

WOMAG

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche



Sager + Mack®

Leading the way in pumps and filters

30 Jahre | 30 years | 30年



PUMPEN
PUMPS | 泵



FILTER
FILTERS | 过滤器



FILTERMEDIEN
FILTERMEDIA | 过滤耗材



DAS PLUS
THE PLUS | 服务



www.sager-mack.com

WERKSTOFFE

Betrachtungen zum Vakuumhartlöten von Aluminium und Kupfer

OBERFLÄCHEN

Reibverhalten von Dichtelastomeren auf galvanischen Oberflächen

WERKSTOFFE

Vorschau auf die DeburringExpo 2019

OBERFLÄCHEN

Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken in Galvanikbetrieben

OBERFLÄCHEN

Erfahrungsbericht zur Umstellung auf Chrom(III)verfahren

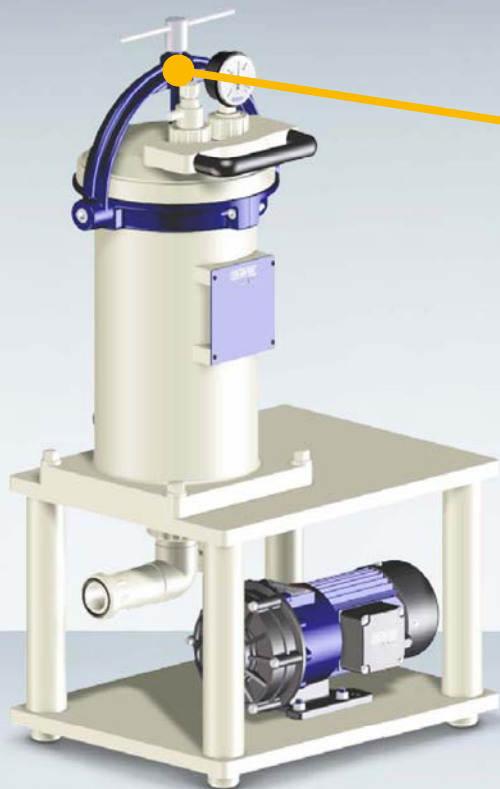
SPECIAL

Aluminiumabscheidung aus ionischen Flüssigkeiten

SEPTEMBER 2019

Branchen-News täglich: womag-online.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

Leichtbau – die Lösung für die Zukunft?



Die Nachfrage nach leichten Werkstoffen mit guten mechanischen Eigenschaften hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Neben den Verbundwerkstoffen mit Kohlefasern als Lieferant der überragenden mechanischen Eigenschaften spielen hier vor allem die Leichtmetalle Aluminium, Magnesium oder Titan eine wichtige Rolle. Während Titan sowohl im Hinblick auf die mechanischen als auch die chemischen-korrosiven Eigenschaften überragend ist, kommt es aufgrund der hohen Herstellungskosten nur für relativ wenige auser-

wählte Produkte zum Einsatz. Aluminium und Magnesium dagegen sind deutlich preisgünstiger zu erhalten und somit deutlich im Vorteil.

In der vorliegenden Ausgabe der WOMag werden in verschiedenen Beiträgen unterschiedliche Aspekte der Verwendung und Verarbeitung der Leichtmetalle – allen voran natürlich Aluminium – vorgestellt. Dabei wird schnell klar, dass der Oberflächenbehandlung eine wichtige Rolle zukommt. Die Oberflächenbehandlung ist vor allem dann unerlässlich, wenn die Leichtmetalle mit anderen Metallen (z.B. hochfeste Stähle oder CFK) verbaut werden – was immer häufiger zur Regel wird.

Ein Ansatz zur Herstellung korrosionsbeständiger Multimaterialbauteile könnte die elektrochemische Beschichtung mit Aluminium oder Titan sein. In diesem Fall würde die Bildung der natürlichen Oxidschicht auf diesen Metallen die gute Korrosionsbeständigkeit liefern und durch Einsatz der anodischen Oxidation würde sich die Beständigkeit für die jeweiligen Belastungen anpassen lassen. Für die elektrochemische Abscheidung von Aluminium oder Titan befasst sich die Forschung mit der Nutzung ionischer Flüssigkeiten, da beide Metalle aus wässrigen Lösungen nicht abscheidbar sind. Einige Arbeitsgruppen stellen in der WOMag 9/2019 ihre bisher erreichten Ergebnisse vor.

Auf der in Kürze stattfindenden EMO in Hannover und der DeburringExpo in Karlsruhe werden einige Unternehmen und Institute vertreten sein, die auch im Bereich Leichtbau tätig sind. Sie werden den Besuchern der jeweiligen Messe ihre Leistungen und Projekte vorstellen und damit weitere Informationen und Möglichkeiten zum Einsatz von Leichtbauwerkstoffen oder deren Oberflächenbearbeitung bieten. Wir können davon ausgehen, dass die Entwicklungen auf diesen Gebieten auch weiterhin interessant bleiben!

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.



VORSPRUNG DURCH EIN PERFEKTES OBERFLÄCHENFINISH



EMO
Hannover
16-21.9.2019
Halle 11,
Stand G56

OTEC Präzisionsfinish: Mehrwert für die Werkzeugindustrie

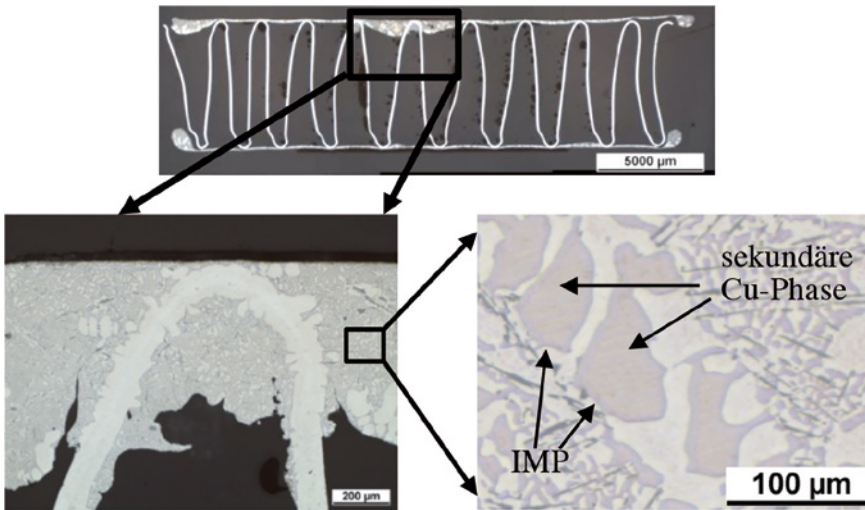
Mit OTEC-Schlepp-, Stream- und Pulsfinishverfahren werden Standzeiten von Werkzeugen erhöht, Ausbrüche reduziert und die Spanabfuhr verbessert. Durch einen bahngesteuerten Bewegungsablauf wird es möglich, gezielt einzelne Stellen eines Werkstückes besonders intensiv zu bearbeiten. Die enormen Bearbeitungskräfte und hohen Strömungsgeschwindigkeiten sorgen für extrem kurze Prozesszeiten und eine hohe Wirtschaftlichkeit. Die automatische Beladung und Werkstückwechsel mittels Roboter ermöglichen eine effiziente Bearbeitung.

Mehr unter otec.de/werkzeugindustrie



OTEC SF RLS
Robot Loading System

INHALT



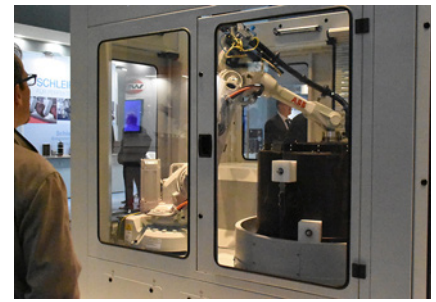
4 Vakuumhartlöten von Aluminium und Kupfer

Metal		Metal and Alloy		Alloy		Atomic Number		Element																											
1	H	2	He																																
3	Li	4	Be	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne																				
11	Na	12	Mg	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar																				
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
55	Cs	56	Ba	57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu		
87	Fr	88	Ra	89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr		

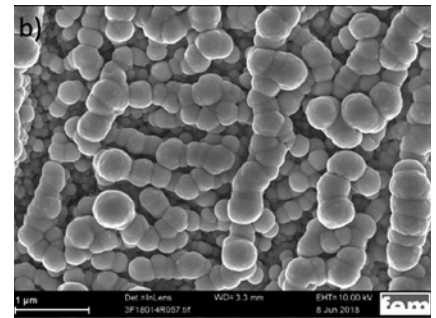
25 Abscheidung von Aluminium aus ionischen Flüssigkeiten

WERKSTOFFE

- 4 Betrachtungen zum Vakuumhartlöten von Aluminium und Kupfer
- 6 Stanzen von Aluminium – Effizienz, hohe Taktzahl und absolute Präzision
- 8 Oberflächenvorbehandlung und Korrosionsschutz im Multi-Metall-Leichtbau
- 9 Neues Werkzeug für den Leichtbau entwickelt
- 10 Automatisierte Nachbearbeitung von CFK-Bauteilen
- 12 Schlauer schleifen
- 12 VDI-Richtlinienreihe Additive Manufacturing um Material-Extrusion ergänzt
- 13 Rheinfelden Alloys schließt globalen Lizenzvertrag mit japanischer NMA Nikkei MC Aluminium
- 14 Digital und nachhaltig zugleich – geht das?
- 15 DeburringEXPO 2019 – Fachmesse für Entgraten und Oberflächenfinish – Vorschau auf die Inhalte der Messe



15 DeburringEXPO 2019



34 Palladiumlegierungsschicht



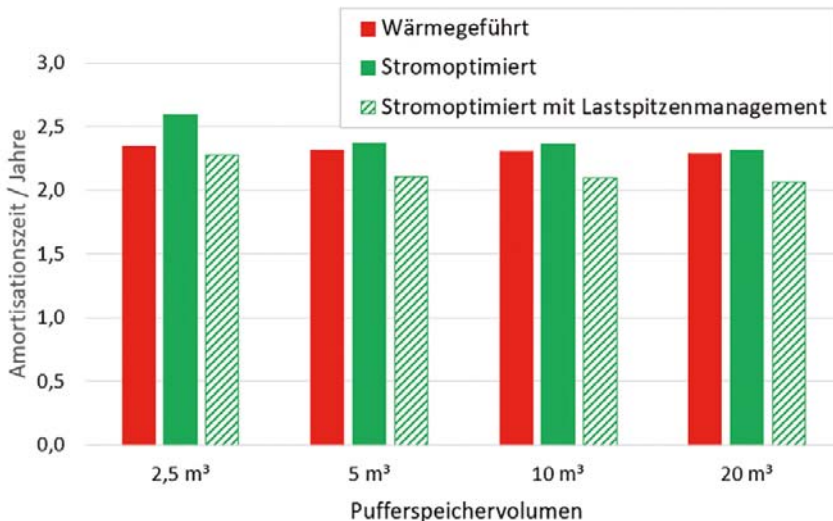
38 Abscheidung aus Chrom(III)

MEDIZINTECHNIK

- 22 Zuverlässiger und effektiver Reinigen in der Medizintechnik
- 22 Werkstoff-Preis der Schott AG geht an Julius Rubers

OBERFLÄCHEN

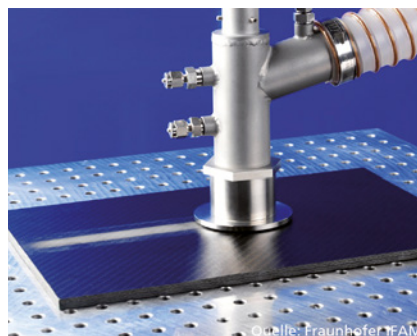
- 24 Ein Beitrag zur Energiewende – Neuartige Beschichtung für robustere Wälzlagering
- 25 Elektrochemische Abscheidung von Aluminium und Aluminiumlegierungen aus ionischen Flüssigkeiten
- 28 Aluminium in wässrigen Prozesslösungen – Betriebskostenreduzierung durch effektive Ausschleusung
- 30 Elektrochemische Abscheidung von Refraktärmetalllegierungen aus ionischen Flüssigkeiten
- 34 Neue galvanotechnische Beschichtungsprozesse aus ionischen Flüssigkeiten
- 38 Sedus hat (es) sich getraut! – Inhouse-Galvanik auf Chrom(III)verfahren umgestellt
- 42 REACH-Kompodium – Substitution, eine Mammutaufgabe



50 Einsatz von Blockheizkraftwerken in der Galvanotechnik



47 RFID in der Galvanotechnik



8 Trockene Reinigung

OBERFLÄCHEN

- 44 Reibverhalten von Dichtelastomeren im Kontakt mit funktional beschichteten Oberflächen
- 47 Mehr Übersicht durch RFID-Einsatz
- 49 Keine Fettabdrücke dank Nanolack
- 50 Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken in Galvanikbetrieben

BERUF + KARRIERE

- 53 Verabschiedung der neuen Galvanotechniker
- 54 Neue KTL-Anlage am BSZ für Bau- und Oberflächentechnik Zwickau

VERBÄNDE

- 55 Kollektive Angststörungen
- 56 DVS e.V. – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren

Zum Titelbild: Seit 30 Jahren bedient die Sager + Mack GmbH die nasschemische Oberflächentechnik mit Pumpen und Filtersystemen in höchster Qualität.

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 Werkstoffbe- und -verarbeitung sowie der Oberflächentechnik beraten und unterstützt.

Bankverbindung

BW-Bank, IBAN: DE71 6005 0101 0002 3442 38

BIC: SOLADEST600; (Konto 2344238, BLZ 60050101)

Das Magazin und alle in ihm enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Bei Zusendung an den Verlag wird das Einverständnis zum Abdruck vorausgesetzt. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages und ausführlicher Quellenangabe gestattet. Gezeichnete Artikel decken sich nicht unbedingt mit der Meinung der Redaktion. Für unverlangt eingesandte Manuskripte haftet der Verlag nicht.

Gerichtsstand und Erfüllungsort

Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Waldshut-Tiengen

Herstellung

WOTech GbR

Grafische Gestaltung (Grundlayout)

Wasserberg GmbH

Druck

Holzer Druck + Medien GmbH & Co. KG

Fridolin-Holzer-Straße 22+24, 88171 Weiler

© WOTech GbR, 2016

Betrachtungen zum Vakuumhartlöten von Aluminium und Kupfer

Von A. Sommer¹⁾, M. Türpe²⁾ und U. Füssel³⁾



Zum online-Artikel

In diesem Beitrag wird mit dem flussmittelfreien Vakuumhartlöten eine alternative Prozesstechnologie zum stoffschlüssigen Fügen von Aluminium-Kupfer-Mischverbindungen untersucht. Es werden Proben im Diffusion- und im Schmelzlötverfahren hergestellt. Der Einfluss der Aluminiumoxidschicht beim Diffusionslöten wird näher untersucht. Ein mögliches Lötfenster wird festgelegt. Beim Schmelzlöten werden die Vorgänge beim Vakuumhartlöten von Aluminium-Kupfer-Mischverbindungen in Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung des Lots analysiert. Zur Reduzierung der Löttemperatur und der Erosion des Aluminium-Grundwerkstoffs wird ein AlCuSi-Lot entwickelt. Das Benetzungs- und Lötverhalten des neu entwickelten Lots wird ermittelt.

1 Einleitung

Die Bedeutung von Mischverbindungen in industriellen Anwendungen, wie beispielsweise der Automobilindustrie, nimmt seit den gestiegenen Anforderungen an Umwelt- und Klimaschutz zu. Die Kombination von unterschiedlichen Werkstoffen in Mischverbindungen erlaubt eine Platzierung der Werkstoffe entsprechend ihrer spezifischen Vorteile genau an der anforderungsgerechten Stelle im Bauteil. Eine konsequente Verfolgung von Mischbauweisen führt zu Vorteilen bei der Gewichtseinsparung und der Ressourceneffizienz sowie zu einer Senkung des Energieverbrauchs.

Stoffschlüssige Mischverbindungen aus Aluminium (Al) und Kupfer (Cu) finden vermehrt in der E-Mobilität Anwendung, bei der gute thermische und elektrische Leitfähigkeiten gefordert sind. Eine vollständige Substitution von Kupfer mit dem wesentlich leichteren und auch billigeren Aluminium ist häufig aus technologischen Gründen nicht möglich. So ergibt sich in vielen Anwendungen eine Bimetallverbindung aus Aluminium und Kupfer. Die Herstellung dieser stoffschlüssigen Mischverbindung aus Aluminium und Kupfer setzt die Verfügbarkeit einer materialgerechten Fügetechnik voraus.

Eine fügetechnische Herausforderung stellen die hochschmelzende passivierende Aluminiumoxidschicht und die spröden intermetallischen Phasen im Aluminium-Kupfer-Zweistoffsystem dar. Aus Entwicklungen in den letzten Jahren ist eine Vielzahl an verschiedenen Fügetechnologien hervorgegangen.

Beim elektromagnetischen Pulsschweißen werden vorrangig rotationssymmetrische Bauteile durch sehr hohe lokale Drücke nahezu schmelzfrei gefügt. Für das stoffschlüssige Fügen von flächigen Aluminium-Kupfer-Verbindungen werden in der Literatur Pressschweißverfahren, wie das Rührreibschweißen oder das Ultraschallschweißen, diskutiert. Auch bei diesen Fügetechnologien werden durch das Verbinden der Fügepartner in der festen Phase schmelzmetallurgische Effekte vermieden [1-4].

In der vorliegenden Arbeit wird mit dem Vakuumhartlöten eine flussmittelfreie Prozesstechnologie zum stoffschlüssigen Fügen von Mischverbindungen zwischen Aluminium und Kupfer untersucht. Potenzielle Risiken ergeben sich in der Ausbildung von spröden intermetallischen Phasen und der Erosion des Grundmaterials. Es erfolgt eine systematische Untersuchung des Lötverhaltens dieser Mischverbindungen in Abhängigkeit der Löttemperatur. Der Einsatz von Loten und deren chemische Zusammensetzung werden variiert. Die Bewertung erfolgt makroskopisch und mikroskopisch mittels metallographischer Schlitte. Es werden in Abhängigkeit der beteiligten Komponenten die Bildung und die Struktur des Lötguts diskutiert.

2 Experimentelles Vorgehen

Die im Folgenden dargestellten Grundlagenuntersuchungen haben eine Parameterfindung für einen reproduzierbaren Serienprozess zum stoffschlüssigen Fügen von Aluminium-Kupfer-Mischverbindungen zum Ziel. In ersten Versuchen zum direkten Fügen von Aluminium und Kupfer im Vakuumhartlötprozess, das heißt ohne die Verwendung eines zusätzlichen Lots, werden erste Erkenntnisse zu einem geeigneten Lötfenster und zum Verhalten der Oxidschicht ge-

wonnen. In weiteren Versuchen werden die Vorgänge beim Schmelzlöten von Aluminium-Kupfer-Mischverbindungen analysiert. Bei diesen Untersuchungen zum Vakuumhartlöten kommen Lote unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung als Plattierung oder Folie zum Einsatz.

3 Diffusionslöten

Nach der zurückgezogenen Norm DIN 8505-1 liegen beim Diffusionslöten zwei metallische Werkstoffe in ihrer metallisch reinen Form, das heißt ohne Lotapplikation, vor. Eine schmelzflüssige Phase bildet sich durch Diffusion an den Grenzflächen. Das stoffschlüssige Verbinden von Aluminium und Kupfer über einen Diffusionslötprozess wird durch die Lage des eutektischen Punktes im Zweistoffsystem Aluminium-Kupfer bei einer Temperatur von 548 °C ermöglicht [5].

3.1 Werkstoffe und Versuchsdurchführung

Bei der hier eingesetzten Aluminiumlegierung handelt es sich um eine Aluminium-Mangan-Knetlegierung mit der Bezeichnung EN AW-3003. Zusätzlich zur Diffusionslötung wird der Einfluss des Oberflächenzustandes der Aluminiumproben erarbeitet. Es liegen Probenwerkstoffe im angelieferten Zustand, das heißt gewalzt und mit natürlicher Oxidschicht, im polierten Zustand und im anodisierten Zustand vor. Bei den anodisierten Proben wurde durch Eloxieren die Dicke der Oxidschicht auf etwa 5 µm verstärkt.

Als Kupferwerkstoff wird reines, desoxidiertes Kupfer mit einem Restphosphorgehalt von bis zu 0,04 Massen% und der Bezeichnung Cu-DHP verwendet. Der Phosphorgehalt bewirkt eine gute Schweiß- und Hartlötbarkeit. Die Kupferoxidation ist bei Raumtemperatur ein sehr langsamer Pro-

1) MAHLE International GmbH, Stuttgart; E-Mail: ann-kathrin.sommer@mahle.com

2) MAHLE Behr GmbH & Co. KG, Stuttgart

3) TU Dresden, Institut für Fertigungstechnik, Professur für Fügetechnik und Montage

EN AW-3003 unplattiert
 - poliert
 - Anlieferungszustand
 - anodisiert
 35x35x1 mm³



Cu-DHP
 20x20x1,5 mm³

Abb. 1: Probenaufbau und eingesetzte Werkstoffe beim Diffusionslöten von Aluminium-Kupfer-Mischverbindungen



Abb. 2: Kleinvakuumofen mit Schaufenster

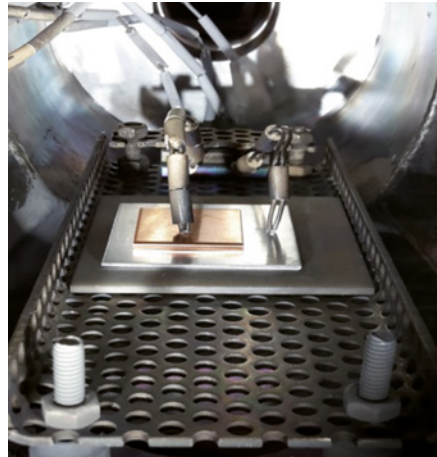


Abb. 3: Gestell mit Sandwichprobe und platzierten Thermoelementen

zess und daher vernachlässigbar gering. Die Kupferoxidschicht der glänzend vorliegenden Proben wird bei allen Versuchen als minimal und nicht beeinflussend angenommen.

Für die Diffusionslötversuche wird als Probenform eine sogenannte Sandwichprobe verwendet (Abb. 1). Das Kupferblech wird mittig auf dem Aluminiumblech positioniert. Die Probenbleche müssen flächig aufliegen, damit zwischen den Fügepartnern Kontakt besteht.

Die Diffusionslötversuche erfolgen in einem Kleinvakuumofen (Abb. 2). Der Laborofen besitzt ein Fenster, das In-situ-Beobachtungen während des Lötvorgangs ermöglicht. Die Sandwichproben werden auf einer Keramikplatte auf einem Gestell über der Heizplatte in der Ofenmitte platziert (Abb. 3). Ein Thermoelement auf dem Kupferblech überwacht die Heizregelung. Ein zweites Thermoelement erfasst die Temperatur auf dem Aluminiumblech. Die Probe wird in einem Hochvakuum von $4,8 \times 10^{-4}$ mbar durch Wärmestrahlung und nachfolgende Wärmeleitung erhitzt.

Für jede Werkstoffkombination aus Aluminiumblech mit unterschiedlichem Oberflächenzustand und Kupferblech wird der Lötversuch als Abbruchversuch durchgeführt. Der Lötprozess wird bei den folgenden drei Beobachtungen abgebrochen, um Vorgänge während des Lötvorgangs zu visualisieren:

- Bildung einer ersten Schmelze
- Ausbildung weiterer Schmelze
- gezieltes Überhitzen der Probe (Einschmelzen)

3.2 Ergebnisse und Diskussion

In *Tabelle 1* sind die gemessenen Abbruchtemperaturen aufgeführt. Es sind die Tendenzen zu erkennen, die allgemein zu erwarten waren.

Die Abbruchtemperaturen der polierten Probe sind am niedrigsten. Bei der gewalzten Probe mit natürlicher Oxidschicht bildet sich die erste Schmelze bei 516 °C. Die Abbruchtemperatur liegt über der Abbruchtemperatur beim Anschmelzen der polierten Probe. Es lässt sich ein Einfluss der Oberfläche ableiten. Bei den anodisierten Proben werden die höchsten Abbruchtemperaturen gemessen.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abbonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Näher eingegangen wird auf die Eigenschaften von Lötverbindungen mit AlSi(Mg)-Lote sowie einem neu entwickelten AlCuSi-Lot und dem Vergleich der verschiedenen Lote.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5,5 Seiten mit 12 Abbildungen, 1 Tabelle und 10 Literaturhinweisen.

Antworten.

Um Bauteile **gratfrei**,
präzise und **sauber**
 zu fertigen.

DEBURRING EXPO

Leitmessen für Entgrat-
 technologien und
 Präzisionsoberflächen

8. – 10. Oktober 2019
 Messe Karlsruhe

+ Internationales
 Fachforum

+ Themenpark:
 Reinigen nach dem Entgraten

Last-Minute-Tickets bis zum 30.09.2019

**Sichern Sie sich
 online Ihr kostenfreies
 Eintrittsticket.**

Eintrittscode:
DEB19FZT9P

deburring-expo.de

Stanzen von Aluminium - Effizienz, hohe Taktzahl und absolute Präzision

Für einen Kfz-Zulieferer entwickelte die PETIG AG eine effiziente Anlage zum Stanzen von Aluminiumprofilen. Die komplexe Sonderanfertigung vereint gleich mehrere Arbeitsschritte und erfüllt alle Wünsche des Kunden an eine schnelle und wirtschaftliche Fertigung.

Leicht, stabil und gut zu verarbeiten: Viele Argumente sprechen für den Einsatz von Aluminium bei der Herstellung von Kfz-Teilen. Dabei ist die hohe Verformbarkeit des Leichtmetalls mit Blick auf die Verarbeitung Fluch und Segen zugleich. Bei der Konstruktion ihrer Stanzanlagen gehen die Ingenieure der PETIG AG immer auf Nummer Sicher: Die durchdachte Konstruktion der Stanzwerkzeuge sorgt mittels Spreitzmatrizen für ein verformungsfreies und exaktes Stanzbild. So auch bei dem aktuellen Projekt im Bereich Sondermaschinenbau: einer vollautomatischen Stanzanlage für die Bearbeitung von Aluminiumprofilen für einen der führenden Kfz-Zulieferbetriebe.

Flexible Steuerung mittels SIMANTIC S7

Die Anlage führt alle Arbeitsschritte voll automatisch aus, angefangen bei der Positionierung der unbearbeiteten Profile über das Ablängen und Stanzen bis zum Weitertransport der fertigen Bauteile zum nächsten Fertigungsschritt. Koordiniert werden die teilweise parallel laufenden Schritte durch eine Steuerung auf Basis der SIMATIC S7. Die vielseitige Siemens-Applikation sorgt im vollautomatischen Modus für eine äußerst hohe Taktzahl. Daneben kann die Anlage auch halbautomatisch oder von Hand gesteuert werden, wobei das Anlagendisplay dem Be-

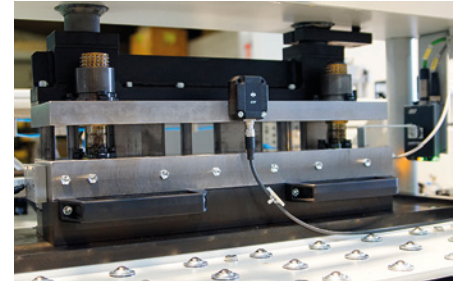
diener eine detaillierte Visualisierung des laufenden Prozesses bietet.

Einsatz verschiedener Stanzwerkzeuge möglich

Die Konzeption der Anlage ermöglicht den Einsatz von verschiedenen Stanzwerkzeugen. Hierfür wird jedes Werkzeug mit einer individuellen Artikelnummer versehen, die dann mit den jeweiligen spezifischen Werten und Eigenschaften in der Steuerung der Anlage hinterlegt wird. Dank der optimalen Wartungs- und Zugangsmöglichkeiten kann die Stanzkomponente einfach und mit wenigen Handgriffen getauscht werden.



Die moderne SIMATIC-Steuerung auf Basis TIA Portal sorgt für einen reibungslosen Produktionsablauf

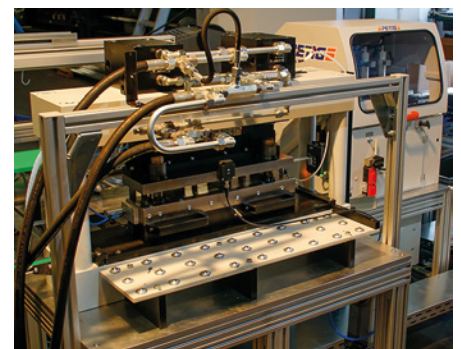


Das Stanzwerkzeug kann mit wenigen Handgriffen ausgetauscht werden

Butzen und Reststücke werden zentral gesammelt

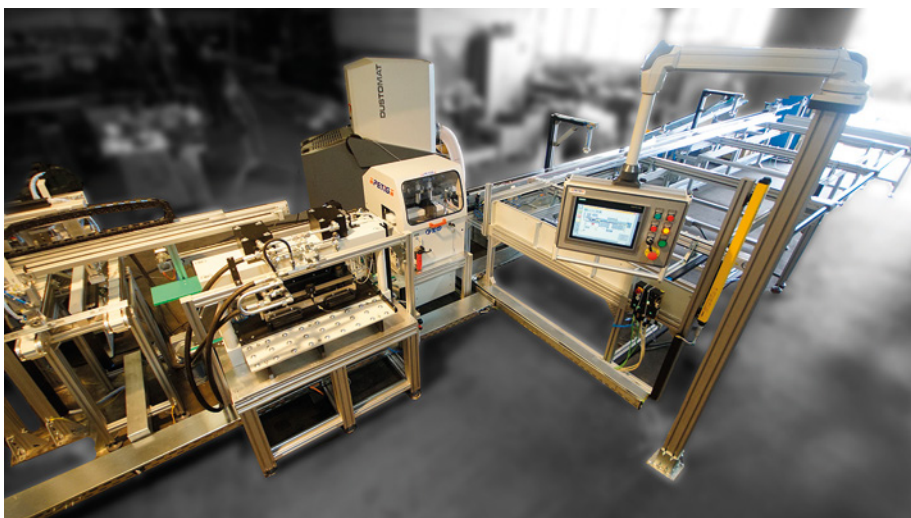
Durch das Ablängen der Profile und das Stanzen fallen während des Fertigungsprozesses an verschiedenen Stellen an der Anlage Reststücke und Stanzbutzen an. Diese werden über Förderbänder automatisch aus der Anlage ausgeschleust und zentral gesammelt, so dass sie ohne großen Aufwand dem Rohstoffrecycling zugeführt werden können.

Gleiches gilt für Späne, die beim Schneiden der Aluminiumprofile entstehen: Diese wer-



Hinten wird gesägt, vorne gestanzt; die Anlage führt mehrere Fertigungsschritte in schneller Taktung aus

den durch eine leistungsstarke Absauganlage direkt beim Schnittvorgang entfernt und in einem Sack an der Saugvorrichtung gesammelt. Durch die Absauganlage ist eine absolute Sauberkeit der Anlage sichergestellt, so dass die Aluminiumprofile nicht durch Späne oder Flitter verunreinigt werden.



Die komplette Anlage während der Testläufe im Werk in Grevenbroich

Anlagen erfüllen hohe Anforderungen der Kfz-Industrie

Die Kfz-Fertigung hat einen bemerkenswert hohen Grad an Automatisierung erreicht. Teile und Baugruppen werden *just in time* gefertigt und geliefert, teure Lagerhaltung gibt es kaum, der Nachschub an benötigten Komponenten ist meist im Lkw auf der Straße unterwegs. Kommt es durch Anlagenstillstände oder Lieferengpässe zu Störungen in diesen fein abgestimmten Prozessen, kann dies die Fertigung ganzer Produktionsstandorte lahmlegen. Hans-Joachim Küstner und Karl-Heinz Klohs, Geschäftsführer der PETIG AG, kennen die hohen Anforderungen der Fahrzeughersteller an die Produktion und Fertigung. Daher durchlaufen alle Anlagen von PETIG eine umfangreiche Testphase, in der sowohl die Software als auch jede einzelne Funktion der Anlage intensiv geprüft werden. Erst dann verlässt die Maschine das Werk in Grevenbroich.

Bei der Installation vor Ort beim Kunden stehen die Ingenieure von PETIG ihren Auftrag-

gebern mit Rat und Unterstützung zur Seite – von der Anlieferung der Anlage über deren Installation und die anschließende Schulung der Mitarbeiter bis zum reibungslosen Betrieb in der Regelproduktion. Ein umfassendes Wartungs- und After Sales-Konzept stellt den sicheren Betrieb der Anlage über deren gesamten Lebenszyklus sicher.

Über die PETIG AG

Ein vielseitiges Maschinenprogramm und innovative Entwicklungen machen PETIG zu einem der Marktführer im Bereich der Stanz- und Schneidtechnik. Die Erfolgsgeschichte des Unternehmens beginnt bereits 1901 im sauerländischen Altena. Als Werkzeugproduzent für die Draht verarbeitende Industrie ist die Firma sehr erfolgreich; schnell entstehen Kundenbeziehungen in ganz Europa. Neben einem breiten Portfolio standardisierter hydraulischer Geräte fertigt das Unternehmen im Sondermaschinenbau auch individuelle Anlagen nach den Vorgaben seiner Kunden. Die kontinuierliche Expansion des Unterneh-

mens macht 1950 den Umzug nach Grevenbroich notwendig; hier entwickelt PETIG hydraulische Schneidegeräte. Diese Innovation sorgt bei ihrer Markteinführung 1952 für großes Aufsehen und ist in weiterentwickelter Form heute noch fester Bestandteil des Produktportfolios.

Auch in späteren Jahren beweist das Unternehmen Gespür für technische Trends. Schon früh erkennen die Ingenieure die Entwicklung hin zur Automatisierung, die das Unternehmen durch die Entwicklung hydraulischer Reihenstanzanlagen umsetzt. Im eigens hierfür gegründeten Bereich Sondermaschinenbau entstehen neue richtungsweisende Maschinenkonzepte, wie die CNC-gesteuerten Stanzmaschinen, die das Unternehmen seit den 1990er-Jahren als Serienprodukt erfolgreich vertreibt. Heute sind die Werkzeuge und Anlagen von PETIG in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen im Einsatz; das Unternehmen betreut Kunden in über 40 Ländern rund um den Erdball.

➔ www.petig.com



 **plasmamatreat**

Openair-Plasma®
PlasmaPlus®

- Feinstreinigung und Aktivierung
- funktionale Nanobeschichtung
- ortsselektiver Korrosionsschutz

Bondexpo 2019 – Halle 6, Stand 6502
www.plasmamatreat.de

≡ Oberflächenvorbehandlung und Korrosionsschutz im Multimetall-Leichtbau Teil 1

Bericht über eine Tagung der Deutschen Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e.V. (DFO) über zwei Tage in Münster im Mai 2019



Zum online-Artikel

Die Technologie des Leichtbaus ist insbesondere im Fahrzeug- und Flugzeugbau zur Erreichung der gesteckten Klimaschutzziele unerlässlich. Neben Aluminium und Titan kommen dabei zunehmend Magnesium als metallischer Werkstoff sowie faserverstärkte Kunststoffe wie CFK zum Einsatz. Die notwendige Verbindung der Werkstoffe erfordert einen hohen Korrosionsschutz, um beispielsweise Kontaktkorrosion zu vermeiden. Darüber hinaus können die notwendigen Festigkeiten von Werkstoffverbunden nur dann erreicht werden, wenn die Haftung der Verbindungen durch bestmögliche Reinigung der zu verbindenden Oberflächen gewährt ist. Neben klassischen Reinigungsverfahren stehen hierfür trockene Verfahren oder die Reinigung und Aktivierung mittels Plasmaverfahren zur Verfügung.

Herausforderungen und Trends beim Leichtbau mit Magnesium

Seit einigen Jahren stehen Leichtmetalle als Werkstoffe für Fahrzeuge im Fokus, um durch die Gewichtsreduzierung den Ausstoß von Kohlenstoffdioxid zu reduzieren und damit zu den gesteckten Zielen eines verstärkten Klimaschutzes beizutragen. Dazu werden die Leichtmetalle mit Faserverbundwerkstoffen kombiniert eingesetzt. Beispiele für den realisierten Einsatz von Magnesium im Fahrzeugbau sind das Lenksystem bei BMWi3, Bauteile im Frontbereich beim Tesla S oder im Türenbereich bei Tesla Y. Weitere Ansätze für einen zukünftigen Einsatz richten sich auf metallische Strukturen für Elemente des Innenraums oder des Antriebsbereichs. Je nach Einsatzbereich stehen hierbei die mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Dehnung, Kriechfestigkeit) oder die Wärmeleitfähigkeit von Magnesium im Vordergrund. Neben der Verwendung von Magnesium für Kraftfahrzeuge ist das Metall auch im Fahrradbau zunehmend gefragt.

Als primäre Herausforderung bei der Verwendung von Magnesium gilt dessen Schutz gegen eine Schädigung durch Korrosion. Aufgrund des geringen elektrochemischen Potentials von Magnesium erfolgt bei Kontakt mit nahezu allen technischen Metallen eine Auflösung von Magnesium, da die Potenzialdifferenz zwischen den Metallen ausreichend hoch ist, um einen nennenswerten Korrosionsstrom zu erzeugen. Darüber hinaus wird Magnesium durch Einwirkung von Kohlenstoffdioxid und Schwefeldioxid – beides Verbindungen, die in der Luft in mehr oder weniger hohen Konzentrationen vorkommen – zu Magnesiumcarbonat beziehungsweise Magnesiumsulfat; beide Verbindungen

bilden keine feste und gut haftende Deckschicht und werden abgespült. Dadurch ist bei Magnesium an der Atmosphäre eine merkliche flächige Auflösung festzustellen. Lediglich im alkalischen Bereich oberhalb von pH 11 bildet sich eine sehr beständige Deckschicht aus Magnesiumhydroxid ($Mg(OH)_2$), was allerdings bei üblichen technischen Anwendungen kaum erreicht wird.

In der Regel muss Magnesium bei Verbauung mit anderen metallischen Werkstoffen ausreichend elektrisch isoliert werden, um Kontaktkorrosion zu verhindern. Ähnliches gilt auch für Aluminiumwerkstoffe. Im Kontakt mit Aluminium stellt Magnesium die Anode dar, so dass auch hier Magnesium aufgelöst wird. Darüber hinaus wirken sich auch Rückstände aus der Verarbeitung von Magnesiumbauteilen auf dessen Korrosionsverhalten negativ aus. Zur Vermeidung werden Magnesiumteile vor einer Beschichtung sowie vor einer Verbauung (falls diese nicht beschichtet werden) chemisch gebeizt.

(Dipl.-Ing. Christoph Schendera, Europäische Forschungsgemeinschaft Magnesium e. V., Aalen)

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Weitere Themen sind: Walzwerkbeölung, Reinigung, Vorbehandlung und Einsatz von Atmosphärendruckplasma für die Aluminiumverarbeitung. Der Gesamtumfang des Beitrags (Teil 1) beträgt etwa 3 Seiten mit 4 Abbildungen.

Ihr Profi für Oberflächenschutz in Sachen Korrosion

SCHMALRIEDE

METALLVEREDELUNG

Unsere Leistungen – funktionell und dekorativ:

- Zink
- Zink-Nickel
- Zink-Eisen
- Zink- und Zink-Calciumphosphatierung
- Zinn
- Silber
- Passivieren von Aluminium und Edelstahl
- KTL-Beschichtung



Schmalriede-Zink GmbH & Co. KG

Handelsstraße 3–5 · 27777 Ganderkesee · Tel.: 04222/94540 · Fax: 04222/3025 · www.schmalriede.de

Neues Werkzeug für den Leichtbau entwickelt

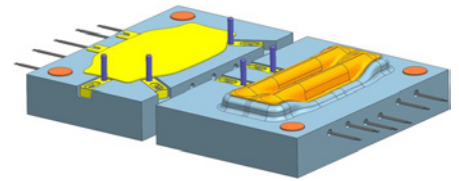
Technologiezentrum Leichtbau an der Hochschule Aalen baut Warmumformwerkzeug

Das Technologiezentrum Leichtbau der Hochschule Aalen hat im Zuge des fächerübergreifenden Projekts TRICLA ein komplexes Warmumformwerkzeug konstruiert, gefräst und vermessen. Dafür kooperiert das Technologiezentrum mit den Studiengängen *Allgemeiner Maschinenbau, Maschinenbau/Entwicklung: Design und Simulation* und *Maschinenbau/Produktion und Management*. Zukünftig könnte das Werkzeug im Leichtbau eingesetzt werden, um das Gewicht von Bauteilen zu reduzieren und sie im Falle eines Crashes stabiler zu machen.

Im Rahmen des Forschungsprojekts TRICLA (Topologieoptimierung hybrider crashrelevanter Strukturbauteile für Leichtbauanwendungen im Automobilbau), ein sogenanntes exploratives Projekt im Rahmen des Kooperationsnetzwerk SmartPro der Hochschule Aalen, wurde ein anspruchsvolles Warmumformwerkzeug gefertigt. Das Werkzeug dient zur Erprobung von neuartigen Verbin-

dungstechniken für hybride Materialverbünde (Zusammenführung von mehreren Stoffklassen) aus hochfestem Aluminium und Faserverstärkungen. Gezielt sollen lokal sogenannte Verstärkungen aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff oder glasfaserverstärktem Kohlenstoff mittels eines thermischen Fügeverfahrens während des Umformprozesses aufgebracht werden. Dabei wird die Crashperformance – also das Verhalten des Bauteils bei einem Aufprall – verbessert und gleichzeitig wird das Gewicht reduziert. Lage und Aufbau der lokalen Verstärkungen werden mithilfe moderner Simulationstechniken, wie beispielsweise der Topologieoptimierung und Parameteroptimierung, ermittelt.

Das Werkzeug mit seinen komplexen Freiformflächen wurde von Eugen Grachev und Serkan Mouchtar, beides wissenschaftliche Mitarbeiter des Technologiezentrum Leichtbaus, am CAD-System konstruiert. Der Um-



CAD-Modell des neuartigen Umformwerkzeugs aus dem Projekt TRICLA (Bild: HS Aalen)

formprozess wurde mithilfe der FEM-Simulation berechnet, analysiert und optimiert. Dies dient zur strukturellen Auslegung des Bauteils und des Werkzeugs. Auf dem 5-Achs-Bearbeitungszentrum des Studiengangs *Allgemeiner Maschinenbau* wurde das Warmumformwerkzeug schließlich gefräst. Um sicherzustellen, dass alle Maße des fertigen Werkzeugs passen, wurde es an der präzisen Koordinatenmessmaschine des Studiengangs *Maschinenbau/Produktion* und *Management* gemessen.

➔ www.hs-aalen.de

H2O

WALTHER
TROWAL!

Besuchen Sie uns auf der
EMO in Hannover!



Effiziente Abwasseraufbereitung mit VACUDEST Vakuumverdampfern.

Schonen Sie unsere knappen Frischwasserressourcen und sparen Sie zudem bares Geld.

Profitieren Sie von einer abwasserfreien Produktion mit VACUDEST Vakuumdestillationssystemen!

Besuchen Sie uns auf der EMO:
16. bis 21. September 2019 / Halle 7, Stand E60.

H2O GmbH | www.h2o-de.com | info@h2o-de.com



UNSERE LEIDENSCHAFT.

TROWALISIEREN! Wir leben Gleitschleiftechnik.

➔ walther-trowal.com

WE IMPROVE SURFACES

Automatisierte Nachbearbeitung von CFK-Bauteilen

Gemeinsam mit der Industrie haben Forscher vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA eine Bearbeitungsmaschine entwickelt, die kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) nicht nur hochpräzise fräst, sondern auch die gesamte Nachbearbeitung übernimmt. CFK-Werkstücke lassen sich damit um bis zu 50 Prozent wirtschaftlicher bearbeiten.

Ob Lastwagen, Busse, Autos, Fahrräder oder Roller: Alle werden in Zukunft mit Elektroantrieb unterwegs sein. Dabei gilt: Je leichter das Fahrzeug ist, desto länger reicht der Akku. Als Werkstoff für die Karosserie bieten sich deshalb kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) an. Sie sind ähnlich stabil wie Stahl, aber rund achtmal leichter. Sogar Aluminium ist dreimal schwerer als CFK. Allerdings sind die Herstellungs- und Bearbeitungskosten von CFK-Bauteilen noch immer hoch. Vieles wird bis heute von Hand erledigt: Werker nehmen frisch gefräste Bauteile aus der Maschine, beseitigen überstehende Fasern und reinigen sie für die nachfolgende Versiegelung der Kanten. *Das ist nicht prozesssicher*, bemängelt Philipp Esch von der Abteilung Leichtbautechnologien am Fraunhofer IPA, Stuttgart, *weil Werker ein und dieselbe Kante subjektiv unterschiedlich bewerten*. Hinzu kommt: Die feinen CFK-Stäube, die beim Fräsen anfallen, sind gesundheitsschädigend und wirken abrasiv. Sie erhöhen also den Verschleiß bestimmter Maschinenkomponenten, wenn sie sich darauf absetzen

Herstellung bis zu 50 % wirtschaftlicher

Die Herstellung von CFK-Werkstücken wäre um bis zu 50 Prozent wirtschaftlicher, gäbe es eine Maschine, welche die Leichtbauteile nicht nur bearbeitet, sondern auch automatisiert abmisst und versiegelt. Eine solche haben nun Esch und andere Forscher vom Fraunhofer IPA, die Firma Homag Holzbearbeitungssysteme GmbH sowie weitere Partner aus der Industrie gemeinsam entwickelt. Die Bearbeitungsmaschine steht als betriebsbereiter Demonstrator in einer Halle auf dem Gelände des Fraunhofer IPA.

Führt ein Werker der Maschine ein endkonturnah hergestelltes CFK-Bauteil zu, fräst sie es zunächst hochpräzise und verleiht ihm so die gewünschte Form. Eine Abrasivbürste entfernt danach alle überstehenden Fasern. Düsen blasen die feinen CFK-Stäube in eine Absauganlage. Diese filtert den Staub heraus, ehe sie die Luft an die Umgebung abgibt. Vorzeitiger Verschleiß an der Maschine wird so unterbunden.

Per Streifenlichtprojektion tastet ein Sensor das CFK-Werkstück ab. So entsteht eine



Die feinen CFK-Stäube, die beim Fräsen anfallen, sind gesundheitsschädigend und wirken abrasiv. Düsen blasen sie deshalb in eine Absauganlage

(©Fraunhofer IPA/Foto: Rainer Bez)

Punktwolke, in der spezielle Algorithmen eventuelle Abweichungen von der Idealkontur erkennen. Bewegen sich die Abweichungen innerhalb der Toleranz, versiegelt die Bearbeitungsmaschine anschließend die Kanten mit einem Flüssiglack. Dieser wird anschließend mit ultraviolettem Licht bestrahlt und härtet umgehend aus – das Bauteil ist fertig.

Modulares Maschinenkonzept

Wir haben ein modulares, voll-integriertes Maschinenkonzept entwickelt, sagt Esch. Die einzelnen Prozessschritte können also in beliebiger Reihenfolge ablaufen, lassen sich mit anderen kombinieren und auf andere Bauteilgeometrien anpassen. Noch nicht einmal beim Werkstoff ist CFKComplete festgelegt: Die Maschine könnte nach Aussage von Esch genauso gut Holz, Aluminium oder Metallkomponenten fräsen, nachbearbeiten und lackieren. Die Forscher und ihre Projektpartner passen die Bearbeitungsmaschine gerne an die Bedürfnisse interessierter Anwender an.

➔ www.ipa.fraunhofer.de



Maschine, die Leichtbauteile nicht nur bearbeitet, sondern auch automatisiert abmisst und versiegelt

(©Fraunhofer IPA/Foto: Rainer Bez)

Werden Sie **Abonnent** und nutzen Sie die Inhalte der Plattform in vollem Umfang!

Fachbeiträge in digitaler Form mit allen Möglichkeiten der modernen Medien!

1 Monat kostenfrei zum Kennenlernen!

Kommen Sie auf unsere Webseite: www.womag-online.de

Umfassend und immer auf dem neuesten Stand!



Unsere coolste Innovation: die Zinklamelle, die bei Raumtemperatur härtet.

Sparen Sie Zeit, Aufwand und Energie: DELTA-PROTEKT[®] KL 170 RT ist unsere flüssige Zinklamelleninnovation, die sogar schon bei Raumtemperatur härtet. Die smarte Lösung für alle Komponenten, die zu groß oder zu sensibel für einen Ofen sind oder nur eine Reparatur benötigen. Einfach zu handhaben, perfekt im Ergebnis und bereits serienmäßig in der Automobilindustrie im Einsatz. Das ist Hochleistungs-Korrosionsschutz von Dörken MKS – The Corrosion Experts. Mehr Infos unter www.doerken-mks.de

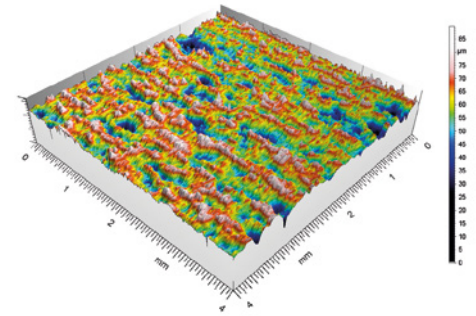
Mithilfe von 3D-Laserscans und einem selbstlernenden System ist es am Produktionstechnischen Zentrum der Leibniz Universität Hannover gelungen, den Verschleiß von Schleifscheiben erstmals schnell und prozessnah zu messen.

Es gibt zwei gute Gründe, industriell eingesetzte Diamant-Schleifscheiben so effizient wie möglich zu nutzen: ihren materiellen Wert an sich – eine Scheibe kostet bis zu 1000 Euro – und die Kosten, die durch den zeitlichen Aufwand des Abrichtens entstehen, denn jedes Abtragen der verschlissenen Schicht und das Schärfen der Diamanten nehmen etwa 20 Minuten in Anspruch; in dieser Zeit stehen die Scheibe und die Maschine nicht fürs Schleifen und damit auch nicht für den Produktionsprozess zur Verfügung.

Bisher entscheidet in der Regel der Maschinenbediener per *Daumentest*, wann eine Schleifscheibe abzurichten ist, um dann im Standardverfahren jeweils 200 µm abzutragen. Bei einer Schleifscheibenbelagsdicke von 10 bis 20 mm ein Vorgang, der 50 bis 100 Mal für eine Schleifscheibe möglich ist. Maikel Strug, Ingenieurwissenschaftler am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) am Produktionstechnischen Zentrum Hannover, sorgt im Rahmen des Forschungsprojekts *Intelligent Grinding* seit Anfang 2018 für neue Einsichten und neue Möglichkeiten für vorteilhaftes Schleifen. *Vor 20 Jahren gab es schon einmal einen ähnlichen Versuch*, erklärt er, *der ist aber an den*

Grenzen der Datenverarbeitung gescheitert. Heute lassen sich mit dem Laptop neben der Maschine die Daten eines Laserscans live auswerten. Eine Herausforderung für die Laserscans stellen die Reflexionen der Diamantkörner dar – eine andere Herausforderung sind insbesondere die Schleifscheiben mit keramischer Bindung. In Kunstharz oder metallisch gebundene beziehungsweise hybrid gebundene Schleifscheiben sind vergleichsweise einfach aufzunehmen und zu deuten.

An dem neuen, in die Werkzeugmaschine integrierten Messsystem arbeitet Strug gemeinsam mit der Walter Maschinenbau GmbH. Herzstück ihres Systems ist ein Lasertriangulationssensor. Das Messsystem selbst steht bereits. Bis zum Ende des Projekts – es wird von der DFG bis Ende 2020 gefördert – soll die Maschine komplett eigenständig urteilen können. Sie muss dazu aus den Laserscan-Daten 3D-Oberflächenkennwerte der Schleifscheibe generieren und lernen, diese so zu lesen und zu deuten, dass eine objektive Empfehlung für die Maschinenbediener daraus abgeleitet werden kann, zum Beispiel über Abrichtzeitpunkt und Abrichttiefe. Der letzte Teil des Projekts besteht darin, das System zu optimieren.



Oberflächentopographie einer Schleifscheibe
(Quelle: IFW)

Das Interesse der Schleifscheiben- und Werkzeugmaschinenhersteller ist schon jetzt enorm. Strug kündigt an, dass er und seine Forschungskollegen ihren Stand der Dinge im Laufe des Jahres weiterhin bei vielen Gelegenheiten präsentieren werden und auch für Präsentationen im kleinen Kreis zur Verfügung stehen – das gesamte Messsystem ist modular und portabel.

Kontakt:

Maikel Strug, Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen, E-Mail: strugifw.uni-hannover.de

➔ www.ifw.uni-hannover.de

VDI-Richtlinienreihe Additive Manufacturing um Materialextrusion ergänzt

Die VDI 3405 Blatt 3.4 *Additive Fertigungsverfahren; Gestaltungsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Materialextrusionsverfahren* zeigt Konstrukteuren und Fertigungsplanern, wie additive Fertigungsverfahren, die auf Materialextrusion basieren, angewendet werden. Die Richtlinie empfiehlt, die Potenziale der hohen Gestaltungsfreiheit der additiven Fertigungsverfahren auszuschöpfen. Durch die Gegenüberstellung von geeigneten und ungeeigneten Konstruktionen für die Materialextrusion werden die für die Bauteilgestaltung relevanten spezifischen Eigenschaften schnell kennengelernt.

Die Richtlinie VDI 3405 Blatt 4.1 *Additive Fertigungsverfahren; Ergänzungen zu ISO/ASTM DIS 52903-1: Materialextrusion von Kunststoffbauteilen; Charakterisierung des Fi-*

laments legt bereitzustellende Kennwerte mit Prüfverfahren für die Materialqualifizierung und -überwachung von Filamenten für die Extrusion fest. Die Richtlinie geht auf die Verpackung und Lagerung von Filamenten, die Angaben des Werkzeugnisses sowie die Materialeinflussparameter ein. Die in dieser Richtlinie empfohlenen Prüfverfahren und Materialangaben richten sich an Materialhersteller für die Anwendung in Werkzeugnissen sowie an die Verarbeiter im Rahmen der Wareneingang- und Prozesskontrolle.

Da immer mehr additive Fertigungsverfahren ein industrierelevantes Qualitätsniveau erreichen, gewinnt eine verfahrensübergreifende Vergleichbarkeit der Qualitätsmerkmale zunehmend an Bedeutung. Mit dem Entwurf von VDI 3405 Blatt 3.2 *Additive Fertigungsver-*

verfahren; Gestaltungsempfehlungen; Prüfkörper und Prüfmerkmale für limitierende Geometrielemente steht eine weitere Richtlinie zur Verfügung, um unterschiedliche Verfahren und AM-Maschinen hinsichtlich kritischer Geometrien zu vergleichen.

Herausgeber der Richtlinien ist die VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL). Die Richtlinien sind im Juli 2019 als Entwürfe erschienen und können beim Beuth Verlag (www.beuth.de) bestellt werden. Die Mitgestaltung der Richtlinie kann durch Stellungnahmen über das elektronische Einspruchsportals oder schriftliche an die GPL (E-Mail: gpl@vdi.de) genutzt werden. Die Einspruchsfrist endet am **30. September 2019** beziehungsweise **31. Dezember 2019**.

➔ www.vdi.de

Rheinfelden Alloys schließt globalen Lizenzvertrag mit japanischer NMA Nikkei MC Aluminium

Rheinfelden Alloys aus der Aluminium Rheinfelden-Gruppe hat mit der japanischen NMA Nikkei MC Aluminium ein globales Lizenzabkommen zur Herstellung innovativer, patentierter Aluminiumlegierungen unterzeichnet. Damit ist NMA Nikkei MC Aluminium ab sofort weltweit autorisiert, folgende Legierungsfamilien aus dem Hause Rheinfelden in Lizenz herzustellen und zu vertreiben: Silafont, Castasil, Castaduct, Castaman. *Für uns ist das ein bedeutender Schritt in der Wachstumsstrategie unseres Unternehmens, sagt Erika Zender, CEO von Aluminium Rheinfelden. Mit den Speziallegierungen von Rheinfelden Alloys runden wir unser Portfolio perfekt nach oben ab und können jetzt die Anforderungen innovativer Gießereien und OEMs erfüllen, ergänzt Shuichi Asakuno, Geschäftsführer von NMA Nikkei MC Aluminium.*

Seit der Gründung 1994 ist Rheinfelden Alloys führend in der Entwicklung und Produktion innovativer Aluminiumlegierungen, unter anderem für den Fahrzeugbau. Spezialisierte Aluminiumlegierungen ermöglichen eine höhere Produktivität in der Herstellung, eine höhere Qualität der Bauteile sowie dünnwandigere und komplexere Geometrien als Bauteile aus Reinaluminium. Der Durchbruch für Strukturteile im Fahrzeugbau gelang Aluminium Rheinfelden in den 1990er-Jahren mit der Legierung Silafont, mit der die Audi A8 Spaceframe-Karosserie konstruiert und gefertigt wurde. Bislang bestand ein limitierender Faktor in der Verbreitung der Rheinfelden Alloys Legierungen darin, dass Kunden die veredelten Rohstoffe lediglich aus der Produktion in Rheinfelden beziehen konnten. *Mengenmäßig und logistisch hatte uns das stark eingeengt, erklärt Erika Zender. Für die Lieferketten der glo-*

balisierten Automobilindustrie sei diese Einschränkung nicht mehr zeitgemäß gewesen, so Erika Zender.

Die Lizenzvereinbarung kombiniert die hohen Produktionskapazitäten und das globale Vertriebsnetz von NMA Nikkei MC mit dem spezialisierten Know-how des Technologieführers Rheinfelden Alloys. Das Lizenzabkommen erlaubt NMA Nikkei MC Aluminium, die Legierungen an ihren Standorten in Japan, USA, Thailand und China zu produzieren. Das Vertriebsgebiet erstreckt sich über ganz Asien und die NAFTA-Region. Die Zertifizierung weiterer Produktionsstätten in Ländern wie Mexiko und Indien ist in der Vorbereitung. *Mit diesem Abkommen vervielfachen wir das mögliche Produktionsvolumen und sind erstmals in den Kernregionen der weltweiten Automobilindustrie direkt vertreten, betont Erika Zender.*

Dem Abkommen vorausgegangen ist eine umfangreiche Qualifizierung des japanischen Partners durch Aluminium Rheinfelden. Gleichzeitig läuft der Wissenstransfer in der Anwendungsberatung, so dass Kunden Unterstützung bei dem Einsatz der innovativen Aluminiumlegierungen erhalten. *Mit der Vereinbarung schaffen wir eine echte Win-Win-Situation, von der alle Beteiligten profitieren, freut sich Erika Zender. Gießereien und Kunden weltweit erhalten Zugang zu High-End-Rohstoffen, die als Leichtbauteile Gewicht sparen und in der Produktion kostensparend eingesetzt werden können; NMA Nikkei MC Aluminium und wir können uns im Markt weiter differenzieren und so unserem Wachstum weitere Impulse geben, ist die Geschäftsführerin von Aluminium Rheinfelden überzeugt.*

➔ www.rheinfelden-alloys.eu

DAS WERKZEUG FÜR DIE INDUSTRIELLE METALL-BEARBEITUNG



BIAX
Druckluftwerkzeuge



BIAX
Druckluftspindeln für
automatisiertes Entgraten



BIAX
Maschinen mit
biegsamer Welle

DEBURRING
EXPO

Testen und erleben
Sie unsere Werkzeuge
direkt an
unserem Stand

**HALLE 1
STAND 321**



Mit dem Lizenzabkommen bieten Rheinfelden Alloys und NMA Nikkei MC Kunden weltweit Zugang zu spezialisierten Legierungen, die in Form von Masseln geliefert werden

(Quelle: Aluminium Rheinfelden GmbH)

≡ Digital und nachhaltig zugleich – geht das?

Industrielle Prozesse sind entweder digital oder nachhaltig – das zumindest denkt so mancher, der sich mit dem Thema noch nicht auseinandergesetzt hat. Doch das VDMA-Technologieforum auf der EMO Hannover beweist das Gegenteil: Sinnvoll und clever angewandt, kann Digitalisierung die Nachhaltigkeit sogar steigern. Es kommen vier Firmen zu Wort, die mit ihren digitalen Lösungen dazu beitragen, dass Werkzeuge nachhaltiger hergestellt werden oder dass sich mit ihnen nachhaltiger zerspanen lässt.

Smart Service ist für Konrad Keck, Vertriebsleiter DACH der Benz GmbH Werkzeugsysteme aus Haslach bei Offenburg das Zauberwort, um Dienstleistungen und Produkte reif für Industrie 4.0 (IoT-ready) zu machen. Darunter verstehen die Badener ein Gesamtservice-Konzept, bei dem immer mehr digitale Informationen etwa von Sensoren zur vorbeugenden Service-Abwicklung beitragen.

Energy Harvesting versorgt Sensoren mit Strom

Manchmal steckt der technische Teufel dabei im Detail: So verbrauchen Sensoren oft zusätzliche Energie. Keck nennt die Alternative: *Bei rotierenden Werkzeugen wird die Energie für das Sensorsystem mittels Energy Harvesting erzeugt und somit weitestgehend auf Batterielösungen verzichtet.* Anwender von Energy Harvesting ernten elektrische Energie aus Quellen wie Umgebungstemperatur, Vibrationen oder Luftströmungen, um so mobile Geräte oder Elektronik mit geringer Leistung zu versorgen. Der nachhaltigste Effekt liege beim so genannten Smart Service jedoch darin, dass die Werkzeuge durch vorbeugende Wartungsintervalle länger halten. Wenn künftig Produkte dank Digitalisierung ihren Zustand kennen, lassen sich mit diesen Kennwerten Regelkreise aufsetzen, welche die Standzeit der Werkzeuge erhöhen. Wie sich die Digitalisierung in der Praxis auf Anwendungen auswirkt, demonstrieren die Badener in Hannover unter anderem an dem neu entwickelten Spindelreihenmagazin Benz Hybrix und der Stoßaggregate-Familie LinA, die nun IoT-ready sei.

Software-Tool erhöht Werkzeugeffizienz

Auf der EMO Hannover 2019 präsentiert Daniel Meuris, Leiter Digitalisierung und Virtualisierung beim Werkzeugmaschinenhersteller Klingelberg GmbH, Hückeswagen, die Plattform GearEngine für die Verzahnungsproduktion. Sie dient als zentrale Sammelstelle von Produktionsdaten und Schnittstelle

zwischen Produktions- und Unternehmens-ebene. Die Plattform erlaubt es dem Betreiber von Klingelberg-Werkzeugmaschinen, softwarebasierte Datendienste auf einfache Art und Weise einzusetzen.

Als Schlüssel zur nachhaltigen Zerspanung bezeichnet Meuris die Werkzeugeffizienz. Ein Beispiel ist die Kegelradfertigung, bei der sich die Effizienz bisher wegen der dort eingesetzten Spezialwerkzeuge und mangelnder Daten nicht analysieren ließ. Das neue SmartTooling-System von Klingelberg kann dagegen Werkzeuge und Vorrichtungen für Kegelrad-Fräsmaschinen mit Hilfe von Data Matrix Codes identifizieren und in einer Datenbank zentral verwalten. Nach Aussage von Meuris werden die Produktionsmittel durch einen digitalen Zwilling beliebig genau beschrieben und liegen in einer zentralen Datenbank vor, die während und nach der Verzahnung mit Produktionsdaten erweitert wird. Wie das in der Praxis funktioniert, führt Klingelberg in Hannover beim Einsatz an der Maschine vor.

Wie sich mit Werkzeugdaten die Fertigung optimieren lässt, beschreibt Dr. Raphael Rohde, Mitarbeiter im Technology Development der Business Unit Tools and Parts der Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Blomberg, auf dem Technologieforum der EMO Hannover. Der Hersteller von Verbindungs- und Automatisierungstechnik vernetzt seine Spritzgießwerkzeuge mit Hilfe der Datenerfassung über RFID-Technologie sowie optische Marker. *Die Herstellungs- sowie Produktionsinformationen sind stets und umfassend verfügbar,* erklärt Rohde. Dem Mitarbeiter und dem Kunden würden die Daten benutzerspezifisch in Form von Visualisierungsboards oder durch die Verwendung von Augmented Reality zielorientiert aufbereitet zur Verfügung gestellt. Fehlleistungen durch falsche Interpretation beziehungsweise Folgefehler könnten auf diese Weise auf ein Minimum reduziert werden und trügen so zur Nachhaltigkeit in der Produktion bei.

Messtechnik unterstützt die digitale Transformation

Die Messtechnik zieht wegen der Digitalisierung der Industrie näher an oder in die Produktion, beobachtet Prof. Heiko Wenzel-Schinzler, Geschäftsführer und Chief Digital Officer der Wenzel Group GmbH & Co. KG in Wiesthal: *Wir messen mehr, durch optische Lösungen, 5-Achsmesskopf oder spezielle Messmaschinen schneller und geben dank geschlossener Regelkreise direktes Feedback an die Bearbeitungsmaschinen.* Wenn die Messtechnik aber in die Fertigung wandere, sei es unabdingbar, dass die Ausfallzeiten gegen Null gehen. Daher biete der Messtechnik-Produzent zusätzliche Lösungen an, um Probleme an den Maschinen bereits sehr frühzeitig zu entdecken und zu korrigieren. Das erhöht die Lebensdauer der Produktionstechnik und macht sie nachhaltiger. Aber auch die Messmaschinen von Wenzel seien für extrem lange Nutzlaufrzeiten ausgelegt. *Auf diesem Fundament setzen wir moderne Messtechnik ein, die immer wieder modernisiert werden kann, ohne dass die komplette Maschine ausgetauscht werden muss,* erklärt der Geschäftsführer. Der geschlossene Regelkreis zwischen Messtechnik und Bearbeitungsmaschinen reduziere Ausschuss, *da wir – Stichwort Prozessüberwachung – sehr frühzeitig Rückmeldungen über Fertigungsprobleme geben können.* Wie unter diesen Aspekten das Zusammenspiel der Fertigung mit neuer Messtechnik – vom portablen Messarm bis hin zur Highspeed-Scanning-Maschine – funktioniert, zeigt die Wenzel Group Besuchern der EMO Hannover an ihrem Stand.

Mehr über Nachhaltigkeit und Digitalisierung in der Produktion erfahren Interessenten auf dem Technologieforum der VDMA-Fachverbände Präzisionswerkzeuge sowie Mess- und Prüftechnik in Halle 4, Stand D39.

Nikolaus Fecht

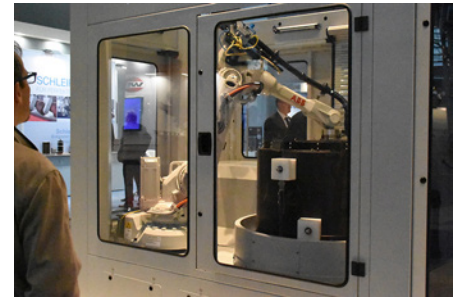
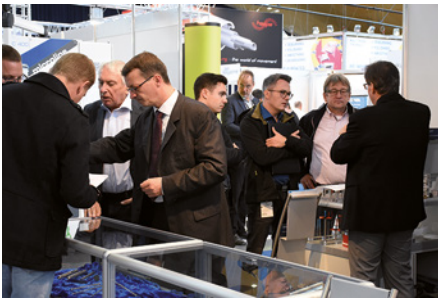
➔ www.emo-hannover.de

Innovationen und Know-how für optimierte Prozesse bei Entgraten und Oberflächenfinish

3. Leitmesse für Entgrattechnologien und Präzisionsoberflächen vom 8. bis 10. Oktober 2019 in Karlsruhe

DEBURRING EXPO

So konzentriert und umfassend sind Lösungen für das Entgraten, Verrunden und die Herstellung von Präzisionsoberflächen bisher noch nirgendwo dargestellt worden: Über 170 Aussteller präsentieren auf der DeburringEXPO 2019 innovative und weiterentwickelte Technologien, Produkte und Dienstleistungen für diese qualitätsentscheidenden Fertigungsschritte. Abgerundet wird das einzigartige Ausstellergesamtbild durch ein attraktives Rahmenprogramm mit Themenparks, Forschungspavillon und zweisprachigem Fachforum



Durch die Vielzahl von neuen und weiterentwickelten Verfahren, Produkten und Prozessen in allen Ausstellungsbereichen ermöglicht die Messe ein überzeugendes Technologiemonitoring (Bild: fairXperts GmbH & Co. KG)

Mit mehr als 170 Ausstellern verzeichnet die 3. DeburringEXPO nicht nur ein Plus von rund 15 % gegenüber der Veranstaltung 2017, sondern kann auch mit dem weltweit umfassendsten Angebot an Lösungen für das Entgraten, Verrunden und die Herstellung von Präzisionsoberflächen aufwarten. Diese Konzentration von Technologien, Dienstleistungen und Anbietern in einem fokussierten Rahmen ermöglicht Besuchern nach Überzeugung von Hartmut Herdin, Geschäftsführer der fairXperts GmbH & Co. KG und Veranstalter der DeburringEXPO, einen Überblick, wie sie ihn sonst auf keiner Messe finden. Dass dieses Technologiemonitoring immer wichtiger wird, machen die Veränderungen in vielen Bereichen der Industrie deutlich. Entgraten und das Oberflächenfinish sind in den letzten Jahren für Unternehmen zu Qualitäts- und Wettbewerbsfaktoren geworden. Ein Indiz dafür ist auch, dass die Anbieter von entsprechenden Lösungen für Fertigungsunternehmen zunehmend Benchmark-Partner sind und vergleichsweise früh in die Produktentstehungsphase oder einen Optimierungsprozess einbezogen werden.

Branchentreff: Vorstellung zahlreicher Innovationen

Deutlich wird dies auch an der Vielzahl von neuen und weiterentwickelten Technologien,

Produkten und Prozessen, die in diesem Jahr in allen Ausstellungsbereichen auf der DeburringEXPO vorgestellt werden. Dazu zählen innovative Anlagen für das vollautomatisierte Entgraten und Reinigen von Bauteilen in einem Prozess – sowohl im Hochdruckwasserstrahlverfahren als auch mit Ultraschall oder trocken mit CO₂-Schnee. Neues erwartet die Besucher außerdem in den Bereichen ECM- und TEM-Bearbeitung sowie für das Entgraten und Bearbeiten von Dünn- und Dickblechen. Die Anbieter von Entgratwerkzeugen reisen ebenfalls mit unterschiedlichsten Neuheiten, beispielsweise für das automatische und manuelle Entgraten von Bohrungen und Bohrungsverschneidungen, nach Karlsruhe. Auch wenn es um die Mikrobearbeitung oder die Herstellung anwendungsgerechter Oberflächen geht, sorgen die neuen und weiterentwickelten Produkte und Technologien der Aussteller bei allen Aufgabenstellungen für hohe Präzision und Effizienz.

Additive Manufacturing

Sowohl mit dem Themenpark *AM Parts Finishing* als auch durch weitere Aussteller wird erstmals die Nachbearbeitung additiv gefertigter Teile auf der Messe in Karlsruhe abgebildet. Durch den zunehmenden Einzug von Additive Manufacturing in die Serienfertigung steigen die Anforderungen an die

Oberflächen 3D-gedruckter Komponenten rasant, wie Hartmut Herdin ausführt. Diese Entwicklung wurde mit dem neuen Ausstellungsformat berücksichtigt und ist bei den entsprechenden Unternehmen auf großes Interesse gestoßen. Das Spektrum reicht vom Entfernen von Stützstrukturen über das Entpulvern und Reinigen bis zum Finish beziehungsweise der Vorbereitung der Oberfläche für die nächsten Fertigungsschritte. Auch hier wird es einige Neuheiten zu sehen geben.

Bauteilsauberkeit: Reinigen nach dem Entgraten

Zunehmend höhere Anforderungen an die Sauberkeit von Bauteilen – sei es für eine einwandfreie Funktion oder um die Qualität nachfolgender Prozesse sicherzustellen – lassen sich nicht ohne zuverlässige Entfernung von Graten und Flittergraten sowie anschließender Reinigung erfüllen. Die Aussteller des Themenparks *Reinigen nach dem Entgraten* und weitere Unternehmen aus Bereichen der industriellen Reinigungstechnik präsentieren Lösungen, um die Sauberkeit prozesssicher und wirtschaftlich zu erzielen.

Live: Arbeitsschritte entlang der Prozesskette Blechentgratung

Zu den Highlights der diesjährigen DeburringEXPO zählt der Themenpark *Prozessket-*

WERKSTOFFE

te Blechentgratung. Auf dieser gemeinsam mit Experten und Marktführern der Branche initiierten Aktionsfläche werden neben den originär der Blechentgratung zugerechneten Fertigungsschritten wie Entschlacken, Entfernen von Oxidschichten, Entgraten, Verrunden und Oberflächenfinish verschiedene Technologien und nachgelagerte Prozesse gezeigt. Alle Schritte dieser Prozesskette werden Hartmut Herdin zufolge anhand eines zu bearbeitenden Musterteils live dargestellt. Das macht diesen Themenpark zu einer Leistungsshow in noch nie dagewesener Form.

Expertenwissen für optimiertes Entgraten und Finishen

Wissenstransfer und Erfahrungsaustausch stehen im Mittelpunkt des dreitägigen Fachforums der DeburringEXPO. Die insgesamt 29 Vorträge renommierter Experten aus Industrie und Wissenschaft werden simultan (Deutsch <> Englisch) übersetzt. *Wir tragen damit dem international deutlich gestiegenen Informationsbedarf in den Bereichen Entgrattechnologien und der Herstellung von Präzisionsoberflächen Rechnung*, betont Hartmut Herdin.

Das Programm, das in fachlicher Kooperation mit dem Fraunhofer IPK, dem Institut PTW der TU Darmstadt und der LIMA Ventures GmbH erarbeitet wurde, gliedert sich in die folgenden sechs Vortragssessions: Mechanisches Entgraten, AM Parts Finishing, Entgraten und Funktionsflächenbearbeitung in einem Zug, Reinigen nach dem Entgraten – Entgraten und Reinigen, undefiniertes Entgraten (Strahlen, TEM und weitere Verfahren) sowie Blechentgratung. Die Teilnahme am Fachforum ist für Messebesucher kostenfrei.

Stand der Forschung

Ein weiteres Novum der diesjährigen Leitmesse für Entgrattechnologien und Präzisi-



Grundlagen und Expertenwissen zur Prozessgestaltung und -optimierung vermittelt das dreitägige Fachforum der DeburringEXPO (Bild: fairXperts GmbH & Co. KG)

onsoberflächen ist der Forschungspavillon. Er ermöglicht Besuchern, sich über kürzlich abgeschlossene, laufende und zukünftige Forschungsprojekte mit Einfluss auf den Qualitätsfaktor Entgratung zu informieren.

➔ www.deburring-expo.de

Aussteller und Produkte

Kunststoffbauteile in einem Prozess trocken entgraten und reinigen

Spritzgegossene und mechanisch bearbeitete Kunststoffbauteile weisen üblicherweise Grate auf. Als effiziente, inlinefähige und trockene Entgrat- und Reinigungsalternative hat sich bei harten und spröden Kunststoffen wie PEEK und PPS die quattroClean-Technologie der acp systems AG aus Ditzingen bewährt. Flüssiges, umweltneutrales Kohlenstoffdioxid wird durch eine verschleißfreie Zweistoffringdüse geleitet, durch Druckluft gebündelt und auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt. Trifft der gut fokussierbare, minus 78,5 °C kalte Schnee-Druckluftstrahl auf die Teileoberfläche wirken mehrere Effekte. So kommt es zu einer lokalen Versprödung der Grate. Durch die schlagartige Volumenvervielfachung bei der Sublimation des Kohlenstoffdioxidschnees entstehen Mikro-Druckwellen. Die bei deren Ausbreitung auftretende Kraft löst die Grate ab. Gleichzeitig sorgen die Wirkmechanismen für die zuverlässige Entfernung partikulärer und filmischer Verunreinigungen.

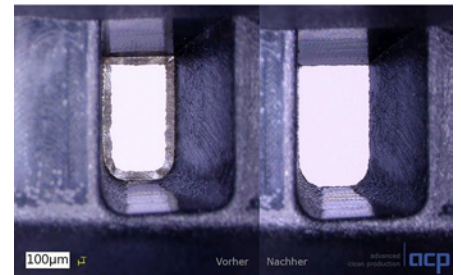
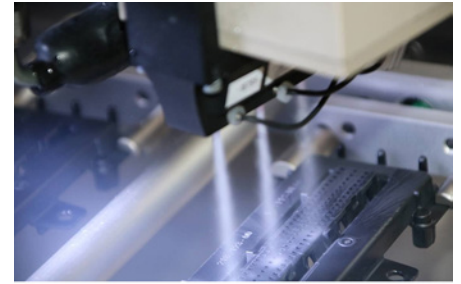
Halle 1, Stand 333 und 318/421

➔ www.acp-systems.com

Effizientes Entgraten in automatisierten Prozessen mit HSD-Werkzeugen

Zum Entgraten von Bohrungsverschneidungen werden seit Jahren HSD-Entgratwerkzeuge der Dr.Beier-Entgrattechnik in der automatisierten Fertigung eingesetzt. Dabei ist der Begriff Bohrungsverschneidungen sehr weit gefasst, da auch Bohrungsausstritte, Nuten und Schlitze sicher entgratet werden. Die hauptsächlich auftretenden Geometrien sind räumlich gekrümmte Gratverläufe, die mit anderen Entgratverfahren kaum bearbeitet werden können und zum Teil schwer erreichbar sind. Dazu zählen beispielsweise Verschneidungen in Tieflochbohrungen und Hinterschneidungen.

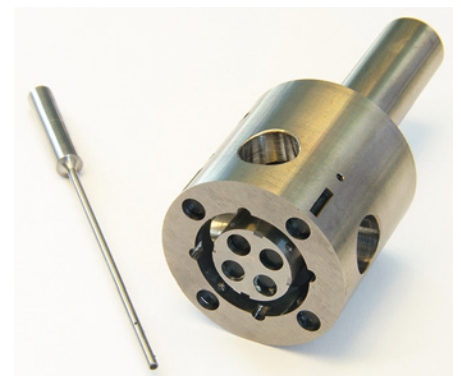
Sämtliche Entgrataufgaben werden von der Dr.Beier-Entgrattechnik zunächst analysiert, um dem Anwender eine optimale Lösung aus den vielseitigen HSD-Entgratwerkzeugen vorzuschlagen. Dabei werden vor- und



Harte und spröde Kunststoffe wie PEEK und PPS lassen sich mit der quattroClean-Technologie in einem Prozess entgraten und reinigen (oben); nach dem Spritzgießprozess vorhandene Grate werden prozesssicher und reproduzierbar entfernt (Bild: acp systems AG)

nachgeschaltete Bearbeitungsschritte, einzuhaltende Taktzeiten, Anforderungen an die zu entgratenden Kanten und die geforderte Oberflächenqualität genau beachtet.

HSD-Entgratwerkzeuge sind in einem weiten Durchmesserbereich verfügbar. Die kleinsten Werkzeugdurchmesser liegen bei etwa 2 mm. Die zu entgratenden Bohrungsverschneidungen können dabei jedoch wesentlich kleiner sein. Durch das Prinzip der patentierten HSD-Werkzeuge, bei dem die beweglich gelagerten Schneiden hydraulisch oder pneumatisch durch den Kühlmitteldruck oder Druckluft gesteuert werden, sind kleinste Bauformen und vielseitige mehrschneidige Entgratwerkzeugausführungen möglich. In der Praxis werden diese Möglichkeiten für



HSD-Werkzeuge mit Werkzeugdurchmesser 2,1 (links) sowie einem Spezialwerkzeug (rechts) (Bild: Dr.Beier Entgratwerkzeuge)

WERKSTOFFE

das Entgraten von kreuzenden Bohrungen in abgestuften Bohrungen mit nur einem Werkzeug seit Jahren eingesetzt. Das gleichzeitige Entgraten von mehreren Bohrungsverschneidungen erfolgt so in einem Arbeitsschritt, spart Zeit und auch Werkzeugplatz.

Neben den typischen HSD-Werkzeugen sind weitere spezielle Entgratwerkzeuge zum Beispiels zum Innen- und Außenentgraten von Schlitz in Wellenenden entwickelt worden und seit langem in Einsatz.

Halle 1, Stand 1106

➔ www.beier-entgrattechnik.de

Sicher sauber und effizient

Die Mafac E. Schwarz GmbH & Co. KG, Alpirsbach, präsentiert auf der DeburringEXPO in Karlsruhe Lösungen zur effektiven Reinigung anspruchsvoller Bauteile. Am Stand des Unternehmens können sich Besucher über wässrige Teilereinigungsverfahren nach dem Entgraten informieren. Im Gepäck mit dabei ist die Mafac Pura, das leistungsstarke Einstiegsmodell des Unternehmens. In allen Bereichen der Industrie spielen Gratfreiheit und Sauberkeit eine wichtige Rolle. Für



(Bild: MAFAC)

hochwertige Oberflächen bieten wässrige Teilereinigungssysteme sichere und effektive Lösungen. Im Fachforum berichtet ein Unternehmensvertreter über positive Erfahrungen mit wässrigen Reinigungssystemen nach dem TEM-Entgraten.

Halle 1, Stand 234

➔ www.mafac.de

Innovative Lösung für manuelles Entgraten mit Ultraschall

Die Weber Ultrasonics AG, Karlsbad, stellt ein multifunktional einsetzbares Handmodul für das Entgraten mit Ultraschall vor. Für

agile Anwendungen präsentiert sich das innovative Kombinationsmodul in ergonomisch und angenehm in der Hand liegender Pistolengestalt. Durch eine einfache 90°-Drehung oberhalb des Griffs verwandelt sich das Modul in ein stabförmiges Werkzeug. Somit können auch Bearbeitungsstellen, die mit der Pistole nicht zugänglich sind, mit dem gleichen Werkzeug bearbeitet werden. Das Handmodul ist in einer 20-kHz-Ausführung erhältlich und beseitigt Flittergrade an Stanzteilen und Werkstücken aus Aluminiumguss- und Zinkdruckguss sowie Kunststoffspritzguss. Auf dem Messestand können mitgebrachte Muster damit versuchsweise



Handentgratmodul

entgratet und die Ergebnisse überprüft werden.

Halle 1, Stand 520

➔ www.weber-ultrasonics.com



Brushed to last forever


— KOTI GROUP —
Brushing Solutions

Wussten Sie, dass unsere Bürsten Helden über die Grenzen hinaus sind?
KULLEN-KOTI Bürsten - Exklusiv für die Oberflächenveredelung. Vom Strukturieren, Aufrauen, Entgraten bis zum Polieren und Reinigen mit KULLEN-KOTI Walzenbürsten finden Sie die richtige Lösung.

Besuchen Sie uns auf folgenden Messen:
EMO Hannover: Halle 11, Stand B33 - DeburringEXPO: Halle 1, Stand 405

✉ info@kullen.de

🌐 www.kullen.de

☎ +49 (0)7121 142-211

≡ Durch Nachbearbeitung zu optimalen Oberflächen in der additiven Fertigung

Manuelle Bearbeitung von Teilen mit hocheffizienten und spezialisierten Werkzeugen unterstützen den Weg der additiven Fertigung als Technologie für die Herstellung hoher Stückzahlen

Die additive Metallverarbeitung hat sich mittlerweile zweifellos zu einem industriellen Megatrend im Fertigungsbereich entwickelt. Insbesondere in Industriesektoren, in denen viel mit Kleinserien gearbeitet wird, hat sie sich fest etabliert. Dies gilt insbesondere für die Luft- und Raumfahrt, aber auch für die Medizintechnik und den Formenbau. Das Verfahren ermöglicht die kostengünstige Herstellung von Bauteilen in kleinen Losgrößen, da die Kosten für bauteilspezifische Werkzeuge wie Formen oder Kerne entfallen. Ein weiterer Vorteil ist die große geometrische Gestaltungsfreiheit. In der Automobilindustrie beschränkt sich das neuartige Fertigungsverfahren derzeit noch auf Nischen wie die Fertigung seltener Ersatzteile für Oldtimer oder spezieller Bauteile für den Werkzeugbau. Für den Einsatz bei Großserien ist es im Vergleich zu Guss- oder Zerspanungsverfahren jedoch noch nicht rentabel. Aber: Die 3D-Drucker werden immer schneller, größer und effizienter und könnten in wenigen Jahren auch in der Massenfertigung den traditionellen Fertigungsverfahren Konkurrenz machen.

Mechanische Bearbeitung als Problemlöser

Ist ein Bauteil einmal gedruckt, so ist es in aller Regel noch lange nicht fertig. Beim 3D-Druck entfallen bis zu 70 % der Kosten auf die Nachbearbeitung, egal mit welchem der unterschiedlichen Druckverfahren, wie Laserschmelzen (DMLS/SLM), Elektronenstrahlschmelzen oder Laserauftragschweißen (DED/LMD), das Teil hergestellt wurde. Dies ist ein großer Nachteil gegenüber gegossenen und/oder im Bearbeitungszentrum gefrästen Teilen, deren Nachbearbeitung deutlich weniger aufwendig ist. Zudem sind die durchaus vorhandenen Nachbearbeitungslösungen noch wenig bekannt, da die Technologie an sich neu ist und man sich vor allem auf das Drucken konzentrierte und den nachgelagerten Arbeiten wenig Beachtung schenkte.

Im ersten Schritt der Nachbearbeitung müssen die auf eine Metallplatte gedruckten

Bauteile abgetrennt werden. Eine Möglichkeit hierfür ist die Drahterosion, die jedoch relativ zeitaufwendig ist. Zudem kann der Draht bei Kontakt mit sehr dünnen Stützstrukturen oder Pulver im Bauteil leicht reißen. Ein weiterer Nachteil ist, dass die bei der Drahterosion zum Einsatz kommenden Flüssigkeiten und Emulsionen das Bauteil beschädigen können. Daher setzt sich immer mehr das Sägen als deutlich schnelleres und günstigeres Verfahren durch: Hierbei muss einfach nur ein gerader Schnitt gesetzt werden. Grob geschätzt, fallen beim Sägen etwa 50 Euro pro Platte an, bei der Drahterosion knapp das Siebenfache.

Doch nach dem Abtrennen des Bauteils von der Platte geht die Nachbearbeitung erst so richtig los: Zum einen entsteht beim Abtrennen ein Grat, der entfernt werden muss. Bei manchen Bauteilen müssen zudem die für den 3D-Druck typischen rauen Oberflächen geglättet und Funktionsflächen gefräst werden. Außerdem müssen die beim 3D-Druck entstehenden Stützstrukturen beseitigt werden. Einer der großen Vorteile der additiven Fertigung ist ja, dass sehr komplizierte Geometrien realisiert werden können. Dafür müssen jedoch bei 3D-gedruckten Bauteilen Überhänge und Löcher generell mit einer Stützstruktur versehen werden, da sonst der Überhang oder das Loch beim Druckprozess zusammenfallen würde. Sehr erstaunlich ist, dass viele Anwender diese Tätigkeiten manuell mit Hammer, Meißel und einer Handfeile durchführen. Das macht einen großen Teil des Produktivitätsgewinns wieder zunichte, der mit dem 3D-Druck einhergeht.

Werkzeuge mit höchster Effizienz

Jedoch gibt es hierfür durchaus andere Optionen. Zur ersten Wahl haben sich über die letzten Jahre Druckluft- und Elektrowerkzeuge der Marke BIAX etabliert, unter der die familiengeführte schwäbische Schmid & Wezel-Gruppe seit 100 Jahren handgeführte Präzisionsmaschinen für die industrielle Metallbearbeitung herstellt und vermarktet. Besonders die Druckluftwerkzeuge sind nach Überzeugung von Filipp Pachow,

Vertriebsleiter von BIAX, aufgrund ihrer kompakten Abmessungen und des geringen Gewichts für das Nacharbeiten geradezu prädestiniert. In der Tat lässt hier das Produktsortiment des Werkzeuganbieters kaum Wünsche offen: Gerade und gewinkelte Schleifer verschiedenster Geschwindigkeits- und Leistungsklassen decken von sehr feinen bis hin zu sehr groben Schleif- und Fräsarbeiten ein sehr breites Anwendungsspektrum ab.

Ein besonderes Highlight dieser Produktgruppe ist das Modell *TVD 3-100/2*, das mit 100 000 U/min in Kombination mit spitz zulaufenden Frässtiften sehr feine Oberflächenergebnisse liefert. Der Bestseller jedoch ist der *SRD 3-55/2 S*, ein Allroundschleifer im Format eines Schreibstifts mit 55 000 U/min für Polier- und Fräsarbeiten, der mit einem Schnellwechselfutter ausgestattet ist. Dies ermöglicht einen sehr schnellen Werkzeugwechsel, was bei der Nachbearbeitung im 3D-Druck von großem Vorteil ist, da hier meist mit verschiedenen Werkzeugen gearbeitet werden muss.

Die allerfeinsten Oberflächenergebnisse, die beispielsweise bei sehr filigranen medizinischen Bauteilen verlangt werden, können mit einem Druckluftfeiler erzielt werden. Auch hier bietet BIAX eine Vielzahl von Maschinen, wobei der Mini-Feiler *FLV 1-20* mit einer Hublänge von weniger als einem Millimeter besonders hervorsteicht. Ein anderes großes Thema, gerade bei Bauteilen mit komplizier-



Rundscheifengerät SRD 3-55 (oben) und MD 100 zur Bearbeitung von Metallteilen



Einsatz der Werkzeuge aus der Serie FLV



ter Geometrie, ist das Entfernen von Stützstrukturen: Hier wird mit dem Druckluftmeißel *MD 100* auf eine Lösung gesetzt, mit der sich die Stützstrukturen überraschend einfach und rückstandslos sauber *wegrasieren* lassen.

Für Anwender, die keine Druckluft einsetzen können oder wollen, hat BIAx elektrische Maschinen mit biegsamer Welle im Sortiment. Hierbei treibt ein stationärer Elektromotor mit unterschiedlichen Leistungsstufen eine biegsame Welle an, an deren Ende ein kleines Handstück befestigt ist. Anders als bei einem Druckluftwerkzeug ist die Geschwindigkeit im Bereich von 12.000 U/min bis 36.000 U/min regelbar (Modell *MB 20 G*). Der Motor ist leistungsstärker, als bei einem Druckluftwerkzeug, eignet sich aber nicht ganz so gut für filigrane Arbeiten.

Neues Mikroschleifer-Set

Mit dem Mikroschleifer-Set *SE 50 Silent Grinder* ist erstmals ein elektrischer Mikromotor von BIAx verfügbar. Das Set besteht aus der kompakten Steuerung *SEB 50* und einem ro-

busten und hochpräzisen geraden Schleiferhandstück mit Mikromotor (*ESB 3-50*). Optional gibt es das schlanke Handstück *ESS 3-50* mit verlängerter Spindel für schwer zugängliche Stellen sowie ein Winkelhandstück mit 90 Grad (*ESW 3-50*). Als weiteres Zubehör stehen ein dynamischer Fußschalter und ein Fußschalter Ein/Aus zur Verfügung. Bei allen Schleifern lassen sich 3 mm Schäffte spannen. Es sind aber auch hochpräzise Spannzangen in den Größen 1,6 mm, 3/32" (2,35 mm) und 1/8" (3,175 mm) erhältlich. Der Werkzeugwechsel erfolgt durch Schnellspannung einfach und werkzeuglos.

Mikroschleifer-Set



Die Geschwindigkeit lässt sich auf bis zu 50.000 U/min stufenlos regeln, die Leistung liegt bei 160 W. In der praktischen Maschinenablage sind gleichzeitig auch die Spannschlüssel für die Spannzangen untergebracht. Sämtliche Komponenten werden in Deutschland gefertigt.

Die kompakten BIAx-Mikromotoren sind auch bei Belastung extrem geräuscharm, so dass mehrere Geräte sehr komfortabel in geringen Abständen zueinander betrieben werden können. Die ausgewogene Balance, zusammen mit der leichten und kompakten Bauweise, ermöglicht ein dauerhaft ermüdungsfreies und effizientes Arbeiten. Dabei sind die Mikromotoren zuverlässig und langlebig bei sehr geringem Servicebedarf. Dafür sorgt nicht zuletzt eine spezielle Abdichtung der leistungsfähigen Kugellager.

BIAx stellt aus:

EMO in Hannover: Halle 3, Stand B01

DeburringExpo in Karlsruhe: Halle 1, Stand 321

➔ www.biax-germany.com

Protection upgraded



SurTec 883 XT

Vollständiger Chrom(VI)-Ersatz für dekorative Oberflächen

- Identische Farbwerte und höchste Qualität bei annähernd vergleichbaren Prozesskosten
- REACH-konformes Chrom(III)-Verfahren kann leicht in bestehende Anlagen integriert werden
- Unkritische Abwasserbehandlung - keine externe Entsorgung von Spülwässern erforderlich

Überzeugen Sie sich selbst - SurTec auf den ZVO Oberflächentagen 2019, Stand 17

SurTec Deutschland GmbH

SurTec-Straße 2 Tel. +49 6251 171-700 mail@SurTec.com
64673 Zwingenberg Fax +49 6251 171-800 www.SurTec.com

a brand of FREUDENBERG



Brillengestelle –

Neues Gleitspaltsystem ermöglicht schadenfreie Bearbeitung

Eine Brille wird überwiegend als optisches Hilfsmittel getragen, dadurch werden Fehlsichtigkeit undstellungsfehler korrigiert. In diesem Fall wird die Brille auch als Korrekturbrille bezeichnet. Des Weiteren kann eine Brille zum Schutz vor äußeren Einwirkungen, Verletzungen oder Überreizungen dienen. Aber auch als modisches Accessoire werden Brillen verwendet.

Hauptbestandteile einer Brille sind Brillengläser und Brillenfassung. Die Brillenfassung wiederum besteht aus mehreren kleineren Bestandteilen, wie Brillenbügeln, Bügelrundungen, Bügelscharnieren, Brillenrahmen, Nasenplättchen und dem Nasensteg. Ein wichtiger Bestandteil ist der Nasensteg, da dieser das Verbindungsstück des Gestells zwischen den Brillengläsern ist und für die gleichmäßige Verteilung des Gewichts sorgt. Elementar bei der Herstellung einer Brille ist, dass diese aus hochwertigen Materialien besteht. Metallfassungen sind bruchstark, kratzfest und werten die Brille optisch auf. Zudem ist bei der Herstellung darauf zu achten, dass der Nasensteg vollständig entgratet und verrundet ist, damit ein hoher Tragekomfort gewährleistet wird.

Kleine Brillenbestandteile wie Bügelscharniere, Nasenstege und Verbindungsteile können

in den OTEC CF-Maschinen in einem speziellen Verfahren entgratet, geschliffen und poliert werden und sind so ideal für die weitere Verarbeitung vorbereitet. Um die im Herstellungsprozess entstandenen Grate an den Werkstücken zu entfernen, wird ein starkschleifender Keramikschleifkörper verwendet, gefolgt von einem Kunststoffschleifkörper für den Feinschliff. Damit die Brillenbestandteile während des Prozesses sauber bleiben, wird ein Compound hinzugegeben, das den Schleifabrieb ausspült und einen Korrosionsschutz bietet. Ein spezielles Walnussgranulat sorgt für die anschließende Politur der Bauteile. Das Hochglanzpolieren ermöglicht eine glatte Oberfläche und ist vor allem für die Optik ein wichtiges Kriterium.

Die OTEC CF-Maschinen basieren auf dem Tellerfliehkraftverfahren, einer hocheffektiven Gleitschleiftechnik. Dabei werden die Werkstücke in Verfahrensmittel gegeben und durch einen rotierenden Teller, der von dem Behälter durch einen einstellbaren Spalt getrennt ist, bewegt. Hierdurch erreicht das Schleifmittel eine toroide Strömung. Brillenbestandteile können durch die Wirkung der unterschiedlichen Fliehkkräfte präzise und intensiv bearbeitet werden.

Die Teile können in den OTEC-Tellerfliehkraftanlagen als Schüttgut bearbeitet werden; hierdurch entsteht eine effiziente Bearbeitung. Zudem führen die hohe Rotationsgeschwindigkeit und die große Relativgeschwindigkeit zu einer Reduktion der Bearbeitungszeit und somit zu einer erhöhten Wirtschaftlichkeit. Runde Rippen im Teller ermöglichen eine sanfte Bearbeitung der Brillenbestandteile. Flache, kleine Teile haften während des Prozesses nicht am Tellerrand und werden demzufolge vollständig bearbeitet.

Anders als bei herkömmlichen Bearbeitungsverfahren ist es in den OTEC-Tellerfliehkraftanlagen möglich, sehr kleine Brillenbestandteile aus Metall schadenfrei zu bearbeiten. Durch das einzigartige Gleitspaltsystem kann das Spaltmaß zwischen dem drehenden Teller und dem stillstehenden Behälter auf null verringert werden. Werkstücke können sich so nicht im Spalt verkeilen. Schäden an den



Tellerfliehkraftanlage des Typs CF 3x18
(Bild: OTEC)

Brillenteilen werden vermieden und sie erhalten eine glatte und polierte Oberfläche. Der Vorteil, den das Gleitspaltsystem bietet, ist eine schadenfreie Bearbeitung von kleinen Teilen, wie Nasenstege und Brillenscharniere. Zusätzlich ist es möglich, sehr feinkörnige Schleifmittel für die Bearbeitung zu verwenden. Darüber hinaus verringert sich durch die ausgeklügelte Behältergeometrie die Bearbeitungszeit um bis zu 30 Prozent gegenüber herkömmlichen vergleichbaren Maschinen. Mit dem OTEC-Verfahren erhalten Brillenbestandteile eine perfekte und hochglanzpolierte Oberfläche.

Über OTEC

Die OTEC GmbH bietet Präzisionstechnologie für die Erzeugung perfekter Oberflächen. Maschinen von OTEC zum Entgraten, Schleifen, Glätten und Polieren dienen zur rationellen Oberflächenveredlung von Werkzeugen und Produkten. Mit einem Netz aus über 60 Vertretungen ist OTEC weltweit vor Ort für internationale Kunden aus vielen Branchen. Kunden profitieren von dem umfassenden Know-how des Unternehmens in der Entwicklung des perfekten Zusammenspiels von Maschine und Verfahrensmittel.

Halle 1, Stand 114

www.otec.de



Brillenscharnier (Bild: OTEC/Fotolia)

Komplexe Bauteile effizient und schonend entgraten

SurTec präsentiert neues chemisches Verfahren für Werkstücke aus ferritischem Stahl

DEBURRING EXPO

Ob gefräst, gedreht oder gestanzt – in keinem der Fertigungsverfahren lässt es sich vermeiden, dass bei der Bearbeitung von metallischen Werkstücken ein Grat entsteht. Insbesondere bei kleinen Bauteilen mit komplexer Geometrie und schwer zugänglichen Stellen stoßen mechanische Verfahren zur Beseitigung dieser scharfkantigen Metallaufrufungen an ihre Grenzen. Mit einem neuen chemischen Entgratungsverfahren präsentiert der Spezialist für Oberflächentechnik SurTec auf der DeburringEXPO 2019 eine effiziente Lösung für diese Anwendung.

Speziell für kleine Dreh-, Stanz- und Frästeile aus ferritischem Stahl entwickelt, ermöglicht SurTec 451 die schonende Bearbeitung der Bauteile sowohl als Schüttgut in einer Trommel als auch als Gestellware. Sowohl die Konzentrate als auch die Aktivverfahren von SurTec 451 enthalten keine Flusssäure, wodurch das Risiko von Arbeitsunfällen und Umweltschäden reduziert wird. Wie Andreas Schaab, Verfahreningenieur bei SurTec, ausgeführt werden durch das chemische Entgraten Beschädigungen am Bauteil verhindert, da keinerlei mechanische Beanspruchung der Komponenten stattfindet. Somit können auch weiche und biegeempfindliche Teile problemlos bearbeitet werden. Zudem werden beim chemischen Entgraten keine Oberflächenfehler kaschiert, die im weiteren Verfahren zu Bauteilausfällen führen können, wie es beispielsweise beim Gleitschleifen der Fall sein kann.

Im chemischen Entgratungsprozess wird an den benetzten Stellen Werkstoff durch chemische Auflösung abgetragen. Dadurch werden die Oberflächen eingeebnet und geglättet. Im Gegensatz zum mechanischen Entgraten beginnt die Einebnung dabei im Mikrobereich, erst mit zunehmender Behand-

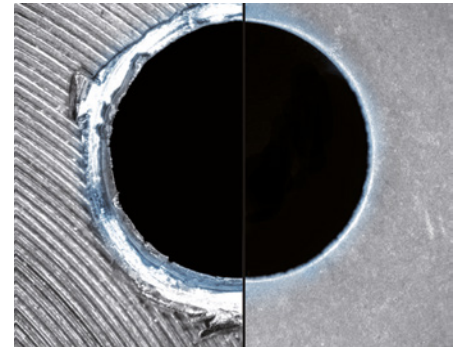
lungsdauer werden auch größere Strukturen verrundet und geglättet. Der Werkstoffabtrag ist bei dieser Bearbeitungstechnik an den Ecken und Kanten des Werkstücks um ein Mehrfaches verstärkt, so dass diese Bereiche bevorzugt abgebaut werden. Durch die Behandlung mit SurTec 451 können Grate bis zu einigen Zehntel Millimeter Größe zuverlässig beseitigt werden.

Das chemische Entgratungsverfahren ist insbesondere geeignet für komplexe Kleinteile aus gehärtetem und ungehärtetem ferritischem Stahl, bei denen an schwer zugänglichen Stellen Grate abgetragen werden müssen. Dazu gehören Dreh-, Stanz- und Frästeile in der Textilmaschinenindustrie (z.B. Nadeln), der Uhrenindustrie (z.B. Zahnräder), der Automobilindustrie (z.B. Einspritzdüsen) sowie Komponenten aus dem allgemeinen Maschinenbau (z.B. Ventilkörper, Kettenglieder).

Auf der DeburringEXPO stehen die Experten von SurTec für alle Fragen zum chemischen Entgraten zur Verfügung. Insbesondere Aspekte des Gesamtprozesses wie die Vor- und Nachbehandlung der Bauteile und deren optimale Vorbereitung auf weiterführende Prozesse wie galvanisch und chemisch Nickel, Chrom, Phosphat oder auch Lackieren können hier angesprochen werden.

Über SurTec und Freudenberg

SurTec entwickelt, produziert und vertreibt chemische Spezialitäten für die Oberflächenbehandlung. Mit seinen vier Anwendungsfeldern der industriellen Teilereinigung, Metallvorbehandlung, funktionale und dekorative Galvanotechnik deckt SurTec das volle Portfolio in diesem Bereich ab. Das Unternehmen ist nach ISO 9001 (Qualitätsmanagement) zertifiziert. Die zusätzlichen Zertifizierungen nach OHSAS 18001 und ISO 14001 unter-



Bohrung vor (links) und nach dem chemischen Entgraten

streichen die wichtigen Unternehmensziele Arbeits- und Gesundheitsschutz wie auch Umweltverträglichkeit und Ressourcenschonung. Die SurTec Gruppe mit Sitz in Bensheim, Deutschland, gehört zur Freudenberg Chemical Specialities SE & Co. KG und ist in 22 Ländern mit eigenen Gesellschaften und in mehr als 20 Ländern über Partnerunternehmen vertreten.

Die Freudenberg Chemical Specialities SE & Co. KG mit Sitz in München, ist eine Geschäftsgruppe innerhalb der Freudenberg Gruppe. Sie besteht aus einer schlanken, marktorientierten Organisation mit Geschäftsleitung und Teilkonzernfunktionen. Ziel ist die Förderung der Innovationspotenziale in der Gruppe sowie der Ausbau der weltweiten Marktführerschaft. Zur Gruppe gehören die fünf weitgehend eigenständig agierenden und in über 40 Ländern tätigen Unternehmensbereiche Klüber Lubrication, Chem-Trend, OKS, Capol und SurTec. Die Geschäftsgruppe beschäftigt rund 3600 Mitarbeiter und erwirtschaftete 2018 einen Umsatz von mehr als einer Milliarde Euro.

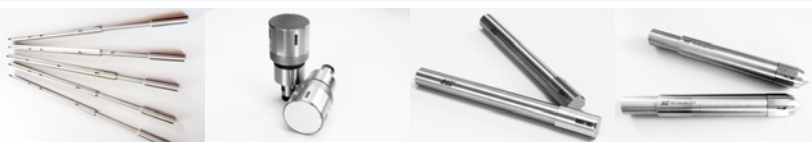
Halle 1, Stand 224

www.surtec.com

Entgratwerkzeuge für den Einsatz in hochautomatisierten Prozessen

www.beier-entgrattechnik.de

HSD[®]
HIGH SPEED DEBURRING



Dr. Beier-Entgrattechnik
Spezialentgratwerkzeuge

Zuverlässiger und effektiver reinigen in der Medizintechnik

Die Reinigung medizintechnischer Geräte nach deren Herstellungs- und Fertigungsprozessen stellt in der industriellen Teilereinigung mit die anspruchsvollste Aufgabenstellung dar. Viele kritische Kontaminationen treffen auf teils sehr komplexe Geometrien. Die LPW Reinigungssysteme GmbH hat für diese besonderen Anforderungen mit der neuen PowerJet medical ein Standardanlagenkonzept entwickelt, das über integriertes CNp und erweitertes Fähigkeitsspektrum verfügt.



Medizinische Geräte verfügen häufig über komplexe geometrische sowie enge kapillare Strukturen und sind somit mit klassischen Verfahren nur schwer zu reinigen (Bild: istock)

In der Herstellung von medizintechnischen Produkten durchläuft das Reinigungsgut Prozesse, die oft mit einer hohen Schmutzbelastung verbunden sind (z. B. Zerspanen, Schleifen oder Kleben). Das sichere Entfernen der filmischen und partikulären Verunreinigungen muss schon vor der Montage und der anschließenden Sterilisation sichergestellt werden. Außerdem sollte das Anlagensystem in der Lage sein, die erforderlichen Reiniger in den nachfolgenden Spülprozessen zu entfernen. Nicht zuletzt besteht bei beschichteten Oberflächen Beschädigungsgefahr durch Ultraschall.

Diese Umstände und Schwierigkeiten löst die LPW Reinigungssysteme GmbH mit dem neuen Anlagensystem und dessen Standardeigenschaften wie folgt:

- geschlossenes und reinraumfähiges Kammeranlagensystem für Chargengrößen von bis zu 600 mm x 300 mm x 200 mm mit einem Reinigungstank und zwei getrennten Spültanks
 - CNp (Zyklische Nukleation) in allen Reinigungs- und Spülvorgängen zur Säuberung von verdeckten Geometrien und Lumen/Kapillaren
 - zylindrische Medientanks, hohe Filtrationsraten
 - hohe Volumenströme mit definierten Reinigungs- und Spülmedien
 - frei einstellbare Bewegungsvariablen (Stillstand, definierte Schwenkbewegung, Drehung)
 - Koaleszenzabscheider für leichte organische Rückstände und Schwebstoffe
 - Trocknung mittels Heißluft, Vakuumtrocknung
- Optional stehen eine zweite oder dritte Behandlungskammer sowie ein dritter Spültank zur Verfügung. Zudem eine Ultraschalleinrichtung zum Betrieb mit 25 kHz, 40 kHz oder Mehrfrequenzschall. Eine integrierte Destillationsanlage zur Spülwasseraufbereitung, eine VE-Kreislaufanlage und vollautomatische Zuführautomation in Edelstahlausführung sind weitere Ausstattungsmöglichkeiten.
- Darüber hinaus zeichnet sich das System durch saubere Medientrennung aus. Durch



Die neue PowerJet medical von LPW weist im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen eine deutlich stärkere Reinigungs- und Spülleistung auf (Bild: LPW Reinigungssysteme GmbH)

das bereits in der Basisanlage fest integrierte vakuumbasierte CNp-Reinigungsverfahren sind feinstpartikuläre und filmische Verunreinigungen selbst bei kritischen geometrischen Verhältnissen, engen Lumen und Kapillaren, entfernbar – auch bei der Behandlung von dicht gepackten komplexen Bauteilen (Packungsdichtevorteile). Mit zwei oder mehr Behandlungskammern lässt sich zudem die Reinigungs- von der Spülstufe verschleppungsfrei trennen und als Nebeneffekt der Durchsatz deutlich erhöhen. Medientank und Behandlungskammer sind verfahrenstechnisch getrennt, so ist bei Bedarf auch eine räumliche Trennung möglich.

➔ www.lpw-reinigungssysteme.de

Werkstoff-Preis der Schott AG geht an Julius Rubers

Innovative Implantatmaterialien können durch das Einbringen von elektrogesponnenen Proteinfasern besser in das umliegende Gewebe einwachsen. Für seine Erkenntnisse zu diesem Prozess ist Julius Rubers mit dem Werkstoff-Preis 2019 der Schott AG geehrt worden. Er erhielt den mit 1500 Euro dotierten Preis im Rahmen der Kuratoriumssitzung des Fraunhofer-Instituts für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS in Halle (Saale). Mit dem von der Jury ausgezeichneten Ansatz könnten unter anderem aufwendige Nachbehandlungen vermieden werden.

Dr. Roland Langfeld, R&D Consultant der Schott AG und Vorsitzender des Kuratoriums des Fraunhofer IMWS, überreichte den Preis. Die eingereichten Beiträge repräsentierten nach seinen Worten auch in diesem Jahr die

große thematische Vielfalt und hohe wissenschaftliche Qualität der Arbeiten am Fraunhofer IMWS. Die Arbeit von Julius Rubers habe dabei herausgeragt, weil sie eine sehr hohe Anwendungsorientierung habe und

teilweise völlig neue Lösungswege gefunden worden seien. *Er konnte mit seiner Idee zeigen: Innovative Materialien eröffnen auch in der Medizintechnik noch reichlich attraktive Möglichkeiten*, sagte Langfeld.

Julius Rubers setzte für die im Rahmen seiner Masterarbeit entwickelte Lösung auf das Zusammenspiel von Polyetheretherketon (PEEK) und elektrogewebenen Proteinfasern. PEEK hat exzellente mechanische Eigenschaften und ist biokompatibel. Deshalb eignet es sich gut als Implantatmaterial, das hohen Belastungen standhalten muss, etwa im Knochen. Die Proteinfasern können als Gerüst für Zellwachstum dienen und lassen sich durch das Verfahren des Elektrosplennens zudem ultradünn herstellen. Das Problem war bisher, dass sich beides nicht gut verbinden ließ, weil die Fasern nicht auf herkömmlichen PEEK-Materialien haften. Rubers, der Biomedizintechnik/Medizintechnik in Stuttgart und Tübingen studiert hat und seit April 2018 am Fraunhofer IMWS tätig ist, entwickelte deshalb zunächst die Elektrosplennanlage weiter. Er verbesserte die Bildung eines homogenen Faservlieses durch das Einbringen von Carbonfaser-verstärktem PEEK. Anschließend entwickelte er ein Verfahren zur Adhäsionsoptimierung. Dabei erwies sich das Nass-Ätzverfahren als richtiger Weg: Unter Einfluss eines aktiven Quervernetzers verbinden sich die Proteinfasern chemisch mit der PEEK-Oberfläche. Tests der entwickelten Vliese auf Biokompatibilität zeigten, dass Zellen gut an dem Nanovlies haften, ein Implantat aus dem entsprechenden Material also gut in das

umgebende Gewebe einwachsen kann. Abschließend erfolgte eine 3D-Beschichtung der PEEK-Implantate, um die Methode auf industrielle Anwendbarkeit zu testen. Rubers freut sich sehr über den Preis für seine Masterarbeit und sieht die Auszeichnung als Ansporn für seine künftige wissenschaftliche Tätigkeit. Am Fraunhofer IMWS habe er dafür ideale Voraussetzungen vorgefunden, vom Know-how zu Implantatmaterialien und zur Oberflächenmodifizierung über die Möglichkeiten bei der Mikrostrukturaufklärung bis hin zur Prototypen-Entwicklung für die 3D-Beschichtung. Mit jeweils 500 Euro wurden zwei weitere Arbeiten prämiert. Dr. Maria Gaudig beschäftigte sich in ihrer Dissertation mit den physikalischen Mechanismen der Bildung von Schwarzem Silizium bei maskenfreiem Plasmaätzen. Ein besseres Verständnis der Prozesse bei dieser Mikro- bis Nanotexturierung der Oberfläche bietet Potenziale beispielsweise für Photovoltaik-Anwendungen. Dr. Stephan Krause untersuchte in seiner Dissertation die selektive Laserablation für dünne Schichten und entwickelte unter anderem ein Modell zur Vorhersage der dabei ablaufenden Prozesse. Anhand des Modells kann die Laserpulsdauer optimiert werden, sodass beispielsweise Halbleitermaterialien schädigungsfrei mit dieser Methode bearbeitet werden können.



Julius Rubers (2. v. re.) wurde mit dem Werkstoffpreis der Schott AG geehrt, Maria Gaudig und Dr. Stephan Krause (2. v. li.) erhielten Anerkennungspreise. Es gratulierten Dr. Langfeld (re.), und Prof. Wehrspohn (li.)

(©Fraunhofer IMWS)

Um den zum dritten Mal vergebenen Preis konnten sich alle Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler des Fraunhofer IMWS bewerben, ebenso alle, die eine mit dem Institut verbundene Diplom- oder Doktorarbeit abgeschlossen haben. Nach den Kriterien wissenschaftliche Leistung, Innovationshöhe, Professionalität und Anwendungsrelevanz wählte eine Jury unter den zahlreichen Einreichungen die drei Finalisten aus, die ihre Ergebnisse in kurzen Vorträgen dem Kuratorium präsentierten. Die Kuratoriumsmitglieder kürten dann den Sieger.

➔ www.imws.fraunhofer.de

Kompakte Anlagen für perfekte Oberflächen





Titanfärben Elektropolieren Eloxieren Vergolden Versilbern Rhodinieren Beizen Reinigen Passivieren

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

Ein Beitrag zur Energiewende –

Neuartige Beschichtung für robustere Wälzlagerringe

Von Hannes Weik, Katja Feige, Peter Schwanzer und Dr. Stefan Kölle

Mit neuartigen galvanischen Schichten arbeiten Forscher vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA daran, Wälzlager so robust zu machen, dass Gehäuse und Schmiermittel überflüssig werden. Die Energieeffizienz von Windkraftanlagen würde sich dadurch um bis zu 30 % steigern lassen.

Das Wälzlager in den Rotoren von Windkraftanlagen ist enormen Reibungskräften ausgesetzt. In Offshore-Windparks und nahe der Küste macht dem Stahl außerdem starke Korrosion zu schaffen, da der Feuchtigkeits- und Salzgehalt der Luft hoch ist. Bisher wird der Verschleiß mit Öl und anderen Schmierstoffen gering gehalten. Gegen die Korrosion helfen abgedichtete Gehäuse beim Einsatz in aggressiven Medien wie Meerwasser, Säuren oder auch Laugen. Doch Einhausungen mindern durch Reibungsverluste die Energieeffizienz der gesamten Anlage um bis zu 30 %. Im Forschungsprojekt *Poseidon II* sind Wissenschaft und Industrie deshalb gemeinsam

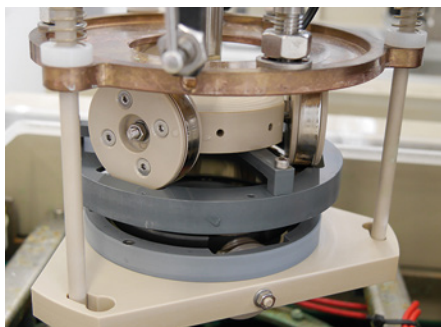
auf der Suche nach Wälzlagerwerkstoffen, Beschichtungen und Oberflächenbehandlungsverfahren, die auch ohne Schmierstoffe und Einhausungen eine lange Lebensdauer der Wälzlager ermöglichen. Denn nur so können aufwendige und teure Wartungsarbeiten vermieden werden. Einen Lösungsweg beschreiten die Forscher der Abteilung Galvanotechnik des Fraunhofer IPA mit der Entwicklung dünner galvanischer Schichten aus Nickel und anderen chemischen Elementen.

Nickel-Wolfram schneidet am besten ab

Eine Legierung aus Nickel und Wolfram, mit der herkömmlicher Wälzlagerstahl beschichtet wird, hat sich bei ihren bisherigen Untersuchungen in Stift-Scheibe-Versuchen als am wenigsten anfällig für Verschleiß und Korrosion erwiesen. Für den Einsatz in Offshore-Windparks und Gezeitenkraftwerken könnte sie also geeignet sein. *Wir prüfen aber auch Verbindungen wie Nickel-Kobalt, Nickel-Zinn, Nickel-Molybdän oder Nickel-Phosphor. Denn extreme Betriebsbedingungen und hohe Energieverluste durch Reibung gibt es auch fernab der Küste und sie betreffen Gaspipelines, Pumpen, Kompressoren oder sogar den Antrieb von Elektrofahrzeugen*, erläutert Katja Feige, die die Gruppe Galvanische Prozesse und Werkstoffe am Fraunhofer IPA leitet.

Galvanisieren ohne festen Auflagepunkt

Doch nicht nur die Suche nach den jeweils besten galvanischen Schichten treibt die Forscher am Fraunhofer IPA um, sondern auch ein neues Verfahren, mit der die galvanische Metallschicht auf das Wälzlager abgeschie-



Vorrichtung mit speziellem System aus Antriebs- und Kontaktrollen zur kontaktstellenfreien, galvanischen Metallabscheidung

(Quelle: Fraunhofer IPA)



Wir produzieren Zukunft

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

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

Ansprechpartner

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

den wird. Herkömmliche Galvanikgestelle haben nach Aussage von Katja Feige einen entscheidenden Nachteil: An den Stellen zur elektrischen Kontaktierung des Lagerrings wird die aufgebrauchte Metallschicht gestört und genau da kann dann die Korrosion ansetzen. Die Wissenschaftler haben deshalb eine Anlage für die vollflächige Lagerringbeschichtung entwickelt. Ein spezielles System aus Antriebs- und Kontaktrollen ermöglicht eine kontaktstellenfreie Beschichtung. Wenn Wälzlager in Zukunft weder Gehäuse noch Schmiermittel brauchen, um unter extremen Betriebsbedingungen zu laufen, spart das nicht nur Ressourcen und erhöht die Energieeffizienz der Anlage. Es kann auch kein Schmieröl mehr austreten, das zu Verunreinigungen führen und die Umwelt schädigen kann. Langlebige Lagerringe, die im oder in der Nähe von Meerwasser eingesetzt werden, können somit einen Beitrag zur Energiewende leisten.

Projekt-Steckbrief

Titel	Energieeffizienz durch Standzeiterhöhung von Lagern unter tribokorrosiven Betriebsbedingungen (POSEIDON II)
Laufzeit	1. Juni 2018 bis 30. November 2021
Partner	Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien, Ruhr-Universität Bochum, Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel GmbH & Co. KG, voestalpine High Performance Metals Deutschland GmbH, voestalpine eifeler Coating GmbH, Fraunhofer-Institute IPA, IST und IWM
Budget	Insgesamt 9,3 Millionen Euro, davon etwa 5 Millionen Euro vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Förderkennzeichen: 03ET1477(A-G)

Elektrochemische Abscheidung von Aluminium und Aluminiumlegierungen aus ionischen Flüssigkeiten

Von R. Böttcher, A. Ispas und A. Bund, Technische Universität Ilmenau



Zum online-Artikel

Aluminium zählt heute zu den wichtigsten metallischen Werkstoffen, insbesondere durch das geringe spezifische Gewicht und die gute Korrosionsbeständigkeit, bei gleichzeitig hoher Verfügbarkeit und sehr guter Recyclingfähigkeit. Als elektrochemisch abgeschiedener Beschichtungswerkstoff war der Einsatz aufgrund des Nachteils, dass Aluminium nur aus nichtwässrigen Elektrolyten abgeschieden werden kann, nur eingeschränkt verfügbar. Ionische Flüssigkeiten erlauben es, Aluminium als korrosionsschützende Beschichtung für Gebrauchsmetalle in Betracht zu ziehen, ohne auf brennbare oder explosive Materialien zurückgreifen zu müssen. Es lassen sich Schichten aus Reinaluminium und Legierungen herstellen. Herausforderungen für den industriellen Einsatz der Abscheidung aus ionischen Flüssigkeiten ergeben sich aus der Wahl von geeigneten Werkstoffen für Behälter und periphere Einrichtungen sowie der Entwicklung von geeigneten Vorbehandlungsverfahren. Hierbei muss sorgfältig darauf geachtet werden, kein Wasser in die Elektrolyte einzubringen und zugleich eine aktive, belagsfreie Substratoberfläche zu gewährleisten.

1 Einleitung

Aluminium ist eines der industriell bedeutendsten Metalle. Eigenschaften, wie beispielsweise eine hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit, eine hohe spezifische Festigkeit (insbesondere bei Legierungen), gute Korrosionseigenschaften und gute Verarbeitbarkeit, sind Grundlage für vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in Bereichen wie der Elektro- und Elektroniktechnologie, Optik, Mikro- und Informationstechnik aber auch im Maschinenbau, der Automobil- sowie Luft- und Raumfahrtindustrie bis hin zur Lebensmittel- und Verpackungsindustrie [1]. Sein großer Anteil von etwa acht Prozent an der Erdkruste macht es nach Sauerstoff und Silicium zu einem der drei häufigsten Elemente der Erde, was für eine gute Verfügbarkeit des Metalls sorgt (Abb. 1). Im Jahr 2010 lag die produzierte Menge an Primäraluminium bei etwa 43 Millionen Tonnen bei steigender jährlicher Produktionskapazität und stetig steigender Energieeffizienz des Produktionsprozesses [2]. Aufgrund seiner hohen Reakti-

vität kommt es nahezu ausschließlich in gebundener Form, beispielsweise als Bauxit, in Ton oder Gneis, seltener als Korund, Rubin oder Saphir, vor.

Im Gegensatz zum porösen Rotrost (Eisenoxidhydroxid), das Korrosionsprodukt von Eisen beziehungsweise Stahl, ist das gut haftende, dichte Aluminiumoxid in der Lage, das Grundmetall vor fortschreitender Korrosion zu schützen. Wird die Oxidschicht beschädigt und das darunterliegende Metall freigelegt, heilt die Schicht durch erneute Oxidation des Grundmetalls aus, was die weitere Korrosion unterbindet. Durch chemische (Passivieren) oder elektrochemische Verfahren (Anodisieren, Eloxieren) lässt sich darüber hinaus die natürliche Oxidschicht verstärken, was den Korrosionsschutz weiter verbessert und es ermöglicht, die Materialoberfläche mit organischen und anorganischen Farbstoffen einzufärben und die Oxidschicht so für dekorative Zwecke zu verwenden.

In den vergangenen Jahrzehnten wuchs das Interesse an Aluminiumbeschichtungen stark an. Es existieren verschiedene Verfahren zur Herstellung von Beschichtungen auf Aluminiumbasis. Hierzu zählen physikalische Verfahren wie die Dampfphasenabscheidung (PVD, CVD), das Magnetronsputtern, thermisches Spritzen und Dip Coating. Die meisten dieser Verfahren erfordern allerdings aufwändige Vakuumtechnik, womit hohe Kosten verbunden sind, und können nur geringe Abscheideraten (Vakuumtechnologien) oder aber vergleichsweise dicke Schichten (Dip Coating) erzielen [4–7].

Eine kosteneffiziente Möglichkeit der Beschichtung von Bauteilen mit metallischen

Schichten bietet die Galvanotechnik. Bei der elektrochemischen Beschichtung können komplexe Bauteile mit Schichten im Bereich einiger Mikrometer in vergleichsweise kurzer Zeit erzeugt werden. Darüber hinaus lassen sich die Schichteigenschaften über die Abscheideparameter einstellen, was die gezielte Herstellung funktionalisierter, für den jeweiligen Anwendungsbereich angepasster Schichten erlaubt.

Bedingt durch das stark negative Nernst-Potential von Aluminium (-1,66 V vs. NHE [8]) lässt es sich nicht aus wässrigen Elektrolyten abscheiden. Aus diesem Grund ist die Verwendung von nicht-wässrigen, aprotischen Lösemitteln notwendig. Diese weisen ein deutlich größeres elektrochemisches Fenster auf und bieten damit die notwendige Stabilität zur Abscheidung reaktiver Metalle wie beispielsweise Aluminium, Magnesium, Niob und Tantal.

Aluminium stellt heute einen der wichtigsten und nachhaltigen Kandidaten zum Ersatz von umweltbedenklichen Beschichtungen, wie beispielsweise Cadmium, dar. So wurde sein Einsatz als Cadmiumersatz in der Automobilindustrie, in der cadmierte Bauteile aufgrund der REACH-Verordnung bereits verboten sind, erprobt. Eine sichere Technologie zur Beschichtung von Bauteilen auf industriellem Maßstab konnte jedoch bis dato nicht entwickelt werden (Abschnitt 3).

Einen Eins-zu-eins-Ersatz für Cadmium kann reines Aluminium allerdings nicht darstellen. Die dichte, vor Korrosion schützende Oxidschicht ist an dieser Stelle gleichzeitig ein Nachteil [9]. Cadmium kann durch sein Korrosionsverhalten Substrate wie Stahl durch

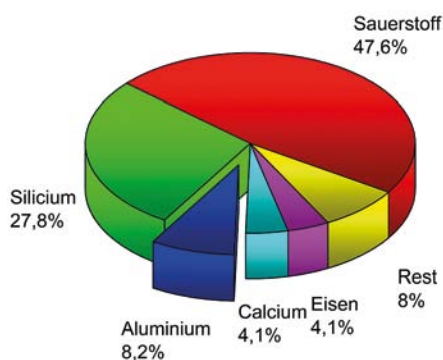


Abb. 1: Massebezogene Anteile der wichtigsten Elemente an der Erdkruste [3]

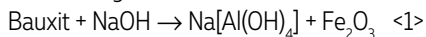
OBERFLÄCHEN

Abgabe von Elektronen kathodisch vor Korrosion schützen und oxidiert dabei selbst (Opferanode), ohne passivierende Korrosionsprodukte zu bilden (Abb. 2). Durch die Ausbildung der elektrisch nichtleitenden Aluminiumoxidschicht wird der lokale elektrische Stromkreis bei aluminieren Bauteilen unterbrochen und die Wirkung als Opferanode kommt zum Erliegen, was zur fortschreitenden Korrosion des zu schützenden Substrats führt (Abb. 2c). Aus diesem Grund ist die Abscheidung von Aluminiumlegierungen, bei denen die Bildung einer passivierenden Oxidschicht gestört wird, von Interesse.

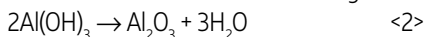
2 Produktion von (Primär-)Aluminium

Primäres Aluminium wird großtechnisch mit Hilfe des Hall-Héroult-Prozesses [10] hergestellt. Dieses Verfahren beruht auf der Schmelzflusselektrolyse von Aluminiumdioxid (Al_2O_3), welches durch Zugabe von Kryolith ($\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$) bereits bei unter $1000\text{ }^\circ\text{C}$, statt $2000\text{ }^\circ\text{C}$ für reines Aluminiumoxid, schmelzflüssig ist.

Zur Aufreinigung des Aluminiumerzes Bauxit, welches vor allem eisenhaltige Verunreinigungen aufweist, kommt das Bayer-Verfahren zum Einsatz, bei dem durch Zugabe von Natronlauge aus dem verunreinigten Erz Natriumaluminiumhydroxid und eisenreicher Rotschlamm gebildet wird:



Anschließend wird der Rotschlamm entfernt und die zurückbleibende Lösung nach dem Abkühlen mit Natriumhydroxidkeimen geimpft, wodurch Aluminiumhydroxid ausfällt und Natronlauge zurückbleibt. Durch einen Brennvorgang wird dieses Hydroxid unter Wasserabgabe zu Aluminiumoxid umgewandelt und dem Hall-Héroult-Prozess zugeführt:



Das Gemisch aus Aluminiumoxid und Kryolith wird auf Temperaturen um $1000\text{ }^\circ\text{C}$ aufgeheizt und an Graphitelektroden elektrolysiert. Der an der Anode entstehende Sauerstoff reagiert dabei mit dem Kohlenstoff der Elektrode zu Kohlenstoffmonoxid und -dioxid, das metallische Aluminium sinkt, bedingt durch seine Schmelztemperatur von etwa $600\text{ }^\circ\text{C}$, in schmelzflüssiger Form auf den Reaktorboden ab, wo es abgesaugt und der weiteren Verarbeitung zugeführt wird. Der äußerst energieaufwändige Elektrolyseprozess (14 kWh/t [2]) wird vornehmlich an Standorten umgesetzt, an denen günstige Energiequellen zur Verfügung stehen, wie es beispielsweise auf Island durch geotherma-

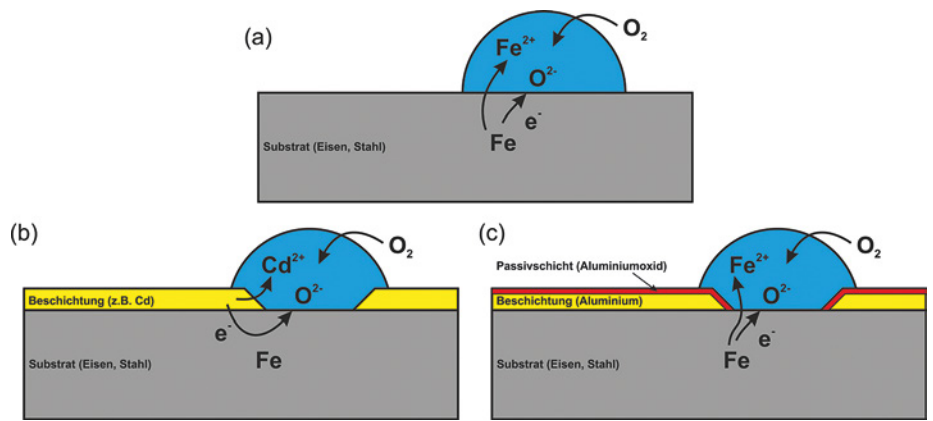
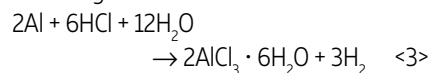


Abb. 2: Korrosionsprozesse an Eisen und Stahl ohne Beschichtung (a), mit wirksamer Beschichtung durch Opferanode (b) und mit Passivschicht bildender Beschichtung (c) am Beispiel der Sauerstoffkorrosion

le Energiequellen und in Norwegen durch die gute Zugänglichkeit zu Wasserkraft der Fall ist [10–12].

Das so gewonnene, hochreine Aluminium ($> 99\%$) ist die Grundlage zur Herstellung des heutzutage wichtigsten Präkursors für elektrochemische Prozesse zur Abscheidung von Aluminium, das Aluminiumchlorid (AlCl_3). Dieser lässt sich beispielsweise durch die Reaktion von Aluminium mit Chlorwasserstoff erzeugen:



Da das dabei entstehende Aluminiumchlorid stark wasserhaltig ist und nicht entwässert werden kann, ist es für elektrochemische Prozesse nicht geeignet. Wasserfreies Aluminiumchlorid für elektrochemische Prozesse lässt sich durch die Reaktion von Chlorgas mit Aluminium herstellen:



3 Nicht-wässrige Elektrolyte zur Aluminiumabscheidung

Beginnend mit der Industrialisierung des auf metallorganischen Verbindungen basierenden SIGAL-Prozesses, entwickelt von Lehmkuhl und Ziegler [13], entstand die Hoffnung, Aluminiumbeschichtungen als nachhaltige, umweltfreundliche Alternative für Cadmium und andere Beschichtungsmaterialien einsetzen zu können. Dies war auch die Triebkraft, die zur Untersuchung verschiedenster aprotischer Medien zur elektrochemischen Abscheidung von Aluminium und seiner Legierungen führte. Heute existieren verschiedene Klassen dieser Elektrolyte, von denen im Folgenden einige vorgestellt werden.

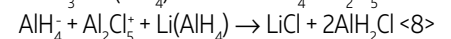
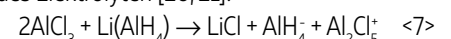
3.1 Organische Lösemittel

Der Gruppe mit organischen Lösemitteln entspringen die einzigen, bis heute kommerzialisierten Prozesse zur Aluminierung von Bauteilen auf elektrochemischem Wege.

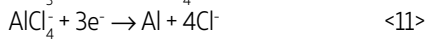
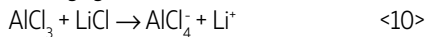
Beim SIGAL-Verfahren (Siemens Galvano-Aluminium) [14, 15] werden metallorganische Aluminiumverbindungen in Toluol gelöst und zu metallischem Aluminium reduziert. Vereinfacht dargestellt laufen folgende Reaktionen ab [16]:



Dabei stellt R jeweils eine organische Gruppe (z. B. CH_3CH_2) dar. Da Stromausbeuten von 100% erzielt werden können und der Elektrolyt eine gute Stabilität aufweist, wuchs das Interesse für eine kommerziell-industrielle Anwendung. Berichte über die Abscheidung von Legierungen aus Elektrolyten auf Basis des SIGAL-Prozesses gibt es nur wenige [17]. Aufgrund des hochentzündlichen Toluols und der metallorganischen Aluminiumverbindungen, welche ebenfalls leichtentzündlich und teuer sind, ergeben sich große technische Herausforderungen. Daraus resultierende Brände führten zur Schließung einiger Werke, welche den SIGAL-Prozess einsetzten. Das REAL-Verfahren (engl. Room Temperature Electroplated Aluminium) nutzt Ether, wie beispielsweise Tetrahydrofuran (THF), in denen Lithiumaluminiumhydrid (LiAlH_4) und Aluminiumchlorid gelöst werden [18, 19]. Ein komplexes Gleichgewicht aus mehreren Reaktionen führt zu einer guten Leitfähigkeit des Elektrolyten [20, 21]:



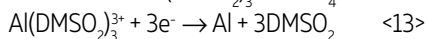
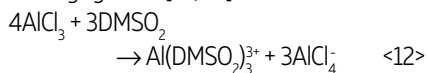
Die Abscheidung von metallischem Aluminium erfolgt gemäß [20, 22]:



Auch bei diesem Prozess können Stromausbeuten von 100 % und Aluminiumschichten mit äußerst hoher Reinheit erzielt werden [14]. Nachteilig ist allerdings das empfindliche Gleichgewicht des Elektrolyten, welches durch Zugabe anderer Metallsalze leicht gestört wird und daher die Abscheidung von Legierungsschichten nur sehr begrenzt erlaubt [14, 23].

3.2 Dimethylsulfon

Aufgrund interessanter Eigenschaften, wie einer guten elektrischen Leitfähigkeit und guter Löslichkeit für einige Metallsalze, aber auch niedriger Herstellungskosten und toxischer Unbedenklichkeit, zog Dimethylsulfon (DMSO₂) Aufmerksamkeit auf sich [14, 24]. Die Abscheidung von metallischem Aluminium erfolgt gemäß [14, 25]:



Eine Abscheidung von Aluminium kann bei einer Elektrolyttemperatur von etwa 100 °C erfolgen, da der Schmelzpunkt eines Gemisches aus Dimethylsulfon und Aluminiumchlorid – bis auf einen kleinen Bereich – noch über Raumtemperatur liegt. Dichte, glänzende Schichten und eine gute Haftung können erzielt werden [24, 25]. Allerdings finden sich sulfidhaltige Passivschichten auf der Oberfläche der Schichten, was auf eine teilweise Zersetzung des Dimethylsulfons hindeutet [15] und für den Langzeitbetrieb eines derartigen Elektrolyten nachteilig ist.

3.3 Ionische Flüssigkeiten

Zu Beginn der 1990er Jahre war das akademische Interesse an ionischen Flüssigkeiten (engl. ionic liquids, ILs) beziehungsweise Raumtemperatursalzschnmelzen (engl. room-temperature molten salts) noch vergleichsweise gering. Seitdem stieg die Zahl der jährlichen Publikationen, die diese beiden Bezeichnungen erwähnen, rasant an (Abb. 3). Auch drei Jahrzehnte später wächst die Zahl der Publikationen in diesem Bereich an und schlägt mit mittlerweile rund 75 000 Veröffentlichungen im Zeitraum von 1950 bis heute allein in der *Web of Science Core Collection* zu Buche, was die Bedeutung der ionischen Flüssigkeiten in verschiedensten Bereichen deutlich unterstreicht. Ein Großteil der Forschung beschäftigt sich dabei mit der Ab-

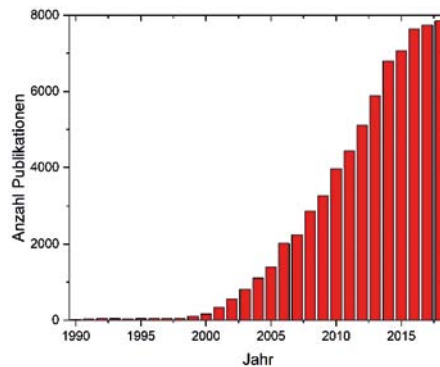


Abb. 3: Anzahl an Veröffentlichungen, die ionic liquid bzw. room-temperature molten salt in Titel, Abstract oder als Keyword enthalten, aufgetragen gegen das Publikationsjahr auf Basis der Datenbank Web of Science Core Collection [30]

scheidung von Aluminium und seinen Legierungen [7, 26–29].

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Unter WOMag-online steht der gesamte Beitrag für alle Interessenten zur Verfügung. Die weiteren Abschnitte sind:

- Technische Aspekte und Vorbehandlung mit Betrachtungen zu Materialstabilität und den Vorbehandlungsverfahren
 - Korrosionsverhalten von Schichten
- Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 7 Seiten mit 9 Abbildungen, 1 Tabelle und 40 Literaturhinweisen.

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

ZVO-OBERFLÄCHENTAGE
BERLIN
11.-13.09.2019
Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

Wir stellen aus
Stand Nr.:
31

Plattenwärmetauscher SYNOTHERM®

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

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



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

Aluminium in wässrigen Prozesslösungen – Betriebskostenreduzierung durch effektive Ausschleusung!

Bei der Behandlung von Oberflächen werden verschiedenste saure Lösungen auf wässriger Basis verwendet, die sich jedoch mit der Zeit mit gelöstem Metall anreichern. Im konkreten Fall des Werkstoffes Aluminium reichern sich Anodisierелеktrolyte nach und nach mit gelöstem Aluminium an. Diese müssen dadurch in regelmäßigen Abständen vorzeitig verworfen beziehungsweise aufgearbeitet werden, da ein zu hoher Metallgehalt in der Lösung zu einem ineffektivem Prozess mit erhöhtem Stromverbrauch und einer schlechteren Oberflächenqualität führt.

Hohe Betriebskosten entstehen deshalb für Chemikalien zum Ansetzen neuer Prozesslösungen inklusive Neutralisationschemikalien sowie für die Entsorgung der großen Abwassermengen und von nachgelagert entstehenden Schlämmen. Aus ökologischer und ökonomischer Sicht macht es daher Sinn, eine nachhaltige Regenerierung der Anodisierелеktrolyte anzustreben.

Diffusionsdialyse: Umweltfreundliches Verfahren zur Säureregenerierung und Metallausschleusung

Die Diffusionsdialyse ist ein geeignetes, umweltfreundliches Verfahren zur Aufarbeitung von Anodisierелеktrolyten. Grundsätzlich basiert das Verfahren auf der Durchströmung zweier Kanäle mit zwei verschiedenen Fluiden, die durch eine semipermeable Membran getrennt sind. Ein Stofftransport erfolgt vereinfachend von konzentrierten zu verdünnten Fluiden bis der vorhandene Konzentrationsunterschied ausgeglichen ist. So können, mit einer selektiven Membran, gezielt bestimmte Bestandteile aus dem konzentrierten Fluid

entfernt werden, im chemischen Verständnis eine Stofftrennung.

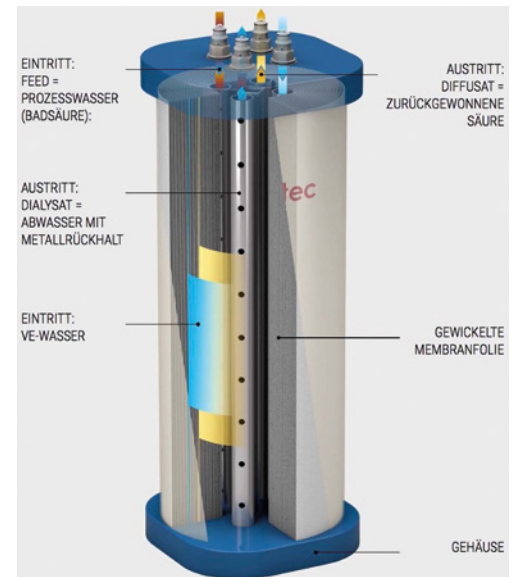
Bei der herkömmlichen Plattentechnologie gab es bisher erhebliche Probleme, die das Verfahren der Diffusionsdialyse wirtschaftlich uninteressant machten. Ein hoher Platzbedarf, enorme Schwierigkeiten bei der Dichtigkeit der Dialysezellen und hohe Kosten führen dazu, dass diese Form der Diffusionsdialyse in der Industrie selten zum Einsatz kommt.

Innovative Technik ermöglicht wirtschaftlich lukrative Diffusionsdialyse

Bei den Membranspiralwickelmodulen der Spiraltec GmbH kommt das Verfahren der Diffusionsdialyse im Gegenstrombetrieb in einer Zylindergeometrie zum Einsatz. Durch den gewickelten Aufbau weist das Membranspiralwickelmodul eine hohe Packungsdichte auf, so dass bei gleichem Platzbedarf wesentlich mehr Metall aus der Prozesslösung entfernt werden kann als bei konventionellen Membranmodulen. Mit jedem Wickelmodul kann bei einem Gesamtvolumen unter 20 Liter bis zu 15 l/h Badlösung regeneriert werden.

Bei Einsatz der Technologie von Spiraltec kann jetzt mittels Diffusionsdialyse eine über 90%-ige Rückgewinnung von freier Säure bei mehr als 95% Rückhalt von gelösten Metallionen, somit auch von Aluminium, und damit ein wirtschaftlich lukrativer Rahmen erreicht werden.

Die patentierte und standardisierte Konstruktion zeichnet sich durch optimale Investitionskosten und einen geringen Wartungsaufwand im Vergleich zur herkömmlichen



Plattenbauweise aus. Die Betriebskosten fallen durch den geringen Abwasseranfall und der hohen Recyclingrate gegenüber Alternativerfahren deutlich niedriger aus. In einer Vergleichsrechnung beim Praxiseinsatz wurde ermittelt, dass im Vergleich zu einer Entsorgung von Anodisierbädern ohne Aufbereitung mit der Diffusionsdialyse eine Kostenreduzierung von 79 % erreicht wird. Dazu trägt bei, dass die Abwassermenge nur unwesentlich erhöht und der Frischsäurebedarf durch die Regenerierung stark minimiert wird. Demzufolge werden der geringste Neutralisationsbedarf und die kleinste Salzfracht für das Abwasser bei Gegenüberstellung aller verfügbaren Behandlungsverfahren erreicht.

➔ www.spiraltecgbmh.de

Mit **TROCKENREINIGUNG**
zur perfekten **OBERFLÄCHE !**

advanced clean production **acp**

Reinigen mit CO₂-Schneestrahl
www.acp-systems.com
Tel.: +49 7156 48014-0



**Korrosion.
Reibung.
Verschleiss.
Hybrid.**

De Martin AG

Froheggstrasse 34 · CH-9545 Wängi

De Martin GmbH

Robert-Bosch-Strasse 23 · DE-91413 Neustadt a. d. Aisch

www.demartin.com

≡ Elektrochemische Abscheidung von Refraktärmetalllegierungen aus ionischen Flüssigkeiten

Von T. Engemann, A. Endrikat, A. Ispas und A. Bund, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet für Elektrochemie und Galvanotechnik



[Zum online-Artikel](#)

Refraktärmetalle besitzen neben ihrer extremen thermischen Beständigkeit (Schmelzpunkt $> 1850\text{ °C}$) hervorragende mechanische Eigenschaften und weisen außerdem eine hohe chemische Beständigkeit gegenüber aggressiven Medien auf. Zu dieser Materialklasse gehören unter anderem Tantal, Titan und Niob. In der Mikroelektronik finden Tantal und Niob beispielsweise Anwendung als Diffusionsbarrieren, um die Migration von Kupfer in das Siliziumsubstrat zu verhindern. In der Medizintechnik werden vor allem Titan und Tantal aufgrund ihrer guten Biokompatibilität als Materialien für Implantate eingesetzt. In der chemischen Industrie werden Refraktärmetalle wiederum zumeist für den Korrosionsschutz verwendet. Durch die Abscheidung von Refraktärmetalllegierungen können die Eigenschaften der Beschichtung dem Anwendungsziel individuell angepasst werden. Um Materialkosten einzusparen, wird bei der Anwendung oft mit Beschichtungen gearbeitet. Im Gegensatz zu anderen üblichen Beschichtungsmethoden für Refraktärmetalle, wie beispielsweise chemische Gasphasenabscheidung (englisch: chemical vapour deposition, CVD) und physikalische Gasphasenabscheidung (englisch: physical vapour deposition, PVD) bietet die elektrochemische Abscheidung eine kostengünstige und gut zu handhabende Methode, um auch komplexe Geometrien zu beschichten. Aufgrund des negativen Standardpotentials von Refraktärmetallen können diese aus wässrigen Medien nicht abgeschieden werden. Als alternative Medien bieten ionische Flüssigkeiten (IFs) viele Vorteile. Ionische Flüssigkeiten liegen wegen ihrer chemischen Struktur (zumeist Moleküle mit langen Alkylseitenketten und asymmetrischer Ladungsverteilung) bereits bei Temperaturen unter 100 °C (z. T. schon bei Raumtemperatur) in flüssiger Phase vor, besitzen einen niedrigen Dampfdruck und haben ein elektrochemisches Stabilitätsfenster von 5 V bis 6 V.

Electrodeposition of refractory metal alloys by ionic liquids

Refractory metals have an excellent thermal stability (melting point $> 1850\text{ °C}$), extraordinary mechanical properties and a high chemical stability against aggressive media. Tantalum, titanium and niobium belong to this class of materials. Tantalum and niobium are used as diffusion barriers in microelectronics to prevent the diffusion of copper atoms into the silicon wafer. Titanium and tantalum are used as materials for implants. Refractory metals are employed mostly for protection against corrosion in chemical industry. Coatings are a cost-effective way to protect materials from aggressive media. In contrast to other coating processes for refractory metals like chemical vapor deposition (CVD) and physical vapor deposition (PVD), electrochemical deposition is an inexpensive method which can be used for complex geometries. Through the electrodeposition of refractory metal alloys, the properties of coatings can be individually designed. Because of their negative standard potentials, refractory metals cannot be electrodeposited from aqueous media. As an alternative media ionic liquids (IFs) provide many advantages. Due to their chemical structure (mostly molecules with long alkyl-chains and asymmetric charge distribution), IFs are liquid at temperatures below 100 °C (some ILs have a melting point below room temperature), have a low vapor pressure and a large electrochemical stability window of 5 V to 6 V.

1 Motivation

Refraktärmetalle (lat.: refractarius = widerstandsfähig, halsstarrig) sind Übergangsmetalle der vierten (Titan, Zirkonium und Hafnium), fünften (Vanadium, Niob und Tantal) und sechsten (Chrom, Molybdän und Wolfram) Nebengruppe. Durch die Neigung, an Luft eine passivierende Oxidschicht zu bilden, finden Refraktärmetalle oft Anwendung unter extremen Bedingungen. Die hervorragende Verschleißbeständigkeit besteht auch bei hohen bis sehr hohen Temperaturen. Zudem besitzen sie eine hohe Korrosionsfestigkeit und eine gute Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitig guter Duktilität [1].

Besonders der Schutz vor Korrosion ist in vielen Industriezweigen von enormer wirtschaftlicher Bedeutung und bietet für die sehr korrosionsbeständigen Refraktärmetalle wie zum Beispiel Tantal ein breites Anwendungsfeld. Die Korrosion von Bauteilen kann zur Beeinträchtigung ihrer Funktion oder gar zum Ausfall ganzer Maschinen und damit zur Unterbrechung der Produktionskette führen. Neben diesen sogenannten Primärkosten durch die Reparatur oder den Austausch von Bauteilen, welche von Korrosion befallen sind, können die Sekundärkosten oft weitaus höher ausfallen (z. B. die Beseitigung des ölverschmutzten Bodens bei Korrosionsleckagen von

erdverlegten Öltanks). So entstehen weltweit jährlich Kosten von etwa 2,5 Billionen Dollar (Studie von NACE International 2016) für die Reparatur von durch Korrosion entstandenen Schäden. Das entspricht etwa 3,4 Prozent des Welt-Brutto-Inlandproduktes [2]. Das Marktpotential für Refraktärmetallbeschichtungen ist daher vor allem im Bereich des Korrosionsschutzes enorm. Dabei weisen Tantal und Wolfram vor allem in sauren Medien die beste Korrosionsbeständigkeit auf. Durch das Hinzulegieren von Titan kann die Korrosionsbeständigkeit in basischen Medien nochmals verbessert werden [3, 4]. Auch in der Medizintechnik haben Refraktärmetalle



Abb. 1: Vergleich herkömmlicher Bandscheibenimplantate und mit Tantal beschichteter Implantate nach mehreren Jahrzehnten Nutzung [17]

le vielfältige Anwendungen. Durch den Einsatz von Tantal- oder Titan-beschichteten Implantaten kann deren Lebensdauer bei uneingeschränkter Funktion um ein Vielfaches erhöht werden (Abb. 1).

Zusätzlich zu ihrer hohen Beständigkeit gegenüber Korrosion weisen Titan und Tantal eine sehr gute Biokompatibilität auf und werden daher als Materialien für Implantate (Abb. 2) eingesetzt. Tantal wird in der Medizin unter anderem als Material für Stents zur Verhinderung einer arteriellen Hypotonie (Kollaps durch zu niedrigen Blutdruck) oder für Gefäßklemmen (mit dem besonderen Vor-



Abb. 2: Verschiedene Implantate aus Tantal-Titan-Legierungen [18]

teil, dass sich Tantal nicht ferromagnetisch verhält und somit für MRT-Scans geeignet ist) genutzt. Tantal-Titan-Legierungen besitzen sowohl eine hohe Beständigkeit gegenüber Korrosion unter basischen als auch unter sauren Bedingungen. Zudem erhöht sich die Abriebfestigkeit bei gleichzeitiger verbesserter Elastizität im Vergleich zu reinem Titan. Somit kann eine Elastizität erreicht werden, welche im Bereich eines Knochens liegt [3, 4]. Niob-Titan-Legierungen werden als Magnetmaterialien für wichtige bildgebende Verfahren, wie zum Beispiel Computertomographen (CT) oder Magnetresonanztomographen

(MRT) in der Medizin eingesetzt (Abb. 3, links). Die Legierung wird dabei in flüssigem Helium auf Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt (ca. 5 K) gekühlt. Dies führt dazu, dass die Legierung supraleitende Eigenschaften erhält. Supraleiter bilden sehr starke elektromagnetische Felder, was essenziell für diese bildgebenden Verfahren ist [5, 6]. Durch das Legieren von Tantal mit Niob (Niobanteil bis zu 2,4 wt.-%) ändert sich das supraleitende Verhalten des Metalls signifikant. Reines Tantal verhält sich wie ein schwach gekoppelter Supraleiter, während Tantal-Niob-Legierungen das Verhalten eines Supraleiters vom Typ II zeigen [7]. Zudem werden Tantal-Niob-Legierungen aufgrund ihrer hohen Härte bei gleichzeitig guter Elastizität als Material für die Schaufeln in Gasturbinen eingesetzt (Abb. 3, rechts).

2 Ionische Flüssigkeiten

Ionische Flüssigkeiten sind Salze, deren Schmelzpunkt unterhalb von 100 °C (zum Teil unterhalb von Raumtemperatur) liegt und vollständig aus Ionen bestehen. Der niedrige Schmelzpunkt ist durch die Ladungsdelokalisierung und durch sterische Effekte (Moleküle mit langen Alkylketten) bedingt.

Global Player in der Automatisierungstechnik

Seit über 23 Jahren ist die HEHL GALVANOTRONIC ein Global Player in der Automatisierungstechnik für Lohn- / Inhouse-Galvaniken für Automotive, Medizintechnik, Luftfahrt und Elektro-Industrie.

Als innovativer Entwickler und Hersteller von Prozessanlagen-Steuerungen liegt bei HEHL die Messlatte für moderne, zukunftsgerichtete Steuerungs- und Software-Systeme ganz weit oben.

Deshalb sind Digitalisierung und Industrie 4.0 keine Herausforderung, sondern eine Bereicherung für die Weiterentwicklung der bereits digitalisierten Prozessleitrechner-Systeme für Galvaniken, Abwasser-Anlagen, Band-Anlagen, Tauch-Lackier-Anlagen etc.

www.Hehl-Galvanotronic.de



SOFTWARE
Individuelle Entwicklung von Prozesssteuerungs-Software



ENGINEERING
Projektierung
Schaltplan-Erstellung mit EPLAN



SCHALT-SCHRANKBAU
Elektrotechnik



ELEKTROMONTAGE
Modernisierung + Neubau von Anlagen-Steuerungen

OT ZVO-OBERFLÄCHENTAGE
BERLIN
11.-13.09.2019
Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

Wir stellen aus
Stand Nr.:
20

HEHL
GALVANOTRONIC

OBERFLÄCHEN

Die erste ionische Flüssigkeit Ethylammoniumnitrat ($[\text{EtNH}_3][\text{NO}_3]$) mit einem Schmelzpunkt von $12\text{ }^\circ\text{C}$ wurde 1914 von Paul Walden entdeckt. Er untersuchte dabei den Zusammenhang zwischen der Molekülstruktur und dem Schmelzpunkt. Ethylammoniumnitrat gehört zur Klasse der protischen ionischen Flüssigkeiten, welche seit Anfang der 2000er Jahre durch die Arbeiten von Hiroyuki Ohno eine wichtige Unterkategorie der ionischen Flüssigkeiten darstellt [8]. Trotz dieser interessanten Entdeckung von Paul Walden, blieben ionische Flüssigkeiten lange Zeit unbeachtet. Erst etwa 40 Jahre später untersuchten die Wissenschaftler Hurlay und Weir den schmelzpunktsenkenden Effekt durch das Mischen von 1-alkylpyridinium Halogeniden mit anorganischen Salzen wie BrAlCl_2 . Die Phasendiagramme dieser Mischungen enthielten zwei Eutektika, bei einem Mischverhältnis 1:2 ($45\text{ }^\circ\text{C}$) und bei 2:1 ($40\text{ }^\circ\text{C}$).

In den frühen 1980er Jahren stellte John Wilkes die erste IF mit dem Kation 1,3-dialkylimidazolium vor. Die ionischen Flüssigkeiten der Klasse 1-alkyl-3-methylimidazoliumchlorid Aluminiumchlorid ($[\text{C}_n\text{C}_1\text{im}]\text{Cl}-\text{AlCl}_3$, mit $n = 1-4$), werden heute für die elektrochemische Abscheidung von Aluminium und Aluminiumlegierungen eingesetzt. Dabei besitzt das System $[\text{C}_2\text{C}_1\text{im}]\text{Cl}-\text{AlCl}_3$ die besten Transporteigenschaften [9].

Ein weiterer wichtiger Beitrag von Wilkes war die Einführung wasser- und luftstabiler ionischer Flüssigkeiten (1992), welche durch ihre hydrophoben Eigenschaften weniger reaktiv mit Wasser und Sauerstoff sind. Dieser Anstoß führte später zu einer Reihe von weiteren aprotischen ionischen Flüssigkeiten auf Basis von beispielsweise Phosphonium, Pyrrolidinium, Ammonium, Sulfonium und Pyridinium (Abb. 4).

Der niedrige Schmelzpunkt zählt, neben der Lebensdauer der Anlagen, zu den wichtigsten Aspekten der Wirtschaftlichkeit von Beschichtungsmethoden. IFs besitzen noch einige weitere besondere Eigenschaften, die sie auch für die Anwendung als Lösungsmittel bei der elektrochemischen Abscheidung von Metallen sehr attraktiv machen.

Neben dem niedrigen Dampfdruck und der schweren Entflammbarkeit ist für die Elektrochemie vor allem das große elektrochemische Stabilitätsfenster ein bedeutender Vorteil (bis zu 6 V). Dadurch ist es möglich, eine Reihe technologisch wichtiger Metalle wie Tantal, Niob, Titan, Aluminium oder Wolfram elektrochemisch abzuscheiden. Im Vergleich zu anderen nichtwässrigen Medien heben



Abb. 3: MRT-Gerät mit Niob-Titan-Magneten (links [19]) und Gasturbine eines Flugzeugs mit Schaufeln aus Tantal-Niob-Legierung (rechts [20])

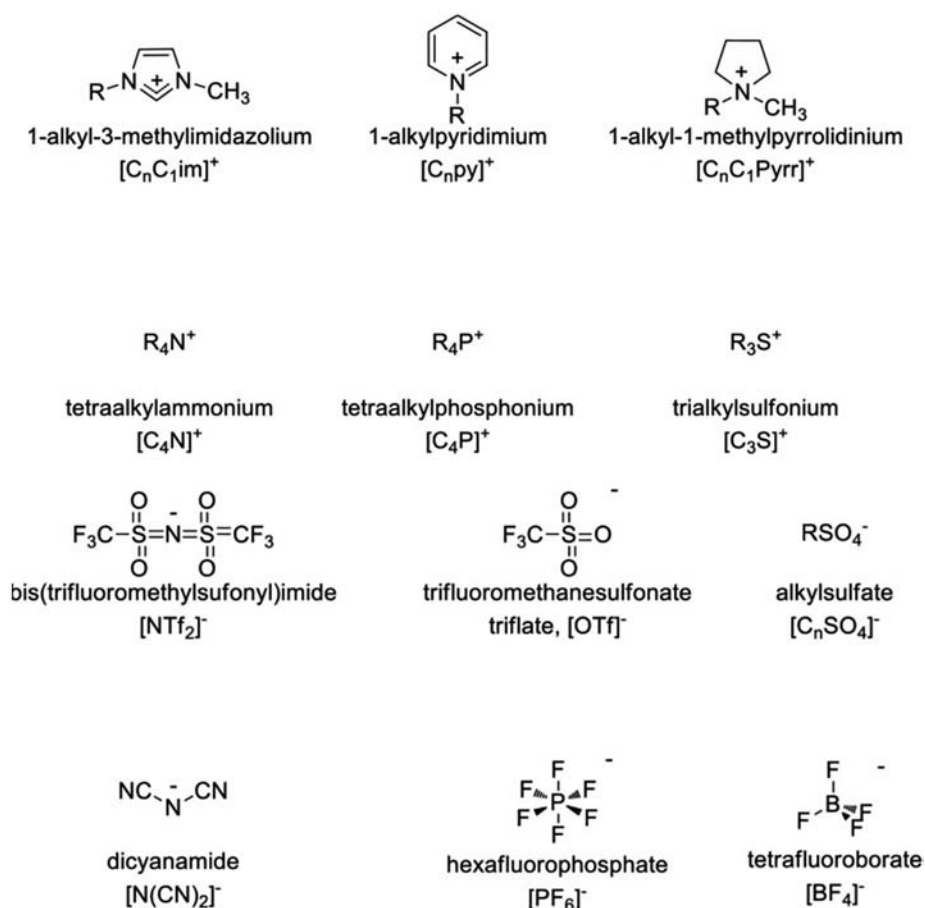


Abb. 4: Übersicht wichtiger IF-Kationen (oben) und IF-Anionen (unten) für die elektrochemische Abscheidung [10]

sich ionische Flüssigkeiten vor allem durch ihre relativ hohe Leitfähigkeit hervor.

Neben den vielen Vorteilen, welche die Anwendung von ionischen Flüssigkeiten für die elektrochemische Abscheidung von Metallen mit sich bringt, gibt es aber auch einige Herausforderungen, welche in Zukunft adressiert werden müssen, um diese breitflächig für die industrielle Anwendung zu etablieren.

Bisher gibt es zum Beispiel nur eine geringe Anzahl an Langzeitstudien zur Auswirkung von ionischen Flüssigkeiten auf die Umwelt. Erste Untersuchungen zeigen, dass ionische Flüssigkeiten mit dem Kation Pyrrolidinium anstelle von Pyridinium eine geringere Toxizität aufweisen. Ebenso wirken sich länge-

re Alkylketten steigend auf die Umweltverträglichkeit von ionischen Flüssigkeiten aus [10, 11].

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abbonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren wird die Abscheidung von Tantal-Niob und Tantal-Titan detailliert dargelegt.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 6,5 Seiten mit 11 Abbildungen, 2 Tabellen und 20 Literaturhinweisen.



TIBCHEMICALS

Sicherheit in unruhigen Zeiten

Wie zuverlässig funktioniert Ihre Beschaffung in Zeiten von REACH und Brexit?

Werden auch in Zukunft alle erforderlichen Grundstoffe und Dienstleistungen zur Verfügung stehen, die für Ihre Prozesse unentbehrlich sind?

TIB Chemicals gewährleistet eine stabile Versorgung entlang der galvanotechnischen Wertschöpfungskette. Wir bieten unseren Kunden auch in Zeiten volatiler werdender Rechtsbedingungen jederzeit einen sicheren Zugriff auf unsere Produkte und Dienstleistungen. Mit unserer Hilfe begegnen Sie den neuen Herausforderungen in angemessener Weise.

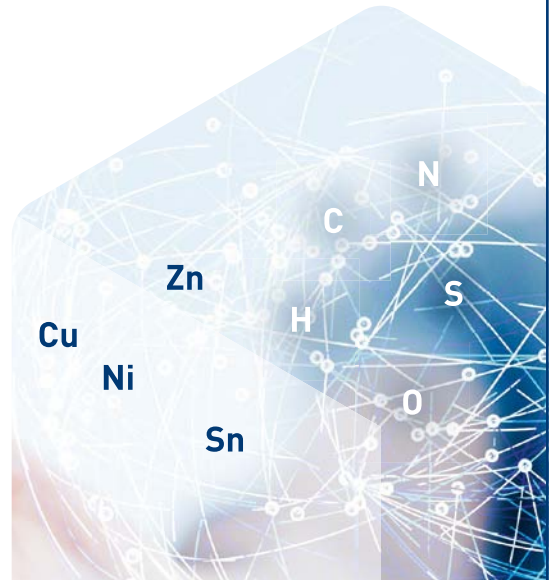
Fordern Sie uns!



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

Tel.: +49 621 8901-800
Fax: +49 621 8901-1800
E-Mail: moc@tib-chemicals.com

www.tib-chemicals.com



drying 4 you

FST DRYTEC
TROCKNEN UND TEMPERN MIT SYSTEM

**Kältetrockner
System Hygrex**

DIE energiesparende und
sichere Niedertemperatur-
trocknung

FST Airboost für die schnelle und leise Trocknung
komplexer Bauteile

FST Ecojet DER Gestellrockner mit druckluffreier Abblastechnik

ERU2 niedrige Betriebskosten durch moderne Wärmerückgewinnung

4 perfekte Trockner-Systeme = **1** Anbieter: www.fst-drytec.de

innovativ
präzise
engagiert

Neue galvanotechnische Beschichtungsprozesse aus ionischen Flüssigkeiten

Von Lukas Seidl^{1,2}, Timo Carstens³, Anna Endrikat⁴, Thomas Engemann⁴, Christiane Egger⁵, Mila Manolova⁶, Essam Moustafa⁷, Ingolf Scharf⁸, Göktug Yesilbas^{1,2}, Esther Eke², Sladjana Martens¹, Ludwig Asen^{1,9}, Pauline Fischer⁵, Adriana Ispas⁴, Ralf Peipmann⁴, Svetlozar Ivanov⁴, Qiong Wu³, Niklas Behrens³, Natalia Borisenko³, Dominik Höhlich⁸, Andreas Dietz⁷, Reinhard Böck⁶, Andreas Bund⁴, Fritz Kühn⁵, Thomas Lampke⁹, Frank Endres³ und Oliver Schneider¹



Zum online-Artikel

In dem Forscherverbund GALACTIF werden grundlegend neue Konzepte zur elektrochemischen Abscheidung von hochinteressanten Metall- und Legierungsschichten aus ionischen Flüssigkeiten erforscht, um die Basis für eine kostengünstige und umweltfreundliche Beschichtungstechnologie zu schaffen. Der Verbund hat dabei zu einem deutlichen Wissenszuwachs geführt: Aluminium lässt sich nunmehr in exzellenter Qualität aus einem vergleichsweise günstigen Elektrolyten außerhalb einer Handschuhbox abscheiden, und ein Konzept für eine galvanotechnische Prozesskette besteht. Zahlreiche Palladium- und auch Platinlegierungen konnten abgeschieden werden. Die Grenzflächenprozesse bei der Elektrochemie in ionischen Flüssigkeiten, die Komplexbildung und die Wirkungsweise von Additiven wurden im Detail erforscht. Bei der Reduktion von Ionen der Refraktärmetalle Titan, Vanadium, Niob und Tantal sind die Elementarschritte besser verstanden. Konzepte für die Lösung der mit der Abscheidung einer reinen metallischen Schicht verbundenen Hürden wurden erarbeitet.

1 Einleitung

Zahlreiche Bauteile lassen sich aus preiswerten und gut verfügbaren Rohstoffen herstellen, wenn sie durch eine geeignete metallische Beschichtung funktionalisiert werden. Diese kann Schutz vor Korrosion oder chemischer Degradation gewährleisten, der Oberfläche Abriebfestigkeit, Kratzfestigkeit und Härte verleihen oder die elektrische Leitfähigkeit verbessern. Für viele Anwendungen wären Beschichtungen ideal, die sich mittels heutiger Technologie nicht oder zumindest nicht unter vertretbaren Kosten und mit guter ökologischer Verträglichkeit herstellen lassen. Ionische Flüssigkeiten (IF) zeichnen sich durch ein weites elektrochemisches Potentialfenster aus, das die elektrochemische Abscheidung auch sehr unedler Metalle prinzipiell ermöglicht. Weitere Vorteile der ionischen Flüssigkeiten sind ihr niedriger Dampfdruck, die oftmals geringe Toxizität, und die schwere Entflammbarkeit. Elektrochemische Vorgänge in den ionischen Flüssigkeiten unterscheiden sich jedoch stark von den aus wässrigen Lösungen bekannten Prozessen.

Daher sind noch zahlreiche Fragestellungen zu klären, um das große Potential in galvanotechnischen Prozessen nutzbar zu machen.

Die Grundlagen der galvanischen Abscheidung aus ionischen Flüssigkeiten wurden detailliert von H. Ohno [1] sowie F. Endres et al. [2] beschrieben. Ionische Flüssigkeiten unterscheiden sich von wässrigen Elektrolyten hinsichtlich physikalisch-chemischer Eigenschaften, den Wechselwirkungen der gelösten Metallkomplexionen (Metallpräkursoren) mit der ionischen Flüssigkeit, den Abscheidemechanismen und der Struktur der Grenzfläche an den Elektroden. Im Vergleich zu Wasser liegt die Viskosität häufig um den Faktor 20 bis 100 höher, nimmt aber bei Temperaturerhöhung stark ab. Metallionen mit höheren Wertigkeiten werden häufig über mehrere Einzelschritte (Einelektronenübergänge) reduziert, wobei sich auch stabile Zwischenprodukte bilden können.

Die Struktur an der Phasengrenze Elektrode/IF-Elektrolyt und die Elementarprozesse der elektrochemischen Abscheidung sind im Vergleich zu wässrigen Elektrolyten wenig er-

forscht. Hier vermittelten insbesondere Rastersondenverfahren erste Eindrücke von der komplexen Grenzflächenstruktur [3-6]. Die Aluminiumabscheidung aus ionischen Flüssigkeiten ist bereits lange bekannt [7-10]: Hierzu werden meist lewis-saure Elektrolyte aus Aluminiumchlorid (AlCl_3) und EMImCl (1-Methyl-3-Ethyl-Imidazoliumchlorid) verwendet, wobei die Abscheidung aus dem Al_2Cl_7^- -Ion erfolgt.

Aufgrund der Feuchtigkeitsempfindlichkeit der Elektrolyte wird üblicherweise unter Schutzgasatmosphäre in einer Glovebox (Handschuhbox) gearbeitet. Aus lewis-basischen Elektrolyten lässt sich kein Aluminium abscheiden; diese Elektrolyte können jedoch als Basis für die Abscheidung anderer Metalle dienen: Die Elektrochemie von Palladiumchlorid in Lewis-basischen ionischen Flüssigkeiten vom Typ AlCl_3 -EMImCl wurde 1989 erstmals von Sun und Hussey untersucht [11]. Palladium liegt hier als $[\text{PdCl}_4]^{2-}$ vor und wird über einen Zwei-Elektronen-Schritt zum Metall reduziert.

Einen Fortschritt stellte die Abscheidung aus hydrophilen feuchtigkeits- und luftstabilen ionischen Flüssigkeiten wie EMImCl- BF_4 [12], BMImCl- BF_4 (BMIm = 1-Methyl-3-Butyl-Imidazolium) [13] und (BMIm)Cl [14, 15] dar. Bei Zugabe von Palladiumchlorid (PdCl_2) zur ionischen Flüssigkeit können sich unterschiedlich koordinierte und stabile Palladium(II)-Chlorokomplexe bilden [13, 15]. Die Bildung von höheren Palladiumkomplexen wird bei hoher Chloridkonzentration begünstigt [15]. Die un-

¹ Technische Universität München (TUM), Institut für Informatik VI, Garching bei München

² Technische Universität München, Physikdepartment, Garching bei München

³ Technische Universität Clausthal, Institut für Elektrochemie, Clausthal-Zellerfeld

⁴ Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik, Ilmenau

⁵ Technische Universität München, Professur für Molekulare Katalyse, Garching

⁶ Forschungsinstitut Edelmetalle und Metallchemie (fem), Schwäbisch Gmünd

⁷ Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnologie (IST), Braunschweig

⁸ Technische Universität Chemnitz, Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik, Chemnitz

⁹ Technische Universität München, Fakultät für Chemie, Garching bei München

Die effektivste Aufbereitung von Prozesslösungen

- **Leistungsstark**
- **Kompakt**
- **Umweltfreundlich**
- **Kostengünstig**



Optimale Badpflege durch den Einsatz von Membranspiralwickelmodulen!

- kontinuierlicher und stationärer Prozess
- einfach skalierbar durch Parallelverschaltung

90-95% Säurerückgewinnung



>95% Metallausschleusung

Ob Einzelwickel oder Komplettanlage, wir beraten Sie gerne:

verschiedene elektrochemische Stabilität der verschiedenen Palladiumkomplexe führt zu schlecht haftenden, rauen oder knospigen metallischen Palladiumüberzügen. In hydrophoben ionischen Flüssigkeiten lösen sich die kostengünstigen Edelmetallhalogenide teils nur sehr schwer [16, 17]. Auch erste Arbeiten zur Abscheidung von Palladiumlegierungen sind bekannt [12, 18, 19].

Bei der Refraktärmetallabscheidung aus ionischen Flüssigkeiten sind vor allem Experimente zur Tantalabscheidung bekannt [20-22]. Die Abscheidung metallischen Tantals aus Tantalfluorid (TaF_5) in BMP TFSI (1-butyl-1-methyl pyrrolidinium bistrifluoromethylsulfonimid) gelingt zwar partiell, aber insbesondere bei höheren Strömen und dickeren Schichten werden auch Subhalogenide mit abgeschieden und oftmals ionische Flüssigkeit eingeschlossen. Solche Schichten sind technisch kaum verwertbar. Die Abscheidung von Niob ist nur spärlich untersucht und leidet unter ähnlichen Problemen wie die Tantalabscheidung [23-26]. Bei der Abscheidung von Titan scheiterten sämtliche Versuche zur Abscheidung von metallischen Schichten im Mikrometerbereich [27-29]. Die Abscheidung von Vanadium, Molybdän und Wolfram aus ionischen Flüssigkeiten ist kaum untersucht.

Selbst für bereits im Labor gut funktionierende Abscheidungsprozesse wie für Aluminium bestehen noch verfahrenstechnische Hürden für eine erfolgreiche Hochskalierung in den technischen Maßstab. Dies sind einerseits die hohen Kosten für den Elektrolyten. Während

für wässrige Elektrolyte Verfahren zur Abtrennung der Metallsalze und Abwasserentsorgung bestehen, müssen zur Entfernung der Metallsalze und von Zersetzungsprodukten aus ionischen Flüssigkeiten neue Verfahren entwickelt werden, um eine Wiederverwendung der Flüssigkeit zu ermöglichen.

Weiterhin kann Wasser selbst in Spuren die elektrochemischen Prozesse stören, weshalb meist aufwendiges Arbeiten unter hochreiner Schutzgasatmosphäre erforderlich ist. Für wässrige Elektrolytsysteme bestehen bereits jahrzehntelange Erfahrungswerte, wie ein Prozess angepasst werden muss, um auch spezifische Bauteilgeometrien homogen und dicht zu beschichten. Es existieren hierzu Parameter zum Einstellen des Makro- und Mikrosteuervermögens. Für ionische Flüssigkeiten sind diese Aspekte jedoch noch nicht geklärt.

2 Das Verbundprojekt GALACTIF

Im GALACTIF-Verbund werden grundlegend neue Konzepte verfolgt, um die Abscheidung von technisch hochwertigen Metall- (Al, Ta, Ti, Nb, W, Pd, Pt) und Legierungsschichten (MoX, WX, PdX, PtX) zu ermöglichen, die physikalisch-chemischen Elektrodenprozesse zu verstehen und die Grundlagen für eine kostengünstige, umweltfreundliche Beschichtungstechnologie zu schaffen. Die Schichten sollen hierbei metallisch, kristallin, porenfrei, gut haftend und aus materialtechnischer Sicht ausreichend dick sein. Dazu müssen die grundlegenden Beziehungen zwischen Struktur und Eigenschaften in den Elektroly-

GALACTIF

Die wichtigsten Ergebnisse/Erkenntnisse innerhalb des Verbundprojekts

- Es wurden neue Erkenntnisse zu den Eigenschaften der elektrochemischen Grenzfläche und der Koordinationsumgebung von Metallionen in verschiedenen ionischen Flüssigkeiten und tief eutektischen Lösungen gewonnen, die grundlegend für die Metall- und Legierungsabscheidung sind.
- Technisch verwertbare Aluminiumschichten wurden aus einem sehr kostengünstigen, regenerierbaren Elektrolyten außerhalb einer Glovebox abgeschieden. Aktuell wird ein Hochskalieren in den Technikumsmaßstab labortechnisch geprüft.
- Die Abscheidung von Edelmetallen und Edelmetalllegierungen gelang sowohl aus günstigen ionischen Flüssigkeiten als auch aus tiefeutektischen Lösungen.
- Umfangreiche Forschungsarbeiten wurden zur Abscheidung verschiedener Refraktärmetalle durchgeführt. Dabei wurden auch die Einkopplung von gepulstem Ultraschall in den Abscheidungsprozess erprobt und neue Präkursoren synthetisiert. Das wissenschaftlich-technische Verständnis für die Abscheidungsprozesse wurde deutlich verbessert.
- Eine wirtschaftliche Hochskalierung der Abscheidung aus ionischen Flüssigkeiten und die Integration in eine komplette galvanotechnische Prozesskette sind bei der Aluminiumabscheidung kurzfristig, und bei der Abscheidung von Edelmetalllegierungen mittelfristig denkbar. Bei der Abscheidung der Refraktärmetalle sind noch weitere grundlegende Forschungsarbeiten zu leisten.

Spiraltec GmbH
Heinzenbergerweg 34
74343 Sachsenheim
+49 7147 / 9670 203
info@spiraltecgmbh.de
www.spiraltecgmbh.de

OBERFLÄCHEN

ten verstanden und die Vorgänge an den Elektroden genau untersucht werden. Dies soll dazu beitragen, kostengünstigere, technisch gut zu handhabende Elektrolyte zu erzielen, den Herstellungspreis durch Massenproduktion zu senken und bestehende technologische Hürden abzubauen.

In den Teilprojekten werden einerseits grundlegende Aspekte der elektrochemischen Abscheidung aus ionischen Flüssigkeiten untersucht, die das allgemeine Verständnis der maßgeblichen Prozesse voranbringen. Dabei werden von den Partnern komplementäre Methoden eingesetzt. Dies betrifft die Komplexbildung in den ionischen Flüssigkeiten, die vor allem mit Raman-Spektroskopie (TU Clausthal) und komplexometrischer Titration (TU Chemnitz) untersucht wird, die Grenzflächenstruktur (TU Clausthal), den Einfluss von Abscheidebedingungen auf Schichtmorphologie und Streufähigkeit der Elektrolyte (alle), sowie das Einbringen von Ultraschall zur Unterstützung der Abscheidung (TUM).

Andererseits stehen konkrete Schichtsysteme im Blickpunkt der verschiedenen Teilprojekte: Edelmetalle und Edelmetalllegierungen für Kontaktschichten, die aus ionischen Flüssigkeiten ohne für das Substrat schädliche Wasserstoffentwicklung abgeschieden werden sollten (fem), Aluminium, das aufgrund seiner hohen Korrosionsbeständigkeit ein hochinteressantes Schichtmaterial darstellt (Fraunhofer IST), Wolfram- und Molybdänlegierungen für neuartige Kontakte in der Leistungselektronik (TU Chemnitz) sowie Refraktärmetalle und deren Legierungen untereinander, die mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung in mehreren Teilprojekten (TU Clausthal, TU Ilmenau, TUM) erforscht werden. Dafür werden auch neuartige Präkursoren synthetisiert (TUM) und hinsichtlich ihres Abscheideverhaltens (TUM, TU Clausthal) erforscht. Die Schichten werden im Hinblick auf die vorgesehenen Anwendungsfelder charakterisiert. Neben der mikroskopischen Charakterisierung sind dabei Härtemessungen, die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit und die Untersuchung des Korrosionsverhaltens zu nennen.

3 Ergebnisse

3.1 Grundlegende Arbeiten

Elektrochemische Prozesse in ionischen Flüssigkeiten können sich fundamental von den Vorgängen unterscheiden, die aus wässrigen Systemen bekannt sind. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist die Struktur der elektroche-

mischen Grenzfläche, die in der Regel nicht durch ein einfaches Doppelschichtmodell beschrieben werden kann. Vielmehr führen Ordnungsprozesse an der Grenzfläche zur Ausbildung alternierender Kation-Anion-Schichten, die oftmals sehr stark gebunden sind [5, 30]. Sowohl die Anionen der ionischen Flüssigkeit als auch die des gelösten Metallsalzes beeinflussen diese Grenzflächenschichten [31]. Dieses Verhalten wurde in für die Refraktärmetallabscheidung relevanten Elektrolyten mittels AFM-basierter Kraft-Abstandskurven genauer untersucht [28]. Dabei wurde herausgefunden, dass die Präkursorkonzentration die Grenzflächenstruktur stark beeinflusst. Diese Befunde sind sehr wichtig, da die Grenzflächenstrukturen die Abscheidung behindern können und ein weitgehendes Verständnis der eigentlichen Abscheidevorgänge nur bei Kenntnis der strukturellen Gegebenheiten in den Elektrolyten möglich ist.

Ein weiterer Aspekt ist die chemische Umgebung des zu reduzierenden Metallions, insbesondere die Wechselwirkung mit den Gegenionen und dem Anion der ionischen Flüssigkeit, somit die thermodynamische und kinetische Beständigkeit der gebildeten Komplexe. Erstere legen die für die Abscheidung erforderliche Mindestüberspannung fest, letztere die für eine nennenswerte Abscheidegeschwindigkeit erforderliche zusätzliche Überspannung. Sind die Komplexe zu stabil oder inert, ist keine Abscheidung möglich. Sowohl Raman- und IR-Spektroskopie [28] als auch ein Verfahren der potentiometrischen Titration wurden eingesetzt, um die Komplexbildung verschiedener Elektrolytsysteme zu untersuchen. Dabei zeigten sich wieder deutliche Unterschiede bei den Anionen; das TFSI-Anion wechselwirkt deutlich schwächer mit den Kationen als das Triflat (OTf)-Anion. Dies hat beispielsweise Konsequenzen für die elektrochemische Reduktion von höherwertigen Metallionen wie in Niobchlorid (NbCl_5). Ein Ansatz zur gezielten Einstellung der freien Metallionenkonzentration wurde erprobt, führte aber nicht zum Ziel.

Eine Methode, die Koordinationsumgebung des Metallions zu kontrollieren, ist die gezielte Synthese neuartiger Metall-Präkursoren, die insbesondere keine direkt gebundenen Halogenionen und Sauerstoffatome enthalten. Hier wurden verschiedene Verbindungen mit Chrom, Molybdän, Wolfram, Titan und Vanadium synthetisiert, strukturell charakterisiert und in verschiedenen ionischen Flüssigkeiten gelöst. Abscheideversuche bei

Raumtemperatur waren aus diesen neuen Elektrolyten bislang aber nicht zielführend. Abscheideversuche bei höheren Temperaturen laufen derzeit.

Um den Massentransport in den hochviskosen Elektrolyten zu verbessern, eignen sich der Einsatz von Konvektion und höheren Temperaturen. So wurden die weiter unten gezeigten Edelmetallschichten auf rotierenden Zylinderelektroden abgeschieden.

Eine weitere Möglichkeit besteht im Einsatz von Ultraschall. Aus wässrigen Lösungen ist bekannt, dass die direkte Einkopplung von Ultraschall infolge des akustischen Strömens zu einem stark verbesserten Massentransportverhalten führt. Dies kann die Verarmung von Metallpräkursoren bei der Abscheidung vermindern und den Abtransport der bei der Abscheidung freigesetzten Gegenionen erleichtern, was das Risiko einer Subhalogenidbildung verhindern kann.

Ultraschall in einer Flüssigkeit ist mit Kavitation verbunden: Die kurzlebigen, im Schallfeld oszillierenden Bläschen kollabieren schlagartig, was lokal zu kurzfristig sehr hohen Temperaturen (5000 °C oder mehr), hohen Drucken und starken Scherkräften führen kann [32]. An der Substratoberfläche könnten solche Vorgänge helfen, die stark gebundenen Solvatschichten zu durchbrechen, aber auch zum erosiven Abtrag bereits abgeschiedener Schichten beitragen. Allerdings können die extremen Bedingungen der Kavitation auch zur Zersetzung der ionischen Flüssigkeit beitragen [33]. In der Literatur wurde Ultraschall schon in ionischen Flüssigkeiten eingesetzt, und die Verbesserung des Massentransportverhaltens belegt [34, 35].

Im Rahmen dieses Projekts wurde der Ultraschall in einer *face on*-Geometrie eingekoppelt, in der die von einem in die Flüssigkeit eingetauchten Ultraschallhorn ausgehende Ultraschallwelle direkt auf die Arbeitselektrode gerichtet ist [36, 37].

Längere Einwirkung von Ultraschall selbst bei der niedrigsten Amplitude führte zur Zerset-

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren wird der Stand zur Abscheidung von Aluminium, Titan, Vanadium, Tantal, Niob, Molybdän, Wolfram und Edelmetallen dargestellt.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 6,5 Seiten mit 6 Abbildungen und 43 Literaturhinweisen.



Schlötter

Galvanotechnik



Ideal aufeinander abgestimmt . . .

Anlagen und Verfahren von Schlötter



Zur Planung einer Galvanikanlage sind fundierte Kenntnisse der eingesetzten Prozesschemie und Verfahrensparameter erforderlich. Profitieren Sie von der engen Zusammenarbeit unserer Konstrukteure und Verfahrenstechniker.

Wir bieten Ihnen:

- ein sehr detailliertes Angebot mit Aufstellungsplänen, auf Wunsch auch in 3D
- Optimierung der Verfahrensabläufe
- eine individuelle Planung von Handanlagen und Automaten jeder Größe
- die leicht zu bedienende Steuerung SLOTRONIC-PRO®win
- TÜV-geprüfte und bestätigte Behälterberechnung
- umfassenden technischen Kundendienst-Service

Mit Schlötter erhalten Sie Lösungen aus einer Hand.

Dr.-Ing. Max Schlötter
GmbH & Co. KG

Talgraben 30
73312 Geislingen/Stg.
Deutschland

T +49 (0) 7331 205-0
F +49 (0) 7331 205-123

info@schloetter.de
www.schloetter.de

≡ Sedus hat (es) sich getraut!

Inhouse-Galvanik auf Chrom(III)verfahren umgestellt

Ein Praxisbericht nach dem ersten halben Jahr von Dr.-Ing. Jens Bohnet (Leiter Fertigung Sedus Stoll AG)

Ob Drehstuhl oder Schreibtisch, jedes dritte Fußgestell wird von Kunden der Sedus Stoll AG in der Ausführung *verchromt* bestellt. Das hat nicht nur ästhetische Gründe, sondern auch qualitative, denn verchromte Oberflächen sind kratzfester und unempfindlicher als die Alternativen mit Pulverbeschichtung, aus poliertem Aluminium oder auch Holz.

Status und Motivation für Chromoberflächen

Die Vor- und Nachteile von dekorativen Verchromungen auf Basis von Chrom(VI)elektrolyten sind in der Praxis hinlänglich bekannt und in zahlreichen Publikationen dargestellt [z. B. 1–5]. Der vorliegende Bericht aus der Praxis setzt sich mit dem Weg von der ersten Idee für eine Umstellung auf ein Chrom(III)system, der Planung, dem Umbau und den Erfahrungen aus den ersten sechs Monaten Betrieb auseinander.

Dazu sollen in einem kurzen Abriss auch der traditionelle Hintergrund des Unternehmens Sedus Stoll AG sowie die Leitlinien angesprochen werden. Sedus Stoll ist seit 148 Jahren als Unternehmen im Bereich Möbel erfolgreich. Bis in die späten 1990er-Jahre war es ein familiengeführtes Unternehmen – welches sich immer stark den Werten Ökologie und Umweltschutz verschrieben hatte. Mittlerweile gehört die Sedus Stoll AG mehrheitlich zwei Stiftungen (Stoll VITA & Karl-Bröcker-Stiftung), die ökologische und karitative Ziele verfolgen. Ihnen fließt der überwiegende Anteil aller Gewinne des Unternehmens zu. Nachhaltiger Umgang mit Umwelt, Tier

und Mensch ist für Sedus Stoll damit nicht nur ein Marketinginstrument, sondern durch die Unternehmensleitlinien vorgegeben.

In den 1960er-Jahren entschloss sich der damalige Unternehmenseigner Christof Stoll, eine Inhouse-Galvanik am Standort Dogern zu bauen, um verchromte Oberflächen aus eigener Hand anbieten zu können. Ziel war es – neben einer verbesserten Flexibilität – auch den Umgang mit Ressourcen im eigenen Haus unter Kontrolle zu halten. Die zweite, hochmoderne Neuanlage folgte im Jahr 2010 und zählt mit einer Investitionssumme von 7,5 Millionen Euro zu den größten Inhouse-Chromanlagen (Abb. 1) im süddeutschen Raum.

Forderung an die Eigenschaften der Oberfläche

Mit der aufkommenden Diskussion über die Toxizität von Chrom(VI)prozessen und den damit verbundenen Unsicherheiten bezüglich Registrierung, Autorisierung und Akzeptanz im Markt, begannen im Hause Sedus Stoll die Überlegungen, ob der Einsatz von Chrom(VI)systemen als Prozesschemikalie weiterhin vertretbar ist. Es wurde geprüft, ob die Chrombeschichtung durch Pulverlackoberflächen mit neuartigen Lacksystemen ersetzt werden kann, da das Unternehmen neben einer eigenen Galvanikabteilung auch über eigene Pulverlackanlagen verfügt. Dabei wurde schnell klar, dass Sedus Stoll innerhalb seines Produktsortiments nicht auf die Vorteile verchromter Oberflächen verzichten möchte. Im Jahr 2017 begann dann die Bewertung unterschiedlicher Chrom(III)ver-

fahren. Im Fokus standen dabei vor allem die folgenden Kriterien:

- Chromfarbe
- Haftfestigkeit
- Prozesssicherheit
- Abriebbeständigkeit

Abweichungen in der **Chromfarbe** zwischen Chrom(VI)- und Chrom(III)verfahren und damit verbundenes, mögliches Nachdunkeln ist für Produkte von Sedus Stoll nicht akzeptabel. Das Unternehmen realisiert für seine Produkte eine Nachliefergarantie von mindestens fünf Jahren und eine Reparaturgarantie von bis zu zehn Jahren. Sollten Kunden bereits einige mit Chrom(VI)elektrolyten verchromte Produkte gekauft haben und später nochmals Produkte nachkaufen, die mittels Chrom(III)verfahren behandelt wurden, darf kein Unterschied erkennbar sein. Damit stellt sich die Situation so dar, wie sie auch für die vieldiskutierten Bauteile im Automobilbereich gilt [z. B. 3–4].

Die **Haftung** der Chromschicht auf den Produkten muss unter allen Umständen sichergestellt sein. Wichtig dabei ist es zu wissen, dass Sedus Stoll alle seine Freischwinger und Vierbeingestelle ohne Bohrungen in Traversen und Bögen anfertigt. Gleiter werden an den Stühlen durch umformende Prägungen befestigt, Sitze mittels Clips mit den Traversen verbunden (Abb. 2). Diese Prägungen werden typischerweise erst nach der Oberflächenbehandlung in die Rohre eingebracht; eine schon applizierte Oberfläche muss dabei auch nach der Umformung fehlerfrei bleiben.

Die **Prozesssicherheit** spielt für das gesamte Produktionsprinzip eine tragende Rolle. Sedus Stoll verfügt über drei produzierende Werke (Dogern, Geseke und Owingen) in Deutschland. Alle drei Werke werden aus Dogern zentral mit Metallteilen und Oberflächenverfahren beliefert. Die Sedusgruppe ist ein 100%iger Auftragsfertiger und produziert ausschließlich kundenspezifische Produkte. Die Durchlaufzeit durch die Werke beträgt aktuell vier Werkzeuge vom Start der Metallfertigung bis zur Übergabe in den Versand. Für die Oberflächenbehandlung ist in der Regel nur einen Werkzeuge Durchlaufzeit eingeplant. Jeder ungeplante Produktionsstopp



Abb. 1: Inhouse-Anlage bei der Sedus Stoll AG in Dogern

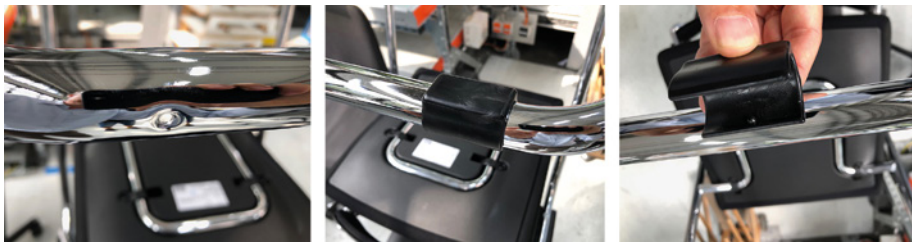


Abb. 2: Nach dem Verchromen geprägtes Rohr, Gleiter montiert und Gleiter mit Haltenasen

(selbst für wenige Stunden) bringt die Produktionskette in Verzug und verursacht Kundenterminverzögerungen. Da Sedus Stoll maßgeblich komplette Gebäude ausstattet und Gebäude mit mehreren hundert Arbeitsplätzen die Regel sind, führt jeder Verzug zu Schwierigkeiten mit Transportunternehmen, Aufbauteams und der Terminierung von Eröffnungen von Gebäuden.

Die **Abriebbeständigkeit** muss sichergestellt werden, da stapelbare Stühle auch nach mehreren Jahren Einsatz in Kantinen oder Veranstaltungshallen fehlerfreie Beschichtungen haben müssen. Sedus Stoll gibt generell fünf Jahre Garantie für derartige Merkmale seiner Produkte.

Anforderungen an den Prozess

Im Herbst 2017 begannen die ersten Gespräche mit unterschiedlichen Verfahrenslieferanten, um den Chrom(VI)prozess durch einen Chrom(III)prozess zu ersetzen. Dabei wurden Labormuster bewertet und der Einsatz in einem Produktivbetrieb begutachtet. Neben den Anforderungen an die Schicht selbst mussten auch unterschiedliche Anforderungen an die Anlagentechnik bei der Umstellung sichergestellt werden. Diese waren unter anderem:

- Keine Komplexbildner im Abwasser
- Brandschutzkonzept der Anlage muss sichergestellt bleiben
- Umbau innerhalb der Platzverhältnisse der bestehenden Anlage
- Umstellung des Prozesses innerhalb von maximal zehn Werktagen

Besonders kritisch beobachtet wurde die Umstellung hinsichtlich der sich ändernden Prozesse in der Abwasserbehandlung. Das Produktionswerk Dogern mit seiner Galvanikanlage (Warenträgerfenster 2,2 m x 1,6 m x 0,8 m) steht in unmittelbarer Nähe zum Rhein. Der Betrieb muss deshalb nachweislich sicher für Umwelt und Mensch sein. Da externe Abwassertransporte nicht möglich sind und eine Gefahr darstellen, war es Bedingung, dass das anfallende Abwasser vor

Ort behandelbar ist. Daher musste der neue Prozess ohne Komplexbildner auskommen. Im Brandfall darf kein Löschwasser in den unmittelbar benachbarten Rhein gelangen. Die gesamte, 2010 errichtete Galvanikanlage zur Verchromung wurde aus diesem Grund in ein eigens errichtetes, mit einem wasserdichten Keller ausgestatteten Gebäude geplant und gebaut. Alle neuen, für Chrom(III)verfahren benötigten Prozesse müssen innerhalb des bestehenden Gebäudes und der löschwasserdichten Auffangwanne der Anlage Platz finden.

Sedus Stoll produziert kein Fertigprodukt auf Lager. Die Flächen um Fertigteile zwischenslagern zu können, sind stark begrenzt und das Produktspektrum umfasst viele hundert Artikel. Damit ist eine Vorproduktion über mehrere Wochen nicht möglich. Da Sedus Stoll aufgrund des Umbaus keine Kundenaufträge verlieren wollte, musste der Umbau innerhalb von maximal zehn Werktagen abgeschlossen werden.

Mitte Dezember 2017 erfolgte nach ersten vielversprechenden Gesprächen der Beschluss, den Umbau der Galvanikanlage auf einen Chrom(III)prozess für das Jahr 2018 zu budgetieren und die Planungen voranzubringen. Nach den ersten Besprechungen hatte sich auch herauskristallisiert, dass Sedus Stoll bei der Umstellung auf ein Chrom(III)verfahren auf den Verfahrenslieferanten der Nickel-elektrolyte, die Kiesow Dr. Brinkmann GmbH & Co. KG (Detmold), zurückgreifen wird. Gründe dafür waren das schlüssige Gesamtkonzept seitens des Elektrolytlieferanten sowie der Nachweis, dass der von Sedus Stoll später eingesetzte Prozess bereits bei zwei Kunden von Kiesow in einem etwas kleineren Maßstab industriell umgesetzt wurde.

Damit unterstützte Kiesow das Umstellungsprojekt bereits zu einem recht frühen Zeitpunkt. Ein weiterer wesentlicher Partner bei der Umstellung war der ursprüngliche Anlagenbauer der Chromanlage – die Driesch Anlagentechnik GmbH (Menden). Neben Eingriffen in die Chemie war auch eine Änderung



SERFILCO®
 Pumpen & Filter
 chemiebeständig · robust · langlebig

**Saubere Lösungen,
 perfekte Oberflächen!**

Vertikale Kreiselumpen



Horizont. Kreiselumpen



Filtersysteme



Badbewegung ohne Luft



OBERFLÄCHEN



Abb. 3: Ausstattung des Behälters mit Mischoxidanoden (links) und neue Verrohrung der Anlage



Abb. 4: Filtration für den Chrom(III)elektrolyten



Abb. 5: Befüllen des neuen Behälters für den Chrom(III)elektrolyten



Abb. 6: Einbringen der neuen Chromwanne

bei den Prozessabfolgen und bei den Verweilzeiten in den Elektrolyten notwendig. Ein weiterer wichtiger Partner bei der Veränderung des Prozesses war das Regierungspräsidium Freiburg. Da es sich um einen wesentlichen Eingriff in das gesamte Anlagenkonzept handelte, war dies anzeigepflichtig. Auch hier wurden früh erste Gespräche mit der zuständigen Behörde geführt. Dadurch war es möglich, wichtige Randbedingungen schon vorab zu klären.

Insgesamt mussten an der Chromanlage unterschiedlichste Änderungen vorgenommen werden.

- Veränderung des Produktionsablaufs
- Umbau der Abluftanlage
- Anpassung der Taktzeiten
- Austausch der Chromwannen
- Umbau der Anoden auf Titan-Mischoxid-Anoden
- Einbau Filtrationsanlage für den Chromelektrolyten

- Definition der Entsorgung des bisherigen Chrom(VI)elektrolyten und verunreinigter Bauteile

- Neue Verrohrung der Spültechnik
- Bewertung der neuen Anlage in Kooperation mit den zuständigen Behörden

Insgesamt konnten alle diese Umbaumaßnahmen knapp innerhalb der vorgegebenen Zeit durchgeführt werden – benötigt wurden insgesamt elf Werkzeuge (Abb. 3 bis 7). Die Umbaukosten beliefen sich insgesamt auf circa 250 000 Euro.

Der Neustart der Anlage mit Chrom(III) hat nahezu reibungslos zum 10. Dezember 2018 funktioniert. Mittlerweile ist der neue Chrom(III)prozess bei Sedus Stoll seit acht Monaten produktiv, bislang ohne technische oder qualitative Probleme (Abb. 2).

Erste Erfahrungen

Von Kundenseite gab es keinerlei Reklamationen, allenfalls positive Rückmeldung. Und auch nach mittlerweile sechs Monaten im Zwei-Schicht-Betrieb ist keine Farbänderung zum konventionellen Prozess nachweisbar. Ein Vorteil des Chrom(III)verfahrens ist, dass es deutlich weniger sensibel für Schwankungen der Stromdichte ist. Gelbe Bereiche und Anbrennungen an den Bauteilen sind deutlich seltener. Schwieriger ist die Prozessführung selbst. Der Elektrolyt muss zwingend mittels einer automatischen Dosieranlage

innerhalb der Betriebsparameter gehalten werden. Schwankungen bei der Dosage, des pH-Werts und Verunreinigungen führen sehr schnell zu Qualitätsabweichungen.

Insgesamt war die Umstellung ein großer technischer und kundenorientierter Erfolg. Durch die Umstellung erhält Sedus Stoll auch weiterhin das Umweltzeichen *Blauer Engel*. Des Weiteren kann das Unternehmen bei Ausschreibungen und Nachfragen seitens der Kunden sicher angeben, keine SVHC-Substanzen innerhalb seiner Produktionsprozesse zu verwenden. Es gilt als sicher, dass dies für alle umweltorientierten Kunden eine der Voraussetzungen ist, um auch weiterhin mit Sedus Stoll als Partner zusammenarbeiten zu können.

Wie Fertigungsleiter Dr.-Ing. Jens Bohnet betont, stand die Sedus Stoll vor der Entscheidung, entweder eine Genehmigung für den weiteren Betrieb zu erwirken (unter dem Aspekt der Herausforderungen für eine Autorisierung [z. B. 1, 6]) oder die Chemikalie Chrom(VI) durch die weniger kritische Chrom(III)verbindung zu ersetzen. Da nach seiner Erfahrung Chrom(VI) schon heute sehr stark unter Überwachung steht und seiner Meinung nach auch für eine dekorative Anwendung nicht mehr zwingend notwendig ist, hat sich Sedus Stoll für den umweltfreundlicheren, arbeits- und zukunftsicheren Weg entschieden und auf den Betrieb mit Chrom(III) umgerüstet. Die Galvanikanlage im Werk Dogern ist nach Kenntnis von Dr.-Ing. Bohnet eine der bundesweit größten und ersten, die diesen doch deutlich komplizierteren Prozess erfolgreich für Serienprodukte anwendet.

Der Dank von Dr.-Ing. Bohnet im Namen von Sedus Stoll gilt dabei auch den Partnern bei der Umstellung des Prozesses und bei den für das Unternehmen zuständigen Behörden für die sehr zielführende und konstruktive Zusammenarbeit. Ein ganz besonderer Dank gilt natürlich auch den eigenen Mitarbeitern, die diese sehr stressige Umbauphase intensiv unterstützt haben.

Zur Sedus Stoll AG

Die Sedus Stoll AG praktiziert bereits seit den 1950er-Jahren aktiven Umweltschutz, zu einer Zeit, als es den Begriff noch gar nicht gab. Auf diesen Fundamenten stehend, kam für Sedus Stoll die in den 1970er-Jahren beginnende ökologische Diskussion ebenso wenig überraschend wie das gegenwärtige Thema der Nachhaltigkeit. Im Gegenteil: Die Vorreiterrolle von Sedus Stoll innerhalb der europäischen Möbelbranche lässt sich aus der Chronologie der letzten 30 Jahre unmittelbar herauslesen. Die Zahl der Auszeichnungen reicht von der Wahl von Christof Stoll zum Ökomanager des Jahres 1993 über das Öko-Audit nach EU-Norm 1995 als erster deutscher Möbelhersteller bis hin zur EMAS-III-Zertifizierung, die Sedus 2010 als weltweit erster Büromöbelhersteller erhielt.

Literatur

- [1] Heermann: Chromtrioxid und das Sunset Date: Und was kommt dann? Stand der Zulassung unter REACH; *Galvanotechnik* 6/2017, S. 1154-1161, Leuze Verlag
- [2] H. Käszmann: Auf der Zielgeraden - dekorative Chromoberflächen im Einklang mit REACH (Bericht über eine Veranstaltung des FGK); *WOMag*



Abb. 7: Dosierung und Ionentauscher für den Chrom(III)prozess

8/2017; www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2017/08/30_chrom_2020_08j2017/30_chrom_2020_08j2017.php

- [3] M. Jordan: Chromabscheidung aus Chrom(III)elektrolyten; *WOMag* 12/2013; www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2013/12/18_jordan_chrom_12j2013/18_jordan_chrom_12j2013.php
- [4] F. A. Heinzler: Chrom(III) bringt Farbe ins Spiel; *WOMag* 05/2019; https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2019/05/22_heinzler_chrom_05j2019/22_heinzler_chrom_05j2019.php
- [5] H. Käszmann: Chrom 2030 - Die Zukunft galvanisierter Kunststoffe im Automobilbau (Bericht über eine FKG-Tagung); *WOMag* 12/2018; www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2018/12/23_fgk_chrom2030_12j2018/23_fgk_chrom2030_12j2018.php
- [6] M. Voss-Hageleit: REACH-Zulassung Chrom(VI) - Herausforderung für die gesamte Lieferkette; *WOMag* 7-8/2019; www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2019/07-08/21_voss-hageleit_reach_08j2019/21_voss-hageleit_reach_08j2019.php

www.sedus.com

GusChem
G. & S. PHILIPP CHEMISCHE PRODUKTE

Die effiziente Art der Wasserbehandlung.

Steigern Sie die Qualität Ihrer Produkte und Sparen Sie mit unseren eigen entwickelten Verfahren.

Wir **beraten** Sie gerne persönlich über die

- langfristige Verhinderung von **Bakterien-, Algen- und Pilzwachstum** in wässrigen Lösungen
- mit der **42. BImSchV** verbundenen Maßnahmen. Auch ob Ihr Betrieb überhaupt betroffen ist.
- **Reinigung, Entkeimung und Entkalkung** wasserführender Systeme: Kiesfilter, Ionenaustauscher, Wasserkreisläufe, Module, Tauchanlagen u.a.
- **Abwasserbehandlung/-reinigung**
Fällen und Flocken, Komplexspalten, Entgiften und verschiedene Spezialbehandlungen

Besuchen Sie uns auf www.guschem.de



GusChem® - Qualität, die überzeugt!

Substitution – eine Mammutaufgabe

Von Marita Voss-Hageleit, VECCO e.V., Arnsberg

Im Falle der Ersetzung von Chrom(VI) durch Chrom(III) in der Oberflächentechnik gibt es eine Reihe von Veröffentlichungen, die zeigen, dass ein Ersatz möglich ist. Dabei fällt auf, dass es sich bei diesen Anwendungen häufig um die Substitution in einem Inhouse-Betrieb handelt; für diesen gelten wiederum folgende Bedingungen:

- Die Anforderungen an das Produkt können im Gespräch mit dem jeweiligen Kunden geklärt und damit der Wechsel den Kunden vermittelt werden
- Das eingesetzte Produktmaterial ist genau bekannt, was die Prozessparameter im Vorfeld kalkulierbarer macht.

Für einen **Lohnbeschichter** für die Herstellung von Chromoberflächen ist die Frage, das Verfahren Chrom(VI) durch ein anderes (nicht nur Chrom(III)) zu ersetzen, nicht nur die, ob ein SVHC-Stoff durch ein anderes Verfahren ersetzt werden kann und die technischen Voraussetzungen dafür geschaffen werden können. Es erfordert vom galvanotechnischen Betrieb eine betriebswirtschaftliche Herangehensweise, die alle Unternehmensbereiche umfasst.

Erste, zu stellende Fragen hierbei sind:

- Ist oder gehört die Verchromung zu meiner Kernkompetenz?
- Wieviel Umsatz/Rendite/Kosten nimmt dieser Prozess in meinem Unternehmen ein?
- Wie wird sich der Markt zukünftig entwickeln?

Von der Beantwortung dieser Fragen hängt eine Unternehmensstrategie ab, die entwickelt und der entsprechend ein Maßnahmenplan für die Zukunft aufgestellt werden muss. Für den Fall, dass die Verchromung nicht die Kernkompetenz ist und es Möglichkeiten gibt, diese Prozesse auszulagern oder nicht mehr anzubieten, wird ein zukunftsorientierter Unternehmer die entsprechenden Maßnahmen kennen und seine Unternehmensstrategie danach ausrichten.

Wenn die Existenz des Betriebes und der Mitarbeiter von der Anwendung des Prozesses mit einem Chrom(VI)verfahren abhängen, ergeben sich ganz andere Fragen, zum Beispiel:

- Wie wird sich der Markt für welche Produkte wie entwickeln?
 - Wie entwickeln die Kunden ihre Produkte und welche Position haben sie?
 - Welchen Umsatz beziehungsweise welche Rendite erzielen die Produkte, für die bis heute noch keine erkennbar realistischen Substitutionsmöglichkeiten auf dem Markt sind?
 - Wie ist mit der Stellung mancher Kunden umzugehen, die die Herstellung der Oberfläche nicht interessiert und die die gleichen Eigenschaften erwarten – gleich welcher Ersatz gefunden wird – im Hinblick auf Optik, Haptik und Korrosionsbeständigkeit?
 - Welche Möglichkeiten hat der Betrieb, Prozesse neu zu installieren, damit Umsatz mit höheren Kosten zu erzielen und trotzdem eine Rendite zu realisieren, die zudem auch zukünftig für die Erhaltung des Betriebes und der Sicherung der Arbeitsplätze notwendig ist?
 - Welchen Zeitraum benötigt die Entwicklung dieser Szenarien und lassen sich die notwendigen Entscheidungen in die langfristige Unternehmensstrategie einbinden?
- Viele Fragen und Antworten, die nicht allgemein gültig sein können und auch zukünftig nicht sein werden. Ein Konflikt, der sich auftut zwischen AOA (Analyse der Alternativen) und der SEA (sozioökonomische Analyse) und der dem berühmten gordischen Knoten gleicht. Eine allgemein gültige Antwort kann und wird es auch auf Seiten der Kunden nicht geben. Stellungnahmen von produktspezifischen **Branchenverbänden** sind schwerlich zu bekommen. Lediglich für die Branchen im Bereich Aerospace and Defence scheint ein Verbund in Planung, der die Beschichter möglicherweise unterstützen wird in ihrem Bemühen, eine Lösung zu finden. Verkaufsstrategische Überlegungen der **Lieferanten** der Beschichter von galvanischen Chromoberflächen machen die Frage der Substitution mit Chrom(III) oder anderen Oberflächen nicht unbedingt einfacher, da es **die Lösung** nicht gibt, und die Marktbedingungen teilweise offene Antworten verhin-

Die komplexe Fragestellung, wie den **Kunden** eine Oberfläche angeboten werden kann, für die ehrlicherweise ein höherer Erlös erzielt werden müsste und die auch in den meisten Fällen keine besseren Eigenschaften hat, ist noch ungelöst. Der Unternehmer wird, wenn er die Möglichkeit hat und seinen Kunden weiterhin die gleichen Oberflächen bieten möchte, Lieferanten im außereuropäischen Ausland suchen oder alternativ sein Produkt nicht mehr mit einer metallischen Oberfläche anbieten.

Ein Aspekt in den Bemühungen um eine Substitution ist eine Spezies, die bisher in den Diskussionen nicht oder nur selten vorkommt: der **Mitarbeiter**. Das galvanotechnische Unternehmen hat im Normalfall Mitarbeiter, die seit Jahren und Jahrzehnten mit dem Unternehmen verbunden sind; teilweise sehr gut ausgebildet oder aber auch ohne besondere Ausbildung im Unternehmen zu hervorragenden Mitarbeitern herangezogen. Diese nehmen Arbeits- und Umweltschutz ernst und sind sicher im Umgang mit zum Beispiel Chromsäure, ohne ihre Gesundheit zu gefährden. Sie kennen im Regelfall auch keine Kollegen, die durch chromsäurebedingte Krankheiten betroffen oder gestorben sind. Die nun anstehenden Veränderungen verursachen Ängste, vor allem bei langjährigen Mitarbeitern. Ängste vor Umschulung, Frühverrentung, Freisetzung. Aber dieses Thema sollte eine separate Aufarbeitung wert sein.

Die für die Umsetzung der REACH-Verordnung **zuständigen Behörden in der EU und den Nationalstaaten** scheinen erkannt zu haben, dass diese komplexe Fragestellung nicht mit einfachen Antworten zu regeln ist. Ein geregelter Übergang ist im Interesse aller Beteiligten.

Für das **galvanotechnische Unternehmen** gibt es in diesem Moment nur den Weg, die geforderten Arbeits- und Umweltschutzanforderungen zu erfüllen, sich einem Konsortium anzuschließen oder eine Einzelautorisierung anzustreben sowie seine Zukunftsstrategien an den oben aufgeführten Fragestellungen auszurichten.

Wir kennen keine Grenzen:
individuelle Anlagentechnik
für jeden Anspruch!



ZVO-OBERFLÄCHENTAGE

BERLIN

11.-13.09.2019

Wir stellen aus

Stand Nr.:

18

Surface technology made in Germany

- ▶ Galvanoanlagen
- ▶ Leiterplattenanlagen
- ▶ Rissprüfanlagen
- ▶ Reinigungsanlagen
- ▶ Luftfahrttechnik

MKV GmbH . Neumarkter Straße 40 . 90584 Allersberg
Telefon: 09176 9811-0 . E-Mail: info@mkv-gmbh.de
www.mkv-anlagen.de



Reibverhalten von Dichtelastomeren im Kontakt mit funktional beschichteten Oberflächen

Von O. Massler, Wängi/Schweiz

Das Reibverhalten von Dichtelastomeren im Kontakt mit funktionalen Schichten hängt stark von der Charakteristik der jeweils eingesetzten Beschichtung ab. Im Trockenlauf treten die niedrigsten Reibwerte gegen passende Schichten oder auch geeignet strukturierte Oberflächen auf. Galvanische, autokatalytische und Dünnschichten eignen sich zur Reduzierung der Reibung, allerdings müssen Anforderungsfaktoren wie Abrasionsbeständigkeit und thermische Stabilität beziehungsweise Korrosionsstabilität für die konkrete Schichtauswahl mit berücksichtigt werden. Beste Ergebnisse unter den gewählten Versuchsbedingungen im Hinblick auf Reibung besitzen strukturierte Chrom- und DLC-Schichten.

1 Hintergrund

In industriellen technischen Anwendungen ist es das Ziel, Energieverluste so gering wie möglich zu halten, indem die Reibung minimiert wird. Der Vorgang der Reibung ist allerdings so komplex, dass er bis heute oft nicht komplett erforscht und verstanden wurde. Schätzungen gehen davon aus, dass dieses Wissensdefizit wirtschaftliche Verluste in der Größenordnung von etwa 0,5 % des Bruttonationalprodukts (BNE) der führenden Industrienationen zur Folge hat [1].

Die Verwendung von Elastomerdichtungen dient zur Einschränkung oder Verhinderung von Medien-Stoff-Transport zwischen zwei Räumen mit verschiedenen Funktionen. Die hier eingesetzten Medien sind meist Gase oder flüssige beziehungsweise pastöse Medien. Die Oberflächen der betroffenen angrenzenden Bauteile sind dabei oft beschichtet, um gezielt das systemische Verhalten, wie Korrosion, Reibung und Verschleiß, der betroffenen Oberflächen zu verbessern. Solche funktionalen Schichten werden galvanisch oder autokatalytisch, mit Vakuumverfahren oder mit technologiehybriden Verfahren aufgebracht. Die Dichtung trifft deshalb also auf werkstofflich sehr unterschiedliche Oberflächen, was sich auch auf das entsprechende Reib- und Verschleißverhalten der Dichtungen auswirkt [2]. Für viele Anwendungen ist die Kenntnis der entsprechenden tribologischen Kennwerte überaus wichtig [3]. Diese Untersuchung betrachtet das Reibverhalten eines Dichtelastomers gegen verschiedene Beschichtungen und versucht, diese zu charakterisieren.

2 Kennwerte für Reibung

Reibung wird grundsätzlich durch den Zusammenhang gemäß Gleichung <1> beschrieben:

$$\mu = F_r / F_n \quad <1>$$

mit μ – Reibwert

F_r – Reibkraft

F_n – Normalkraft

Für einen Metall-Elastomer-Kontakt gilt wegen des elastischen Verhaltens der Paarung und der daraus folgenden Abhängigkeit der Reibkraftabhängigkeit von der Normalkraft allerdings ein leicht angepasster Zusammenhang gemäß Gleichung <2> [4]:

$$\mu = F_r / F_n^\beta \quad <2>$$

mit β – von der Elastizität der Materialpaarung abhängiger Faktor

Die vorliegende Studie wurde deshalb mit konstanter Normalkraft und nur einem Elastomer durchgeführt. Damit ist die Vergleichbarkeit in Bezug auf die unterschiedlichen Schichtsysteme gegeben.

3 Untersuchungen zur Reibung

Als Testsystem wurde ein einfaches Block-Zylinder-System gewählt, bei dem ein statisch gelagerter Zylinder mit dem Dichtring unter definierter und konstanter Last auf einen sich drehenden Zylinder kontaktiert wird (Abb. 1). Die Gleitgeschwindigkeit im Kontakt lag bei 0,11 m/s und die Testzeit bei 60 s. Die Linienlast auf der Dichtung im mechanischen Gleitkontakt lag bei etwa 4 N/mm. Das System wurde bei Raumtemperatur und trocken, das heißt ohne Zwischenstoff, betrieben. Aufgenommen wurden die Reibwertverläufe der

verschiedenen Oberflächenkombinationen. Zusätzlich sind Aussagen über die sich entwickelnden Verschleißmechanismen möglich.

Es ist bekannt, dass sich die Haftreibung einer viskoelastischen Paarung zeitlich verändert. Deshalb wurde der Versuchsstart durch Aufsetzen auf rotierende Proben durchgeführt, um eben diese Haftreibungseffekte zu vermeiden.

Es wurden vorrangig die Reibeffekte betrachtet, auch wenn Adhäsions- und Verschleißeffekte einen Einfluss haben. Verschleißraten wurden nicht quantifiziert. Vielmehr wurde phänomenologisch der Verlauf der Reibung über die Testzeit betrachtet, der bei diesem Versuchsaufbau durch die Entstehung von Verschleißpartikeln und Anhaftungen entsteht. Es wurden der Startreibwert beziehungsweise der Reibwert nach 60 s aufgenommen.

Die Ergebnisse aus dem betrachteten Bewegungssystem sind nicht allgemeingültig für alle möglichen Dichtungssituationen. Das tribologische System ist durch eine einsinnige Bewegung mit durchschnittlicher Gleitgeschwindigkeit gekennzeichnet, was für viele Lager beziehungsweise lineare Bewegungen mit langer Amplitude im trockenen Kontakt sinnvoll sein dürfte.

4 Beschichtungswerkstoffe

Als gängige Beschichtungen wurden für diese Arbeit galvanisch abgeschiedenes, funktionelles Chrom (Hartchrom), chemisch abgeschiedenes Nickel mit und ohne eingelagerte Dispersionsstoffe sowie unterschiedliche Kombinationen an PVD- und PACVD-Schichten gewählt.

4.1 Galvanische Schichten

Das galvanisch aufgetragene Hartchrom (funktionelle Chromschicht) ist nach wie vor

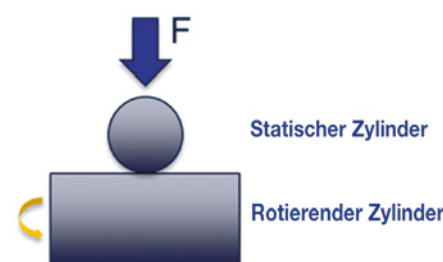


Abb. 1: Tribologischer Test für Dichtringe

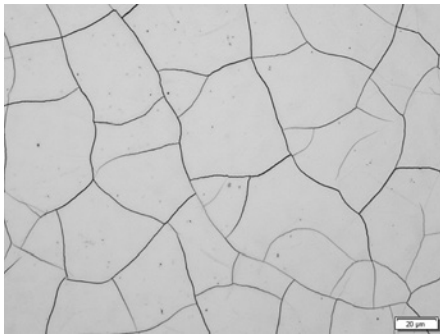


Abb. 2: Hartchromoberfläche mit der üblichen Rissstruktur der Oberfläche

wegen ihrer guten Verschleiß- und Reibereigenschaften sowie einer kostengünstigen Herstellung weit verbreitet und schwer ersetzbar (Abb. 2).

Cr-Boost (Markenbezeichnung der De Martin AG) ist eine galvanische Schicht mit einer speziellen feinen Kugelstruktur (Abb. 3). Diese hat ein besonderes tribologisches Verhalten der Paarung zur Folge. Deshalb wurde diese Schicht hier mit betrachtet.

4.2 Autokatalytische Schichten

Chemisch abgeschiedenes Nickel (engl.: electroless Nickel) ist eine sehr weit verbreitete, autokatalytisch aufgetragene Beschichtung, die auch für geometrisch komplexe Bauteile sehr gut geeignet ist. Diese Beschichtung

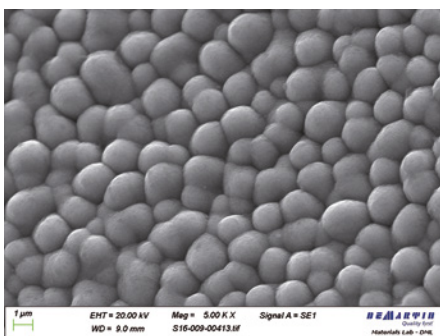


Abb. 3: Oberfläche der Cr-Boost-Beschichtung

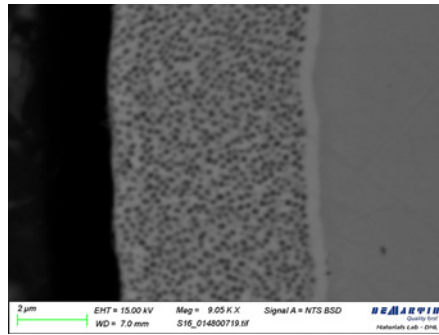


Abb. 4: Chemisch abgeschiedene Nickel/PTFE-Dispersionsschicht im Querschliff

weist eine ausgewogene Kombination aus Korrosions- und Verschleißschutz bei relativ günstigen Verfahrenseigenschaften auf. Chemisch abgeschiedene Dispersionsschichten aus Nickel mit eingelagertem PTFE eignen sich als Schutzschicht in dynamischen Anwendungen und schützen die Reibpartner vor Adhäsivverschleiß. In dieser Ausführung wirken die PTFE-Partikel wie ein Trockenschmierstoff (Abb. 4).

4.3 PVD/PACVD-Schichten

DLC LF (Diamond like carbon, diamantartiger Kohlenstoff) ist ein Vertreter aus der Familie der per PACVD-Verfahren abgeschiedenen Kohlenstoffschichten. Diese Schichtfamilie hat in den letzten Jahren eine sehr große Bedeutung in der Tribologie bezüglich ihres Trockenreibverhaltens und ihrer Verschleißfestigkeit gewonnen. Die für die Untersuchungen eingesetzte Schicht ist eine reibwertreduzierte Variante mit speziell verbessertem Reibverhalten.

CrAlN ist eine gesputterte PVD-Schicht (Mischschicht aus Chromnitrid und Aluminiumnitrid), die häufig wegen ihrer hohen Verschleißbeständigkeit und Oxidationsresistenz eingesetzt wird. Die spezielle Schicht wird bei vergleichsweise tiefen Temperaturen mit niedriger Rauheit aufgebracht.

CrN (Chromnitrid) ist eine durch Tieftemperaturputtern aufgetragene harte PVD-Schicht, die breite Verwendung im Verschleiß- und Korrosionsschutz hat.

4.4 Kennwerte der Schichtsysteme

Die Rauheit der entsprechenden Oberflächen nach der Beschichtung war vergleichbar, um einen Rauheitseinfluss ausschließen zu können. Ausnahme ist Cr-Boost als strukturierte Oberfläche. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die betrachteten Schichtsysteme. Als Dichtwerkstoff wurde beispielhaft ein gängiges, weitverbreitetes Fluoroelastomer verwendet.

5 Ergebnisse

5.1 Reibwertverlauf

Der Reibwertverlauf zeigt deutlich einen Einfluss der Testzeit auf den sich einstellenden Reibwert. Für die Betrachtung der chemisch abgeschiedenen Nickelschichten ist ein deutlich reibwertabsenkender Einfluss des enthaltenen PTFE zu erkennen. Mit zunehmendem Fortschritt legt sich das PTFE in den Kontakt und führt zu diesem Effekt (Abb. 5). Bei den galvanischen Schichten tritt der Ein-

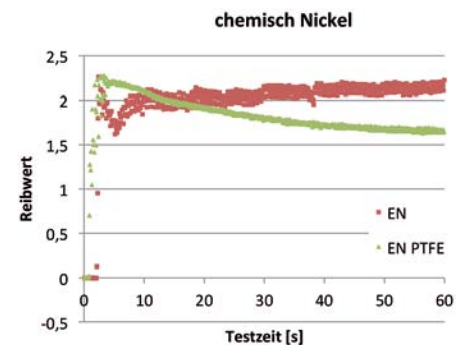


Abb. 5: Reibwertverlauf für chemisch abgeschiedene Nickelschichten, aus dem deutlich der Einfluss des PTFE im Einlaufprozess zu erkennen ist

Tab. 1: Mechanischen Eigenschaften und Kennwerte der entsprechenden Schichtsysteme

Schichtsystem	DEMARTIN Hartchrom	DEMARTIN Boost	DEMARTIN Chemisch Nickel	DEMARTIN Chemisch Nickel PTFE	DEMARTIN Cerodem® DLC LF	DEMARTIN Cerodem® Athos	DEMARTIN Cerodem® CrN
Verfahren	galvanisch	galvanisch	autokatalytisch	autokatalytisch	PACVD	PVD	PVD
Material	Cr	Cr	NiP	NiP-PTFE	a-C:H:Me	CrAlN	CrN
Abscheidetemp.	< 60 °C	< 60 °C	< 90 °C	< 90 °C	< 180 °C	< 180 °C	< 180 °C
Typische Schichtdicke	5-300 µm	5-10 µm	5-50 µm	5-10 µm	2-5 µm	2-5 µm	2-5 µm
Einsatztemperatur	600 °C	600 °C	400 °C	280 °C	350 °C	600 °C	600 °C
Einsatzzweck	Verschleiß, Korrosion, Reibung	Reibung, Verschleiß	Korrosion, Verschleiß	Korrosion, Reibung	Verschleiß, Reibung	Verschleiß, Reibung, Korrosion	Verschleiß, Reibung, Korrosion

OBERFLÄCHEN

fluss der feinen Oberflächenstruktur des Boost sehr deutlich hervor (Abb. 6).

Bei den PVD-Schichten treten ebenfalls deutliche Einlaufeffekte zutage (Abb. 7). Diese werden sowohl durch Adhäsionseffekte des Dichtungswerkstoffes wie auch durch die Entstehung von Tribofilmen verursacht. Dieser Effekt wird stark durch die Zusammensetzung und mechanischen Eigenschaften des Elastomers beeinflusst.

Beim Vergleich der Reibwerte der Oberflächen mit besonders geringer Reibung schneiden die diamantartigen Kohlenstoffschichten erwartungsgemäß am besten ab (Abb. 8). Abbildung 9 zeigt deutlich den Einfluss des PTFE als Trockenschmierstoff, wodurch der Reibwert im Kontakt mit dem Dichting im Vergleich zu stromlos abge-

schiedenem Nickel ohne Dispersionszusatz signifikant reduziert wird. Ebenfalls deutlich ist der Einfluss der strukturierten Cr-Boost-Schicht im Vergleich zur Hartchrombeschichtung, wodurch die Reibung deutlich reduziert werden kann.

Die niedrigsten Reibwerte wurden durch chrombasierte (Boost, CrN)-Schichten und die für ihre Reibwertsreduktion bekannten DLC-Schichten erzeugt. Gegen Elastomere fallen Letztere allerdings mit vergleichsweise etwas höheren Startreibwerten auf.

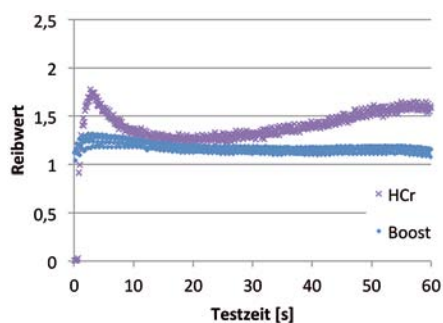


Abb. 6: Reibwertverlauf für galvanisch abgeschiedene Schichten mit deutlich erkennbarem Einfluss der reibwertreduzierenden Struktur der Cr-Boost-Variante

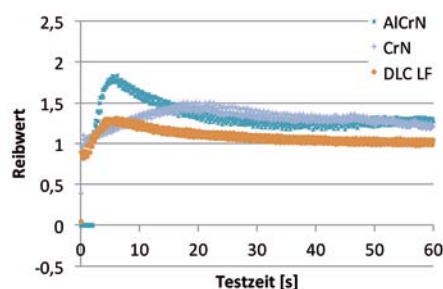


Abb. 7: Reibwertverlauf der PVD-Dünnschichten mit sehr unterschiedlichem Einlaufverhalten

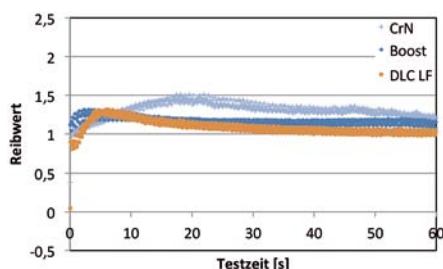


Abb. 8: Reibwertverlauf von Schichten mit den niedrigen Reibwerten

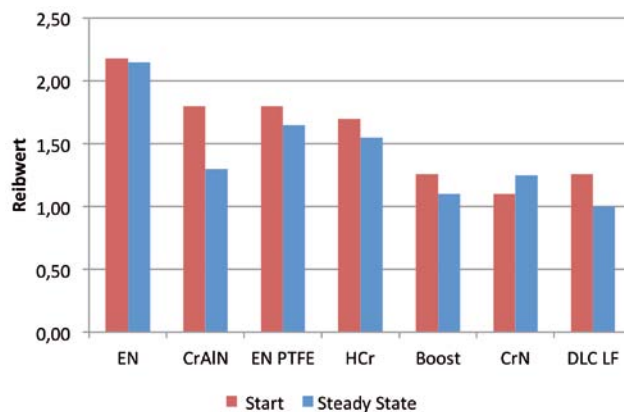


Abb. 9: Startreibung und nach 60 s

wahl müssen Anforderungsfaktoren wie Abrasionsbeständigkeit und thermische Stabilität beziehungsweise Korrosionsstabilität mit berücksichtigt werden.

6 Fazit

Das Verhalten Trockenreibung eines Dichtings zeigt einen signifikanten Einfluss der entsprechenden Gegenlaufoberfläche. Durch den Einsatz von verschiedenen Beschichtungen kann das Reib- und Verschleißverhalten stark variiert werden. Die niedrigsten Reibwerte werden durch den Einsatz von Trockenschmierstoffen oder speziell strukturierten Oberflächen ermöglicht. Die Qualität der entstehenden Dichtungsfunktion hängt dabei von den Anforderungen der jeweiligen Anwendung ab und muss im Einzelnen betrachtet werden.

Der Einsatz von geeigneten galvanischen, autokatalytischen und Dünnschichten zur Reduzierung der Reibung ist dabei gleichermaßen möglich. Für die konkrete Schichtaus-

Literatur

- [1] Ernest Rabinowicz: Friction and Wear of Materials; John Wiley & Sons, Inc., 2. Auflage, 1995
- [2] B. N. J. Persson: Qualitative theory of rubber friction and wear; Journal of chemical physics, 112(4), 1999
- [3] O. Massler, S. Melidis, J. Meyer: Tribologisches Verhalten von autokatalytisch abgeschiedenen Nickelschichten gegen ausgewählte funktionale Oberflächen; WOMAG 7-8/2019; www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2019/07-08/40_massler_nickel_08j2019/40_massler_nickel_08j2019.php
- [4] Valentin L. Popov: Kontaktmechanik und Reibung – Ein Lehr- und Anwendungsbuch von der Nanotribologie bis zur numerischen Simulation; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1. Auflage, 2009

Die De Martin-Gruppe

Mit ihren zwei Standorten in Wängi (Thurgau, Schweiz) und einem in Neustadt an der Aisch (Bayern, Deutschland) hat sich die De Martin-Gruppe als Kompetenzzentrum für Oberflächentechnik und international tätiger Nischenplayer im Bereich funktioneller Oberflächen etabliert. Die Beschichtungslösungen (über 20 Einzelverfahren) finden einen breiten Kundenkreis aus der Industrie, vom Formen- und Werkzeugbau über die Elektro- und Medizintechnik bis zum Automobilsektor sowie zur Luft- und Raumfahrt.

Das in dritter Generation geführte Familienunternehmen beschäftigt heute über 200 Mitarbeitende und investiert weiterhin kräftig in den Ausbau der Produktionskapazitäten. In Neustadt an der Aisch – dort werden in erster Linie chemisch-Nickel-Beschichtungen angewendet – entstand eine vollautomatisierte Hartanodisierungsanlage. In Wängi wurden neben dem Aufbau einer integrierten PVD-Fertigungslinie zwei weitere Hartchromanlagen aufgebaut, um die starke Nachfrage zu decken.

Der Standort Schweiz bietet für die Fertigung von Hartchrombeschichtungen sehr interessante Möglichkeiten. Die Betriebsbewilligung für die Schweizer Produktionsstätten liegt für mindestens weitere 20 Jahre vor, was auch langfristig die Lieferfähigkeit dieser industriell wichtigen Beschichtung für Kunden im EU-Raum sichert.

www.demartin.com

Mehr Übersicht durch RFID-Einsatz

Um Waren innerhalb der Fertigung nachzuverfolgen, setzt die Drollinger GmbH Metallveredelungswerke auf RFID-Technologie. Gekoppelt mit dem eingesetzten ERP-System können so Warenbewegungen besser nachverfolgt und Mitarbeiter gleichzeitig entlastet werden.

Die Drollinger GmbH Metallveredelungswerke in Birkenfeld glänzen mit einem breiten Verfahrensspektrum von galvanischen Beschichtungen über Edelmetall, Wärmebehandlung bis hin zu Gleitschleifen und vielem mehr. Das 1966 gegründete Unternehmen war nicht von Beginn an so breit aufgestellt. Zwischenzeitlich lag der Fokus auf Hartchrom mit wenigen Großkunden. Mit der Entscheidung ein breiteres Kundenfeld anzusprechen, kamen weitere Verfahren hinzu. So wuchs das Unternehmen im Lauf der Zeit von 30 auf 85 Mitarbeiter an und besteht heute aus vier Werken.

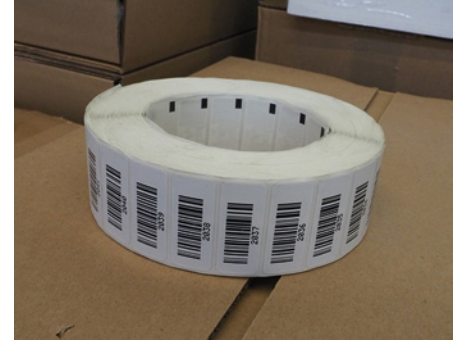
Dr. Grischa Drollinger, Geschäftsführer der Drollinger GmbH, legt besonderen Wert darauf, dass kleine Kunden wie große Kunden behandelt werden. Diese Vielzahl an unterschiedlichen Kunden bringen aber auch einige Herausforderungen mit sich: So werden

gleichzeitig viele verschiedene Bauteile veredelt. Daraus resultiert ein hoher organisatorischer Aufwand.

Projekte mit einem ERP-Partner

Um die Unternehmensabläufe zu steuern, wird die Drollinger GmbH seit 2015 durch das ERP-System OMNITEC der Softec AG unterstützt. Dr. Drollinger ist sehr zufrieden damit: *Das System ist sehr stabil. Das ist enorm wichtig für uns als Lohnveredler. Rechnungen müssen kontinuierlich versendet werden, Ausfälle sind für uns sehr negativ.*

Gemeinsam mit der Softec AG geht die Drollinger GmbH in einem neuen Projekt jetzt den nächsten Schritt Richtung Digitalisierung. Bisher gingen die Betriebsaufträge nach der Erfassung in die Fertigung und es war nicht immer nachvollziehbar, in welchem der vier Werke sich die Ware gerade befindet.

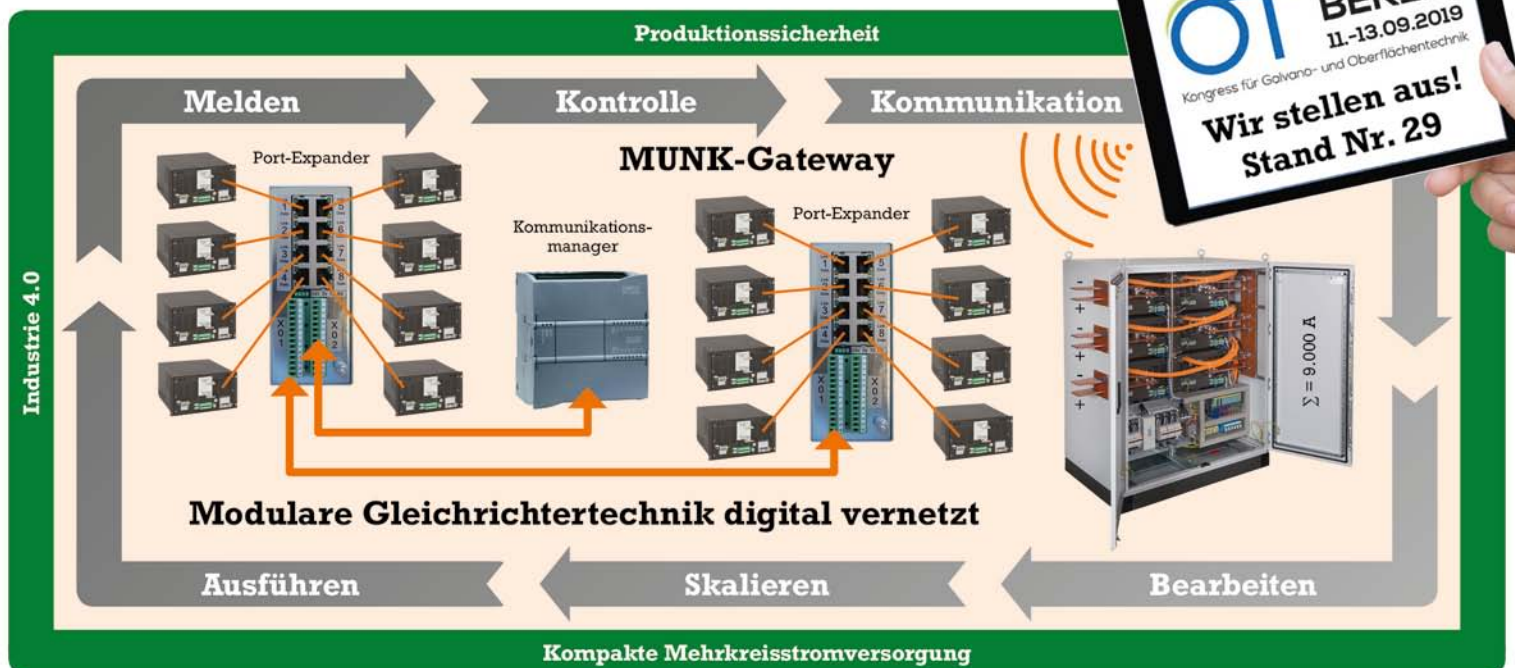


Die RFID-Transponder werden auf Plastikklammern angebracht und machen damit jede Box nachverfolgbar

Das erschwerte es, Kunden Auskunft über den aktuellen Stand ihrer Ware zu geben – insbesondere, wenn es um Aussagen zu Lieferterminen ging. *Das ist bei uns sozusagen wie bei einer Hotline*, beschreibt Dr. Drollinger

Digitale Gleichrichtertechnik PSP family

Der  zu mehr Sicherheit und Produktivität!



OBERFLÄCHEN



Die richtige Ausrichtung ist wichtig: Zwei Antennen bilden ein Gate und müssen gemeinsam den Bereich abdecken, durch den die Waren transportiert werden

den Ablauf von Kundenanfragen. Und dazu kommt, dass Anforderungen immer weiter steigen, indem beispielsweise die Lieferzeiten immer kürzer werden sollen.

Nach einer Kundenanfrage musste sich bisher ein Mitarbeiter auf die Suche nach der Ware im Prozessablauf begeben. Das kostete Zeit und war mit einigen Laufwegen durch die vier Werke verbunden. Damit soll jetzt Schluss sein. Stattdessen sollen RFID-Transponder auf jeder Box angebracht werden und Warenbewegungen automatisch verfolgen.

RFID – alter Ansatz, neue Ideen

RFID steht für *radio-frequency identification* und ermöglicht es Objekte mit Radiowellen zu identifizieren und ihren Standort zu bestimmen. Um die Transponder auszulesen, werden an den Eingängen der Werke Antennen angebracht, die an ein RFID-Lesegerät gekoppelt sind. Damit kann nachvollzogen werden, wann ein bestimmter Transponder



In jedem Werk sind die Antennen mit einem Lesegerät verbunden, in dem die Daten gesammelt und weiterverarbeitet werden

die Antennen passiert hat. Immer zwei Antennen werden als sogenanntes *Gate* in den Ein- und Ausgängen der Werke angebracht. Pro Werk entstehen so zwei Gates. Über die Reihenfolge, in der ein Transponder die Gates passiert, wird erkannt, ob eine Ware sich aus einem Werk hinaus oder in ein Werk hinein bewegt.

An sich handelt es sich dabei um keinen neuen Ansatz. Bei Drollinger wurde auch schon vor einigen Jahren mit RFIDs experimentiert. Allerdings scheiterten bisherige Versuche daran, dass es nicht möglich war auf einer Palette einzelne Boxen zu tracken. Ein weiterer einschränkender Faktor sind die transportierten Metallteile in den Boxen. Das Metall wirkt als Störfaktor und verhindert, dass die Transponder zuverlässig gelesen werden können. Gelöst wird dies über RFID-Transponder, die auf Plastikklammern angebracht werden. Diese wiederum hängen an den einzelnen Boxen und haben somit genügend Abstand zum Metall. Gleichzeitig kann so jede Box als Transporteinheit einzeln verfolgt werden. Über eine Schnittstelle werden diese Informationen an das ERP-System weitergegeben. Hier ist außerdem hinterlegt, welcher

Transponder zu welchem Betriebsauftrag gehört. Wird nun ein bestimmter Transponder abgefragt, liefert die Schnittstelle die passenden Daten aus dem ERP-System. So kann für jeden Auftrag das Bewegungsprofil nachverfolgt werden. Dort werden alle Standpunkte mit Uhrzeit aufgelistet, sodass direkt festgestellt werden kann, in welchem Werk sich die Ware befindet.

Ausblick

Insgesamt erhofft sich Dr. Drollinger, durch die Bewegungsprofile einen besseren Überblick zu bekommen. Nach seiner Überzeugung kann das Unternehmen dadurch belastungsfähige Aussagen treffen. Über den genauen Kenntnisstand wo und in welchem Bearbeitungsschritt sich die Ware befindet, kann eine realistischere Abschätzung zu Lieferterminen getroffen werden. Denn ohne diese Informationen werden tendenziell längere Zeiträume angegeben. Für Mitarbeiter stellt das System eine große Entlastung dar. Durch die genauere Standortbestimmung wird viel Zeit bei der Abklärung des Bearbeitungszustands der Waren eingespart. Da das System automatisch – beim Vorbeifahren an den Gates – funktioniert, fallen auch keine neuen Arbeitsschritte oder zusätzliche Aufgaben für die Mitarbeiter an. Die Warenverfolgung läuft im Hintergrund ab.

Nach der erfolgreichen Implementierung der RFID-Gates für die einzelnen Werke gibt es bereits Pläne, das System nach und nach auszuweiten. So könnten beispielsweise zusätzlich an einzelnen Anlagen Gates angebracht werden, um noch genauere Aussagen über den Aufenthaltsort von Waren erhalten zu können.

➤ www.softec.de

➤ www.drollinger.com



Stammgebäude der Drollinger GmbH Metallveredelungswerke in Birkenfeld (links); Erst vor kurzem wurde ein viertes Werk errichtet, das den Betrieb um 1850 m² und eine neue Galvanikanlage erweitert

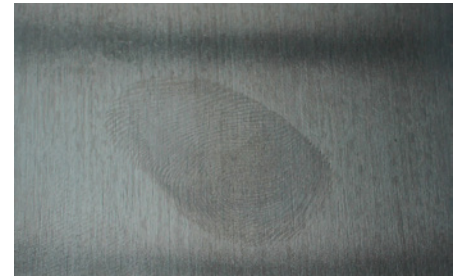
Keine Fettabdrücke dank Nanolack

Fettige Fingerabdrücke auf glänzenden Edelstahloberflächen sehen nicht nur unschön aus, sondern greifen auch die Oberfläche an. Ein neuer Nanolack von Fraunhofer-Forscherinnen und Forschern soll künftig verhindern, dass beim Anfassern von Edelstahlfronten lästige Fingerabdrücke zurückbleiben.

Fingerabdrücke auf hochwertigen Oberflächen sind nicht nur ein optisches Ärgernis, denn der Fettfilm greift zudem die Oberfläche an. Forscherinnen und Forscher vom Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS in Halle bereiten solchen Fettabdrücken nun ein Ende, gemeinsam mit ihren Kollegen der FEW Chemicals GmbH Wolfen. Der Clou liegt in einer Beschichtung mit einem Lack, der spezielle Zusätze enthält und wasser- und ölabweisend ist. Dazu kommen zwei weitere Effekte: Lagern sich die im Lack befindlichen integrierten Partikel an der Oberfläche des Edelstahls an, wird die Oberfläche rauer und vergrößert sich. Fasst nun ein Finger etwa an die Kühlschranktür, berührt dieser die Oberfläche nur an den erhöhten Stellen, während das Fingerfett die tiefer liegenden Täler nicht erreicht. Die Fläche, mit dem das Fingerfett in Berührung kommt, ist also recht klein. Zudem ist der Brechungsindex des Lacks so eingestellt, dass er dem des Fettgehalts des Fingers entspricht. Das heißt: Das Licht, das auf die beschichtete Edelstahloberfläche fällt, wird in etwa so reflektiert wie an einer Oberfläche, die mit einem *Fingerpatscher* versehen ist. Ergo: Der Fingerabdruck fällt kaum auf. Während die FEW Chemicals GmbH die Entwicklung der Lacksysteme übernimmt, widmet sich das Fraunhofer-Team der Analyse dieser Schichten. *Wir untersuchen die hergestellten Schichten zum einen über Lichtmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie*

und Rasterkraftmikroskopie. Wie groß sind die einzelnen Partikel im Lacksystem? Sind die Partikel homogen verteilt? Wie wirken sich die eingesetzten Additive aus?, erläutert Dr. Jessica Klehm, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Geschäftsfeld *Biologische und makromolekulare Materialien* am Fraunhofer IMWS. Solcherlei Fragen sind extrem wichtig, um die Qualität des Lacks beurteilen zu können. Lagern sich die Nanopartikel beispielsweise zu größeren Partikeln zusammen, büßt der Lack eventuell seine Transparenz ein. Sind die Teilchen dagegen zu klein, bleibt die Oberfläche zu glatt – der Fettfilm könnte dann trotz des Lacks großflächig an ihr haften.

Um diese Untersuchungen zu ermöglichen, galt es einige Hindernisse zu überwinden. So müssen die Proben beispielsweise in ihren Abmessungen verkleinert werden: Für eine optimale Untersuchung mit dem Lichtmikroskop sowie für die Weiterverarbeitung mit anderen Untersuchungsmethoden sollten die Proben nicht dicker sein als 60 bis 80 Mikrometer – also etwa so dick wie ein menschliches Haar –, für eine Untersuchung im Transmissionselektronenmikroskop sogar noch tausendmal dünner. Mit einer Säge können die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen die Proben nicht zurechtschneiden, sie würde die Beschichtung zerstören. Sie betten die Proben daher in Harz ein und schleifen sie dann auf die gewünschte Dicke herunter, wie Dr. Klehm erklärt.



Fingerabdrücke auf Edelstahl- und Metalloberflächen sind mit dem neuen Sol/Gel-Nanolack vermeidbar (©Fraunhofer IMWS)

Darüber hinaus entwickeln die Forscherinnen und Forscher eine automatische Prüfmaschine für die Schichten. Diese soll nicht die Partikel im Lack untersuchen, sondern die Sichtbarkeit der Fingerabdrücke selbst. Dazu taucht ein Stempel in eine Lösung, deren Zusammensetzung dem Fettfilm auf der menschlichen Haut ähnelt. Automatisiert, mit stets identischer Kraft und jeweils gleich lange drückt dieser Stempel anschließend auf die Oberfläche, um dort einen *Fingerabdruck* zu hinterlassen. Über eine Kombination aus spektrometrischen und optischen Verfahren soll die Prüfmaschine schließlich analysieren, wie viel Lösung auf der Oberfläche verblieben ist – und damit, wie viel Prozent Antifingerprint-Wirkung der Lack aufweist. Welche Kombination von Analysegeräten hierfür optimal ist, untersuchen die Wissenschaftler derzeit.

Einen Favoriten unter den untersuchten Lacksystemen haben die Forscher bereits gefunden. Nun gilt es, diesen weiter zu optimieren. Bis Ende 2020 soll die Entwicklung abgeschlossen sein, dann wird die FEW Chemicals GmbH die Herstellung des Lacksystems in einen industriellen Maßstab übertragen.

➔ www.fraunhofer.de

Customized Solutions

Oberflächenveredelung – Perfektion für Ihren Erfolg!

B + T
Unternehmensgruppe

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

Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken in Galvanikbetrieben

Von B. Thomas und T. Müller, Reutlinger Energiezentrum (REZ) – Hochschule Reutlingen

Am Beispiel von zwei Unternehmen mit stark unterschiedlichen Strom- und Wärmebedarfswerten zeigt sich, dass aufgrund der Amortisationszeit im günstigsten Fall von etwa zwei Jahren der Einsatz von Blockheizkraftwerken in jedem Fall wirtschaftlich lohnend ist. Dabei wird deutlich, dass die Auslegung des Blockheizkraftwerks stark von den Strom- und Wärmebedarfswerten abhängt und der Pufferspeicher keinesfalls zu klein ausgelegt werden darf. Das gute wirtschaftliche Ergebnis gilt bereits für den standardmäßig eingesetzten wärmegeführten Betrieb des Blockheizkraftwerks, wobei eine intelligente stromoptimierte Steuerung mit Lastspitzenmanagement die Wirtschaftlichkeit weiter verbessert. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass Blockheizkraftwerke auf längerfristigen Betrieb ausgelegt sind. Bei jährlichen Betriebszeiten von 4000 bis 8000 Stunden ergibt sich ein Betrieb des Blockheizkraftwerks über sechs bis zwölf Jahre.

1 Einleitung

Im Rahmen des Projekts *GalvanoFlex_BW* beschäftigt sich das Reutlinger Energiezentrum (REZ) der Hochschule Reutlingen mit Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken (BHKW) in Industriebetrieben im Allgemeinen, wobei der Einsatz von BHKW in der Galvanikbranche im Vordergrund steht.

Zu diesem Zweck wird ein eigens entwickeltes, auf Matlab-Simulink basierendes Simulationsmodell genutzt, mit dem der Betrieb von Blockheizkraftwerken auf Basis der jeweiligen Strom- und Wärmelastprofile in hoher zeitlicher Auflösung über ein komplettes Jahr berechnet werden kann. Das Stromlastprofil kann dabei zumeist aus der registrierenden Leistungsmessung (RLM) des Energieversorgers in ¼-Stundenaufösung entnommen werden. Die Vorgabe des Wärmelastprofils gestaltet sich dagegen schwieriger, da häufig keine entsprechenden Messwerte vorliegen. In diesem Fall muss auf Standardlastprofile ausgewichen werden, die beispielsweise beim BDEW für verschiedene Branchen verfügbar sind [1].

Im Zuge des Forschungsprojekts konnte der Wärmebedarf in einem Galvanikbetrieb über den Zeitraum von zwei Wochen in hoher Auflösung gemessen werden, und aus diesen Daten ist unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankung der Außentemperatur ein Jahreswärmelastprofil erstellt worden, das den nachfolgend dargestellten Wirtschaftlichkeitsrechnungen zugrunde liegt.

Das zuvor erwähnte Simulationsmodell bietet außerdem die Möglichkeit, den Betrieb eines Blockheizkraftwerks nicht nur wärmegeführt zu berechnen, sondern auch stromoptimiert unter spezieller Berücksichtigung der Deckung von elektrischen Lastspitzen. Zu diesem Zweck wird der in einer Blockheizkraftwerk-Anlage ohnehin erforderliche Wärmespeicher gezielt genutzt, um die Betriebszeit des Blockheizkraftwerks in die Phasen zu verschieben, in denen hoher Strombedarf im Unternehmen oder gar eine elektrische Lastspitze vorliegen. So kann sowohl die vom Blockheizkraftwerk erzeugte Wärme nach wie vor vollständig genutzt als auch der externe Strombezug sowie die jährliche Leistungsspitze gesenkt werden. Letzteres erhöht die Wirtschaftlichkeit gegenüber dem wärmegeführten Betrieb, der derzeit mangels geeigneter intelligenter Steuerungsalgorithmen noch den Standardbetriebsfall für Blockheizkraftwerke darstellt.

2 Methodik

Wie eingangs erwähnt, werden mit Hilfe des Simulationsmodells Berechnungen zum Betrieb eines Blockheizkraftwerks in einem

Industriebetrieb über ein komplettes Jahr durchgeführt. Dieser Betrachtungszeitraum ist erforderlich, um die jahreszeitlichen Schwankungen des Wärmebedarfs zur Raumheizung adäquat zu erfassen. Aus der Simulation ergeben sich die jährliche Anzahl Betriebsstunden für das Blockheizkraftwerk sowie die von ihm erzeugten Mengen an elektrischem Strom und Wärme. Aufgrund der zeitaufgelösten Berechnung kann zudem angegeben werden, welche Menge an erzeugtem Strom aufgrund der Gleichzeitigkeit mit dem Verbrauch direkt im Unternehmen verwendet werden kann. Zudem ergibt sich auf diese Weise die verbleibende Spitze der elektrischen Bezugsleistung. Beide Informationen sind wichtig für die nachgelagerte Wirtschaftlichkeitsberechnung des Blockheizkraftwerks, und es ist offensichtlich, dass eine genaue Angabe dieser Werte nur mit Hilfe einer zeitaufgelösten Berechnung möglich ist. Einfache, pauschale Berechnungsmethoden sind dafür nicht geeignet.

Wie angedeutet, erfolgt die Berechnung der Wirtschaftlichkeit nachgelagert, in dem die jeweiligen Energiemengen mit den zugehörigen Tarifen verrechnet werden. Als Vergleichsmaßstab dient der Ausgangszustand, nach dem der benötigte elektrische Strom aus dem Netz bezogen wird und die benötigte Wärme mit Hilfe von Gasbrennern beziehungsweise -kesseln bereitgestellt wird. Dabei werden ein durchschnittlicher Industriestrompreis von 18,44 ct/kWh_{el} (nach BDEW für 2019 [2]) sowie ein Leistungspreis von 97,7 €/kW_{el} zugrunde gelegt. Der Tarif für das bezogene Erdgas wird auf einen Preis von 2,82 ct/kWh(Hs) (aus statista für Industriebetriebe 2019 [3]) festgelegt.

Die Vergütungen für den vom Blockheizkraftwerk erzeugten Strom werden nach dem aktuellen KWKG-Gesetz geregelt. Demnach erhält man für den selbstverbrauchten Strom aus einem Blockheizkraftwerk einen sogenannten KWKG-Zuschlag. Dieser beträgt 4 ct/kWh_{el} für Blockheizkraftwerke unterhalb 50 kW elektrischer Leistung. Für die Leistung zwischen 50 und 100 kW_{el} beträgt der Zuschlag 3 ct/kWh_{el}, und für Anlagen oberhalb von 100 kW elektrischer Leistung entfällt der Zuschlag. Zudem müssen für den selbstverbrauchten Strom 40 % der EEG-Umlage abgeführt werden, sofern das Blockheizkraftwerk vom Unternehmen betrieben wird. Erfolgt der Betrieb im Contracting, fällt die EEG-Umlage komplett an. Für Strom aus einem Blockheizkraftwerk, der in das Netz der öffentlichen Versorgung eingespeist wird, wird ebenfalls ein KWKG-Zuschlag gezahlt, der doppelt so hoch ist wie im Falle von selbstverbrauchtem Strom und der auch für Blockheizkraftwerke oberhalb einer Leistung von 100 kW_{el} anfällt, al-

lerdings in mit der Leistung abnehmender Höhe. Zusätzlich wird der eingespeiste Strom mit dem sogenannten üblichen Preis vergütet, der quartalsweise an der Strombörse festgelegt wird und aktuell 3,58 ct/kWh_{el} beträgt. Außerdem wird das vermiedene Netzentgelt erstattet; dieser Betrag ist allerdings gering und liegt im Bereich von etwa 0,5 ct/kWh_{el}. Für den Brennstoff, der in Blockheizkraftwerken umgesetzt wird, entfällt zudem anteilig die Energiesteuer. Für Erdgas beträgt die sogenannte Energiesteuerrückerstattung bei teilweiser Entlastung 0,442 ct/kWh(Hs).

Die Wartungskosten für das Blockheizkraftwerk und die Investitionskosten sind aus den Kenndaten für Blockheizkraftwerke 2014/2015 der ASUE [4] entnommen. Dort sind Regressionsgleichungen in Abhängigkeit der elektrischen Leistung des Blockheizkraftwerks gegeben, die hier zusätzlich mit einer Teuerungsrate von 2 % p. a. von 2014 auf 2019 hochgerechnet wurden. Für eine Anlage mit 50 kW elektrischer Leistung ergeben sich danach beispielsweise Investitionskosten von 68 351 Euro für das Blockheizkraftwerk sowie 30 758 Euro (hier 45 % der Kosten des Blockheizkraftwerks) für Transport, Installation und Inbetriebnahme. Die Wartungskosten liegen bei 2,29 ct/kWh_{el}. Bei einem Blockheizkraftwerk mit 200 kW elektrischer Leistung fallen Investitionskosten in Höhe von 167 836 Euro zuzüglich 85 596 Euro für Installation etc. sowie Wartungskosten von 1,55 ct/kWh_{el} an. Die Investitionskosten für den Pufferspeicher, als weitere wichtige Komponente der Anlage, sind aus einem Datenpool von verschiedenen Herstellern ermittelt worden.

Zum Pufferspeicher ist zu sagen, dass diese Komponente nicht nur zur Vermeidung des Taktbetriebs des Blockheizkraftwerks dient, wie noch überwiegend angenommen wird. Der Pufferspeicher erfüllt darüber hinaus wichtige Funktionen in der kurzzeitigen Bereitstellung thermischer Spitzenlast, was hilft, um den Betrieb des Zusatzkessels zurückzudrängen, sowie in der Flexibilisierung des Betriebs eines Blockheizkraftwerks. Aus diesen Gründen sollte der Pufferspeicher keinesfalls zu klein ausgelegt werden.

3 Ergebnisse

Zunächst wird ein Unternehmen aus der Galvanikbranche mit einem jährlichen Strombedarf von 500 MWh und einem jährlichen Wärmebedarf von 1200 MWh betrachtet (Unternehmen 1). Dieses Verhältnis von Strom- zu Wärmebedarf passt gut zum Verhältnis der Strom- und Wärmeerzeugung in einem Blockheizkraftwerk, das bei kleineren Anlagen bei etwa 1:2 liegt und zu größeren hin bis auf etwa 1:1 ansteigt. Die elektrische Leistungsspitze des Unternehmens liegt bei 101,6 kW. Für dieses Unternehmen sind Blockheizkraftwerke verschiedener Größe berechnet worden, konkret wurden Anlagen mit elektrischen Leistungen von 30 kW, 50 kW, 100 kW, 150 kW und 250 kW betrachtet; in *Abbildung 1* ist zu erkennen, dass die kleinen Blockheizkraftwerke mit etwa 8000 Betriebsstunden pro Jahr nahezu durchgängig laufen, aber den Wärmebedarf nur knapp zur Hälfte decken. Bei der größten Anlage mit 250 kW_{el} ist die Wärmedeckung dagegen zu nahezu 100 % möglich bei einer jährlichen Betriebsstundenzahl von etwa 4000. Interessant ist der Verlauf der Stromdeckung, die für Blockheizkraftwerke zwischen 50 kW_{el} und 100 kW_{el} maximal wird, das heißt, in diesem Bereich kann der höchste Anteil des Strombedarfs im Unternehmen durch das Blockheizkraftwerk gedeckt werden, hier bis zu etwa 75 %. Somit sollte das Blockheizkraftwerk mit der besten Wirtschaftlichkeit in diesem Bereich liegen.

Diese Annahme wird durch *Abbildung 2* bestätigt, in der die Amortisationszeiten aufgetragen sind, die sich mit Hilfe der Annuitä-

tengleichung mit einem Zinssatz von 2 % und den oben gegebenen Randbedingungen zur Wirtschaftlichkeitsrechnung ergeben. Es ist zu erkennen, dass sich das Blockheizkraftwerk mit 50 kW_{el} mit einer Amortisationszeit von zwei Jahren am besten darstellt, gefolgt von den Anlagen mit 30 kW_{el} und 100 kW_{el}, die sich zwischen 2,3 und 2,5 Jahren amortisieren. Dies belegt, dass der Einsatz eines Blockheizkraftwerks in dem betrachteten Unternehmen wirtschaftlich überaus lukrativ ist.

Der Vergleich der verschiedenen Betriebsweisen zeigt, dass die Unterschiede gering sind. Dennoch, mit Ausnahme der Anlage mit 30 kW_{el} führen der stromoptimierte Betrieb ohne und insbesondere mit Lastspitzenmanagement wie erwartet zu einer weiteren, wenn auch hier geringen, Absenkung der Amortisationszeit. Ursache dafür ist der relativ gleichmäßige Stromverbrauch in dem betrachteten Unternehmen, was sich unter anderem dadurch zeigt, dass sich die elektrische Lastspitze bei Betrieb des Blockheizkraftwerks mit einer Leistung von 50 kW_{el} mit Lastspitzenmanagement nur von 101,6 kW auf 83 kW absenken lässt, obwohl die Anlage nahezu 8000 Stunden im Jahr läuft. Die höhere Amortisationszeit beim Blockheizkraftwerk mit 30 kW_{el} im rein stromoptimierten Betrieb ist durch eine geringere Laufzeit des Blockheizkraftwerks im Vergleich zum wärmegeführten Betrieb zu erklären, die in der Sommerzeit bei geringerem Wärmebedarf entsteht, wenn die Anlagen mit geringerer thermischer Leistung auf die Eigenstromdeckung ausgerichtet sind.

Um das Potenzial des stromoptimierten Betriebs eines Blockheizkraftwerks insbesondere mit Lastspitzenmanagement aufzuzeigen, sei im Folgenden auf die Ergebnisse für ein zweites Unternehmen verwiesen (Unternehmen 2), das im Unterschied zu Unternehmen 1 einen erheblich höheren Strombedarf im Vergleich zum Wärmebedarf besitzt und zudem eine elektrische Lastgangkurve mit ausgeprägter Lastspitze aufweist. Konkret beträgt der jährliche Strombedarf in diesem Unternehmen 1850 MWh bei einer elektrischen Leistungsspitze von 740 kW; der jährliche Wärmebedarf liegt bei lediglich 400 MWh. Bedingt durch das quasi umgekehrte Verhältnis von Strombedarf zu Wärmebedarf im Vergleich zu Unternehmen 1 ergibt sich hier eine andere Auslegung für das Blockheizkraftwerk. Während der geringere Wärmebedarf die Leistungsgröße der Anlage einerseits begrenzt, bietet der höhere Strombedarf andererseits die Gelegenheit, die Leistung des Blockheizkraftwerks zu erhöhen, da eine größere Menge des erzeugten Stroms direkt im Unternehmen genutzt werden kann; dies ist wirtschaftlich sinnvoller, als den erzeugten Strom in das Netz der öffentlichen Versorgung einzuspeisen. Vor diesem Hintergrund stellt

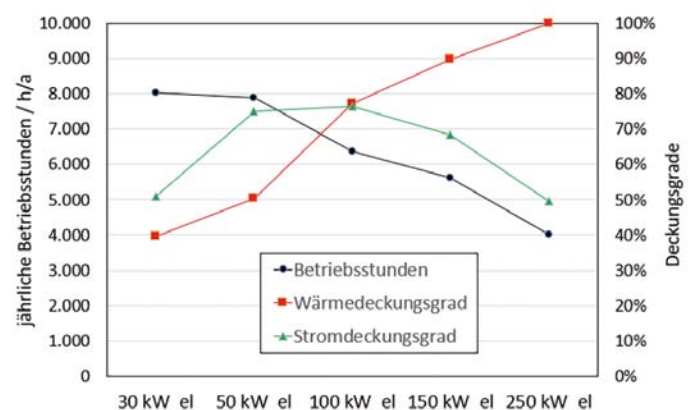


Abb. 1: Betriebsstunden, Wärme- und Stromdeckungsgrad für Blockheizkraftwerke unterschiedlicher Leistung (Unternehmen 1)

OBERFLÄCHEN

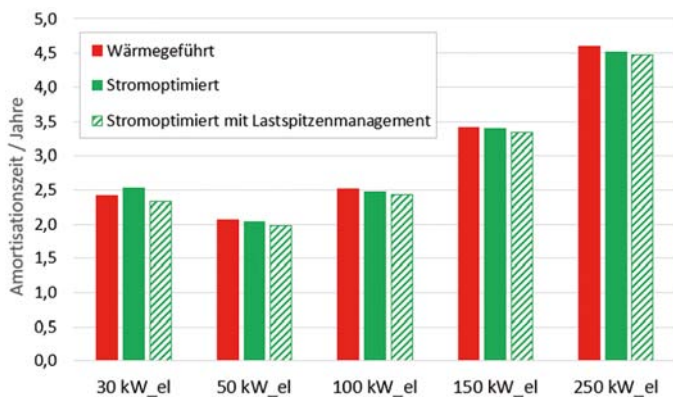


Abb. 2: Amortisationszeiten für Blockheizkraftwerke unterschiedlicher Leistung (Unternehmen 1)

sich für Unternehmen 2 ein Blockheizkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 70 kW als die wirtschaftlichste Variante heraus. Im Unterschied zu Unternehmen 1 erreicht das Blockheizkraftwerk aufgrund der mit Blick auf den Jahreswärmebedarf höheren Leistung eine jährliche Betriebszeit von nur etwa 3500 Stunden.

Dass bei dieser geringeren jährlichen Betriebszeit dennoch ein wirtschaftlicher Betrieb des Blockheizkraftwerks möglich ist, zeigt *Abbildung 3*. Hier sind die Amortisationszeiten für das gewählte Blockheizkraftwerk mit 70 kW elektrischer Leistung aufgetragen, und es ist zu erkennen, dass sich die Anlage zwischen 2,1 und 2,6 Jahren amortisiert. Die Darstellung über der Größe des Pufferspeichervolumens bestätigt die eingangs aufgestellte These, dass der Pufferspeicher nicht zu klein ausgelegt werden sollte, wenn die maximale Wirtschaftlichkeit des Blockheizkraftwerks erreicht werden soll. *Abbildung 3* zeigt, dass die Erhöhung des Pufferspeichervolumens ab einer gewissen Größe keine oder nur noch geringe Verbesserungen bewirkt. Diese Abhängigkeit gilt allgemein, und im vorliegenden Fall wäre ein Pufferspeicher mit einem Volumen von 5 m³ ausreichend.

Beim Vergleich der unterschiedlichen Betriebsarten fällt auf, dass der stromoptimierte Betrieb insbesondere bei kleinen Pufferspeichern am unwirtschaftlichsten ist. Ursache ist wiederum die durch den Sommerbetrieb verursachte geringere Laufzeit des Blockheizkraftwerks gegenüber dem wärmegeführten Betrieb, wie zuvor ausgeführt. Der Pufferspeicher wirkt dabei ausgleichend, so dass der Effekt mit steigendem Volumen des Pufferspeichers kleiner wird. Deutlich erkennbar ist aber nun der Vorteil des Lastspitzenmanagements. Durch den gezielten Betrieb des Blockheizkraftwerks zu den Zeiten der elektrischen Leistungsspitzen ergibt sich bei ausreichend großem Pufferspeicher (hier mindestens 5 m³) eine Absenkung der Amortisationszeit um etwa 0,2 Jahre, was einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von knapp 10 % entspricht.

4 Fazit

Am Beispiel von zwei Unternehmen mit stark unterschiedlichen Strom- und Wärmebedarfswerten konnte aufgezeigt werden, dass der Einsatz von Blockheizkraftwerken in jedem Fall wirtschaftlich lohnenswert ist. Die berechnete Amortisationszeit lag in günstigsten Fall jeweils bei etwa zwei Jahren. Darüber hinaus ist deutlich geworden, dass die Auslegung des Blockheizkraftwerks stark von den Strom- und Wärmebedarfswerten abhängt und dass der Pufferspeicher keinesfalls zu klein ausgelegt werden sollte.

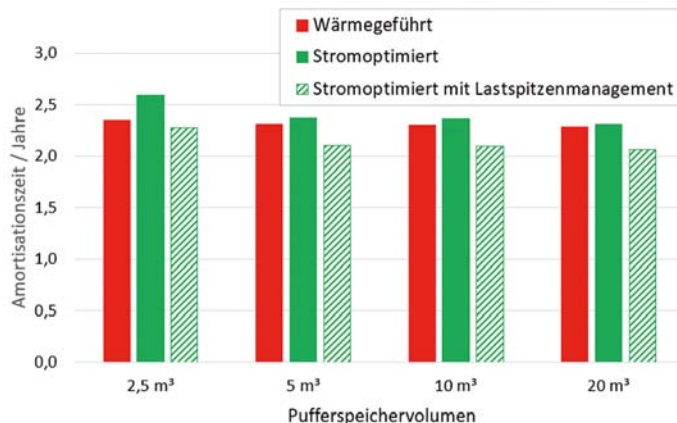


Abb. 3: Amortisationszeiten für ein Blockheizkraftwerk mit 70 kW_{el} und mit Pufferspeichern unterschiedlicher Größe (Unternehmen 2)

Aus diesen Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass der Einsatz von Blockheizkraftwerken in Industriebetrieben in vielen Fällen wirtschaftlich ist und deshalb angedacht werden sollte. Dies gilt bereits für den standardmäßig eingesetzten wärmegeführten Betrieb des Blockheizkraftwerks, wobei eine intelligente stromoptimierte Steuerung mit Lastspitzenmanagement die Wirtschaftlichkeit weiter verbessert. Zur Verstärkung dieser These sei darauf verwiesen, dass Blockheizkraftwerke auf einen längerfristigen Betrieb ausgelegt sind. Das bedeutet, dass bis zu einer Generalüberholung, die nach etwa 50 000 Betriebsstunden fällig ist, neben den bereits einkalkulierten Wartungskosten im Normalfall keine weiteren Instandhaltungskosten anfallen. Bei jährlichen Betriebszeiten von 4000 Stunden bis 8000 Stunden ergibt sich somit ein Betrieb des Blockheizkraftwerks über sechs bis zwölf Jahre. Wenn die Anlage dabei bereits nach zwei Jahren amortisiert ist, stehen den Kosteneinsparungen gegenüber dem konventionellen Strombezug und dem Betrieb von Heizkesseln in den Folgejahren keine Kapitalkosten mehr entgegen. Wird auf dieser Grundlage die Wirtschaftlichkeit eines Blockheizkraftwerks in den betrachteten Unternehmen über die gesamte Betriebszeit nach der Methode des internen Zinsfußes berechnet, so ergeben sich Werte zwischen 20 % und 30 %, was den lohnenswerten Einsatz entsprechender Anlagen in Industrieunternehmen nochmals eindrucksvoll herausstellt.

Literatur

- [1] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), <https://www.bdew.de/energie/standardlastprofile-gas/>
- [2] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW): BDEW Strompreisanalyse Juli 2019 - Haushalte und Industrie; Berlin, 23.7.2019
- [3] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168528/umfrage/gaspreise-fuer-gewerbe--und-industriekunden-seit-2006/>
- [4] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE): BHKW-Kenndaten 2014/2015; Berlin, 2014, www.asue.de

Kontakt

Reutlinger Energiezentrum (REZ) – Hochschule Reutlingen, Prof. Dr. Bernd Thomas, M.Sc. Tobias Müller, Alteburgstraße 150, D-72762 Reutlingen; Tel. +49 7121 271 7041; E-Mail: bernd.thomas@reutlingen-university.de, tobias.mueller@reutlingen-university.de

➔ www.reutlingen-university.de/de/forschung/lehr-und-forschungszentren/reutlinger-energiezentrum/

Verabschiedung der neuen Galvanotechniker

Zeugnisübergabe für die Absolventen der Fachschule für Galvanotechnik

Grund zum Feiern gab es in Schwäbisch Gmünd: Die Gewerbliche Schule konnte in diesem Schuljahr 18 erfolgreiche Absolventen der Fachschule für Galvanotechnik Schwäbisch Gmünd verabschieden. Schulleiterin Sabine Fath begrüßte die Gäste und beglückwünschte die neuen Galvanotechniker, darunter eine Technikerin, zu ihrer erfolgreich abgeschlossenen Weiterbildung. Mit einem Preis und fünf Belobigungen bei einem Klassendurchschnitt von 2,5 ist die Freude über einen sehr erfolgreichen Jahrgang groß.

Dr. Stefan Scheffold, MdL, betonte in seinem Grußwort den Stellenwert der dualen Aus- und Weiterbildung in Baden-Württemberg als Garant für die wirtschaftliche Entwicklung und hob die Vorbildfunktion der beruflichen Bildung für die europäischen Nachbarstaaten hervor. Für den Ostalbkreis als Schulträger überbrachte Marion Freytag, stellvertretende Geschäftsstellenleiterin, die Glückwünsche des Kreistags und der Landkreisverwaltung. Sie betonte die Bedeutung der praktischen Berufsausbildung neben der akademischen auch vor den Herausforderungen der Digitalisierung und Industrie 4.0. Gratulationen kamen auch von Dr. Joachim Bläse, Erster Bürgermeister der Stadt Schwäbisch Gmünd. Er erinnerte an die lange Tradition der Galvanotechnik in der Gold- und Silberstadt Schwäbisch Gmünd, die sich heute in einer Reihe von Institutionen fortsetzt und hob die Wichtigkeit der dualen Ausbildung als bedeutsamer Faktor der Wirtschaft der Region hervor. Karl Hieber von der Geschäftsleitung der Umicore Galvanotechnik freute sich über die Leistungen der Absolventen und verdeutlichte die aktuellen Herausforderungen in den Unternehmen, die zugleich Chancen für die

frischgebackenen Techniker bieten. Für den Förderverein für die Fachschulen der Galvano- und Leiterplattentechnik Schwäbisch Gmünd e.V. überbrachte Martin Kull, stellvertretender Vorstandsvorsitzender, zusammen mit Vorstandsmitglied Arndt Striso den neuen Technikern und der Technikerin die Glückwünsche und übergab die Preise des Fördervereins für die besten Leistungen.

Die erfolgreichen Absolventen der Fachschule sind (P = Preis, B = Belobigung):

Anton All, Ahmet Deniz, Danylo Dudchenko, Andreas Gieß, André Grandel (B), Maurice Heiden, Umut Kasarca (B), Manuel Knoblauch, Jamy Mae Konuk, Lukas Lofent, Haki Meha, Marco Nagel, Dimitrios Pavlidis, Anton Petri, Denis Prosic (P), Sascha Schiefele (B), Roman Schlecht (B), Patrick Steinhauer (B).

Die Ergebnisse ihrer Abschlussarbeit zum Thema *Elektrochemische Platin-Phosphor-Abscheidung für Brennstoffzellen mittels Pulse-Plating-Technik* stellten Danylo Dudchenko und Andreas Gieß vor. Durchgeführt wurde die Arbeit am Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie (fem) in Schwäbisch Gmünd. André Grandel und Marco Nagel präsentierten die bei der Firma Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG in Teisnach durchgeführte Arbeit zum Thema *Entwicklung eines optimierten Verfahrensablaufs zur Kupferbeschichtung mittels Reverse Pulse Plating auf Hochfrequenz-Leiterplatten*.

In seinem Rückblick auf zwei Jahre Techniker Ausbildung in Schwäbisch Gmünd sprach Klassensprecher Lukas Lofent dem Förderverein der Fachschulen, der Schule, der Lehrerschaft und den Angehörigen im Namen der Absolventen ihren Dank aus.

➔ www.gs-gd.de



(Bild: A. Striso/Förderverein Galvanicus)

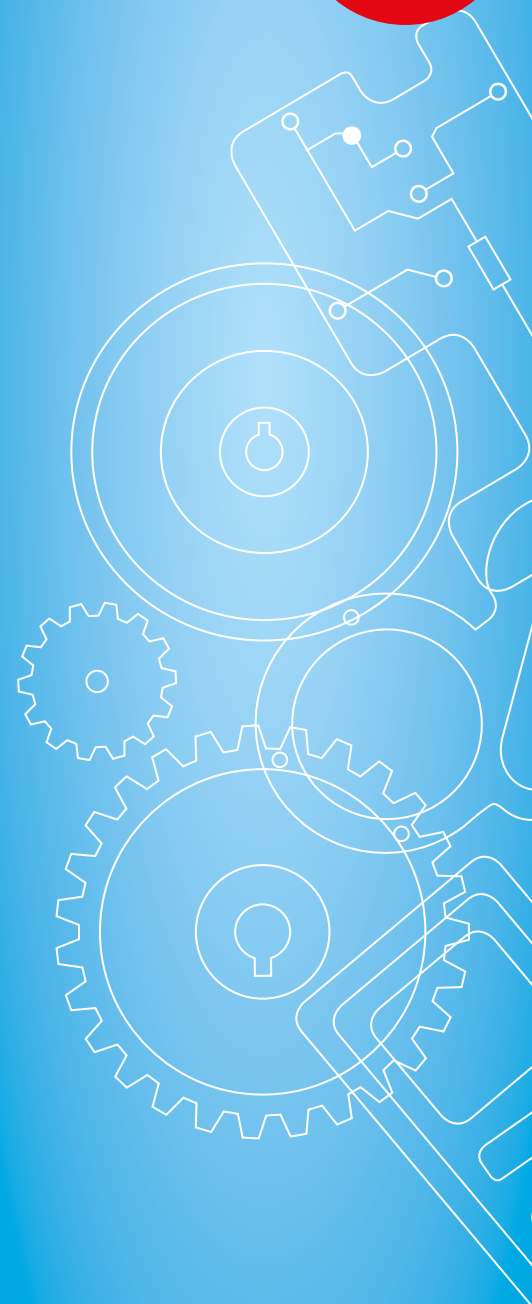
parts2clean

Internationale Leitmesse
für industrielle Teile- und
Oberflächenreinigung

22. – 24. Oktober 2019
Stuttgart • Germany

parts2clean.de

Save
the
Date



Deutsche
Messe

parts2
clean

Neue KTL-Anlage am BSZ für Bau- und Oberflächentechnik Zwickau

Ende März 2019 wurde am Beruflichen Schulzentrum für Bau- und Oberflächentechnik des Landkreises Zwickau (kurz: BSZ) eine neue Anlage zur kathodischen Tauchlackierung (kurz: KTL) im Wert von über 51 000 Euro in Betrieb genommen. Die für den berufspraktischen Unterricht vorgesehene Anlage besteht aus einem Laborgleichrichter sowie einem entsprechendem Tauchbecken für Probeblechbeschichtungen im Labormaßstab.

Der am BSZ verwendete Laborgleichrichter ist laut der Gorkotte GmbH Ing.-Büro Anlagenbau der gängigste Typ, der auch an allen deutschen Automobilfirmen mehrfach geliefert wurde. Er hat alle nach dem Stand der Technik für die KTL-Laborprüfungen benötigten Einrichtungen. Dazu zählen:

- Messbereiche für Spannung
- Coulombmeter mit Grenzwertschaltung
- Schaltuhr und Wahlmöglichkeiten der verschiedenen Programme für Spannungskonstanz, Stromkonstanz mit Spannungsgrenze und frei wählbare Spannungsrampe
- Vernetzung über Bildschirmregistriersystem zum PC
- hohe Leistung zur Realisierung von Durchbruchtests

Vor allem in der Automobilindustrie wird Elektrotauchlackierung eingesetzt. Hierbei liegt ein elektrisch leitfähiger, wässriger Lack vor, in den das zu lackierende Teil eingetaucht wird. Die Herstellung des Lackfilms auf dem metallischen Untergrund wird durch einen elektrischen Strom ausgelöst, wobei die Abscheidung des Lackfilms sowohl an der Anode als auch an der Kathode erfolgen kann (anodische oder kathodische Tauchlackierung; es handelt sich allerdings um grundsätzlich unterschiedliche Lacksysteme).

Im Falle des kathodischen Lacksystems erfolgt durch die Entwicklung von Wasserstoff



Fachlehrer Benjamin Trinks (linkes Bild, links) mit Referendar Oliver Böhme (linkes Bild, rechts) freuen sich über die neue Einrichtung zur Elektrotauchlackierung am BSZ in Zwickau



an der Kathode eine Erhöhung des pH-Werts des Lacks, die zur Reaktion der vorhandenen Lackbestandteile führt – eine Art von Ausfällung vor der Kathode. Der gebildete Lackfilm ist zwischen etwa 5 µm und bis zu 30 µm dick und enthält Reste von Lösemittel und Wasser. Die Dicke des Lackfilms wird aufgrund des steigenden elektrischen Widerstands des gebildeten Lackfilms begrenzt. Der Film wird nach dem Auftragen durch eine Wärmebehandlung bei etwa 180 °C bis 220 °C (je nach Art des Lacks) ausgehärtet, wobei neben einer Vernetzungsreaktion das vorhandene Wasser und Lösemittel aus dem Lackfilm ausgetrieben werden.

Elektrotauchlackierungen sind in ihrer Dicke sehr gleichmäßig und werden in der Automobilindustrie mit weiteren Lacksystemen (Nasslack oder Pulverlack) zu dickeren Ge-

samtackierungen erweitert. Die Elektrotauchlackierung ist hier die erste Lackierung (Grundlackierung).

Die Anschaffung der Anlage am BSZ für Bau- und Oberflächentechnik dient der Ausbildung im Bereich der Oberflächentechnik für die länderübergreifenden Fachklassen der Oberflächenbeschichter (früher: Galvaniseure) sowie der Landesfachklassen der Verfahrensmechaniker für Beschichtungstechnik. Das Einzugsgebiet der hier ausgebildeten Lehrlinge erstreckt sich dabei neben Sachsen über mehrere Bundesländer, insbesondere Thüringen, Sachsen-Anhalt, Berlin, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern.

B. Trinks

➔ www.bsz-bautechnik-zwickau.de

- Harteloxieren
- Chemisch Vernickeln
- Polymerbeschichtungen
- Zinklamellenbeschichtung
- und vieles mehr



Kollektive Angststörung

Gedanken von Dr. Malte M. Zimmer, Ressortleiter Umwelt- und Chemikalienpolitik des Zentralverband Oberflächentechnik e. V., Hilden

Bei der eingehenden Beschäftigung mit den Vorgängen rund um die Regularien der Chemikalien- und Umweltpolitik in Europa, kommt man nicht umhin, einige sehr verstörende Entwicklungen zu beobachten. Beispielsweise ist eine wachsende Risikoanahme zu finden. Obwohl wir Menschen im Durchschnitt immer älter werden – bei guter Gesundheit –, finden immer mehr angebliche Risikofaktoren den Weg in den Fokus von Politik und der Gesellschaft. Erstaunlicherweise befinden sich gerade Länder mit hohem Sicherheitsstandard – wie Deutschland oder Schweden – ganz vorn bei weiteren Verschärfungen von Regulierungen. Nahezu jeder Lebensbereich wird von *Warnern* und *Experten* besetzt, die nicht müde werden, auf die Gefahren für Gesundheit, Umwelt und Zukunft hinzuweisen und Maßnahmen zu fordern.

Mittlerweile werden fast täglich neue Substanzen, Produkte und Errungenschaften der modernen Zivilisation gebrandmarkt. Beispiele sind Kohle, Erdöl, Dieselmotoren, Nickel, Chromtrioxid und sogar Chrom(III), Titandioxid, Biozide, Fungizide und viele mehr. Die Umwelt erhält irreparable Schäden durch Feinstaub und Mikroplastik und *endokrine Disruptoren*. Das Klima wird durch Treibhausgase bis zur Lebensfeindlichkeit verändert.

Wird den tatsächlich beobachtbaren negativen Auswirkungen dieser vielbeschworenen Risikofaktoren nachgegangen, so sind allerdings erstaunlich wenig belastbare Daten zu finden. Auch im täglichen Leben sind sie so gut wie nicht beobachtbar. Es werden teils absurde Studien, Modellrechnungen oder Simulationen bemüht, um jedermann von den herrschenden – und zunehmenden – Gefahren zu überzeugen. Mittlerweile sind auch diejenigen, die seit Jahren von den Errungenschaften der Moderne profitieren, davon überzeugt, dass sich ihre Lebensumstände stark verschlechtern haben oder es zumindest bald tun werden.

Diese Feststellungen lassen sich bereits seit vielen Jahren ausmachen. Auf die Angst vor atomarer Verstrahlung folgte die Angst vor der neuen Eiszeit, dem nicht mehr zu vermeidenden Waldsterben, Flutkatastrophen, dem Millennium, der Klimaerwärmung und todbringenden Chemikalien.

Der Autor erinnert sich noch gut, wie sehr das angekündigte Waldsterben auf ihn als Jugendlichen beängstigend gewirkt hat. Es war mit entscheidend für die Studienwahl. Doch mit den Jahren stellten sich all die aufeinander folgenden, angstmachenden Behauptungen als übertrieben heraus. Mit der zunehmenden wissenschaftlichen Ausbildung erwiesen sich die meisten dieser Bedrohungen als unhaltbar oder schlicht falsch.

Über die Nutznießer dieser ständig neuen und immer bedrohlicheren Katastrophenmeldungen für das Überleben der Menschheit kann spekuliert werden. Die Frage ist nur, warum immer mehr Menschen, gerade in den hochentwickelten Industrieländern, Bedrohungen annehmen. Warum sie entgegen ihrem objektiven Erleben eines gegenüber den früheren Zeiten langen und gesunden Lebens, den Warnungen und Ankündigungen von immer größeren Gefahren Glauben schenken.

Gehen wir davon aus, dass die *Warner* aus tatsächlich uneigennütigen Motiven handeln, muss es andere Ursachen für den ständigen Glauben an Untergangs- und Gefahrenszenarien geben. Ohne selbst *Experte* auf diesem Gebiet zu sein, stieß der Autor bei der Recherche auf folgende Formulierungen: **Generalisierte Angststörung (ICD-10 F41.1):** *Eine diffuse Angst mit Anspannung, Besorgnis und Befürchtungen über alltägliche Ereignisse und Probleme über einen Zeitraum von mindestens sechs Monaten, begleitet von weiteren psychischen und körperlichen Symptomen.*

Eine weitere Erläuterung lautet wie folgt: *Unter die generalisierten Angststörungen werden anhaltende Symptome von Angst zusammengefasst, die sich ebenfalls nicht auf bestimmte Situationen beschränken. (...) Die Betroffenen kennen den Auslöser ihrer Angst oft nicht. Sie werden zum Beispiel von der Furcht gequält, dass sie oder ihre Angehörigen erkranken oder Unfälle erleiden könnten.* In der Tat beobachten wir eine weit verbreitete, ja kollektive Angst vor alltäglichen Situationen wie Essen, Atmen, Arbeiten oder dem Erleben der Natur. Das Thema ist nicht fixiert, sondern wird bereitwillig gewechselt, sobald die nächste Katastrophe medienwirksam in Szene gesetzt wird.



Hinzu kommt die allgemein bekannte Tatsache, dass vor allem Unbekanntes Angst machen kann. **Aber:** Wer hat denn das Klima wirklich verstanden? Wer versteht Simulationen komplexer Systeme? Wer kennt die tatsächlichen komplexen Zusammenhänge des Biozideinsatzes? Wer kann die Aussagekraft von toxikologischen Tierversuchen auf den Alltag beurteilen? Und wer hat Chemie über das notwendige rudimentäre Schulwissen hinaus betrieben?

Es gibt viele Dinge und Zusammenhänge, die von der breiten Gesellschaft nicht mehr verstanden werden. Zusammen mit dringenden Warnungen über angebliche unmittelbare Gefahren entstehen Ängste. Und Ängste führen zu irrationalen Entscheidungen.

Dem Autor hilft in solchen Situationen oft, sich von den allgemein anerkannten oder von *Experten* erhobenen Behauptungen aktiv zu distanzieren und ein wenig Plausibilität walten zu lassen. Einfache Fragen können da helfen:

- Ist es sinnvoll, persistente Substanzen grundsätzlich als schädlich zu betrachten? Wäre vor Jahrmillionen die Bildung von Erdöl und Kohle – beide offensichtlich hoch-persistent – unterbunden worden, hätte sich unsere moderne Gesellschaft nicht entwickeln können.
- Ist es sinnvoll, Kohlenstoffdioxid als Schadgas einzustufen, wo doch die gesamte Flora daraus den von uns benötigten Sauerstoff herstellt?
- Ist es sinnvoll, das uns in allen Farben begegnende Titandioxid als krebserregend zu brandmarken, obwohl noch niemand eine stoffbezogene negative Folge davon beobachten konnte?
- Ist es sinnvoll, Quarzstaub als schädlich einzustufen, sich dann aber auf weiße Strände zu legen?
- War es sinnvoll, das Millennium als bedrohlich zu empfinden, obwohl das Datum eine

VERBÄNDE

rein von Menschen geschaffene künstliche Einrichtung ist?

- Ist es sinnvoll, Feinstaub zu fürchten, obwohl die in jedem Frühjahr auftretende Pollenflut nichts anderes darstellt?
- Ist es sinnvoll, das auch heute schwankende Klima allein den menschlichen Einflüssen zuzuschreiben, obwohl es seit Jahrmit-

tionen vielfach Warmzeiten und Eiszeiten gegeben hat?

- Ist es sinnvoll anzunehmen, toxikologische Versuche, bei denen Tiere extremen Überdosierungen ausgesetzt werden, ließen sich auf die menschlichen Alltagsbedingungen übertragen?

Wenn wir uns nicht von Angst blenden lassen, führt uns die aufkommende Gelassenheit möglicherweise zu neuen Einsichten. Und wir sind nicht länger Spielball derer, denen die Angst wirtschaftlich nutzt. Ohne die Beeinträchtigung durch die beschriebene Angststörung könnten auch Regulierer rational und mit Augenmaß handeln.

Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. (DVS)

DVS-Hauptgeschäftsführer Dr. Boecking im Board of Directors des IIW

Die 72. Jahresversammlung mit nachfolgender Konferenz des International Institute of Welding (IIW) vom 7. bis 12. Juli 2019 in Bratislava/Slowakei war für den DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. von besonderer Bedeutung. Denn DVS-Hauptgeschäftsführer Dr.-Ing. Roland Boecking wurde als neues Mitglied in das Board of Directors des IIW gewählt. Damit ist Deutschland nunmehr mit drei Mitgliedern in diesem Gremium des Internationalen Verbandes für Schweißtechnik vertreten; ihm gehören bereits Professor Dr.-Ing.habil. Thomas Böllinghaus, Vizepräsident der BAM Berlin, und Dipl.-Ing. Christian Ahrens, International Welding Consultant, Duisburg, an.

Der Präsident des IIW, Douglas Luciani aus Kanada, konnte zur Generalversammlung zahlreiche Vertreter der IIW-Mitgliedsorganisationen aus 55 Ländern begrüßen. Wichtige Themen wurden in der Versammlung be-

sprochen, Entscheidungsvorlagen vorgestellt und darüber abgestimmt.

Dr. Boecking empfindet es als eine Ehre, in das Board of Directors aufgenommen worden zu sein. Er freut sich auf die anstehenden Aufgaben im IIW. *Die nächsten Monate werden sicherlich intensiv und spannend*, meint der DVS-Hauptgeschäftsführer. Denn zum 1. Januar 2020 wird der Sitz des IIW von Paris nach Genua verlagert. Der neue Hauptgeschäftsführer des IIW wird Dr. Luca Costa vom italienischen Schweißverband, der dazu sein Amt als Schatzmeister des IIW niederlegte. Der bisherigen Hauptgeschäftsführerin des IIW, Dr. Cecile Mayer vom französischen Institut für Schweißtechnik, wurde für ihre langjährige verdienstvolle Tätigkeit gedankt. Auch aus anderer Sicht war die sechstägige internationale Veranstaltung für Deutschland von Bedeutung. Denn bei der Verleihung der IIW-Awards auf der Jahresversammlung konnten sich gleich zwei deutsche Wissenschaftler über eine Auszeichnung freuen. So erhielt Dipl.-Ing. Alexander Nitsche, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Professur Schweißtechnik der Technischen Universität

Chemnitz, für seine Arbeit zum Thema *Solidification phenomena in creep resistant 9Cr weld metal and their implications on mechanical properties* den Henry-Granjon-Preis der Kategorie B. Ebenfalls den Henry-Granjon-Preis, aber in der Kategorie C, bekam Dr.-Ing. Jonas Hensel vom Institut für Füge- und Schweißtechnik der Technischen Universität Braunschweig, für seine Untersuchungen zum Thema *Mean stress correction in fatigue design under consideration of welding residual stress*.

Im Rahmen der IIW-Ehrungen zeichnete der Veranstalter, der Slowakische Schweißverband, einige verdiente Personen für deren herausragenden Beitrag zur Entwicklung der Schweißtechnik mit der *Memorial Medal of Jozef Čabelca* aus. Dazu gehörte auch der langjährige Geschäftsführer des DVS-Landesverbandes Mecklenburg-Vorpommern, Dr.-Ing. Hans Georg Groß, der seit vielen Jahren den DVS in den Ländern Osteuropas vertritt und sich im slowakischen Verband durch aktive Unterstützung verdient gemacht hat.

➔ www.die-verbindungs-spezialisten.de

INSERENTENVERZEICHNIS

acp	28	G&S Philipp	41	Renner GmbH	U2
aalberts surface treatment	54	H2O GmbH	9	Sager + Mack GmbH	Titel
B+T Technologies GmbH	49	Hehl Galvanotronic	31	Dr.-Ing. Max Schlötter	37
Biax	13	Kullen Koti Group	17	Schmalriede-Zink	8
DeburringEXPO	5	Walter Lemmen GmbH	23	Serfilco	39
De Martin AG	29	Gebr. Liebisch	U3	Spiraltec GmbH	35
Deutsche Messe / parts2clean	53	Mazurczak Thermoprozesse	27	SurTec Deutschland GmbH	19
Dörken MKS	11	MKV GmbH	43	TIB Chemicals AG	33
Dr.Beier Entgrattechnik	21	Munk GmbH	47	Walther Trowal	9
ELB Zerrer	U4	OTEC	1		
FST Drytec GmbH	33	Plasmatreat	7		

Korrosion

im Zeitraffer



55 Jahre 1963 2018
Liebisch
LABORTECHNIK

KORROSIONSPRÜFGERÄTE

nasschemische Qualitätsprüfung

Je nach Prüfanordnung können die Betriebssysteme Salznebel [S], Kondenswasser [K], Raum- [B], Warmluft [W] und Schadgas [G] sowie geregelte relative Luftfeuchte [F] einzeln oder kombiniert (Wechsel-testprüfungen) in über 70 Varianten kombiniert werden. Optional sind Prüfklimare bis **-20°C** (niedrigere Temperaturen auf Anfrage) und Beregnungsphasen z.B. Volvo STD 423, Ford CETP 00.00-L-467 möglich. Die Geräte sind intuitiv bedienbar, wahlweise als praktische manuelle bzw. komfortable automatische Lösung.



Im Zeichen der Zukunft

Gebr. Liebisch GmbH & Co.KG

Eisenstraße 34

33649 Bielefeld | Germany

Fon +49 521 94647-0

Fax +49 521 94647-90

www.liebisch.de
sales@liebisch.com

ELB

CERANOD® outside
Oberflächen für Al, Mg, Ti

PERFEKTION
KRAFT
AUSDAUER



CERANOD® nano
resist
nowear
pure

Individuelle Lösungen für spezielle Anforderungen
CERANOD®-Leichtbau-Oberflächentechnologie für Aluminium, Magnesium und Titan



CERANOD®

Oberflächentechnologie der Zukunft