

WOMAG

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche



ZVO-OBERFLÄCHENTAGE

BERLIN

11.-13.09.2019

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

oberflaechentage.zvo.org

WERKSTOFFE

Spritzen von Metall-Hartstoff-Verbundschichten

OBERFLÄCHEN

Stromoptimierte KWK in der Galvanotechnikbranche

WERKSTOFFE

Dicht- und reibungsoptimierte thermische Spritzschicht für Spindeln

OBERFLÄCHEN

Tribologisches Verhalten von Nickelschichten

OBERFLÄCHEN

Sonderthema REACH –
Autorisierung und Substitution

SPECIAL

Additiv gefertigte Bauteile –
Kunststoff mit Metalloberfläche

JULI-AUGUST 2019

Branchen-News täglich: womag-online.de



Schlötter

Galvanotechnik



Stabilität, die sich auszahlt.

Chemisches Nickelbad **SLOTONIP NP 1150**

Einfache Handhabung und exzellente Stabilität – wäre das etwas für Sie? Dann sollte Ihre Wahl auf unser chemisches Nickelbad **SLOTONIP NP 1150** fallen!

Es zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- einfache Badführung durch kombinierte Badzusätze
- blei-, kadmium- und PFOS-frei
- helle, halbgänzende bis glänzende Schichten
- Phosphorgehalt 6 – 9 %
- Abscheidengeschwindigkeit ca. 18–22 $\mu\text{m}/\text{h}$
- Härte 550–600 $\text{HV}_{0,1}$ (nach Abscheidung)
- natürlich auch temperfähig



Messing- und Stahlbauteile beschichtet mit **SLOTONIP NP 1150**.



DIN EN ISO 9001:2008
DIN EN ISO 14001:2004
DIN EN ISO 50001:2011

Dr.-Ing. Max Schlötter
GmbH & Co. KG
Talgraben 30
73312 Geislingen/Stg.
Deutschland

Tel. +49 (0) 7331 205-0
Fax +49 (0) 7331 205-123
info@schloetter.de
www.schloetter.de

Härtere Zeiten - und wie geht es weiter?



In der Ausgabe Mai – 3/2019 des ZVO-Reports legt Christoph Matheis den Finger in eine große Wunde der deutschen, mittelständischen Industrie und damit auch der galvanotechnischen Branche. Wie er betont, spielen neben REACh als schwierigste und sehr kostenintensive Herausforderung das EEG im Zuge der sicher sinnvollen Bemühungen zur Energiewende sowie das ungeschickte Agieren der Automobilindustrie im Zuge der Diesellaffäre die Hauptrolle. Verstärkt wird das Ganze noch durch die derzeitigen Differenzen im globalen Handel oder die Unsicherheiten in der Golfregion. Wir alle spüren dies deutlich an den sich abschwächenden Konjunkturprognosen mit der stark gestiegenen Verunsicherung der Wirtschaft. Insofern kann die Aussage von Christoph Matheis nur bestätigt werden – das musste mal gesagt werden. Leider wird wohl von den wichtigen politischen Akteuren trotz klarer Hinweise auf deren Verantwortung für die Situation keine schnelle Lösung zu erwarten sein. Das hat die Vergangenheit zu oft gezeigt. Ausitzen der derzeitigen Lage nach dem Prinzip Hoffnung ist also sicher keine wirklich brauchbare Lösung.

Einer, von vermutlich mehreren, Lösungsansätzen könnte dahin gehen, Innovationen wieder mehr Gewicht zu verleihen. Da Innovation den landläufigen Beteuerungen zufolge eine der Stärken der deutschen Industrie sein soll, könnten verstärkte Investitionen in innovative Tätigkeiten durchaus in absehbarer Zeit zu einer Umkehr des derzeitigen Wirtschaftstrends führen – oder diesen zumindest verlangsamen. Dabei muss das Tätigkeitsfeld nicht auf die reine Technik beschränkt sein. Auch bei dem bürokratischen Monster REACh könnte innovativer Umgang mit Behörden Abhilfe schaffen; etwa indem durch intensive Nachweisaktivitäten zum sicheren Umgang mit den kritischen Stoffen und der detaillierten Untersuchung von Alternativen zu kritischen Stoffen und Verfahren deren Eignung bewertet wird. Erfolg mit Innovationen setzt heute aber auch eine deutlich intensivere Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen in der Branche voraus – nur dadurch werden die Unternehmen als eine Branche wahrgenommen. Einzelaktivitäten erhalten vermutlich vor allem deshalb nur eine beschränkte Aufmerksamkeit, weil sie eben von Mitgliedern des Mittelstandes geleistet werden – und nicht von den großen und mächtigen Konzernen. In Branche der Oberflächentechnik, vor allem in der Galvanotechnik, sollte damit vor allem eine intensive Netzwerkarbeit über die Hemmnisse des Konkurrenzgedanken hinweg noch stärker in der Vordergrund rücken!

Einige wenige Beispiele für solche innovativen Tätigkeiten werden in der vorliegenden WOMag mit Beiträgen zur Chromabscheidung und alternativen Oberflächen oder den Möglichkeiten zur Optimierung des Energieeinsatzes in der Galvanotechnik vorgestellt. Diese können Ansätze zur Verbesserung der Situation in den Betrieben sein; sie zeigen zugleich den politischen Entscheidungsträgern, dass die Branche (zumindest einige aktive Mitglieder der Branche) durchaus gewillt und in der Lage ist, die oftmals hochgesteckten und wenig realitätsnahen Ziele zu erreichen.

Einige wenige Beispiele für solche innovativen Tätigkeiten werden in der vorliegenden WOMag mit Beiträgen zur Chromabscheidung und alternativen Oberflächen oder den Möglichkeiten zur Optimierung des Energieeinsatzes in der Galvanotechnik vorgestellt. Diese können Ansätze zur Verbesserung der Situation in den Betrieben sein; sie zeigen zugleich den politischen Entscheidungsträgern, dass die Branche (zumindest einige aktive Mitglieder der Branche) durchaus gewillt und in der Lage ist, die oftmals hochgesteckten und wenig realitätsnahen Ziele zu erreichen.

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.



SERFILCO®
Pumpen & Filter
chemiebeständig · robust · langlebig

Saubere Lösungen,
perfekte Oberflächen!

Vertikale Kreiselpumpen



Horizont. Kreiselpumpen



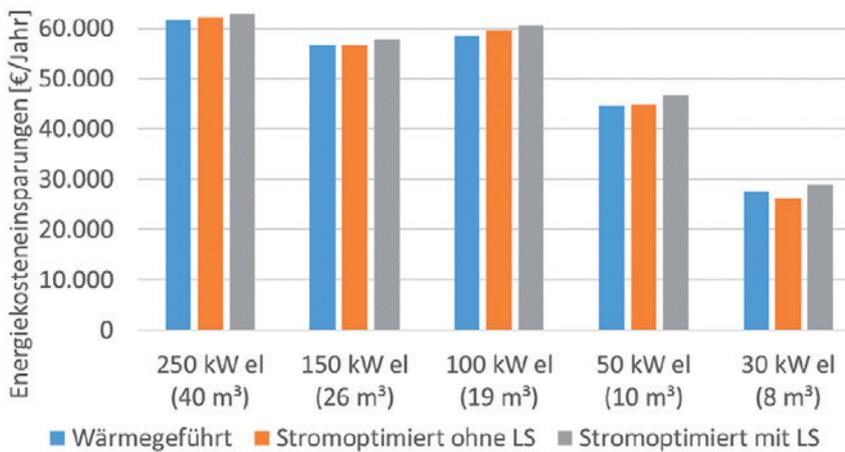
Filtersysteme



Badbewegung ohne Luft



INHALT



REACH

Informationen und Diskussionen in sechs Einzelbeiträgen!

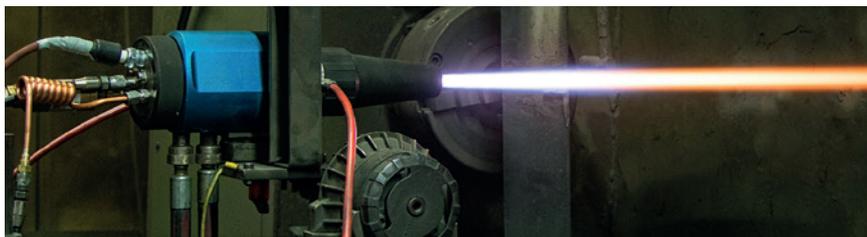
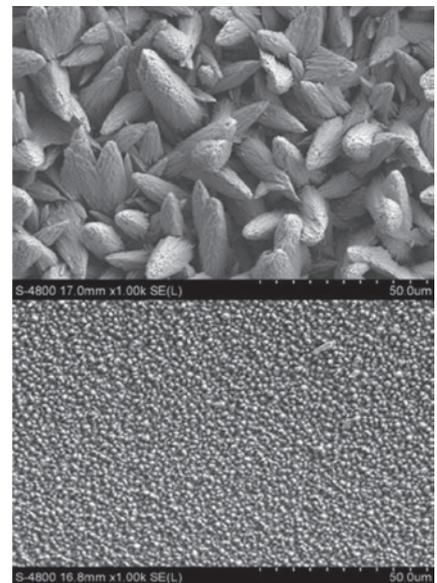


17 Einsparung von Energiekosten durch optimalen Einsatz der KWK-Technik

20 ... bis Seite 30



4 Verbundschicht aus Metall und Hartstoffen als Verschleißschutz



7 Dichtungs- und reibungsoptimiert thermisch gespritzte Schicht

32 Pulsabscheidung

WERKSTOFFE

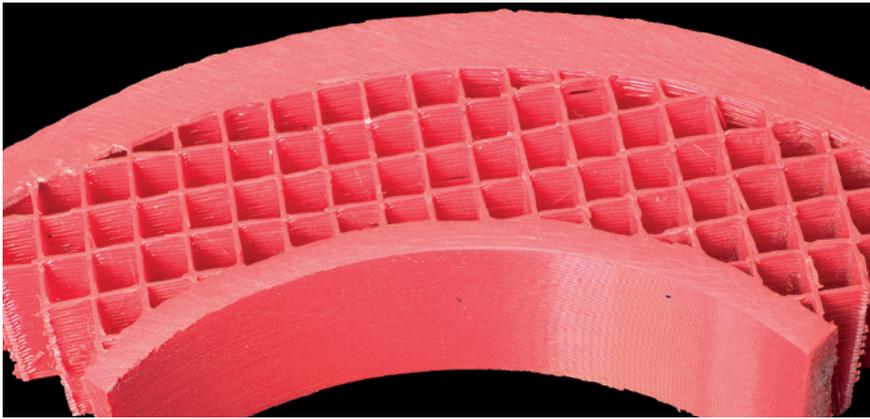
- 4** Spritzen von Metall-Hartstoff-Verbundschichten
- 7** Neue dicht- und reibungsoptimierte thermische Spritzschicht für Armaturenspindeln
- 8** Methoden und Beispiele für die Ermittlung von Messunsicherheiten
- 9** Additiv gefertigte metallische Bauteile müssen nicht teuer sein – wenn das Herz aus Kunststoff ist
- 12** Intelligente Materialien für die Zukunft

MEDIZINTECHNIK

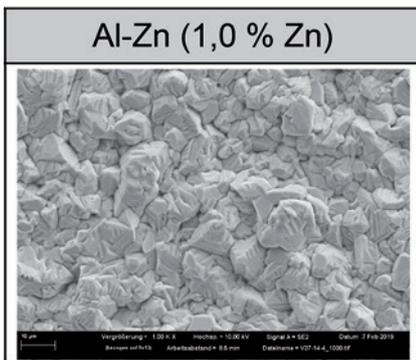
- 14** Überzeugender Start der MedtecLIVE: Zufriedene Aussteller und Besucher
- 15** Orthesen und Prothesen aus biobasierten Kunststoffen
- 16** Plasma im biologischen Katastrophenfall

OBERFLÄCHEN

- 17** Stromoptimierte Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in der Galvanotechnikbranche
- 20** Funktionale Chromschichten zwischen Autorisierung und Substitution
- 21** REACH-Kompodium – REACH-Zulassung Chrom(VI) – Herausforderung für die gesamte Lieferkette
- 22** Versuch einer Bestandsaufnahme – Chromabscheidung aus Chrom(III)- und Chrom(VI)elektrolyten
- 26** Von den Alternativen zur Substitution – Chancen und Risiken – Möglichkeiten zur Innovation?
- 28** Kunststoffgalvanisieren – Herausforderungen, Entwicklungen und Design
- 30** High-Performance Chrom(III)verfahren für Automobilkomponenten
- 31** Abschaltautomatik für Filtergeräte
- 32** Elektrochemische Pulsabscheidung



9 Kombination von Kunststoff und Metall mittels 3D-Druck



43 Aprotische Metallabscheidung



36 Reibwerterhöhende Folien

OBERFLÄCHEN

- 34 Für mehr Prozesseffizienz in der Galvanotechnik
- 35 Fachvorträge zum Thermischen Beschichten gesucht
- 36 Oberflächen zur Reibwerterhöhung für den funktionellen Einsatz
- 38 Korrosionsschutz von Temperierungen
- 40 Tribologisches Verhalten von autokatalytisch abgeschiedenen Nickelschichten gegen ausgewählte funktionale Oberflächen
- 42 Porenfreie chemische Vernickelung für Blasfolienköpfe
- 43 Transformation der Galvano- und Oberflächentechnik – Teil 2
- 46 Oberflächenspezialist Ingo Müller feierte seinen 80. Geburtstag
- 46 Kathodischer Korrosionsschutz und Anlagentechnik im Fokus

VERBÄNDE

- 47 Bezirksgruppen der DGO e.V. – VOA e.V.

Zum Titelbild: Die ZVO-Oberflächentage bieten mit zahlreichen Fachvorträgen interessante Neuheiten zu allen Aspekten der Oberflächentechnik. www.zvo.org

WOMag – Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche – Internationales Fachmagazin in deutscher und (auszugsweise) englischer Sprache
www.womag-online.de
ISSN: 2195-5891 (Print), 2195-5905 (Online)

Erscheinungsweise

10 x jährlich, wie in den Mediadaten 2019 angegeben

Herausgeber und Verlag

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

Verlagsleitung

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

Redaktion/Anzeigen/Vertrieb/Abo

siehe Verlagsleitung

Bezugspreise

Jahresabonnement Online-Ausgabe:

149,- E, inkl. MwSt.

Die Mindestbezugszeit eines Abonnements beträgt ein Jahr. Danach gilt eine Kündigungsfrist von zwei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums.

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 8 vom 10. Oktober 2018

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 Werkstoff- 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



Die technischen Möglichkeiten der Herstellung von Metall-Hartstoff-Verbundschichten mit den Verfahren des thermischen Spritzens sind hinsichtlich der Hartstoffkorngröße begrenzt. Diese Einschränkung bedeutet eine geringe Verschleißbeständigkeit der konventionell hergestellten Schichten bei grob-abrasiver Beanspruchung. Untersuchungen mit dem Ziel gröbere Hartstoffe in Spritzschichten zu positionieren, waren bisher wenig erfolgreich. Es kommt zu einer Zerstörung der separat zugeführten Hartstoffe und einer meist sehr deutlichen Reduzierung der Auftragsrate. Eine Analyse der vorhandenen Überlegungen und Untersuchungsergebnisse führte zu der Erkenntnis, dass eine die Hartstoffe und die Matrix anziehende Energiewirkung notwendig ist, um den Verbund zu erzielen. Um eine anziehende Komponente zu erzielen, wurde bei den durchgeführten Untersuchungen eine elektrostatische Aufladung der Hartstoffe genutzt. In den hergestellten Beschichtungen konnten dadurch circa 20 Vol.-% separat zugeführte Hartstoffe unaufgeschmolzen registriert werden. Eine Beeinträchtigung der Auftragsrate war nicht zu registrieren. Werden die Parameter Druck, Temperatur und das chemische Potenzial optimiert, ist auch eine sichere stoffschlüssige Einbindung keramischer Hartstoffe in einer Eisenbasis-Matrix nachweisbar. Die Alternative der Integration der Hartstoffe wäre eine mechanische Verklammerung. Daraus resultierende Risse um den Hartstoff wurden nicht nachgewiesen. Der Hartstoff wirkt in den hergestellten Beschichtungen eindeutig als Keim und nicht als fremdes Element bei der Entstehung des Gefüges. Die Ergebnisse der Verschleißversuche an derart hergestellten Beschichtungen verdeutlichen eine nahezu Halbierung der Verschleißrate gegenüber der rein metallischen Beschichtung infolge der zugeführten Hartstoffe und ihrer metallischen Einbindung in die Schicht.

1 Zielstellung

Die Verfahren des thermischen Spritzens [1, 2] werden für die Herstellung von großflächigen Beschichtungen angewendet. Hohe Auftragsraten und eine sehr begrenzte thermische Belastung der zu beschichtenden Substrate sind wesentliche Vorteile dieser Verfahren [3]. Die wirtschaftlich größte Bedeutung kommt den Korrosions- und/oder Verschleißschutzschichten zu. Eine Voraussetzung dafür, einen hohen Verschleißwiderstand, die Verschleißtieflage, zu erreichen, sind Beschichtungen, welche härter als die den Verschleiß verursachenden Medien sind. Dies mit reinen metallischen Beschichtungen zu erreichen, ist nur bedingt möglich, sodass Beschichtungen mit integrierten Hartstoffen entwickelt wurden. Diese Hartstoffe sind die primären, den Verschleißwiderstand verursachenden Bestandteile der Beschichtung. Um der Wirkung sehr feiner Abrasiva zu widerstehen, müssen die Hartstoffe ebenso fein, möglichst dicht beieinander und gleichmäßig verteilt in der Beschichtung vorliegen. Da viele Verfahren hinsichtlich der Förder- und damit spritzbaren Korngröße begrenzt sind, wird mit Agglomeraten gearbeitet [4]. Der Verschleißwiderstand von derartigen Beschichtungen sinkt deutlich infolge der Wirkung grober Abrasiva (z. B. [5, 6]). Es muss

mit Hartstoffen größerer Abmessungen gearbeitet werden. Die Zielstellung, gröbere Hartstoffe ungeschmolzen in Spritzschichten zu platzieren, ist Bestandteil von mehreren Arbeiten. So wird zum Beispiel in [7] und [8] über Untersuchungen mit dem Ziel berichtet, mit dem Hochgeschwindigkeitsflamspritzen (HVOF) gröbere Hartstoffe zusammen mit Eisenbasiswerkstoffen (mechanisch gemischt) zu verspritzen.

Zwei Ergebnisse können als allgemeingültig verstanden werden:

- die Hartstoffe werden weitestgehend zerstört
- die der Matrix zugegebenen Hartstoffe verursachen eine deutliche Reduzierung der Auftragsrate

Daraus schlussfolgernd muss also die kinetische Energie der Hartstoffe reduziert und/oder die Duktilität des Substrats am Auftreffpunkt der Hartstoffe erhöht werden. Gelingt dies, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, bei gleichbleibender Auftragsrate und geringer Zerstörung Hartstoffe in Spritzschichten einzulagern.

Beim Pulverflam- und beim Lichtbogen-spritzen wird überwiegend mit deutlich geringerer Partikelgeschwindigkeit als beim HVOF gearbeitet [9] und damit dem Zwang, die Hartstoffpartikel mit geringer kineti-

scher Energie im Prozess zu bewegen, entsprochen. Allerdings führt die Verflüssigung des Zusatzwerkstoffes zu einer hohen thermischen Beanspruchung der Hartstoffe. In Voruntersuchungen konnte der Nachweis dafür erbracht werden, dass beim Lichtbogenspritzen von Aluminiumbasisdrähten eine so hohe thermische Energie wirkt, dass Hartstoffe wie Siliziumkarbid, aber auch Aluminiumoxid nur noch umgeschmolzen in der Spritzung detektiert wurden. Auch die Nutzung von Fülldrähten war nicht zielführend, sodass technologische Untersuchungen notwendig wurden, um das Ziel, die Einlagerung von groben, ungeschmolzenen Hartstoffen (Aluminiumzirkonoxid mit Korngrößen von 45 µm bis 75 µm) mit möglichst stoffschlüssiger Bindung in Spritzschichten zu erreichen.

2 Werkstoffe und Versuchsaufbau

Die Untersuchungen erfolgten mit Aluminiumbasiswerkstoffen der Sorte AlMg3. Außerdem wurden Spritzungen mit dem Eisenbasiswerkstoff X39Cr13 realisiert. Der Durchmesser der Drähte betrug 1,6 mm. Als Hartstoff wurde Aluminiumzirkonoxid ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{ZrO}_2$) benutzt. Dieser Hartstoff wurde gewählt, weil er bei einer hohen Duktilität ($K_{Ic} = 6...7 \text{ MPa m}^{0.5}$) für viele Anwendungsfälle ausreichend hart (ca. 1800 HV0,5) ist. Die Korngröße der benutzten Hartstoffe betrug 20 µm bis 75 µm. Sämtliche Spritzbeschichtungen erfolgten auf Substraten der Qualität S235 JR. Als Energiequelle wurden zwei Ma-

1) BTU Cottbus-Senftenberg, Universitätsplatz 1, D-01968 Senftenberg

2) C&M Technologies GmbH, Gewerbepark Am Bahnhof 10 + 26, D-36456 Barchfeld-Immelnborn

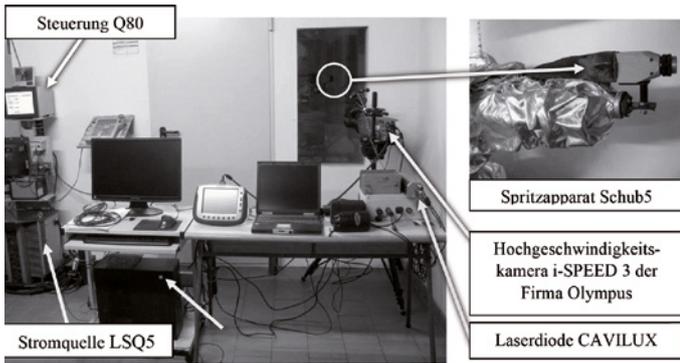


Abb. 1: Versuchsaufbau der Spritzanlage, bestehend aus Spritzkabine mit Spritzapparat, Steuerung, Stromquelle und Messtechnik (rechts)

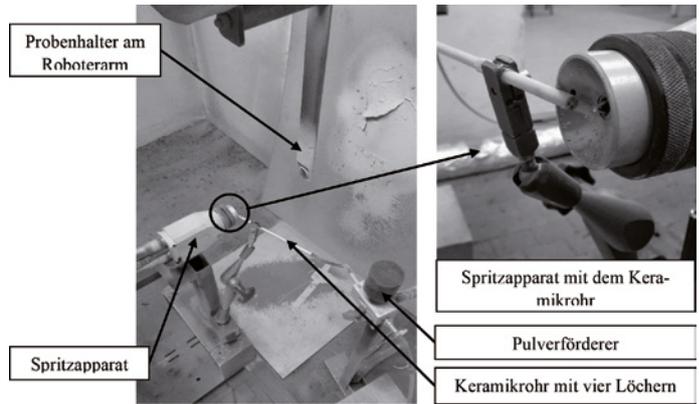


Abb. 2: Versuchsaufbau mit separater Hartstoffzufuhr

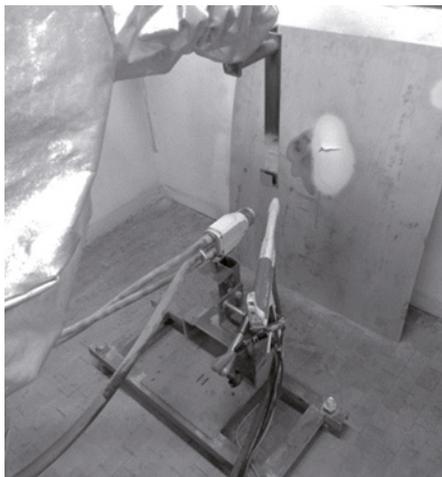


Abb. 3: Versuchsaufbau mit elektrostatischer Aufladung

änderung des Trägergasdrucks (1,5 bar bis 7,0 bar). *Abbildung 2* verdeutlicht den entsprechenden Versuchsaufbau.

Schlussendlich wurden Untersuchungen mit elektrostatischer Aufladung der Hartstoffe durchgeführt. Die elektrostatische Aufladung

50 JAHRE ERFAHRUNG IM THERMISCHEN BESCHICHTEN



schinen aus dem Hause SKS Welding Systems vom Typ LSQ 5 verwendet. Als Pistole kam die OSUCAS LD/Schub 5 zur Anwendung. Die Beschichtungen erfolgten mechanisiert. *Abbildung 1* zeigt den kompletten Versuchsaufbau.

Neben Strom-Spannungs-Messungen wurde der Prozess mit einer Hochgeschwindigkeitskamera visualisiert. Damit gelingt es, die Tropfenbildung, insbesondere deren differierende Geometrie, zu erkennen, sowie die Bewegung des Hartstoffes zu verdeutlichen. Die Position der Hartstoffzuführung zum Lichtbogen wurde variiert. Berücksichtigt wurde die Zuführung des Hartstoffes mit dem Trägermedium (Druckluft) des Strahls. Der Hartstoff wurde dabei im Lichtbogen thermisch sehr intensiv beansprucht. In weiteren Versuchen erfolgte die Hartstoffzufuhr in unterschiedlichen Neigungen (30° bis 90°) zum Strahl sowie bei Variation des Abstandes zum Substrat beziehungsweise zum Lichtbogen (145 mm bis 180 mm). In sämtlichen Positionen wurde die energetische Anregung der Partikel variiert. Dies erfolgte durch Ver-

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



thermische beschichtungen
 innovativ. präzise. schnell.

WERKSTOFFE

der Hartstoffpartikel erfolgte an einer Hochspannungskaskade bei circa 100 kV. *Abbildung 3* zeigt diesen Versuchsaufbau. Bei den durchgeführten Untersuchungen wurde die Probe vor dem Strahl bewegt.

Auch bei den Untersuchungen mit elektrostatischer Aufladung der Hartstoffe wurde die Position der Partikelzufuhr zum Strahl der Pistole variiert.

3 Beschichtungsherstellung und -prüfung

Die Substratvorbereitung erfolgte mittels Strahlen. Als Strahlmittel wurde Korund (Aluminiumoxid, Al_2O_3) mit einer mittleren Korngröße von 1,77 mm (Korngröße F12) verwendet. Es wurde mit entölter Druckluft gearbeitet. *Abbildung 4* zeigt die Oberfläche der Probe nach dem Strahlen sowie den Verlauf einer Rauheitsmessung. Es wurde mit Proben der Größe 40 mm x 40 mm und einer Dicke von 4 mm gearbeitet. Die Spritzbeschichtung erfolgte unmittelbar nach der Probenvorbereitung.

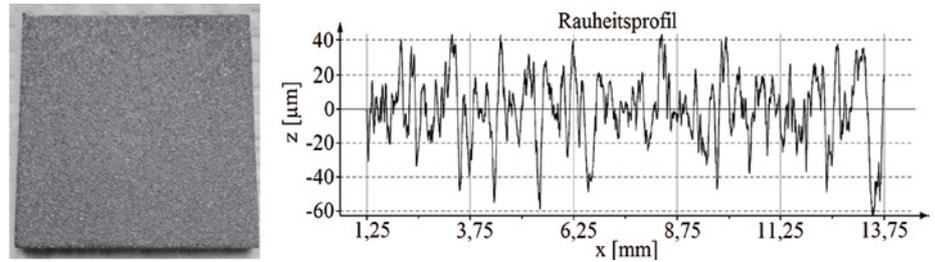


Abb. 4: Probe nach dem Strahlen und Verlauf einer Rauheitsmessung

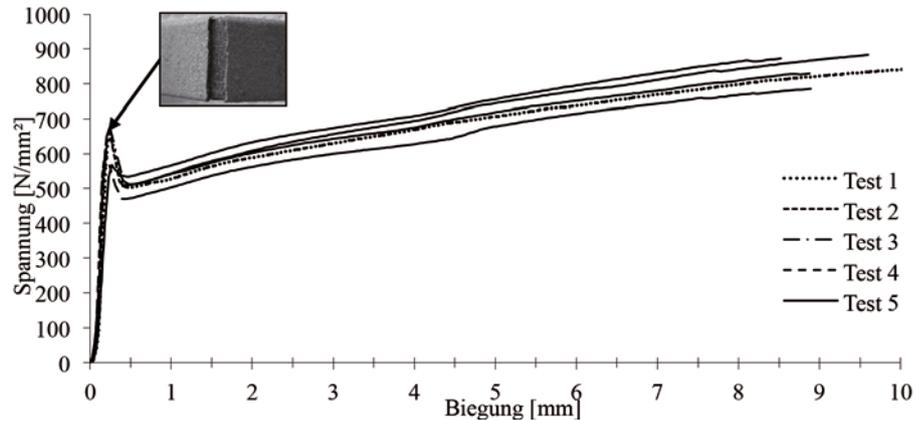


Abb. 5: Ergebnisse der Drei-Punkt-Biegeprüfung der X39Cr13-Beschichtungen

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Rauheitsmessungen an neun Proben nach dem Strahlen sind in der *Tabelle 1* zusammengefasst.

Für das Spritzen der benutzten Werkstoffe sind die ermittelten optimalen Parameter (Auswertung von 400 Einzelmessungen) in *Tabelle 2* zusammengefasst. Für einen gleichmäßigen Auftrag der Schicht auf den Grundwerkstoff wurden die Probenbleche in einem Raster der Größe von 60 mm x 60 mm und mit einem Abstand von 180 mm zwischen Spritzpistole und Grundwerkstoff be-

Tab. 1: Ergebnisse der Rauheitsmessungen

Rauheitskennwert	R_a	R_z
Maximum	15,83 μm	110,07 μm
Minimum	15,166 μm	95,06 μm
Mittelwert	15,43 μm	102,06 μm

Tab. 2: Spritzparameter für die Werkstoffe AlMg3 und X39Cr13

	AlMg3	X39Cr13
Drahtdurchmesser	1,6 mm	1,6 mm
Drahtgeschwindigkeit	6,2 m/min	6,2 m/min
Strom	180 A	252 A
Spannung	30,0 V	34,6 V
Luftdruck	4,0 bar	1,0–4,0 bar
Verfahrensgeschwindigkeit Roboter	65 mm/s	65 mm/s

schichtet. Es wurden bei den Spritzbeschichtungen mit AlMg3 Schichtdicken von circa 600 μm und bei der Verwendung von X39Cr13 von circa 800 μm eingestellt. Als Optimierungskriterium fungierte die Porosität der Beschichtung, welche mittels Konfokalmikroskop erfasst und mittels quantitativer Gefügeanalyse (QGA) ausgewertet wurde. Diese lag im Bereich zwischen 1 % bis 4 %. Es ist davon auszugehen, dass Poren eine Reduzierung der abrasiven Beanspruchbarkeit verursachen. Es wurden Drei-Punkt-Biegeprüfungen an Proben der Abmessungen 60 mm x 20 mm x 4 mm durchgeführt, um die Haftung der Schicht auf dem Grundwerkstoff zu beurteilen. Die Eisenbasisbeschichtung wurde bei circa 680 N/mm² spröde zerstört.

Abbildung 5 verdeutlicht die Ergebnisse der Biegeprüfung an Beschichtungen mit dem Werkstoff X39Cr13. Die Biegeversuche wurden nur an X39Cr13 durchgeführt.

Die Zuführung von Hartstoffen mit dem Trägermedium der Spritzpistole führte lediglich bei der Verwendung der AlMg3-Matrix zur Integration von ungeschmolzenen Hartstoffen in der Beschichtung. Es konnten auf diese Weise circa 15 Vol.-% Hartstoff der Korngröße 45 μm bis 75 μm in der AlMg3-Matrix eingelagert werden.

Es kommt, wie in *Abbildung 6* zu sehen ist, zu keiner wesentlichen Zerstörung der Hart-

stoffe. Dies ist sowohl auf die Viskosität der Matrix als auch auf die extrem hohe Zähigkeit des benutzten zweiphasigen Hartstoffes zurückzuführen. Die Partikel sind stoffschlüssig eingebettet (*Abb. 7*).

Die Untersuchungen mit kleineren beziehungsweise größeren Hartstoffkornungen (+2 μm bis 45 μm bzw. +75 μm bis 120 μm) führten nicht zu einer Erhöhung des Hartstoffgehalts in der Beschichtung. Werden $Al_2O_3ZrO_2$ -Partikel zentral über das Trägermedium dem Lichtbogen der Matrix X39Cr13 zugeführt, kommt es zu einer Verflüssigung der Hartstoffe. Um dies zu vermeiden, wurden die Hartstoffpartikel dem Spritzstahl zugeführt. Der höchste Hartstoffgehalt (circa 5 Vol.-%) in den Beschichtungen wurde erreicht, wenn der Hartstoff dem Spritzstrahl unmittelbar hinter dem Lichtbogen zugeführt wird.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren werden die Ergebnisse im Detail dargestellt und deren Eigenschaften im Einsatzfall erläutert. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 4,5 Seiten mit 11 Abbildungen, 3 Tabellen und 11 Literaturhinweisen.

Neue dicht- und reibungsoptimierte thermische Spritzschicht für Armaturenspindeln

Die Rybak + Hofmann rhv-technik GmbH + Co. KG aus Waiblingen setzt gemeinsam mit der MPA Stuttgart neue Maßstäbe bei der Beschichtung von Armaturenspindeln. Das mittelständische Familienunternehmen verfolgt eine konsequente Innovationsstrategie, bei der das Know-how von Mitarbeitern und externen Forschungspartnern mit der fünfzigjährigen Unternehmenserfahrung kombiniert wird. Ziel des gemeinsamen Forschungsprojekts war die Entwicklung einer thermischen Spritzschicht mit einer porenfreien Gefügestruktur, die dem Maßstab beim Einsatz von sicherheitsrelevanten Industriearmaturen gerecht wird.

Bisher waren HVOF-Beschichtungen auf sicherheitsrelevanten Industriearmaturen durch einen zu hohen inneren Porenanteil gekennzeichnet und dadurch nur begrenzt tauglich. Im Projekt mit der MPA (Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart, Otto-Graf-Institut (FMPI)) sollten daher erstmals vollständig reproduzierbare HVOF-Beschichtungen (HVOF - Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen) aus Chrom- beziehungsweise Wolframcarbid erarbeitet werden, die sich durch eine porenfreie Gefügestruktur und somit definierte thermische Eigenschaften sowie eine auf die Systemanforderungen abgestimmte Oberflächentribologie auszeichnen sollten. Eine signifikante Verbesserung des betrieblichen Langzeitverhaltens und der Funktionssicherheit von Sicherheits- und Regelarmaturen wurde verfolgt.

Zu Projektbeginn konnten die maßgebenden Einflussgrößen und Parameterzusammenhänge für die Erzeugung einer definierten, porenfreien Schichtstruktur eingegrenzt werden. Unter Berücksichtigung der Beanspruchungseigenschaften waren Reibversuche eine zentrale Prüfvorgabe. Ein Reibversuchsprüfstand wurde eingerichtet, der die Erfassung der Reibkräfte bei Spindelbewegungen, sowie die Ermittlung der Abdichteigenschaften der Dichtelemente mess- und prüftechnisch sicherstellt. Versuche mit einem Temperaturverlauf bis 400 °C und Leckage-

versuche mit einem maximalen Innendruck von 200 bar konnten mit diesem Aufbau durchgeführt werden.

Für eine umfassende Bewertung der Versuche wurden folgende Kriterien ausgewählt:

- *Auswahl des Packungswerkstoffes*
Voraussetzung für die richtige Funktion einer Stopfbuchsverbindung sind die bekannten Belastungen und die Auswahl von geeigneten Packungsringen. Es wurde ein Packungswerkstoff festgelegt, der in der Industrie einen großen Anwendungsbereich abdeckt, wie Graphitpackungen.

- *Experimentelle Ermittlung von Leckageraten*

Die Dichtheitsprüfung an Armaturenabdichtungen ist ein zerstörungsfreies Prüfverfahren, mit dem die Spindeln auf Dichtheit gegenüber gasförmigen oder flüssigen Medien getestet werden. Zahlreiche Versuche wurden erstellt. Die dabei ermittelten Leckageraten sind für eine spätere Gesamtbeurteilung der Ergebnisse entscheidend.

- *Thermische Beanspruchung des Stopfbuchsraumes*

Der Flächenpressungsverlauf während der Aufheizphase war von besonderem Interesse. Bei Erhöhung der Temperatur können sich Unebenheiten an der Packung einglätten und sich besser an die Spindel anlegen. Wärmeausdehnungsbeiwerte von Gehäuse und Spindel haben einen Einfluss auf die



Mittels HVOF beschichtete Bauteile

radiale Pressung der Packung und damit einen direkten Einfluss auf die axiale Flächenpressung.

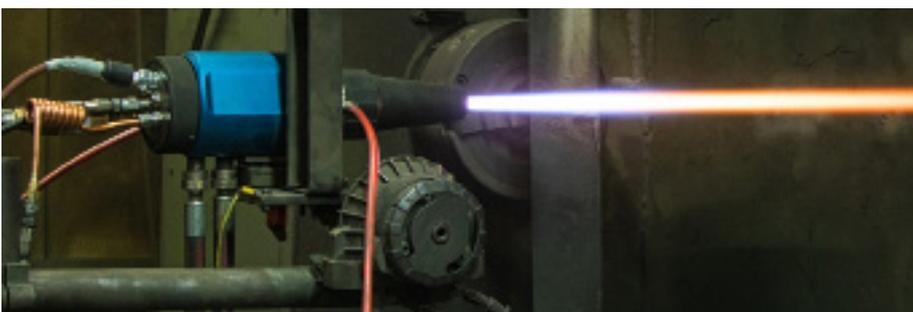
- *Reibbeanspruchung im Packungsraum*
Alle verwendeten Armaturenspindeln wurden zur Überprüfung der Reibbeanspruchung mit der gleichen Anzahl an Spindelhubzyklen geprüft.

- *Ermittlung der Reibwerte*

In einem tribologischen System wird den Reibwerten eine besondere Bedeutung beigemessen. Reibung und Verschleiß hängen von vielfältigen Einflussfaktoren ab. Die Minimierung des Unterschiedes zwischen Haft- und Gleitreibung wurde ebenfalls angestrebt. Die durchgeführten Versuche verdeutlichten, dass die Kontaktgeometrie, die Umgebungsbedingungen, der Packungswerkstoff, beziehungsweise die Materialpaarungen und Werkstoffzusammensetzungen die tribologischen Ergebnisse stark beeinflussen. Darüber hinaus wirkten sich die Beanspruchungsparameter wie Spindelhubgeschwindigkeit, Flächenpressung, Temperatur und Umgebungsfeuchte aus.

Die Untersuchung des Schichtgefüges, die Ermittlung von Rundlaufeigenschaften an Spindeln, der Massenverluste an den Packungen während des Verschleißversuchs und der Nachweis von Porosität mittels Farbeindringverfahren waren weitere Versuchs-kriterien.

Der zweite Schritt der Schichtentwicklung lag in der Erarbeitung der material- und prozessabhängigen Voraussetzungen für die



Anlage zur Herstellung von HVOF-Spritzschichten bei der rhv-Technik



Schleifen eines beschichteten Bauteils

Schichtbildung. Diese wurden definiert durch die Ermittlung der Schichtzusammensetzung, der Brenngaszusammensetzung, der verwendeten Pulvermorphologie und der daraus resultierenden Härteprüfung.

Um bestmögliche Voraussetzungen für einen homogenen Auftrag sowie eine optimale Anhaftung der HVOF-Schichten zu schaffen, wurden die Spindeln vorbehandelt. Ebenso wurden verschiedene Nachbearbeitungsverfahren durchgeführt, um definier-

te Oberflächenqualitäten zu erzeugen. Durch Rundschleifen konnten sehr glatte Oberflächen ($Ra\ 0,2\ \mu\text{m}$) erreicht werden.

Harte Karbidspitzen beeinflussen trotzdem das Reibverhalten, bei dem ein hoher abrasiver Verschleiß der Graphitpackungen festgestellt wurde. Nach mehreren Reibzyklen veränderte sich die Oberflächenqualität und war durch eine weitestgehend optimierte Mikrotopographie gekennzeichnet, die sich sowohl in einem geringeren Verschleiß als auch einer deutlich reduzierten Leckagerate äußerte.

Alternative Nachbehandlungsmöglichkeiten waren Rollieren von Spindeloberflächen, elektrolytisches Plasmapolieren oder Laserstrukturieren, die im Zusammenhang mit der Graphitpackung unterschiedlichste Verschleiß- und Leckageergebnisse erzielten.

Die von der rhv-Technik entwickelten HVOF-Beschichtungen und deren Analyse durch das MPA führten zu einem weit über den derzeitigen technologischen Stand hinausreichenden Erkenntnisgewinn. So konnten im Ergebnis des Vorhabens die Parameterzusammenhänge bezüglich Materialzusammensetzung und Prozessführung identifiziert sowie die optimalen Setups herausgearbeitet werden.

Auf dieser Basis konnten Spindeln mit optimaler Beschichtungsqualität entwickelt werden, deren mechanische Nachbearbeitung zwingend erforderlich ist, jedoch sicherstellt,

dass die Zielparameter reproduzierbar umgesetzt werden können.

In weiterführenden Versuchsreihen wurde das Zusammenwirken optimal beschichteter Spindeln mit Dichtungspackungen aus unterschiedlichen Werkstoffen untersucht. Alle getesteten Kombinationen der Muster mit unterschiedlichen Armaturendichtensätzen (PTFE-Faser, Graphit/PTFE-Kombifaser, Reingrafit-Folienringen) zeigten positive Resultate, bei denen die Leckageraten sogar geringer als in der TA-Luft gefordert ausfielen.

Fazit

Die technischen Zielkriterien konnten erreicht werden. Den Spindeln mit der neu entwickelten HVOF-Beschichtung konnten beste Voraussetzungen für die sichere Erfüllung der Stell- und Dichtaufgaben innerhalb einer Armatur attestiert werden. Zum Abschluss lag ein HVOF-Schichtsystem vor, mit dem Spindelbeschichtungen erzeugt werden können, die eine deutlich verringerte innere Porosität und sehr gute Oberflächeneigenschaften mitbringen.

Kontakt

rhv-Technik, Claudia Hofmann,
Eisentalstraße 27, D-71332 Waiblingen
E-Mail: claudia.hofmann@rhv-technik.de
↳ www.rhv-technik.de

Methoden und Beispiele für die Ermittlung von Messunsicherheiten

Die Richtlinie VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 Blatt 2 ist Teil der Richtlinienreihe zur Kalibrierung von häufig eingesetzten Messmitteln für elektrische Größen. Die Richtlinienreihe bietet Grundlagen zum Fachgebiet sowie Methoden zur Ermittlung der Messunsicherheit bei der Kalibrierung von Messmitteln für elektrische Größen.

VDI/VDE/DGQ/DKD-Richtlinie 2622 Blatt 2 gilt für die Berechnung der Messunsicherheit beim Kalibrieren eines Messmittels. Sie beschreibt verschiedene hierzu anwendbare Verfahren und Ermittlungsmethoden, wie das Summe-Differenz-Modell und das Produkt-Quotient-Modell. Die wesentlichen Inhalte der bisher getrennt erhältlichen Richtlinie VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 Blatt 2.1 wurden integriert und an den Stand der Technik angepasst.

Das Dokument ist als einer von mehreren Bausteinen im Messwesen zu betrachten. Weitere Elemente sind unter anderem die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) und ihm nachgeordnete akkreditierte Ka-

librierlaboratorien, außerdem der *ISO-Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)* sowie das Dokument EA-4/02 M:2013.

Zur Erhöhung des direkten Praxisnutzens behandelt die Richtlinie vereinfachte Verfahren und liefert Beispiele zur Verdeutlichung. Die Quellen für die Ausgangsversionen sind im Schrifttum genannt. Die Richtlinie nennt auch die Voraussetzungen für möglichst zuverlässige Messungen und behandelt unterschiedliche Einflussfaktoren und Umgebungsbedingungen.

Herausgeber der VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 Blatt 2 *Kalibrieren von Messmitteln für elektrische Größen - Methoden zur Ermittlung*

der Messunsicherheit ist die VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA). Die Richtlinie ist im Juni 2019 als Entwurf erschienen und kann beim Beuth Verlag bestellt werden. Onlinebestellungen sind unter www.beuth.de oder <http://www.vdi.de/2622> möglich. Die Möglichkeit zur Mitgestaltung der Richtlinie durch Stellungnahmen bestehen durch Nutzung des elektronischen Einspruchsportals (www.vdi.de/richtlinien/einspruchsportal) oder durch schriftliche Mitteilung an die herausgebende Gesellschaft (gma@vdi.de). Die Einspruchsfrist endet am **31. August 2019**.

↳ www.vdi.de

≡ Additiv gefertigte metallische Bauteile müssen nicht teuer sein - wenn das Herz aus Kunststoff ist

Von Dr. Jürgen Hofinger, Radeberg

Die additive Fertigung macht es möglich, Bauteile kostengünstig und schnell aus der Konstruktion in die Realität umzusetzen. Für die Verwendung von Kunststoffen stehen eine Reihe von interessanten Verfahrenstechniken zur Herstellung von höheren Stückzahlen zur Verfügung. Durch eine aufgebrauchte metallische Schicht mit Dicken von deutlich über einigen Mikrometern erhalten die Teile eine erhöhte Festigkeit und metallischen Charakter. Hierbei bieten unter anderem die verfahrensbedingten Rauheiten Vorteile bezüglich der Haftung, müssen aber andererseits je nach Anforderungen an Bauteile durch mechanische Bearbeitung angepasst und optimiert werden.

Die Faszination der additiven Fertigung, umgangssprachlich auch als 3D-Druck bezeichnet, scheint ungebrochen. Zahlreiche Dienstleister bieten in Deutschland die Fertigung von Bauteilen auf Basis von 3D-Daten mit verschiedenen Verfahren für Metalle und Kunststoffe an. Noch deutlich größer dürfte die unbekanntete Zahl der Unternehmen sein, die Bauteile mit diesen Verfahren bereits mit eigenen Anlagen *Inhouse* fertigen.

Additive Fertigungsmethoden bieten eine Reihe von Vorteilen, wie die hohe Geometriefreiheit, einen geringen Materialverbrauch und die werkzeuglose Fertigung mit dem Potenzial, vor allem Entwicklungs- und Innovationsprozesse zu beschleunigen. Die Argumente für die Fertigung im eigenen Haus sind oft Schnelligkeit und die Vertraulichkeit der Daten. Nicht zu vernachlässigen sind jedoch sicher emotionale Gründe: Die Möglichkeit, anhand von Computermodellen fertige Bauteile auf Knopfdruck zu generieren, übt eine unmittelbare Faszination aus.

Wo besonders hohe Erwartungen geweckt werden, ist allerdings auch die Gefahr der Enttäuschung groß. Sehr lange Fertigungszeiten sind die größte Hürde für den Einsatz in Serienanwendungen. Die Materialeigenschaften, insbesondere die Festigkeitseigenschaften, sind teilweise weit schlechter, als die von klassisch gefertigten Bauteilen. Je nach Verfahren weisen die Oberflächen eine starke Strukturierung über mehrere Größenordnungen hinweg auf. Ähnlich wie bei der Entwicklung von 2D-Drucktechniken sind hier zukünftig jedoch sicher noch deutliche Verbesserungen in Geschwindigkeit und Auflösung zu erwarten.

Nicht nur Kunststoffe, auch Metalle können mit additiven Fertigungsverfahren verarbeitet werden, allerdings sind die technischen Möglichkeiten im Vergleich zu Kunststoffen

hier deutlich stärker eingeschränkt [1]. Das Grundprinzip der additiven Fertigung von Metallbauteilen beruht derzeit ausschließlich auf dem Verschmelzen von Metallpulvern, die schichtweise auf einer Oberfläche aufgetragen werden. Der Energieeintrag ist somit naturgemäß deutlich höher als bei Kunststoffen, die Anlagen sind dementsprechend groß und teuer und die Fertigungszeiten sehr lange.

1 Verbund aus Kunststoff und Metall bringt Vorteile

Hohe Temperaturen und metallähnliche Festigkeiten sind im 3D-Druck nur mit Vollmetallbauteilen zu erreichen. In allen anderen Fällen kann ein Verbund aus Kunststoff mit einer Metalloberfläche jedoch die ideale Kombination aus vergleichsweise schneller und günstiger Fertigung einerseits, und ausreichend hoher Festigkeit sowie ästhetischem Anspruch andererseits darstellen. Die Grundkörper werden dabei mit Hilfe von verschiedenen additiven Fertigungsverfahren aus Kunststoff hergestellt und in einem geeigneten Verfahren danach mit Metallen beschichtet. Dünne Schichten, die durch physikalische Beschichtungsmethoden wie Sputtern oder thermisches Verdampfen erzeugt werden, verbessern zwar im Idealfall das optische Erscheinungsbild, tragen jedoch aufgrund der geringen Schichtdicke nicht wesentlich zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Bauteils bei. Außerdem ist bei diesen Verfahren die Veredelung komplexer Geometrien nur bedingt möglich, da die Beschichtung jeweils aus einer Richtung erfolgt und somit bei nicht direkt zugänglichen Stellen Abschattungseffekte eintreten.

Bei der chemischen Beschichtung sind dagegen auch schwer zugängliche Stellen gut beschichtbar, sofern diese für den metallhalti-

gen, wässrigen Elektrolyten zugänglich sind. Mit den autokatalytisch arbeitenden Abscheidesystemen können Nickel- oder Kupferschichten bis zu einer Dicke von zehn Mikrometern noch mit vertretbarem Aufwand aufgebracht werden. Für noch deutlich höhere Schichtdicken eignen sich galvanische Abscheidungsverfahren, mit der auch Endsichten wie Zinn, Silber und Chrom hergestellt werden können. Zwar ist die gleichmäßige Beschichtung für verdeckte Oberflächen dann schwieriger, da die Schichtabscheidung möglichst homogene elektrische Felder an der Bauteiloberfläche voraussetzt. Zur Erreichung einer möglichst gleichmäßigen Schichtverteilung enthalten die Elektrolyte jedoch Zusätze, die die sogenannte Streufähigkeit verbessern. Die Beschichtung kann somit auch bei diesem Verfahren deutlich gleichmäßiger erfolgen als bei den genannten physikalischen Methoden.

Schichtdicken von 50 µm sind für galvanisch aufgebrauchte Metallschichten in Anwendungen der Automobil- und Sanitärindustrie durchaus üblich und sorgen nicht nur für metallisches Aussehen, sondern auch für eine metallähnliche Haptik aufgrund der hohen Wärmekapazität der Schichten (*Cool Touch*). Feine Rauheiten der Oberfläche in der Größenordnung von wenigen Mikrometern und darunter können durch die Schichten ausgeglichen werden und erzeugen einen perfekten Oberflächenglanz. Leider ist ein Ausgleich größerer Strukturen, wie sie häufig bei additiven Fertigungsverfahren entstehen nicht möglich. Andererseits ist bei Prototypen ein Schichtaufbau von 100 µm und mehr oft durchaus vertretbar. Damit lassen sich Teile herstellen, die in ihrer wertigen Anmutung und häufig auch in Bezug auf mechanische Eigenschaften Leichtmetallbauteilen in nichts nachstehen.

2 Herausforderungen bei der Metallisierung additiv gefertigter Kunststoffbauteile

Die chemisch-galvanische Beschichtung von Kunststoffen ist ein seit vielen Jahrzehnten etabliertes und bewährtes Verfahren, zumindest für ABS-basierte Bauteile. Bei additiven Fertigungsverfahren kommen jedoch häufig auch andere Kunststoffe zum Einsatz. Darüber hinaus ergeben sich aus der Verarbeitung sehr kleiner Serien bis hin zu Einzelstücken besondere Herausforderungen. Während zum Beispiel bei großen Serien mit gewissen, wenn teilweise auch kleinen Ausschussquoten gerechnet wird, ist dies bei teuren Einzelteilen aus dem 3D-Drucker nicht akzeptabel. Eine feste Größe im Repertoire des Beschichters von Prototypen sind daher Verfahren zur Wiederaufbereitung von Fehlteilen, die in der Kunststoffgalvanik von Großserien keine Rolle spielen. Zudem ist es möglich, kleinere, lokale Aufwachsungen (Pickel) oder Poren auf der beschichteten Oberfläche nachzubearbeiten und damit zu entfernen. Der erhöhte Aufwand spiegelt sich zwar in höheren Kosten für die Beschichtung wider, die in einer Gesamtkostenbetrachtung bei einer Fertigung von kleinen Stückzahlen jedoch immer noch vertretbar sind. Weitere Herausforderungen sind vom jeweiligen Druckverfahren abhängig und werden meist durch die Besonderheiten der Oberfläche und durch das verwendete Material bedingt.

2.1 FDM-Verfahren (Würstchendruck)

Das besonders günstige FDM-Verfahren (Fused Deposition Modeling; Filament 3D-Druck) für die additive Fertigung von Kunststoffbauteilen wird wegen der besonders günstigen Anschaffung des Druckers bevorzugt von Privatpersonen, aber auch als einfacher *Inhouse-3D-Druck* in Unternehmen eingesetzt [2]. Das Prinzip basiert auf dem Schmelzen von Kunststofffilamenten, die

unter Druck bei hoher Temperatur in einem Extruder verarbeitet werden. Das Material härtet beim Abkühlen schnell aus und wird schichtweise auf einer Bauplattform aufgetragen. Charakteristisch sind die linienförmigen Strukturen, die je nach Druckertyp unterschiedlich fein ausfallen und somit auch die Geschwindigkeit des Drucks beeinflussen. Überhängende Elemente erfordern Stützstrukturen, um ein Verformen der unmittelbar nach dem Auftrag noch weichen Strukturen zu verhindern. Größere Volumina werden typischerweise mit Hohlräumen gedruckt, um die Geschwindigkeit zu erhöhen und Material zu sparen (Abb. 1). Diese Optimierungen der Geometrie werden durch den Drucker beziehungsweise den Druckertreiber selbstständig vorgenommen und sind im Modell, das an den Drucker übergeben wird, noch gar nicht enthalten.

Gerade diese Hohlräume können bei der chemisch-galvanischen Beschichtung jedoch zu Problemen führen, wenn die Oberfläche des Modells nicht vollständig geschlossen ist. Während der Beschichtung füllt sich das Modell dann mit Elektrolyt, der in den kurzen Spülvorgängen zwischen den Stufen der Abscheidung nur unzureichend ausgewaschen wird. Die Verschleppung der Chemikalien führt zu Fehlbeschichtungen in der Nähe der Öffnungen. Außerdem können auch nach der Beschichtung und sogar nach der Trocknung noch giftige Chemikalien aus dem Bauteil auslaufen. Das Problem lässt sich meistens vermeiden, indem auf vollständig geschlossene Modelle geachtet wird. Kritisch sind in dieser Beziehung Flächen mit spitzen Winkeln im Modell. Sind diese nicht vermeidbar, so muss das Modell vor der Beschichtung versiegelt werden.

Für eine chemisch-galvanische Beschichtung besonders gut geeignete Materialien für dieses Verfahren sind ABS-Kunststoffe. Wie in der klassischen, dekorativen Kunststoffgalva-

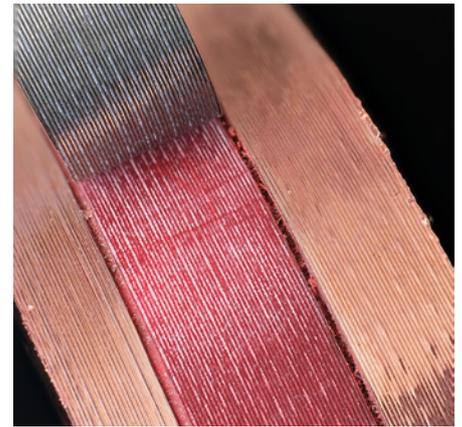


Abb. 2: Streifenförmiger Abzug einer Kupferbeschichtung auf einem mittels FDM gedruckten Bauteil zur Messung der Schichthaftfestigkeit, bei dem die linienförmige Oberflächenstruktur durch die Beschichtung nachgebildet wird

nik werden in den ersten Verfahrensschritten submikroskopisch kleine Butadienpartikel herausgelöst und sorgen für eine druckknopfartige Struktur, in der die Metallschicht gut verankert werden kann.

2.2 SLS-Verfahren (Lasersintern)

Anlagen für dieses Verfahren sind komplexer und teurer im Vergleich zum FDM-Verfahren, das daher besonders oft bei 3D-Druckdienstleistern angeboten wird [3]. Ausgangsmaterial ist ein thermoplastisches Kunststoffpulver, das mit Hilfe eines Rakels schichtweise auf der Bauplattform aufgetragen und über einen flächenförmig beweglichen Laserstrahl versintert wird. Die Pulverpartikel werden dabei jedoch nur oberflächlich erweicht, sodass beim Schmelzen keine größeren Verformungen der Geometrie auftreten. Die so hergestellten Bauteile bleiben damit aber porös und weisen eine stark raue Oberfläche auf, die mit der Partikelgröße korrespondiert. Für die chemisch-galvanische Beschichtung sind die Rauigkeit und Porosität an der Oberfläche sehr vorteilhaft, da sich ohne zusätzliche Strukturierungsmaßnahmen Metallschichten mit hoher Haftfestigkeit verankern lassen. Allerdings können auch hier die sehr groben Strukturen bei vertretbarem Aufwand nicht alleine durch die einbennende Wirkung von galvanischen Beschichtungen ausgeglichen werden. Ideal ist daher bei diesem Verfahren eine mechanische Nachbehandlung gedruckter Teile in einem automatisierten Schleifprozess (Gleitschleifen, Trowalisieren), bei dem die Teile zusammen mit Schleifkörpern in einer Trommel bewegt werden.

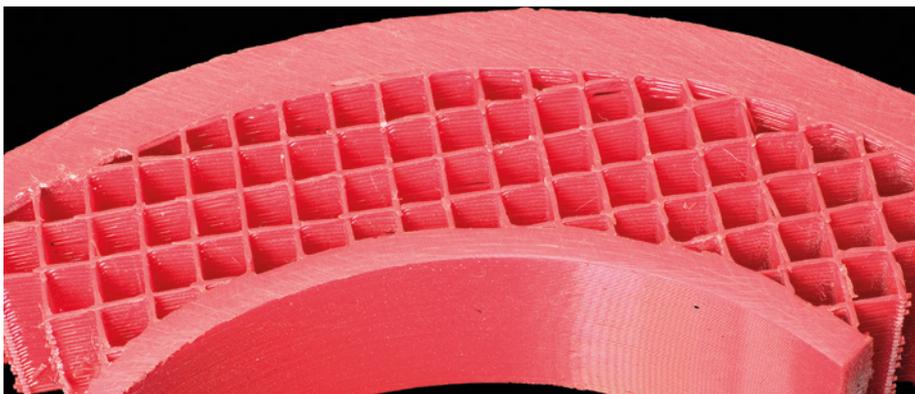


Abb. 1: Automatisch eingefügte Hohlräume eines im FDM-Verfahren hergestellten Bauteils

Aufgrund der gut strukturierten Oberflächen eignen sich praktisch alle Kunststoffe, die für diese Verfahren angeboten werden, auch für eine nachfolgende chemisch-galvanische Beschichtung. Beim SLS-Druck wird der Vorteil der Verbesserung von mechanischen Eigenschaften durch die Metallschichten besonders deutlich.

2.3 MJF (Multi Jet Fusion)

Dieses professionelle 3D-Druckverfahren zeichnet sich durch eine hohe Druckgeschwindigkeit bei qualitativ sehr hochwertigen Oberflächen aus [4]. Auch dieses Verfahren ist pulverbasiert; statt der Verschmelzung von Partikeln mit Hilfe eines Lasers werden jedoch in einem Prozess ähnlich dem Tintenstrahldruck zwei Komponenten einer Binderflüssigkeit versprüht, die sehr schnell aushärten.

Im Gegensatz zum Lasersintern entstehen dadurch nahezu vollständig dichte Bauteile mit guten Festigkeitseigenschaften. Als Material werden vor allem Polyamide verwendet. Die chemisch-galvanische Beschichtung dieser Materialien ist wesentlich schwieriger als bei lasergesinterten Teilen, da keine systembedingte Porosität zur Verankerung der Metallschicht genutzt werden kann. Vorteilhaft wäre eine Mineralfüllung des Materials, wie sie bereits bei Spritzgussteilen eingesetzt wird, die sich im Rahmen einer Vorbehandlung der Bauteile herauslösen lässt und somit eine Strukturierung ermöglicht. Leider werden derzeit die Kunststoffmaterialien jedoch noch nicht hinsichtlich Galvanisierbarkeit optimiert. Allerdings kann alternativ die Inhomogenität, die durch Pulverpartikel und Binder entsteht, für eine Strukturierung der Oberfläche genutzt werden und somit ist auch bei diesem Verfahren eine chemisch-galvanische Metallbeschichtung möglich.

2.4 SLA (Stereolithographie)

Das additive Fertigungsprinzip Stereolithographie gehört zu den ältesten 3D-Druckverfahren [5]. Die Bauteile werden aus einer Monomerflüssigkeit hergestellt, die schichtweise durch Bestrahlung mit einem Laser auspolymerisiert. Eine wesentliche Verbesserung hat das Verfahren durch den Einsatz von DLP-Spiegelchips erfahren, die sonst in Beamern verwendet werden. Damit ist es möglich, die Belichtung ganzer Flächen statt einzelner Punkte vorzunehmen, womit eine deutliche Geschwindigkeitssteigerung erreicht wird.

Die eingesetzten Materialien sind naturgemäß auf lichthärtende Polymere beschränkt. Im Vergleich zu anderen 3D-Druckverfahren werden mit der Stereolithographie die besten Oberflächenqualitäten erreicht. Aufgrund der sehr homogenen Struktur des Materials ist allerdings auch eine chemisch-galvanische Beschichtung besonders schwierig, mit einigem Aufwand jedoch möglich.

3 Fazit

Die galvanische Beschichtung von additiv gefertigten Kunststoffteilen ist in vielen Fällen eine echte Alternative zum relativ teuren Sintern von Metallpulvern mittels SLM. Im Gegensatz zum Metalldruck stehen für Kunststoffe verschiedene 3D-Druckverfahren zur Verfügung, die sich hinsichtlich verarbeitbarer Materialien, Oberflächenqualität, Festigkeit, Druckgeschwindigkeit und Preis unterscheiden. Durch ausreichend dicke Metallschichten von 10 µm und mehr werden nicht nur die optische und haptische Erscheinung verbessert, sondern auch die mechanischen Eigenschaften der Teile. Darüber hinaus erschließen sich durch diese Beschichtung Anwendungen, die sonst nur Metallen vorbehalten sind.

Bevorzugt werden die metallischen Schichten durch eine rein chemische Vorbehandlung der gedruckten Teile ermöglicht, die eine für die Verankerung der Schicht vorteilhafte Strukturierung herstellt und die Benetzbarkeit verbessert. Alternativ können für die Vorbehandlung jedoch auch physikalische Methoden wie Plasmabehandlungen und für geometrisch einfache Teile thermisches Bedampfen oder Sputtern eingesetzt werden. Das Unternehmen Biconex bietet die chemisch-galvanische Metallbeschichtung von 3D-gedruckten Teilen verschiedener Verfahren als Dienstleistung an. Die selbst entwickelten Prozesse der Kunststoffvorbehandlung sind chrom(VI)frei und damit im Hinblick auf den Umwelt- und Arbeitsschutz im Vorteil, da das Problem der REACh-Autorisierung nicht besteht. Zudem bietet die Verfahrenstechnik die Möglichkeit, Kunststofftypen zu beschichten, die mit den klassischen Aktivierungsverfahren für ABS-Typen nicht vorbehandelt werden können.

Literatur

- [1] B. Buchmayr, G. Panzl; Berg- und Hüttenmännisches Monatsheft (2015) 160: 15; <https://doi.org/10.1007/s00501-014-0326-1>
- [2] A. Fischer, St. Gebauer, E. Khavkin; 3D-Druck im Unternehmen - Entscheidungsmodelle, Best Practices und Anwendungsbeispiele. Am Beispiel Fused Layer Modeling (FLM); Hanser Verlag, ISBN 978-3-446-44008-1 (2018)
- [3] M. Schmid: Additive Fertigung mit Selektivem Lasersintern (SLS); Springer Vieweg Verlag, ISBN 978-3-658-12288-1 (2015)
- [4] N. N.: Additive Fertigung; X-Technik IT & Medien GmbH, Ausgabe Mai 2017
- [5] B. Keppner, W. Kahlenborn, St. Richter, T. Jetzke, A. Lessmann, M. Bovenschulte: Die Zukunft im Blick - 3D-Druck, Trendbericht zur Abschätzung der Umweltwirkungen; Umweltbundesamt, ISSN 2363-8311 (2018)



biconex

Wir beschichten **Kunststoffteile** mit funktionalen **Metalloberflächen**



Unsere Produkte aus Spezialkunststoffen eignen sich als **kostengünstiger Ersatz** für Leichtmetallteile.



Durch die galvanische Beschichtung von Kunststoffen mit **Nickel, Kupfer** oder **Silber** erzeugen wir Bauteile **mit metallischen Eigenschaften**. Auch für **3D - Druck**.

Biconex GmbH
Heidestraße 70 | Gebäude 102 | D-01454 Radeberg
Tel.: +49 3528 4155433 | E-Mail: info@biconex.de

Internationale Fachleute diskutieren in Kiel über neue Materialien für Medizintechnik und Industrie

Sie sind in der Lage, sich an ihre Umgebung anzupassen und dadurch zum Beispiel autonomer, energieeffizienter oder verträglicher für den menschlichen Körper zu agieren: Intelligente Materialien kommt eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung innovativer Bauteile für Medizintechnik und Industrie zu. Sie können sich bei Beschädigungen selbst reparieren, nehmen nach Verformungen wieder ihren ursprünglichen Zustand an oder erzeugen eigenständig Energie. Auch an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) wird seit Langem an solchen Materialien geforscht, zum Beispiel an speziellen Sensoren zur Messung der Herz- und Gehirnaktivität oder neuartigen Implantaten zur Behandlung von Gehirnerkrankungen wie Epilepsie. Bereits zum vierten Mal organisierte die CAU, zusammen mit der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM), das European Symposium on Intelligent Materials, das vom 17. bis 19. Juni in Kiel stattgefunden hat. Rund 120 Expertinnen und Experten diskutierten auf der internationalen Tagung über aktuelle Anwendungsmöglichkeiten und Zukunftstrends der Materialentwicklung. Die Tagung wird vom Sonderforschungsbereich 1261 (*Magnetolectric Sensors: From Composite Materials to Biomagnetic Diagnostics*), dem Graduiertenkolleg 2154 (*Materials for Brain*) und der Forschungsgruppe FOR 2093 (*Memristive Bauelemente für neuronale Systeme*) in Zusammenarbeit mit der DGM organisiert.

Faszinierende Eigenschaften bieten großes Anwendungsspektrum

Intelligente Materialien sind im Allgemeinen so aufgebaut, dass sie selbstständig auf äußere Reize wie Licht, Temperatur, elektrische oder magnetische Felder oder chemische Veränderungen reagieren können. Ihre besonderen Eigenschaften verdanken die dementsprechend auch als *responsiv* bezeichneten Werkstoffe in der Regel der Kombination von verschiedenen Materialklassen oder bestimmten Nanostrukturen. Beides kann auch an der CAU hergestellt werden, zum Beispiel im Reinraum des Kieler Nanolabors.

In der Entwicklung von neuen Materialien ist nach den Worten von Christine Selhuber-Unkel, Professorin für Biokompatible Nanoma-

terialien und Sprecherin des GRK 2154, in den letzten Jahren unglaublich viel passiert. Aus neuen Materialien hergestellte Bauelemente können ihr zufolge heutzutage zu einem gewissen Grad eigenständig funktionieren und besitzen mit ihren faszinierenden Eigenschaften immense Anwendungspoten-



Zum vierten Mal in Kiel: Zur Intelligent Materials-Tagung begrüßte Professorin Christine Selhuber-Unkel, Sprecherin des GRK 2154 und Mitorganisatorin der Tagung die zahlreichen Teilnehmer (©Siekmann/CAU)

tiale, in Bereichen wie Medizin, Technik oder Energie. Christine Selhuber-Unkel organisiert die Tagung zusammen mit Eckhard Quandt, Professor für Anorganische Funktionsmaterialien an der CAU und Sprecher des SFB 1261. So ein Forschungsgebiet sei insbesondere auf den intensiven Austausch von verschiedenen Disziplinen angewiesen, um neue Forschungsfragen und gemeinsame Projekte anzustoßen, sagte Selhuber-Unkel weiter. In über 60 Vorträgen präsentierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Materialwissenschaft, Physik, Chemie und Biologie ihre aktuellen Forschungsergebnisse auf der Konferenz präsentieren.

Außerdem umfasste das Tagungsprogramm einen Netzwerkabend für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sowie ein interaktives Format speziell für Frauen, in dem sich junge Wissenschaftlerinnen mit erfahrenen Kolleginnen über Karrierethemen austauschen konnten. Ein wichtiges Ziel der Tagung war auch die Förderung von deutsch-norwegischen Kooperationen im Bereich biofunktionaler Materialien, also Materialien, die von der Natur inspiriert wurden oder durch ihre Struktur besonders ver-

träglich für den menschlichen Körper sind – zum Beispiel in der medizinischen Anwendung. Auch Selhuber-Unkel forscht unter anderem an Materialien, die das Wachstum von Zellen befördern und so die eigenständige Regeneration von Gewebe unterstützen könnten. Ein Programmabschnitt widmet sich gezielt diesen Kooperationen, gefördert vom Deutsch-Norwegisches Studienzentrum der CAU.

Auszeichnungen für Nanowissenschaftlerinnen und -wissenschaftler

Ein weiteres Highlight der Tagung war die Vergabe der Diels-Planck-Lecture am zweiten Konferenztag. Mit der Auszeichnung ehrt der CAU-Forschungsschwerpunkt Kiel Nano Surface and Interface Science (KiNSIS) jedes Jahr international herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf dem Gebiet der Nanowissenschaften und Oberflächenforschung. In diesem Jahr ging der Preis an Professor Dr. Zhong Lin Wang vom US-amerikanischen Georgia Institute of Technology für seine bahnbrechenden Arbeiten in der Entwicklung von *Nanogeneratoren* und sich selbst versorgenden Systemen – mikroskopisch kleine Stromgeneratoren, die mit kleinsten Bewegungen mobile Geräte betreiben könnten.

Wir sind sehr stolz, heute einen Pionier der Nanotechnologie hier begrüßen zu dürfen, sagte CAU-Präsident Professor Lutz Kipp zum Auftakt der Veranstaltung. Wang, Direktor des Center for Nanostructure Characterization am Georgia Tech und Mitglied der Chinesischen Akademie der Wissenschaften, ist führend in der Entwicklung von Zinkoxid-Nanostrukturen, insbesondere Nanogeneratoren. Sie können aus geringen mechanischen Bewegungen kostengünstig und dezentral Strom erzeugen. Unter dem Stichwort *Energy Harvesting* hat diese Technologie Wissenschaft und Industrie im Bereich Energie stark beeinflusst. Es bezeichnet die Nutzung von Energie, die in der Umgebung ohnehin vorhanden ist, wie Körper- und Wasserbewegungen, Luftströmungen oder Temperaturunterschiede. Denkbar sind damit neben der Versorgung mobiler Geräte auch biomedizinische Anwendungen in Sensoren oder der Einsatz als tragbare Elektronik

in smarten Textilien. Wang ist ein Vordenker der Nanotechnologie, der mit seinen visionären Arbeiten nicht nur neue Forschungsfelder begründet hat, sondern auch zentrale Begriffe wie Piezoelektronik geprägt hat, sagte Rainer Adelung, Professor für Funktionale Nanomaterialien an der CAU, in seiner Laudatio. Außerdem habe Wang wichtige Grundlagen für nanowissenschaftliche Untersuchungsmethoden wie die Transmissionselektronenmikroskopie entwickelt.

Im zweiten Teil der Festveranstaltung zeichnete KiNSIS die besten Kieler Dissertationen aus der Nano- und Oberflächenforschung des vergangenen Jahres aus. Aus den Ergebnissen ihrer Promotionsarbeiten sind neue Forschungsfelder, innovative Materialien und erste Patente entstanden; sie haben Großforschungsprojekte der CAU erfolgreich vorgebracht oder wurden bereits in angesehenen Fachzeitschriften veröffentlicht und vielfach zitiert.

Werkstoffforschung in Kiel

Kiel hat sich in den vergangenen Jahren zu einem Zentrum für innovative Materialforschung entwickelt, vor allem im Hinblick auf

medizinische Anwendungen. Unter dem Dach von KiNSIS arbeiten daran Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im engen interdisziplinären Austausch. Aktuelle Einblicke in diese Forschung gaben bei der Tagung unter anderem Vertreterinnen und Vertreter dreier Kieler Großforschungsprojekte, die in den vergangenen Jahren gestartet sind und seitdem feste Säulen des Forschungsschwerpunkts bilden:

So werden an der CAU im Sonderforschungsbereich 1261 *Magnetoelectric Sensors: From Composite Materials to Biomagnetic Diagnostics* zum Beispiel piezoelektrische Materialien erforscht und für die Entwicklung von speziellen Sensoren genutzt. Werden diese Werkstoffe elastisch verformt, erzeugen sie eine elektrische Spannung. Kombiniert mit Materialschichten, die auf magnetische Reize reagieren, lassen sie sich besonders gut für empfindliche Magnetfeldsensoren einsetzen, mit dem Ziel, Herz- oder Gehirnströme messen und damit die medizinische Diagnostik verbessern zu können.

Interdisziplinäre Teams aus der Materialwissenschaft und der Medizin erforschen im GRK Graduiertenkolleg 2154 *Materials for*

Brain neue Materialien für Implantate, um Gehirnerkrankungen wie zum Beispiel Epilepsie lokal zu behandeln. Sie sollen Medikamente kontrolliert nur dort freisetzen, wo sie benötigt werden und so unerwünschte Nebenwirkungen verhindern. Die dafür verwendeten Materialien müssen komplexe Anforderungen erfüllen: Sie sollen gleichzeitig belastbar und flexibel sein, um sich an die besondere Umgebung im Gehirn anzupassen und in bestimmten Arealen selbstständig Wirkstoffe abgeben zu können.

Wie die Lern- und Gedächtnisprozesse des menschlichen Gehirns im Einzelnen ablaufen, das untersucht die Forschungsgruppe 2093 *Memristive Bauelemente für neuronale Systeme*. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Neurologie über die Materialwissenschaft bis zur Nanoelektronik wollen diese Prozesse technisch nachbilden, um sie besser zu verstehen. Der Schlüssel dafür sind sogenannte memristive Bauteile, die in der Lage sind, elektrische Zustände zu speichern. Sie funktionieren ähnlich der Synapsen im Gehirn, die Prozesse speichern, die beim Verknüpfen von Informationen ablaufen.

➔ www.uni-kiel.de

EMO Hannover

The world of metalworking



INFO:
VDW – Generalkommissariat EMO Hannover 2019
Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V.
Corneliusstraße 4 · 60325 Frankfurt am Main · GERMANY
Tel.: +49 69 756081-0 · Fax: +49 69 756081-74
emo@vdw.de · www.emo-hannover.de



Überzeugender Start der MedtecLIVE: Zufriedene Aussteller und Besucher

Sie sollte der zweitgrößte Branchentreffpunkt der Medizintechnik und ihrer Zulieferer in Europa werden. Und das ist gelungen: Das Event aus MedtecLIVE und MedTech Summit hat vom 21. bis 23. Mai 4573 Fachbesucher aus 50 Ländern in das Messezentrum Nürnberg gelockt.

MedtecLIVE

Insgesamt zeigten 402 Aussteller aus 30 Ländern ihre Leistungen und Produkte. Die Hälfte der ausstellenden Unternehmen reiste aus dem Ausland an, vornehmlich aus Europa, aber auch aus den USA, Japan, China oder Singapur. Besonders die klare internationale Ausrichtung der MedtecLIVE machte die Fachmesse weit über die Grenzen des heimischen Markts hinaus zu einem attraktiven Treffpunkt: Marktchancen und internationale Markteintrittsstrategien waren auf der Messe ein beliebtes Thema, das sich unter anderem in den Messeforen widerspiegelte. Auf dieser Positionierung wollen die Veranstalter in den kommenden Jahren aufbauen: *Unsere Partner und die unterstützenden Verbände sind von der hohen Relevanz und dem in die Zukunft gerichteten Programm der Messe überzeugt. Der Startschuss war also laut und deutlich, um die MedtecLIVE in den nächsten Jahren weiter zu entwickeln*, verspricht Alexander Stein, Direktor der MedtecLIVE bei der NürnbergMesse.

MedTech Summit knüpft an Erfolg der Vorjahre an

Dr. Rainer Seßner, Geschäftsführer der Bayern Innovativ GmbH, die mit dem MedTech Summit seit vielen Jahren einen international renommierten und erfolgreichen Kongress durchführt, blickt auf ein gelungenes Event zurück: *Wir sehen in unserer Arbeit, dass Vernetzung, Austausch und Wissenstransfer Innovationen am besten fördert*. Diese Aufgabe hat der MedTech Summit nach seinen Worten in vollem Umfang erfüllt. Insgesamt haben rund 500 Teilnehmer den Kongress und das B2B Matchmaking Event *Partnering* besucht. Auch die Röntgenkonferenz CARAT, die ihre Premiere feierte, ist mit 90 Teilnehmern und einem attraktiven Programm erfolgreich gestartet.

Wie die Fachmesse war auch der MedTech Summit stark international besucht: Die Kongressbesucher reisten aus 25 Ländern an – viele aus der Schweiz und Österreich, aber auch aus Japan. Seinem Anspruch, die Brücke von der Entwicklung von Medizintechnik zum Einsatz in Diagnostik und Therapie zu

schlagen, wurde der Kongress gerecht: Unter den Teilnehmern fanden sich Ärzte und Wissenschaftler genauso wie Zulieferer, Hersteller, Dienstleister und Vertreter der Benannten Stellen. Die sorgfältige Vorbereitung und Abstimmung der Kongressinhalte hat sich nach Aussage von Dr. Monika Mügischl-Scharf, Programmleiterin des MedTech Summit, gelohnt. *Wir sind begeistert von der Qualität der Vorträge und den Expertenbeiträgen in den interaktiven Veranstaltungsformaten wie World Cafés und Hands-on Pitches*. Einer, der diesen Eindruck untermauert, ist Dr. Ilja Hagen vom Biopark Regensburg GmbH: Er sei seit dem Beginn des MedTech Summits dabei und könne auch in diesem Jahr mit neuen Erkenntnissen und Kontakten zufrieden nach Regensburg zurückkehren.

Ausgezeichnet: Start-ups erlauben den Blick in die Zukunft der Medizintechnik

Großer Nachfrage erfreute sich auch der Innovation Market Place: 43 Start-ups zeigten ihre Innovationen, 30 von ihnen bewarben sich vorher bereits beim neuen Start-up-Contest. Nach einer Vorauswahl der Jury präsentierten zehn junge Unternehmen ihre Entwicklungen im Rahmen des Wettbewerbs auf der MedtecLIVE. Zu gewinnen gab es nicht nur Begleitung und Beratung bei der Markteinführung und dem Bewältigen regulatorischer Hürden. Der Sieger HydruStent aus Portugal kann sich über 12 000 Euro Preisgeld, zwölf Quadratmeter Messestand auf der MedtecLIVE 2020 und eine sechsmonatige Büropräsenz in Erlangen oder Paris freuen. Das Unternehmen entwickelt einen biologisch abbaubaren, antibakteriellen und maßgeschneiderten Stent für die Urologie.

Hohe Zufriedenheit bei den Ausstellern

Die Aussteller zeigten sich zufrieden mit der Premiere der MedtecLIVE. *MedtecLIVE 2019, unser Erfolgsfaktor*, schwärmt Ersan Bayram, Prokurist der PEMAX Kunststoff GmbH aus Stuttgart begeistert: *Jede Menge Projekte und Perspektiven... 2020 – wir sind wieder dabei*. Auch für die seleon GmbH war die Messe nach Aussage von Fabiola Har-

tung-Linz ein voller Erfolg. Die Erwartungen seien in der Qualität und Quantität erfüllt worden. Und auch der belgische Aussteller Sterisys plant im kommenden Jahr wieder fest mit einem Messeauftritt auf der MedtecLIVE: Die Erstaufgabe sei ein voller Erfolg gewesen und *wir freuen uns, im nächsten Jahr wieder als Aussteller dabei zu sein*, sagt Mandy Hübeler. Ähnlich äußerte sich Phil Brown, Direktor Technologie und Regulierung bei der Association of British HealthTech Industries. Für ihn war die beste Session auf der Messe die zur MDR-Implementierung. Es habe eine lebhaftige Debatte, die die Bedenken des Publikums an der Umsetzung des MDR deutlich machte, gegeben. Darüber hinaus seien Beiträge der jüngst zertifizierten Benannten Stelle äußerst willkommen gewesen, obwohl sie für die Hersteller eine große Herausforderung in Bezug auf Zeitpläne und erforderliche Interaktionen darstellten.

Über MedtecLIVE und MedTech Summit

MedtecLIVE ist eine führende Netzwerkplattform für die internationale Medizintechnik-Szene. Das Angebotsspektrum der Fachmesse umfasst die gesamte Prozesskette in der Herstellung von Medizintechnik, vom Prototypen bis zur Marktreife. Führende Unternehmen, Verbände und Institutionen der Branche vernetzen sich auf der MedtecLIVE, um Kontakte zu knüpfen, Ideen zu teilen und neue Innovationen zu schaffen. Auf dem renommierten MedTech Summit Congress & Partnering diskutieren Hersteller, Anwender und Forscher interdisziplinär zukünftige Entwicklungen der Branche. Veranstalter der Messe ist die MedtecLIVE GmbH, ein Joint Venture der NürnbergMesse mit Informa markets. Der MedTech Summit wird vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie veranstaltet und von Bayern Innovativ durchgeführt. Das Forum MedTech Pharma ist ideeller Träger von MedtecLIVE und MedTech Summit. Die nächste MedtecLIVE findet vom 31. März bis 2. April 2020 im Messezentrum Nürnberg statt.

➔ www.medteclive.com/de

Orthesen und Prothesen aus biobasierten Kunststoffen

Biobasierte Knie-Prothese besteht Dauertest nach ISO 10328

In einem Forschungsprojekt befassten sich das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) und die Firmen Tecnaro und Dambeck mit Orthesen und Prothesen aus biobasierten Werkstoffen. Sie entwickelten geeignete Biopolymer-Compounds, stellten daraus Funktionsmuster her und testeten diese. Eine biobasierte Knieprothese bestand erfolgreich den Dauerbelastungstest nach ISO 10328, außerdem erwies sich der 3D-Druck von Prothesen mit Biomaterialien als vielversprechend.

Tecnaro kam die Aufgabe zu, geeignete Biopolymere, Naturfasern und Additive zu selektieren und daraus neue Compounds zu entwickeln. Besonderen Wert legte der Biopolymerhersteller dabei auf eine gute Verarbeitbarkeit im Plattenextrusionsprozess, um eine spätere industrielle Herstellung zu ermöglichen. Aus den ausgewählten Werkstoffen fertigten das Fraunhofer IPA und die Orthopädietechnik-Firma Dambeck verschiedene Orthesen und Prothesen, die sie diversen Tests unterzogen. Besonders vielversprechend war die Herstellung einer sogenannten *All Terrain-Knieprothese* (AT-Knie) im Spritzgussverfahren, die bereits aus herkömmlichen Kunststoffen auf dem Markt ist.

Die Forscher stellten zwei biobasierte Varianten aus Compounds mit einem biobasierten Anteil von 72 % beziehungsweise 100 % her und erprobten sie erfolgreich nach ISO 10328 im Dauertest mit 3 Mio. Belastungszyklen.

Ein wichtiger Meilenstein im Projekt war der 3D-Druck. Das IPA stellte mit diesem Verfahren eine Niagara-Fußprothese inklusive einer sogenannten Kosmetik (Nachbildung der Körperform) her. Den dafür erforderlichen weichen Biokunststoff hatten die Forscher ebenfalls im Projekt entwickelt. Mechanische Tests mit dem 3D-Druckmodell konnten im Projektzeitraum nicht mehr durchgeführt werden; die Forscher halten dieses Herstellungsverfahren jedoch für interessant.

Aus dem Projekt stehen nun viele neue, biobasierte Werkstoffe zur Verfügung, darunter transparente, wärmeformstabile, nahezu splitterfreie oder im 3D-Druck verarbeitbare. Auch besonders hochmodulige Werkstoffe für Anforderungen mit hoher Dimensionsstabilität und besonders weiche Werkstoffe, die sich auch für Kinderspielzeuge eignen, wurden entwickelt. Alle Compounds haben ein gutes Schmelzverhalten, die Viskositäten lassen sich im Rahmen der für Polymerschmelzen typischen Werte einstellen, außerdem



Handorthese aus Biocompound

(Foto: Dambeck GmbH)

wurden sie auf Unbedenklichkeit im Kontakt zum menschlichen Körper geprüft. Die entwickelten Materialien erfüllen damit alle Voraussetzungen für eine Serienproduktion von orthetischen und prothetischen Bauteilen oder anderen neuen Produkten. Die Projektpartner stellen Interessenten gerne Materialmuster zur Verfügung.

Das Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) gefördert. Die Abschlussberichte stehen auf www.fnr.de unter den Förderkennzeichen 22022012, 22016014 und 22015914 zur Verfügung.

N. Paul

➔ www.fnr.de



ZVO-OBERFLÄCHENTAGE
BERLIN
11.-13.09.2019
Wir stellen aus
Stand Nr.:
25

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

Plasma im biologischen Katastrophenfall

Verbundprojekt MoPlasDekon präsentiert mobilen Plasma-Desinfektor zur Abwehr biologischer Gefahren in Seuchengebieten

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) initiierten Programms *Forschung für die zivile Sicherheit* kam das dreijährige Förderprojekt *MoPlasDekon* (Mobile Plasma-Dekontamination) im August d. J. zu seinem Abschluss. Ende Juli stellten die Verbundpartner Plasmatreat GmbH, Steinhagen, Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Freising, und m-u-t GmbH, Wedel, zusammen mit dem Bayerischen Roten Kreuz (BRK) die in diesem Forschungsprojekt neu entwickelte mobile Plasma-Dekontaminationsanlage zum Einsatz im Katastrophenschutz vor.

Fachberatende Unterstützung aus der Praxis hatten die Verbundpartner während der Projektzeit von den assoziierten Partnern Feuerwehr Essen (Analytische Task-Force), Bayerisches Rotes Kreuz, München, Robert Koch-Institut, Berlin, sowie dem Unternehmen INHAG Zelte und Zubehör, Schlüchtern, erhalten. Die Partner hatten sich im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung initiierten Programms *Forschung*

für die zivile Sicherheit 2016 zu dem Forschungsprojekt MoPlasDekon zusammenschlossen mit dem Ziel, der herkömmlichen chemischen Dekontamination von verseuchten Oberflächen eine umweltfreundliche, leichter einsetzbare und schneller wirkende Entkeimungsmethode entgegenzusetzen.

Legen Rettungskräfte in Seuchengebieten ihre Kunststoffschutzanzüge nach Einsatzende ab, sind sie durch Krankheitserreger, die an diesen Anzügen anhaften, in hohem Maße gefährdet. Auch die Innenräume verseuchter Krankentransportwagen müssen von Bakterien, Pilzen und Viren befreit werden. Die Dekontamination dieser Gegenstände erfolgt im Allgemeinen mit gesundheitsschädlichen und die Umwelt stark belastenden Nasschemikalien.

Zur umweltfreundlichen Abwehr von biologischen Gefahren in Seuchengebieten entwickelten und testeten die MoPlasDekon-Projektpartner ein auf der Erzeugung von DBD-Plasma (Dielectric Barrier Discharge) basierendes neuartiges Dekontaminationsystem. Das Gerät ist erstmals mobil ein-

setzbar und kann bei Stromausfall mit einem eingebauten Lithiumionenakku betrieben werden. Mit der Anlage soll es zukünftig möglich werden, an jedem Ort der Welt verseuchte Gegenstände ohne den Einsatz von aggressiven Chemikalien zu entkeimen.

Mit der neuen Plasmatechnologie lassen sich gefährliche Krankheitserreger trocken und in kürzester Zeit auf den Oberflächen diverser Materialien (wie Kunststoffe, Metall oder Glas) ohne Gefahr für Umwelt und Gesundheit eliminieren. Das neue System benötigt nur elektrische Energie und Luft als Prozessgas. Schutzanzüge der Einsatzkräfte werden damit ebenso effektiv desinfiziert, wie die Innenräume ganzer Krankentransportwagen. Neben der mobilen Plasmaeinheit wurde eine innovative Gassensorik entwickelt, mit der die Wirksamkeit der Plasmabehandlung gegenüber den pathogenen Erregern vor Ort überprüft werden kann.

Die Weiterentwicklung des Demonstrators zur Serienreife ist der nächste Schritt. Am industriellen Endprodukt interessierten Investoren stehen die Türen offen. Sie finden vielversprechendes vor: Das erste mobile, per Gassensorik überwachte High-Tech-Plasmasystem, das in der Lage ist, netzstromunabhängig an jedem Katastrophenort der Welt gefährliche Krankheitserreger auf Gegenständen umweltfreundlich zu eliminieren – schnell, sicher und völlig chemiefrei.

Über Plasmatreat

Plasmatreat zählt zu den international führenden Unternehmen in der Entwicklung von atmosphärischen Plasmatechnologien und -systemen zur Vorbehandlung von Materialoberflächen. Die Openair-Plasma®-Düsenteknologie wird weltweit in automatisierten und kontinuierlichen Fertigungsprozessen in nahezu allen Industriebereichen eingesetzt. Die Plasmatreat-Gruppe besitzt Technologiezentren in Deutschland (Hauptsitz), den USA, Kanada, China und Japan und ist in mehr als 30 Ländern vertreten. Inès A. Melamies

Kontakt

Verbundkoordinator MoPlasDekon: Dr. Alexander Knospe;
E-Mail: alexander.knospe@plasmatreat.de

➔ www.plasmatreat.de



Dr. Alexander Knospe (vorne, Mitte), Leiter Innovationsmanagement bei Plasmatreat und MoPlasDekon-Verbundkoordinator, präsentiert zusammen mit seinen Plasmatreat-Kollegen Prof. Dr. Thomas Schmitt-John (li.) und Sebastian Guist (re.) den mobilen Plasma-Desinfektor. Im Hintergrund: Krankentransportwagen des BRK (Foto: Plasmatreat)

Stromoptimierte Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in der Galvanotechnikbranche

Steigende Energieflexibilität durch residuallast-angepasste KWK

Von E. Köse, A. Sauer, B. Thomas, T. Müller, S. Kölle und P. Schwanzer

Das Thema Energieflexibilität und Anpassung der eigenerzeugten Energie an die Energieerzeugung aus regenerativen Energien gewinnt an Bedeutung. Regulierbare Eigenerzeugungsanlagen können zur Stabilisierung des Netzes einen enormen Beitrag leisten. Dieser Aufsatz zeigt, welchen Effekt der Einsatz von BHKW auf die Galvanikbranche hat und wie nicht nur die eigenen Energiekosten reduziert, sondern auch die Möglichkeit geschaffen wird, auf Signale der Energiewirtschaft zu reagieren, ohne die Energieversorgung zu unterbrechen.



Zum online-Artikel

Power-optimized Combined Heat and Power for the electroplating industry – Respond to increasing energy flexibility through residual energy adapted combined heat and power plants

The subject of energy flexibility and adaptation of self-generated energy to energy production from renewable energies is becoming more important. Adjustable distributed power plants can have a huge impact for stabilizing the power grid. This article displays the effects of using combined heat and power on the electroplating industry. It demonstrates how energy costs can be reduced, and furthermore how the possibility can be created to respond to signals of the energy industry without interrupting the energy supply.

1 Einleitung und Überblick

Im Jahr 2017 wurden 36,1 % des verbrauchten Stroms von erneuerbaren Energien abgedeckt. Insbesondere der Anstieg an Windkraft konnte in den letzten Jahren ein enormes Wachstum verzeichnen. Diese Energien unterliegen allerdings einer gewissen Fluktuation, da die Verfügbarkeit nicht vollumfänglich vorhersehbar ist. Die Volatilität des deutschen Strommarktes an der EEX (EEX: European Energy Exchange) verzeichnete im Jahr 2017 so viele Negativpreisstunden wie noch nie [1]. Um den flexiblen Strommarkt zu unterstützen und gleichzeitig die Energiekosten von Unternehmen zu reduzieren, wird in diesem Beitrag eine residuallast-optimierte Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) für die Zeiten, in denen die regenerativen Energien den geringsten Deckungsbeitrag vom Energieverbrauch leisten oder in Zeiten einer Überdeckung abschalten, vorgestellt. Dabei wird die Energieversorgung der Unternehmen nicht unterbrochen.

Des Weiteren werden die Rahmenbedingungen der Energieflexibilität, der Stand der Forschung und die Notwendigkeit einer residuallast-angepassten Fahrweise von KWK erläutert. Schließlich wird die Funktionsweise eines residuallast-angepassten Blockheizkraftwerks (BHKW) beschrieben sowie das Anwendungsgebiet der Galvanikbranche nä-

her betrachtet; mögliche Potenziale werden angegeben und eine Einordnung der galvanischen Prozesse vollzogen. Abschließend werden der weitere Forschungsbedarf und ein Ausblick vorgestellt.

2 Energieflexibilität

Grundsätzlich können eine Stabilisierung des Netzes und die Gewährleistung der Versorgungssicherheit unter anderem durch die Abschaltung von regenerativen Anlagen oder durch den Bezug von Regelenergie sichergestellt werden. Die Abschaltung und auch die Nutzung von Regelenergie sind mit Kosten verbunden, die von den Übertragungsnetzbetreibern getragen und in die Netzentgelte eingepreist werden.

Die Vorhaltung von Sekundärregelenergie und Minutenreserven kostete die Übertragungsnetzbetreiber im Jahr 2016 etwa 123,8 Millionen Euro. Dabei betrug die eingesetzte Energiemenge etwa 1,4 TWh für positive Sekundärregelleistung und 0,7 TWh für negative Sekundärregelleistung. Die abgerufene Energiemenge für Minutenregelleistung lag in Summe bei einem Wert von 0,228 TWh. Die Redispatch-Maßnahmen – also die Erhöhung oder Reduzierung von Kraftwerken nach vertraglicher Vereinbarung – beliefen sich im selben Zeitraum auf 11,475 TWh beziehungsweise 220 Millio-

nen Euro. Das Abschalten von erneuerbaren Energien, Grubengas- und KWK-Anlagen wird Einspeisemanagement genannt. Nach dem Rekordjahr 2015, in dem 4,722 TWh abgeregelt wurden, ist die Ausfallarbeit im Jahr 2016 auf 3,743 TWh gesunken [2].

Tendenziell sind die Kosten für die Regulierung des Netzes gesunken. Die Regelung der Energieerzeugung und auch das Lastmanagement auf der Verbraucherseite werden mit einem weiteren Anstieg der erneuerbaren Energien jedoch weiter an Bedeutung gewinnen. Insgesamt gibt es vier Flexibilitätsoptionen:

- die *Regelung der Erzeugung* beziehungsweise der Wechsel des Energieträgers
- die *Regelung der Übertragung*
- die *Steuerung des Verbrauchs* und
- die *Speicherung von Energie* [3, 4].

Es gibt bereits Blockheizkraftwerke (BHKW), die entsprechend der Strompreise der Strombörse in Leipzig (EEX) ihre Leistung auf dieser Plattform verkaufen und somit ihren Gewinn aus dem Verkauf von Energie maximieren [5]. Erneuerbare Energien und KWK-Anlagen nehmen ebenfalls schon aktiv am Regelenergiemarkt teil. Untersuchungen haben ergeben, dass Blockheizkraftwerke in Wohn- und Nicht-Wohngebäuden einen wichtigen Beitrag zur Stabilisierung des Netzes – auch im Hinblick auf die aus derzeitiger Sicht

OBERFLÄCHEN

zu erwartenden, zukünftige Ausbauszenarien – leisten können [6]. Diese Anlagen, die ihre Leistung entsprechend den Anforderungen aus dem Regelenergiemarkt hinauf oder herunter drosseln können, bieten die produzierte Energie im Gebäudemanagement oder mittels Elektroheizern an [6, 7].

Das Forschungsvorhaben *GalvanoFlex_BW* hat das Ziel, die Eigenenergieerzeugung eines produzierenden Unternehmens zu optimieren, indem der Wärme- und Stromverbrauch der Produktion durch die Energieerzeugung von einem Blockheizkraftwerk kostenoptimal gedeckt und zusätzlich die maximale Leistung zur Netzstabilisierung bereitgestellt wird. In diesem Beitrag wird der erste Schritt zur kostenoptimalen Erzeugung aufgezeigt. Durch die Maximierung des Eigenstromanteils und die Reduzierung der Spitzenlast – ohne dabei die Medienversorgung zu unterbrechen – wird der erste Teil des Forschungsvorhabens dargestellt.

3 Residuallast-angepasstes BHKW

Derzeit werden Blockheizkraftwerke meist wärmegeführt betrieben. Das bedeutet, dass mit dem Blockheizkraftwerk versucht wird, den Wärmebedarf eines Gebäudes soweit wie möglich abzudecken und den dabei generierten Strom je nach Situation ins Netz einzuspeisen oder dem Gebäude zur Verfügung zu stellen, wenn dort eine Nachfrage besteht. Dabei stellt der Eigenverbrauch jedoch die deutlich wirtschaftlichere Variante dar. Das soll nun bei einem stromoptimiert betriebenen Blockheizkraftwerk beachtet werden. Der primäre Fokus liegt dabei zwar immer noch auf der Deckung des Wärmebedarfs, allerdings wird die Flexibilität des Pufferspeichers genutzt, um das Blockheizkraftwerk nach Möglichkeit immer dann zu betreiben, wenn ein erhöhter Strombedarf vorliegt.

In einem im Rahmen von *BWplus* geförderten Vorprojekt (Stromoptimierter Betrieb von KWK-Anlagen durch intelligentes Wärmespeichermanagement, 2016 [8]) ist am Reutlinger Energiezentrum (REZ) der Hochschule Reutlingen ein Modell entwickelt worden, mit dessen Hilfe die stromoptimierte Betriebsweise von Blockheizkraftwerken simuliert werden kann. Inhalt des Projekts *GalvanoFlex_BW* ist es nun, dieses Modell weiter zu entwickeln und an die Gegebenheiten von Industriebetrieben anzupassen. Die Funktionsweise des Modells soll an dieser Stelle nur kurz erläutert werden. Genauere Details sind dem Abschlussbericht zum oben genann-

ten Projekt sowie einer daraus entstandenen Veröffentlichung zu entnehmen [9].

3.1 Simulation in GalvanoFlex_BW

Eingangsgröße für die Fahrplanoptimierung des Blockheizkraftwerks ist eine Prognose für den kumulierten Wärmebedarf über die 24 Stunden des Folgetags. Wird zu der so entstehenden Wärmebedarfskurve die thermische Kapazität des Wärmespeichers addiert, so ergibt sich eine zweite, obere Wärmebedarfskurve, die parallel zur Ausgangs- oder unteren Wärmebedarfskurve verläuft. Zwischen diesen beiden Kurven befindet sich das sogenannte Flexibilitätsband, in dem das Blockheizkraftwerk einzig unter Berücksichtigung der Belange des Blockheizkraftwerks selbst beliebig ein- oder ausgeschaltet werden kann. Unter dieser Randbedingung werden in diesem Bereich eine hohe Anzahl Fahrpläne nach dem Monte-Carlo-Verfahren erzeugt. Dabei wird in festen Zeitabständen per Zufall entschieden, ob das Blockheizkraftwerk ein- oder ausgeschaltet sein soll.

Als Randbedingungen im Hinblick auf die zuvor genannten Belange des Blockheizkraftwerks werden die Mindestlaufzeiten und Mindeststillstandzeiten für das Blockheizkraftwerk definiert, die eingehalten werden müssen. Ebenso muss der Fahrplan in jedem Fall im Bereich zwischen den beiden Wärmebedarfskurven verlaufen. Anschließend werden alle mit Hilfe des Monte-Carlo-Verfahrens generierten Fahrpläne hinsichtlich der erzielten Eigenstromdeckung auf Basis des Stromlastgangs ausgewertet.

Aus einer Untermenge der besten Fahrpläne wird dann derjenige ausgewählt, bei dem das Blockheizkraftwerk die wenigsten Starts aufweist. Weniger Starts erhöhen den Gesamtwirkungsgrad des Blockheizkraftwerks und wirken sich positiv auf die Lebensdauer aus. Die Simulation wird in Matlab/Simulink ausgeführt und sie dient der Verifizierung und Optimierung der Steuerungsalgorithmik. Im Anschluss daran, das heißt nach erfolgreichem Abschluss dieser Arbeiten, kann der Algorithmus auf die Steuerung des Blockheizkraftwerks portiert und in der Praxis getestet werden.

Letztendlich ist das Ergebnis jedoch von der Prognose der Strom- und Wärmelastgänge im jeweiligen Versorgungsobjekt abhängig. Je besser diese Prognosen sind, desto genauer sind die erstellten Fahrpläne und desto eher lässt sich damit die Eigenverbrauchrate erhöhen.

4 Galvanotechnikbranche als mögliches Einsatzfeld

Für die Etablierung von KWK-Anlagen in Unternehmen und im Privatsektor ist es wichtig, dass ein gewisser Wärmebedarf innerhalb des Bilanzrahmens vorliegt oder die entstehende Wärme in ein Fern- oder Nahwärmenetz abgeführt werden kann. Der Einsatz von KWK-Anlagen bietet sich insbesondere an, wenn nicht nur die erzeugte Wärme, sondern auch der parallel erzeugte Strom genutzt werden können. Die durchgeführte volkswirtschaftliche Betrachtung bezieht sich auf ein Szenario mit Wärmesenke innerhalb des Unternehmens.

Mittelgroße Galvanikunternehmen mit 70 bis 100 Mitarbeitern haben einen typischen Energieverbrauch in Form von Strom und Wärme zwischen 5.000 MWh und 10.000 MWh. Dabei verteilt sich der Energieverbrauch von Galvanikbetrieben im Durchschnitt auf 60 % Strom und 40 % Wärme. Der Anteil der Energiekosten kann zwischen 7 % und 20 % variieren. Der Anteil hängt insbesondere vom eingesetzten Verfahren ab [10]. Details hierzu werden in *Abschnitt 4.1* näher beschrieben.

Blockheizkraftwerke erreichen eine Vorlauftemperatur von bis zu 105 °C und bieten sich daher für Galvanikbetriebe an. Die meisten galvanischen Prozesse werden zwischen 0 °C (Verfahren der Hartanodisation (Schicht wird als Harteloxal bezeichnet)) und 90 °C (chemische Abscheidung von Nickel) betrieben. Neben dem Temperaturniveau ist ein weiterer wichtiger Faktor bei der Auswahl der KWK-Anlage das benötigte Verbrauchsverhältnis von Wärme und Strom.

Zur Beschreibung der Eignung eines Blockheizkraftwerks wird die Stromkennzahl S berechnet (*Gl. <1>*) [11].

$$S = P_{el} / Q_{Nutz} \quad <1>$$

Hierfür werden die elektrische Nutzleistung P_{el} und die thermische Nutzleistung Q_{Nutz} ins Verhältnis gesetzt. Blockheizkraftwerke können so je nach eingesetztem Antriebsmotor und Energiequelle eine Stromkennzahl zwischen 0,3 und 1,1 vorweisen [12]. Die durchschnittliche Verteilung von 60 % Strom und 40 % Wärme entspricht einer Stromkennzahl von 1,5. Da die Stromkennzahl von Galvanikbetrieben größer ist, als die eines Blockheizkraftwerks, bedeutet das, dass der Strombedarf nicht vollumfänglich abgedeckt werden kann und somit zusätzlich Strom aus dem Netz bezogen werden muss. Diese Flexibilität wird innerhalb dieses Forschungsvorhabens genutzt, um das Netz durch Abschalten

des Blockheizkraftwerks in den Zeiten zu belasten, in denen zu viel regenerativer Strom im Netz ist und das Netz durch das Einschalten des Blockheizkraftwerks in den Zeiten zu stabilisieren, in denen eine hohe Residuallast vorliegt.

Die Galvanikbranche in Deutschland besteht in etwa aus 1500 industriellen Lohn- und Betriebsgalvaniken [13]. Mit dem oben genannten gemittelten Energieverbrauch hat diese Branche einen Energieverbrauch von etwa 11,25 °TWh (6,75 °TWh_{el} und 4,5 TWh_{th} (el = elektrische Energie, th = thermische Energie). Die erzielbaren Effekte durch den Einsatz eines Blockheizkraftwerks für Galvanikbetriebe in Deutschland können aus *Tabelle 1* entnommen werden.

Bei einem reinen wärmegeführten Betrieb und einer Stromkennzahl von 1,1 könnten 4,95 TWh_{el} durch Blockheizkraftwerke in Unternehmen erzeugt werden, die restlichen 1,8 TWh_{el} müssten aus dem Netz bezogen werden. Die hier angenommenen spezifischen Kohlenstoffdioxidemissionen für das Blockheizkraftwerk stellen einen Mittelwert aus unterschiedlichen Blockheizkraftwerken mit unterschiedlicher Stromkennzahl und Energieträgern dar. Diese gekoppelte Strom- und Wärmebereitstellung würde gegenüber einer getrennten Erzeugung zu einer Einsparung an erzeugtem Kohlenstoffdioxid und Primärenergie von zirka 5920 t CO₂ und 11,87 TWh führen [11, 14–16]. Auf Deutschland bezogen, das pro Jahr etwa 3756 TWh Energie verbraucht [17], könnten auf diese Weise ungefähr 0,3 % des Primärenergieverbrauchs eingespart werden.

Tab. 1: Einsparungen eines Blockheizkraftwerks (BHKW) gegenüber konventioneller Erzeugung

	Netz + Gaskessel	BHKW	Differenz
Elektr. Endenergieverbrauch (Netzbezug)	6,75 TWh _{el}	1,80 TWh _{el}	4,95 TWh _{el}
Elektr. Eigenerzeugung (BHKW)	-	4,95 TWh _{el}	-4,95 TWh _{el}
Therm. Endenergieverbrauch	4,50 TWh _{th}	4,50 TWh _{th}	0,00 TWh _{th}
Summe	11,25 TWh _{el+th}	11,25 TWh _{el+th}	0,00 TWh _{el+th}
Primärenergieeinsatz zur Stromproduktion (Netz)	15,84 TWh	4,23 TWh	11,61 TWh
Primärenergieeinsatz zur Wärmeproduktion (Kessel)	5,00 TWh	0,00 TWh	5,00 TWh
Primärenergieeinsatz gekoppelt (BHKW)	-	4,74 TWh	-4,74 TWh
Summe Primärenergie	20,84 TWh	8,97 TWh	11,87 TWh
CO ₂ -Emissionen	9354 t	3438 t	5920 t

Wirkungsgrad: Stromnetz: 42,6 % [14]; Gaskessel: 90,0 % [15]; BHKW: 95,0 % [11]

Spezifische CO₂-Emissionen: Stromnetz: 527 g CO₂/kWh [16]; Gaskessel: 202 g CO₂/kWh [15];

BHKW: 255 g CO₂/kWh [15]

4.1 Einordnung der galvanischen Verfahren

Die hohen Energiekostenanteile der Branche sind auf das Grundprinzip der Galvanotechnik zurückzuführen. Die Schichtabscheidung erfolgt elektrochemisch aus meist wässrigen Metallsalzlösungen, den Elektrolyten. Durch das Anlegen eines elektrischen Gleichstroms werden Metallionen aus den Elektrolyten am Bauteil reduziert und bilden dadurch eine schützende Schicht. Zur elektrischen Energie zur Metallabscheidung kommt der Energiebedarf für die Temperierung der Prozess. Die meisten Verfahren, wie beispielsweise das Vernickeln oder das Verzinken, arbeiten bei Temperaturen zwischen 20 °C und 60 °C [18]. Dem Beschichtungsprozess sind Vorbehandlungsschritte zur Reinigung der Bauteile vorgeschaltet, die meist bei Temperaturen zwischen 40 °C und 60 °C betrieben werden

und den Wärmebedarf mitbestimmen [18]. Je nach Verfahren können thermische Nachbehandlungsprozesse notwendig sein. Der Energieverbrauch erweitert sich durch verschiedene Komponenten von galvanotechnischen Anlagen, zum Beispiel Umwälzpumpen, Absaugung, Trockner oder Antriebe.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Auf WOMag-online steht der gesamte Beitrag für alle Leser in vollem Umfang zur Verfügung. Im Weiteren wird eine detaillierte Betrachtung des BHKW-Einsatzes in einem galvanischen Betrieb mit den erzielbaren Einsparungen bei unterschiedlichen Betriebsarten vorgenommen. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 4,5 Seiten mit 2 Abbildungen, 1 Tabelle und 21 Literaturhinweisen.

HARTER
drying solutions

NIE WIEDER NASSE BAUTEILE.

Machen Sie keine Kompromisse bei der TROCKNUNG, wenn Sie das beste und sicherste Ergebnis wollen.

Harter-Trockner werden staatlich gefördert

BESUCHEN SIE UNS:
ZVO
Oberflächentage
in Berlin
11. - 13. Sept. 2019

Funktionale Chromschichten zwischen Autorisierung und Substitution

Von Dr.-Ing. Martin Metzner

Funktionale Chromschichten bringen einen ganzen Strauß von Eigenschaften mit sich, die in Summe oder auch nur in Teilen von keiner anderen Schicht erreicht werden. Warum die Hartchromschicht in vielen Endanwendungen so hervorragend funktioniert, wissen oft weder Beschichter noch Anwender im Detail. Es wäre zwar schön, das besser zu verstehen, aber Leidensdruck dazu gab es bisher nicht. Das hat sich spätestens mit dem Sunset Date für sechswertige Chromverbindungen am 21. September 2017 grundlegend geändert.

Es ist zu erwarten, dass die aktuell laufenden Autorisierungsanträge von Konsortien positiv beschieden werden, jedoch muss dabei von Befristungen endend im September 2024 ausgegangen werden. Die Anzeichen sind deutlich, dass bei künftigen Autorisierungen die Analyse der Alternativen sehr spezifisch in Bezug auf die Anwendungseigenschaften ausgeführt werden muss. Vor allem mit dem Ziel möglichst langer Fristen. Dazu bedarf es aber der exakten Aufarbeitung, welche der vielfältigen positiven Eigenschaften von Hartchromschichten (Antiadhäsionsverhalten, chemische Beständigkeit, einstellbare Risszahlen, Verschleißbeständigkeit, gute Haftung, einstellbare Topographie..., um nur wenige zu nennen) relevant sind für die jeweilige industrielle Anwendung. Laufende Projekte am Fraunhofer IPA zur Analyse der Alternativen für verschiedenste Industriezweige ergeben, dass sich oft komplexe Anwendungseigenschaften als relevant erweisen, die sich wiederum aus einzelnen Werkstoffeigenschaften der Schichten zusammensetzen. Losbrechkräfte gegen definierte Gegenkörper unter spezifischen Umgebungsbedingungen sind dafür nur ein Beispiel.

Das Wesentliche dabei ist, solche Anwendungseigenschaften nicht nur zu benennen, sondern – soweit möglich – prüf- und quantifizierbar zu machen. Dabei zeigt die Erfahrung – wenig überraschend –, dass als potenzielle Alternativen in Betracht gezogene Schichten, seien sie mit galvanischen oder mit anderen Verfahren erzeugt, bestenfalls kleine Teile des Anwendungsspektrums besetzen können. Die spezifische Elektrokristallisation (Kristalltextur und Kristallgröße) so-



Dr.-Ing. Martin Metzner (Bild: Fraunhofer IPA)

wie die Reinheit von Fremdstoffen führen bei der Verchromung aus sechswertigen Elektrolyten offensichtlich zu einem Paket günstiger Eigenschaften, das aktuell absehbar von keinem anderen System erreicht werden kann. Die saubere und spezifische Aufarbeitung dieser wichtigen Eigenschaften in der Analyse der Alternativen und anlagentechnische Maßnahmen zum sicheren Schutz von Mensch und Umwelt sind zwingend not-



Wir produzieren Zukunft

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

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

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Martin Metzner

Abteilungsleiter Galvanotechnik,
Fraunhofer IPA, Stuttgart

☞ www.ipa.fraunhofer.de/galvanotechnik

wendige Maßnahmen, um eine langfristige REACH-Autorisierung zu erhalten und die Endkunden weiterhin innerhalb der EU beliefern zu können.



Versuchsanlage für die Präzisionsbeschichtung mittels Verfahren der Galvanotechnik (Bild: Fraunhofer IPA)

REACH-Zulassung Chrom(VI) – Herausforderung für die gesamte Lieferkette

Der **CSR** beschreibt das Risiko, auf das der Hersteller/Importeur mit seinem Sicherheitsdatenblatt (SDB/SDS – Safty Data Sheet) hinweisen muss.

Arbeitsschutz und die Sicherung der Gesundheit der Mitarbeiter muss/sollte für alle Unternehmen höchste Priorität haben und ist sicher (wenn noch nicht realisiert) mit einigen technischen Verbesserungen (zum Beispiel unter Nutzung der Sammlung an Verfahren gemäß Best Practice) relativ kurzfristig zu erreichen und damit keine unüberwindbare Hürde. (Expositionsgrenzwerte für Chrom(VI) in der EU 5 µg/m³, in Deutschland dagegen 1 µg/m³.)

Die **AoA** stellt den einzelnen Galvanotechnikbetrieb vor größere Herausforderungen

– Es ist im Falle der galvanischen Verchromung zu prüfen, ob es für die vom Kunden geforderten Eigenschaften eine mögliche Alternative gibt, die sowohl in den technischen als auch optischen Voraussetzungen der Veredlung mit Chrom(VI) entspricht. Hierbei entsteht für das Unternehmen ein Problem, da es in der Argumentation nicht anführen kann, dass das Produkt SVHC-Stoffe beinhaltet. Nach der Abscheidung verbleibt nur noch Chrom(0) – also metallisches Chrom – und dieses ist für den Kunden und Endkunden mit keinerlei Risiko verbunden.

– Ein Lohnbetrieb hat nicht den **einen Kunden**, sondern im Regelfall eine große Bandbreite an industrieller Fertigung, die sowohl *funktionelle* als auch *dekorativ funktionelle* Schichten benötigt. Der Betrieb hat also mit einer Anzahl X Unternehmen einen Dialog zu führen, ob eine mögliche Alternative (die auch in einem industriellen Maßstab zur Verfügung steht) für das jeweilige Unternehmen in Betracht kommt. Außerdem stellt sich die Frage, in welchem Zeitraum aufgrund von Lieferverpflichtungen noch nachgeliefert oder repariert werden muss.

Wesentliche Bestandteile des REACH-Zulassungsdossiers am Beispiel von Chrom(VI)

CSR – chemical safety report

Basierend auf den Angaben in der Registrierung des Herstellers / Importeurs.

AoA – Analysis of Alternatives

Wesentlicher Bestandteil der Anforderungen von REACH an den Antragsteller (Applicant) ist der Nachweis einer möglichen Alternative für den SVHC/CMR-Stoff. Wenn eine technisch und industriell mögliche Alternative vorhanden ist, muss substituiert werden.

SEA – Sozioökonomische Analyse

Wenn es eine Alternative gibt, die das Unternehmen aufgrund von Anforderungen der Kunden nicht realisieren kann, muss in der SEA nachgewiesen werden, dass der gesellschaftliche Nutzen der Anwendung von Chrom(VI) höher ist als die Kosten, die weiterhin durch eine mögliche Nutzung entstehen.

– Im Regelfall wird der Beschichtungsbetrieb zudem unterschiedliche Möglichkeiten der Substitution für die Produkte seiner Kunden finden müssen. Eine Alternative für eine Anwendung beziehungsweise für einen Kunden muss nicht zwangsläufig auch für einen anderen Kunden geeignet sein. Der Beschichter muss also eine Entscheidung treffen, welche Kunden er im Ernstfall noch bedienen möchte, welchen Teil seines Umsatzes er aufgibt und damit seine eigene Existenz oder einen Teil davon in Frage stellt.

Wenn aufgrund der Bandbreite der industriellen Wertschöpfung für die unterschiedlichsten Branchen das galvanotechnische Unternehmen keine Möglichkeit hat zu substituieren, wird in Folge der **SEA** folgende Frage relevant: Wie weise ich in der sozioökonomischen Analyse nach, dass der Nutzen (Arbeitsplätze, Wertschöpfung) für die Allgemeinheit größer ist als der Schaden für die möglicherweise auftretenden Krankheitsfälle?

– Die Zahlen für die Wertschöpfung von Produkten allgemein, die mit Chrom aus Chrom(VI)verfahren beschichtet sind, können nur geschätzt werden. Die eigene

Wertschöpfung ist dem galvanotechnischen Betrieb bekannt. Welcher Wert in der gesamten Kette bis zum Endkunden, und an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung (ausgedrückt zum Beispiel am BIP) angesetzt werden kann, nicht.

– Die Krankheitskosten können auf der Basis der statistischen Zahlen der Vergangenheit ermittelt werden, jedoch können die verbesserte Technik und die Festlegung von Grenzwerten der Exposition für die Zukunft eine erhebliche Verbesserung bringen.

– Allgemeine Anträge können nur allgemein erhältliche Zahlen als Basis für die SEA heranziehen. Die hinter diesen Anträgen stehenden Unternehmen sind sehr heterogen, mit den unterschiedlichsten Anwendungen und Produkten; die Wertschöpfung, die hinter diesen galvanotechnischen Betrieben und ihren Kunden steht, ist nur schwer zu fassen. Die Bewertung für die Ausschüsse der ECHA wird hierdurch erschwert und damit eine kurze Zulassungszeit wahrscheinlich.

Die in Aussicht gestellten vier Jahre für die allgemeinen Zulassungsanträge sind eine kurze Zeit zur Bewältigung der Aufgaben, die

OBERFLÄCHEN

gestellt sind. Eine zu kurze Zeit um den fortwährenden Prozess der Prüfung der Substitutionsmöglichkeiten und Entwicklung neuer Verfahren und Erprobung gerecht zu werden. Hierfür gilt: **Nach der Zulassung ist vor der Zulassung.**

Bis dahin sind **Arbeitsschutz die oberste Priorität und die Erreichung der Grenzwerte Hauptaufgabe.** Ebenso eine fortschreitende Verbesserung in diesem Bereich. Eine dauernde Überschreitung und Verweigerung von Verbesserungen wird in der Zukunft unweigerlich zu einem Entzug der Zulassung führen

und damit zur Schließung von Anlagen oder Unternehmen.

Verfahrenslieferanten haben jetzt die Chance und Gelegenheit, Elektrolyte zu liefern, die die Eigenschaften des Chrom(VI)verfahrens bieten und damit den Oberflächenbetriebern und ihren Kunden und Endkunden eine Beschichtung anbieten, die akzeptiert und angenommen wird.

Die **Kunden/Endkunden** werden da, wo das Produkt eine andere als eine galvanotechnische Beschichtung erlaubt, darauf zurückgreifen. In Anwendungen, in denen die tech-

nischen Bedingungen eine Schicht aus einem Chrom(VI)verfahren erfordern, wird sich die klassische Verchromung nach dem Stand der Technik nicht ersetzen lassen.

Es bleibt ein Prozess, der für die galvanotechnischen Unternehmen aber auch für die gesamte Lieferkette eine Herausforderung darstellt. Diejenigen, die sich diesem Wandel stellen im Hinblick auf Arbeitsschutz, proaktiver Arbeit am Substitutionsthema und den Möglichkeiten, die sich in Zukunft daraus ergeben können, werden die Zukunft mitgestalten können.

≡ Versuch einer Bestandsaufnahme: Chromabscheidung aus Chrom(III)- und Chrom(VI)elektrolyten

VECCO e.V. – Verein zur Wahrung von Einsatz und Nutzung von Chromtrioxid und anderen Chemikalien in der Oberflächentechnik e.V., Arnsberg

Aufgrund der erforderlichen Autorisierung der galvanischen Chromabscheidung aus Chrom(VI)elektrolyten beziehungsweise der Einführung von Verfahren auf Basis von Chrom(III) ist es sinnvoll, die beiden Verfahren einem Vergleich in Bezug auf die Abscheidetechnologie zu unterziehen. Neben der Chromverbindung als Metalllieferant unterscheiden sich die Verfahren in der Elektrolytzusammensetzung sowie den Arbeitsparametern. Daraus resultieren Unterschiede in Bezug auf die notwendige Ausstattung der galvanischen Anlagentechnologie wie Absaugung, Elektrolytumwälzung, Anoden oder die Behandlung von Abwässern.



Zum online-Artikel

Aufgrund der europäischen Chemikalienverordnung REACH wird von den Chemie- und Verfahrenslieferanten und den Beschichtungsunternehmen, die verchromte Oberflächen herstellen, nach Möglichkeit ein Ersatz von Verfahren auf Basis von Chrom(VI) gefordert, worüber in den letzten Jahren in breitem Umfang auf Tagungen und über Fachveröffentlichungen diskutiert wurde [1-10]. Ein Aspekt dieser Entwicklung ist die Betrachtung der Eigenschaften der Chromschichten aus den Alternativverfahren auf Basis von Chrom(III)elektrolyten [11-14], die ebenfalls Gegenstand zahlreicher Veröffentlichungen und Vorträge auf Tagungen sind. Ein weiterer Aspekt dieser Entwicklung richtet sich auf die Änderungen der Prozesstechnik in betroffenen Beschichtungsunternehmen. Nach dem bisherigen Stand der Technik kann davon ausgegangen werden, dass die verfügbaren Abscheidungsverfahren für dekorative Chromschichten die Anforderungen des Marktes erfüllen; unter dekorativen Schichten sind solche zu verstehen, bei denen das Erscheinungsbild (z. B. Glanz oder Farbe) im



(© LKS Kronenberger)



(© Dittes Oberflächentechnik)



(© LKS Kronenberger)

Chromoberflächen für den Ladenbau (oben), für Musikinstrumente (rechts) oder für Beleuchtungskörper mit primär dekorativem Charakter werden zukünftig stärker aus Chrom(III)elektrolyten abgeschieden werden

Vordergrund steht und die auf Metallen oder Kunststoffen vorzugsweise als dünne Schichten abgeschieden werden. [11-14].

Neben den Eigenschaften der hergestellten Chromschichten spielen aber auch die Änderungen aufgrund der erforderlichen Prozesstechnik zur Abscheidung von Chrom aus Chrom(III)elektrolyten eine wichtige Rolle. In der Regel müssen für diese Änderungen bestehende Anlagen und Einrichtungen in einem Beschichtungsbetrieb angepasst werden. Darüber hinaus verändert sich die Handhabung zur Stabilisierung des Abscheidungsprozesses, also beispielsweise der Einsatz von notwendigen Analyseverfahren oder der Umgang mit Abwasser. Schließlich ergeben sich auf Basis der Prozesstechnik, der Handhabung sowie der Einrichtungen und Geräte für die Chromabscheidung die Kosten zur Herstellung von Chromoberflächen beziehungsweise die Preise für den Abnehmer.

Die nachfolgenden Ausführungen sind ein erster Schritt dazu, auf Basis der ausführlichen Gebrauchsanleitungen von Verfahren zur Abscheidung von dekorativen Chromoberflächen mittels Chrom(VI)elektrolyten und Systemen auf Basis von Chrom(III) einen Technikvergleich vorzunehmen, der einen Anhaltspunkt zur Abschätzung der Unterschiede der Verfahren im Einsatz ermöglicht.

1 Aufbau der Elektrolyten

Die klassischen Chrom(VI)elektrolyten zeichnen sich durch einen einfachen Aufbau aus; neben dem Metalllieferant Chromat (auch als Chromsäure bezeichnet; CrO_3) sind Schwefelsäure als Katalysator für die Bildung me-

tallischen Chroms sowie Borsäure zur Konstanthaltung des pH-Werts, der Verbesserung der Haftfestigkeit oder Ausbildung des Rissnetzwerks [22] sowie Netzmittel enthalten. Netzmittel fördert die Benetzung der zu beschichtenden Metalloberfläche und reduziert die Bildung von Elektrolytnebel. Elektrolytnebel führt zur Verteilung des Chromelektrolyten in die Umgebungsatmosphäre. Gemäß dem Stand der Technik wird dieser Elektrolytnebel durch die Absaugung am Behälterrand sehr wirkungsvoll entfernt und in einer stets vorhandenen Auswascheinrichtung aus dem Luftstrom der Absaugung entfernt und unschädlich gemacht. Die Konzentration an Chromsäure kann in einem weiten Bereich zwischen 180 g/l und bis zu 300 g/l liegen, wobei das Beschichtungsergebnis in diesem Konzentrationsbereich dem Stand der Technik zufolge unverändert gut ist. Der Gehalt an Schwefelsäure ist mit etwa 2 g/l bis 3 g/l in Bezug auf den Chromsäuregehalt gering (etwa 1 % des Gehalts an Chromsäure) und sollte dem Stand der Technik zufolge nur geringfügig schwanken. Der Gehalt an Borsäure liegt je nach Ansatz im Bereich von etwa 2 g/l und bis zu 80 g/l, wobei auch Ansätze ohne Borsäure benannt werden [22]. Der Gehalt an Netzmittel wird so eingestellt, dass keine oder nur eine geringe Schaumbildung auftritt, wobei das klassische PFOS-haltige Netzmittel dem Stand der Technik zufolge nicht mehr eingesetzt wird.

Die Bestandteile des Elektrolyten Chromsäure, Schwefelsäure und Borsäure sind chemisch gesehen sehr einfach aufgebaute Stoffe, die chemisch sehr stabil sowie gut zu

transportieren und zu handhaben sind. Sie unterliegen im Gebrauch keiner kritischen Änderung beispielsweise durch Bildung chemischer Zerfallsprodukte. Damit ist der Elektrolyt in seiner Grundzusammensetzung sehr stabil und damit auch vorteilhaft im Betrieb.

Für Elektrolyte auf Basis von Chrom(III) muss der Metalllieferant Chrom in einer komplexen Verbindung gebunden sein, um die Reaktionen in andere Oxidationsstufen (z. B. Chrom(II)) oder in ein Reaktionsprodukt mit Wasser, das für die galvanische Abscheidung ungünstige Eigenschaften aufweisen kann [15], zu verhindern. Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist Borsäure zur Stabilisierung des pH-Werts, wobei der Borsäuregehalt des Elektrolyten mit 50 g/l um den Faktor 10 über dem der Elektrolyte auf Basis von Chrom(VI) liegt. Ein Leitsalz ist zur Einstellung der elektrischen Leitfähigkeit des Elektrolyten erforderlich. Dessen Konzentration soll in einem bestimmten Verhältnis zu Borsäure vorliegen, beispielsweise in einem Verhältnis von 4:1 (Leitsalz : Borsäure). Weitere Zusätze zum Elektrolyten sind zur Einstellung der Chromfarbe, des Glanzes, zur Erreichung der Schichtdicke sowie ein Netzmittel zur Gewährleistung der Benetzung erforderlich. Damit liegt bei Elektrolyten auf Basis von Chrom(III) ein deutlich komplexerer Aufbau im Vergleich zu konventionellen Chrom(VI)elektrolyten vor. Die genaue Zusammensetzung beziehungsweise die Art der Bestandteile (mit Ausnahme von Borsäure) zählt zum Know-how des jeweiligen Elektrolyt Herstellers. Dabei ist wahrscheinlich davon auszugehen, dass es sich teilweise um organische



Maßgeschneiderte Online-Prozessanalytoren für die Industrie

Nasschemische Methoden

- Titration
- Ionenselektive Messungen (ISE)
- Photometrie

Spektroskopie

- Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS)
- Raman (Handheld)

Ionenchromatographie

- Anionen / Kationen
- Aerosole / Gase

info-pa@metrohm.de
www.metrohm.de

 **Metrohm**
Process Analytics

OBERFLÄCHEN

Bestandteile handelt mit den bekannten Tendenzen zur Zerstörung während der Elektrolytnutzung.

Das Ansetzen des gebrauchsfertigen Elektrolyten gestaltet sich für die Basis Chrom(III)- im Vergleich zu Chrom(VI) geringfügig aufwendiger, da vor allem auf den korrekten pH-Wert des Elektrolyten zu achten ist. Gleiches gilt sicher auch für den Betrieb, da die richtige Zusammensetzung des Elektrolyten aufgrund der größeren Anzahl an Komponenten zu überwachen und im korrekten Konzentrationsbereich zu halten ist. Beim Ansatz eines Elektrolyten auf Basis von Chrom(VI) steht der Schutz der Arbeitskräfte gegen unbeabsichtigten Kontakt mit Chromsäure, insbesondere bei Einsatz von Chromsäuresalz, an oberster Stelle. Hier besitzen die Chrom(III)elektrolyte einen entscheidenden Vorteil, wobei trotzdem die persönliche Schutzausrüstung für die Mitarbeiter alle Belange für den Umgang mit Chemikalien erfüllen muss; die verwendeten Chromverbindungen sind aufgrund der eingesetzten Komplexbildner ebenso wie die Zusatzstoffe nicht grundsätzlich als vollkommen unkritisch einzustufen.

2 Anlagentechnik

Der Einsatz von Elektrolyten auf Basis von Chrom(VI) erfordert dem Stand der Technik zufolge eine hocheffiziente Absaugung des entstehenden Nebels an der Oberfläche des Elektrolyten. Dieser entsteht aufgrund der starken Wasserstoffentwicklung, die auf die relativ geringe Stromausbeute von etwa 20 % bis 30 % zurückzuführen ist. Darüber hinaus hat die Elektrolyttemperatur Einfluss auf die Aerosolbildung; Messungen der Berufsgenossenschaft [23] zufolge steigen die Expositionswerte mit der Elektrolyttemperatur und liegen damit bei der Hartverchromung (höhere Elektrolyttemperatur) über

den Werten bei der Glanzverchromung. Je nach Konzentration an Netzmittel variiert die Schaumbildung an der Elektrolytoberfläche, die primär durch Platzen der Wasserstoffgasblasen für den Grad der Nebelbildung verantwortlich ist. Eine hocheffiziente Absaugung gewährleistet, dass im Bereich des Abscheidebehälters keine kritische Konzentration in der Luft auftritt. Der abgesaugte Elektrolytnebel wird im Abluftsystem durch eine geeignete Wascheinrichtung effizient entfernt.

Auch wenn Chrom(III)elektrolyte kein kritisches sechswertiges Chrom enthalten, müssen Abscheidebehälter mit einer Absaugung am Behälterrand ausgestattet sein, um Elektrolytnebel der Umgebungsluft zu entziehen. Damit wird vermieden, dass die enthaltenen Verbindungen unerwünschte Wirkungen beim Bedienpersonal oder der Umwelt auslösen können. Elektrolytnebel könnte wahrscheinlich durch die ebenfalls vorliegende Wasserstoffentwicklung in Verbindung mit der erforderliche Elektrolytumwälzung durch Lufteinblasung sowie durch die Abgabe von Elektrolyttröpfchen beim Ausheben der zu beschichtenden Teile entstehen.

Bezüglich der Ausstattung der Elektrolytbehälter besteht kein nennenswerter Unterschied zwischen Chrom(III)- und Chrom(VI)-elektrolyten; in beiden Fällen werden gummierte Stahlbehälter empfohlen.

Deutliche Unterschiede bestehen beim Einsatz der Art der Anoden. Für konventionelle Verchromungselektrolyte auf Basis von Chrom(VI) wurden und werden in überwiegender Maße Bleianoden (in der Regel mit 5 % bis 7 % Zinn legiert) eingesetzt. Seit kurzem steht die Forderung im Raum, auf Blei in der Industrie zu verzichten. Als Alternative werden platiniierte Titananoden empfohlen [16]. Chrom(III)elektrolyte erfordern dagegen



Anlage der aqua plus GmbH zur Fremdmetalabscheidung aus Chrom(III)elektrolyten [19]

Mischmetalloxid anoden, die derzeit einen erheblichen Kostenanteil bei der Nutzung der Elektrolyte darstellen. Bei diesem Anodentyp ist es zudem erforderlich, den Zustand der Anodenoberfläche regelmäßig zu überprüfen. Beschädigungen der Anoden können zur Bildung von Chrom(VI) sowie von Fremdionen führen, wodurch der Elektrolyt unbrauchbar werden kann. Mischoxidelektroden haben sich nach Aussagen aus der Praxis als einzige stabile Anodenart bewährt.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Auf WOMag-online steht der gesamte Beitrag für alle Interessierten in vollem Umfang zur Verfügung. Neben der Zusammensetzung des Elektrolyten und der Anlagentechnik werden die Unterschiede in der Prozess- und der Abwassertechnik betrachtet.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 4 Seiten mit 2 Abbildungen und 23 Literaturhinweisen.

Wasser- und Recyclingsysteme

für den effizienten und umweltgerechten Umgang mit einer wertvollen Ressource

water and recycling systems

for an efficient and environmentally compliant dealing with a valuable resource

zertifizierter Fachbetrieb nach § 19 I WHG

aqua plus
Wasser- und Recyclingsysteme GmbH

Am Barnberg 14
D-73560 Böbingen an der Rems

Tel.: +49 71 73 / 71 44 18 - 0
www.aqua-plus.de



UNSER WEG GEHT WEITER...

REACH ist in der galvanotechnischen Industrie angekommen.

Wer langfristig denkt, handelt gut daran, sich den Herausforderungen zu stellen.

Drei starke Partner möchten mit Ihnen einen Schritt weiter gehen.

Re-Autorisierung, Clusterautorisierungen, Einzelautorisierungen, Information, Beratung und Belieferung.

Wir bieten die passende

Überlebensstrategie für eine sinnvolle und sichere Anwendung von Chromtrioxid.

VECCO
we will REACH the future...
www.vecco.de

 **hapoc**
www.hapoc-gmbh.de

eupoc
european power
of complexity
www.eupoc.com

Von den Alternativen zur Substitution – Chancen und Risiken – Möglichkeiten zur Innovation?

Arbeiten des VECCO e.V., zusammengestellt von Dr. Uwe König, Haan

VECCO
we will REACH the future...
www.vecco.de

Die Wichtigkeit einer möglichen Substitution von SVHC Stoffen nimmt im gesamten REACH-Prozess stark zu. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Diskussion über die Anwendung von Chromtrioxid (Chromsäure) zu. Aufgrund der langjährigen Verwendung von Chromtrioxid in der Oberflächentechnik wird die Diskussion sehr kontrovers geführt. Während die NGOs die Vielfalt von **sicheren Verfahren** in den Fokus stellen, ist für die Anwender die **Vielfalt der Produkte und Märkte** im Fokus der Diskussion. In einem Bericht der EU-Kommission 2017 *Impacts of REACH Authorisation* [1] werden die Positionen im Detail gegenübergestellt. Leider wird kein Vorschlag zu einer Lösung gemacht.

Allerdings hat die Kommission, unter anderem bezugnehmend auf den Report 2017 [1], die allgemeine Bedeutung von Substitutionsanstrengungen in ihrem offiziellen Bericht zum Stand von REACH [2] betont, gleichzeitig aber auch darauf hingewiesen, dass eine detaillierte Abwägung der Ziele notwendig ist:

Das Zulassungsverfahren wird seinen Zielen, eine angemessene Kontrolle zu gewährleisten und Substitutionsprodukte zu fördern, gerecht, soweit technisch und wirtschaftlich realisierbare Alternativen zur Verfügung stehen. Seine Durchführung sollte noch effizienter werden und zum Ziel haben, den Verwaltungsaufwand und die wirtschaftliche Unsicherheit für antragstellende Unternehmen und insbesondere KMU weiter zu verringern [2].

Als Maßnahme hat die Kommission definiert:

Maßnahme 5: Förderung der Substitution von SVHC-Stoffen – Die Kommission, die ECHA und die Mitgliedstaaten werden verstärkt Fördermaßnahmen treffen, um die Substitution von SVHC-Stoffen zu erleichtern. Dies kann auch die Förderung des Aufbaus von Kapazitäten und von Kooperationsnetzen sowie von F&E-Investitionen (der EU und der Mitgliedstaaten) in nachhaltige Chemikalien und technologische Innovationen umfassen.

Aufgrund dieser Formulierung sind alle Verwender von Chromtrioxid aufgefordert, sich mit diesem Thema auseinanderzusetzen. Der VECCO e. V. wird dies für und gemeinsam mit seinen Mitgliedern aufgreifen und durchführen. Er wird relevante Situationsanalysen durchführen und diese den Mitgliedern als Entscheidungshilfen zur Verfügung stellen. Gleichzeitig werden die Ergebnisse den offiziellen Stellen zur Verfügung gestellt werden, um die Möglichkeiten von Substitutionen realistisch einschätzen zu können.

1 Diskussion zur Substitution von Chromtrioxid

Allgemein benennt die Studie von 2017 [1], dass der REACH-Autorisierungsprozess ein wesentlicher Treiber für Substitution ist, wie *Abbildung 1* verdeutlicht. Somit wird es notwendig sein, diese Darstellung in der weiteren Diskussion zu berücksichtigen.

Gleichzeitig benennt die Studie auch, dass der Fall des Chromtrioxids besonders ist. Folgende Ergebnisse sind für die Diskussion der Substitution aber von Bedeutung [1, S. 204]:

1. Es ist unstrittig, dass aus Gefahrensicht Chrom(VI) eine schwere Gefahr für den Menschen darstellt. Das Autorisierungsverfahren ist für den Großteil der Anwendungen zur Steuerung der Risiken nutzbar.
2. Die weite Verbreitung von Chromtrioxid, insbesondere in der Oberflächenveredlung, führt jedoch dazu, dass die Zulassung dieses Stoffes eine große Anzahl von Unternehmen betrifft, von denen eine Reihe erhebliche negative wirtschaftliche Auswirkungen erwarten.
3. Besonders die Lohnbeschichter sind mit Schwierigkeiten konfrontiert, **da sie nicht die Eigentümer des Produktes sind und nicht selbstständig zu einer Alternative wechseln können**. Kunden können Bestellungen an Nicht-EU-Lieferanten verlagern, anstatt die Entwicklung einer alternativen Technologie zu unterstützen oder direkt zu alternativen Technologien wechseln.
4. Damit ist als Folge der Zulassung in den nächsten Jahren mit einer Konsolidierung in der Oberflächentechnik zu rechnen. Dies wird zu Unternehmen führen, die sich durch Autorisierung durchsetzen und vielleicht sogar gestärkt werden, und zu anderen, die wahrscheinlich in diesem Prozess auslaufen werden.
5. Deutlich gemacht hat die Diskussion über Chromtrioxid aber die Bedeutung einer Upstream Behandlung der Autorisierung. Hintergrund ist die durch die Lohnbeschichter mögliche flexible Bearbeitung von Kundenprodukten und die Kostenbeteiligung durch viele Partner.

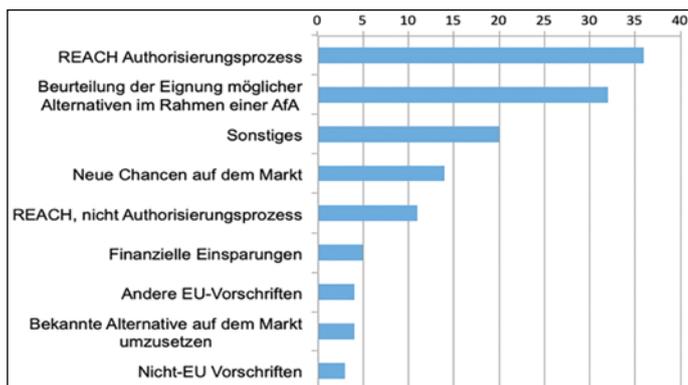


Abb. 1: Treiber für Substitution (Industrie) [1; Seite 76]



Abb. 2: Hindernisse für Substitution (Industrie) [1; Seite 77]

6. Insgesamt zeigt sich, dass spezifische Anwendungen mit einer klaren Beschreibung tendenziell Empfehlungen für längere Überprüfungszeiträume erhalten.

Zur weiteren Behandlung der Diskussion über mögliche Substitutionen ergeben sich trotz der fehlenden Empfehlungen einige Punkte, die der VECCO e.V. aufgreifen wird.

Der Bericht hebt den Netzwerkansatz des VECCO e.V. hervor, über eine Genehmigung hinaus zusammenzuarbeiten. Er betont, dass dadurch die Kräfte im Bereich F&E gebündelt werden, Beratungsarbeit geleistet werden kann, bewährte Praktiken ausgetauscht und Standards und Erfahrungen zwischen den Mitgliedsunternehmen in verschiedenen Formen ausgetauscht werden können.

2 Ansatz des VECCO e.V.

Aufgrund dieser Erfahrungen hat der VECCO e.V. den Entschluss gefasst, die Erfahrungen von möglichen Substitutionen zusammenzustellen und in der Fachzeitschrift WOMAG regelmäßig zu veröffentlichen.

Da immer wieder der Grad der Konkretisierung in der Diskussion angesprochen wird, sollen insbesondere die Erfahrungen von Anwendern mit den Potenzialen von den Verfahrenslieferanten verknüpft werden. Die Ergebnisse werden dann den Anwendern zur Verfügung gestellt, um realistische Entscheidungen für mögliche Planungen zu haben.

Ziel ist die Darstellung konkreter Beispiele, die klar zeigen sollen, was wodurch substituiert wurde, welche Anforderungen erfüllt werden müssen, wie lange es gedauert hat, und welche Kosten anfallen und welchen Nutzen die Substitution hat. Anhand der Beispiele werden die Bedingungen herausgearbeitet, die für eine Umstellung notwendig sind und die das Verfahren einhalten muss.

Gleichzeitig werden die Ergebnisse in die Diskussionen eingeführt, um diese auf eine aussagefähige Grundlage zu führen. Diese sollen helfen, die Diskussion für Behörden und NGO-Ebene zu strukturieren und Hintergrundinformation zur Verfügung zu stellen.

Aufgrund der akzeptierten Vielfalt der Produkte ist ein wichtiger Punkt, die Diskussion von einzelnen Produkten zu abstrahieren und Möglichkeiten zu finden, diese Produktvielfalt hinsichtlich möglicher Alternativen überzeugend zu beschreiben. Hierzu bietet die Auswertung der Erfahrungen mit möglichen Alternativen einen erfolversprechenden Ansatz. Dies entspricht auch dem Ansatz der ECHA, mittels **Best Practice** Beispielen die Alternativen hinsichtlich Risikobewertung,

wirtschaftlichen Aspekten und vor allem hinsichtlich einer zeitlichen Umsetzung bewerten zu können [3].

Basis ist die Studie des *Lowell Centre of Sustainable Production* aus dem Jahre 2017 [4], die von der EU Kommission und der ECHA als Diskussionsgrundlage genutzt wird. Diese Studie benennt folgende Punkte und Anforderungen für die Diskussionen als relevant [4, S. 2]:

- Erweiterung des Wissens über und des Engagements von Akteuren auf allen Ebenen, einschließlich der Behörden der EU und der Mitgliedsstaaten (MS), der Industrie (verschiedene Sektoren und die gesamte Lieferkette) und der Nicht-Regierungsorganisationen (NGO), um eine kulturelle Grundlage für Substitution und chemische Innovation zu schaffen.

- Bessere Verknüpfung von AoAs (Analyse der Alternativen) und Substitution mit Aktivitäten auf EU- und MS-Ebene in den Bereichen Innovation, Kreislaufwirtschaft und globale Wettbewerbsfähigkeit der EU-Unternehmen.

- Substitutionsgedanken als Kernansatz des Chemikalienmanagements in Unternehmen und Behörden, um den zeitlichen Ablauf der Substitutionsplanung und der Nutzung von Alternativen früher in den Prozessen der Chemikalienbewertung und -verwaltung zu beschleunigen.

- Verbesserung der Koordination und Vernetzung zwischen Behörden und anderen Organisationen, die die Unterstützung der Substitution leisten können.

- Erhöhung der verfügbaren Ressourcen, um Unternehmen und andere bei der Entscheidungsfindung über Substitution zu unterstützen.

- Steigerung des Nutzens und der Qualität von Bewertungen von Alternativen, die im Rahmen der Genehmigungs- und Beschränkungsverfahren und über Regulierungsprogramme hinaus durchgeführt werden, durch verbesserte Beratung und Ausbildung.

In Kombination mit diesen Punkten benennt der REACH-Report 2017 [1] die zu klärenden Fragen eindeutig und für Chromate sehr ausführlich. Wesentlich ist dabei die Akzeptanz durch den Kunden, wie es *Abbildung 2* ausweist.

3 Arbeiten des VECCO e.V.

Da auch der Report für Chromtrioxid diesen Punkt als wesentlich für eine Substitution benennt, wird der VECCO e.V. durch Konkretisierung, Initiierung von gemeinsamen

F&E-Projekten und Erfassung von Daten zur verlässlichen Beschreibung der Situation der Betriebe den Diskussionsprozess aktiv begleiten.

Neben der Bewertung und Einstufung von Risiken wird der VECCO e.V. diese Punkte mit den Aussagen des REACH Reports 2017 [1] hinsichtlich von Hemmnissen kombinieren (*Abb. 2*), weitere Leitlinien zur Substitution, beispielsweise der Automobil- oder chemischen Industrie, hinzuziehen und Ergebnisse zusammenstellen.

Die Ergebnisse werden allen Mitgliedern für die eigenen Diskussionen zur Verfügung gestellt werden. Sie sollen auch genutzt werden, um die Leistungen der Betriebe in der Laufzeit der Autorisierung gegenüber der ECHA darzustellen. Chancen und Risiken werden dabei gleichberechtigt behandelt.

In unregelmäßigem Abstand werden verschiedene Themen aufgegriffen und Entwicklungen dargestellt.

Aktuell sind als Themen vorgesehen:

- Beschichtung mittels Chrom(III)systemen
- Verwendung von Vakuumverfahren
- Nutzung von Verfahren zum thermischen Spritzen

Diese werden ergänzt und fortgeschrieben. Eine Darstellung erfolgt abhängig vom Informationsgrad.

Jeder, der Informationen zur Verfügung stellen kann oder will, ist hierzu herzlich eingeladen.

Kontakt

VECCO e.V., Thankgrimweg 6, D-59759 Arnsberg;

➔ www.vecco.de - info@vecco.info

Literatur

- [1] Impacts of REACH Authorisation - Final Report; European Commission, DG Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Directorate D – Consumer, Environmental and Health Technologies, November 2017
- [2] Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat und den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss - Gesamtbericht der Kommission über die Anwendung der REACH-Verordnung und die Überprüfung bestimmter Elemente - Schlussfolgerungen und Maßnahmen, EU Kommission 2018
- [3] M. Vainio: Substitution as an RMM option: Reality and challenges; Vortrag, Workshop *The Future of REACH Authorisation*; 18.3.2019, ECHA Helsinki
- [4] Approaches for Accelerating Substitution under REACH and Beyond: Strategic Options Assessment; J. Tickner, M. Jacobs, G. Howard, University of Massachusetts Lowell, Lowell Centre for Sustainable Production, 31 July 2017

≡ Kunststoffgalvanisieren - Herausforderungen, Entwicklungen und Design

Bericht über eine Tagung des Kunststoff-Institut Lüdenscheid am 16. Mai 2019



Zum online-Artikel

Metallisierte Kunststoffteile werden in großem Umfang in der Automobil- und Sanitärindustrie sowie für Möbel und Haushaltsgegenstände eingesetzt. Die hierbei genutzten Metallschichten aus Nickel und Chrom werden durch die Umsetzung der REACH-Verordnung in Frage gestellt, wobei für Kunststoffe sowohl die Vorbehandlung als auch die eigentliche Metallisierung betroffen ist. Im Rahmen der Fachtagung in Lüdenscheid wurden vor diesem Hintergrund Vorträge über die Situation im Hinblick auf die Autorisierung und den Einsatz von alternativen Verfahren zur Verchromung angeboten. Auch die Nutzung von 3D-Druck war Vortragsthema. Insbesondere im Bereich der Sanitärindustrie steht darüber auch der Einsatz von nickelhaltigen Grundwerkstoffen und Nickelschichten im Hinblick auf die Nickelmigration unter Beobachtung.

Die Verwendung von galvanisierten Kunststoffen hat sich in den letzten Jahren auf sehr hohem Niveau behaupten können, obwohl die Auswirkungen der REACH-Verordnung im Hinblick auf die Verwendung von Chrom(VI)-verbindungen hier erhebliche Einschränkungen befürchten lassen. Dies ist vermutlich einerseits auf die Bemühungen zur Verringerung des Gewichts im Bereich Fahrzeugbau durch den vermehrten Einsatz von Kunststoff in Fahrzeugen zurückzuführen. Andererseits sorgen metallische Schichten auf Kunststoff mit einer dekorativen abschließenden Chromschicht für ein

sehr positives Erscheinungsbild bei gleichzeitig ausgezeichneter Kratzbeständigkeit und hoher Korrosionsbeständigkeit. Derartige Schichten vermitteln sowohl im Interieur von Fahrzeugen als auch bei Sanitärteilen oder Gebrauchsgegenständen im Haushalt eine hohe Wertigkeit.

Metallschichten auf Kunststoff erzielen eine derzeit kaum durch andere Verfahren zu ersetzende metallische Optik und Haptik, Hochwertigkeit und Langlebigkeit. Durch die Anforderungen, die bisher bewährten Verfahren zur Vorbehandlung von Kunststoffen unter Einsatz von Chromat und die Beschich-

tung mit Nickel-Chrom möglichst nicht mehr zu verwenden, steht insbesondere die Technologie des Kunststoffgalvanisierens vor immensen Herausforderungen; die inzwischen fünfte Fachtagung im Kunststoff-Institut Lüdenscheid thematisierte diese Problematik. Interessierte Tagungsteilnehmer erhielten am Vorabend der Tagung im Rahmen einer Institutsführung Einblick in die außerordentlich weitreichende Ausstattung an Anlagen für die Kunststoffverarbeitung sowie Geräten zur Untersuchung und Prüfung. Dazu informierten Dominik Malecha und Laura Waltermann, die für die Organisation der Tagung verant-

Ein Blick auf die Einrichtungen und Gerätschaften des Kunststoff-Instituts in Lüdenscheid (Quelle: Kunststoff-Institut Lüdenscheid)



wortlich waren, über die Entwicklung des Instituts und dessen heutige Leistungsfähigkeit. Im Mittelpunkt der von Dominik Malecha geleiteten Fachtagung mit mehr als 30 Teilnehmern stand die galvanische Verchromung von Kunststoffteilen, wie sie heute in großem Umfang als Dekorelemente in Fahrzeugen oder im Bereich der Sanitärindustrie eingesetzt werden. Im Zeitalter der Touch-Technik werden hierfür allerdings zunehmend Kombinationen aus metallisiertem Kunststoff mit Glaselementen entwickelt. Weitergehende Änderungen am Interieur der Fahrzeuge werden nach Ansicht von Dominik Malecha durch den Trend zum autonomen Fahren zu erwarten sein, wie er an zahlreichen Beispielen verdeutlichte.

Kommunikation in der Lieferkette

Marita Voss-Hageleit, Vecco e. V., eröffnete die Reihe der Fachvorträge mit einer Betrachtung über die neue Umgangsweise mit Chrom(VI)verbindungen zur Herstellung von Chromoberflächen. Sie betonte eingangs, dass vor allem der erwartete Informationsfluss zwischen den Unternehmen und insbesondere von der Industrie in die Politik - eine der primären Voraussetzungen zur Erfüllung der Forderungen aus REACH - nicht im gewünschten Umfang und der erforderlichen Intensität erfolgt ist. Dies beruht zum Teil darauf, dass die Wege der verschiedenen Chemikalien durch die Industrie sehr komplex sind. Um die notwendige Kommunikation zu verbessern, ist es in einem ersten Schritt erforderlich, dass der Managementbereich in den Unternehmen aktiv wird. Themen, die

von den Akteuren in der Lieferkette zu bearbeiten sind, sind die Registrierung/Autorisierung, der Arbeitsschutz mit Schwerpunkt Expositionswerte und PSA, der Umweltschutz mit Inhalten zu Emission, Abwasser und Schlamm, technische Bedingungen für die Verwendung von zu registrierenden Stoffen und insbesondere alle Fragen der Substitution von SVHC-Stoffen. Herausforderungen ergeben sich beispielsweise bei Chrom(VI) dadurch, dass die Einbeziehung der gesamten Prozesskette einerseits sehr umfangreich sein kann, andererseits aber der Stoff Chromsäure selbst ausschließlich im galvanischen Betrieb verwendet wird. Zu den zentralen Unterlagen zählt für die REACH-Verordnung das Sicherheitsdatenblatt für die betroffenen Stoffe. Ein weiteres Element, mit dem der sichere Umgang von Stoffen in Betrieben belegt werden muss, sind zuverlässige Messungen zur Exposition.

Galvanikunternehmen müssen sich im Rahmen einer Autorisierung mit der Substitution von Stoffen befassen, also für die Nutzung nachweisen, dass eine Substitution nicht möglich ist - dieser Punkt ist vor allem für kleinere Unternehmen sehr aufwendig. Häufig ist diese Betrachtung mit der primären Geschäftsentwicklung des jeweiligen Unternehmens verbunden. Beispielsweise führt dies dazu, dass Unternehmen die Technologie Chromabscheidung nicht mehr anbieten. Besonders gravierend ist diese Entwicklung, weil Chromoberflächen mit die umfangreichste Liste an positiven Eigenschaften aufweisen und damit auch die Eigenschaften von verchromten Produkten stark betrof-

fen sind. Dies bedeutet in der Regel, dass die Nutzer der Chromoberfläche entscheiden müssen, welche Eigenschaften sie für Substitutionen in den Vordergrund rücken möchten beziehungsweise müssen. In diesem Punkt sind im Übrigen Lohnbeschichter deutlich im Nachteil, da ihre Einflussnahme auf die Produktgestaltung bei ihren Kunden tendenziell sehr gering ist. Damit ist unter anderem festzustellen, dass im Hinblick auf die Erfüllung der REACH-Verordnung - insbesondere beim Punkt Substitution - häufig ein deutlicher Eingriff in bestehende Marktregulatorien durch die Politik erfolgt.

Um die Anforderungen der REACH-Verordnung gegenüber den Behörden nachweisen zu können, ist neben dem VECCO e. V. und der EUPOC auch das Unternehmen HAPOC aktiv. HAPOC unterstützt die Unternehmen dabei, Anforderungen hinsichtlich der Exposition und der Arbeitssicherheit zu erfüllen und bei der notwendigen Kommunikation.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Die weiteren Themen der Tagung:

- Eigenschaften und Farben von Schichten aus Chrom(III)elektrolyten
- Sinnlichkeit von Oberflächen
- Nickelmigration von Oberflächen
- Galvanisieren von 3D-Druck-Teilen
- Pumpen und Filter für Elektrolyte
- Gleichrichtertechnologie

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5,5 Seiten mit 6 Abbildungen.

DIA PRODUCTS - PREMIUM PLATING CHEMICALS

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 CHEMICAL INTELLIGENCE

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
www.ipt-gmbh.com

High-Performance Chrom(III)verfahren für Automobilkomponenten

Identische Farbwerte und höchste Qualität bei annähernd vergleichbaren Prozesskosten

Ein chrom(VI)freies Beschichtungssystem der SurTec Deutschland GmbH zum Einsatz in der Automobilindustrie ermöglicht die Herstellung von hochwertigen dekorativen Oberflächen – die Schichten erfüllen die Anforderungen an Farbe, Glanz und Reibbeständigkeit und das Verfahren zeichnet sich durch günstige Prozessdaten aus

Verchromte Elemente sind nicht nur im Außenbereich von Fahrzeugen weit verbreitet, auch für das Interieur stellen sie ein wertiges Designelement dar. Die in der Galvanotechnik üblicherweise immer noch verwendeten Elektrolyte auf der Basis von Chrom(VI) werden jedoch gemäß REACh-Verordnung als *zulassungspflichtige Stoffe* klassifiziert, sie gelten als umweltbelastend und karzinogen. Führende Automobil-OEMs fordern daher bereits heute bei allen Neuprojekten chrom(VI)freie Technologien zur Freigabeprüfung und planen mittelfristig den vollständigen Ausstieg aus der Chrom(VI)-technologie. Dem Spezialisten für Oberflächentechnik SurTec ist die Entwicklung eines chrom(III)basierten Verfahrens gelungen, das nicht nur in Farbe und Qualität überzeugt, sondern auch mit annähernd vergleichbaren Prozesskosten verbunden ist und das mit wenig Aufwand in bestehende Anlagen integriert werden kann.

Chrom(III)prozesse stellen eine ungefährlichere und damit gesundheitsschonendere sowie nachhaltigere Alternative zu den bisherigen Verfahren dar, galten bislang jedoch als kostenintensiver und technisch nicht ausgereift. Die Herausforderungen lagen nicht nur in dem höheren technischen und finanziellen Aufwand bei der Anwendung des Prozesses, auch die erzielten Ergebnisse wa-

ren nicht überzeugend. Insbesondere waren die Abweichungen der Farbwerte gegenüber chrom(VI)basierten Technologien für die Autohersteller nicht akzeptabel. Bis vor kurzem galt daher die Einschätzung, ein hundertprozentiger Ersatz für die bisher gebräuchlichen Chrom(VI)verfahren sei nicht möglich. Ein neues, von SurTec entwickeltes High Performance Chrom(III)verfahren ermöglicht jetzt eine in Farbe, Funktion und Qualität in vollem Umfang überzeugende Alternative. Das Verfahren liefert Schichten mit vergleichbarer Beständigkeit, Härte und Farbe und lässt somit auch eine Mischbauweise mit chrom(VI)basierten Technologien zu.

In der Praxis erfolgreich getestet

Das chrom(III)basierte Alternativprodukt *SurTec 883 XT* ist bereits seit einiger Zeit in der Praxis im Einsatz und ergibt die im Automobilbereich präferierte attraktive weißblaue Farbe. Schon auf den ersten Blick erkennbar: mit dem neuen Verfahren beschichtete Komponenten weisen identische Farbwerte auf wie solche Oberflächen, die mit einem Chrom(VI)elektrolyten beschichtet wurden. Darüber hinaus deckt die ausgedehnte Farbpalette der SurTec 88x-Produktfamilie das gesamte Spektrum zwischen Hell und Dunkel ab.

Entscheidend ist aber nicht nur die Optik, sondern natürlich auch die Qualität der neuen Beschichtung. Hier ergibt die Messung mit dem Kugelspektralphotometer (Konica Minolta CM-700d) stabile L-Werte von 83 bis 85 und b-Werte von -0,5 bis -1,5. Der a-Wert liegt konstant zwischen -0,5 und -0,8. Die erzielten Härtegrade liegen konstant im gewünschten Bereich zwischen 750 HV0,05 und 830 HV0,05. Schichthärte und Abriebfestigkeit entsprechen somit einer Schicht aus dem Chrom(VI)verfahren. Maßgeblichen Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit der Schichten haben die abgeschiedenen Nickelsysteme. Je nach Anforderung werden entsprechende Kombinationen und Schichtdicken benötigt. So weisen Innenbauteile für Automobile nach 48 bis 96 Stunden Salzsprühnebeltest keine Fehlstellen auf und entsprechen damit der Beanspruchungsstufe 2 nach DIN EN 12540. Hinsichtlich Korrosionsschutz liefert das neue Verfahren gegenüber dem Chrom(VI)verfahren vergleichbare Ergebnisse.

Höhere Energieeffizienz und mehr Nachhaltigkeit

Die Expositionszeiten der Abscheidung liegen bei niedrigen 3 Minuten bis 5 Minuten für Schichtdicken zwischen 0,2 µm und 0,3 µm. Beim Anwender kann die Stromdich-



Anwendungsmöglichkeiten der neuen Chromoberfläche auf Basis eines Chrom(III)elektrolyten in Außen- und Innenbereich von Fahrzeugen: Außenspiegel, Armaturenbereich und Kopfstützenhalterung

te für die Verchromung um 30 % bis 50 % reduziert werden. Das Verfahren erfordert lediglich eine Stromdichte von 4 A/dm² bis 5 A/dm², während Chrom(VI)verfahren durchschnittlich mit einer Stromdichte von 8 A/dm² bis 12 A/dm² betrieben werden. Der Prozess läuft bei einer Spannung zwischen 9 Volt bis 10 Volt optimal. Die Energiekosten des Gleichrichters liegen bis zu 50 % unter denen von Chrom(VI)verfahren. Darüber hinaus ist eine Kühlung für den SurTec 883 XT Prozess nicht erforderlich.

Wechsel mit geringem Aufwand möglich

Ein weiterer Vorteil des SurTec Chrom(III)-verfahrens ist, dass hierbei auf die Bleianoden des Chrom(VI)verfahrens verzichtet werden kann. Aufwendiges Reinigen als kritisch zu betrachtenden Bleianoden aus dem Chrom(VI)verfahren entfällt somit, was zusätzlich einen erheblichen Beitrag zur Arbeitssicherheit leistet. Die von SurTec verwendeten TCP-Anoden der Metakem GmbH sind patentgeschützt und zeichnen sich durch längere Standzeiten sowie einen geringeren Verbrauch an Mischoxid im Ver-

gleich zu handelsüblichen Mischoxidanoden aus. Das Chrom(III)verfahren kann mit geringem Aufwand in bestehende Anlagen integriert werden. Moderne Anlagen bieten ausreichend Platz für den Umbau auf eine Anlage inklusive Passivierung. Auch die Abwasserbehandlung kann mit geringen Modifikationen vom Beschichter selbst durchgeführt werden, ohne dass die Neuinstallation einer speziellen Abwasserreinigungsanlage nötig wird.

Fazit

Die Neuentwicklung von SurTec ist schon jetzt ein serienreifes Verfahren für den Umstieg von Chrom(VI) auf Chrom(III), das alle Anforderungen führender Automobilhersteller hinsichtlich Funktion, Korrosionsschutz und Farbe erfüllt. Für Automobil-OEMs ergibt sich dadurch der Wettbewerbsvorteil, bereits heute farbstabile Komponenten verbauen zu können, ohne dass dabei seine Lieferanten in die Installation neuer Beschichtungsanlagen investieren müssen. Das neue Verfahren stellt nicht nur hinsichtlich Performance, Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Umweltschutz eine gegenüber Chrom(VI)prozessen

unbedenklichere Technologie dar. Automobil-OEMs profitieren auch davon, dass SurTec-Prozesse bei gleichbleibender Qualität weltweit verfügbar sind. Mit dem neuen Verfahren können Zulieferer der Automobilindustrie REACh-kompatibel Komponenten produzieren, ohne dass höhere Prozesskosten für sie anfallen.

SurTec arbeitet bereits seit vielen Jahren an der Entwicklung umweltverträglicherer und nicht gesundheitsschädigender Alternativen zu bestehenden Prozessen, Verfahren und Produkten. Speziell für den Automotivebereich steht im Fokus der derzeitigen Entwicklungsarbeit des Oberflächenspezialisten die Entwicklung eines verlässlichen Chrom(VI)ersatzes für das Beizen von Kunststoffteilen für die galvanische Beschichtung. Zudem forscht das Unternehmen an der Erweiterung der Farbpalette um Verfahren zur Erzielung von tiefschwarzen Oberflächen.

Kontakt

SurTec Deutschland GmbH,
Peter Böttcher, Tel.: +49 172 940 2675
E-Mail: Peter.Boettcher@SurTec.com
➔ www.surtec.com

Abschaltautomatik für Filtergeräte

Neuentwicklung aus dem Hause WUFLEX – Abschaltautomatik inklusive Signalleuchten für Filtergeräte

Mit der Abschaltautomatik inklusive Signalleuchten für Pumpen-Filter-Einheiten lassen sich ohne großen Aufwand und Investitionen die Effizienz des Filterprozesses steigern und gleichzeitig die Betriebskosten senken.

Ein säurefester Druckwächter aus PVDF/FKM überwacht den Druck im Filter kontinuierlich und steuert den Betrieb der Pumpe. Die Pumpe stoppt automatisch nach Erreichen des vorher eingestellten maximalen Filterdrucks. Heißlauf oder gar Trockenlauf, die häufigsten Ausfallursachen bei Pumpen, wird so vermieden. Die Kosten für Instandhaltung und zeitaufwändige Reparaturen reduzieren sich deutlich. Durch Veränderung des maximalen Filterdrucks kann der Verschmutzungsgrad des Filters entsprechend der Anwendung flexibel angepasst und die Qualität des Filterprozesses verbessert werden.

Mit Hilfe der Signalleuchten kann der Bediener den aktuellen Betriebszustand (grün = Pumpe läuft / rot = Pumpe steht) ständig und

einfach erfassen. Der Überwachungsaufwand wird minimiert, ein vorzeitiger Filterwechsel unterbunden, das Filtermedium besser ausgenutzt und der Verbrauch verringert.

Die gut geschützte und kompakte WUFLEX-Abschaltautomatik ist einfach konstruiert und unabhängig vom Pumpentyp einsetzbar. Der Druckwächter lässt sich anstatt eines Manometers leicht in vorhandene Filtergeräte einschrauben und nachrüsten.

Die Abschaltautomatik mit optischer Zustandsanzeige steuert den Betrieb der Pumpe über den gemessenen Druck im Filtergerät. Steigt dieser durch Verschmutzung oder andere Störungen über das vorher eingestellte Maximum, schaltet ein elektrischer Kontakt die Pumpe automatisch ab und die Signallampe Rot leuchtet auf. Der tatsächliche Ist-Zustand des Filters wird stetig überwacht und der Pumpenbetrieb entsprechend gesteuert.

➔ www.wuflex.de/abschaltautomatik



Neu: WUFLEX-Abschaltautomatik inklusive Signalleuchten für Filtergeräte

Elektrochemische Pulsabscheidung

Verleihung der Graduiertenerkunden an der Technischen Universität Chemnitz im Rahmen einer Großveranstaltung - Mag. Dr. Wolfgang E. G. Hansal wird für seine Habilitationsschrift zur elektrochemischen Pulsabscheidung mit dem akademischen Grad eines Doctor habilitatus Dr. habil ausgezeichnet



[Zum online-Artikel](#)

Unter großer Anteilnahme wurden am 22. Juni in der St. Petrikirche in Chemnitz etwa 350 Absolventinnen und Absolventen, 16 Promovierte und zwei Habilitanden ausgezeichnet und verabschiedet. Mehr als 1200 Gäste waren zu dieser beeindruckenden Feier nach Chemnitz gekommen.

Einer der beiden Habilitanden ist Dr. Wolfgang Hansal, der mit seiner Habilitationsschrift und seinen Projekten der Werkstoff- und Oberflächentechnik bereits wichtige zukunftsweisende Innovationen geliefert hat und auch zukünftig liefert. Mit dem Thema seiner Habilitationsschrift *Elektrochemische Pulsabscheidung* fasst der engagierte Forscher die Entwicklungen der letzten Jahrzehnte zusammen und zeigt auf, in welcher Art und Weise eine erfolgsversprechende Umsetzung der Technologie der Pulsabscheidung von der Wissenschaft in die industrielle Anwendung erfolgen kann. Hierzu wurden unter seiner Mitarbeit bereits einige Industrieprojekte abgeschlossen, die deutliche Verbesserungen der Eigenschaften von Metalloberflächen erzielen konnten.

Einen wesentlichen Rahmen zur wissenschaftlichen Diskussion zum Thema Pulsabscheidung bildete die 2006 von Wolfgang Hansal gegründete und in den Folgejahren etablierte Fachkonferenz *Europäisches Pul-*

se Plating Seminar. Diese Plattform hat 2018 zum achten Mal stattgefunden und verbindet Grundlagenforschung mit industrieller Anwendung. Das Pulse Plating Seminar war stets Ausgangspunkt von Forschungsprojekten und Industrieapplikationen und verstärkte die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen mit Pulse Plating beschäftigten wissenschaftlichen Gruppen Europas. Auf diesem Gebiet finden zudem eine enge Zusammenarbeit mit der europäischen Elektrochemie-Plattform EAST, die Europäische Akademie für Oberflächentechnik mit Hauptsitz in Schwäbisch Gmünd, statt.

Pulse Plating - Forschung und Anwendung

Die Oberflächentechnologie der elektrochemischen Pulsabscheidung ist eine Erweiterung der klassischen Galvanotechnik, bei der an Stelle des sonst gebräuchlichen Gleichstroms (bzw. einer Gleichspannung) mit variierendem Strom (bzw. variierender Spannung) gearbeitet wird. Dabei bieten sich ein weites Feld an unterschiedlichen Arten der Variation von Strom und/oder Spannung an, mit der Metalle aus metallhaltigen Elektrolyten abscheidbar sind. Die enorme Weiterentwicklung im Bereich der Computer- und Elektroniksysteme hat zu neuen Möglichkei-

ten geführt, auf der einen Seite mit den notwendigen Strom-Spannungsquellen die Abscheidung durchzuführen und auf der anderen Seite mit entsprechenden Messsystemen die Reaktionen in einem Abscheidesystem zu visualisieren. Die neuen Möglichkeiten in der Hochleistungselektronik erlauben nun die fehlerfreie Umsetzung auch sehr schneller Pulse über geeignete Gleichrichtersteuerung. Hier setzte die Arbeit von Dr. Hansal an und schaffte den Weg von der klassischen Betrachtung der Pulsabscheidung mit ihrem Fokus auf das Stromdichteregime (Ausnutzung der Grenzstromdichte) hin zu einer gezielten Beeinflussung der lokalen Wirkung von Strom und Elektrolytzusammensetzung mit einer deutlich besseren Anwendungsmöglichkeit in der industriellen Produktion. Die seiner Habilitation zugrunde liegenden Arbeiten beschäftigten sich insbesondere mit den Grundlagen und Anwendungen der Pulsabscheidung unter sekundären Stromdichteverteilungen unter Aufklärung von Reaktionsmechanismen, der Nutzung numerischer Prozesssimulation und der Übertragung der Ergebnisse in einen industriellen Maßstab. Ziel war das wissenschaftliche Erarbeiten der notwendigen Grundlagen für eine breitere Nutzbarmachung der Pulsabscheidung in der industriellen Anwendung.



Unter sehr großer Anteilnahme fand am 22. Juni die Graduiertenfeier in der St. Petrikirche in Chemnitz statt (Quelle: TU Chemnitz/J. Müller)



Prof. Dr. Gerd Strohmeier (Rektor der TU Chemnitz), Dr. Wolfgang Hansal (Habilitand) und Prof. Dr. Thomas Lampke (TU Chemnitz, Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik) (von links nach rechts)

Grundlagen der Pulsabscheidung

Die Aufklärung und Erarbeitung eines Prozesses zur Pulsabscheidung von Metallen oder Legierungen ist ein sehr grundlagenorientierter Vorgang und erfordert Kenntnisse über einige sehr unterschiedliche Kenngrößen und Mechanismen. Durch Pulsabscheidung können Materialeigenschaften des abgeschiedenen Metalls gezielt verändert werden. Dahinter steht stets eine Variation der elektrochemischen Bedingungen über eine Einstellung der einzelnen Pulsparameter während der Abscheidung.

Während bei der Gleichstromabscheidung der Prozess lediglich über die Höhe des zur Abscheidung verwendeten Stroms (über die mittlere Stromdichte) variiert werden kann, steht dem Anwender bei der Puls- oder Umkehrpulsabscheidung eine erhebliche Anzahl von verschiedenen Parametern zur Prozessoptimierung zur Verfügung. Neben der mittleren Stromdichte sind das die kathodische und anodische Pulsstromdichte, die kathodische und anodische Pulsdauer, die Länge der Pulspause und die Pulsfrequenz. Abgeleitete Größen wie der Lastenzklus (Verhältnis der Summe der Pulsdauern pro Sequenz zu der Summe der Länge der Pulspausen pro Sequenz) und das Verhältnis anodischer zu kathodischer Strommenge pro Sequenz sind weitere wichtige Einflussgrößen auf den Pulsabscheidungsprozess. Viele dieser Parameter können nicht völlig unabhängig von den anderen variiert werden, da sie sich teilweise gegenseitig beeinflussen.

Diese Fülle an relevanten Parametern macht prinzipiell einen rein empirischen Lösungsansatz fast unmöglich. Die genaue Kenntnis der elektrochemischen Grundlagen erlaubt allerdings eine wissenschaftsbasierte und damit deutlich effizientere Lösung dieser multidimensionalen Zusammenhänge und Abhängigkeiten. Insbesondere müssen die elektrochemische Kinetik bei der Pulsstromabscheidung, die notwendige Zeit für das Laden und Entladen der elektrolytischen Doppelschicht an der Elektrode (dem zu beschichtenden Werkstück), Stofftransportlimitierungen (Pulsgrenzstromdichte), Stromdichteverteilung und Kristallisationseffekte berücksichtigt werden.

Numerische Simulationsprogramme zur Berechnung der elektrochemischen Verhältnisse in der Abscheidungswanne (z. B. Potentialfeld und Stromdichteverteilung) sind bei der Ermittlung der Parameter und somit bei der Optimierung der Pulsprozesse sehr hilfreich. Die umfassenden Arbeiten zur numerischen

Simulation realer elektrochemischer Zellen fanden über eine enge Kooperation mit Professor Uziel Landau (Case Western Research University, Cleveland US) und seinem Unternehmen L-Chem statt. Mit dessen Simulationsprogramm Cell-Design führte Dr. Hansal Berechnungen zum Verständnis von elektrochemischen Systemen durch. Hierbei zeigte sich beispielsweise am Modellsystem Nickel eine hervorragende Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Berechnungen mittels Cell-Design und den Ergebnissen von Abscheideversuchen.

Die Habilitationsarbeit beschäftigt sich in großem Umfang mit der Pulsabscheidung von Nickellegierungen, von dem Verständnis der elektrochemischen Grundlagen und Reaktionsmechanismen bis hin zur industriellen Umsetzung. Im Fokus stand vor allem der Zusammenhang zwischen den Pulsparametern und der erzeugten Schichtstruktur, dem Korrosionswiderstand sowie der tribologischen Schichteigenschaften und der Gleichmäßigkeit der abgeschiedenen Schichten.

Eine Limitierung der Abscheidung durch den Stofftransport beruht auf der Verarmung der Kationen in der Diffusionsschicht der Elektrode (in der Beschichtungspraxis also der Werkstückoberfläche). Die Pulsabscheidung kann direkt den Aufbau und die Dicke der Diffusionsschichten beeinflussen. So kann bei der Pulsstromabscheidung zwischen zwei verschiedenen Diffusionsschichten unterschieden werden. In unmittelbarer Nähe der Kathode schwankt die Metallionenkonzentration im Rhythmus der Pulsfrequenz; man spricht von einer pulsierenden Diffusionsschicht. An diese anschließend in Richtung Lösungsinnen folgt eine weitere Diffusionsschicht mit einem konstanten Konzentrationsgefälle (stationäre Diffusionsschicht). Die Verarmung der Kationen in der pulsierenden Diffusionsschicht begrenzt die Pulsstromdichte, die Verarmung in der äußeren Diffusionsschicht begrenzt die mittlere Stromdichte.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Der Beitrag gibt einen Überblick über die Eigenschaften der mittels Pulsabscheidung hergestellten Schichten, deren Einsatzmöglichkeiten sowie den Erfordernissen bezüglich Elektrolytaufbau und erforderlicher Anlagentechnik. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5 Seiten mit 8 Abbildungen.

Für jede Anwendung die passende ...

... Gleichstromquelle

**POWER STATION
pe5910-W**
200 kW, bis 10.000 A
integrierte elektronische
Umpolung (optional)



**POWER STATION
pe4606 Serie**
bis 48 kW, bis 2.200 A



... Pulsstromquelle



**POWER PULSE
pe861DA-GD**

Kompakt, robust und effizient
 **MADE IN GERMANY**

OT
ZVO-OBERFLÄCHENTAGE
BERLIN
11-13.09.2019
Wir stellen aus
Stand Nr.:
50



plating electronic
we care for power

plating electronic GmbH
79350 Sexau · +49 76 41 93 500-0
info@plating.de · www.plating.de

Geballtes Know-how von Renner – Von intelligenten Ideen profitieren und die Prozesseffizienz weiter optimieren

Das am leichtesten verdiente Geld ist das, das man erst gar nicht ausgeben muss. Zum Beispiel durch geeignete Maßnahmen, die dazu beitragen mögliche Pumpenschäden und damit teure Standzeiten von Anlagen zu vermeiden. Zum anderen gehören dazu auch intelligente, konstruktive Lösungen, die beispielsweise besonders schnelle, einfache und sichere Filterwechsel ermöglichen und so von Anfang an zu mehr Effizienz beitragen. Auch eine Standzeitverlängerung durch erhöhte Schmutzaufnahmekapazität der Filterelemente gehört dazu.

Effizienz-Tipp 1: Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser

Wenn es um mögliche Ausfälle von Pumpen oder Filtern geht, macht Renner keine Kompromisse. Um die herausragende Qualität der Produkte optimal nutzen zu können, setzt das Unternehmen deshalb zusätzlich auf eine konsequente Prozessüberwachung.

Zum Beispiel mit dem Modul **Renner Process Run RPR-Control 100**. Damit lassen sich kritische Betriebszustände in Anlagen rechtzeitig erkennen – das schützt Pumpen und Anlagen vor Schäden durch Überlast, verschmutzte Filter sowie Trocken- und Heißlauf. Und: Es verhindert teure Reparaturen sowie die damit verbundenen Ausfälle in der Produktion.

Der **RPR-Control 100** ist in unterschiedlichen, anwendungsorientierten Ausführungen erhältlich – als Hutschienen-Gehäuse wahlweise mit oder ohne LCD oder als Ausführung für die Feldmontage. Eingriffe in die Rohrleitung sind nicht erforderlich, weshalb die Kontrolleinheit von Renner jederzeit nachrüstbar ist und problemlos in bestehende Anlagen integriert werden kann.

Effizienz-Tipp 2: Filter einfacher wechseln – und schneller

Dass auch hochwertige Filter in gewissen Abständen gewechselt werden müssen, liegt in der Natur der Sache. Und weil das so ist, hat sich Renner auch für diese wiederkehrende und unvermeidliche Arbeit intelligente, effizienzsteigernde Lösungen einfallen lassen.

Ein Beispiel sind die Filtergehäuse der Baureihe RFI 4. Durch die hochwertige Verarbeitung, vielseitige Einsatzbarkeit, lange Standzeiten, die Verwendung verschiedener Filterelemente und die Nutzung für unterschiedlichste Anwendungen und Flüssigkeiten erfüllen die-

se Filtergehäuse praktisch alle Grundvoraussetzungen für eine effiziente Produktion und reibungslose Prozesse.

Darüber hinaus wurde schon bei der Konstruktion darauf geachtet, dass auch der schon erwähnte Filterwechsel den hohen Effizienzanspruch erfüllt. Möglich wird dies durch eine gleichermaßen einfache wie intelligente Lösung, in der sich einmal mehr das ganze Know-how und die Erfahrung von Renner widerspiegeln: die zentrale Verschlusschraube.

Sie ermöglicht es, das Gehäuse mit wenigen Handgriffen zu öffnen, die eingesetzten Filterelemente zu tauschen und das Gehäuse wieder sicher zu verschließen. Und zwar in sehr kurzer Zeit. Ein Vorteil, der sich je nach Anwendung und Häufigkeit des Filterwechsels entscheidend auf die Effizienz der gesamten Anlage auswirken kann.

Effizienz-Tipp 3: Standzeitverlängerung dank optimal durchströmten Filterelementen

Wenn es darum geht, die Standzeiten der hochwertigen Filterelemente immer noch weiter zu erhöhen, geht Renner stets neue Wege. Zum Beispiel mit einem neuartigen Anströmkonzept, das an-



Abb. 3: Die zentrale Verschlusschraube als Schlüsselement für einen einfachen, zeit- und damit kostensparenden Filterwechsel

RPR-Control 100-2
Hutschienen-Gehäuse
inkl. LCD, für
Schaltschrankbau

Leuchtdioden
zur Anzeige der
Betriebszustände

Drucktaster
zur Bedienung
der Steuerung



Abb. 1: Mit dem RPR-Control 100 lassen sich kritische Betriebsbedingungen erkennen und mögliche Schäden verhindern – so wird ein Beitrag zu mehr Prozesseffizienz geleistet

Durchdachtes und umfangreiches Baukastensystem für hohe Verfügbarkeit

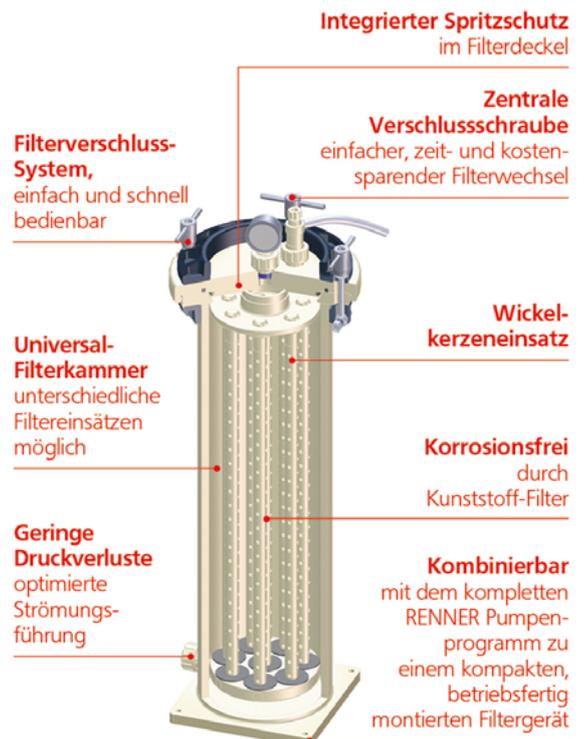


Abb. 2: Filter für mehr Prozesseffizienz

hand von detaillierten CFD-Strömungssimulationen entwickelt wurde. Die Ergebnisse sind beeindruckend. So lassen sich durch das eigens entwickelte Anströmungskonzept beispielsweise auch bei Verwendung von kleineren Filtergehäusen deutlich höhere Abscheideraten erzielen. Weitere Vorteile des Anströmungskonzeptes sind neben der hohen Schmutzaufnahmekapazität auch der hohe Filterdurchsatz bei vergleichsweise niedrigerem Druckverlust.

Mit anderen Worten: Die optimierte Anströmung der Filterelemente ermöglicht die maximale Ausschöpfung der Aufnahmekapazität für Schmutz, verlängert dadurch die Standzeit und trägt so zu mehr Effizienz in den Fluid-Prozessen bei.

➤ www.renner-pumpen.de

Fachvorträge zum Thermischen Beschichten gesucht

Die internationale Konferenz ITSC – International Thermal Spray Conference and Exposition mit begleitender Ausstellung lädt Experten, Wissenschaftler und Branchenkenner dazu ein, Fachbeiträge und Poster zum Thema *Thermisches Beschichten* einzureichen.

Die ITSC findet vom 10. bis zum 12. Juni 2020 unter dem Motto *Surface Solutions – Amazing Opportunities* in Wien statt. Sie ist die weltgrößte Konferenz zur Thermischen Oberflächentechnik und wird jährlich an wechselnden Veranstaltungsorten durchgeführt. Veranstaltet wird sie im kommenden Jahr vom DVS, Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V., mit Unterstützung der Gemeinschaft Thermisches Spritzen e. V. und des Instituts für Oberflächentechnik der RWTH Aachen.

Für den Call for Papers sind Präsentationen erwünscht, die sich mit den thermischen Anwendungen, den Werkstoffeigenschaften, der technischen Ausstattung, mit wirtschaftlichen Aspekten sowie der Vor- und Nachbehandlung von thermisch beschichteten Grundwerkstoffen beschäftigen. Auch Fachvorträge zur Additiven Fertigung (Additive Manufacturing) sind herzlich willkommen. Darüber hinaus sind junge Wissenschaftler und Studierende eingeladen, ihre Vorschläge für einen Vortrag bei der Session für *Young Professionals* einzureichen.

Es gibt viele Möglichkeiten, Oberflächen zu beschichten und damit den ursprünglichen Werkstoff widerstands- oder leitfähiger zu machen beziehungsweise ihn gegen Verschleiß, Hitze oder Korrosion zu schützen. Ein Verfahren, das nahezu unendlich viele Einsatzmöglichkeiten dafür bereithält, ist das Thermische Beschichten. Kaum ein anderes Verfahren verspricht so viel Aussicht auf Erfolg dadurch, dass Werkstoff, Aufbringstoff und die Ausführung bei dieser thermischen Oberflächentechnik gewählt und optimal miteinander kombiniert werden können.

Gerade deshalb bedarf es zum einen der fachlichen Information, um zu erklären, wann und wo das Thermische Beschichten als Oberflächentechnik sinnvoll eingesetzt werden kann. Zum anderen ist eine

fundierte Forschungsarbeit, die sich an den Anforderungen des Markts orientiert, wichtig, um Lösungen für optimale Oberflächenbeschichtungen anbieten zu können und die Qualität der Produkte zu sichern. Genau hier setzt die Internationale Konferenz *International Thermal Spray Conference and Exposition (ITSC)* an und hält Fachbeiträge von Herstellern, Anwendern und Experten aus der Branche sowie Ergebnisse aus Forschungsprojekten bereit.

Der Call for Papers geht bis zum **30. September 2019**. Die Beiträge sind in englischer Sprache einzureichen und können ausschließlich online übermittelt werden unter: www.dvs-ev.de/itsc2020/

➤ www.die-verbindungs-spezialisten.de



Wir machen Sie mobil.



Sie sparen Zeit.

BONER
GALVANOTECHNIK GmbH & Co. KG



78054 VS-Schwenningen
Grabenackerstraße 65 + 76
Telefon 0 77 20 / 9 95 99-0
Telefax 0 77 20 / 9 95 99-99
E-Mail: info@boner-galvanotechnik.de
www.boner-galvanotechnik.de

≡ Oberflächen zur Reibwerterhöhung für den funktionellen Einsatz

Von Matthias Kurrle, Gisela Steger und Dr. Vanessa Scholz, Ostfildern

1 Anwendung für reibwert-erhöhende Oberflächen

Die dynamische Übertragung von mechanischen Kräften und Drehmomenten bei Maschinen kann unter anderem dadurch erfolgen, dass Antrieb und anzutreibendes Maschinenelement durch das Aufeinanderpressen zweier (meist rotierender) Flächen verbunden werden. Je nach Ausführung der Maschinen kommen dauerhaft arbeitende, aber lösbare oder zyklisch arbeitende Verfahren zur Übertragung der Kräfte zum Einsatz. Anwendungsbeispiele dafür können Flanschverbindungen, Stirnpressverbindungen, Welle-Nabe-Verbindungen, aber auch Schraubverbindungen sein, die in der Regel zu den dauerhaften zählen. Zyklisch arbeitende Systeme zur Kraft- und Drehmomentübertragung bestehen beispielsweise aus zwei aufeinander gepressten Scheiben.

In allen Fällen unterliegt die Effizienz der Kraft- oder Drehmomentübertragung der Forderung, Reibung so weit wie möglich zu unterbinden. Zu den relevanten Kenngrößen derartiger Kraftübertragungen zählt vor allem die zur Verfügung stehende Fläche der beiden Kontaktpartner (Antrieb und Gegenstück). Je effizienter Reibung oder Schlupf unterbunden werden, um so kleiner und damit leichter können die beiden Kontaktpartner konstruktiv gestaltet wer-

den - Reibwerterhöhung bietet damit einen entscheidenden Anteil an der Energie- und Materialeinsparung im Anlagen- und Maschinenbau! Eine effiziente und sehr flexible Lösung zur Erzielung einer Reibwerterhöhung basiert auf Dispersionsbeschichtungen aus chemisch oder galvanisch abgeschiedenen Nickel- und Nickel-Phosphor-Schichten mit eingelagerten Hartstoffen. Als Hartstoff hat sich insbesondere Diamant in Körnungen von etwa 5 µm bis zu 35 µm bewährt.

Zur Anwendung kommen reibwerterhöhende Oberflächen in verschiedenen Ausführungsformen vor allem in der Automobilindustrie in Kurbelwellen beziehungsweise für Nockenwellen. Bei den Premiumherstellern werden diese Oberflächen zudem in Lenkung, Fahrwerk oder Getriebe genutzt. Besonders hohe Anforderungen im Motorsport belegen die Leistungsfähigkeit derartiger Schichten. Des Weiteren sind sie in Windkraftanlagen zu finden, bei denen sie aufgrund der erzielbaren Einsparung an Bauteilmasse sowie der guten Korrosionsbeständigkeit durch den Einsatz der Nickel-Phosphor-Legierung als Schichtwerkstoff überzeugen können. Durch den Einsatz der Dispersionsbeschichtungen, wie sie von der CCT GmbH unter der Markenbezeichnung Diagrip angeboten werden, lassen sich vibrationsbeständige und dauerhafte Flanschverbindungen erzielen.

2 Voraussetzungen für reibwert-erhöhende Dispersionsschichten

Die Eigenschaft der Reibwerterhöhung ist an bestimmte konstruktive Voraussetzungen geknüpft, die als Basis für eine optimale Kraftübertragung gelten können:

– Kontaktflächen für die Übertragung von Kräften und Drehmomenten: Die Höhe



Maschinenbauteil zur Kraftübertragung

der zu übertragenden Kräfte und Momente steht in direktem Zusammenhang mit den (makroskopischen) Flächenanteilen der Bauteilpartner beziehungsweise mit der geometrischen Anpassung der beiden Bauteilpartner

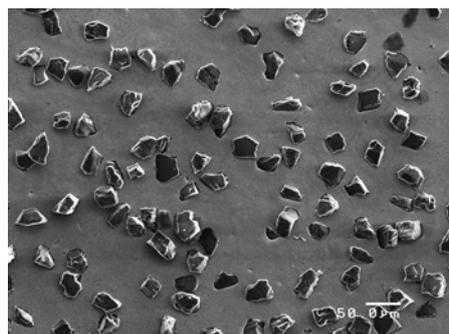
– Ausführung der Kontaktflächen: Die Effizienz der Übertragung von Kräften und Drehmomenten richtet sich nach den tatsächlichen (mikroskopischen) Kontaktflächen. Hier spielen die Rauheiten der Kontaktflächen sowie die Orientierung von Bearbeitungsstrukturen wie Dreh- oder Schleifriefen eine Rolle.

– Härte der Oberfläche der Kontaktflächen: Die Verzahnung zwischen den Diamanten der reibwerterhöhenden Dispersionsbeschichtung (in der Regel eine Nickel- oder Nickel-Phosphor-Schicht) und der Oberfläche des Bauteils wird von der Oberflächenhärte des Bauteils bestimmt. Eine höhere Oberflächenhärte erschwert das Eindringen der Diamanten in die Bauteiloberfläche. Eine niedrigere Oberflächenhärte verstärkt das Abscheren (in Form eines Werkstoffverschleißes) von Werkstoff des Bauteils durch (Reib)Verschleiß; das heißt, die Kraftübertragung wird geringer!

– Belegung der Kontaktflächen mit Fremdstoffen: Die Art der Verzahnung zwischen reibwerterhöhender Oberfläche und Kontaktpartner wird nicht oder unwesentlich durch vorhandene Fremdstoffe (Öl, Fett, Schmutz) beeinträchtigt



Eine von zahlreichen Einsatzmöglichkeiten der reibwerterhöhenden Oberflächen ist die schlupffreie Übertragung von Kräften zwischen Draht und Laufrad in einem Messsystem



REM-Aufnahme einer Nickeloberfläche mit eingebetteten Diamantpartikeln



- Montage und Demontage der Kontaktflächen: Die Kontaktflächen lassen sich nach Lösen von Verschraubungen oder Wegnahme von Anpressdruck leicht voneinander trennen
- Konstruktion: Der Einsatz von Dispersionsschichten zur Kraft- und Drehmomentübertragung erfordert keine konstruktiven Änderungen der Bauteile. Dies gilt besonders für den Einsatz von Folien mit ein- oder vorzugsweise beidseitig aufgebrachtener Dispersionsschicht.

3 Kennwerte für reibwerterhöhende Dispersionsschichten

Die Dispersionsschichten zur Erhöhung der Reibwerte stehen mit unterschiedlichen Größen an polyederförmigen, scharfkantigen Diamanten zur Verfügung. Die einzusetzende Größe der Diamanten richtet sich nach der Rauheit der Oberfläche der Reibpaarungen. Bestmögliche Ergebnisse werden bei Oberflächen mit geringer Rauheit und geringer Welligkeit – Resultat der Metallbearbeitung durch mechanische Verfahren wie Drehen, Fräsen, Schleifen – erzielt.

Sowohl raue als auch wellige Oberflächen reduzieren die tatsächliche wirksame Kontaktfläche zwischen der reibwerterhöhenden Dispersionsschicht und den Bauteiloberflächen der Reibpaarung. Gebräuchliche Diamantkörnungen liegen zwischen etwa 10 μm und etwa 35 μm bei Füllgraden zwischen etwa 15 % und 30 %. Prinzipiell ist es möglich, solche Schichten direkt auf die Oberfläche eines der beiden Reibpartner abzuschneiden. Alternativ können auch mit einer Dispersionsschicht versehene Metallfolien mit Dicken von einigen 10 μm bis in den Millimeterbereich verwendet werden. Je nach Anwendungsfall kann die eine oder die andere Lösung vorteilhafter sein.

Der Einsatz von Nickel-Phosphor bietet die Möglichkeit zur Steigerung der Abscheidehärte (etwa 550 HVO,1) durch eine Wärmebehandlung auf Werte von bis zu 950 HVO,1. Darüber hinaus lässt sich die Korrosionsbeständigkeit ebenfalls über den wählbaren Phosphorgehalt der Legierung in gewissen Grenzen variieren. Bewährt hat es sich, die Dicke der Nickelschicht so zu wählen, dass die Diamantpartikel ausreichend weit aus der Nickelschicht herausragen und damit zuverlässig einen stoffschlüssigen Verbund mit dem Gegenstück der Reibpaarung erzeugen können.

Als Kennwert für die Qualität der reibwerterhöhenden Dispersionsbeschichtung kann der Reibwert für die Oberfläche herangezogen werden. Allerdings hängt dieser Wert in erster Linie von der aufgetragenen Anpresskraft ab. Übliche Kennwerte liegen zwischen etwa $\mu = 0,5$ und $\mu = 0,7$. Damit wird eine Erhöhung der Reibwerte gegenüber etwa $\mu = 0,3$ ohne Einsatz der Schichten erzielt, was eine Steigerung der übertragbaren Kräfte beziehungsweise Drehmomente um den Faktor 3 bis 4 bewirkt, wie in detaillierten Prüfungen nachgewiesen werden konnte.

4 Vorteile reibwerterhöhender Beschichtungen

Die Verwendung von reibwerterhöhenden Beschichtungen oder von beschichteten Metallfolien bietet für die Kraftübertragung im Bereich Maschinenbau, Energietechnik oder Anwendungen im Fahrzeugbau eine attraktive Möglichkeit, Funktion und Konstruktion von kraftschlüssigen Verbindungen zu verbessern:

- Erhöhung der übertragbaren Kräfte und Momente einer Verbindung pro Flächeneinheit und daraus folgend Verringerung der Bauteilgrößen und -gewichte
- Erhöhung des Sicherheitsfaktors
- Kostenreduktion der Einzelkomponenten
- Einfache Handhabung



Besonders hohe Freiheitsgrade für den Einsatz bilden reibwerterhöhende Folien (ein- oder beidseitig), die mittels Laser- oder Wasserstrahlschneiden sowie Stanzen in nahezu beliebigen Formen herstellbar sind

- Unempfindlichkeit gegenüber Schmierstoffen
- Grundsätzlich wiederverwendbar nach Demontage
- Einsatz ohne konstruktiven Änderungsaufwand

Die Dispersionsschichten auf Basis von Nickel und Nickel-Phosphor zeichnen sich dadurch aus, dass sie mehrere wichtige Eigenschaften besitzen beziehungsweise dass sich die Eigenschaften je nach Zusammensetzung und/oder Wärmebehandlung den Anforderungen zum Einsatz anpassen lassen. Der Anbieter CCT GmbH unterstützt Konstrukteure dabei, im Vorfeld der Konstruktion oder des Einsatzes die optimale Gestaltung der Verbindung zu ermitteln.

➔ www.cct-plating.com



STEINBEIS-ZENTRUM FÜR
**TRIBOLOGIE,
OBERFLÄCHENANALYSE
UND MATERIALPRÜFUNG**

UNSERE DIENSTLEISTUNG:

**ANALYSE- UND
MESSDIENST-
LEISTUNGEN**



www.steinbeis-analysezentrum.com

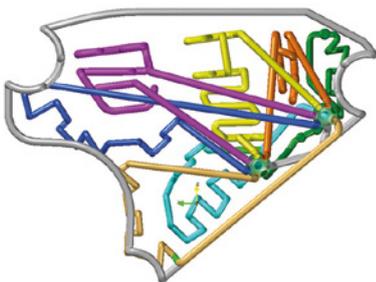
Korrosionsschutz von Temperierungen

NovoPlan ist seit fast 15 Jahren der Pionier in Sachen Schutz von Temperierung. Durch stetige Forschungs- und Entwicklungsarbeit können Temperierungsdurchmesser ab 1,5 mm durch Beschichten mit PlanoTek®KSCN zuverlässig vor Korrosion geschützt werden. Durch das Beschichten ist eine wirtschaftliche Produktion gewährleistet, konstante Zykluszeiten garantieren eine gleichbleibende Artikelqualität

Oberstes Ziel in der Spritzgießverarbeitung ist die gleichmäßige Abkühlung in möglichst kurzer Zykluszeit über einen langen Produktionszeitraum hinweg. Wasser hat sich als Kühlmedium bestens bewährt, allerdings ist es Ursache für Korrosion der metallischen Werkzeuge. Die Gesamtzykluszeit eines hochwertigen Spritzgussteils wird vor allem durch die Kühlzeit bestimmt (60 %-80 %) Untersuchungen haben gezeigt, dass eine 1 mm starke Korrosionsschicht den Energieübertrag um etwa 35 % reduziert (Tab. 1). Der Korrosionsschutz von komplexen Werkzeugen kann unter anderem als wirtschaftliche Innenbeschichtung von Halbzeugen vorgenommen werden. In die Halbzeuge werden im zweiten Schritt die erforderlichen Kühlkanäle eingebracht und im Bedarfsfall eine Härtung des gesamten Werkstücks vorgenommen. Schließlich wird das Werkzeug einer kompletten Beschichtung unterzogen

Tab. 1: Reduzierung der Energieübertragung durch Korrosionsschichten

Stahl	Wärmeleitung λ
Niedriglegierter Stahl	46 W/m K
Hochlegierter Stahl	15-35 W/m-K
Korrodiertes Stahl (1 mm Isolierschicht)	1-5 W/m-K

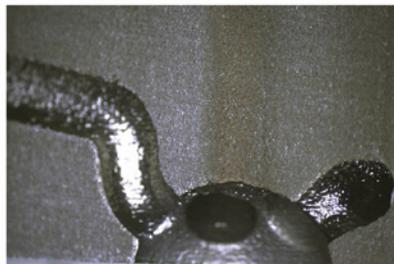


und abschließend eine Endbearbeitung der Außenkontur beziehungsweise Kavitäten vorgenommen.

Im Rahmen eines Projekts der Novoplan GmbH mit dem in Ludwigsburg ansässigen Unternehmen Mann und Hummer konnte die Qualität des Korrosionsschutzes mit dem Salzsprühnebeltest, dem am weitesten verbreiteten Verfahren zur Prüfung der Korrosionsbeständigkeit, nachgewiesen werden. Dazu wurden lasergenerierte Bauteile aus dem Werkstoff 1.2709 mit Kühlkanälen mit einem Durchmesser von 3 mm und in acht getrennten Kreisläufen mit einer 30 μm PlanoTek KSCN-Schutzschicht versehen: Das Ergebnis zeigte überzeugend die außerordentlich hohe Beständigkeit gegen korrosive Angriffe.

Korrosionsschutz konturnaher Kühlung

Ziele der konturnahen Kühlung ist die Reduzierung der Zykluszeit und die Verbesserung der Teilequalität. Bei der konventionellen Temperierung ist die Werkzeugtemperatur annähernd konstant, bei der variothermen Anwendung wechseln sich Aufheizen und Abkühlen ab. Der Vorteil der Variothermie liegt in der Verbesserung der Oberflächenqualität der Artikel. Nachteilig ist die hohe Wassertemperatur von mehr als 140 °C, die eine Korrosion beschleunigen kann. Hinzu



Komplex gestaltete Kühlkanäle (links oben, schematisch) lassen sich so beschichten, dass diese sicher gegen Korrosion geschützt sind, wie die Segmentierung des Werkzeugs zeigt



Lasergeneriertes Werkzeug nach der Beschichtung mit PlanoTek®KSCN



Ohne Beschichtung verstopfen Kühlkanäle im Einsatz und können nicht mehr repariert werden (oben); Werkzeuge aus dem Werkstoff 1.2709 mit 50 μm PlanoTek KSCN zeigen diese Schädigung nicht

unterliegen solche Kühlungen der Gefahr des Verstopfens mit den daraus resultierenden Nachteilen beim Einsatz der Werkzeuge und dem Umstand, dass diese auch nicht mehr repariert werden können.

Abhilfe schafft eine Beschichtung aus 50 μm PlanoTek®KSCN, die auf das Werkzeug aus dem Werkstoff 1.2709 aufgebracht wird. Die damit erzielbaren Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Salzsprühnebeltest:
Korrosionsschutz > 1000 h
- Temperaturbeständigkeit: circa 900 °C
- Prozesstemperatur beim Beschichten:
maximal 90 °C
- keine Beeinflussung der Bauteilhärte
- geeignet für alle Temperierungen, auch für variotherme Anwendungen

➔ www.novoplan

Der Beschichtungsexperte

... für Ihr Werkzeug.



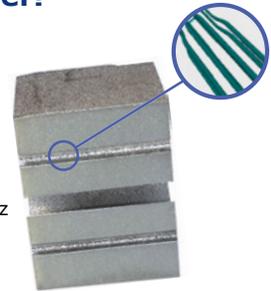
PlanoTek®

Schicht. Funktion. Qualität.

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

D = 2 mm

- Salzsprühnebeltest bestanden:
> 1 000 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

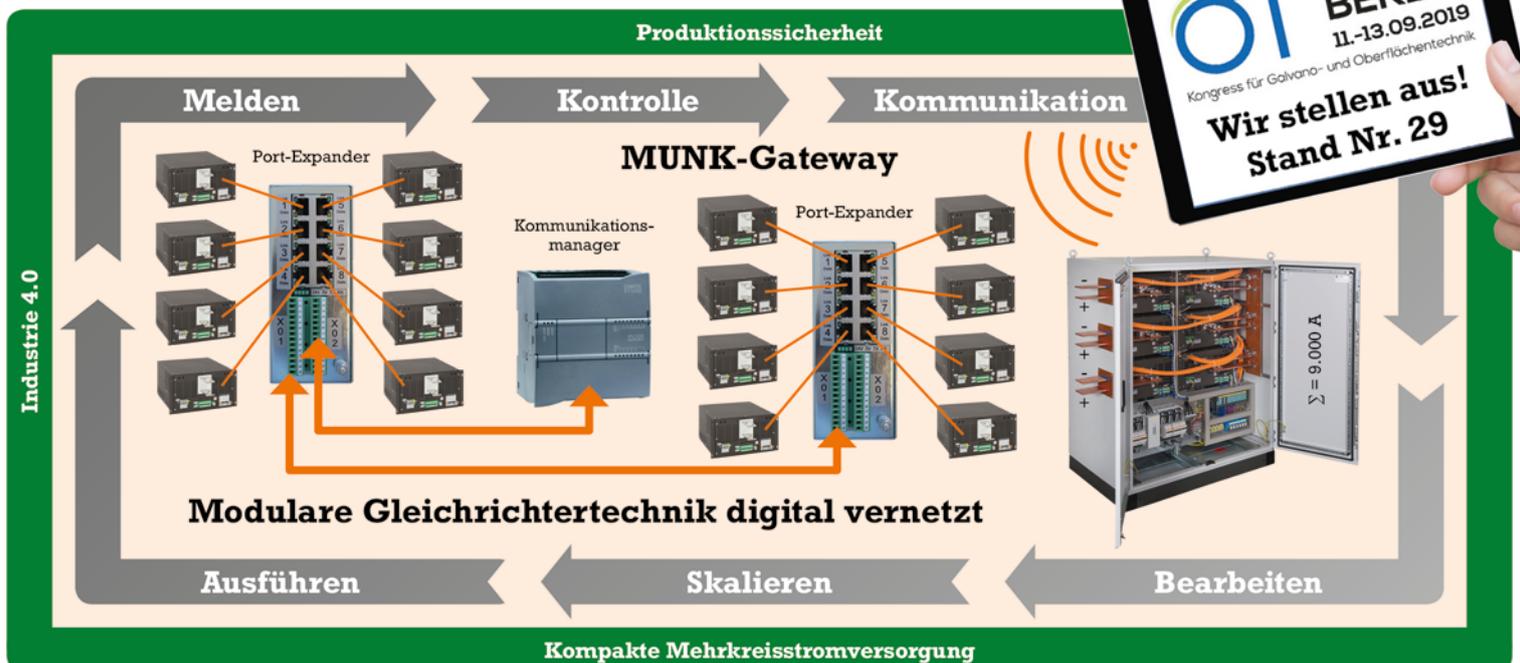
Fon [07361] 9284-20
Fax [07361] 9284-25

www.novoplan.com
vertrieb@novoplan.com

NP

Digitale Gleichrichtertechnik PSP family

Der  zu mehr Sicherheit und Produktivität!



Tribologisches Verhalten von autokatalytisch abgeschiedenen Nickelschichten gegen ausgewählte funktionale Oberflächen

Von O. Massler, S. Melidis und J. Meyer, Wängi/Schweiz

Hoch beanspruchte Bauteile in Maschinen und Fahrzeugen stellen oft besondere Ansprüche an Korrosionsschutz, Verschleißfestigkeit gegen verschiedene Verschleißmechanismen und das systemische Reibverhalten. Hier kommen häufig gegeneinander laufende verschiedenartig beschichtete Oberflächen zum Einsatz, deren Reib- und Verschleißverhalten oft nicht ausreichend vorhergesagt werden kann. Einfache Modellprüfungen liefern eine erste Indikation für Reibwerte im konkreten System und die zu erwartenden Verschleißraten.



Zum online-Artikel

1 Hintergrund

Werden im industriellen Umfeld, wie etwa im Maschinen-, Fahrzeug-, Textilmaschinen-, Werkzeugbau oder im Energiesektor hohe Leistungsfähigkeit und Lebensdauer tribologisch belasteter Komponenten verlangt, reichen Standardverfahren zur Funktionalisierung von Oberflächen oft nicht mehr aus, um die gewünschten Eigenschaften zielsicher und nachhaltig sicherzustellen. Hier setzt die De Martin-Gruppe als international tätiger Beschichtungsdienstleister in ihrem Kompetenzzentrum für Oberflächentechnik nicht nur auf etablierte Technologien, sondern auf maßgeschneiderte Beschichtungslösungen einerseits und auf innovative technologiehybride Beschichtungen andererseits.

2 Kennwerte für Reibung

Reibverhalten und die Verschleißmechanismen sind dabei oft im Fokus des Interesses. Der Reibbeiwert einer Oberfläche ist dabei aber kein Werkstoffkennwert wie andere mechanische Eigenschaften, sondern vielmehr ein tribologischer Systemkennwert. Zu den einflussnehmenden Größen gehören hier neben den Reibpartnern vor allem die Oberflächentopographie, Zwischenstoffe, Arbeitstemperaturen, Kontaktspannungen und relative Gleitgeschwindigkeiten. Für die gängigen Oberflächen werden beispielsweise die Reibwerte in einem Standardsystem gegen einen gängigen Probekörper, zum Beispiel eine Stahlkugel ermittelt. Dies ermöglicht zumindest einen relativen Vergleich verschiedener Schichten miteinander. Es muss allerdings betont werden, dass diese Methode selten eine genaue Reproduktion der Realbedingungen sein kann, hierfür ist oft sehr viel mehr Aufwand nötig. Dieses Vorgehen wird trotzdem von vielen Unternehmen der Beschichtungsindustrie genutzt, um solche Richtwerte zu erzeugen.

Wenn nun aber Beschichtungen gegeneinander zum Einsatz kommen, für die keine entsprechenden Reibdaten vorliegen und wegen des hohen Aufwands nicht direkt das Zielsystem genutzt werden kann, dann wären Daten sinnvoll, die das Reibverhalten von verschiedenen Beschichtungen gegeneinander charakterisieren.

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Schichten gegeneinander bezüglich ihres Reib- und Verschleißverhaltens getestet und die Ergebnisse mit denen eines Standardsystems verglichen. Damit sind dann durchaus Aussagen möglich wie eine Schicht sich unter gewissen Betriebsbedingungen gegen eine andere Schicht verhalten würde.

3 Testscenario

Als Testsystem wurde ein einfaches System *Block auf Zylinder* gewählt, bei dem ein metallischer Zylinder unter definierter und konstanter Last auf einen sich drehenden Zylinder kontaktiert wird (Abb. 1). Der

entstehende Punktkontakt erzeugte eine Hertz'sche Startpressung von 880 MPa. Die Gleitgeschwindigkeit lag bei 440 mm/s und die Testzeit bei 60 min. Dieses System liefert anfangs einen reinen Gleitverschleiß mit gewissen abrasiven Anteilen durch die Rauheit der beschichteten und harten Oberflächen wie er in der Praxis häufig vorkommt.

Aufgenommen wurden die Reibwertverläufe der verschiedenen Oberflächenkombinationen. Zusätzlich sind Aussagen über die sich entwickelnden Verschleißmechanismen möglich. Das System wurde bei Raumtemperatur und trocken, das heißt ohne Zwischenstoff, betrieben. Aus den Versuchsergebnissen wurde eine Gleitverschleißrate bestimmt, die sich aus der Kontaktspannung und Laufzeit bis zum Schichtversagen errechnet.

Weil die Verschleißmechanismen nach dem Anfangsverlauf des Versuchs eher komplexer werden, werden diese hier nicht behandelt, sondern nur der Anfangsbereich der Tests betrachtet.

3.1 Beschichtungswerkstoffe

Als gängige Beschichtungen wurden für diese Arbeit folgende Systeme gewählt:

- Chemisch abgeschiedenes Nickel (engl: electroless Nickel) als sehr weit verbreitete, autokatalytisch aufgebraute Beschichtung, die auch für komplexe Bauteile sehr gut geeignet ist. Diese Beschichtung weist eine ausgewogene Kombination von Korrosions- und Verschleißschutz bei günstigen Verahreigenschaften auf
- Chemisch abgeschiedene Dispersionschichten aus Nickel mit PTFE-Einlagerungen (Ni/PTFE). In dynamischen Anwendungen müssen die Reibpartner häufig vor Adhäsivverschleiß geschützt werden. Ein Ansatz hierzu ist die Beschichtung eines Reibpartners mit einer chemisch abgeschiedenen Nickel-Dispersionsschicht, die



Abb. 1: Tribologischer Setup

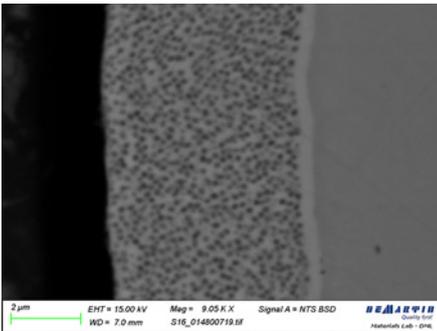


Abb. 2: Chemisch abgeschiedene Ni/PTFE-Dispersionsschicht im Querschliff

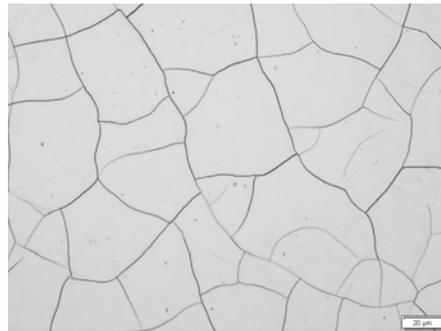


Abb. 3: Hartchromoberfläche mit der üblichen Oberflächenrisstruktur

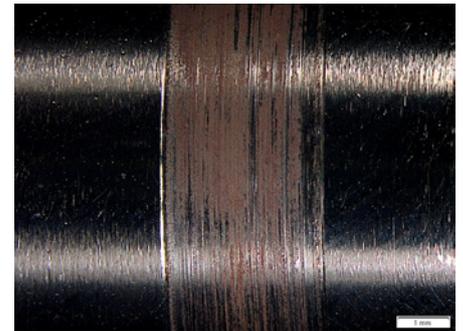


Abb. 4: Verschleißspur von chemisch abgeschiedenem Nickel (EN) gegen einen statisch gelagerten Stahlzylinder

Tab. 1: Mechanische Eigenschaften und Kennwerte der entsprechenden Schichtsysteme

Schichtsystem	De Martin Hartchrom	De Martin Chemisch Nickel	De Martin Chemisch Nickel PTFE	De Martin CERODEM® DLC
Verfahren	galvanisch	autokatalytisch	autokatalytisch	PACVD
Typische Schichtdicke	5-300 µm	5-50 µm	5-10 µm	2-5 µm
Schichthärte (aus HIT)	1000 HV	600 HV (> 900 HV durch Nachbehandlung)	Mischhärtesystem	2300 HV
Einsatztemperatur	600 °C	400 °C	280 °C	350 °C

einen Trockenschmierstoff wie PTFE enthält (Abb. 2).

- Hartchrom als gängige und kostengünstige Beschichtung, die galvanisch aufgebracht nach wie vor wegen ihrer guten Verschleiß- und Reibeigenschaften weit verbreitet und schwer ersetzbar ist (Abb. 3).
- DLC (Diamond like carbon, diamantartiger Kohlenstoff) als ein Vertreter aus der Familie der abgeschiedenen Kohlenstoffschichten, hergestellt per PACVD-Verfahren. Diese Schichtfamilie hat in den letzten Jahren eine sehr hohe Bedeutung in der Tribologie bezüglich ihres Trockenreibverhaltens und ihrer Verschleißfestigkeit gewonnen.

Als unbeschichtete Referenz beziehungsweise Beschichtungssubstrat für alle Beschichtungen wurden Stahlzylinder aus 1.3505 gewählt, die auf 62HRC gehärtet worden waren.

Dieser Stahl findet im Maschinenbau als gängiger Grundwerkstoff einen breiten Einsatz. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die betrachteten Schichtsysteme.

4 Ergebnisse

4.1 Chemisch abgeschiedenes Nickel gegen Stahl

Als Referenzdaten wurde zunächst der Reibwert der chemisch abgeschiedenen Nickeloberfläche gegen den beschriebenen Standard-Stahlzylinder aufgenommen. Dies führt unter den gewählten Testbedingungen zu einer Aufschmierung des Stahls auf die Nickeloberfläche. Der Stahl oxidiert aufgrund der im Test entstehenden Reibungswärme (Tribooxidation, Abb. 4 und 6a). Dies spiegelt sich in den Reibkurven wieder (Abb. 5). Als Folge kommt es zum progressiven Verschleiß

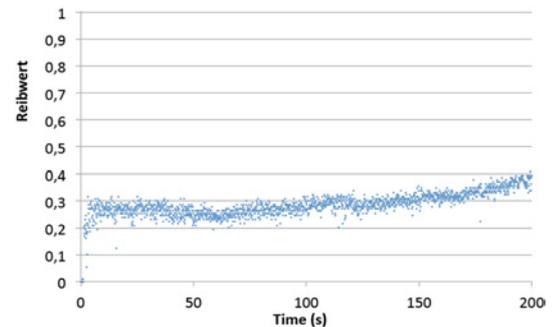


Abb. 5: Reibwertkurve – chemisch Nickel gegen Stahl

auf Stahlzylinder und Beschichtung, was wiederum zu einem deutlichen Anstieg des Reibwerts führt, weshalb vor allem der Frühverlauf der Reibung aufgenommen wurde.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren werden die Reibkennzahlen der unterschiedlichen Werkstoffpaarungen in Abhängigkeit von der Reibdauer dargestellt sowie die optimalen Paarungen für Reibpartner ermittelt. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 3,5 Seiten mit 12 Abbildungen, 2 Tabellen und 5 Literaturhinweisen.

- Zuverlässig
- Top Qualität
- Guter Service
- Günstige Preise
- Flexibel
- Sonderlösungen



Qualität „Made in Germany“ - Pumpen und Filter aus Kunststoff für Säuren und andere aggressive Medien.

WUFLEX-PUMPEN



EINTAUCH-PUMPEN



www.wuflex.de

info@wuflex.de

+49 (0) 5121-512830

MAGNETPUMPEN



FILTER



≡ Porenfreie chemische Vernickelung für Blasfolienköpfe

- Beschichtung mit viel Fingerspitzengefühl

Als mittelständisches Maschinenbauunternehmen zählt die Kuhne-Gruppe zu den international renommierten Herstellern von Anlagen für die Folien- und Plattenextrusion. Gleich in mehreren Anwendungsbereichen sind diese weltweit führend: Ob KaffEEKapseln oder künstliche Wurststellen – ihren Ursprung haben die mit Abstand meisten von ihnen auf einer Kuhne-Maschine. Schlüsselkomponente aller Anlagen sind die als Blasköpfe bezeichneten Extrusionswerkzeuge. Bei der chemischen Vernickelung dieser hochkomplexen Bauteile vertraut Kuhne auf die Präzisionsarbeit der Pallas GmbH & Co. KG, einem ausgewiesenen Experten im Bereich anspruchsvoller Oberflächentechnik.



Zum online-Artikel

Führende Technologie sowie über Jahrzehnte gewachsenes Branchen- und Rohstoffwissen machen die Kuhne-Gruppe zum gefragten Experten maßgeschneiderter Extrusionsanlagen. Mit drei eigenständigen Tochtergesellschaften bietet das Unternehmen Planung, Konstruktion, Fertigung und Montage aus einer Hand. So entwickelt und fertigt die Kuhne Maschinenbau GmbH Turn-Key-Anlagen für die Flachfolien- und Plattenextrusion. Neben Tiefziehartikeln wie Joghurtbechern und KaffEEKapseln werden daraus Agrar- und Bau- folien hergestellt. Kernkompetenz der Kuhne Anlagenbau GmbH ist der Bau von Mehrschicht-Blasfolienanlagen für die Lebensmittel-, Medizin- und Pharmaindustrie. Auch Hersteller von Ballon- oder Batteriefolien vertrauen auf die Leistungsfähigkeit dieser hochkomplexen Anlagen.

Die für alle Anlagentypen erforderlichen Folienblasköpfe, Flachdüsen und Extruder fertigt die auf Zerspanen und Polierverfahren spezialisierte K-Tool GmbH. Diese ganzheitliche Aufstellung von Kuhne ist die Gewähr für Premium-Qualität, die zu 100 % *made in Germany* ist. Zugleich profitieren die internationalen Kunden von daraus entstehenden Synergien, die sich in kontinuierlichen Weiterentwicklungen der ausgefeilten Extrusionstechnologie widerspiegeln. Mit rund 250 Mitarbeitern erwirtschaftet die Kuhne-Gruppe am Standort Sankt Augustin einen Jahresumsatz von 75 Millionen Euro, davon 80 % durch weltweiten Export.

Für jede Eigenschaft eine Folienschicht

Angesichts immer anspruchsvoller Konsumentenerwartungen werden die Anforderungen der Verpackungsindustrie an Folienverpackungen kontinuierlich komplexer. Maximaler Glanz, brillante Transparenz und weiche Haptik zählen dazu ebenso wie eine Vielzahl mechanischer und funktionaler Eigenschaften. So sind exakt definierbare

Durchstoß-, Reiß- und Zugfestigkeit ebenso wie Steifigkeit, Dicke, präzise einstellbares Schrumpfverhalten, hochwertige Bedruckbarkeit und Siegfestigkeit zentrale Erwartungen an erstklassige Folien. Oberste Priorität hat jedoch der maximale Schutz des Packguts bei Transport und Lagerung – verbunden mit der Forderung nach möglichst langer Haltbarkeit und multifunktionalen Barriereeigenschaften. Mit zuverlässiger Sperrwirkung gegenüber Sauerstoff, Feuchtigkeit oder UV-Einwirkung gewährleisten Hochbarrierefolien, dass die Produkte Farbe und Geschmack behalten und Flüssigkeiten weder nach innen noch nach außen dringen. Außerdem sorgen sie dafür, dass wertvolles Aroma bewahrt, störender Geruch vermieden und die Haltbarkeit maximiert wird. Jede dieser Eigenschaften bedingt zum Teil weitere Schichten in der Folienblase. Abhängig von den Kunststoffkombinationen in den einzelnen Schichten werden zusätzliche Haftvermittlerschichten benötigt. Um die Wettbewerbsfähigkeit der Verpackungskunden trotz sinkender Losgrößen zu sichern, gilt es außerdem, durch intelligente Verfahrensopti-



In einem Arbeitsprozess biaxial-verstreckte Mehrschichtfolien (Triple Bubble®)

(© Kuhne Group)

mierungen Produktionskosten und Materialverbrauch immer weiter zu senken.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Der Artikel gibt einen Einblick in die verschiedenen Werkzeugtypen zur Herstellung von hochpräzisen dünnen Folien und stellt die Anforderungen an die Beschichtung der Werkzeuge vor. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 3 Seiten mit 5 Abbildungen.



Luftgekühlte Blasfolien (Smart Bubble®) mit Kalibrierkopf (links) und Smart Bubble® mit 9-Schicht-Extruder (© Kuhne Group)

Bericht über das 41. Ulmer Gespräch, die jährlich stattfindende wissenschaftliche Tagung der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO) am 8. und 9. Mai in Neu-Ulm



Zum online-Artikel

Der Einsatz von hochfesten Stählen erfordert eine sorgfältige Behandlung der metallischen Oberflächen durch Reinigen und galvanische Beschichtung, um die Gefahr einer Schädigung durch Wasserstoffversprödung zu verhindern. Häufig wird hierzu das Tempern als Nachbehandlung eingesetzt. Drei Fachvorträge des Ulmer Gesprächs befassten sich mit dem Thema Wasserstoffversprödung. Die Konsequenzen aus REACH im Hinblick auf die Versorgung mit Grundchemikalien sowie dem Recycling von metallischen Werkstoffen als Quelle für Rohstoffe waren weitere Vortragsthemen. Auch über die Fortschritte der galvanischen Abscheidung durch den Einsatz von ionischen Flüssigkeiten und nichtwässrigen Elektrolyten, die vor allem für Metalle wie Aluminium oder Titan sehr gefragt sind, wurde berichtet.

Fortsetzung aus WOMag 6/2019

Wasserstoffversprödung

Die Gefahr der Bildung von Schäden durch Wasserstoffversprödung stellt bei den galvanisch beschichteten hochfesten Stählen eine große Herausforderung dar. Mit diesem Thema befasst sich Sören Trollst, TU Darmstadt, speziell mit der Spannungsrissskorrosion im Schraubensektor. Die Ursachen für derartige Schädigungen liegen in der hohen Festigkeit und einer bestimmten Gefügestruktur des Stahls, einem ausreichend hohen Angebot an Wasserstoff sowie dem Vorliegen einer mechanischen Spannung.

Zur Prüfung von Werkstoffen und Gefahren, wie sie auch in der Arbeitsgruppe des Vortragenden durchgeführt wurden, kommen unter anderem mechanisch-technologische Prüfverfahren zum Einsatz, bei denen vor allem die langen Prüfdauern nachteilig sind. Der Schädigungsmechanismus wird in die Bereiche Wasserstoffaufnahme, Wasserstoff-

diffusion und Gitterverzerrung unterschieden. Als Testwerkstoff wurde in der Arbeitsgruppe des Vortragenden C75 (1.0605) gewählt, der mit Zink-Nickel (alkalischer Elektrolyt) und Zink (saurer Elektrolyt) galvanisch beschichtet wurde. Die Schichten aus den beiden Systemen unterscheiden sich deutlich in Bezug auf die auftretenden Risse, die nur bei Zink-Nickel beobachtet wurden.

Die Menge des aufgenommenen Wasserstoffs wurde mittels Heißgasextraktion mit unterschiedlichen Versuchsdetails bestimmt. Parallel wurde die gängige Prüfmethode mittels C-Ring genutzt, wobei zwei unterschiedliche Härten der C-Ringe zum Einsatz kamen. Die Verteilung des Wasserstoffs wurde einmal mit und einmal ohne Beschichtung bestimmt; dazu wurde die Schicht chemisch abgebeizt. Bei Zink-Nickel zeigte es sich, dass Wasserstoff bei Raumtemperatur abhängig vom Beschichtungssystem bereits wieder

effundieren kann. Bei Zinkschichten konnte dies nicht festgestellt werden. Nach einer Wärmebehandlung treten bei offenporigem Zink-Nickel keine Ausfälle durch Wasserstoffversprödung auf. Bei Zinkschichten kann durch das Tempern (200 °C, 1 h) die Ausfallrate verringert, aber nicht vollständig vermieden werden.

Unter Einsatz von Silber besteht die Möglichkeit, den Wasserstoffaustritt auf der Schicht sichtbar zu machen: Es lässt sich nachweisen, dass der Austritt bei Zink-Nickel-Schichten an den Rissen erfolgt, so dass die Rissbildung von Vorteil ist. Bei Zinkschichten ist es nicht entscheidend, ob eine Schicht Risse hat oder nicht.

Wasserstoffgefährdung bei zink-basierten Schutzsystemen

Im zweiten Beitrag gab Dr. Jens Pudewills, Dörken MKS, einen Überblick über den

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

ENTWICKLUNG

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

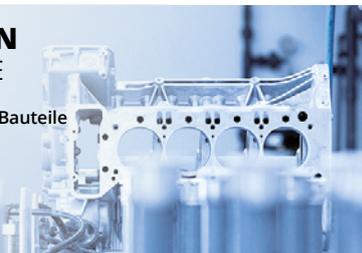


VERFAHREN

- > Chemisch/Galvanisch Nickel
- > Hartchrom
- > Kupfer
- > Nickel Dispersionsschichten & Ternäre Legierungen für:
- > Reibwerterhöhung (Diamant)
- > Verschleißschutz (SiC, B₂C)
- > Reibwertreduzierung (hBN)
- > Antiadhäsiv (PTFE, PFA)

PRÄZISIONSSCHICHTEN NACH MASS – DIAPLATE

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



LABOR

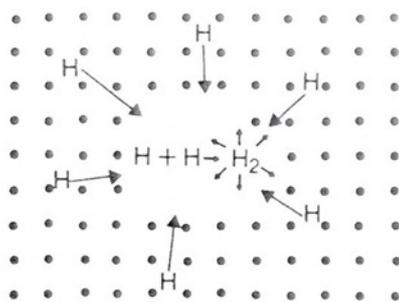
- > Werkstoffanalyse
- > Nasschemische Analyse
- > Schadensanalyse
- > Verfahrensentwicklung



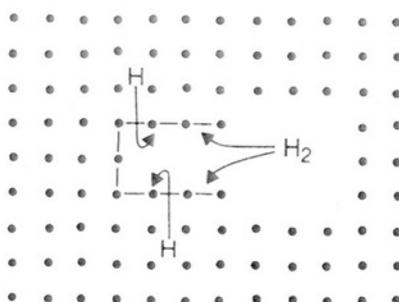
PRODUKTE – DIAPRODUCTS

- DIA SHIELD
- DIA PROTECT®
- DIA GLIDE®
- DIA GRIP®
- ENDIS®
- ENDIA®

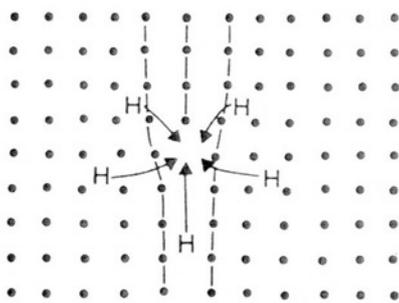
OBERFLÄCHEN



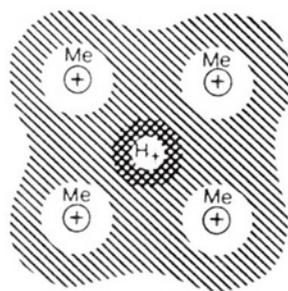
Drucktheorie



Adsorptionstheorie



HELP



HEDE

Mechanismen der Wasserstoffabsorption

Stand der Technologie zur Wasserstoffgefährdung für zinkbasierte kathodische Korrosionsschutzsysteme. Als Wasserstoffquellen spielen neben den galvanischen Beschichtungsverfahren das Beizen und die elektrochemische Reinigung eine nennenswerte Rolle. Zudem kann durch säureinduzierte Korrosion Wasserstoff entstehen und in den Werkstoff eindringen. Zu berücksichtigen ist, dass die Bildung von Wasserstoffgas an der Oberfläche bei allen Verfahren bevorzugt abläuft. Je nach Zusammensetzung der vorhandenen Lösung oder dem Zustand der Werkstoffoberfläche kann allerdings mehr oder weniger Wasserstoff in den Werkstoff eindringen. Im Werkstoff erfolgt die Einlagerung beispielsweise an Fehlstellen wie Korngrenzen, Leerstellen oder Versetzungen.

Zur Erklärung der Wasserstoffaufnahme stehen vier Theorien zur Auswahl: Drucktheorie, HELP, Adsorptionstheorie und HEDE, wobei die Schädigungen durch Wasserstoff bevorzugt durch HEDE erklärt werden. Die Theorien lassen sich wie folgt kurz beschreiben:

- Drucktheorie: Der atomare, im Gitter gelöste Wasserstoff rekombiniert an den inneren Oberflächen des Gefüges und durch den auftretenden Druck entstehen Risse
- HELP (Hydrogen Enhanced Local Plasticity): Eine Erhöhung der Beweglichkeit von Versetzungen hat eine Verringerung der Dehngrenze zur Folge

- Adsorptionstheorie: An einer Riss Spitze führt die Wasserstoffadsorption zur Verringerung der Oberflächenenergie

- HEDE (Hydrogen Enhanced Decohesion): Die Bindungskräfte im Gitter werden durch eingelagerten Wasserstoff geschwächt

Die Effusion kann am besten durch eine Wärmebehandlung erfolgen, wobei je nach Örtlichkeit der Wasserstoffeinlagerung unterschiedliche Temperaturen zu empfehlen sind. Im Vergleich der verschiedenen Verfahren mit Potenzial einer Wasserstoffversprödung schneiden das Beizen und die galvanische

Beschichtung bezüglich der Wasserstoffentstehung gegenüber allen anderen Methoden schlechter ab. Aus diesem Grund müssen hochfeste Stähle nach dem Beizen oder Beschichten einer Wärmebehandlung unterzogen werden. Bei Verfahren wie Feuerverzinken, thermischem Spritzen oder Zinklamellenbeschichtung eignen sich die prozessbedingten Schritte bei höheren Temperaturen zur Effusion von Wasserstoff im Grundwerkstoff.

Wärmebehandlung

Dr. Frank Schweizer, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, und Dr. Stefan Kölle, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, richteten den Blick auf die Verfahren zur Wärmebehandlung, durch die eine Wasserstoffversprödung vermieden werden soll. Die Bestimmung von Wasserstoff in Schichten und Grundwerkstoffen wurde mittels Glimmentladungsspektroskopie (GDOS) vorgenommen, bei der die Wasserstoffanteile in Abhängigkeit vom Abstand zur äußeren Grenzfläche erfasst werden. Die Vorgaben in der Normung sind nach Ansicht von Dr. Schweizer unbefriedigend, insbesondere sind die Zeitdauern der Wärmebehandlung tendenziell zu lang. Experimentelle und rechnerische Methoden sollen optimierte Verfahren ermöglichen. Zu diesem Zweck wurden Untersuchungen und Bewertungen zu Behandlungstemperatur und -dauer durchgeführt; die Energieeffizienz des Gesamtprozesses war dabei ein wichtiger Aspekt. Ziel ist, dem Anwender auf Basis einer Datenbank ein Werkzeug zur Verfügung zu stellen, um seinen jeweiligen Prozess bestmöglich zu gestalten. Bezüglich der

(Bild: Dr. J. Pudewills)

	DIN EN 2132	DIN EN 4042	DIN EN 4826	(DIN EN ISO 2081)	DIN EN ISO 19598
Schichtsystem	Cr	Zn	Zn-Ni	Zn	Zn-Ni, Zn-Fe
Werkstoffe	C-Stähle / legierte Stähle	Stahl	Stahl, NiRo, Cu, Al	Eisenwerkstoffe	Eisenwerkstoffe
Vorbereitung	Spannungsarmglühen			WBH bei hochfesten Stählen	
WBH-Temp	190-230 °C / 400-480 °C	190-230 °C / 400-480 °C	190-230 °C		215 °C
WBH-Dauer	Nach Werkstofffestigkeit 0 – 18 h Unterschieden: ungestrahlt/gestrahlt, ermüdungsbelastete Proben.	Nach Werkstofffestigkeit min. 2 – 18 h, u.U. bis 24 h	Min. 1 h, Stähle min. 8 h		Nach Werkstofffestigkeit 6 – 24 h (Tabelle 4)
Weitere Vorschriften	WBH innerhalb 4h, Tempern nicht höher als 220 °C	Kann bei alkalischen Beschichtungen nach Rücksprache ausbleiben	Nur alkalische Elektrolyten		Vereinbarung zwischen Auftraggeber und Beschichter

Übersicht über genormte Verfahren zur Wärmebehandlung mit den wichtigsten Charakteristika (Bild: F. Schweizer/S. Kölle)

Anfälligkeit von Werkstoffen ist deren jeweilige Löslichkeit für Wasserstoff eine wichtige Größe. Aus allen derartigen Angaben wurde ein Berechnungsmodell erstellt. Mit dem entstandenen Modell lässt sich die Wasserstoffverteilung gemäß der Praxis mit guter Genauigkeit aufzeigen. In einem weiteren Schritt wird das Modell durch Messwerte aus der Praxis validiert. Für die Datenbank finden unter anderem Messwerte für Nickel, Zink-Nickel und Kadmium auf Stahl als Vergleichswerte Anwendung.

Grundchemikalien für die Galvanotechnik

Zunehmend wichtiger wird – vor allem durch die Neuerungen im Hinblick auf RECh –

die sichere Versorgung der Beschichtungsunternehmen mit den benötigten Rohstoffen. Dr. Klaus Wojczykowski, Coventya GmbH, hat hierzu die Zusammenhänge betrachtet, die im Hinblick auf Rohstoffe, die bevorzugt unter dem Begriff der Spezialchemie geführt werden, die also vorwiegend in Kleinmengen verarbeitet werden, bestehen.

Ein wichtiger Aspekt hierbei ist, dass der Erwerb und der Weitervertrieb von Chemikalien durch eine große Zahl an unterschiedlichen rechtlichen Aufgaben charakterisiert ist. Details dazu erläuterte er am Beispiel eines sauren Zinkverfahrens sowie eines sauren Kupferverfahrens. Besonders ausgeprägt ist die Situation bei den zahlreichen Zusätzen, beispielsweise zur Erzeugung von Glanz. Zur

Sicherung der Qualität eines Rohstoffes ist es häufig erforderlich, den Herstellungsprozess einer Chemikalie zu kennen. Bei metallischen Rohstoffen ist unter anderem die Vergesellschaftung mit anderen Rohstoffen zu berücksichtigen.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Weitere Inhalte des Tagungsberichts richten sich auf Korrosion, Kupferrecycling sowie auf ionische Flüssigkeiten in der Elektrochemie.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5 Seiten mit 9 Abbildungen.

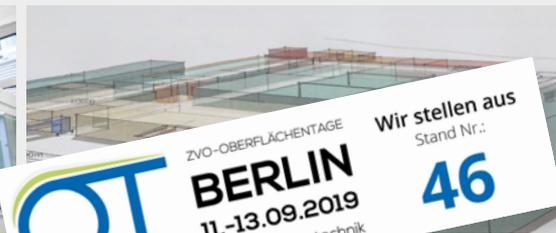
ZWEI UNTERNEHMEN. EIN ZIEL. WELTWEIT. Dienstleistungen rund um Oberflächentechnik und Produktion.



Institut für
Oberflächentechnik
GmbH



Planung und Beratung
Oberflächentechnik
GmbH



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

- › Anlagen- und Fabrikplanung
- › Umwelt und Arbeitssicherheit
- › Managementsysteme QU/UM/EM
- › Gutachten
- › Brandschutz
- › CE Konformitätserklärungen
- › Genehmigungsverfahren

Alexander-von-Humboldt-Straße 19
73529 Schwäbisch Gmünd

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

Customized Solutions

Oberflächenveredelung – Perfektion für Ihren Erfolg!



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

Gern auch für Sie.

B+T Unternehmensgruppe

OBERFLÄCHEN

Oberflächenspezialist Ingo Müller feierte seinen 80. Geburtstag

Der Gründer der IMO Ingo Müller Oberflächentechnik steht auch heute noch mit seiner langjährigen und umfangreichen Erfahrung als Berater dem Unternehmen zur Verfügung

Am 27. Juli feierte Ingo Müller, Gründer der IMO Ingo Müller Oberflächentechnik, seinen 80. Geburtstag. In Berlin geboren und aufgewachsen, begann er nach der Mittleren Reife seine Ausbildung zum Galvaniseur bei RFT Berlin (Werk für Rundfunk- und Fernmelde-technik). Dort arbeitete er bis zu seinem Umzug nach Pforzheim im Jahr 1954.

Seine berufliche Laufbahn in der badischen Goldstadt begann er als Galvaniseur bei der Firma Fischer und Windbiel, bis er 1959 die Leitung der Lohngalvanik E. Jösel in Enzberg übernahm. Parallel hierzu besuchte Ingo Müller die Abendschule für Oberflächentechnik und legte 1964 sein Staatsexamen als Galvanotechniker mit Auszeichnung ab. Im selben Jahr bestand er auch die Meisterprüfung als Galvaniseur und Metallschleifer. Bis zu seiner Selbstständigkeit arbeitete er beim Unternehmen Doduco in Pforzheim als Betriebsleiter in der Oberflächenbearbeitung. Zielstrebig und erfolgsorientiert gründete er im Jahr 1973 die IMO Ingo Müller Oberflächentechnik. Vom ersten Tag an war seine

Frau Christel Müller mit im Unternehmen tätig und ihm stets eine große Unterstützung. Zunächst auf die technische Schüttgutgalvanisierung spezialisiert, wurden bereits 1975 die ersten Bandgalvanisieranlagen aus eigener Herstellung in Betrieb genommen. Im Jahr 2000 schließlich erfolgte der Bezug des neuen Technologiezentrums in Königsbach-Stein. Das Unternehmen wuchs auch in den Folgejahren kontinuierlich. Bereits 1985 wurde zusammen mit Sohn Bernd Müller die MSP Müller Spot Plating GmbH gegründet, die sich auf die punktuelle Veredelung und auf zukunftsweisende Technologien spezialisiert hat. 2005 übernahm Bernd Müller als alleiniger Inhaber die IMO und führte das Unternehmen weiter nach vorne. Zwischenzeitlich sind auch seine beiden Söhne Armin und Kay Müller mit in der Geschäftsleitung tätig. Über die Jahre hat das Unternehmen durch hervorragende Technologien und ein kompromissloses Qualitäts- und Umweltbewusstsein eine weltweit führende Position in der Oberflächentechnik eingenommen und



ist auf die Beschichtung von Präzisionsteilen für die Automobilindustrie, Elektrotechnik, Telekommunikation und Medizintechnik spezialisiert. Aber auch Zukunftsbranchen wie das Internet der Dinge (IoT), autonomes Fahren und E-Mobilität werden heute beliefert. Ingo Müller steht dem Unternehmen mit seiner langjährigen Erfahrung und seinem fundierten Wissen auch heute noch als Berater zur Verfügung.

➔ www.imo-gmbh.com

Kathodischer Korrosionsschutz und Anlagentechnik im Fokus

Leistungsfähige Prozesse & Anlagentechnik – dafür steht die Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG mit Sitz in Geislingen. An **Stand 63** erhalten die Besucher der diesjährigen **ZVO-Oberflächentage in Berlin** einen Überblick über die vielseitigen Verfahren des traditionsreichen Unternehmens, die ein breites Spektrum der funktionellen und dekorativen Galvanotechnik abdecken. Ein Highlight im kathodischen Korrosionsschutz stellt die neu entwickelte VX-Technologie dar, die 2018 mit dem Innovationspreis des Landes Baden-Württemberg ausgezeichnet wurde und eine besonders ressourcenschonende Zink-Nickel-Abscheidung ermöglicht.

Einen zusätzlichen Ausstellungsschwerpunkt bildet in diesem Jahr die Anlagentechnik von Schlötter. Die Kombination aus jahrzehntelanger Erfahrung im Anlagenbau und dem Knowhow aus der Verfahrenstechnik ermöglicht es Schlötter, passgenaue Anlagenlösungen für vielfältige Anwendungen in der Oberflächentechnik zu ent-



wickeln. Schlötter-Anlagen sind bekannt für ihre Zuverlässigkeit und Langlebigkeit. Mindestens genauso wichtig ist die zuverlässige und termingerechte Realisierung und Inbetriebnahme sowohl bei Neuanlagen als auch Modernisierungen. Den stetig wachsenden Anforderungen an einen effizienten Einsatz von Ressourcen, Umweltschutz und Produktionssicherheit wird Schlötter mit einem ei-

genen Team für Konstruktion, Fertigung und Montage sowie Steuerungsentwicklung gerecht. Anlagentechnische Innovationen wurden in der jüngsten Vergangenheit unter anderem im Bereich der Lösestationen, bei Hochstromkontakten und vielen anderen Details realisiert.

➔ www.schloetter.de

Unternehmen laden ein:

Trocknungstechnik und Luftfahrtbeschichtung im Überblick

Die Exkursion der DGO-Bezirksgruppe München am 4. Juli ins malerische Allgäu bot einen spannenden und beeindruckenden Blick in die energieeffiziente Trocknungstechnologie bei der Harter GmbH in Stiefenhofen und in die Beschichtung von Fahrwerks- und Flugsteuerungskomponenten bei der Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH.

Die Leiter der DGO-Bezirksgruppe München, Andreas Bayer und Dr. Harald Schreckenberger, boten ihren Mitgliedern auch in diesem Jahr wieder ein besonderes Highlight: eine Exkursion in das reizvolle Allgäu zum Entwickler und Hersteller von Trocknungsanlagen auf Basis der Kondensationstechnik und zu einem Werk der Sparte Aerospace der Unternehmensgruppe Liebherr, das unter anderem auf die Entwicklung und Fertigung von Flugzeugfahrwerken und Flugsteuerungssystemen spezialisiert ist. Zum Gelingen der sehr informativen Tagesveranstaltung trugen auch das außerordentlich gute Wetter und die beeindruckende landschaftliche Kulisse des Allgäus bei.

Harter GmbH

Das 1991 von Roland Harter gegründete Unternehmen hat es sich von Anfang an zur Aufgabe gemacht, seine Trocknungs-

systeme in bester Qualität und mit geringstem Energieverbrauch auszustatten. Wie Geschäftsführer Reinhold Specht in seinen Ausführungen eindrucksvoll vermittelte, haben beide Hauptziele zu zahlreichen Entwicklungen geführt und dem Unternehmen eine beeindruckende Fertigungstiefe verschafft. Mit dazu beigetragen hat ein in allen Fachbereichen bestens ausgebildeter und sehr treuer Personalstamm bei Harter - auch eine Folge des kollegialen und motivierenden Betriebsklimas, das den Besuchern der DGO-Bezirksgruppe sehr positiv auffiel. Kernpunkte der Harter-Trocknungsanlagen sind die selbst entwickelte Technologie der sehr effektiven Entfeuchtungstechnologie im Niedertemperaturbereich sowie die auf den jeweiligen Aufgabenbereich optimierte Luftführung. Das seit fast 30 Jahren stetig erweiterte Know-how in der Trocknungstechnik versetzt die Spezialisten der Harter GmbH

in die Lage, schnell und sehr zielgerichtet die unterschiedlichen Trocknungsaufgaben einschätzen zu können. Der Unternehmenserfolg drückt sich unter anderem in mehr als 1000 verkauften Anlagen aus, die in Branchen wie der Automobilindustrie, der Uhrenindustrie, Pharmatechnik, Entsorgung (vorwiegend zur Entfeuchtung von Schlamm), Medizintechnik aber auch der Nahrungsmittelindustrie zu finden sind. Zu den Markenzeichen der Anlagen von Harter zählen:

- Trocknung im Niedertemperaturbereich zwischen etwa 40 °C und 75 °C
- hohe Effizienz durch Luftentfeuchtung mittels Wärmepumpe und dadurch mit kurzen Trocknungszeiten
- Trocknung im geschlossenen System



Gesamtartikel online

...



Die Exkursionsteilnehmer der DGO-Bezirksgruppe bei der Harter GmbH (links) und im Werk der Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH (Bild: Harter GmbH / Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH)



Wir stellen aus
Stand Nr.:
14.1

Wir schließen Ihren Energiekreislauf

Lufttechnische Anlagen
Abluftreinigung
Ventilatoren

Wärmerückgewinnungssysteme
Prozesskühlung
Modernisierung bestehender Anlagen

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

VERBÄNDE



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

Verstärkung im Bereich Technik

Die Geschäftsstelle des Verbands für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) in München begrüßt Matthias Krämer in der Funktion des Leiters Technik.



Dr. Alexa A. Becker (VOA-Geschäftsführerin), Matthias Krämer (Leiter Technik VOA), Michael Oswald (Vorsitzender VOA) (von links nach rechts) (Quelle: VOA)

Matthias Krämer wird die Technische Kommission leiten, sowie bei der Vergabe der internationalen Qualitätszeichen Qualanod, Qualicoat, Qualideco und Qualistrip für den deutschen Verband tätig sein. Besonders am Herzen liegt dem Diplomingenieur, der aus der Beschichtungsbranche kommt und langjährige Erfahrungen als Geschäftsführer eines solchen Unternehmens mitbringt, der pragmatische aber dennoch wissenschaftliche Ansatz. Er freut sich darauf, die Eloxal- und Entlackungsbranche sowie die Beschichtungsindustrie in technischen Themen zu unterstützen und die Fortbildung in den Fokus zu rücken. VOA-Geschäftsführerin Dr. Alexa A. Becker freut sich auf die Ergänzung in der Geschäftsstelle: Matthias Krämer zeichne seine professionelle Expertise aus, die er als ehrenamtlich tätiger Vorstand des VOA schon bewiesen habe. *Mit dem Wechsel*

in die Geschäftsstelle beschreiten wir neue, für die Mitglieder und die Industriebranche überaus effektive Wege.

➔ www.voa.de

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

Galvanotechnik – Anwendungen für Lithiumionenbatterien?

Die Fortsetzung der Bezirksgruppenveranstaltung an der Technischen Universität Ilmenau beschäftigte sich mit dem aktuellen Thema *Galvanotechnik für die Batterie*. Dazu referierte Dr. Michael Stich, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Ilmenau, Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik. Nach einleitenden Worten zu seiner fachlichen Entwicklung stellte er den klassischen und bipolaren Aufbau von Lithiumionenbatterien vor. Die bipolaren Zellenanordnungen mit hohen Zellspannungen, einfachem Batterieaufbau bei günstiger Bauraumausnutzung sowie gleichmäßiger Strom- beziehungsweise Potentialverteilung erfordern eine langlebige Dichtheit zwischen den Elektroden und eine sichere Ableitung des Stroms. In diesem Zusammenhang wurden wichtige Anforderungen an Stromableiter für Lithiumionenbatterien, wie gute Leitfähigkeit, chemische/elektrochemische Stabilität und vertretbare Kosten, genannt. Besonders das Korrosionsverhalten der bipolaren Stromableiter kann durch galvanische Beschichtungen positiv beeinflusst werden. Dazu stellte Dr. Stich sowohl anoden- als auch kathodenseitig mehrere Varianten vor, die durch cyclovoltammetrische Korrosionsuntersuchungen an Stromableitern untermauert wurden. Als Bipolarstromableiter kamen Nickel, Kupfer/Aluminium und Nickel/Aluminium zum Einsatz. Zu diesem Zweck wurde im Labor-

maßstab Nickelfolie auf Edelstahlzylinder abgedreht und außerdem aus Gewichts-/Kostengründen beidseitig vernickelte Aluminiumfolie für Testzwecke eingesetzt. Die Herstellung dieser Folien erforderte einen beachtlichen experimentellen Aufwand, um qualitativ gute Schichten zu erhalten. Diese Folien können jedoch nur als Stromableiter eingesetzt werden, wenn sie porenfrei sind. Die Tests der verschiedenen Stromableiter erfolgten im Batterieelektrolyten unter Inertgasatmosphäre mit anschließender Aufnahme von cyclovoltammetrischen Kurven. Die Ergebnisse zeigten, dass sich Nickelfolie stabil bei niedrigen Stromdichten im gesamten Potentialbereich der Lithiumionenbatterie verhielt. Ähnliche Ergebnisse zeigte auch die mit Nickel beschichtete Aluminiumfolie, wenn die Nickelfolie dicht anliegt und porenfrei ist. Mit Kupfer beschichtete Aluminiumfolie zeigt nur bei niedrigem Potential solche Werte. Die Auswertung von Stromdichte-Potentialkurven zeigt deutlich höhere Korrosionsstromdichten von Kupfer gegenüber Nickel und Nickel/Aluminium. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen, dass Nickel und mit Nickel beschichtetes Aluminium gegenüber Kupfer und Kupfer/Aluminium eine hohe Stabilität im gesamten Spannungsbereich im Batterieelektrolyten aufweist. Voraussetzung ist jedoch eine absolute Porenfreiheit der galvanisch abgeschiedenen Folie. Mit der Ankündigung, weiterführende Untersuchungen zu dieser Problematik durchzuführen, beendete Dr. Michael Stich seinen interessanten Vortrag mit dem Hinweis, dass detaillierte Angaben zum Korrosionsverhalten von bipolaren Stromableitern für Lithiumionenbatterien in der Fachzeitschrift *Galvanotechnik* 12/2018, S. 2330 ff und *Galvanotechnik* 1/2019, S. 67 ff enthalten sind.

Dr. Peter Kutzschbach

INSERENTENVERZEICHNIS

Airtec MUEKU GmbH	47	Harter GmbH	19	rhv-Technik GmbH & Co. KG	5
aqua plus GmbH	24	IFO GmbH	45	Dr.-Ing. Max Schlötter	U2
B+T Technologies GmbH	45	IPT GmbH	29	Serfilco	1
B+T K-Alpha GmbH	U3	Walter Lemmen GmbH	15	Softec AG	35
Biconex GmbH	11	Metrohm Prozessanalytik	23	STZ Oberflächentechnik	37
Boner Galvanotechnik	35	Munk GmbH	39	VECCO e.V.	25
CCT GmbH	43	NovoPlan GmbH	39	Wussow Pumpen-Filter-Technik	41
Deutsche Messe / VDW	13	plating electronic GmbH	33	ZVO e.V.	Beilage
Eupoc GmbH	25	Qubus GmbH	45	ZVO e.V.	Titel
Hapoc GmbH	25	Renner GmbH	U4		

MEASUREMENT TECHNOLOGY FOR YOUR SUCCESS!

Für Sie schauen wir genau hin!

Mit unserem Röntgenmessgerät analysieren und regeln wir die Metallgehalte Ihrer Galvanikbäder.

- Vollautomatisch für mehrere Bäder
- Inline, Echtzeit, kontinuierlich
- Ohne zusätzliche Chemikalien

Profitieren Sie von der Essenz aus modernster Messtechnik, Anwender-Knowhow und innovativem Entwicklergeist für stabile Prozesse mit perfekten Oberflächenergebnissen.



K-Alpha GmbH

Ein Unternehmen der B+T Unternehmensgruppe

B+T K-Alpha GmbH
Am Surbach 5 - 35625 Hüttenberg
Telefon: 06441 7806-310
www.bt-unternehmensgruppe.de

Original RENNER Detail Nr. 36: mehr Prozess-Effizienz.



Die zentrale Verschlusschraube:
für einen einfachen, zeit- und damit
kostensparenden Filterwechsel

RENNER

Das Original.
Made in Germany.

Lange Standzeiten gehören bei unseren Qualitäts-Filtern zur Serienausstattung. Für mehr Prozess-Effizienz in der Galvanik tun wir aber noch mehr. Zum Beispiel mit dem Original Filtergehäuse RFI 4. Denn sein intelligenter Verschlussmechanismus mit zentraler Verschlusschraube lässt anstehende Filterwechsel besonders einfach und schnell von der Hand gehen. **Das reduziert den Stillstand Ihrer Anlagen, spart Zeit und erhöht somit die Prozess-Effizienz.** Überzeugen Sie sich – bei uns auf den ZVO-Oberflächentagen in Berlin. Wir beraten Sie gerne und ausführlich.

- Einfaches Handling dank zentraler Verschlusschraube
- Gesteigerte Prozess-Effizienz durch zeitsparende Filterwechsel
- Für unterschiedlichste Anwendungen
- Mit unterschiedlichen Filterelementen nutzbar