bietet die beste Korrosionsbeständigkeit (mindestens 504 h im Salzsprühtest nach ASTM B117). Beschichtungs-klasse 2 findet oft Anwendung für bearbeitete Teile, wo enge Toleranzen gefragt sind. Die Schichtdicke liegt hier im Allgemeinen zwischen 13 µm und 25 µm. Beschichtungen nach Klasse 3 schließlich werden üblicherweise aufgebracht auf Befestigungselemente und andere filigrane Komponenten mit engen Toleranzen. Hier beträgt die Schichtdicke typischerweise 8 µm bis 13 µm und bietet die geringste Korrosionsbeständigkeit. Die Korrosionsbeständigkeit kann in allen Fällen durch eine nachfolgende chemische Konversionsbeschichtung erhöht werden.

Es gibt eine Reihe von wichtigen Prozessschritten bei der IVD-Beschichtung mit Aluminium auf metallischen Substraten. Zunächst werden die Teile entfettet, um Zerspanungs- oder Dewateringöle zu entfernen, gefolgt von einem feinkörnigen Sandstrahlen. Zum einen wird dabei die Oberfläche mechanisch gereinigt, zum anderen wird ein Profil mit einer großen Oberfläche erzeugt. Letzteres unterstützt die physikalische Bindung der Beschichtung zu dem Substrat. Der letzte Schritt erfolgt in der Vakuum-Beschichtungskammer. Die Teile werden



**Befestigungselemente mit einer IVD-Aluminiumbeschichtung von Acorn**

während des Prozesses auf einem elektrisch leitenden Gestell gehalten. Das Gestell kann während des Verfahrens fixiert sein oder bewegt werden. Eine Bewegung verbessert die Verteilung der Beschichtung auf komplexer geformten Teilen. Der Beschichtungsprozess erfolgt in einer evakuierten Beschichtungskammer. Dieser wird Edelgas zugegeben, eine elektrische Spannung angelegt und damit eine Plasma-Glimmentladung erzeugt, die als violette Leuchten in der Kammer deutlich sichtbar ist. Als Folge entsteht eine sehr saubere Oberfläche auf dem Substrat. Zu Beginn des eigentlichen Beschichtungsprozesses wird Aluminiumdraht einer Reihe von hoherhitzen Keramikriegeln zugeführt. Mittels einer angelegten Hochspannung werden sehr hohe Temperaturen erzeugt und das Aluminium verdampft zu einem elektrisch geladenen Nebel (ionisiert). Die negativ geladenen Aluminiumatome bewegen sich durch das Vakuum und scheiden sich auf den zu beschichtenden Teilen ab, die elektrisch geerdet sind.

Die Aluminiumquelle kann unterhalb der Teile bewegt werden, die von einem Metallgestell herabhängen. Dadurch wird eine große Menge an Teilen in einem Vakuumdurchlauf beschichtet. Eine weitere Variante ist, mit einer festen Beschichtungsquelle zu arbeiten. Die Teile bewegen sich dann oszillierend durch den optimierten Beschichtungsbereich. Beide Methoden haben ihre Vorteile und sind



**Business Development Manager Jonathan Riches, Geschäftsführer David Cox und Werkleiter Paul Brown vor einer IVD-Beschichtungskammer (von links nach rechts)**



**IVD-beschichtete Bauteile mit Maskierung im inneren Durchmesser, die nach der Aluminiumbeschichtung passiviert wurden**

das Ergebnis der Entwicklung des Produktionsprozesses.

Nach der Beschichtung mit IVD-Aluminium haben die Teile ein mattgraues Aussehen und werden sorgfältig nachbehandelt. Der nächste Schritt ist, die Poren in der äußeren Oberfläche der Beschichtung durch Glasperlenstrahlen zu schließen. Die Teile können direkt in diesem Zustand verwendet werden, oder, was häufiger ist, die reine Aluminiumoberfläche wird durch eine chemische Konversionsbeschichtung mit anschließende Passivierung auf Basis von Chrom(III) umgewandelt.

Nach der Beschichtung hat Acorn die Möglichkeit, die Qualität der Beschichtung unter Verwendung verschiedener Prüfmethoden zu bestimmen. Üblicherweise erfolgt dies bei Eisenwerkstoffen mit Hilfe einer Wirbelstromsonde oder bei Nichteisen-Werkstoffen wie Titan- oder Kupferlegierungen über mechanische Maßprüfungen. Ein weiterer großer Vorteil der IVD-Aluminium-Beschichtung ist, dass sie bereits nach einer einfachen Oberflächenvorbehandlung lackiert werden kann. Die Oberfläche eignet sich für viele Lacke einschließlich allgemein vorgeschriebener flüssigkeitsdichter Primerlacke auf Epoxidharz-Basis sowie Trockenfilm-Schmierstoffe.

Acorn ist traditionell stark auf den Sektor Luftfahrt- und Verteidigungs ausgerichtet, die beide in Großbritannien gut etabliert sind. Hier war Acorn das erste Unternehmen mit einer NADCAP-Zertifizierung für das IVD-Aluminium-Beschichtungsverfahren.

Das Verfahren ist auch für eine Reihe von großen Luft- und Raumfahrtunternehmen wie Airbus, Boeing, Bombardier, Leonardo, Rolls-Royce, Safran und UTC zertifiziert. Die Bauteile, die für diese Endkunden beschichtet werden, können in Größe und Komplexität in erstaunlichem Ausmaß variieren. Durch ein spezielles Trommelbeschichtungsverfahren, bei dem Teile in einer Trommel über eine feststehende Quelle gedreht werden, wird eine dünne IVD-Aluminiumschicht in einem

Batch-Prozess mit typischerweise Tausenden kleiner Befestigungselemente pro Charge aufgetragen.

Immer öfter wird das IVD-Aluminium-Beschichtungsverfahren für größere Bauteile gefordert, wo die Beschichtung ganzflächig sein kann, oder selektiv unter Verwendung von Maskierungen aufgetragen wird. Diese Beschichtungen sind häufig dicker und verfügen über eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit. Typische Beispiele sind etwa Flugwerkkomponenten, Motorkomponenten und Mischmetall-Baugruppen.

Die Produktionsstätte bei Acorn kann vier verschiedene IVD-Aluminium-Beschich-

tungskammern einsetzen: zwei Anlagen mit Trommel für kleinere Teile und zwei weitere große Beschichtungsanlagen zur Beschichtung von größeren Teilen bis zu 2 m Länge und bis zu 300 mm Breite. Sie sind aber auch ausgelegt für kleinere Teile.

Der Fokus auf die Prozessentwicklung ermöglichte es Acorn, die Kundenbasis deutlich zu erweitern. Acorn beliefert heute Kunden im globalen Maßstab. Mehr als die Hälfte der IVD-Beschichtung mit Aluminium geht an Kunden in Europa, der Rest an Kunden in Asien und Amerika.

➔ [www.ahc-surface.com](http://www.ahc-surface.com)

## PLASMA TECHNOLOGY

### Pulse Plasma Power Supplies



**MAGPUL**

[www.magpuls.de](http://www.magpuls.de)

**APPLICATIONS**

- Plasma nitriding
- HIPIMS
- Reactive sputtering
- Plasma nitriding
- HIPIMS
- Reactive sputtering

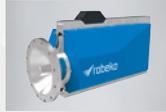


### Thin Film Equipment and Solutions



**robeko**

[www.robeko.de](http://www.robeko.de)



**Components**

Plasma & sputtering sources  
Power supplies  
Process controllers



**Materials**

Sputtering targets & evaporation materials  
Target bonding



**Services**

Coating development  
Sample coatings  
Technology transfer

## Plasma Monitor and Process Control Systems



**PLASUS**

[www.plasus.de](http://www.plasus.de)

**HIGHLIGHT FEATURES**

- Multi-sensor setup for optical and electrical input signals
- Advanced signal processing for all input signals
- Integrated processor unit for stand-alone operation
- Industrial interfaces for integration and automation

FOR AUTOMATED PROCESS CONTROL IN PRODUCTION LINES



## Schutz vor Abrasion mit PlanoTek Dispersionsschichten CNB und CNBV

Bei den PlanoTek Dispersionsschichten wird in eine Nickelmatrix feinst verteilt Festschmierstoffe und Hartstoffe eingebaut. Die Schichten gewährleisten so in der Kunststoffverarbeitung Schutz vor Abrasion bei gleichzeitiger antiadhäsiver Wirkung. Die Funktionalität der Dispersionsschichten wird über die gesamte Schichtdicke gewährleistet. Der Nutzen für den Anwender ist vielfältig.

- Reduzierung / Verzicht von Trennmitteln
- Bessere Entformung bei konstanter Artikelqualität
- Reduzierung von Belagsbildung und somit Verlängerung der Reinigungsintervalle
- Verschleisschutz auf Stahl, Kupfer, Aluminium und deren Legierungen
- Temperaturbeständigkeit PlanoTek CNB/CNBV etwa 680 °C

### Anwendungsbeispiele als Verschleisschutz und Entformungshilfe

Bei der Verarbeitung von Polypropylen hatten die Kerne aus Moldmax HH hochglanzpolierte Oberfläche eine schlechte Entformung. Die Folge war eine lange Kühlzeit. Als Abhilfe wurden die Kerne mit 15 µm PlanoTek CNBV beschichtet. Das Ergebnis war eine sehr gute Entformung und die Zykluszeit wurde zusätzlich halbiert.

Bei Einsätzen aus 1.2767, mit denen Polycarbonat verarbeitet wird, kam es zu Entfor-

### PlanoTek Chemisch-Nickel-Schichten

- verzugsfrei aufgrund maximale Prozesstemperatur von 90 °C
- gezielte Funktionsbildung durch Einlagerung von Feststoffen
- planparallele Abscheidung auch in Bohrungen, Schlitzten, Vertiefungen
- konturgetreu, ohne Kantenaufbau
- Stahl (gehärtet, plasmanitriert), Kupfer, Aluminium, Sintermetall und ähnliche Werkstoffe
- Oberflächenstrukturen sowie mechanische Eigenschaften bleiben erhalten

### PlanoTek CNB/CNBV

- Schutz vor Abrasion
- Entformungshilfe
- Belagsverhinderung
- Korrosionsschutz
- Härte etwa 72 HRC (getempert)
- Einsatztemperatur bis 600 °C



mungsproblemen im Bereich der Rippen. Die Einsätze wurden mit 5 µm PlanoTek CNBV beschichtet. Nach der Beschichtung wurden die Auswerferkräfte halbiert und die Entformung hat sich erheblich verbessert.

Bei der Verarbeitung von PEEK ergab sich eine extrem hohe Klebeigung. Diese war auch durch weitere Ausstoßerelemente und angepasste Oberflächenstrukturen nicht zu kompensieren. Nach einer Beschichtung mit PlanoTek CNB war die Entformung optimal

und eine prozesssichere Produktion gewährleistet.

➔ [www.novoplan.de](http://www.novoplan.de)

## Natürliche Aluminiumoberfläche mit individuell variierenden Gestaltungsmöglichkeiten

Als mittelständisches Unternehmen aus Deutschland bietet Alutecta alle Voraussetzungen für die Realisierung völlig neuer, herausragender Aluminiumoberflächen - ideale Produkte für die Architektur und das Produktdesign

Die neuen *Granodal*®-Oberflächen bieten einzigartige Möglichkeiten der Produktgestaltung für Innen- und Außenanwendungen in der Architektur und dem Produktdesign. Die edel grau schimmernde Oberfläche erscheint unter dem Einfluss unterschiedlicher Lichtverhältnisse sehr lebendig. Mit dem neuen Verfahren können eloxierte Aluminiumbauteile in zahlreichen neutralen Grautönen

eingefärbt werden, die so einen völlig neuen *look and feel* erhalten.

*Granodal*® ist ein von Alutecta entwickeltes Verfahren zur Einfärbung von anodisiertem Aluminium in verschiedenen Grautönen. Die resultierende Oberfläche zeichnet sich durch ihre außergewöhnlich edle Optik und Haptik aus. Der metallische Charakter bleibt bei dieser rein anorganischen Einfärbung erhalten.

Es entsteht eine schimmernde, sehr lebendige Oberfläche in vielen, eher neutralen Grautönen, ohne Tendenz zu Blau- oder Grüntönen. Die Einfärbung ist UV-resistent und wetterfest, unterliegt also keinerlei Ausbleichen oder Tendenz zu Fleckigkeit bei Bewitterung. Neben diesen Eigenschaften zeigen sich die bekannten positiven Qualitätsmerkmale von Eloxal (anodisch oxidiertes

Aluminium) – kratzfest, langlebig und korrosionsresistent. *Granodal®* zeigt somit auch und gerade in der Außenanwendung seine Stärken und garantiert die Beständigkeit der veredelten Produkte und Gestaltungsideen in zahlreichen Branchen.

*Granodal®* nutzt die physikalischen Eigenschaften in die Eloxalschicht eingebetteter Metallpartikel. Form und Legierung der veredelten Bauteile sind entscheidend für die entstehende Farbwirkung – ein Effekt, der den individuellen Charakter des Materials betont und zur Einmaligkeit Ihrer Gestaltung und Produkte beiträgt. Angeboten werden drei verschiedene Farbtöne von C71 bis C73, ergänzt durch die Edelstahloptik *AlanoX®* grau und variiert durch die zahlrei-

chen Möglichkeiten der Oberflächenvorbehandlung wie Bürsten, Schleifen, Beizen und Polieren.

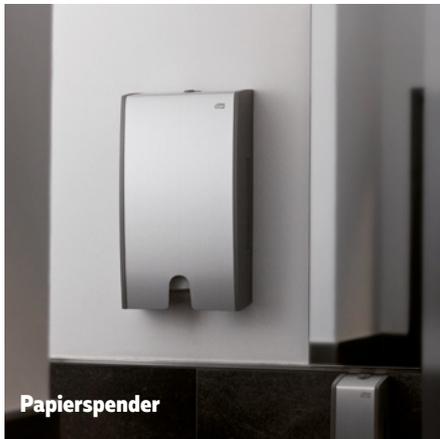
Die Anwendung bietet bisher nicht dagewesene Möglichkeiten in Design und Architektur, für Bauteile aller Größen bis hin zu einer Länge von sieben Metern.



Außenfassade



Außenfassade



Papierspender

Alutecta mit Sitz in Deutschland ist spezialisiert auf die Realisierung von Ideen aus Aluminium für die Architektur, Produktdesign

oder Industrie, und das vom Einzelteil bis zur Serienfertigung. Aluminium in Form, Farbe und Funktion steht für das Unternehmen dabei im Vordergrund. Produkte sind auf der ganzen Welt zu finden, zum Beispiel rot eloxierte Bleche an den neu erstellten Pavillons auf dem Eiffelturm in Paris.

Alutecta greift auf über 45 Jahre Erfahrung beim Eloxieren, Pulverbeschichten und CNC Bearbeiten zurück. Neue Oberflächen und Produktionstechnologien, modernste Anlagen und Maschinen und eine motivierte und hochqualifizierte Mitarbeiterschaft garantieren dabei die optimale Umsetzung der Ideen aus Aluminium.

➤ [www.alutecta.de](http://www.alutecta.de)

Funktionelle Präzisionsbeschichtungen für Komponenten aus Motoren- und Antriebstechnik, Textil-, Druck- und Werkzeugmaschinen sowie Maschinenbau

## ENTWICKLUNG

- > Beschichtungsverfahren
- > Vorbehandlung für spezielle Werkstoffe (Sonderwerkstoffe)
- > Verschleiß-/Korrosionsschutz-Beschichtungen



## VERFAHREN

- > Chemisch/Galvanisch Nickel
- > Hartchrom
- > Kupfer
- > Nickel Dispersionsschichten & Ternäre Legierungen für:
- > Reibwerterhöhung (Diamant)
- > Verschleißschutz (SiC, B<sub>4</sub>C)
- > Reibwertreduzierung (hBN)
- > Antiadhäsiv (PTFE, PFA)

## BESCHICHTUNG NACH MASS

- > als integrierte Dienstleistung für alle Bauteile vom Einzelteil bis zur Serie.
- Nutzen Sie unseren Service!**
- > Präzisionsbeschichtungen mit den eigenen Verfahren
- > Prototypenbeschichtungen



## LABOR

- > Werkstoffanalyse
- > Nasschemische Analyse
- > Schadensanalyse
- > Verfahrensentwicklung



## PRODUKTE

- DIASHIELD®
- DIAPROTECT®
- DIAGLIDE®
- DIAGRIP®
- ENDIS®
- ENDIA®

## ≡ Moderne Prozessentwicklung für die Oberflächentechnik – der nächste Schritt

Hausmesse zur Vorstellung der nächsten Generation an Robotertechnik und Messverfahren für die oberflächentechnische Fertigung bei der Ludy Galvanosysteme GmbH in Höhrfröschen bei Pirmasens

Im Bereich der Oberflächentechnik werden in Europa in großem Umfang Beschichtungsautomaten eingesetzt. Diese übernehmen den Transport der zu bearbeitenden Teile durch Anlagen zur galvanischen Beschichtung, zur Herstellung elektronischer Schaltungen oder zur Vorbehandlung vor einer Lackierung. Dabei ist innerhalb der Transportstrecke oft eine hohe Zahl an Variationen bezüglich der Behandlungsabfolgen oder der Behandlungszeiten möglich – diese Art der Automation zählt heute zum Stand der Technik.

Darüber hinaus fallen jedoch umfangreiche Arbeitsabläufe zur Prüfung von Teilen vor und nach der Bearbeitung oder auch zur Bestückung von Beschichtungsgestellen an. Diese werden nach wie vor in erster Linie von Menschen ausgeführt. Vor allem für die Fertigung von hohen Stückzahlen erfordern diese Tätigkeiten ein hohes Maß an manueller Fertigkeit, Konzentration und Ausdauer. Hinzu kommen oftmals kurze Bearbeitungszeiten und hohe Ansprüche an die Qualität. Eigentlich sind dies ideale Bedingungen für den Einsatz von Robotern und automatischen Prüfeinrichtungen – allerdings standen bisher für diese Aufgaben keine entsprechenden Geräte und Anlagen zur Verfügung.

Gemäß der Unternehmensphilosophie *Wir haben Ideen* haben sich die Spezialisten der Ludy Galvanosysteme GmbH aus Höhrfröschen diesen Herausforderungen gestellt. Im Rahmen einer Hausmesse Anfang Juli konnten sich interessierte Fachleute aus dem Bereich der Oberflächentechnik von den jüngsten Ergebnissen der kreativen Köpfe des Anbieters von Anlagen und Geräten für die Beschichtungs- und Fertigungstechnik begeistern lassen. In Zusammenarbeit mit der Denso Europe und der Helmee Imaging aus Finnland waren vier Arbeitsbereiche aufgebaut, die eine deutliche Änderung für die Fertigung versprechen.

### Handling in der Leiterplattenverarbeitung

Dünne Leiterplatten – beispielsweise die sogenannten flexiblen Leiterplatten – stellen für automatische Transportsysteme eine He-

erausforderung dar. Sie sind relativ schwer zu fassen und sicher zu transportieren. Die hohe Flexibilität der Platten führt zudem zu unkontrollierten Bewegungen, die beim Transport innerhalb der Fertigung zu Störungen führen können oder ein enges Stapeln stark erschweren.

Durch die Konzipierung eines neuartigen Aufnahmegestells für die flexiblen Leiterplatten lässt sich deren Transportfähigkeit deutlich erhöhen. Wie Ludy-Techniker mit dem ersten Prototypen der Anlage bestätigen können, verleiht die Einrichtung den Leiterplatten eine so hohe Stabilität und Widerstandsfähigkeit, dass sie sicher ohne Beschädigungen mittels Roboter zwischen den einzelnen Produktionsschritten mit Hilfe von speziell konstruierten Transportgestellen befördert werden können. Der Nutzer der Robotertechnik kann damit die Beschädigungsgefahr drastisch verringern, bei sehr hoher Verfügbarkeit der Produktionseinrichtungen – ein Gewinn für die Hersteller von flexiblen Schaltungen, die stets einem hohen Kosten- und Qualitätsdruck unterliegen.

### Automatische Bestückung in der Trommelbeschichtung

Auch eine zuverlässige Bestückung von Trommelanlagen für die Bearbeitung von Massenteilen – zum Beispiel die Reinigung zwischen zwei Arbeitsgängen oder die galvanische Verzinkung – ist durch den Einsatz von Handlingrobotern möglich. Bei Massenbearbeitung besteht die Herausforderung, eine meist relativ hohe Anzahl an unterschiedlichen Teilen sehr zuverlässig mit verschiedenen Verfahren zu bearbeiten und zugleich das Vertauschen oder die Vermischung von ähnlichen Teilen zu vermeiden. Auch hier sind in der Regel elektronische Steuerungen den menschlichen Mitarbeitern überlegen.

Ludy hat dazu die Roboter mit einem System zur Erkennung von Kistentypen sowie einem neuartigen Multigreifer für Kisten ausgestattet. Der erste Prototyp der Anlage ist damit in der Lage, sechs verschiedene Kisten sicher zu erkennen und zu greifen. Nutznießer der Technologie ist nicht nur das Unter-

nehmen, das hier seine Bearbeitungsqualität verbessern kann, sondern auch der Werker vor Ort, der sich das manuelle Transportieren von schweren Kisten erspart und mit effizienteren Arbeiten betraut werden kann.

### Be- und Entladung von Galvanogestellen

Die Ludy Galvanosysteme GmbH besitzt nicht nur innovative Anlagenentwickler im eigenen Haus, sondern zeichnet sich auch durch eine intensive Zusammenarbeit mit Unternehmen in allen Bereichen der Automation aus. Das Ergebnis dieser Zusammenarbeit ist ein Roboter für das Be- und Entladen von Galvanogestellen mit Erkennung, Sortierung und Vereinzelung von Teilen.

Für das Be- und Entladen wurde ein Roboter mit speziellen Greifern sowie einer neuartigen Kameratechnik ausgestattet. Die heute verfügbare Hard- und Software erlaubt es, dass Roboter und Kamerasystem die Position von Teilen so schnell erkennen, dass der fließende Arbeitsablauf nicht langsamer oder ungenauer abläuft, als beim bisher verfügbaren Fachpersonal. Mit einer entsprechenden Einhausung derartiger Roboter lässt sich die Be- und Entladung von Galvanogestellen



**Eyefeeder®**, vorgestellt von Herrn Wissel von Denso Europe B. V.



**Folienbeladung**

sogar gegenüber dem heute üblichen Stand deutlich beschleunigen.

Für die Bearbeitung von Masseteilen im Schüttgutverfahren – beispielsweise durch Trommelschleiftechniken oder nasschemische Tauchverfahren – müssen oftmals Teile vereinzelt und in spezielle Transportbehälter für eine automatische Weiterverarbeitung gebracht werden. Denso Europe B. V. bietet mit dem Eyefeeder die Möglichkeit, Teile zu sortieren und zu vereinzeln. Die Anlage ist dazu mit einer Rüttelfläche ausgestattet, welche die Teile alternierend, aber beschädigungsfrei in geringe Bewegung versetzt. Dadurch gelangt jedes Teil innerhalb kürzester Zeit in eine für ein Kamerasystem zweifelsfrei identifizierbare Lage, sodass es von einem Roboter zuverlässig gegriffen und beispielsweise in ein entsprechendes Transportbehälter gesetzt werden kann. Auch damit wird eine zunehmende Automatisierung in der Massenfertigung ermöglicht.

## Oberflächeninspektion bei Hochglanzflächen

Als letzte und besonders interessante Entwicklung zählt das System zur hundertprozentigen Oberflächenkontrolle. Hier arbeitet die Ludy Galvanosysteme GmbH mit dem finnischen Unternehmen Helmee Imaging.

Der extra aus Finnland angereiste technische Direktor Matti Saarinen beeindruckte mit einer Livedemonstration seiner neuesten technologischen Entwicklung im Bereich optischer Oberflächenenerkennung. Der Experte demonstrierte, dass das optische AOI (Automated Optical Inspection)-System selbst minimale Fehler auf hochspiegelnden Oberflächen erkennt. Das überzeugte auch den kritischsten Beobachter von der Funktionalität und Effektivität der einzigartigen Technologie, die selbst für menschliche Kontrolleure in einer oberflächentechnischen Fertigung eine Herausforderung darstellt. Hier ist nicht nur eine besondere Veranlagung zur Erkennung von geringsten Unebenheiten auf hochglänzenden Flächen und geringsten Farbabweichungen erforderlich, sondern auch ein hohes Maß an Übung und Ausdauer. Das AOI-System erzeugt mittels Robotik und einer geführten Bewegung bis zu 54 Bilder pro Aufnahmeposition, um anhand der Stereodeflektometrie Fehler wie Kratzer oder Dellen sicher zu erkennen. Die Funktion führte Matti Saarinen mit den ersten Geräten der Serie an Standardteilen (Chrom oder schwarz glänzend) mit einem Durchmesser bis 180 Millimeter vor. Durch die patentierte CSD® (Covered Stereo Deflectometry) ist es dem System möglich, auf nahezu allen 3D-Freiflächen auch minimale Fehler in der Oberflächenbeschichtung zu erkennen. Typische Defekte einer galvanischen Beschichtung auf Kunststoffsubstraten, wie zum Beispiel fehlende Beschichtung, Lunken, Verbrennungen, Blasen oder Poren, können exakt detektiert und gleichzeitig automatisch aussortiert werden. In Verbindung mit der von Helmee entwickelten Software ist es möglich, basierend auf den Bildern der Kameras ein hochpräzises 3D-Modell des Produkts und dessen Oberflächeneigenschaften



**Matti Saarinen von der Helmee Imaging Ltd., Finnland**

zu erzeugen und auszuwerten. Die in Höhrfröschchen vorgestellte Messzelle besteht aus zwei Manipulatoren, einem Rollenförderer, der Sortiereinheit und dem Oberflächenprüfmodul. Gesteuert werden die Kameras von einem Hochleistungs-PC, um die anfallenden Daten der Oberflächenprüfung schnell zu analysieren. Das Ergebnis ist überzeugend!

## Den Blick auf die Zukunft gerichtet

Die Ludy Galvanosysteme GmbH ist seit vielen Jahren vor allem im Bereich der nasschemischen Herstellung von elektronischen Schaltungen und Bauteilen einer der innovativsten Anbieter von Produktionsanlagen. Darüber hinaus ist Ludy mit Eigenentwicklungen und in Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen bestrebt, zukunftsweisende Technologien in die Praxis zu bringen.

Die im Rahmen der Hausmesse gezeigten Systeme haben die ungebrochene Innovationskraft der jungen Mannschaft um Geschäftsführer Michael Ludy erneut unter Beweis gestellt. Gefragt sind jetzt die produzierenden Unternehmen im Umfeld der Oberflächenbehandlung, sich die Entwicklungen zu Nutze zu machen – der Grundstein dafür wurde in der Südpfalz gelegt!

➔ [www.ludy.de](http://www.ludy.de)

Sir Face empfiehlt:

**Oberflächentechnik – natürlich von AHC**

**FMB**  
ZULIEFERMESSE MASCHINENBAU

**AHC**  
OBERFLÄCHENTECHNIK

BAD SALZUFLEN

08.11 - 10.11.2017  
Halle 20, Stand H 24



## HVOF-Technologie für optimalen Verschleißschutz – Höchste Qualität und Präzision

Von Dr. Alexander Barth, STI Group Hartchrom AG, Steinach/Schweiz

Für moderne Anwendungen in der Film- und Folienherstellung werden Oberflächen benötigt, die spiegelnd poliert und ohne jeglichen Defekt sind. Auf der anderen Seite müssen diese Oberflächen extrem hart und widerstandsfähig sein, um lange Standzeiten der Maschinenkomponenten zu gewährleisten. Karbidische Werkstoffe, die mittels HVOF aufgebracht werden, sind seit einigen Jahren auf Walzen für unterschiedliche Anwendungen im Einsatz. Die Struktur der Beschichtungen ist heterogen und besteht aus feinen keramischen Partikeln aus Wolframkarbid oder Chromkarbid, die in einer metallischen, korrosionsfesten Matrix eingebettet sind, was Schichthärten von bis zu 1400 HV<sub>0,3</sub> erlaubt und gleichzeitig eine hohe Zähigkeit und Schlagbeständigkeit bietet.

Die bisher verfügbaren Oberflächengüten erreichten aber nicht Werte, die mit Hartverchromungen Standard sind. Bei der innovativen Beschichtungslösung STI-HighGlossTS werden modernste Werkstoffe und die neueste Beschichtungstechnik, der Ultra-HVOF-Prozess, eingesetzt, um bisher für thermisch gespritzte Beschichtungen unerreichte Oberflächenqualitäten zu bieten. Die Entwicklung beinhaltet die gesamte Prozesskette, von der Oberflächenvorbehandlung, dem Beschichtungsprozess, den eingesetzten Werkstoffen, bis hin zum Schleif- und Poliervorgang. Unterschiedliche Schichtzusammensetzungen decken eine große Bandbreite an Anforderungen ab. Daneben können auch für einen bestimmten Werkstoff die Oberflächengüte und -struktur maßgeschneidert auf die jeweiligen Anforderungen angepasst werden.

HVOF-Beschichtungen haben sich in einer Vielzahl von Anwendungen als Verschleiß- und Korrosionsschutz bewährt und zeichnen sich im Vergleich zu anderen Technologien durch deutlich höhere Beständigkeit gegen Partikelerosion und Reibverschleiß aus sowie durch hohe Schnittfestigkeit. Dank des neuen Ultra-HVOF-Verfahrens (Abb. 1) kann im Beschichtungsprozess eine weitere Steigerung der Partikelgeschwindigkeit bei gleichzeitig geringerer Prozess Temperatur erreicht werden. Zusätzlich werden durch den Einsatz von



**Abb. 1: HVOF-Beschichtungssystem mit effizienter Bauteilkühlung (links) und moderner Partikeldiagnostik (rechts)**

optimierten Pulverwerkstoffen Beschichtungen mit einer Härte von bis zu 1400 HV<sub>0,3</sub> und hohe Adhäsion, Kohäsion und Zähigkeit erreicht. Die STI-HighGlossTS-Beschichtungen vereinen durch optimierte Nachbearbeitung diese Eigenschaften mit einer Oberflächengüte von bis zu  $R_{\text{max}} < 0,1 \mu\text{m}$ . Eine genau austarierte Auftragsrate, optimierte Bauteilkühlung und Prozessführung garantieren, dass trotz der hohen Gesamtleistung von über 200 kW des HVOF-Brenners, die Walzen Temperaturen von 150 °C nicht überschreiten. Je nach Bedarf kann dieser Wert auch weiter reduziert werden. Die optimale Auslegung und großzügige Dimensionierung der HVOF-Anlage auf zylinderförmige Bauteile reduziert signifikant das Einbringen von Fremdpartikeln, Oxidclustern und sogenanntem Overspray (nicht deponiertes Beschichtungsmaterial), was die Porosität weiter herabsetzt.

### Hochglanzoberflächen, maßgeschneidert

Für extrem niedrige Rauheitswerte ohne offene Poren und Risse ist eine vollkommen dichte Beschichtung eine unerlässliche Voraussetzung. Dies wurde durch den Einsatz von Karbidpartikeln im Sub-Mikronbereich und den Ultra-HVOF-Prozess erreicht. Die dichte Struktur führt auch zu einer verbesserten Kohäsion und damit zu einer hohen Verschleißbeständigkeit. Gegenüber keramischen Oberflächen sind die STI-HighGlossTS-Beschichtungen deutlich schlag- und abrasionsbeständiger.

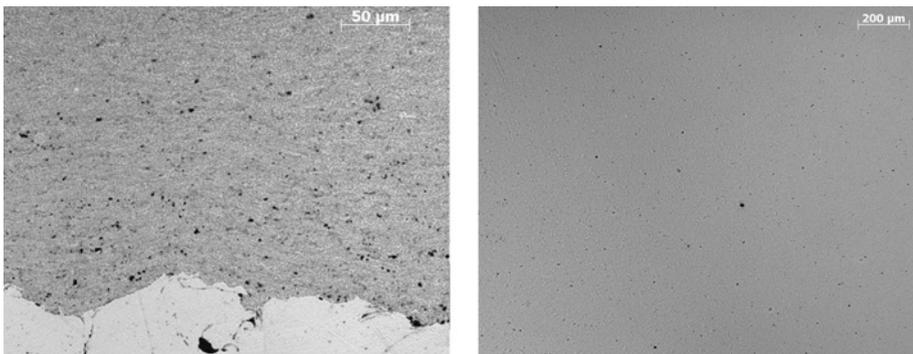
Auf der ICE Europe 2017, einer Fachmesse der Film- und Folienindustrie in München, konnte sich das Fachpublikum von der hohen Qualität überzeugen (Abb. 2). Die nochmals deutlich verbesserte Oberflächenrauheit gegenüber den bisher eingesetzten HVOF-Karbidbeschichtungen fand eine hohe Anerkennung (Tab. 1).



**Abb. 2: Musterwalzen mit STI-HighGlossTS-Beschichtungen (links) und deren Präsentation auf der ICE Europe 2017 in München**

**Tab. 1: Übersicht der STI-HighGlossTS-Beschichtungen**

STI-HighGlossTS	1400FC	1300FC	1100CrC	1000PC
Basis / Base	WC	WC	Cr3C2	Cr
Verschleiß / Wear	+++	+++	++	+
Korrosion / Corrosion	+	++	+++	+++
Chemikalien / Chemicals	0	+	++	+++
Härte / Hardness	1400 HV	1300 HV	1100 HV	1000 HV
Max. Temp.	450 °C	450 °C	800 °C	870 °C
R <sub>max</sub>	0,15–0,30 µm	< 0,10 µm	< 0,15 µm	< 0,10 µm
R <sub>z</sub>	< 0,15 µm	< 0,06 µm	< 0,10 µm	< 0,08 µm



**Abb. 3: Querschliff und Draufsicht auf die STI-HighGlossTS 1300FC-Beschichtung**



**Abb. 4: Revision von Lagerstellen mit hochlegiertem Edelstahl (links), spritzraue Beschichtung auf Wellenzapfen (rechts)**

Die am meisten verwendete Zusammensetzung besteht aus Wolframkarbidpartikeln in einer Matrix aus Chrom und Kobalt. Durch einen unterschiedlichen Gehalt an Metallmatrix und deren Zusammensetzung kann die Härte variiert werden. Materialien mit einer Matrix auf Nickelbasis zeichnen sich durch eine besonders hohe Zähigkeit aus. Die STI-HighGlossTS 1400FC erreicht die höchsten Härtewerte über 1400 HVO,3. Für die Beschichtung STI-HighGlossTS 1300FC liegt der Wert bei über 1300 HVO,3. Diese Oberfläche ermöglicht durch die geringe Porosität ein exzellentes Oberflächenfinish von bis zu

$R_{\max} < 0,1 \mu\text{m}$ , wie es bisher noch nicht verfügbar war. *Abbildung 3* zeigt die Schicht in Aufsicht und im Querschliff. Die dichte Struktur zeigt sich besonders in der porenfrei polierten Oberfläche. Die vermeintliche Restporosität im Querschliff wird auf Präparationseffekte zurückgeführt.

Für Anwendungen, in denen höhere Einsatztemperaturen auftreten, kann die STI-HighGlossTS 1100CrC verwendet werden, die auf Chromkarbid basiert. Dieses Material zeichnet sich durch eine noch bessere Korrosionsbeständigkeit aus. Die Beschichtung STI-HighGlossTS 1000PC ist eine Legierung,

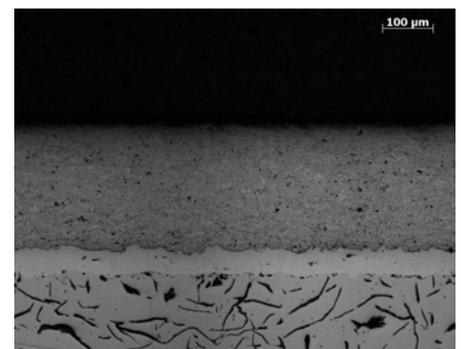
die feinste Karbidausscheidungen bildet. Dadurch ist die Beschichtung sehr homogen und besitzt ebenfalls eine sehr geringe Porosität. Die Oberflächenrauheit liegt wie bei STI-HighGlossTS 1300FC bei  $R_{\max} < 0,1 \mu\text{m}$ . Der Werkstoff ist besonders inert gegen Chemikalien, wie Säuren und Laugen und ist bei Temperaturen bis 870 °C beständig gegen Oxidation.

## Rundumservice

Die STI Hartchrom AG bietet die gesamte Infrastruktur, um Bauteile bis zu 3500 mm Länge, 1100 mm Durchmesser und fünf Tonnen Gewicht komplett bearbeiten zu können.

Neben der Beschichtung neuer Komponenten, spielt auch die Revision gebrauchter Bauteile eine große Rolle. Oft sind bei Walzen weitere Flächen neben der Zylinderoberfläche durch Verschleiß geschädigt, wie zum Beispiel die Lagerstellen der Walzenzapfen. Diese können sehr effizient durch thermisch gespritzte hochlegierte Stähle revidiert werden. Beschädigungen von bis zu 1 mm Tiefe wurden somit wieder ausgebessert und wertvolle Bauteile konnten wieder in Stand gesetzt werden (*Abb. 4*). Auch Bronzen, Messing oder Nickelbasislegierungen können mit dem gleichen Verfahren aufgebracht werden. Eine Kombination der HVOF-Beschichtung mit einer galvanisch aufgetragenen Zwischenschicht (*Abb. 5*) verbessert um ein Vielfaches die Beständigkeit gegen Unterkorrosion, auch wenn die karbidische Deckschicht durch übermäßige punktuelle Belastung oder unsachgemäßen Umgang beschädigt wird. Zusätzlich wird die Haftzugfestigkeit verbessert. Die STI Hartchrom AG kann auch hier den gesamten Prozess aus einer Hand anbieten und nach Kundenwünschen und Kundenanforderungen adaptieren.

➔ [www.sti-surface.com](http://www.sti-surface.com)



**Abb. 5: Galvanische Zwischenschicht für verbesserte Haftzugfestigkeit und Schutz vor Unterkorrosion**

## ≡ Hochratenabscheidung von hydrogenisierten amorphen Kohlenstoffschichten (a-C:H) mittels plasmaaktivierter chemischer Gasphasenabscheidung (PECVD)

Von Tobias Radny<sup>1</sup>), Rolf Schäfer<sup>1</sup>) und Sven Ulrich<sup>2</sup>)



Zum online-Artikel

Eine neue Niederdruck-Mikrowellen-Plasmarundquelle bietet die Möglichkeit zur Abscheidung von Hochleistungsschutzschichten aus a-C:H mit Raten von bis zu 6  $\mu\text{m}/\text{h}$  in zweifach rotierenden Batchprozessen, wie sie beispielsweise zur Beschichtung von Bauteilen und Werkzeugen eingesetzt werden. Die lange Prozessstabilität, die leichte Reinigung und die Möglichkeit der aktiven Prozessregelung erlauben dabei innerhalb eines Batchprozesses über 10  $\mu\text{m}$  dicke Schichten aus DLC abzuscheiden und somit Beschichtungen im industriellen Maßstab vorzunehmen. Durch den breiten Arbeitsdruckbereich im parallelen Betrieb mit PVD-Prozessen (z.B. Magnetronzerstäuben oder Arc-Verdampfen) eignet sich das System zur Herstellung von neuen Schichtsystem aus Nanokompositen. Je nach Material erlaubt die Einrichtung einen gleichzeitigen Einsatz als Reinigungs- und Trockenätzquelle.

### High-rate Deposition of Hydrogenated Amorphous Carbon Coatings (a-C:H) Using Plasma-Activated Chemical Gas-Phase Deposition (PECVD)

A new low-pressure microwave plasma source offers the possibility of depositing high-performance protective coatings made of a-C:H with deposition rates up to 6  $\mu\text{m}/\text{hour}$  in a doubly rotating batch process such as, for example, the coating of components and tools. A lengthy process stability with a light cleaning action and the possibility of active process control, permit – within a single batch process – the deposition of DLC coatings up to 10  $\mu\text{m}$  thick, thus allowing industrial-scale coating thicknesses to be obtained. Thanks to a wide operating pressure window and used with PVD processes (e.g. magnetron sputtering or arc evaporation), the system is ideal for production of new multilayer systems based on nanocomposites. Depending on the materials used, this configuration also allows simultaneous cleaning and dry-etching to be carried out.

### 1 Einführung

Amorphe Kohlenstoffschichten (DLC) wurden erstmals im Jahre 1971 durch Aisenberg et al. [1] untersucht. Die Kombination von niedriger Reibung bei gleichzeitig hoher Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit erlaubt die Herstellung hocheffizienter Schutzschichten. Damit eine solche Schicht zuverlässig und langlebig funktioniert, sind Schichtdicken von 1  $\mu\text{m}$  bis 10  $\mu\text{m}$  nötig, weshalb die Abscheiderate ein entscheidender Faktor in der industriellen Anwendung von DLC-Schichten ist. Aufgrund der geringen Zerstäubungsausbeute von Graphit ist für physikalische Gasphasenabscheidungsprozesse wie Magnetronzerstäuben eines Graphittargets im Argonplasma nur eine geringe Abscheiderate zu erwarten. Typischerweise sind dies 200 nm pro Stunde in einer industriellen Lohnbeschichtungsanlage mit 0,5 m<sup>3</sup> bis 1 m<sup>3</sup> Beschichtungsvolumen. Vielversprechender sind PECVD-Prozesse auf Basis von Acetylen (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) oder Methan (CH<sub>4</sub>) [2].

Hierzu wurden von Ulrich et al. [3] eine Niederdruck-Mikrowellen-Plasmarundquelle (von robeko unter der Bezeichnung MIRO geführt) entwickelt und Untersuchungen mit zwei vertikal übereinander auf einer von zwei vorhandenen Quellenposition in einer Hauser HTC 625 PVD Beschichtungsanlage integriert und die Leistungsfähigkeit exemplarisch hinsichtlich der Hochratendeposition von hydrogenisierten amorphen Kohlenstoffschichten vorgestellt. Die hier vorgestellte Plasmaquelle ist eine Weiterentwicklung der von Ulrich entwickelten Quelle und soll für folgende Anwendungen geeignet sein:

- Hochraten-Argonionenätzen zur effizienten Substratreinigung
- Plasmanitrieren
- Plasmacarbonitrieren
- Plasmaoxidieren
- Hochratenabscheidung von hydrogenisierten amorphen Kohlenstoffschichten (a-C:H), elementmodifizierter, hydrogenisierter amorpher Kohlenstoffschichten (a-C:H,X mit X z.B. Si, O, F oder Metall)
- Hochratenabscheidung von kohlenstoffbasierten Nanokompositenschichten (z.B. TiC/a-C, (V,Al)(C,N)/a-C).

– flexibel einsetzbare Quelle in PECVD- und PVD-Hybridbeschichtungsprozessen im industriellen Maßstab und im Niederdruckbereich (0,1 Pa bis 10 Pa)

### 2 MIRO von robeko

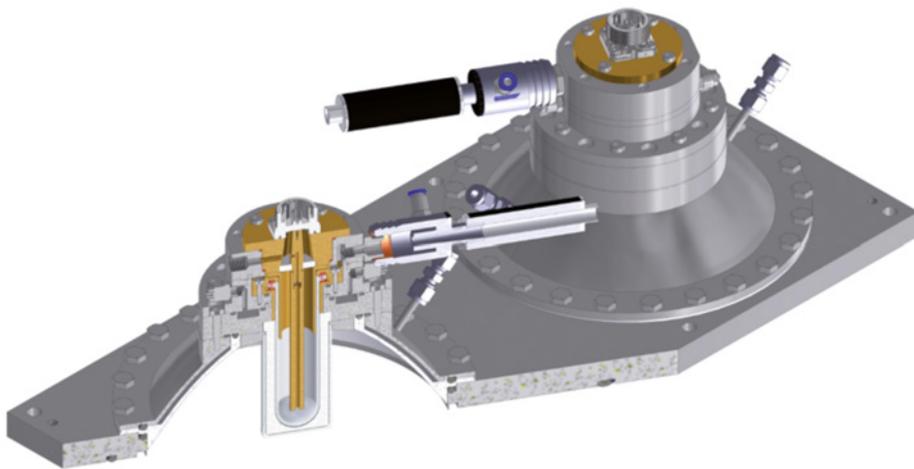
Der grundlegende Aufbau der Plasmaquelle ist in *Abbildung 1* dargestellt. Die Anregung des Plasmas erfolgt durch Mikrowellenstrahlung (Wellenlänge 122 mm), welche über eine luftgekühlte Monopolantenne in den Prozessraum emittiert wird. Durch den zusätzlich verwendeten wassergekühlten, doppelwandigen, parabolischen Reflektor mit Brennpunkt im Zentrum dieser Antenne wird das elektrische Feld der Mikrowellenstrahlung in einen quasi-parallelen Strahl geformt. Daraus resultiert eine gegenüber einer Monopolantenne homogenere und erhöhte elektrische Feldstärke im Fernfeld der Antenne.

Die Antenne selbst wird luftgekühlt und liegt an Atmosphäre – der Vakuumübergang erfolgt durch ein mikrowellentransparentes Quarzglas, welches durch einen im Vakuum liegenden Aufbau aus wärmeleitfähigem und mikrowellentransparenten Material thermisch vom Plasma entkoppelt und vor

1) robeko GmbH & Co. KG, Mehlingen

2) Institute for Applied Materials, Applied Materials Physics (IAM AWP), Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

# OBERFLÄCHEN



**Abb. 1: Aufbau der Hochleistungsmikrowellen-Plasmaquelle mit luftgekühlter Mikrowellenantenne und wassergekühltem, doppelwandigem, parabolischem Reaktor**

direkter Beschichtung geschützt wird. Die Beschichtung des Antennenaufbaus spielt insbesondere im Fall von DLC-Schichten eine große Rolle – DLC absorbiert Mikrowellenstrahlung und nimmt dadurch einen Teil der Energie auf – weshalb die hier gezeigte Plas-

maquelle ein schnelles Austauschen oder Reinigen des äußeren Beschichtungsschutzes ermöglicht, falls erforderlich. Mikrowellenleistungen bis 3 kW können über eine Antenne eingekoppelt werden. Zur Beschichtung größerer Flächen können mehrere

Quellen störungsfrei miteinander kombiniert werden. Die Quelle kann in einem Druckbereich von 0,15 Pa bis 5 Pa betrieben werden. Dies erlaubt ein Kombinieren mit PVD-Prozessen wie Zerstäuben – welche typischerweise in einem Bereich zwischen 0,2 Pa und 0,6 Pa betrieben werden. Derartige Zerstäubungsverfahren werden beispielsweise zur Erzeugung von reibungsarmen, temperaturbeständigen, kohlenstoffbasierten Nanokompositschichten mittels PVD- und PECVD-Hybridbeschichtungsprozessen genutzt.

**Lesen Sie weiter unter [womag-online.de](http://womag-online.de)**

Unter WOMag-online steht der gesamte Beitrag zur Verfügung. Gezeigt werden die Möglichkeiten zur Beeinflussung der Plasmeeigenschaften und der Beschichtung. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 2,5 Seiten mit 4 Abbildungen.

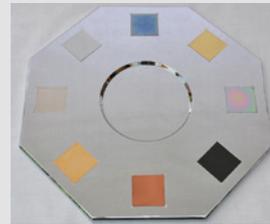
*Ihr Profi für Oberflächenschutz in Sachen Korrosion*

## SCHMALRIEDE

METALLVEREDELUNG

**Unsere Leistungen – funktionell und dekorativ:**

- Zink
- Zink-Nickel
- Zink-Eisen
- Zink- / Manganphosphatierung
- Zinn
- Silber
- KTL-Beschichtung



**Schmalriede-Zink GmbH & Co. KG**

Handelsstraße 3-5 · 27777 Ganderkesee · Tel.: 04222/94540 · Fax: 04222/3025 · [www.schmalriede.de](http://www.schmalriede.de)

## DIA PRODUCTS – PREMIUM PLATING CHEMICALS

**IPT** CHEMICAL INTELLIGENCE

**IPT International Plating Technologies** bietet ein komplettes Sortiment an Verfahrenstechnologie für moderne Schichtsysteme.

**Moderne Vorbehandlung für alle Substrate.** Biologisch abbaubare Reiniger für die umweltbewusste Oberflächenbehandlung mit optimalen Kosteneffekten in der Entsorgung.

**Innovative Kupfer-, Nickel-, Chrom- und Dispersionsverfahren** ergeben ein extrem breites Spektrum für die Herstellung funktionaler Schichten für

- > Reibwerterhöhung,
- > Reibwertreduzierung,
- > Verschleißschutz &
- > Korrosionsschutz.



**IPT INTERNATIONAL PLATING TECHNOLOGIES GMBH**  
 Tel. +49 (0)711 / 914 02 50-0  
 Fax. +49 (0)711 / 914 02 50-9  
 E-Mail [sales@ipt-gmbh.com](mailto:sales@ipt-gmbh.com)  
[www.ipt-gmbh.com](http://www.ipt-gmbh.com)

## Saubere Arbeit für saubere Bahnteile

Schweizerische Südostbahn nutzt Reinigungsanlage von BvL

Eine schnelle Abwicklung von Reparaturen und Instandhaltungen ist für den Bahnbereich erforderlich, um wettbewerbsfähig zu bleiben und den Kunden größtmögliche Sicherheit zu bieten. Die Beanspruchung der Materialien jeglicher Bahnteile ist enorm und regelmäßige Prüfungen auf Risse und Materialermüdung sind zwingend notwendig. Ein hoher Verschmutzungsgrad stellt den Serviceanbieter für die Reinigung der Teile häufig vor große Herausforderungen. Darüber hinaus handelt es sich bei den Bahnteilen zumeist um echte Schwergewichte, mit denen eine Vielzahl der Reinigungsanlagen überfordert ist. Eine gute Lösung wurde vor ein paar Monaten bei der Schweizerischen Südostbahn AG (SOB) in Betrieb genommen und für äußerst alltagstauglich befunden.

### Bahnreinigungslösungen von BvL – ausgefeilte Technik aus Deutschland

Fast 30 Jahre Erfahrung in der industriellen Teilereinigung ermöglichen der BvL Oberflächentechnik GmbH aus dem emsländischen Emsbüren, die richtigen Lösungen für spezifische Kundenanforderungen zu entwickeln. Gemeinsam mit den verantwortlichen Fachleuten der SOB sowie dem Schweizer Vertriebspartner metalclean GmbH aus St. Gallen wurden zunächst der Reinigungsbedarf und die technischen Möglichkeiten ausgearbeitet. Die Großteilanlage PacificTA als Basisanlage wurde so umgesetzt, dass das Reinigungsteam der SOB eine bedienungsfreundliche und umwelteffiziente Anlage mit bestem Reinigungsergebnis erhielt.

### Schwergewichte mit hohen Durchlaufzahlen im Service

Im Service-Zentrum Samstagern der SOB werden jährlich bis zu 70 Drehgestelle der Bahn gewartet. Seit 1988 wurde die entsprechende Reinigung mit einer Waschglocke und einem Waschraum für Großkomponenten durchgeführt. Eine geringe Waschleistung, ein hoher Zeitbedarf sowie ein geringer Komfort erforderten einen Ersatz. Mit der neuen Pacific-Reinigungsanlage erfolgt nun die Reinigung der Teile von A wie *Achs-lagerdeckel* bis Z wie *Zugsicherungsbalken* nicht nur mit wesentlich höherer Reinigungs-

leistung, sondern auch mit sehr viel geringerem Kraft- und Zeitaufwand für die Mitarbeiter. Mit Hilfe eines Krans werden die zu reinigenden Bahnteile mit einem Einzelgewicht von bis zu 1,2 Tonnen auf rollende Zubringewagen gehoben, bevor über diese Wagen eine komfortable Beschickung in die Anlage erfolgt. Zur Reinigung der Großkomponenten (z. B. Rahmen der Drehgestelle) wurde durch BvL ebenfalls der manuelle Waschplatz mit einem neuen Hochdruckreiniger ausgestattet.



**Die komfortable Beschickung der Reinigungsanlage erfolgt über einen verschiebbaren Rollwagen**

### Waschen, Spülen, Trocknen in einer Kammer

Nach der individuellen Programmierung der elektronischen Anlagensteuerung und der Schließung des elektrischen Hubtors erfolgt die Reinigung der Teile in der Behandlungskammer durch eine eingebaute Spritzeinrichtung. Die Breitbanddüsen des oszillierenden Düsenrahmens werden mit Wasser über zwei leistungsstarke Umwälzpumpen versorgt. Nach dieser intensiven Behandlung folgt der Spülvorgang mit Wasser aus einem zweiten Tank. Durch die hohen Temperaturen bis zu 80 °C trocknen die gereinigten Teile energieeffizient und ohne einen weiteren Prozessschritt.

### Bauteilsauberkeit durch Filter und Badsensorik

Für eine zuverlässige und gleichbleibende Sauberkeit der gereinigten Teile ist der Zustand des Wasch- und Spülwassers von ho-

her Wichtigkeit. Hierzu wird das Medium aus der Pacific-Reinigungsanlage und von der manuellen Hochdruckreinigung über einen separaten Bandfilter gefahren, um Feststoffe auszutragen. Eine Tankspülung in der Druckleitung der Wasch- und Spülpumpe und mittels einer Ringleitung über dem Tankboden wirbelt diese Feststoffe vorab in beiden Tanks auf. Die Ölabscheidung erfolgt zusätzlich über einen Plattenphasentrenner. Durch die standardmäßige Sensorikausstattung aller BvL-Anlagen (Libelle Fluid Control) wird der Verschmutzungsgrad der Reinigungsflüssigkeit permanent durch die Messung der Lichtabsorption gemessen. Der Nutzer kann so einen eventuell benötigten Badwechsel unmittelbar erkennen.



**Separate Schmutzstoffe werden über den separat untergebrachten Bandfilter ausge-tragen**

### Umweltschonende und energieeffiziente Reinigung

Nach der Filterung wird das Brauchwasser der Anlage wieder zugeführt, sodass neben einer langen Standzeit des Badmediums Energie und Wasser höchstmöglich gespart werden. Durch eine zusätzliche Isolierung der Rohrleitungen, der Filter und der Tankabdeckungen mit einem flexiblen Dämmstoff verringert sich zudem der Austrag von Wärmeenergie. Neben der Reduktion der Energiekosten erfüllt die BvL-Anlage bei der SOB so die gewünschten Umweltschutzanforderungen. Eine Investition in die Zukunft ist hierdurch dauerhaft gesichert.

➔ [www.bvl-group.de](http://www.bvl-group.de)

# Smarter Gleichstrom

Besuchen Sie uns –  
wir beraten Sie gern!

OT BERLIN 2017  
13. – 15. September  
Stand 31

Digital ■ Kompakt ■ Effizient



**PSP Tower**  
B 500 x T 600 [mm]

**PowerCabinet**  
B 1200 x T 600 [mm]



Tablet-Bedienung

[www.munk.de](http://www.munk.de)  
[www.rectifier.com](http://www.rectifier.com)

# MUNK

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



Wir schließen Ihren Energiekreislauf

Lufttechnische Anlagen  
Abluftreinigung  
Ventilatoren

Wärmerückgewinnungssysteme  
Prozesskühlung  
Modernisierung bestehender Anlagen

AIRTEC MUEKU GmbH  
Im Ganzacker 1  
56479 Elsoff / Germany  
+49 (0) 2664 / 997386-0  
[info@airtec-mueku.de](mailto:info@airtec-mueku.de)  
[www.airtec-mueku.de](http://www.airtec-mueku.de)

## Customized Solutions

Oberflächenveredelung – Perfektion für Ihren Erfolg!

**B + T**  
Technologies GmbH

Wir sind ein hochinnovativer Oberflächenveredler mit viel Erfahrung: Wir sind Mit- und Vordenkler, Präzisionsexperte, Prozessoptimierer, Prüfungsspezialist, Problemlöser, Qualitätsmaximierer, Rundum-Dienstleister und Mehrwert-Erbringer.

Gern auch für Sie.

Ein Unternehmen der B+T Unternehmensgruppe

## Korrosion vermeiden - Werte erhalten - mit Zink als Garant gegen Korrosion

30 Jahre Kompetenz für den Korrosionsschutz bei der Schmalriede-Zink GmbH & Co. KG in Ganderkesee



Die Schmalriede-Zink GmbH & Co. KG feierte am 27. April 2017 ihr 30-jähriges Bestehen. Geschäftsführer Thomas Schmalriede war zu dieser Zeit mit Mitarbeitern auf der Hannover Messe vertreten und viele Gratulanten besuchten den Stand. Mittlerweile hat sich das Unternehmen auf Großkunden und Serienteile aus dem Bereich Automotive, Fenster- und Möbelbeschlag sowie Maschinenbau spezialisiert und die qualitativen Anforderungen dem aktuellen Stand angepasst. Alle branchenrelevanten Zertifizierungen sind vorhanden und das trägt auch dazu bei, dass namhafte Großkunden das Unternehmen bereits seit 30 Jahren begleiten. Das Fachpersonal steht allen Kunden von Projektbeginn an über Erstbestimmung bis zur Serienfertigung beratend zur Seite und die flexible Fertigung sowie der eigene Fuhrpark ermöglichen eine termingerechte Abwicklung.



**Christoph Matheis, ZVO-Hauptgeschäftsführer gratuliert Thomas Schmalriede auf der Hannover Messe 2017 zum Jubiläum**

Nach wie vor sind die Eisenwerkstoffe die am häufigsten eingesetzten Metalle in unserer Gesellschaft. Allerdings unterliegen sie in den vorzugsweise eingesetzten Formen als Schmiede-, Umform-, Stanz- oder Gussstahl einer mehr oder weniger starken Korrosion. Diese führt zur Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften und dem Aussehen. Das in der Regel geschätzte, langanhaltende metallische Aussehen wird hier vor allem durch eine Zinkschicht erbracht. Dabei bestechen galvanisch aufgebraachte Zink- und Zink-Legierungsschichten durch hohen metallischen Glanz bei gleichzeitig sehr geringem Materialeinsatz. Damit erfüllen galvanisch aufgebraachte Schichten das Streben nach einem ökonomischen und ökologischen

Weitblick ganz besonders. Vor allem Überlegungen dieser Art waren vor mehr als 30 Jahren die Motivation für Thomas Schmalriede, ein eigenes Unternehmen für die galvanische Abscheidung von Zink zu gründen. Dass die Entscheidung richtig war, belegen die inzwischen 30 erfolgreichen Jahre als Anbieter von hochwertigen Beschichtungsverfahren.

### Aufbau und Wachstum

Im April 1987 startete die Produktion bei der Schmalriede-Zink GmbH & Co. KG in einer Produktionsstätte im Industriegebiet in Ganderkesee, etwa 20 Kilometer westlich von Bremen und gut erreichbar durch die nahegelegene A1. Der Unternehmensgründer legte von Anfang an großen Wert auf eine hohe Qualität seiner hergestellten Beschichtungen und bestmögliche Belieferung seiner Kunden. Dies half, sehr schnell Zugang zu den anspruchsvollen Kunden aus der Automobilbranche, der Möbel- und der Bauindustrie zu erhalten. Nach fünf Jahren war das Unternehmen bereits auf 30 Mitarbeiter und mehrere Beschichtungsanlagen für Einzelteile und Massenartikel – für die Beschichtung auf Gestellen mit Einzelaufhängung und die Trommelbeschichtung für Schüttgut – angewachsen.

Viele Stammmitarbeiter begleiten das Unternehmen seit 30 Jahren und erfreulicherweise konnte trotz Automobil- und Wirtschaftskrise in all den Jahren eine Trennung von langjährigen Mitarbeitern verhindert werden.

Durch das ausgedehnte Portfolio an Beschichtungen neben Zink, wie Zink-Nickel- und Zink-Eisen-Legierungsschichten, Zinn, Silber, kathodische Tauchlackierung oder Phosphatierungen auf Stahl, konnten die



**Wareneingangs- und -ausgangskontrolle**



**X-Ray-Messung durch den QMB (Head of Quality Department)**

Schwankungen der Nachfragen aus den unterschiedlichen Industriebereichen sehr gut ausgeglichen werden. Die gute Anlagenausstattung von derzeit neun Gestell- und neun Trommelanlagen erlaubt die Bearbeitung von großen Mengen, sodass auch Großkunden optimal bedient werden können.

### Besonderheiten bei der Schmalriede-Zink

Auftragsabwicklung und Qualitätssicherung werden durch ein modernes ERP-System mit angekoppeltem QS-Tool gewährleistet. Die Produktionssteuerung im Industrie 4.0-Stan-

Standard wird durch ein speziell im Intranet angelegtes Visualisierungssystem beobachtet und gesteuert. Für die Energieverbräuche an den jeweiligen Anlagen wurde im Rahmen des Energiemanagements ein Energie-Cockpit erstellt. Die termin-, umwelt-, und qualitätsgerechte Abwicklung aller Aufträge garantiert die Schmalriede-Zink GmbH & Co. KG durch die eigene Disposition und Fertigung.

## Schichten für hohe Ansprüche

Der erste Schritt zur Bedienung der Kunden aus den verschiedensten Industriebereichen ist immer eine fachkundige Beratung, die Verwendungszweck, Korrosionsschutz, Funktion und Optik einer Oberflächenveredelung berücksichtigt. Dadurch können für den Kunden die bedarfsgerechten Schichtsysteme zur Erfüllung von dessen Anforderungen an Qualität und Preisvorstellungen gewährleistet werden.

Das überwiegend eingesetzte Beschichtungssystem beruht auf Zink als Basismetall. Die Auswahl des Systems richtet sich nach den Korrosionsschutzanforderungen, den zu erzielenden Farben und den vom Kunden vorgesehenen Kostenrahmen. Reines Zink ist nach wie vor in allen Industriebereichen das Standardsystem für glänzende und korro-

sionsschützende Schichten in der üblichen Metallfarbe.

Die Schichtdicken liegen im Allgemeinen zwischen etwa 5  $\mu\text{m}$  und 12  $\mu\text{m}$  und im Extremfall bis zu 25  $\mu\text{m}$ . Je dicker die Schichten, umso besser ist der Schutz des Grundwerkstoffs auf Eisenbasis gegen Korrosion und Abrieb, allerdings steigen die Kosten für die Herstellung mit der Schichtdicke. Nach wie vor haben Zinkschichten aufgrund der verfügbaren Elektrolytarten (alkalisch, sauer) und den darauf beruhenden Einsatzzwecken hohe Bedeutung für Gussteile und Teile mit komplexen Geometrien. Die unterschiedlichen Elektrolyte erlauben die Einstellung einer sehr guten gleichmäßigen Schichtdickenverteilung, je nach Einstellung der Bearbeitungsparameter, sodass auch bei anspruchsvollen Grundmaterialien die Fachleute der Schmalriede-Zink GmbH & Co. KG optimale Ergebnisse liefern können. Hochduktile Schichten gewährleisten beste Verformbarkeit der Bauteile nach der Beschichtung.

Für die Automobilindustrie ist die seit vielen Jahren verfügbare Zink-Nickel-Beschichtung zum Standard geworden. Die Korrosionsbeständigkeit der Beschichtung liegt deutlich über der von reinem Zink; besonders in temperaturbelasteten Motoren- und Brems-



**Thomas Schmalriede und Mitarbeiter bei einer Kundenprojektbesprechung**

segmenten. Darüber hinaus können Teile mit einer Zink-Nickel-Schicht sehr gut mit aluminiumhaltigen Werkstoffen verbaut werden, ohne dass Kontaktkorrosion auftritt. Wie die übrigen Zinkbeschichtungen wird auch Zink-Nickel zusätzlich mit einer Passivierung versehen. Diese erhöht die ohnehin schon gute Korrosionsbeständigkeit nochmals. Damit gewinnt Zink-Nickel auch für andere Bereiche, wie dem Anlagenbau, an Attraktivität, wenn es darum geht, Gewicht einzusparen und zugleich hohe Sicherheit gegen auftretende Korrosion, auch Kontaktkorrosion, zu gewährleisten.

Eine weitere Legierung ist Zink-Eisen, die bei Schichtdicken von etwa 6  $\mu\text{m}$  eine gute Beständigkeit gegen Korrosion, eine hohe Duktilität und vor allem die Erzeugung von

**dataphysics**

## Messtechnik für die Grenzflächenchemie

Understanding Interfaces

Wo für andere Grenzflächen ein Phänomen bleiben, helfen wir sie zu verstehen

### Kontaktwinkelmessgeräte

- optische Messung von Kontaktwinkeln, Grenz- und Oberflächenspannungen
- Hochtemp.-Systeme bis 1800 °C
- Hochdrucksystem bis 750 bar



### Tensiometer

- kraftbasierte Messung von Grenz- und Oberflächenspannungen sowie dyn. Kontaktwinkeln
- automatisierte CMC-Bestimmung



### Spinning Drop Tensiometer

- Messung extrem niedriger Grenzflächenspannungen



### Stabilitätsanalysesysteme

- optische Stabilitäts- und Alterungsanalyse disperser Systeme (Suspension, Emulsion)



### Feuchtgeneratoren

- automatische Regulierung der relativen Luftfeuchtigkeit im Probenraum



### Applikations-/Schulungszentrum

- Probenmessungen für und mit Kunden
- Seminare mit Theorie und Praxis



DataPhysics Instruments GmbH • Raiffeisenstraße 34 • 70794 Filderstadt  
Tel +49 (0)711 770556-0 • Fax +49 (0)711 770556-99  
[sales@dataphysics.de](mailto:sales@dataphysics.de) • [www.dataphysics.de](http://www.dataphysics.de)

© Copyright by DataPhysics Instruments GmbH, Filderstadt.  
dataphysics ist ein eingetragenes Warenzeichen der DataPhysics Instruments GmbH  
Photos: Norbert Heil, Daniel Maier, Dreamstime. Visuelle Konzeption/Gestaltung: Daniel Maier

# OBERFLÄCHEN



**AAS-Analyse durch die Laborantin im hauseigenen Labor**

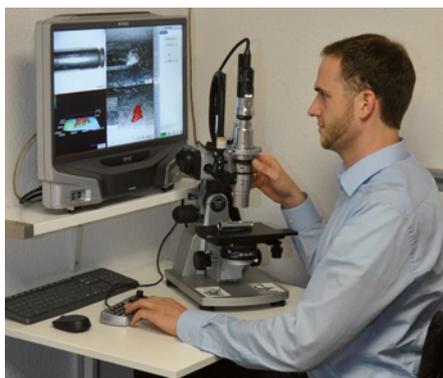
tiefschwarzen Oberflächen als zusätzliches dekoratives Element ermöglichen. Die Schichten werden beispielsweise im Motorinnenraum von Fahrzeugen oder für die Beschlagindustrie nachgefragt.

Die Versiegelung ist für alle Zink- und Zinklegierungsbeschichtungen der zusätzliche finale Korrosionsschutz. Dieser kann ergänzt werden durch Topcoats mit Gleitmittelzusatz zur Verbesserung der Einschraubwerte in der Verbindungstechnik.

Zinnbeschichtungen zeichnen sich durch eine gute Lötbarkeit aus, wie sie zum Beispiel im Anlagenbau oder der Elektrotechnik gefordert werden. Je nach Grundwerkstoff empfiehlt sich eine zusätzliche Nickel- oder Kupferschicht vor der Zinnbeschichtung. Ähnliche Eigenschaften besitzen Silberschichten, die sich zudem durch die beste elektrische Leitfähigkeit aller Metalle auszeichnen. Silber- und Zinnschichten können durch eine Nach-



**Auszubildende: kompetente junge Menschen in zukunftsweisenden Berufen**



**Digitalmikroskopische Werkstoffstruktur- und Schichtanalyse vom CTO**

behandlung mit einem Schutz gegen Anlaufen versehen werden, was sowohl in dekorativer Hinsicht als auch für das Löten und die Erfüllung der elektrischen Kontakteigenschaften von Vorteil ist.

Vorwiegend funktionelle Aufgaben erfüllen die Phosphatierungen. Manganphosphatierungen werden für Gleitanforderungen eingesetzt, während Zinkphosphatierungen die Haftung von nachfolgenden Lackierungen erfüllen und mit einer Beölung einen temporären Korrosionsschutz darstellen. Eine zusätzliche Variante ist die Dünnschicht-Zink-Phosphatierung, die zur Haftung aller Gummi-Metall-Verbindungen eingesetzt wird. Für die Zukunft ist das spezielle Reinigen, Beizen und Passivieren von Aluminium ein ebenfalls wichtiger Eckpfeiler.

## Qualität und Produktionsüberwachung

Die stets optimale Qualität wird durch Prüfung der Schichtdicken mittels Magnet- und Röntgenfluoreszenzverfahren (X-Ray-Messverfahren) sowie die Elektrolytüberwachung im eigenen Fachlabor garantiert. Dort werden auch Korrosionsbeständigkeitsprüfungen und -testate über Kondenswasser-Wechselklima mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre und Salzsprühnebelprüfungen durchgeführt. Darüber hinaus ist Schmalriede-Zink TÜV-geprüft und zertifiziert nach DIN EN ISO 14001, DIN EN ISO 9001 und ISO/TS 16949. Die Qualitäts- und Produktionsüberwachung in der Entwicklung befindet sich auf dem Standard von Industrie 4.0.

## Die nächste Generation

Die 30 erfolgreichen Jahre der Schmalriede-Zink GmbH & Co. KG in Ganderkesee beruhen nach Überzeugung des Inhabers und Geschäftsführers Thomas Schmalriede zu einem erheblichen Teil auf den 140 hochmo-

tierten und gut ausgebildeten Fachkräften seines Unternehmens. Damit dies auch in Zukunft so bleibt, bildet Thomas Schmalriede weiterhin sowohl in technischen als auch kaufmännischen Berufen Fachleute aus, wie Industrie- und Bürokaufleute, Oberflächenbeschichter, Maschinen- und Anlagenführer, Fachkräfte Lager/Logistik oder Betriebsmechaniker und -elektriker. Mit diesem Engagement für Nachwuchskräfte leistet der Betrieb einen Beitrag zur Zukunft der Region und sichert mit dem Zugang zu qualifiziertem Fachkräftenachwuchs den Erfolg am Markt.

Auch seine eigene Nachfolge sieht Unternehmer Schmalriede bestens gesichert: Seit einiger Zeit ist Sohn Patrik Schmalriede in Funktion des technischen Direktors (CTO) im Unternehmen tätig. Seine Kenntnisse hat er sich durch eine Fachausbildung zum Oberflächenbeschichter und dem Studium zum Ingenieur der Produktionstechnologie erworben.



**Patrik Schmalriede CTO**

In diesem Jahr stand die Teilnahme auf der Hannover Messe als ein Höhepunkt der Marketingaktivitäten auf dem Programm. Des Weiteren ist Thomas Schmalriede auf Tagungen wie dem ZVO-Oberflächentag in Berlin oder Fachinformationsveranstaltungen der renommierten Chemieanbieter zugegen. Hier treffen sich die Entscheider der Branche, um die technischen Richtungen der nächsten Jahre zu diskutieren. 2018 wird die Schmalriede-Zink wieder auf der O+S in Stuttgart vertreten sein. Auch dies ist ein Baustein für das Zukunftsprojekt Schmalriede-Zink GmbH & Co. KG für modernen Korrosionsschutz aus Norddeutschland.

➔ [www.schmalriede.de](http://www.schmalriede.de)

## **≡ Aktuelle Forschung und Entwicklung in der europäischen Oberflächentechnik**

EAST-Forum 2017 in Schwäbisch Gmünd



Zum online-Artikel

Die diesjährige Tagung von EAST – European Academy of Surface Technology fand am 8. April im CCS Congress Center in Schwäbisch Gmünd statt. Im Rahmen der internationalen Tagung kamen Themen wie die Energiespeicherung mit den dafür notwendigen Abläufen an den Elektroden, den dafür notwendigen Elektroden, der Speicherung von Energie mit Hilfe von Superkondensatoren sowie verschiedene Verfahren zur Abscheidung von neuen Schichten mit deren Eigenschaften zur Sprache.



EAST ist eine Non-Profit-Organisation, die eine internationale Plattform für Wissenschaft und Technologie darstellt und ein Zwischenglied zwischen Forschung und Anwendung in allen Bereichen der Oberflächentechnologie bildet. Ziel ist die europaweite Förderung von Wissenschaft, Forschung und Ausbildung in der Oberflächentechnologie und verwandten Bereichen. Hierzu dienen wissenschaftliche Veranstaltungen genauso wie die Unterstützung, Koordinierung und Förderung von Forschungsprojekten. Die Budgetierung erfolgt durch die Stadt Schwäbisch Gmünd. Träger ist ein eigener Verein, der east e. V.

Im Mittelpunkt des EAST-Forums stand die *Aktuelle Forschung und Entwicklung in der europäischen Oberflächentechnik*. Speziell ging es um die nachhaltige elektrochemische Energiegewinnung, -umwandlung und -speicherung in Brennstoffzellen, um Batterien und Akkumulatoren, die gemeinsame Abscheidung verschiedener Metalle, Superkondensatoren-Elektroden, um Anlaufschutz von elektrischen (Ag)-Kontakten, die elektrolytische Abscheidung von Mangan, von Nickel/Phosphor-Dispensionsabscheidung und Eisen/Phosphor-Legierungen, um die Kupferabscheidung aus ionischen Flüssigkeiten, die Zinkabscheidung, den Ersatz von Chromtierungen auf Zink durch Chrom(III)-Konversionsschichten sowie die galvanische Zinnabscheidung unter verschiedenen Zusätzen. Prof. Dr. Peter Leisner, der Leiter der Veranstaltung und Präsident von EAST, Schwe-

den, eröffnete das diesjährige EAST-Forum in Schwäbisch Gmünd und begrüßte die zum Teil von weither gereisten Teilnehmer. Alexander Groll, Leiter der Abteilung Wirtschaftsförderung bei der Stadtverwaltung Schwäbisch Gmünd stellte Stadt und Region vor und berichtete unter anderem über die Historie der Edelmetallverarbeitung und der angesiedelten Industrieunternehmen.

Im Anschluss wies Prof. Dr. A. Zielonka, Leiter des fem, Forschungsinstitut Edelmetalle und Metallchemie Schwäbisch Gmünd, das auch die Organisation der EAST-Tagungen

durchführt, in seiner Ansprache auf die Bedeutung der Elektromobilität für Schwäbisch Gmünd im Zusammenhang mit der aktuellen Tagungsthematik hin. Zielonka leitete zudem die Diskussionen zu den einzelnen Vorträgen. Nachfolgend sind interessante Details aus den Inhalten der Fachvorträge zusammengefasst.

### **Metallorganische Precursorfilme**

J. Linnemann, L. Taudien, M. Klose und L. Giebeler befassten sich in ihrer Arbeit mit der elektrochemischen Synthese von Ko-



Wenn Digitalisierung und Optimierung immer wichtiger werden.

> OMNITEC

Innovative ERP-Software  
für die Oberflächenveredelung

ZVO Oberflächentage: Stand 61

# OBERFLÄCHEN

balt- und Mangan-Benzoltricarboxylat (BT-C)-Filmen auf Metallfolien, die umgewandelt werden in elektrisch-leitend verbundene nanostrukturierte Metalloxid (Spinell)  $\text{Me}_3\text{O}_4/\text{C}$ -Filme mittels thermischer Zersetzung unter Argonatmosphäre. Die mit Metalloxidfolien beschichteten Substrate dienen als Stromsammler in  $\text{Me}_3\text{O}_4/\text{C}$ -Elektroden in elektrochemischen Energiespeichern. Die hier vorgestellte Vorgehensweise erspart – verglichen mit der herkömmlichen Pulverelektroden-Präparation – verschiedene Herstellungsschritte.

Die Thermolyse von metallorganischen Netzwerken (MOFs) wird weithin verwendet, um funktionale poröse Metalloxid- oder Metalloxid/C-Materialien aus dem Netzwerkaufbau aus homogenen und feinstverteilten Metallionen und organischen Komponenten als Kohlenstoffquelle zu synthetisieren. Solche aus MOFs gewonnenen Materialien sind für unterschiedliche Anwendungen in elektrochemischen Energiespeichern sowie in anderen Bereichen interessant. Für elektrochemische Kondensatorelektroden (Supercapacitors) auf Metalloxidbasis wird angestrebt, Übergangsmetallionen einzusetzen, die in verschiedenen Oxidationsstufen auftreten können, um durch die Überlappung von Redoxprozessen eine pseudokapazitive Stromsignatur hervorzurufen. Zu diesem Zweck wurde die Synthese von Kobalt-BTC und Mangan-BTC untersucht (BTC = 1,3,5-Benzoltricarboxylat  $\text{C}_6\text{H}_3(\text{COO})_3$ ).

Die elektrochemische Abscheidung von metallorganischen Netzwerken wird durch anodische Polarisation von Metallfolien vorgenommen, wodurch Metallionen erzeugt werden. Die organischen Verknüpfungsmoleküle sind Bestandteil des Elektrolyten und bilden mit den Metallionen die metallorganischen Netzwerke. Unter gewissen Bedingungen kann die kontrollierte Beschichtung der Anode mit diesen Netzwerken erreicht werden. Diese Vorgehensweise erlaubt bei kurzen Wachstumszeiten dichte und einheitliche Filme sowie die Kontrolle von Phase, Morphologie und Dicke.

Filme aus dem metallorganischen Netzwerk  $[\text{Co}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_{12}]$  wurden bei Raumtemperatur erhalten. Hierbei konnte der kritische Zustand der Ausfällung bereits im Hauptvolumen typischerweise eingesetzter Elektrolytsysteme mittels der Inkubationszeit der Keimbildung und Ausflockung übersprungen werden. Hierzu wurden verschiedene Elektrolytformulierungen und Polarisationsmethoden geprüft.

Dünne Manganfilme wurden auf einer rostfreien Stahlfolie abgeschieden und nachfolgend teilweise wieder in *linker-Moleküle* enthaltenden Elektrolyten aufgelöst, um Mn/Mn-BTC-Doppelschichtfilme zu synthetisieren. Diese Verfahrensweise erweitert die Methode der elektrochemisch-beschichteten Precursorfilme auf jede Art leitfähiger Substrate und Geometrien.

## Originalarbeit

J. Linnemann<sup>1,2</sup>, L. Taudien<sup>1,2</sup>, M. Klose<sup>1</sup>, L. Giebeler<sup>1</sup>: Elektrochemische Abscheidung von metallorganischen Precursorfilmen für Metalloxid/C-Hybridelektroden zur Verwendung in elektrochemischen Energiespeichern;

<sup>(1)</sup>Leibniz Institute for Solid State and Materials Research (IFW) Dresden e. V., Dresden; <sup>(2)</sup> Technische Universität Dresden, Physical Chemistry, Dresden)

Der Deutschen Bundesstiftung Umwelt wird der Dank für die finanzielle Unterstützung der Arbeit ausgesprochen.

## Dünnschicht-Supercapacitor-Elektroden

P. Laušević, D. Žugić, Y. Kochnev, P. Apel und Z. Laušević stellten die Entwicklung einer neuen, selbsttragenden, Kohlenstoffdünnschichtelektrode für Supercapacitor mit hoher volumen- und flächenbezogener Kapazität vor. Der Zuwachs in der Kapazität wird durch Einführung von Kanälen quer durch die Kohlenstoff-Dünnschicht-Elektrode mittels der Ion-Track-Technologie erzielt. In der ersten Stufe der Elektrodensynthese werden verborgene Kanäle eingeschrieben in die Ausgangspolyimidfolie (Kaptonfolie) durch Bestrahlung mit schnellen Schwerionen. Im nächsten Schritt werden zylindrische Kanäle durch selektives chemisches Ätzen entlang der Ionen Spuren erzeugt, um ein Ion-track-Polymer zu erhalten. Bei nachfolgender Carbonisierung und Aktivierung des Ion-Track-Polymers entsteht ein aktiviertes Ion-Track-Kohlenstoffprodukt (A-ITC).

Die Eigenschaften des Kohlenstoffprodukts können durch die Wahl der Ionenmasse, der Ionenenergie und des Ionenflusses als auch der chemischen Ätzbedingungen kontrolliert werden, ebenso wie durch Carbonisierungs- und Aktivierungsprozessbedingungen. In diesem hochkontrollierbaren Prozess entsteht ein Elektrodenmaterial mit einstellbarer Porengröße und wählbarem Porenzugang. Durch das Erzeugen von zylindrischen Poren durch die Kohlenstoffdünnschicht wurde die Elektroden-Elektrolyt-Grenzfläche vergrößert. Die Kanäle innerhalb des Dünnschichtes dienen als Ionenreservoir; sie ermöglichen einen wirksamen Ionentransport und erhöhen die

Menge des aktiven Materials im Kontakt mit dem Elektrolyten und verringern die Menge an nichtaktivem Kernmaterial. Durch den Einsatz der Ion-Track-Technologie kann die Kapazität bezüglich Volumen, Fläche und Masse erhöht werden. Ebenso erhöht die Kanalbildung den Anteil der Elektroden mit Superkapazitätswirkung.

## Originalarbeit

Petar Laušević<sup>1,2</sup>, Dragana Žugić<sup>1</sup>, Yuri Kochnev<sup>3</sup>, Pavel Apel<sup>3</sup> und Zoran Laušević<sup>2</sup>: Ion-Track-Technologie für hochleistungsfähige Dünnschicht-Supercapacitor-Elektroden; <sup>(1)</sup>Laboratory of physical chemistry, Vinča institute of nuclear sciences, University of Belgrade, Belgrad/Serbien; <sup>(2)</sup>School of Electrical Engineering, University of Belgrade, Belgrad/Serbien; <sup>(3)</sup>Flerov laboratory of nuclear reactions, Joint institute for nuclear research, Dubna/Russland)

## Elektrochemische ALD-Schichten

F. Haidar, M. Maas, D. Jones, A. Pradel, S. Cavaliere, J. Roziere und M.-Ch. Record befassen sich mit Brennstoffzellen mit Protonenaustauscher-Membranen (PEMPCs Proton Exchange Membrane Fuel Cells) als saubere und effiziente Energieumwandler. Ein erfolgversprechender Ansatz besteht in der Abscheidung von ultradünnen Platinschichten, um die Menge an Elektrokatalysatoren zu beschränken. Dadurch wird eine maximale Ausbeutung des seltenen und teuren Edelmetalls Platin ebenso wie eine hohe Stabilität bei einer größeren elektrochemischen Zyklenzahl erreicht. Ultradünne Schichten können mittels elektrochemischer Abscheidung atomarer Schichten (EC-ALD) erzielt werden durch begrenzte Abscheidung von ALD-Elementen auf alternierenden Schichten auf einem Grundmetall. Die Abscheidung erfolgt bei Unterpotentialbedingungen. Platin kann nicht direkt unter diesen Bedingungen abgeschieden werden, deshalb müssen Opfer-Atomlagen aus anderen Metallen abgeschieden und dann durch Platin mittels oberflächenbegrenzter Redoxreaktionen ersetzt werden. Durch diese Reaktionen lässt sich das Wachstum von zweidimensionalen Oberflächen kontrollieren und die Menge von PEMPC-Katalysatoren verringern.

Die Untersuchungen konzentrieren sich auf die Kupfer- und Tellurabscheidung auf einem Goldsubstrat und deren galvanischen Ersatz durch Platin.

## Originalarbeit

Fatima Haidar<sup>1,3</sup>, Mathieu Maas<sup>1,3</sup>, Deborah Jones<sup>3</sup>, Annie Prade<sup>1</sup>, Sara Cavaliere<sup>3</sup>, Jacques Roziere<sup>3</sup>, Marie-Christine Record<sup>1,2</sup>: Konforme Metallschichten mittels elektrochemischer ALD für Energieumwandlungs-Anwen-

dungen; <sup>(1)</sup> Institute Charles Gerhardt, Chalcogenide Materials and Glasses, Montpellier University, Montpellier/Frankr.; <sup>(2)</sup> IM2NP, UMR CNRS 7334, Aix-Marseille University, Marseille/Frankreich; <sup>(3)</sup> Institute Charles Gerhardt of Montpellier, Aggregates Interfaces and Materials for Energy, Montpellier University, Montpellier/Frankreich

## Nanokatalysatoren für Brennstoffzellen

Das Haupthindernis für den umfangreichen wirtschaftlichen Einsatz von Brennstoffzellen als alternative Energiequellen ist ihr hoher Preis durch die teuren Edelmetallkatalysatoren. Das Ziel vieler Forschergruppen ist daher einen Weg zu finden zur Erhöhung der Aktivität und Stabilität dieser Katalysatoren, was sich in der Verringerung der Katalysatorbeladung und damit einer Verringerung der Brennstoffzellenkosten auswirken würde. Die multidisziplinäre Forschungsgruppe aus M. N. Krstajić Pajić, S. I. Stevanović, V. V. Radmilović, P. Zabinski, N. R. Elezović, A. Gavrilović-Wohlmuther, V. R. Radmilović, S. Lj. Gojković und V. M. Jovanović ist ausgelegt auf die Synthese platinbasierter Nanokatalysatoren, ihre Charakterisierung mittels elektrochemischer und physikalischer Methoden (z. B. XRD oder HRTEM) und Einsatz zur Oxidation kleiner organischer Moleküle, welche als Brennstoff in Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen verwendet werden können. Die Katalysatoren wurden synthetisiert mittels einer Wasser-in-Öl-Mikroemulsionsmethode; ihre katalytische Eignung wurde durch Änderung der Teilchengestalt variiert. Durch Abänderung der Synthesbedingungen (Begrenzung des Gehalts an Agentien) konnten Nanopartikel mit bevorzugter Flächenorientierung hergestellt werden. Diese Gestaltkontrolle verstärkte die katalytischen Aktivitäten von kubischen Platin-Nanopartikeln, im Gegensatz zu üblichen sphärischen Nanopartikeln. Weitere Untersuchungen zur Präparation von bimetallic PtAu-Nanopartikeln wurden mit der selben Methode vorgenommen, mit dem Vorteil der geringeren Platinbeladung und einem Fortschritt bei den katalytischen Eigenschaften.

### Originalarbeit

Mila N. Krstajić Pajić<sup>(1)</sup>, Sanja I. Stevanović<sup>(1)</sup>, Vuk V. Radmilović<sup>(2)</sup>, Piotr Zabinski<sup>(3)</sup>, Nevenka R. Elezović<sup>(4)</sup>, Aleksandra Gavrilović-Wohlmuther<sup>(5)</sup>, Velimir R. Radmilović<sup>(6,7)</sup>, Snežana Lj. Gojković<sup>(6)</sup>, Vladislava M. Jovanović<sup>(1)</sup>: Einfluss der Teilchengestalt auf die Einsatzmöglichkeiten von platinbasierten Nano-Katalysatoren für Brennstoffzellen-Reaktionen; <sup>(1)</sup> ICTM, Department of Electrochemistry, University of Belgrade, Belgrad/Serbien; <sup>(2)</sup> Innovation Center, Faculty of Technology and Metallurgy, University

of Belgrade, Belgrad/Serbien; <sup>(3)</sup> AGH University of Science and Technology, Faculty of Non-Ferrous Metals, Krakow/Polen; <sup>(4)</sup> Institute for Multidisciplinary Research, University of Belgrade, Belgrad/Serbien; <sup>(5)</sup> CEST Centre of Electrochemical Surface Technology, Wiener Neustadt, Österreich; <sup>(6)</sup> Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrad/Serbien; <sup>(7)</sup> Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrad/Serbien).

## Korrosionsverhalten von Aluminiumanoden

Rasiha Nefise stellte die Ergebnisse einer Studie vor, um das Korrosionsverhalten von reinem Aluminium und den Aluminiumlegierungen 6013-T6 und 7075-T7351 zu vergleichen und daraus das geeignete Anodenmaterial für Aluminium-Luft-Batterien zu ermitteln. Auf diesem Gebiet wird be-

reits seit mehr als 50 Jahren wegen ihrer hohen Energiedichte (400 Wh/kg) geforscht. Anwendungsbereiche sind zum Beispiel Elektrofahrzeuge, Unterwasserfahrzeuge, Energiespeicherung oder militärische Nachrichtentechnik.

Lesen Sie weiter unter [womag-online.de](http://womag-online.de)

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Die weiteren Beiträge befassen sich mit Mangansichten, Kupfer-Nickel-Schäumen, Dispersions-, Eisen-Phosphor-, Kupfer-, Zinn-, Zink-, Chrom(III)-Schichten sowie Nachbehandlungen. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5,5 Seiten mit 2 Abbildungen.

ÜBER 40 JAHRE ERFAHRUNG  
IM THERMISCHEN BESCHICHTEN

**rhv**  
TECHNIK

[www.rhv-technik.de](http://www.rhv-technik.de)



### HERSTELLUNG FUNKTIONALER OBERFLÄCHEN:

- ✓ Verschleißschutz
- ✓ Korrosionsschutz
- ✓ verbesserte Gleiteigenschaften
- ✓ Traganteilerhöhung
- ✓ Erhöhung der Standzeiten
- ✓ Reparaturen
- ✓ vorbeugende Instandhaltung
- ✓ Beständigkeit gegen Säuren und Basen
- ✓ Gasdichtheit
- ✓ Reibwiderstandserhöhung
- ✓ Erosion
- ✓ Kavitation
- ✓ Verbesserung der Tribologie
- ✓ elektrische, thermische und magnetische Leitfähigkeit oder Isolation



Rybak + Hofmann  
rhv-Technik GmbH + Co. KG  
Eisentalstr. 27  
71332 Waiblingen  
Telefon: (07151) 9 59 98-0  
E-mail: [info@rhv-technik.de](mailto:info@rhv-technik.de)



thermische beschichtungen

innovativ. präzise. schnell.

## Informationen aus Unternehmen und Verbänden

Schnell und einfach auf Ihr Mobilgerät – QR-Code einscannen und sofort lesen!

### Mit Forschung und Entwicklung die Jugend motivieren

Das Studienzentrum Rottweil der Hochschule Furtwangen lud zum Tag der offenen Tür in die seit März 2016 bestehende Lehr- und Forschungseinrichtungen der Hochschule ein. Die Kontakte der Einrichtung in Landkreis und Stadt Rottweil sind sehr gut; mit Schulen und Wirtschaftsunternehmen steht das Studienzentrum in Kontakt. Der gesamte Raum um Rottweil profitiert damit von der Hochschule.



### EnviroFALK übernimmt Ionenaustauschgeschäft

Zum 1. Mai dieses Jahres hat die EnviroFALK GmbH den gesamten Bestand an Ionenaustauscherpatronen von Ekkehard Wagner Erodierzubehör übernommen. Die Ionenaustauscher versorgen beispielsweise Drahterodiermaschinen mit deionisiertem Wasser, das bei funkenerosiven Bearbeitungsprozessen als Isolier-, Kühl- und Spülmedium dient.



### Verbundprojekt Generativer Werkzeugbau

Etablierte generative Fertigungsverfahren im Werkzeugbau basieren zumeist auf dem Einsatz eines metallischen Pulvers, welches mittels Laser zu einem Körper zusammengefügt wird. Dadurch können sehr feine Konturen und Kanäle generiert werden. Nachteilig können sich jedoch die relativ rauen Oberflächen und die gegebenenfalls notwendige Nacharbeit darstellen.



### Effiziente Öfen für die Niedrigtemperaturverzinkung

Mit dem neuen Rekuperations-Wärmetauschersystem *RECU-Channel* sind bei der Verzinkung von Stückgut, Draht und Kleinteilen mehr als 15 Prozent Energieeinsparung möglich. An typischen Stückverzinkungsanlagen kann das neue System die Kosten für Erdgas um rund 30 000 Euro pro Jahr reduzieren.



### Verbesserte Haftung durch Plasma(vor)behandlung

Der 30. Workshop des Arbeitskreises Atmosphärendruckplasma (ak-adp) am 15. und 16. November 2017 in Jena steht unter dem Thema *Verbesserte Haftung durch Plasma(vor)behandlung*. Ergänzend zu den Vorträgen findet eine Führung durch die Fachbereiche von Innovent e. V. und ein Besuch des Zeiss-Planetariums Jena statt.



### Effiziente Entgraten großer Bauteile

Die Vorgaben eines Kunden bei der Bearbeitung von Zahnräder führt zur Entwicklung des neuen Maschinenkonzept zur Aufnahme von größeren und schweren Werkstücken DF-5/330 Wet. Das Ergebnis ist die größte und leistungsfähigste DF-Maschine, die OTEC bisher auf dem Markt vorstellen konnte.



### Korrosionsschutz für Verbindungsteile

BENSELER bietet das neue Beschichtungssystem Basecoat Delta Protekt KL120. Es ermöglicht eine Zinklamellenbeschichtung von Schüttgut, die über deutlich bessere Weiß- und Rotrostbeständigkeit verfügt, als die aktuell gängigen Systeme.



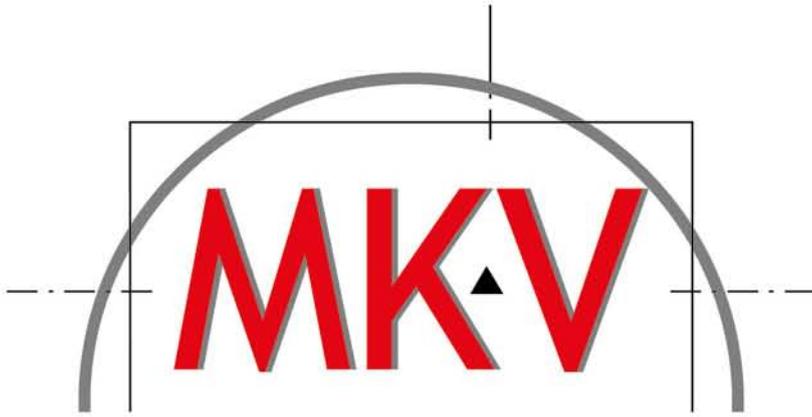
### Verbandsnachrichten

Deutsche Ges. für Galvano- und Oberflächentechnik (Bericht von Dr. Kutzschbach), Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium (Mitgliederversammlung), Fachverband Galvanisierte Kunststoffe, Qualitätsgemeinschaft Industriebeschichtung (Mitgliederversammlung).



## INSERENTENVERZEICHNIS

AHC Oberflächentechnik GmbH	27	G. & S. Philipp	21	rhv-Technik GmbH	39
Airtec MUEKU GmbH	33	Harter GmbH	21	robeko GmbH & Co. KG	23
aqua plus GmbH	10	Holder Oberflächentechnik	5	Sager & Mack GmbH	1
Bohncke GmbH	7	IPT GmbH	31	Schmalriede-Zink GmbH & Co. KG	31
B+T Technologies GmbH	33	Walter Lemmen GmbH	19	Softec AG	37
cct GmbH	25	MacDermid Enthone	Titel	STI Group	13
DataPhysics Instruments GmbH	35	Mazurczak Thermoprozesse	17	TIB Chemicals AG	15
Deutsche Messe	14	MKV GmbH	U3	Umicore Galvanotechnik	15
Dörken MKS	11	Munk GmbH	33	VECCO e.V.	U4
Eloxalwerk Ludwigsburg ELB	U4	NovoPlan GmbH	13		



- ▶ GALVANOANLAGEN
- ▶ LEITERPLATTENANLAGEN
- ▶ RISSPRÜFANLAGEN
- ▶ REINIGUNGSANLAGEN
- ▶ LUFTFAHRTTECHNIK



Kunde: AHC Benelux B.V.  
Ort: Venlo, Niederlande  
Ni-Sulfamat-Automat für  
Gestellware

**MKV GmbH**  
Neumarkter Str. 40  
90584 Allersberg  
Tel.: +49 9176 9811-0  
info@mkv-gmbh.de  
www.mkv-anlagen.de



# VerwandlungsKünstler



Oberflächentechnologie der Zukunft  
individuelle Lösungen für spezielle Anforderungen

Aluminium und Magnesium als Leichtbau-Werkstoffe sind zukunftsweisend

Die Marke CERANOD® von ELB® steht sowohl für dekorative High-End-Oberflächen als auch für konkurrenzlos langlebigen und verlässlichen Komponentenschutz in Maschinenbau, Luft- und Raumfahrttechnik, Off-Shore-Technik, Medizintechnik und vielen anderen Zukunftsbranchen.

Mit den CERANOD®-Beschichtungstechnologien können Leichtmetalloberflächen exakt an die Anforderungen Ihrer Anwendung angepasst werden und bringen Ihnen den entscheidenden Wettbewerbsvorteil.



**CERANOD®**

Oberflächentechnologie der Zukunft

**ELB-**

CERANOD® outside.  
Oberflächen für Al, Mg, Ti.

# DEBURRING

Das Fachmedium für Entgrattechnologie und Präzisionsoberflächen

**NEU:** Exklusiv und topaktuell –  
Plattform für die DeburringEXPO 2017

Die Informationsquelle –  
vor und auf der Messe

**Auch online!**

3D-Prüfung von Präzisionsoberflächen

Roboterbasiertes Entgraten

Bearbeitung bruchgefährdeter Materialien

Aussteller auf der Deburring 2017

[www.wotech-technical-media.de](http://www.wotech-technical-media.de)

## **Innovative Lösungen für Entgrataufgaben und präzise Oberflächen**

2. Fachmesse für Entgrattechnologie und Präzisionsoberflächen  
DeburringEXPO vom 10. bis 12. Oktober 2017 in Karlsruhe

**Durch sehr anspruchsvolle Spezifikationen hinsichtlich Toleranzen und Oberflächengüte rücken bei der Fertigung von Präzisionsteilen das Entgraten, Verrunden und Oberflächenfinish immer mehr in den Fokus. Mit mehr als 125 Ausstellern präsentiert die DeburringEXPO dafür das international wohl größte Angebot an innovativen, weiterentwickelten und bewährten Lösungen. Wertvolles Know-how bietet die zweite Fachmesse für Entgrattechnologie und Präzisionsoberflächen darüber hinaus durch ihr zweisprachiges Fachforum.**



Unabhängig davon, dass die Anforderungen an die Oberflächen von Präzisionsteilen je nach Produkt, Einsatz und Branche variieren, stellen sie Fertigungsunternehmen vor neue Herausforderungen. So sind beispielsweise gratfreie Bauteile und Werkstücke mit definierten Kanten und Verrundungen in immer höherer Präzision herzustellen. Oberflächenveredelungen, die Reibung, Verschleiß und Geräusentwicklung minimieren sowie Leistungs- und Lebensdauersteigerungen ermöglichen, werden ebenfalls gefordert. Hinzu kommen Fertigungsschritte zur exakten Formgebung, bei denen Bearbeitung und Oberflächenfinish zunehmend ineinander fließen. Als die Beschaffungs- und Kommunikationsplattform für das Entgraten, Verrunden und die Herstellung von Präzisionsoberflächen präsentiert die DeburringEXPO innovative und weiterentwickelte Produkte, Verfahren und Dienstleistungen, um diese steigenden Anforderungen effizient und prozesssicher zu erfüllen. Hartmut Herdin, Geschäftsführer der veranstaltenden fairXperts GmbH & Co. KG, erwartet für die diesjährige Messe mindestens 150 Aussteller, von denen viele die Messe nutzen werden, um neue Lösungen vorzustellen. Die 2. Fachmesse für Entgrattechnologie und Präzisionsoberflächen wird damit deutlich größer und internationaler als die Premierenveranstaltung 2015. Ob Automobilindustrie, Automatisierungstechnik, Antriebs- und Getriebetechnik, Luftfahrt, Maschinenbau, Medizintechnik, Sanitärindustrie, Uhrenindustrie oder Werkzeug- und Formenbau, mit ihrem Ausstel-

lungsprogramm deckt die Messe das gesamte Spektrum für die Entgratung, Verrundung und Herstellung von Präzisionsoberflächen ab. Neben dem repräsentativen Überblick über die verschiedenen Verfahren, Anlagen, Werkzeuge sowie Prüf-, Mess- und Analysemethoden ermöglicht die Fachmesse auch die gezielte Information über Trends und aktuelle Entwicklungen.

Vorgestellt werden beispielsweise innovative Gleitschliffösungen für die Einzelteilbearbeitung, die sich einfach in automatisierte Linienfertigungen integrieren lassen und hochgenaues, prozesssicheres Entgraten, Kantenverrunden, Glätten, Schleifen und Polieren geometrisch komplexer Bauteile im Fertigungstakt ermöglichen.

Beim ECM-Entgraten sorgen neu entwickelte Generatoren dafür, dass Ra-Werte von 0,1 µm und besser – je nach Ausgangszustand – erzielt werden. Sie vermeiden außerdem das so genannte Stray Machining, das in Randbereichen zu einem schlechteren Bearbeitungsergebnis führen kann.

Darüber hinaus wurde ein neues ECM-Verfahren unter anderem speziell für die Oberflächenveredelung 3D-gedruckter, metallischer Komponenten entwickelt. Damit lassen sich Mikro- und Makrostrukturen an Innen- und Außenflächen in einer Bearbeitung verbessern. Es werden dabei innerhalb kurzer Zykluszeiten definierte Oberflächeneigenschaften reproduzierbar erzielt.

Das PECM-Verfahren ermöglicht speziell bei anspruchsvollen Werkstoffen die gratfreie Herstellung von dreidimensionalen Formen,

Konturen und Strukturen in sehr hoher Präzision und Oberflächenqualität. Die Bearbeitung erfolgt im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren mit höherer Genauigkeit hinsichtlich der Bauteildimensionen und -toleranzen sowie ohne thermische Beeinflussung.

Das Druckfließlappen (auch Strömungsschleifen, Abrasive Flow Machining (AFM) genannt) wird vorrangig bei schwer zugängliche Werkstückbereiche und innenliegende Flächen hochwertiger Komponenten aus Metall und Keramik eingesetzt, bei denen klassische Verfahren nicht ans Ziel führen.

Für das Entgraten und Bearbeiten von spritzgegossenen, gepressten oder spanabhebend gefertigten Kunststoffteilen präsentiert die DeburringEXPO ebenfalls unterschiedliche Lösungen. Dazu zählen beispielweise das kryogene Entgraten, das mit flüssigem Stickstoff in Verbindung mit Kunststoffgranulat bei Temperaturen bis minus 150 °C durchgeführt wird und das Entgraten mit Kohlenstoffdioxid-Trockeneis. Die Entfernung von innen- und außenliegenden Graten – auch an schwer zugänglichen Stellen – an Teilen aus Thermoplasten ermöglichen spezielle Anlagen für das thermische Entgraten.

Ein dreitägiges Fachforum rundet das Angebot der DeburringEXPO ab. Alle Vorträge werden simultan Deutsch <> Englisch übersetzt. Die Referate bieten Informationen zu Grundlagen und Expertenwissen über innovative Entgrattechnologien und Präzisionsoberflächen, über Praxisbeispiele und Benchmark-Lösungen.

Doris Schulz

➔ [www.deburring-expo.de](http://www.deburring-expo.de).

### IMPRESSUM

ISBN 978-3-9814687-5-5

#### Herausgeber und Verlag

WOTech – Charlotte Schade – Herbert Käszmann – GbR  
Am Talbach 2, D-79761 Waldshut-Tiengen  
© WOTech GbR, 2017

#### Druck

Holzer Druck + Medien GmbH & Co. KG  
Fridolin-Holzer-Straße 22+24, D-88171 Weiler im Allgäu  
Verantwortlich für Text und Anzeigen:  
Herbert Käszmann, WOTech GbR

## 3D-Prüfung von Präzisionsoberflächen

### Qualitätssicherung – submikrometergenau im Sekundentakt

Von Tobias Seyler, Dr. Markus Fratz, Dr. Tobias Beckmann und Dr. Alexander Bertz, Fraunhofer IPM, Freiburg

Metallische Produkte, die durch Tiefziehen oder andere Kaltumformungsprozesse entstehen, müssen immer häufiger sehr exakte 3D-Oberflächeneigenschaften aufweisen – zum Beispiel auf Dichtflächen oder an Graten. Mit der digitalen Mehrwellenlängenholographie lassen sich Oberflächen in der Fertigungslinie 3D vermessen – und das sogar direkt in der Werkzeugmaschine. Das Verfahren wurde mit dem diesjährigen Joseph-von-Fraunhofer-Preis ausgezeichnet.

Die Detektion feiner Restgrate und die Prüfung von Präzisionsoberflächen stellen die Qualitätssicherung vor größte Herausforderungen. Sichtprüfung und Machine-Vision-Systeme erfüllen oft nicht die Anforderungen bezüglich Zuverlässigkeit und Dokumentation, die an moderne Produktionsanlagen gestellt werden. Mit der digitalen Mehrwellenlängenholographie steht erstmals ein Verfahren zur Verfügung, das zuverlässig eine vollständige dreidimensionale Erfassung von Bauteiloberflächen im Sub-Sekundentakt ermöglicht. Die Vermessung der Oberflächen von Bauteilen erfolgt kontaktlos, hochpräzise und extrem schnell.

#### Holographie in der industriellen Messtechnik

Bei der digitalen Mehrwellenlängenholographie wird der zu vermessende Prüfling mit Laserlicht bestrahlt. Der Prüfling streut das Licht teilweise zurück zum Sensor. Dort wird es mit unbeeinflusstem Laserlicht zu einem Interferenzbild überlagert. Dieses trägt die Information über die Form des Objekts in sich. Durch numerische Berechnungen lassen sich die 3D-Daten errechnen und visualisieren. Wird die Messung mit mehreren leicht unterschiedlichen Laserwellenlängen wiederholt, können Messgenauigkeit und Messbereich gesteigert werden. Durch die Wahl der Laserwellenlängen und des optischen Aufbaus lässt sich das Verfahren an verschiedene Einsatzbereiche individuell anpassen.



**Abb. 1:** Das Inline-3D-Inspektionssystem HoloTop lässt sich direkt in die Fertigungslinie integrieren und vermisst 3D-Oberflächen mit 10 Megapixel Auflösung und 10 Hz Aufnahme Frequenz

Die Entwicklung von bezahlbaren Lasersystemen, die schnell zwischen verschiedenen, sehr dicht beieinanderliegenden Wellenlängen umschalten beziehungsweise durchstimmen können, macht das Verfahren für die industrielle Messtechnik interessant. Seit kurzem wird das Verfahren direkt in der Produktionslinie eingesetzt (Abb. 1).

Die digitale Mehrwellenlängenholographie liefert selbst bei hohen Messraten hochgenaue Messergebnisse – und das in Produk-

tionsumgebungen. Messgenauigkeiten im Sub-Mikrometerbereich sind kein Problem. Das prädestiniert die digitale Mehrwellenlängenholographie für Hochdurchsatzfertigungen mit extrem hohen Genauigkeitsforderungen.

#### Das Messprinzip und seine Vorteile

Mit aktuellen Messsystemen, die auf der digitalen Mehrwellenlängenholographie basieren, lassen sich mehr als 100 Millionen

Entgratwerkzeuge für den Einsatz in hochautomatisierten Prozessen

[www.beier-entgrattechnik.de](http://www.beier-entgrattechnik.de)



Dr. Beier-Entgrattechnik  
Spezialentgratwerkzeuge

# ENTGRATEN – PRÄZISIONSOBERFLÄCHEN

**Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM, Freiburg, auf der DeburringEXPO, 10. bis 12. Oktober 2017 in Karlsruhe:**

**Halle 1 – Stand 218/319**

3D-Punkte pro Sekunde messen. So beträgt die Messzeit für ein Messfeld von rund 20 mm x 20 mm aktuell 60 ms. Eine Einzelmessung besteht dabei aus rund zehn Millionen Messpunkten. Das grenzt das Verfahren hinsichtlich Mess- und Auswertegeschwindigkeit deutlich gegen eine Vielzahl anderer optischer 3D-Messverfahren ab. Ein im Sensorkopf integriertes kalibriertes Normal erlaubt es, die Messung permanent auf das Normal zurückzuführen und quasi in Echtzeit zu kalibrieren. Alternativ besteht die Möglichkeit, die Einzelwellenlängen mit einem hochauflösenden Spektro- oder Wavemeter zu messen und damit das Messsystem zu kalibrieren.

Im Gegensatz zu allen anderen bildgebenden 3D-Messverfahren kommt die digitale Holographie ohne ein abbildendes System aus. Das hat den Vorteil, dass keine Abbildungsfehler, wie zum Beispiel Verzeichnungen, in die Messung eingebracht werden. Die laterale Auflösung wird auch bei der linsenlosen Anordnung durch die numerische Apertur und damit maßgeblich durch die Größe (nicht die Pixelzahl) des zur Aufzeichnung verwendeten Kamerachips und den Abstand zum Objekt begrenzt. Da Kamerachips aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht beliebig groß hergestellt und Prüflinge in der Praxis nicht beliebig dicht am Chip positioniert werden können, ist die laterale Auflösung der linsenlosen Anordnung in der Praxis auf einige Mikrometer begrenzt. Diese Grenze kann durch eine zusätzliche Optik, welche die Objektwelle vor der holographischen Aufzeichnung vergrößert, bis in den mikroskopischen Bereich verschoben werden. Im sichtbaren Spektralbereich liegt die laterale Auflösungsgrenze dann beugungsbegrenzt bei etwa einem halben Mikrometer.

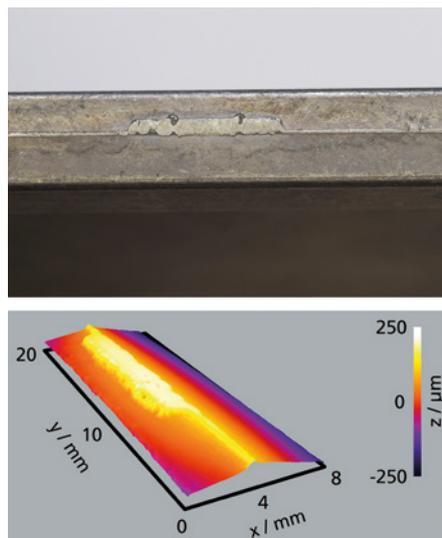
Eine Besonderheit der digitalen Mehrwellenlängenholographie ist die Möglichkeit des *nachträglichen Scharfstellens*. Nach der Auswertung der Messdaten liegt im Rechner ein vollständiges Modell der Lichtwellen vor, die vom Objekt auf den Sensor gelangt sind. Wurde das Objekt oder Teile davon unscharf

abgebildet, so besteht die Möglichkeit, die Daten mit Hilfe von numerischen Methoden so weiterzuverarbeiten, dass nachträglich ein scharfes Bild des Objekts berechnet werden kann. Dazu sind weder mechanische Bewegung noch eine zusätzliche Datenerfassung erforderlich.

## Typische Anwendungen für HoloTop

Metallische Produkte, wie sie etwa beim Tiefziehen oder anderen Kaltumformungsprozessen entstehen, lassen sich mit digitaler Mehrwellenlängenholographie sehr gut vermessen. Beispielhaft kann hier die Oberflächen von Dichtflächen genannt werden. Das Messfeld besteht aus 3072 mal 3072 Messpunkten. Die Zeit für die Datenaufnahme für die gesamte Messung beträgt 60 ms. Die anschließende Rechnung, die aus den Rohdaten echte 3D-Daten erzeugt, dauert abhängig vom eindeutigen Messbereich zwischen 90 ms und 150 ms. Erreicht wird die schnelle Datenauswertung durch hochgradig parallele Datenverarbeitung auf modernen Grafikkarten. Auch feinste Details der Dichtoberfläche werden so exakt aufgelöst. Die erreichbare laterale Auflösung ist dabei nur durch die Abbildungsqualität des verwendeten Objektivs begrenzt.

Ein weiteres typisches Einsatzgebiet der digitalen Mehrwellenlängenholographie ist die Inspektion von Aluminiumdruckgussteilen in Bezug auf Mikrodefekte und Grate. Selbst einzelne



**Abb. 2: Bei der Produktion von Aluminiumdruckgussteilen entstehen häufig Oberflächendefekte, die mit dem 3D-Inline-Inspektionssystem HoloTop zur Erkennung dieses Fehlers direkt in der Linie vermessen werden**



**Abb. 3: Eine spezielle, sehr kompakte Ausführung des HoloTop-Sensors kann direkt in Werkzeugmaschinen integriert werden (blaues Gehäuse, hier in einer 5-Achs-CNC-Fräsmaschine)**

Mikrodefekte, die in der Regel nur wenige Mikrometer Durchmesser aufweisen, können wichtige Eigenschaften, wie beispielsweise den thermischen Kontakt eines Gehäuses, so verschlechtern, dass die Qualität des Bauteils nicht akzeptabel ist. Eine Inline-Überprüfung der Aluminiumdruckgussteile mit der digitalen Mehrwellenlängenholographie garantiert hier die gewünschten Bauteileigenschaften (Abb. 2).

In einer speziellen und besonders kompakten Ausführung lässt sich der HoloTop-Sensor direkt in Werkzeugmaschinen implementieren (Abb. 3). So können die Werkstücke bereits bei der Bearbeitung geprüft werden, und zwar ohne, dass diese zur Prüfung aus der Werkzeugmaschine ausgebaut werden müssten. Das spart Zeit und optimiert den Produktionsablauf.

## Fraunhofer-Preis für HoloTop

Für die Entwicklung des ersten produktionstauglichen digitalen Holographiesystems wurden Dr. Markus Fratz, Dr. Alexander Bertz und Dr. Tobias Beckmann mit dem diesjährigen Joseph-von-Fraunhofer-Preis geehrt. Die Jury begründet die Preisvergabe unter anderem mit der *herausragenden wissenschaftlichen Arbeit und der erstmaligen Darstellung der Industrietauglichkeit des Verfahrens*. Für hochgenaue 3D-Messungen ist HoloTop das weltweit schnellste System, das derzeit am Markt verfügbar ist.

## Kontakt

Dr. Alexander Bertz, Gruppenleiter Inline-Messtechnik, Fraunhofer IPM;  
E-Mail: alexander.bertz@ipm.fraunhofer.de

➔ [www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)

## Roboterbasiertes Entgraten: Möglichkeiten und Grenzen

Von Filipp Pachomow, Maulbronn

Metallverarbeitende Betriebe, insbesondere Automobilzulieferer, stehen seit jeher unter großem Kostendruck: Die generelle Erwartungshaltung der Kunden geht seit Jahren in Richtung Preisreduzierung. Wer seine Produktion nicht ins Ausland verlagern will, versucht, die Produktivität zu steigern. Großes Potential liegt dabei zweifellos in der Automatisierung der Produktionsprozesse. Nachdem die größten Anwendungsfelder wie Schweißen oder Handling bereits weitgehend automatisiert sind, rücken vermehrt auch Nischenanwendungen, wie etwa das Entgraten, in den Fokus. Dieses gilt seither als nicht wertschöpfend, lässt sich aber bei vielen Herstellungsprozessen nicht vermeiden. Eine der kostengünstigsten Automatisierungslösungen ist dabei das roboterbasierte Entgraten mit Druckluftspindeln. Auf diese Nische hat sich das 1919 gegründete schwäbische Familienunternehmen Schmid & Wezel GmbH aus Maulbronn spezialisiert, dass unter der Marke BIAx Druckluftspindeln herstellt und vertreibt.

Eines von vielen Beispielen für eine gelungene Prozessautomatisierung liefert die IDS Casting Service GmbH aus Oggelsbeuren auf der schwäbischen Alb. IDS ist ein Lohnfertiger, der täglich mehrere tausend Aluminiumdruckgussteile der Albert Handtmann Metallgusswerke GmbH aus Biberach in vier Roboter-Entgratzellen bearbeitet. Noch vor einigen Jahren wurde manuell entgratet, bis Reinhard Maier, kaufmännischer Leiter bei IDS, die Automatisierung selbst in die Hand nahm. Seither arbeitet IDS dreimal schneller und zweimal günstiger, als von Hand. Hinzu

kommt, dass es fast keinen Ausschuss mehr gibt und die Qualität des Arbeitsergebnisses konstant bleibt. Doch nicht jeder Betrieb verfügt über versierte Spezialisten und ausreichendes Know-how, um ein Automatisierungsprojekt aus eigener Kraft zu stemmen. In diesem Fall bietet sich die Zusammenarbeit mit externen Systemintegratoren an. In jedem Fall ist es hilfreich, einige grundsätzliche Dinge über das roboterbasierte Entgraten zu wissen.

### Aufbau einer Entgratzelle

Die Entgratzelle mit Roboter ist normalerweise fester Bestandteil einer automatisierten Transferstraße. Die zu entgratenden Bauteile werden dabei automatisch dem Roboter zugeführt. Dieser greift dann Teil für Teil und führt es zu einer oder mehreren fest installierten Spindeln. Würde der Roboter die Spindel führen, müsste jedes einzelne Bauteil erst einmal fixiert werden, was einen unnötigen Zeitverlust darstellt. Daher findet dies nur bei sehr großen Bauteilen Anwendung. Es werden bevorzugt druckluftbetriebene Spindeln eingesetzt, da sie im Vergleich zu Elektroschleifspindeln deutlich preiswerter, leichter und kompakter sind. Auch lassen sich mit Druckluftspindeln viel höhere Geschwindigkeiten erzielen, als mit Elektroschleifspindeln.

### Die verschiedenen Werkzeuge und Spindelarten

Grundsätzlich lassen sich, je nach Werkstück und gewünschtem Ergebnis, sehr unterschiedliche Bearbeitungswerkzeuge, wie Frässtifte, Bürsten, Feilen, Senker und

Schleifkörper, einsetzen. Am häufigsten verbreitet ist sicherlich das Entgraten mit Frässtiften und Bürsten für feste beziehungsweise lose Grate. Feilen kommen meist dann zum Einsatz, wenn nur ein sehr geringer Materialabtrag erlaubt ist. Senker werden zum Entgraten von Bohrungen verwendet.

Die Spindeln können starr sein oder mit einer radialen beziehungsweise axialen Auslenkeinheit eingesetzt werden. Die Auslenkeinheit wird insbesondere dann erforderlich, wenn Bauteiltoleranzen und Ungenauigkeiten in der Positionierung des Werkstücks ausgeglichen werden müssen. Ersteres ist gerade für Gussteile typisch, egal ob aus Metall, Kunststoff oder Faserverbundwerkstoff, da diese im Gegensatz zu Graten von bearbeiteten (zerspannten) Teilen in der Regel sehr ungleichmäßig sind. Die Auslenkung wird pneumatisch oder über Federpakete erzeugt, die Auslenkkraft lässt sich über Druck oder Federvorspannkraft einstellen.

### Das optimale Ergebnis und Hindernisse

Martin Erle, Automatisierungsexperte bei BIAx, definiert das optimale Ergebnis beim automatisierten Entgraten wie folgt: *eine gleichmäßige und gleichbleibende Entfernung des Grates bei sich wiederholenden Bauteilen*. Beispielsweise wird durchgängig eine Fase von 0,5 mm erzeugt und diese Fase ist bei allen Bauteilen identisch. Diverse Faktoren wie das Werkzeugsystem, die Bauteiltoleranz, die Beschaffenheit des Grates, der Roboter und seine Programmierung sowie die Spannmittel beziehungsweise der

**BENSELER**

Oberflächentechnik Entgratung Beschichtung

**Besuchen Sie uns auf der Messe!**

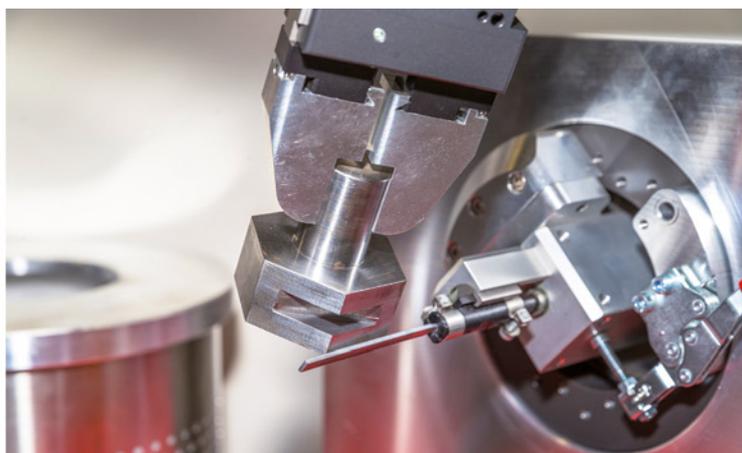
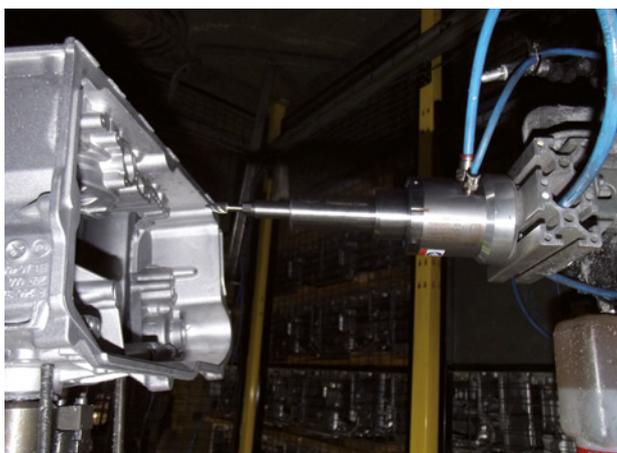
**DeburringEXPO Karlsruhe: 10. – 12.10.2017, Halle 1, Stand 202**

**Fakuma Friedrichshafen: 17. – 21.10.2017, Halle A5, Stand A5-5012**

**parts2clean Stuttgart: 24. – 26.10.2017, Halle 3, Stand A52**



# ENTGRATEN – PRÄZISIONSOBERFLÄCHEN



**Entgraten mit fest installierter Spindel mit Auslenkung, bei der der Roboter das Bauteil führt (links) und Entgratzelle mit Druckluftfeile (rechts)**

Greifer, haben Einfluss auf die Genauigkeit des Ergebnisses. Zu den häufigsten Entgrataufgaben gehört die Entfernung eines losen Grates oder das Erzeugen einer undefinierten Phase. Hierfür empfiehlt Erle grundsätzlich die Verwendung eines flexiblen Systems (Bürste, Feile und/oder Auslenkung).

Bei nur geringer Bauteil- und Positionstoleranz sollte aber ein starres System eingesetzt werden, da es sauberer und genauer arbeitet, ein besseres Ergebnis bringt und in der Anschaffung günstiger ist. In diesem Fall kann sogar eine definierte Fase reproduziert werden. Problematisch wird es nach Erfahrung des Experten aus Maulbronn erst, wenn bei großen Toleranzen eine definierte Fase erzeugt werden soll. Hierfür gibt es zwar einige Lösungsansätze, diese sind nach Aussage von Erle aber (noch) sehr aufwendig und heben den Produktivitätsgewinn der Automatisierung wieder auf. Denkbar wären etwa der Einsatz von Werkzeugen mit Festanschlag, die Verwendung von mehreren Bear-

beitungsschleifen oder eine exakte Vermessung (Scan) der Bauteillage/Bauteilmaße eines jeden Bauteils.

Eine Zusammenfassung der verschiedenen Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten in Kombination mit verschiedenen Faktoren ist in der BIAX-Anwendungsmatrix aufgezeigt. Das flexible System steht dabei für eine Spindel mit Auslenkung.

### **Kurzcheck als Service: Möglichkeiten zur Automatisierung des Entgratprozesses**

Für Interessenten, die ihre Entgratprozesse automatisieren möchten, bietet BIAX einen kostenlosen Beratungsservice: Nach Einsendung des Bauteils prüfen die Maulbronner die Machbarkeit mit ihrem hauseigenen Fanuc Roboter und geben eine konkrete Empfehlung hinsichtlich Werkzeug, Spindel und Vorschubgeschwindigkeit ab. Das sind sehr wertvolle Informationen, die bei der Programmierung viel Zeit und Geld sparen können.

Auch eine Beratung vor Ort ist möglich, wenn das Bauteil nicht herausgegeben werden darf.

Dass BIAX auch eine Vielzahl verschiedenster Entgratspindeln anbietet, versteht sich dabei von selbst. So hat man jüngst mit dem RSC Modular System ein einzigartiges Entgratsystem nach dem Baukastenprinzip auf den Markt gebracht: Hiermit lässt sich in Abhängigkeit von der Anwendung eine individuelle Lösung zusammenstellen. Man zahlt also nur für das, was man wirklich braucht und kann später kostengünstig nach- oder umrüsten.

Es gibt verschiedene gerade und gewinkelte Druckluftspindeleinsätze mit Geschwindigkeiten von 10 000 bis 100 000 Umdrehungen pro Minute sowie eine oszillierende Spindel für Feilen. Diese werden immer in ein Kupplungsteil eingesetzt. Optional stehen eine radiale und eine axiale Auslenkung zur Verfügung. Neben den Beschaffungskosten verringern sich auch die Lagerkosten, da nur die Spindeleinsätze und nicht das komplette System für den Notfall vorgehalten werden muss.

### **BIAX auf der DeburringEXPO 2017**

**Halle 1, Stand 321**

➔ [www.biax.de](http://www.biax.de)

**Tab: BIAX-Anwendungsmatrix nach Martin Erle**

	Entfernung loser Grat	Undefinierte Fase	Definierte Fase
Geringe Bauteil-/Positionstoleranz, gleichmäßiger Grat, gleichbleibender Grat	Flexibles System	Flexibles System Starres System	Flexibles System Starres System
Große Bauteil-/Positionstoleranz, gleichmäßiger Grat, gleichbleibender Grat	Flexibles System	Flexibles System	Flexibles System
Geringe Bauteil-/Positionstoleranz, ungleichmäßiger Grat, gleichbleibender Grat	Flexibles System	Starres System	Starres System
Große Bauteil-/Positionstoleranz, ungleichmäßiger Grat, gleichbleibender Grat	Flexibles System	Flexibles System	Flexibles System (schwierig)
Geringe Bauteil-/Positionstoleranz, gleichmäßiger Grat, n. gleichbleibender Grat	Flexibles System	Starres System	Starres System
Große Bauteil-/Positionstoleranz, gleichmäßiger Grat, n. gleichbleibender Grat	Flexibles System	Flexibles System	problematisch
Geringe Bauteil-/Positionstoleranz, ungleichmäßiger Grat, n. gleichbleibender Grat	Flexibles System	Starres System	Starres System
Große Bauteil-/Positionstoleranz, ungleichmäßiger Grat, n. gleichbleibender Grat	Flexibles System	Flexibles System	problematisch



**RSC-System am Roboter und fixiertem Bauteil**

## Die Entfernung von Graten in der Produktion - ein wichtiges Thema?

### Lösungen für eine effiziente roboterbasierte Nacharbeit

Von Carsten Krewet und Lea Strauß, Kleinwallstadt

Seit jeher zeichnen sich Produkte deutscher Unternehmen durch ihre hervorragende Qualität aus. Diese hohe Produktqualität stellt für die deutsche Industrie im internationalen Wettbewerb oft ein wichtiges Differenzierungsmerkmal dar. Um diesen Vorteil auch dauerhaft zu sichern, sind ständige Fortschritte im Bereich der Produktionstechnologien und insbesondere der Prozessautomatisierung von wesentlicher Bedeutung.

Auch wenn jeder einzelne Produktionsprozess stetig optimiert und damit auch die Qualität des jeweiligen Prozessergebnisses immer weiter gesteigert wird, kann in vielen Fällen auf eine sich an den Ausgangsprozess anschließende Nachbearbeitung nicht verzichtet werden, wenn alle geforderten Qualitätsanforderungen erfüllt werden sollen. So müssen gegossene Bauteile in der Regel geputzt werden, um die beim Gießen entstandene Gusshaut zu entfernen. Bei warmumgeformten Bauteilen ist oft eine Nachbearbeitung der Oberfläche notwendig, um Verzunderungen zu beseitigen und bei spanend bearbeiteten Bauteilen gibt es vielfach Sekundärgrate, die abgetragen werden müssen.



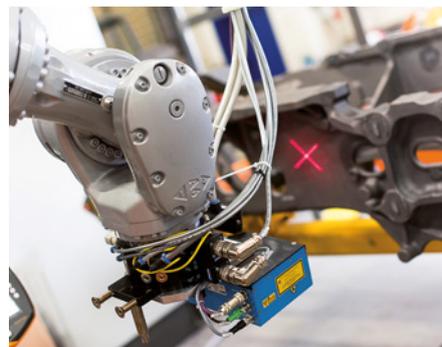
**Abb. 1:** Durch roboterbasierte Nachbearbeitung können Mitarbeiter von körperlich anstrengender und gefährdender Arbeit deutlich entlastet werden

Die roboterbasierte Nachbearbeitung ist hier eine bewährte Methode, da durch diese Variante unter anderem ein besonders hohes Maß an Flexibilität bewahrt werden kann. So kann bei einer roboterbasierten Entgratzelle beispielsweise der Prozess vergleichsweise einfach auf etwaige Änderungen an

vorhandenen Bauteilen oder auf neue Produktlinien angepasst werden. Größere Umbauarbeiten an der Roboterzelle sind meist nicht notwendig. Aber auch die Nachbearbeitung von Bauteilen mit Robotern bringt eine Reihe von Herausforderungen mit sich. Wichtig bei der Lösungskonzeption sind verschiedene Konstanten:

- die Auswahl der am besten geeigneten Bearbeitungstechnologie und -strategie (Verfahren, Werkzeuge, Prozessparameter)
- die Wahl eines geeigneten Zellenkonzepts und eine optimale Einbindung in die individuelle Produktionsprozesskette
- die prozesssichere Bestimmung von Abweichungen des Ist-Zustands vom Soll-Zustand der zu bearbeitenden Bauteile
- die individuelle Anpassung der Bahnbewegung des Roboters an die Abweichung des Ist-Zustandes des Bauteils
- die taktzeitoptimierte Ausführung der Nachbearbeitung

Nur wenn alle genannten Parameter mit Bedacht ausgewählt wurden und ideal aufeinander abgestimmt sind, können optimale Nachbearbeitungsergebnisse in stets konstant höchster Qualität erzielt werden.



**Abb. 2:** Qualitätsverbesserung und -konstanz durch roboterbasierte Nachbearbeitung mit intelligenter Sensorik

Die Boll Automation GmbH mit Sitz in Kleinwallstadt bei Aschaffenburg, ist bereits seit vielen Jahren Anbieter von roboterbasierten Nachbearbeitungslösungen. Ihre Technologie ermöglicht schon jetzt gleichbleibende Entgratergebnisse auch bei unterschiedlichen Gratgrößen und -formen, Bauteiltoleranzen und Einspannpositionen. Je nach Anwendungsfall wird dabei mit einem entsprechenden Werkzeug zum Entgraten, Trennen, Putzen/Fräsen oder Schleifen nachbearbeitet.

#### Innovation durch Kombination mit intelligenter Sensorik

Gerade für die Automatisierung von bisher manuellen Tätigkeiten in schwierigen und körperlich belastenden Umgebungen, wie beispielsweise in der Gussputzerei, bietet sich eine roboterbasierte und sensorunterstützte Nacharbeit an.

Dabei bieten intelligente Sensorik (Robot Vision) und Werkzeuge große Vorteile und machen oft den Einsatz von Robotern in derartigen Anwendungsfällen überhaupt erst sinnvoll. So kann zum Beispiel die Intensität der Nachbearbeitung, basierend auf den gewonnenen Sensorinformationen, individuell an die jeweiligen Abweichungen angepasst werden. Hierdurch werden nicht nur Zeit und Energie gespart, sondern auch die Qualität der automatisierten Nachbearbeitung gesteigert. Dank der dadurch gewonnenen Flexibilität und durch die langjährige Erfahrung, können diese und andere vergleichbare Lösungen aus dem Hause Boll in den verschiedensten Bearbeitungsprozessen eingesetzt werden.

Die oft undefinierte Ausbildung eines Grates hat die automatische Nacharbeit bisher in vielen Fällen sehr erschwert oder teilweise auch unmöglich gemacht. Durch die intelligente Kombination von Robotik mit Prüf-

# ENTGRATEN – PRÄZISIONSOBERFLÄCHEN

und Messtechnik kann diese Situation aufgelöst werden. Es entsteht ein gezielter automatischer Nacharbeitsprozess Effizienz durch Standardisierung: *Robicut*.

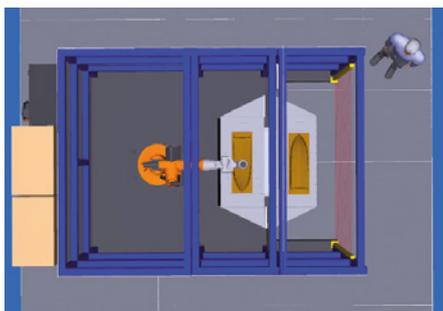
Neben der Erschließung von neuen Einsatzfeldern für die Automatisierung der Nachbearbeitung mit Robotern mittels intelligenter Sensor- und innovativer Werkzeugsysteme, spielt auch die Steigerung der Effizienz von roboterbasierten Nachbearbeitungssystemen eine wichtige Rolle, um für eine weitere Verbreitung entsprechender Systeme zu



**Abb. 3: Das modulare Zellenkonzept, Robicut, aus dem Hause Boll Automation bietet ein Höchstmaß an Flexibilität und Individualität**

sorgen. Ein relevantes Mittel zur Steigerung der Effizienz ist die Realisierung von standardisierten, modular aufgebauten Zellen. Diese Zellen bestehen aus vereinheitlichten, vielfach bewährten Komponenten, die durch ihren modularen Aufbau individuell auf den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden können.

Für den Anwendungsbereich der roboterbasierten Entgratung und Nachbearbeitung wurde von der Boll Automation GmbH, das modulare Zellenkonzept Robicut entwickelt. Die Robicut-Zelle kombiniert flexible Handhabungs- und Zuführtechnik mit innovati-



**Abb. 4: Das modulare Zellenkonzept Robicut kann für Nachbearbeitungsaufgaben verschiedenster Materialien sowie Bauteil- und Losgrößen zum Einsatz kommen**

ven Bildverarbeitungssystemen und individuell ausgewählten Werkzeugen. Durch die Ergänzung mit adaptiver Prozessführung und intelligenten Sicherheitskonzepten werden ein wirtschaftlicher Produktionsprozess sowie bestmögliche Prozessqualität erzielt. Die Zelle kann, je nach zu bearbeitendem Material und Bauteilgröße, exakt auf den individuellen Anwendungsfall abgestimmt, aus einem Modulbaukasten zusammengestellt werden. Es können verschiedenste Materialien, wie unter anderem Kunststoff oder Aluminium, mit unterschiedlichen Verfahren, wie beispielsweise Fräsen, Bürsten oder Schleifen bearbeitet werden.

Die Vorteile des modularen Zellenkonzepts für die Nachbearbeitung von Bauteilen mit Robotern sind vielfältig. Alle Zellenkompo-

nenten sind perfekt auf den individuellen Anwendungsfall abgestimmt und enthalten nur, was für den speziellen Prozess benötigt wird. Darüber hinaus ergeben sich die allgemeinen Vorteile roboterbasierter Nachbearbeitung und Entgratung:

- Qualitätsverbesserung und -konstanz trägt zu verbesserter Marktstellung und höheren Erträgen bei
- Reproduzierbarkeit des Nacharbeitsergebnisses sichert die gleichbleibend hohe Maßhaltigkeit der ausgelieferten Teile
- kürzere Taktzeiten für Nachbearbeitung und Fertigung insgesamt
- Entlastung der Mitarbeiter von körperlich anstrengender und beispielsweise durch Stäube oder Dämpfe gefährdende Arbeit
- geringere Mitarbeiterfluktuation

**Tab. 1: Aus einem Modulbaukasten mit sieben verschiedenen Modulen kann, je nach individuellem Anwendungsfall, die exakt passende Roboterzelle zusammengestellt werden**

Module	Auswahlmöglichkeiten
Modul 1: Prozess	Werkzeuge, wie z. B. Spindel, Klinge, Messer, Säge Werkzeug- oder werkstückgeführte Nachbearbeitung
Modul 2: Handhabungstechnik	Anzahl und Model des Roboters
Modul 3: Materialfluss / Zuführung	Materialfluss, wie unter anderem Förderbänder, Drehpositionierer oder Werkstückträgersysteme Werkzeugwechselstation (bei Bedarf)
Modul 4: Bildverarbeitung / Sensorik	Bildverarbeitungsverfahren, vorgelagert oder nachgelagert zum Nachbearbeitungsprozess (bei Bedarf)
Modul 5: Absaugung / Abtransport Späne	Abtransport des abgetragenen Materials, z. B. Absaugung, Schublade (bei Bedarf)
Modul 6: Sicherheitskonzept	Geschlossenes oder offenes Zellenkonzept
Modul 7: Programmierung	Bahnplanung vollautomatisch, teilautomatisiert, manuell oder interaktiv

**Tab. 2: Verschiedene vordefinierte Ausbaustufen von Robicut stellen einen groben Überblick der Kombinationsmöglichkeiten von einfachen bis hin zu komplexen Aufgaben dar**

Ausbaustufe	Ausstattung	Eignung
Robicut. eco	Basisausstattung mit Standardkabine Bauteilaufspannung: 1 oder 2 Roboter; 1 Bearbeitungsprozess; nötigste Sensorik und Programmierung über Offline-System	Geeignet für einfache Nachbearbeitungs- oder Entgratungsaufgaben, bei denen der Fokus auf einer schnellen Taktzeit liegt
Robicut. advanced	Zusätzlich zu Robicut.eco wird ergänzt: weitere Sensorik, z. B. Kraft-Momenten- Sensorik, Bildverarbeitung; Werkzeug- wechselsystem für weitere Bearbeitungs- prozesse; Abtransport der Späne durch Absaugung	Geeignet für Nachbearbeitungs- oder Entgratungsaufgaben, bei denen verschiedene Werkzeuge zum Einsatz kommen und das Nachbearbeitungsergebnis einen geringen Toleranzbereich hat
Robicut. highperformance	Mögliche Erweiterung zu Robicut. advanced: Integration von zusätzlichen Vermessungs- und Prüfprozessen; 3D- Kameratechnik; weitere Zuführkonzepte; automatische Bahngenerierung	Geeignet für besonders komplexe Nachbearbeitungs- und Entgratungsaufgaben, bei denen ein höchst präzises Ergebnis gefordert ist und meist zudem eine Prüf- oder Messaufgabe integriert werden soll

# ENTGRATEN – PRÄZISIONSOBERFLÄCHEN

In *Tabelle 1* sind die Module aufgelistet, aus denen die passende Variante ausgewählt werden kann.

Das modulare Zellenkonzept, Robicut, wird zudem in verschiedenen Ausbaustufen für einfache, bis hin zu sehr komplexen Nachbearbeitungsaufgaben angeboten. Jede dieser Ausbaustufen kann individuell auf den Anwendungsfall angepasst werden (*Tab. 2*).

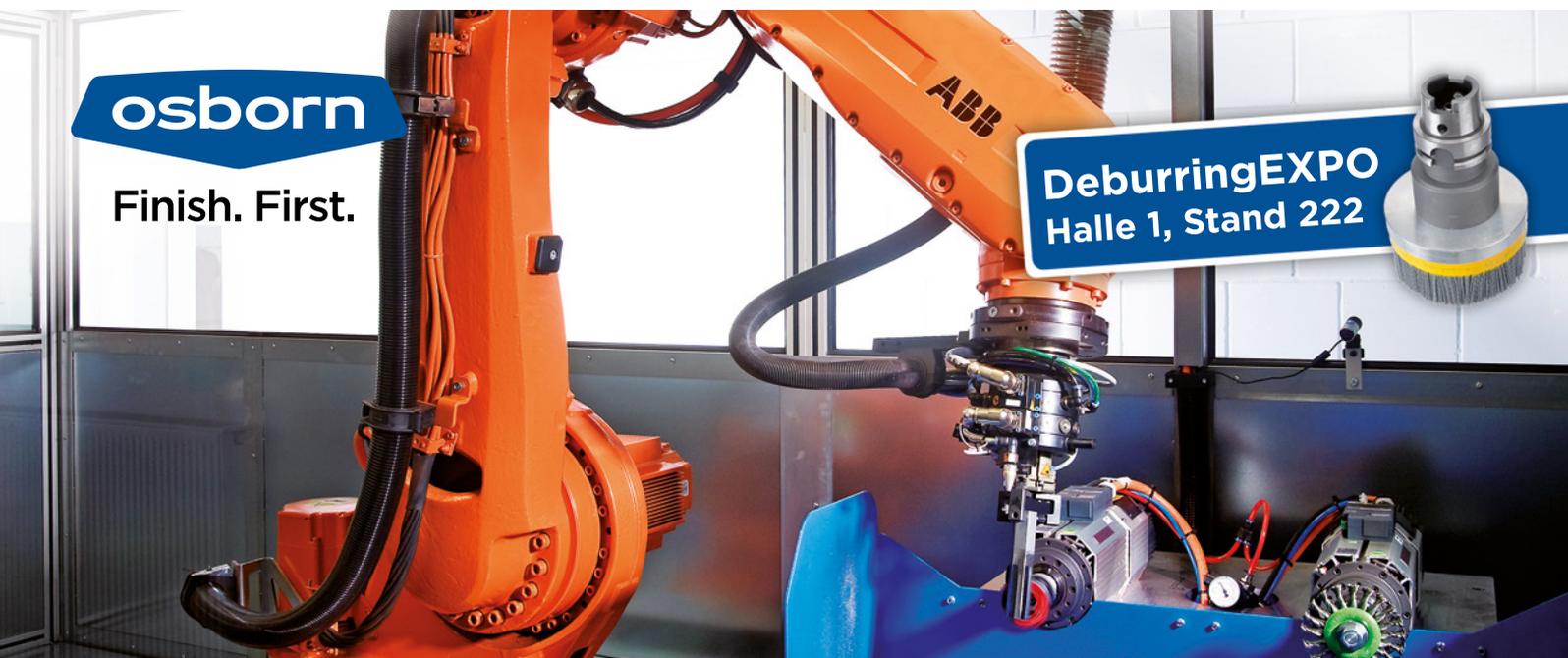
Um die Automatisierung im Bereich der Nachbearbeitung weiter voranzutreiben sind sowohl innovative neue Lösungen als auch standardisierte, modular aufgebaute Zellenkonzepte notwendig. Intelligente Werkzeugkonzepte, gepaart mit neuartigen Sensorsystemen ermöglichen die Erschließung von bisher nicht automatisierbaren Anwendungsfällen. Individuell anpassbare, aber dennoch aus standardisierten Modulen zusammengesetzte Lösungskonzepte steigern deren wirtschaftliche Effizienz.

➔ [www.bollautomation.de](http://www.bollautomation.de)

## Über Boll Automation GmbH

Die Boll Automation GmbH ist Teil einer mittelständischen Firmengruppe, der Autision Group GmbH. Der Firmenverbund bietet Kompetenzen in der Oberflächenprüfung, 3D-Inline-Messtechnik und Robotik. Der Name Autision steht für die Verbindung aus AUTomation und VISION. Mit der Kombination aus Vision und Robotik bekommt der Roboter die Fähigkeit zu sehen. Angeboten werden anwendungsgerechte Komplettlösungen aus einer Hand – individuell an die Anforderungen vor Ort angepasst. Boll Automation entwickelt automatisierte Prüfsysteme für Anwendungen, bei denen bisher keine Automatisierung möglich war. Digitalisierung und Industrie 4.0 sind hierbei die Kernthemen. Ziel ist es, nicht nur die Produktqualität, sondern auch die Prozessqualität der Kunden zu optimieren. Daher wird Produktion vernetzt und Rückschlüsse auf vorgelagerte Produktionsparameter geliefert, wodurch diese kontinuierlich und nachhaltig verbessert werden.

Automatisierung durch Robotik ist die Kompetenz der Boll Automation GmbH. Die Kombination von Sensorik und Messtechnik mit Robotik bietet automatisierte innovative Lösungen in Handling und der Nachbearbeitung. Die kollaborative Robotik kann dabei den Prozess des Kunden zusätzlich aktiv unterstützen, die Stärken von Mensch und Maschine optimal kombinieren und die Mitarbeiter entlasten. Entwickelte Lösungsangebote folgen dem Wertschöpfungsprozess der Kunden. Entlang der Wertschöpfungskette werden hochspezialisierte Systeme geliefert, die sich im rauen industriellen Umfeld bewähren und die Fertigungsabläufe der Kunden durch innovative Robotiklösungen automatisieren und verbessern.



## Entgratqualität und Prozesssicherheit

Als Spezialist für mechanische Oberflächenbearbeitung haben wir uns einen Namen gemacht. Wir prüfen kontinuierlich Qualität, Sicherheit und Leistung unserer Produkte. Wir optimieren die Nutzbarkeit, Standzeit und Verschleißeigenschaft unserer Werkzeuge für den Einsatz auf modernen Bearbeitungszentren und CNC-gesteuerten Maschinen, damit unsere Kunden ein stabiles, kontrollierbares und reproduzierbares Entgratergebnis erzielen.

Fordern Sie uns und profitieren Sie von unserem Know-how!

## **Sichere und effiziente Bearbeitung bruchgefährdeter Materialien**

Sauber bis ins kleinste Detail: ICT Suedwerk setzt auf Bürstmaschine von Dilg

**Als starker Partner für thermische Lösungen in der Leistungselektronik ist die ICT Suedwerk GmbH auf das Gebiet der Entwärmung und der elektrischen Isolation spezialisiert. Von der Vorentwicklung bis hin zur Serienproduktion erarbeitet das junge Unternehmen individuelle Produkte aus speziellen Thermal-Interface-Materialien für die Elektronikindustrie, die Automobilindustrie und den Maschinenbau. Um dabei dem Anspruch seiner Kunden an höchste Qualität und Präzision gerecht zu werden, setzt ICT Suedwerk bei der Reinigung und Bearbeitung empfindlicher Oberflächen auf eine Bürstmaschine von Dilg.**

Seit einigen Wochen präsentiert sich die ICT Suedwerk GmbH als professioneller Ansprechpartner für hochwertige thermische Lösungen. Gegründet wurde das Unternehmen Anfang des Jahres von Wolfgang Reitberger-Kunze, der bereits seit über 15 Jahren in diesem Bereich tätig ist und daher über eine umfassende Expertise verfügt. Wie er betont, setzen in Autos, Computern und Maschinen elektronische Bauteile während des Betriebs eine nicht unerhebliche Menge an Verlustwärme frei. Wird diese Wärmeenergie nicht unmittelbar abgeleitet, führt dies unweigerlich zur Zerstörung des elektronischen Bauteils und somit zum Ausfall der gesamten Applikation. Der thermische Pfad ist nach Kenntnis von Wolfgang Reitberger-Kunze ausschlaggebend für eine optimale Funktionsfähigkeit und eine lange Lebensdauer von Halbleitern. Für die von ICT Suedwerk angebotenen Lösungen kommen vorwiegend rein keramische Materialien oder wärmeleitende Materialien mit keramischen Füllstoffen wie Bornitrid, Aluminiumnitrid und Aluminiumoxid zum Einsatz. Diese verfügen meist über eine plattenartige Form und erweisen sich als äußerst bruchempfindlich. Aus diesem Grund arbeitet das Unternehmen bei der Reinigung und Bearbeitung der sensiblen Werkstücke eng mit der Otto Dilg GmbH zusammen.

### **Geringerer Ausschuss durch gründliche und schonende Reinigung**

Ausschlaggebend für die Anschaffung einer neuen Bürstmaschine war für ICT Suedwerk die Tatsache, dass die Keramikteile nach der Bearbeitung nicht ordentlich gesäubert waren und häufig noch Reste von Laserschmuck aufwiesen. Das Unternehmen produziert von der LED-Beleuchtungstechnik über die regenerative Energieerzeugung bis hin zu urbanen Antrieben für den Einsatz in LEVs (Light-Electric-Vehicle) Lösungen für die unterschiedlichsten Industriezweige. Nach Aussage von Wolfgang Reitberger-Kunze erwarten die Kunden einen sehr ho-

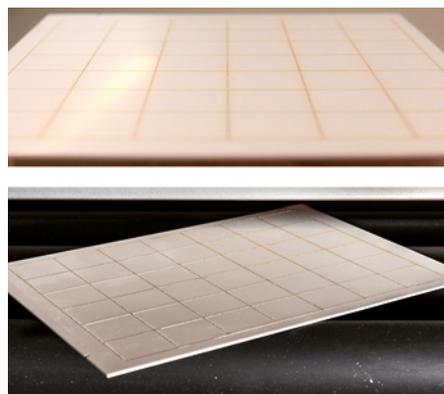
hen Reinheitsgrad, weshalb die zugeschnittenen Keramikteile ohne Ausnahme manuell nachbearbeitet werden mussten – ein erheblicher Zeitaufwand mit großer Kostenintensität. Bereits minimale Rückstände gefährden den reibungslosen Produktionsablauf und die einwandfreie Qualität der oft sehr teuren Bauteile.

Worauf es bei der Bearbeitung aus technologischer Sicht ankommt, weiß Rüdiger Dilg, Geschäftsführer der Otto Dilg GmbH. Seine Erfahrung zeigt, dass die Beschaffenheit der Bürste eines der wichtigsten Kriterien im Umgang mit sensiblen Materialien ist. Um Bruch zu vermeiden, sollte sie auf keinen Fall zu weich sein. Daher berät die Otto Dilg GmbH jeden Kunden entsprechend und kennt daher viele Bereiche, in denen bruchgefährdete Materialien bearbeitet und dennoch gründlich und schonend gereinigt werden müssen. Die Dilg-Bürstmaschinen sind darauf ausgelegt, sodass sie diese Aufgabe hervorragend erledigen.

Aufgrund dieser herausragenden Bearbeitungsqualität fiel die Wahl bei ICT Suedwerk auf eine Bürstmaschine von Dilg. Mit dieser wird seitdem in unterschiedlichen Arbeitsschritten die Oberfläche entgratet, um das Werkstück anschließend von Verschmuckungsspuren zu befreien und zu reinigen. Dass die Maschine dabei sämtliche vorhan-

dene Staubpartikel vollständig entfernt, reduziert den Ausschuss enorm, sodass nahezu alle Teile zur Weiterverwendung zugelassen werden. Im Endergebnis ist die Oberfläche in ihrer Beschaffenheit weder zu glatt noch zu rau und hinterlässt mit ihren abgerundeten Kanten einen hochwertigen optischen Eindruck. Die Entscheidung fiel für Reitberger-Kunze nicht schwer, denn mit den Bürstmaschinen von Dilg war er bereits aufgrund seiner früheren Tätigkeit bestens vertraut. Wie er weiter betont, begeistert die Vergütung der Oberflächen restlos und die schonende und gründliche Beseitigung der hartnäckigen Verschmuckungsspuren ist für die ICT eine große Erleichterung im Alltag. Außerdem wird der hervorragende Service und die kundenorientierte Arbeitsweise von Dilg sehr geschätzt.

Aufgrund der aktuell äußerst positiven Geschäftslage plant ICT Suedwerk langfristig eine Expansion über die deutschen Grenzen hinaus nach Europa und in die ganze Welt. Dabei denkt das Unternehmen aufgrund des stetig wachsenden Bedarfs bereits darüber nach, die manuelle Bürstmaschine durch ein komplexeres Modell zu ersetzen und in Zukunft noch enger mit Dilg zusammenzuarbeiten. Rüdiger Dilg zeigt sich sehr erfreut darüber, ICT Suedwerk zum Kundenstamm zählen zu dürfen.



**Keramikwerkstücke vor und nach der Reinigung mit der Dilg-Bürstmaschine**

### **Anlagentechnik**

Dilg-Bürstanlagen arbeiten nur mit Wasser, ohne jeglichen Zusatz von Lösungsmitteln. Die speziellen Bürsten sowie deren spezielle Führung sorgen für die absolut rückstands-freie Reinigung. Dabei gehen die Anlagen mit dem Wasser äußerst sparsam um: Die integrierte Spülkammer und der eigene Spülwasserkreislauf sichern den umweltschonenden und wassersparenden Einsatz der Anlage. Die automatische Bürstwasseraufbereitung erledigt bei den Ottomat-Bürstanlagen das hochmoderne Filtergerät UF-2. Eine optimierte, extrem schnelle Hochleistungstrock-



## DER PROFI FÜR DAS AUTOMATISIERTE ENTGRATEN



RSC  
Modular  
System



Robotersystem  
mit Auslenkung



Druckluftspindeln



Oszillierende  
Antriebe



**Wolfgang Reitberger-Kunze (links) und Rüdiger Dilg freuen sich über die gute Zusammenarbeit**

### Zu Otto Dilg GmbH

Die Otto Dilg GmbH wurde 1970 von Otto Dilg gegründet. Das in Neufahrn bei München ansässige Unternehmen konzentriert sich auf die Geschäftsfelder Maschinenbau und Feinmechanik. Aufgrund der Entwicklung leistungsstarker Produkte mit höchstem Qualitätsanspruch und der starken Kundenorientierung beliefert das Unternehmen heute Kunden wie MAN, Siemens, EADS, Alcatel und BMW. Hauptgeschäftsfeld ist die Entwicklung und Produktion von Bürstmaschinen und Filteranlagen für den Einsatz in unterschiedlichsten Produktionsumgebungen. Als einer der wenigen Hersteller entwickelt, konstruiert und produziert Dilg ausschließlich in Deutschland und bietet Qualität *Made in Germany*. Mit der Entwicklung von Bürstmaschinen mit zwei variablen Bearbeitungsebenen hat das Unternehmen Standards in seinem Marktsegment gesetzt. Die internationale Ausrichtung wird durch ein Distributorennetz unterstützt. Im Jahr 2006 hat Dilg die PTA GmbH, ein führendes Unternehmen in der Reinraumtechnik, übernommen. Beide Unternehmen gehören zur Dilg-Group und werden von Rüdiger Dilg geleitet.

**Otto Dilg auf der DeburringEXPO 2017**

**Halle 1, Stand 201**

➔ [www.dilg-group.com](http://www.dilg-group.com)

nung – optional erhältlich – gewährleistet die sofortige Weiterbearbeitung der Werkstücke. Auch an den unkomplizierten Bürstwalzenwechsel wurde gedacht: Durch einen einfachen und schnellen Wechsel im Nassbereich kann auch der Service schnell erfolgen, ohne dass lange Wartezeiten entstehen; die Anlagen sind zudem wartungsarm.

### Zu ICT Suedwerk

Die ICT Suedwerk GmbH mit Sitz in Oberhaching (München) bietet thermische Entwärmungslösungen insbesondere für Halbleiter und aktive elektronische Bauelemente in der Leistungselektronik. Das Unternehmen wird von Wolfgang Reitberger-Kunze geleitet.

➔ [www.ict-suedwerk.de](http://www.ict-suedwerk.de)

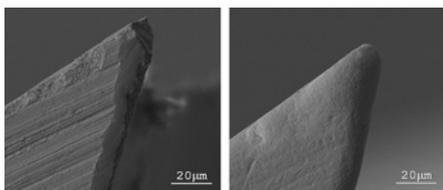
## Automatisch effizient – Neue OTEC-Lösungen für die Werkzeugindustrie

Zur Verbesserung von Werkzeug-Performance und Qualität setzen renommierte Hersteller von Umform- und Zerspanungswerkzeugen weltweit auf Prozesse und Maschinen von OTEC. Darüber hinaus vertrauen auch Unternehmen, die sich auf das Nachschleifen und Nachschärfen von Werkzeugen spezialisiert haben, auf den Hersteller von Gleitschleifanlagen. In der Produktion stehen Attribute wie Kostenersparnis, Langlebigkeit, Produktivität und Qualität sowie Korrosionsschutz traditionell im Fokus. Unverzichtbar sind hierbei zuverlässig reproduzierbare präzise Ergebnisse.

Die OTEC hat als einer der Technologieführer in der Gleitschleiftechnik die Grenzen des Machbaren immer weiter verschoben. Die Oberflächen immer komplexerer Geometrien können dadurch in nie gekannter Qualität effizient bearbeitet werden. Ob es um Glätten, Polieren, Verrunden, Entgraten oder die Entfernung von Droplets nach PVD- oder DLC-Beschichtungen geht – mit dem Einsatz der Maschinen profitieren Werkzeu-

ge von mehr als dreifach höheren Standzeiten bei Zerspanungswerkzeugen, reduzierten Reibkräften und reduziertem Verschleiß bei beschichteten Werkzeugen sowie Ra-Werten bis 0,02 µm bei Umformwerkzeugen. Nachschleifer/-schärfer schätzen besonders die schnelle und effiziente Wiederherstellung präziser Schneidengeometrien. OTEC hat leistungsstarke Maschinen für das Schlepp- wie auch für das Streamfinishverfahren im

# ENTGRATEN – PRÄZISIONSOBERFLÄCHEN



**Schneidkante vor und nach der Bearbeitung**

Programm, welche speziell auf die Anforderungen der Werkzeugindustrie zugeschnitten sind. In Kombination mit den maßgeschneiderten Prozessparametern der Anlagen lassen sich Schneidwerkzeuge, Formwerkzeuge und Spritzgusswerkzeuge damit kostengünstig bearbeiten.

Die Schleppfinishmaschinen der Serie DF Tools mit den Vertretern DF-3 HD sowie DF-5 HD sind für flexible manuelle Bestückung über eine Hubtür und für kleine bis mittlere Stückzahlen perfekt geeignet. Die Be- und Entladung der Maschinen sowie das Umrüsten wird dabei manuell vorgenommen. Bei steigender auszubringender Stückzahl steckt hier aber ein großes Potential zur Kostenoptimierung durch Automatisierungslösungen. Hier setzt OTEC mit automatisierten Streamfinishanlagen neue Benchmarks für Industrieproduktionen mit mittleren bis sehr großen Stückzahlen.

Den neuen Standard im automatisierten Präzisionsfinish setzt die SF1 ILS mit Kettenlader. Das kompakte Basismodell für die Werkzeugbearbeitung mit automatisierter Beladung erfordert keine Roboterkenntnisse und ist für maximale Bedienungsfreundlichkeit optimiert. Sie verfügt über einen Kettenlader mit 64 Plätzen und kann unterschiedliche Werkstücke zwischen 3 mm und 18 mm

Durchmesser (weitere Durchmesser in Planung) und bis 150 mm Länge (andere Längen auf Anfrage) in einer Charge bearbeiten.

Hierzu werden Werkstücke und Spannanzgen nach Bedarf automatisch gewechselt. Der Werkstückwechsel beträgt etwa 14,5 Sekunden. Die Prozesszeiten liegen je nach Bearbeitung und Werkstückgeometrie zwischen 30 Sekunden und 300 Sekunden. Bei einer Prozesszeit von 60 s/Stück bearbeitet die Maschine etwa 40 Teile in der Stunde. Die SF1 ILS ist mit einer Hubeinheit für die Werkzeugaufnahme ausgerüstet und sowohl für das Streamfinish- als auch für das Pulsfinishverfahren im Nass- oder Trockenprozess geeignet. Die Summe der Features macht die SF1 ILS zu einer außerordentlich leistungsfähigen, flexiblen Maschine, die ideal für die Bearbeitung von kleinen Losgrößen und häufig wechselnden Serien geeignet ist – und das zu einem attraktiven Preis.

In der OTEC SF2 RLS übernimmt ein modernster Bestückungsroboter sämtliche Rüst- und Beladaufgaben. Darüber hinaus verfügt die Maschine über eine Hubeinheit und zwei Werkzeugaufnahmen. Sie bearbeitet Werkstücke mit einem Durchmesser von 3 mm bis 18 mm bis zu einer maximalen Länge von 150 mm (zusätzliche Durchmesser in Planung, andere Längen auf Anfrage). Bei typischen Kantenverrundungswerten von 6 µm bis 30 µm und einer resultierenden mittleren Bearbeitungszeit von 60 s/Stück schafft die SF2 RLS etwa 75 Teile pro Stunde. Damit ist die Maschine besonders für mittlere Stückzahlen prädestiniert.

Mit drei unabhängigen Hubeinheiten plus Werkzeugaufnahmen und einem Bestückungsroboter ist die OTEC SF3 RLS auf



**Schleppschleifmaschine DF-5 HD**

höchste Stückzahlen vorbereitet. Die intelligente Steuerung sorgt dafür, dass während der Bearbeitung an zwei Stationen an der dritten Station parallel ein Werkzeugwechsel ausgeführt wird. Das Ergebnis sind nochmals minimierte Wechselzeiten und eine besonders hohe Ausbringungsleistung. Die Maschine kann Werkstücke mit Durchmessern zwischen 3 mm und 26 mm bis zu einer Länge von 250 mm bearbeiten (weitere Durchmesser in Planung). Mit einer mittleren Bearbeitungszeit von 45 s/Stück bei Kantenverrundungswerten zwischen 6 µm und 30 µm bearbeitet die OTEC SF3 RLS etwa 100 Teile pro Stunde und ist damit die ideale Wahl für die Produktion höchster Stückzahlen. Auf Wunsch kann diese Maschine mit einer Automatisierung für das Umrüsten geliefert werden.

**OTEC – DeburringEXPO 2017 – Halle 1, Stand 216**

[www.otec.de](http://www.otec.de)

## Entgraten von Gussteilen in der CNC-Maschine

Unter dem Produktnamen Engraflexx wird ein auf dem Markt einzigartiges Entgratwerkzeug auf der DeburringEXPO gezeigt. Es ermöglicht das automatische Entgraten von Kanten an Gussteilen etc. auf der CNC-Maschine. Als Besonderheit verfügt das Werkzeug über eine flexibel auslenkbare Spindel, wodurch Mass- bzw. Positionsabweichungen der Werkstück-Kanten automatisch durch das Werkzeug ausgeglichen werden. Dies bietet den Vorteil, dass jedes bearbeitete Werkstück automatisch mit gleichmäßig entgrateten Kanten aus der Maschine kommt.

Das anschließende manuelle Entgraten kann eingespart werden. Daraus ergeben sich eine Erhöhung der Prozess- und Qualitätssicherheit sowie verschiedene positive Nebeneffekte wie Mitarbeiterentlastung, Reduktion von Ausschuss, Verletzungsrisiko, Lärm, und Schmutz.

**gravostar – SEH Technik GmbH, CH-9242 Oberuzwil**

[www.gravostar.com](http://www.gravostar.com)

**Halle 1, Stand 706**



**DEBURRING EXPO** Besuchen Sie uns  
Halle 1 - Stand 104



**MVB**  
METALLVEREDELUNG BRETTEN  
MVB Metallveredelung  
Bretten GmbH  
Langenmorgen 8  
75015 Bretten-Gölshausen  
info@mv-bretten.de  
www.mv-bretten.de  
Telefon: 07252 / 9506 - 0  
Telefax: 07252 / 9506 - 50

**Ihr Partner für**

- Elektropolieren von Edelstahl
- Galvanisches Verzinken sauer und alkalisch
- Chromatieren in gelb und Schwarz
- Passivieren in blau, und Dickschichtpassivieren
- Versiegeln



**STRÄHLE**  
METALLVEREDELUNG

**Ihr Partner für**

- Galvanisches Verzinken
- Passivieren in Blau, Gelb und Dickschichtpassivieren
- Gleitbeschichtungen
- Passivieren von Aluminium
- Beizen, Passivieren und Elektropolieren von Edelstahl
- Reinigen und Entfetten

Strähle-Galvanik GmbH  
Gewerbestraße 16-18  
75059 Zaisenhausen  
Telefon: 07258 / 9132 - 0  
Telefax: 07258 / 9132 - 10  
info@straehle-galvanik.de  
www.straehle-galvanik.de

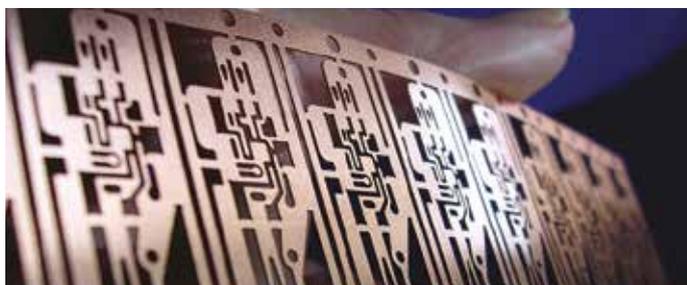


## Kompakte Anlagen für perfekte Oberflächen




**Titanfärben Elektropolieren Eloxieren Vergolden Versilbern Rhodinieren Beizen Reinigen Passivieren**

Walter Lemmen GmbH • +49 (0) 93 42 - 7851 • info@walterlemmen.de • www.walterlemmen.de



## Wir entwickeln Lösungen für perfekte Oberflächen

Made in Germany 

**Dilg Bürstmaschinen: Stanz-, Laser und Schneidteile effizient reinigen, entgraten, trocknen**

Seit fast 50 Jahren steht der Name Dilg für höchste Standards in Qualität, Technologie und Ausführung von hoch leistungsfähigen und zuverlässigen Bürstanlagen. Wir bieten sie in Arbeitsbereichen von 400 mm bis zu Sonderbreiten von 1500 mm, auch mit doppelseitiger Bearbeitung. Gerne entwickeln wir kundenspezifische Anlagen für Ihre speziellen Anforderungen.

Sprechen Sie uns an: info@otto-dilg.de, Tel: +49 (0) 81 65 / 95 87-0 · www.otto-dilg.de

**DEBURRING EXPO**

HALLE 1, STAND 201



## Direkt in den Zellen und Zentren

Die Marktbeobachter von Kullen-Koti sehen in der Metallbearbeitung einen deutlichen Trend zum vollautomatisierten und prozessintegrierten Entgraten mit Werkzeugbürsten. Insbesondere fallspezifisch ausgelegte Abrasivbürsten haben immer häufiger ihren festen Platz in den Tooling-Magazinen von Bearbeitungszentren und Fertigungszellen.

Zumindest in der westeuropäischen Industrie ist das manuelle Entgraten von Gussteilen mit dem Winkelschleifer oder am Schleifband nicht mehr der aktuelle Stand der Technik. Vielerorts erfolgt das Entgraten – und auch das Oberflächen-Finishing – inzwischen vollautomatisch als integrierter Prozessschritt innerhalb der Metallbearbeitung. Zentrale Aufgaben übernehmen dabei vor allem leistungsfähige Abrasivbürsten. Sie lassen sich kundenspezifisch auslegen und als schleifende Werkzeuge direkt in den Bearbeitungszentren oder Roboterzellen einsetzen. Hier stehen nach Aussage von Uli Vollmer, Entwicklungsleiter von Kullen-Koti, die Entgratbürsten immer häufiger neben den Messerköpfen und Präzisionsbohrern in den Werkzeug-Magazinen, sodass sie sich – wie alle anderen Tools – schnell wechseln und einspannen lassen.

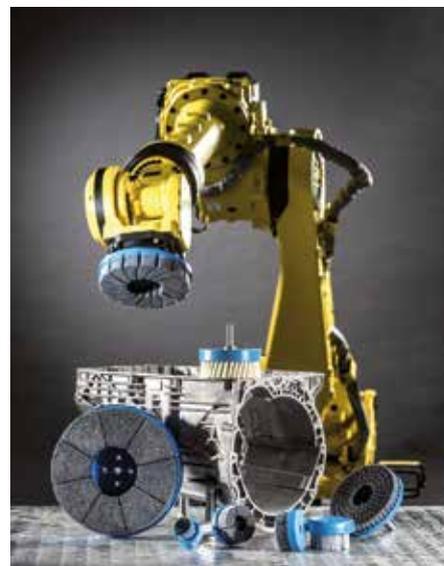
### Gegossen oder gedreht

Gegossene Tellerbürsten und gedrehte Innenbürsten sind es neben den Walzen- und Flexbürsten diese beiden Grundtypen, die der Marktanalysen zufolge im prozessintegrierten und robotergestützten Entgraten derzeit erheblich an Bedeutung gewinnen, so Entwicklungschef Vollmer. Das besondere Merkmal der gegossenen Tellerbürsten – eines relativ jungen Produkts im Portfolio von Kullen-Koti – ist ihr tief in den Bürsten-

körper eingegossener und sehr dicht stehender Besatz. Dank seiner hohen Formstabilität ermöglicht er bei hoher Abtragleistung ein außergewöhnlich präzises und definiertes Entgraten und Verrunden von Kanten. Die fertigungstechnische Domäne der gedrehten Innenbürsten von Kullen-Koti ist hingegen die Bearbeitung von Bohrungen und Innengewinden. Zu den weiteren Hauptaufgaben dieser Bürstentypen gehören das Entgraten und Verrunden von Kanten an O-Ring-Einstichen, Querbohrungen und anderen Verschneidungen sowie auch das Reinigen von Innengewinden. Diese mit zylindrischen, konischen und sogar gestuften Querschnitten lieferbaren Bürsten kommen nach Aussage von Uli Vollmer vermehrt als Bearbeitungswerkzeuge an den mehrachsigen Knickarm-Robotern in der Automobilindustrie zum Einsatz.

### Viele Fragen führen zur richtigen Bürste

Grundsätzlich sind die Abrasivbürsten der Kullen-Koti für das prozessintegrierte Entgraten sehr robust ausgelegt, damit sie über eine lange Standzeit ein gleichbleibendes Qualitätsniveau einhalten. Davon abgesehen, lassen sie sich aber in vielerlei Hinsicht auf den konkreten Anwendungsfall des Kunden abstimmen. Unter anderem bestimmen Geometrie und Werkstoff der zu bearbeitenden Bauteile das Material des Besatzes sowie die



**Gegossene Tellerbürsten mit tief in den Bürstenkörper eingegossener, sehr dicht stehender Besatz zeichnen sich durch hohe Formstabilität, hohe Abtragleistung, sehr präzises und definiertes Entgraten und Verrunden von Kanten aus**

Größe und Art des Kornes. Eine häufig eingesetzte Ausführung ist dabei zum Beispiel die Polyamidfaser mit eingebetteten Schleifmitteln aus Siliziumcarbid, Aluminiumoxid, Keramik oder gar Diamant. Auch die Fragen, welche Taktzeiten der Anwender vorgibt und ob eine Plan- oder Umfangsbearbeitung angestrebt wird, haben Einfluss auf die Auswahl

### Automatisiert Entgraten mit der richtigen Bürste

Werkzeugmaschinenbauer, Roboterhersteller oder Anwender, die sich über den frühzeitigen Verschleiß ihrer Entgratbürsten wundern oder die sich nicht sicher ist, ob sie die geeigneten Bürsten einsetzen, denen helfen die Berater des Bürsten-TestCenters von Kullen-Koti in Reutlingen weiter. Dort stehen ein moderner Maschinenpark und fachkundige Experten zur Verfügung, die nur darauf warten, für den Kunden und seine konkrete Anwendung die ideale Bürstenlösung zu finden. Dazu werden unter anderem Belastungstests und Anwendungsversuche durchgeführt oder Langzeit-Prüfserien gefahren. Insbesondere bei der Entwicklung kundenorientierter Bürstensysteme oder bei der Optimierung von Bürsten für die Behandlung spezieller Werkstücke oder Werkstoffe steht das Bürsten-TestCenter von Kullen-Koti als Brain-Pool allen Kunden offen.



Uli Vollmer, Entwicklungsleiter von Kullen-Koti

der Bürste(n). Mitunter kommt es sogar vor, dass eine Drahtbürste aufgrund ihrer schlagenden Wirkung zum besseren Entgratergebnis führt als eine schleifende Abrasivbürste. All das gilt es im Vorfeld zu klären.

Uli Vollmer betont in diesem Zusammenhang, dass im Idealfall der Maschinen- oder Anlagenbauer den Anbieter der Werkzeuge bereits während der Entwicklungsphase mit einbindet. So kann Kullen-Koti auch die technischen Leistungsparameter des Bearbeitungszentrums oder Roboters in die Auslegung der Werkzeugbürsten mit einfließen lassen.

Das fertigungsintegrierte und vollautomatisierte Bürstenentgraten bietet dem Anwender eine Fülle von Vorteilen, die seinen kompletten Bearbeitungsprozess effizienter machen. Am augenfälligsten ist dabei, dass das Bauteil hierbei direkt im Bearbeitungszentrum oder in einer Roboterzelle fertiggestellt wird. Es schließt sich also kein weiteres mechanisches Bearbeitungsverfahren mehr an und das Bauteil kann sofort weiterlaufen – beispielsweise Richtung Teilereinigung und Beschichtungsanlage. Uli Vollmer verweist außerdem auf den Beitrag, den das prozessintegrierte Bürstenentgraten zur Arbeitssicherheit leistet: Die für das manuelle Entgraten typischen Schnittverletzungen gehören dadurch seiner Überzeugung nach der Vergangenheit an.

**KULLEN-KOTI GmbH, Am Heilbrunnen 83, D-72766 Reutlingen**  
 ➔ [www.kullen.de](http://www.kullen.de) / [www.koti-eu.com](http://www.koti-eu.com)

Halle 1, Stand 405.

## Wer kämpft entschlossen für gratfreie Kanten?



**Genau die richtige Bürsten-Lösung.**

Besuchen Sie uns:  
**DeburringEXPO, Karlsruhe**  
**Halle 1, Stand 405**



Vom Entgraten, Schleifen, Reinigen bis zum Polieren und Strukturieren: Unsere Tellerbürsten gehen flexibel und wirtschaftlich zur Sache. Für Ihre Aufgabenstellung bieten wir genau die richtige Lösung – aus tausenden verschiedenen Typen mit einer Vielzahl von Materialien. Fragen Sie einfach Ihre Bürsten-Experten.

✉ [info@kullen.de](mailto:info@kullen.de)  
 ☎ +49 (0) 71 21/142-211

Mehr Informationen unter: [www.kullen.de/superkraft](http://www.kullen.de/superkraft)

**Kullen**  
 KOTI GROUP  
 Brushing Solutions

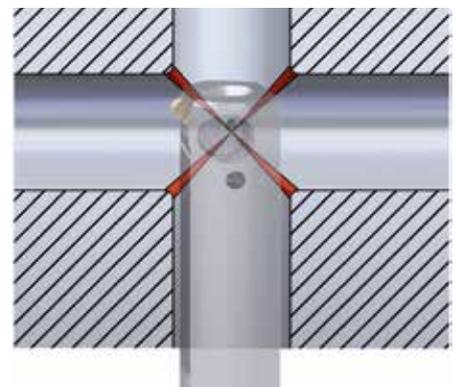
## Klarer Fokus auf Entgratung von Kreuzbohrungen

Im Rahmen des X-Bores Programm entwickelt Heule Lösungen für die automatisierte Entgratung von sich kreuzenden Bohrungen. Moderne Bauteile weisen immer komplexere Geometrien auf und werden aus neuen Werkstoffen oder Werkstoffkombinationen hergestellt. Auch sind immer höhere Anforderungen an die Entgratqualität, die Prozesssicherheit und die Effizienz zu erfüllen. Bestehende Technologien stoßen hierfür schnell an ihre Grenzen. Zudem bringt die Entgratung mit einer definierten Schneide in einem zerspanenden Prozess klare Vorteile. Die Vielfalt

der sich kreuzenden Bohrungen ist groß. Aufgrund der Individualität der Problemstellungen bietet das Unternehmen als erfahrener Problemlöser kundenoptimierte Lösungen auf der Basis von vier verschiedenen Werkzeugsystemen an: COFA-X, SNAP-X, CBD, COFA.

Heule Werkzeuge AG, CH-9436 Balgach  
 ➔ [www.heule.com](http://www.heule.com)

Halle 1, Stand 602



**Kreuzbohrungen oder Bohrungen mit sehr steilen Eindringwinkeln und Störkonturen, welche die zu entgratende Fläche indirekt abschirmen, lassen sich mit dem COFA-X-System bearbeiten**

### 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)

