

WOMAG

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche



Direkt zur Website!

Inhouse Labor: Fachkräftemangel? Hohe Betriebskosten? **Wir sind die Problemlöser!**

Die verstärkte Konzentration großer Fachfirmen führt dazu, dass der Support für kleine und mittlere Kunden immer schwieriger wird. Wir bieten die Möglichkeit ihr Labor zu sein, ohne laufende Kosten, ohne großen Personalaufwand und ohne Sorgen.

Diesen Service bieten wir auch kleineren Fachfirmen und Beratern der Galvanotechnik in Form einer Co-Brand-Partnerschaft an, bei der wir unter Ihrem Namen agieren. Brenscheidt Galvanik Service – skalierbar, zuverlässig, schnell.

IB!

GALVANIK SERVICE

Zum Dümpel 60
59846 Sundern-Stemel
0 29 33 - 80 64 9 - 09
www.galvanikservice.de

WERKSTOFFE

Effiziente und platzsparende Wärmetauscher zur Prozesskühlung

OBERFLÄCHEN

Entwicklungen bei galvanischen und thermisch gespritzten Schichten

WERKSTOFFE

Genauere Positionierung von Wafern für die PECVD-Beschichtung

OBERFLÄCHEN

Chancen und Herausforderungen energieintensiver Unternehmen

OBERFLÄCHEN

Kreislaufwirtschaft und Stoffverbote

SPECIAL

Erhöhung der Druckplattenhaftung im FDM-Verfahren mittels Plasmabehandlung

JUNI 2025

Branchen-News täglich: womag-online.de

RENNER
BESTSELLER



UNSERE BESTEN: DIE RENNER ECO-LINE.

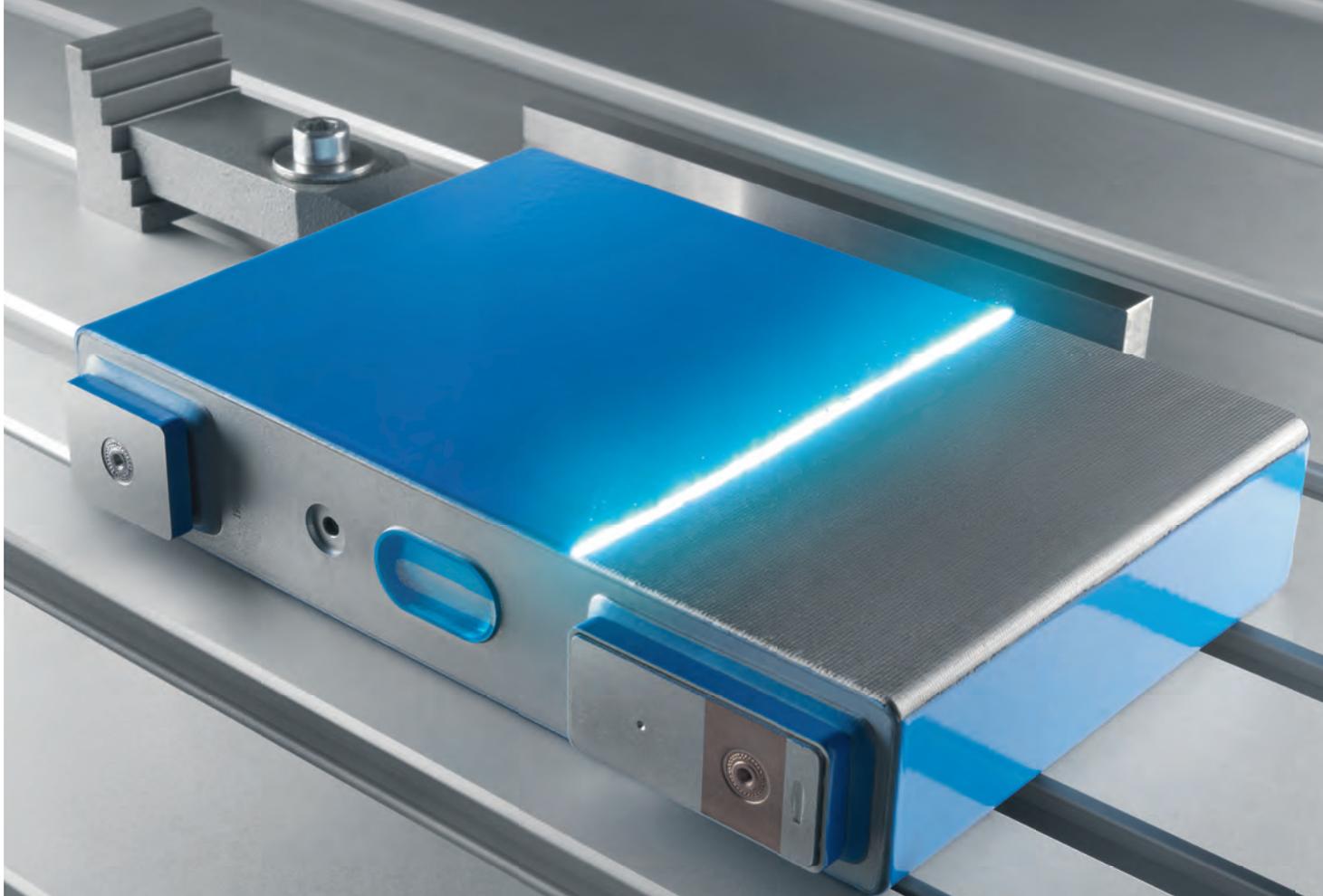
renner-pumpen.de



RENNER
PUMPEN UND FILTER

TRUMPF

Oberflächen meistern mit Lasertechnologie



**Sie suchen ein zuverlässiges Werkzeug
zum Reinigen, Abtragen oder Strukturieren
von Oberflächen?**

Dafür gibt es gepulste Nanosekundenlaser von TRUMPF. Profitieren Sie von materialschonender und präziser Bearbeitung, reproduzierbaren Prozessen und geringen Betriebskosten. Mehr Infos unter: www.trumpf.com/s/yna259



Energie gezielt einsetzen



Der sparsame Umgang mit Energie ist heute mit die wichtigste Aufgabenstellung in allen Bereichen des täglichen Lebens und der nahezu gesamten Industrie. Dabei richten sich die Bemühungen auf die Bereitstellung von Energie in Form von elektrischem Strom und insbesondere auf dessen Speicherung. Im Bereich der Oberflächentechnik wird daher auch intensiv an der Entwicklung von effizienten Speicherarten gearbeitet, beispielsweise in Form der weit verbreiteten Akkumulatoren für Geräte aller Art – umgangssprachlich als Batterie bezeichnet. Aber auch andere Arten der Strom-

speicherung wie die Redoxflowbatterie haben durchaus enormes Potenzial und findet Interessenten im Bereich der Wissenschaft, die an der Verbesserung einsetzbarer Technologien forschen. Aus gutem Grund wurde deshalb vor kurzem Marius Engler von der TU Ilmenau mit dem Nasser-Kanani-Preis 2025 für seine Arbeiten auf diesem Gebiet ausgezeichnet (Bericht auf Seite 26 dieser Ausgabe).

Erhebliche Fortschritte sind aber auch stetig bei der Steigerung der Energienutzung für Produktionsprozesse zu vermelden. Hier spielt unter anderem die Lasertechnologie eine wichtige Rolle. In mehreren Fachbeiträgen in der vorliegenden WOMag wird aufgezeigt, welche Fortschritte unter Einsatz von Lasertechnologie erreicht wurden und weiterhin werden. Zu den Vorteilen von Lasern zählt, dass die notwendige Energie beispielsweise zum Fügen, Trennen oder Aufschmelzen – vor allem für die Herstellung von Bauteilen durch additive Fertigung – punktgenau mit hoher Effizienz an der richtigen Stelle für den jeweiligen Prozess verfügbar gemacht wird. Dass die Zuführung von Energie ausschließlich in Form von elektrischem Strom erfolgt, unterstützt die von der Politik bevorzugte Vorgehensweise der Energienutzung.

Trotz diesem deutlichen Wandel der industriell eingesetzten Verfahren wird zurecht immer wieder darauf hingewiesen, dass Lasertechnologie als Ergänzung zu den klassischen Fertigungsverfahren zu sehen ist. Die generellen Ziele zum sparsamen Umgang mit Energie (und natürlich auch mit Ressourcen) werden also durch eine Zunahme der Verfahrenvielfalt erreicht werden. Die Vielfalt der Themen, die in der WOMag präsentiert werden, spiegelt diese Entwicklung wider – wir halten Sie auf dem Laufenden.

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.



Sie benötigen spezielle Fachinformationen – schnell und digital?

Dann sind Sie bei uns richtig!



Monatliche Ausgabe der WOMag als pdf-Datei – alle Jahrgänge seit der Erstausgabe 2012!



Fachbeitrag als Einzeldatei mit Links

Fachlexikon für Werkstoffe, Oberflächen und Bearbeitungsverfahren

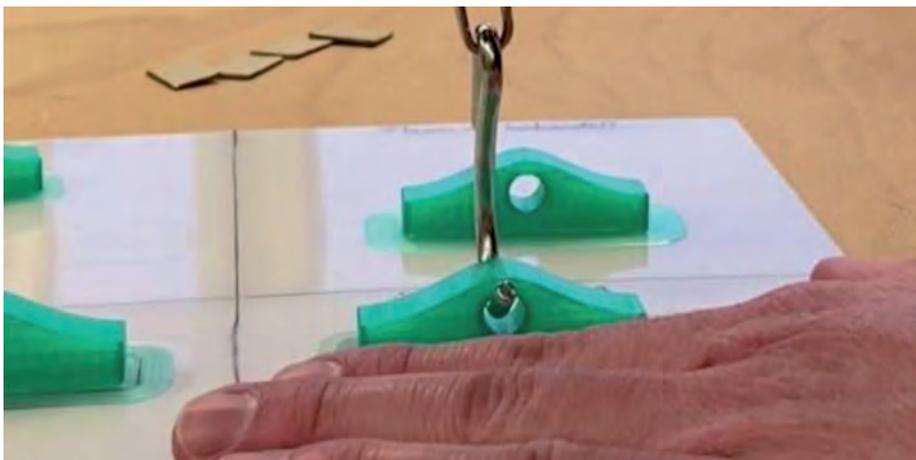
Datenbank für Unternehmen

Selbstverständlich auch für Mobilgeräte!

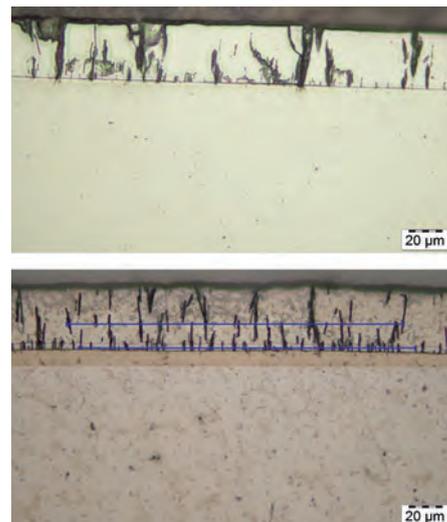


www.womag-online.de

INHALT



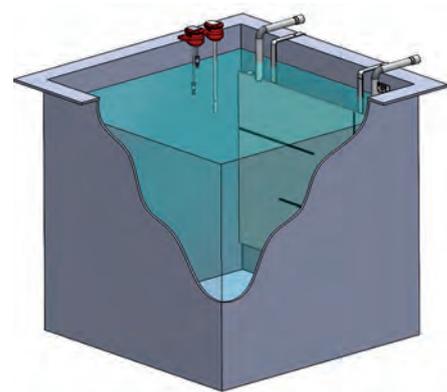
24 Innovationen für den 3D-Druck durch effiziente Plasmabehandlung



29 Galvanische Hartchromschichten



14 Präzises Handling von Wafern zur Beschichtung mittels PVD-Technik



4 Kühlen durch Wärmetauscher

WERKSTOFFE

- 4** Effiziente und platzsparende Wärmetauscher SYNOTHERM® zur internen Kühlung von Prozesselektrolyten
- 6** Hören, ob der Laser richtig arbeitet
- 8** AI for Photonics auf der Laser World of Photonics 2025
- 9** Luft- und Raumfahrt im Wandel: Wie Lasertechnologie die Branche prägt
- 11** Österreichs erstes universitäres H₂-Elektrolyse-Testzentrum im Megawattbereich eröffnet
- 13** Additive Fertigung
- 14** Mikrometergenaue Positionierung von Wafern für die PECVD-Beschichtung
- 16** Emissionsarme Bremsscheibe: Best Practice einer datengetriebenen Produktion

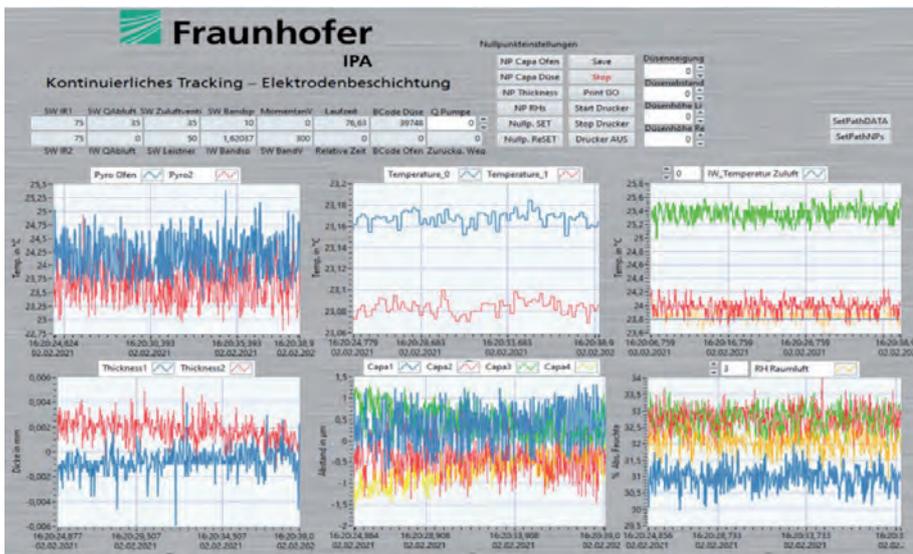
- 18** Innovatives Verfahren zur smarten Qualitätssicherung für Filtermodule

MEDIZINTECHNIK

- 20** Optik der Zukunft – vom Glas zum System

OBERFLÄCHEN

- 22** Fit für die Zukunft – Bestehende Anlagen digitalisieren
- 24** Erhöhung der Druckplattenhaftung im Fused Deposit Modeling (FDM)-Verfahren mittels Plasmabehandlung
- 26** Kreislaufwirtschaft und Stoffverbote
- 29** Galvanotechnik im Wandel – Chrom(III) im Fokus – Teil 2
- 32** Entwicklungen bei galvanischen und thermisch gespritzten Schichten – Verfahrenstechniken für neue Anwendungen



22 Digitalisierung bei Anlagen für die Oberflächenbehandlung



26 Nasser-Kanani-Preis 2025



20 Optik in der Medizintechnik

- 36 Chancen und Herausforderungen energieintensiver Unternehmen
- 38 TSS President's Award 2025 für Fraunhofer-IWS-Wissenschaftlerin

VERBÄNDE

- 39 Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO) – Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO) – Fachverband Galvanisierte Kunststoffe e. V. (FGK) – Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI)

Zum Titelbild: Das Unternehmen Brenscheidt Galvanik Service bietet umfangreiche Dienstleistungen für Unternehmen im Bereich Galvanotechnik im Hinblick auf Fertigungsbetreuung und Entwicklung; www.galvanikservice.de

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 2025 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
kaeszm@wotech-technical-media.de

Redaktion/Anzeigen/Vertrieb/Abo

siehe Verlagsleitung

Bezugspreise

Jahresabonnement für WOMag-Online: 149,- € inkl. MwSt.

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

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 14 vom 22. Oktober 2024

Inhalt

WOMag berichtet über:

- Werkstoffe, Oberflächen
- Verbände / Institutionen
- Unternehmen, Ausbildungseinrichtungen
- Veranstaltungen, Normen, Patente

Leserkreis:

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

WOMag-Beirat

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

Bankverbindung

BW-Bank, IBAN: DE71 6005 0101 0002 3442 38
 BIC: SOLADEST600, (Konto 2344238, BLZ 60050101)

Das Magazin und alle in ihm enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Bei Zusendung an den Verlag wird das Einverständnis zum Abdruck vorausgesetzt. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlags 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, 2025

Effiziente und platzsparende Wärmetauscher SYNOTHERM®

zur internen Kühlung von Prozesselektrolyten

Von Matthias Deuner, Schwabach

Aggregate für die galvanotechnische Metallabscheidung müssen häufig mit wenig Raum in den jeweiligen Behältern auskommen. Trotzdem wird eine hohe Effizienz, beispielsweise für die Konstanzhaltung der Temperatur von Prozessmedien, gefordert. Durch präzise Ermittlung der zu transportierenden thermischen Energie können Kühlsysteme optimal auf die entsprechenden Anforderungen optimiert und gefertigt werden.

Elektrolyte, wie sie beispielsweise für die galvanische Metallabscheidung eingesetzt werden, benötigen eine bestimmte Arbeitstemperatur, die im Dauerbetrieb durch das Entstehen von Joulescher Wärme, Wärmeintrag durch die Umgebungstemperatur oder exothermen Reaktionen überschritten werden kann. Bei Beschichtungsprozessen mit hohen Stromdichten wird eine hohe thermische Leistung als Joulesche Wärme im Abscheideelektrolyten umgesetzt. Dieser Wärmeintrag muss kontinuierlich und zuverlässig durch Kühlen abgeführt werden. Zur Kühlung können Rohrschlangen und/oder externe Plattenwärmetauscher eingesetzt werden.

Die Mazurczak GmbH bietet platzsparende und energieeffiziente Wärmetauscher (Abb. 1) zur Kühlung von Prozesslösungen in der Galvanik an. Als metallische Werkstoffe stehen vier verschiedene Edelstähle (1.4301, 1.4404, 1.4571 und 1.4539) sowie Titan 3.7035/grade 2 zur Verfügung. Die Ausführung mit einem metallischen Grundkörper und einer Fluorpolymerbeschichtung oder

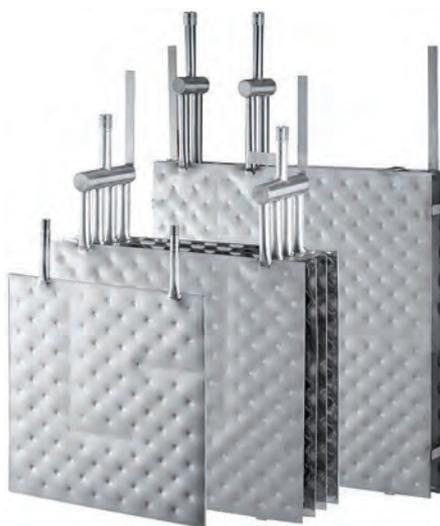


Abb. 1: Wärmetauscher SYNOTHERM®

Vollkunststoff-Wärmetauscher werden eingesetzt, wenn die metallischen Werkstoffe nicht chemisch beständig sind.

Berechnung des Kühlbedarfs und Anpassung an verfügbaren Platz

Zur effizienten Berechnung der benötigten Kühlleistung wird heute in der Regel eine computergestützte Kühlbedarfsberechnung eingesetzt. Mit einer selbst entwickelten Wärmetauscher-Software wird der Wärmetauscher SYNOTHERM® entsprechend ausgelegt und an den verfügbaren Platz im Behälter angepasst. Jeder Wärmetauscher ist ein Einzelstück. Auch bei schwierigsten Einbausituationen wird die optimale Einbauvariante durch variable Abmessungen, Werkstoffe und verschiedene Anschlussmöglichkeiten realisiert.

Vergleich von Bauformen für Wärmetauscher

Der Aufwand für die Instandhaltung der Wärmetauscher SYNOTHERM® ist im Vergleich zu den anderen Bauformen an Wärmetauschern wesentlich geringer. Die ebene und glatte Oberfläche lässt sich einfach und schnell reinigen. Herabfallende Teile oder Sedimente können sich nicht auf dem Wärmetauscherkörper ablagern oder sich in diesem verfangen.

Geschraubte oder gelötete externe Wärmetauscher haben zwei Kreisläufe. Das bedeutet, dass der Elektrolyt und das Kühlmedium durch den Wärmetauscher strömen. Der Elektrolyt kann zu einer schnellen Zusetzung und Verstopfung des Wärmetauschers führen. Die externen Wärmetauscher müssen demontiert, gereinigt und wieder montiert werden. Die Wärmetauscher SYNOTHERM® werden nur vom jeweiligen Kühlmedium durchströmt und können deshalb nicht vom Elektrolyten zugesezt beziehungsweise verstopft werden.

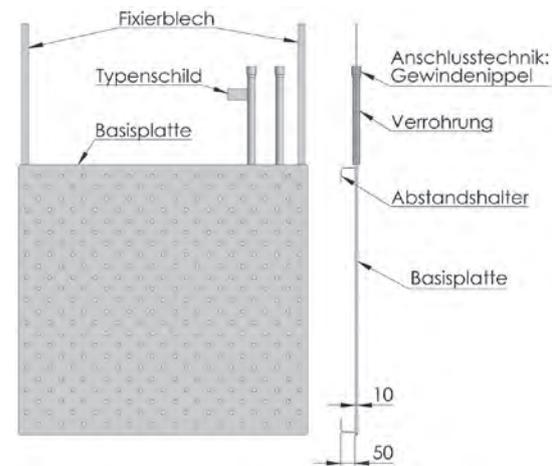


Abb. 2: Komponenten, Aufbau und Platzbedarf eines Wärmetauschers

Große Wärmetauscherfläche bei geringem Bauvolumen

Wärmetauscher verfügen über eine hohe Flächendichte. Hierdurch kann eine große Wärmetauscherfläche im Verhältnis zum benötigten Bauvolumen zur Verfügung gestellt werden (Abb. 2 bis 4). Die gesamte Bautiefe des Wärmetauschers beträgt bei der Bauweise SYNOTHERM® nur 60 mm (10 mm Basisplatte + 50 mm Abstandshalter zur Behälterwand).

Anwendungen und Prozessbeispiele

Typische Anwendungen für Wärmetauscher zum Kühlen in der Galvanotechnik sind:

- Nickelelektrolyte
- Eloxalelektrolyte
- Elektropolierelektrolyte
- Chromelektrolyte
- Saure Zinkelektrolyte
- Alkalische Zink- beziehungsweise Zink-Nickel-Elektrolyte
- Saure Zinkelektrolyte
- Saure Kupferelektrolyte

An zwei Beispielen aus der Praxis – Anodisieren und saure Verzinkung – wird aufgezeigt,

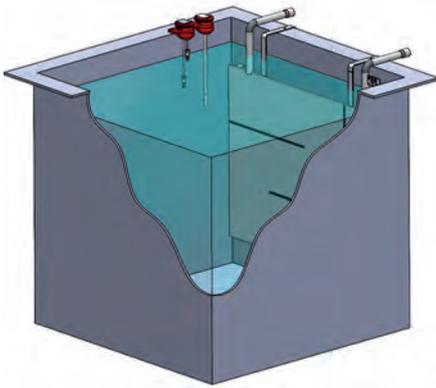


Abb. 3: Isometrische Ansicht eines Wärmetauschers im Behälter mit Temperaturfühler und Niveaustabsonde

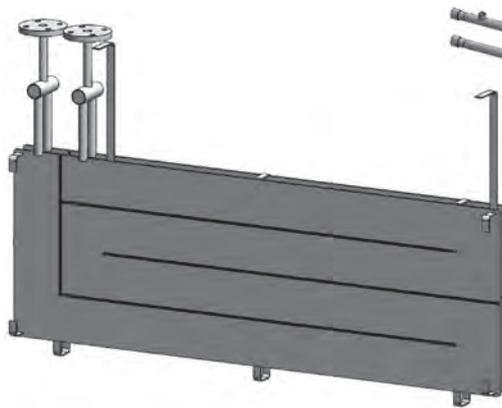


Abb. 5: Wärmetauscher Doppelplatte

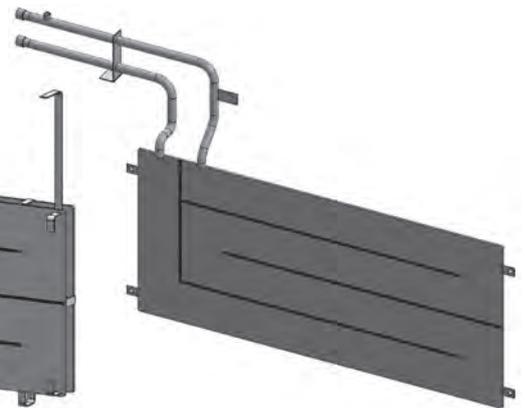


Abb. 6: Wärmetauscher Einfachplatte

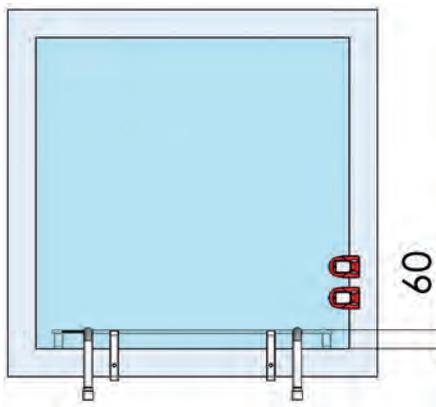


Abb. 4: Draufsicht Behälter

wie gute Kühlsysteme aussehen und welche Leistungsfähigkeit sie besitzen (Kasten unten).

Erfolgreicher Einsatz – Kühlung eines Schwarzchromelektrolyten

Die Süss Oberflächentechnik GmbH beschichtet Kundenbauteile in ihren Eloxal- und Galvanikbetrieben. Das Verfahren Schwarzchrom muss auf eine Temperatur von 19 °C gekühlt werden. Im Jahr 2019 wurde ein Wärmetauscher aus Titan 3.7035/Grade 2 ausgelegt und ausgeliefert. Als Wärmetauschermedium wird Wasser mit einer Vorlauftemperatur von 10 °C eingesetzt. Wie Jens Mohr, geschäftsführender Gesellschafter der Süss Oberflächentechnik GmbH, betont, erfüllt der SYNOTHERM® alle Anforderungen zur vollsten Zufriedenheit: Der Beschichtungsprozess „Schwarzchrom“ läuft bei sehr hohen Stromdichten ab, sodass eine hohe thermische Leistung im Elektrolyten umgesetzt wird. Diese Wärme muss zuverlässig abge-

führt werden. Hierzu wurden früher Wärmetauscher aus PVDF eingesetzt, die jedoch aufgrund ihrer schlechten Wärmeleitfähigkeit und hohen Wandstärken sehr groß ausfallen mussten. Mit der Entscheidung für einen Plattenwärmetauscher der Mazurczak GmbH aus Titanblech konnte der Einbau-raum im Abscheidebehälter sehr deutlich reduziert werden. Bei dem erfolgten Umbau der Anlage konnte deshalb das Behältervolumen um 25 % verringert werden. Damit einher ging auch eine Reduzierung des für die behördliche Genehmigung im Rahmen der Störfallverordnung relevanten Wirkbadvolumens. Wir stellen fest, dass die Kühlleistung bei deutlich verringertem Bauraum völlig ausreichend ist. Der Wärmetauscher ist seit drei Jahren störungsfrei in Betrieb.

➔ www.mazurczak.de

Prozessbeispiel – Kühlung beim Eloxieren	
Prozessdaten	Behälter: 2000 x 1500 x 1000 (H) mm
Prozess: Eloxal bei 19 °C	
Wärmeeintrag: Joulesche Wärme durch Gleichrichter	Gleichrichter: 2 Stück, 15 V, 1000 A -> 80 % Wärmeeintrag in den Elektrolyten $2 \times 15 \text{ V} \times 1000 \text{ A} \times 0,8 = 24,0 \text{ kW}$
Wärmeeintrag Umgebungstemp. 35 °C	1,8 kW
Gesamt-Kühlleistung	25,8 kW
Daten Wärmetauscher	
Vorlaufmedium Wasser	Wärmetauscher Doppelplatte (Abb. 5)
Stückzahl	2
Plattenart	2-Fach
Plattengröße	1900 x 750 mm (Höhe)
Kühlleistung pro Wärmetauscher	16 kW bei 4400 l/h
Werkstoff	Edelstahl 1.4539

Prozessbeispiel Kühlung Zink sauer	
Prozessdaten	Behälter: 1600 x 1500 x 900 (H) mm
Prozess: Chromelektrolyt (fluoridfrei) bei 50 °C	
Wärmeeintrag: Joulesche Wärme durch Gleichrichter	Gleichrichter 2 Stück 10 V 2200 A -> 50 % Wärmeeintrag in Elektrolyten $2 \times 10 \text{ V} \times 2200 \text{ A} \times 0,5 = 22,0 \text{ kW}$
Gesamt-Kühlleistung	22,0 kW
Daten Wärmetauscher	
Vorlaufmedium Wasser	Wärmetauscher Einfachplatte (Abb. 6)
Stückzahl	1
Plattenart	1-Fach
Plattengröße	1200 x 500 mm (Höhe)
Kühlleistung pro Wärmetauscher	27 kW bei 2100 l/h
Werkstoff	Titan 3.7035/grade 2

Hören, ob der Laser richtig arbeitet

Schallemissionen verraten, ob ein Laserprozess stabil läuft oder aus dem Takt gerät. Das Fraunhofer IWS entwickelt akustische Überwachungslösungen, die Laserprozesse in Echtzeit bewerten. Ziel ist nach Mitteilung des IWS eine wirtschaftliche und robuste Prozesskontrolle, die Schallemissionen während der Bearbeitung systematisch analysieren kann, um Abweichungen sofort zu erkennen. Ein erstes marktreifes Monitoringmodul stellt das Dresdner Institut vom 24. bis 27. Juni auf der Laser World of Photonics 2025 in München vor. Parallel arbeiten Forschungsteams des Instituts daran, Ansätze für weitere Anwendungen wie etwa Laserschweißen und -schneiden zu entwickeln.

Die Qualitätskontrolle in der Lasermikrobearbeitung gestaltet sich oft zeitintensiv, technisch aufwendig und häufig verzögert. Typisch sind Strukturen mit Abmessungen im Mikro- und Submikrometermaßstab, die sich nur über aufwändige Mikroskopverfahren überwachen und bewerten lassen. Ein neues akustikbasiertes Monitoringmodul des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik IWS bietet eine industriennahe Lösung: Es analysiert die entstehenden Schallemissionen während der Bearbeitung, bewertet die Qualität unmittelbar und visualisiert Auffälligkeiten, ohne dass das Werkstück die Maschine verlassen muss.

Akustik als Datenquelle: Echtzeitbewertung während des Prozesses

Das System nutzt robuste Halbleitermikrofone zur Erfassung der Schallemissionen, eine lokale Auswerteeinheit sowie ein neuronales Netz, das auf reale Qualitätsdaten trainiert wurde. Es zerlegt akustische Signale in Frequenzbereiche und berechnet daraus charakteristische Parameter wie Amplitude,

Dauer oder Impulsform. Diese fließen in die KI-gestützte Bewertung ein, die den Prozesszustand zuverlässig klassifiziert – etwa als stabil, abweichend oder fehlerhaft. Die Rückmeldung erfolgt in Echtzeit und unabhängig von zusätzlicher Sensorik.

Herausragendes Merkmal ist die Anwendung zur Erstellung einer *akustischen Abbildung*. Dabei erzeugt das System ein zweidimensionales Bild der strukturierten Oberfläche, das auf der räumlichen Verteilung der Schallemissionen basiert. Das akustische Bild lässt sich mit klassischen Oberflächenaufnahmen vergleichen, allerdings ohne zusätzliche Messtechnik, rein aus Prozessdaten. Fehler wie zum Beispiel Fremdkörper, Fehlausrichtung oder ungleichmäßige Ablation werden visuell sichtbar und lassen sich dokumentieren. *Wir wollten eine Lösung, die direkt an der Maschine Aussagen zur Prozessqualität liefern kann, ohne dass jemand die Probe entnimmt oder in ein separates Messlabor bringt*, sagt Tobias Steege, Gruppenleiter Systemtechnik und Sensorik am Fraunhofer IWS. *Unsere akustische Analyse ersetzt nicht die klas-*

sische Mikroskopmessung einer Oberfläche, aber sie ermöglicht eine wirtschaftliche und robuste Prozesskontrolle für jedes einzelne Bauteil.

Schlank integrierbar, wirtschaftlich betreibbar

Das Monitoringmodul ist als industrietaugliche Plug-and-Play-Lösung konzipiert. Es umfasst standardisierte Ethernet-basierte Schnittstellen (TCP/IP, REST), benötigt keine externe Cloud-Anbindung und lässt sich mit gängigen Maschinensteuerungen verknüpfen. Dank des modularen Aufbaus und der Verwendung von Halbleiterkomponenten lassen sich die Gesamtkosten gegenüber etablierten akustischen Überwachungssystemen stark reduzieren. Das ermöglicht eine präzise, inlinefähige und wirtschaftliche Prozesskontrolle auch für kleinere Serienproduktionen. Das System ist laut Steege so aufgebaut, dass es sofort einsatzfähig ist: ohne Spezialhardware oder externe Datenleitungen, einfach über Netzwerkanschluss an die bestehende Maschine. *Unsere Stärke liegt in der Verbindung aus prozessnaher Sensorik und intelligentem Softwaredesign, das sich am industriellen Alltag orientiert.*

Fundiert aus der Forschung, bereit für die Anwendung

Die Entwicklung des Moduls fußt auf Erkenntnissen aus mehreren öffentlich geförderten Projekten. Wissenschaftlich vorbereitet wurde sie unter anderem im EU-Projekt SYNTECS sowie im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Vorhaben MEDIUS, das sich mit lernfähigen, datenbasierten Methoden für die Laserprozessüberwachung befasst. Die industriennahe Umsetzung eines funktionsfähigen Demonstrators erfolgte innerhalb einer internen Förderung des Fraunhofer-Leistungszentrums Smart Production and Materials.

Das Fraunhofer IWS bietet Unternehmen die Möglichkeit, das System in Pilotprojekten zu testen, als OEM-Komponente in Maschinen



Das Fraunhofer IWS entwickelt akustische Überwachungslösungen, die Laserprozesse in Echtzeit bewerten, für eine wirtschaftliche und robuste Prozesskontrolle, die Abweichungen sofort erkennt (© Fraunhofer IWS)

zu integrieren. *Wir sehen großes Potenzial für eine akustikbasierte Prozessüberwachung in der Breite der Industrie, von hochpräzisen Strukturierungsprozessen bis hin zu robusten Schweißanwendungen*, betont Steege. Das System sei nicht nur technisch ausgereift, sondern auch wirtschaftlich einsetzbar und bereit für den Transfer in die Fertigung.

Perspektive: Monitoring auch für Schweißen und Schneiden

Parallel zu Anwendungen in der laserbasierten Oberflächenstrukturierung arbeitet ein weiteres Team am Fraunhofer IWS unter Leitung von Dr. Axel Jahn an der Übertragung des akustischen Analyseprinzips auf Makrobearbeitungsprozesse wie das Laserschweißen und Laserschneiden. Die entstehenden komplexen akustischen oder optischen Prozessemissionen dienen gezielt der Bewertung der Qualität von Schweißnähten oder Schnittkanten. Für die Überwachung der Laserprozesse über sensible Mikrofone und Hochgeschwindigkeitskameras müssen die gewonnenen Sensordaten zunächst von Störsignalen getrennt und anschließend mit charakteristischen Prozesszuständen und Qualitätsmerkmalen verknüpft werden. Zu

diesem Zweck entwickelt das Fraunhofer IWS zusammen mit dem Fraunhofer Center Mid-Atlantic (CMA) in den USA eine spezielle Sensorplattform und die Algorithmen für die Datenauswertung.

Zum Einsatz kommen hochdynamische Mikrofone und optische Sensoren, die sich in industrielle Schweißzellen integrieren lassen. Algorithmen des maschinellen Lernens werten die Sensordaten aus, um typische Merkmalmuster wie fehlerhafte Strahlpositionierung, Spritzerbildung oder Instabilitäten im Nahtverlauf zuverlässig zu erkennen. Auch beim Schweißen und Schneiden entstehen nach Aussage von Dr. Jahn akustische Signaturen, die Rückschlüsse auf Prozessqualität und Störungen zulassen. *Wir entwickeln Systeme, die diese Signale trotz starker Umgebungsgeräusche zuverlässig erfassen. In Zukunft wollen wir verstärkt Laserapplikationen mit sensorischer Prozessüberwachung in die industrielle Anwendung bringen.*

Langfristig hat sein Team das Ziel, ein modulares Framework aufzubauen, das für Strukturierung, Fügen und Schneiden auf vergleichbare Datenformate, Auswertungsmethoden und Anwendungslogik zurückgreifen kann. Das würde nicht nur die Technik vereinheit-



Ein akustikbasiertes Monitoringmodul des Fraunhofer IWS analysiert die bei Laserprozessen entstehenden Schallemissionen, bewertet die Qualität in Echtzeit und visualisiert Auffälligkeiten, ohne dass das Werkstück die Maschine verlassen muss © Fraunhofer IWS

lichen, sondern auch die Skalierbarkeit und Integration in moderne Fertigungslinien erleichtern.

Kontakt

Dipl.-Ing. Tobias Steege, Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik,

E-Mail: tobias.steege@iws.fraunhofer.de

➔ www.iws.fraunhofer.de

SYSTEME UND ANLAGEN FÜR DIE OBERFLÄCHENTECHNIK

LSR GmbH



Galvano- und Umwelttechnik

ANLAGENBAU
STEUERUNGSTECHNIK
SCHALTSCHRANKBAU
PLANUNG UND BERATUNG
WARTUNG UND SERVICE
RETROFIT UND ANLAGENERWEITERUNGEN

WE KNOW HOW



AI for Photonics auf der Laser World of Photonics 2025

Mit der Sonderschau *Photonics meets Robotics: AI Success Stories* richtet die Laser World of Photonics 2025 den Blick auf das Zukunftsfeld Cyberphotonics. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen wirkt dabei maßgeblich mit. Mit anwendungsnahen Fachvorträgen und anhand von Exponaten zeigen Forschende des Instituts, wie AI und andere digitale Methoden schon heute zu gesteigerter Qualität und Effizienz in der Photonik, Robotik und laserbasierten hochautomatisierten Fertigungsprozessen sorgen. Die Sonderschau in der Halle A3.433 schlägt die Brücke zwischen der LASER und der parallelen automatica.

Artificial Intelligence (AI) verändert die photonische Industrie. Am Fraunhofer ILT ist sie schon jetzt allgegenwärtig. So nutzen die Aachener AI, um die Time-to-Market von Innovationen zu verkürzen. Anhand experimenteller Messpunkte identifizieren sie mit AI, welche Prozessparameter relevant sind und welche Experimente sie als nächstes ausführen müssen. *Dieser strategische AI-Einsatz reduziert die Anzahl der auf dem Weg zu optimalen Prozessparametern notwendigen Messungen und Experimente – und damit den Zeit- und Kostenaufwand signifikant*, erklärt Prof. Carlo Holly, Leiter der der Abteilung Data Science und Messtechnik am Fraunhofer ILT und des Lehrstuhls für Technologie Optischer Systeme TOS der RWTH Aachen University.

Mit AI zur autonomen, selbstlernenden Produktion

Mit dem Einsatz in der Forschung und Entwicklung ist das Potenzial von AI längst nicht erschöpft. Wo photonische Sensorik detaillierte Einblicke in Prozesse und Messgrößen

liefert und AI-basierte Algorithmik die Analyse und Vorhersage in Echtzeit ermöglicht, lassen sich Prozessverläufe immer genauer bestimmen und die Parameter im laufenden Prozess optimieren. Das Monitoring und die Steuerung von Laserprozessen sind laut Holly der Anfang. *Nun befinden wir uns auf dem Weg zu einer selbstlernenden photonischen Produktion und werden künftig AI-unterstützt Regelkreise schließen*, sagt Holly. Schon jetzt nutzt das Fraunhofer ILT lernende Systeme, um additive Verfahren wie die Laserauftragschweißprozesse LMD und EHLa oder die Laser-Powder Bed Fusion (LPBF) zu optimieren. Auch in der Lasermaterialbearbeitung vom Schweißen, Schneiden und Polieren bis zum Strukturieren, in Laser-OP-Verfahren, der Materialanalytik sowie beim sortenreinen Sortieren von wertvollen Metalllegierungen im Recycling, der Hochdurchsatz-Sortierung lebender Zellen oder in der Wasseraufbereitung erzielt das Institut nach eigenen Angaben mit AI signifikante Verbesserungen in der Qualität, Effizienz und Prozesssicherheit.

Zukunftsweisende AI-Anwendungen auf der Laser World of Photonics 2025

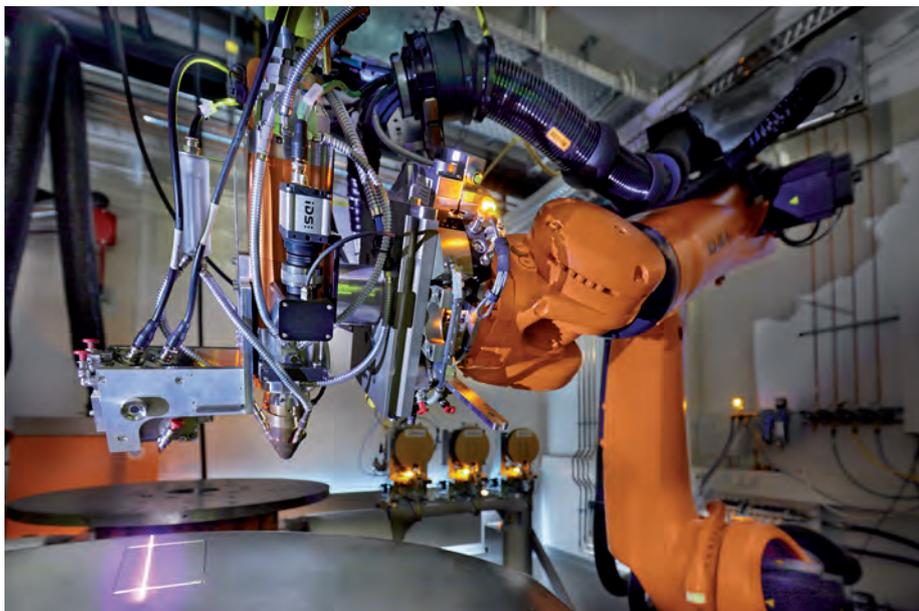
Die Laser World of Photonics widmet dem Zukunftsfeld Cyberphotonics vom 24. bis 27. Juni 2025 die Sonderschau *Photonics meets Robotics: AI Success Stories* in Halle A3.433. Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und weiteren Partnern aus Industrie und Wissenschaft wird das Fraunhofer ILT dort sein in AI-Anwendungen erworbenes Know-how präsentieren. Dies einerseits im Rahmen von 15 moderierten Vortragsslots und andererseits mit zukunftsweisenden Exponaten. Darunter ein fahrender AI-optimierter Reparaturroboter, der Schad- und Verschleißstellen im LMD-Verfahren behebt. Dieser ist in einem Kooperationsprojekt mit Picum MT aus Hannover entstanden. Daneben wird das Fraunhofer ILT Lösungen für das automatisierte, AI-unterstützte Engineering und für AI-gestützte Prozessketten zur Schadensanalyse und LMD-Reparatur von hoch belasteten Verschleißteilen zeigen. Zudem stellt das Institut mit vier Industriepartnern (Carl Cloos Schweisstechnik, Scansonic MI, oculavis und 4D Photonics) einen smarten Knickarm-Schweißroboter vor. Dieser ermöglicht AI-unterstützte, mit VR-Brillen remote einsehbare Laserschweißprozesse. Der Ansatz ist gerade vor dem Hintergrund des Fachkräftemangels interessant, da spezialisierte Fachleute damit aus der Ferne helfen können, wenn in Schweißprozessen Probleme auftreten.

Das Fraunhofer ILT lädt Interessierte herzlich ein, sich von den Fachvorträgen und Exponaten inspirieren zu lassen und das Gespräch mit den Expertinnen und Experten zu suchen.

Kontakt

Univ.-Prof. Carlo Holly, Abteilungsleiter Data Science und Messtechnik, E-Mail: carlo.holly@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. Peter Abels, Gruppenleiter Prozesssensorik und Systemtechnik, E-Mail: peter.abels@ilt.fraunhofer.de

➔ www.ilt.fraunhofer.de



Das Fraunhofer ILT zeigt einen Roboter für die mobile Reparatur von beschädigten und verschlissenen Stellen mit dem Laser Metal Deposition (LMD)-Verfahren (© Fraunhofer ILT, Aachen)

Luft- und Raumfahrt im Wandel: Wie Lasertechnologie die Branche prägt

Die Luft- und Raumfahrtbranche befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel. Unternehmen stehen vor der Herausforderung, Entwicklungszyklen drastisch zu verkürzen, nachhaltigere Technologien zu entwickeln und gleichzeitig Kosten zu senken. Zudem erfordern Fortschritte in der Satellitentechnologie neue Fertigungsansätze, um kleinere, leichtere und leistungsfähigere Systeme zu entwickeln. Während staatliche Raumfahrtprogramme nach wie vor eine tragende Rolle spielen, treiben private Akteure wie SpaceX, Blue Origin und Rocket Lab die Kommerzialisierung der Raumfahrt voran und setzen neue Maßstäbe für Effizienz und Wirtschaftlichkeit – der Wettbewerb war noch nie so groß. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT erläutert, wie die am Institut eingesetzte Lasertechnologie Lösungen für die Branche bietet.

Parallel dazu erfordert der Klimawandel innovative Lösungen in der Luftfahrt. Die Einführung alternativer Antriebe, der Einsatz nachhaltiger Werkstoffe und der Wunsch nach emissionsfreien Flugzeugen erhöhen den Druck auf die Branche. Es ist absehbar, dass nationale und internationale Regularien den Schadstoffausstoß künftig stärker bepreisen und strengere Vorgaben für nachhaltiges Fliegen durchsetzen werden.

Hochmoderne Lasertechnologie kann viele dieser Herausforderungen adressieren: Laserbasierte Fertigungs- und Messtechnologien ermöglichen die schnelle, flexible und ressourcenschonende Herstellung komplexer Bauteile sowie von leichteren und leistungsfähigeren Komponenten. Mit Verfahren wie dem Laser Powder Bed Fusion (LPBF) und Laser Material Deposition (LMD) können hochleistungsfähige Bauteile für Flugzeuge, Trägersysteme und Satelliten effizient produziert oder repariert werden.

Additive Fertigung für die Luft- und Raumfahrt

Das am Fraunhofer ILT entwickelte LPBF-Basispatent für den metallischen 3D-Druck bildet die Grundlage für den heutigen Prototypenbau und die Produktion funktionsopti-



Die Luft- und Raumfahrt gehört zu den Profiteuren der aktuellen Entwicklung im metallischen 3D-Druck. Kleine Stückzahlen und hohe Komplexität leichter, leistungsfähiger Komponenten gehören schon heute zu den Stärken der Additiven Fertigung (© Fraunhofer ILT)

mierter Bauteile in Luft- und Raumfahrt. Damit lassen sich Entwicklungszyklen drastisch verkürzen: Der Weg vom CAD-Modell zum Prototyp benötigt nur noch wenige Tage, was früher mehrere Monate dauerte – bei gleichzeitiger Kostenreduzierung. Die Konstrukteure haben mehr Designfreiheit und können unterschiedliche Varianten parallel testen.

Überall dort, wo maßgeschneiderte, hochkomplexe Bauteile benötigt werden, kann die Additive Fertigung ihre Vorteile in puncto Flexibilität voll ausschöpfen, erklärt Dr. Tim Lantzsch, Abteilungsleiter Laser Powder Bed Fusion am Fraunhofer ILT. In der Luft- und Raumfahrt bietet die Additive Fertigung enorme Möglichkeiten, Bauteile zu optimieren und gleichzeitig Gewicht und Materialeinsatz zu reduzieren.

Ein gutes Beispiel für die Anwendung der Additiven Fertigung (AM) am Fraunhofer ILT ist die Entwicklung von LPBF für Kupfermaterialien. Kupfer ist aufgrund seiner hohen Wärmeleitfähigkeit ideal für Bauteile, die extremen thermischen Belastungen standhalten müssen, wie beispielsweise Brennkammern in Raketentriebwerken. Das LPBF-Team am Fraunhofer ILT hat die Prozessgrenzen für Kupferlegierungen erweitert, indem es gezielt grüne Laserstrahlung zur Verarbeitung von GRCo42 (CuCrNb) einsetzt. Dies ermöglicht die Herstellung von hochdichten, dünnwandigen Strukturen mit optimiertem Wärmemanagement – ein entscheidender Vorteil für Anwendungen in der Raumfahrt, die von langlebigeren Bauteilen mit höherer Effizienz und reduzierten Fertigungskosten profitieren. LMD ist ein weiteres etabliertes AM-Verfahren, um Bauteile mit hoher Präzision und optimalen Materialeigenschaften zu fertigen. Im Projekt ENLIGHTEN (European Initiative for Low cost, Innovative & Green High Thrust Engine) ermöglicht es die hochproduktive Herstellung von Komponenten mit optimierter Topologie, reduziertem Gewicht und höch-

ter Belastbarkeit. *Das Besondere ist, dass wir durch die vielfältigen Möglichkeiten der LMD-Technologie die Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung neuartiger Generationen von Raketendüsen drastisch verbessern*, sagt Dr. Thomas Schopphoven, Abteilungsleiter Laserauftragschweißen am Fraunhofer ILT. Das untersuchte Design verfüge abgesehen von seinem großen Bau- raum über außergewöhnlich filigrane und dünnwandige Kühlkanäle, die mit konventionellen Fertigungsrouten nur unter großem Aufwand realisiert werden könnten.

Ein weiterer Fokus liegt auf der Herstellung von Strukturbauteilen für Flugzeuge mit hoher Festigkeit und gleichzeitig reduziertem Gewicht. LPBF ermöglicht die Fertigung von Leichtbaukomponenten, die die Effizienz moderner Flugzeuge steigern. Darüber hinaus trägt AM zur effizienten Reparatur und Instandhaltung von Luft- und Raumfahrtkomponenten bei. Mit LMD können beschädigte Bauteile gezielt erneuert werden – ein wichtiger Schritt in Richtung schlanke Lieferketten, Nachhaltigkeit und Kostenreduktion.

Leichtbau und Hybridmaterialien: Neue Fügetechnologien für stabile, leichte Bauteile

Geringerer Treibstoffverbrauch, weniger Emissionen und erhöhte Nutzlasten – die Entwicklung von leichten und stabilen Strukturen ist ein zentraler Aspekt für effizientere Flugzeuge und Raumfahrtsysteme. Hybridmaterialien, die Kunststoffe und Metalle kombinieren, bieten eine vielversprechende Lösung. Damit diese Werkstoffe zuverlässig verbunden werden können, hat das Fraunhofer ILT Fügetechnologien entwickelt, die eine mechanisch belastbare und langzeitstabile Verbindung ermöglichen, beispielsweise die Laserstrukturierung für Kunststoff-Metall-Hybridbauteile. Bei diesem Verfahren wird die Metalloberfläche zunächst mit einem La-

WERKSTOFFE

ser strukturiert, um Mikroporen zu erzeugen. Diese werden anschließend mit Kunststoff gefüllt, wodurch eine besonders starke und widerstandsfähige Verbindung entsteht.

Durch die präzise Laserstrukturierung können wir die Haftung zwischen Metall und Kunststoff erheblich verbessern und damit Hybridbauteile entwickeln, die sowohl leichter als auch mechanisch robuster sind, erklärt Dr. Alexander Olowinsky, Abteilungsleiter Fügen und Trennen am Fraunhofer ILT. So lassen sich Metall-Kunststoff-Verbindungen herstellen, die die nötige strukturelle Festigkeit besitzen für die Anwendung in Rumpfstrukturen, Tragflächen, und Triebwerkskomponenten.

Auch Laserdurchstrahlsschweißen für Faserverbundwerkstoffe ist eine wichtige Innovation für den modernen Leichtbau. Hierbei absorbiert die Fügezone den Laserstrahl, wodurch sich hitzebeständige Kunststoffbauteile sicher mit Faserverbundwerkstoffen verbinden lassen. Die Methode verbessert die mechanische Belastbarkeit und Lebensdauer dieser Materialien und senkt gleichzeitig ihre Herstellungskosten. Die Vorteile, Hybridmaterialien mit Lasertechnologie zu bearbeiten, sind nach Aussage von Olowinsky: Gewichtsersparnis, höhere Festigkeit und Langlebigkeit der Verbindungen, Kosteneinsparungen durch wartungsarme Fügeverfahren und laserbasierte Reparaturtechniken.

Zusätzlich erforscht das Laserinstitut LMD mit Aluminiumlegierungen. *Da Aluminium eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzt, ist das Schweißen traditionell eine Herausforderung,* weiß Thomas Schopphoven. Das angepasste LMD-Verfahren ermöglichte hochfeste, präzise Schweißnähte, die das Material nicht unnötig belasteten. Diese Technik eignet sich Schopphoven zufolge insbesondere bei gewichtssparenden Strukturelementen für Flugzeuge und Raumfahrzeuge. Mit diesen Ent-



Laserauftragschweißen als flexible und schnelle Alternative zu Umformen, Schweißen und mechanischer Bearbeitung
(© Fraunhofer ILT / Volker Lannert)

wicklungen trägt das Fraunhofer ILT dazu bei, die Luft- und Raumfahrtindustrie effizienter, nachhaltiger und wirtschaftlicher zu gestalten.

Lasertechnologie für die Satelliten- und Atmosphärenforschung

Die präzise Erfassung von atmosphärischen Daten und die Weiterentwicklung satellitengestützter Technologien sind essenziell für moderne Kommunikationssysteme, Klimaforschung und die Erdbeobachtung. Lasersysteme bieten gegenüber konventionellen Verfahren erhebliche Vorteile: Sie ermöglichen hochauflösende, selektive Messungen spezifischer Moleküle, die präzise Bestimmung von Luftströmungen sowie eine abhörsichere Datenübertragung in der Quantenkommunikation. In mehreren Projekten entwickelt das Fraunhofer ILT maßgeschneiderte Lasersysteme für den Einsatz in Satelliten und bodengestützten Anlagen, um diesen Herausforderungen gerecht zu werden.



Das LIDAR-System für die MERLIN-Mission enthält alle Komponenten vom Pumplaser bis zur Frequenzkonversion in einem besonders kompakten und weltraumtauglichen Aufbau
(© Fraunhofer ILT)

LIDAR (Light Detection and Ranging)-Technologien haben sich mittlerweile als Werkzeug zur Untersuchung von atmosphärischen Prozessen bewährt. In Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik (IAP) hat das Fraunhofer ILT in den letzten Jahren leistungsstarke LIDAR-Systeme für Messkampagnen zur Klimaforschung entwickelt. Hierbei kommen hochenergetische UV-Laser zum Einsatz, die tageslichtfähige Messungen von Aerosol- und Spurengasverteilungen ermöglichen.

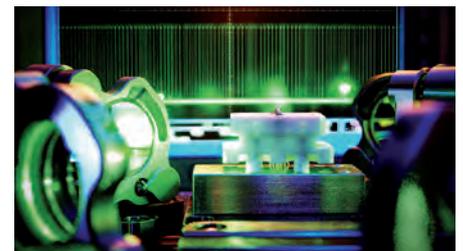
Neben bodengestützten Systemen erforscht das Fraunhofer ILT flugzeug- und satellitengestützte LIDAR-Technologien, die für zukünftige Erdbeobachtungssatelliten relevant sind. Dabei liegt der Fokus auf der Entwicklung kompakter, leistungsfähiger Lasersysteme mit hoher Strahlqualität, minimalem Energieverbrauch und hoher Zuverlässigkeit.

Ein herausragendes Beispiel dieser Arbeiten ist die MERLIN-Mission (Methane Remote Sensing LIDAR Mission), eine deutsch-französische Kooperation zur globalen Überwachung von Methanemissionen. Methan ist als Treibhausgas etwa 25-mal klimaschädlicher als CO₂ und hat einen bedeutenden Einfluss auf den Klimawandel. *Das Fraunhofer ILT entwickelte für die MERLIN Mission gemeinsam mit Airbus Defence and Space einen hochstabilen Transmitter für ein LIDAR System, das Methan in der Erdatmosphäre detektieren kann,* erklärt Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hoffmann, Abteilungsleiter Laser und Optische Systeme am Fraunhofer ILT. Dieses System ermöglichte es, erstmals mit hoher räumlicher Auflösung Methanemissionen aus natürlichen und menschengemachten Quellen zu kartieren.

Ein weiteres Forschungsgebiet der Gruppe nichtlineare Optiken und abstimmbare Laser unter der Leitung von Dr. Bernd Jungbluth sind Komponenten und Baugruppen für die Quantenkommunikation. Dazu gehören Quellen für verschränkte Photonen, die sich für den Einsatz im Weltall eignen. Für deren satellitentaugliche Umsetzung hat das Fraunhofer ILT die opto-mechanische Plattform ILT OPTOMECH entwickelt.

Innovationen für die nächste Generation der Luft- und Raumfahrt

Korrosion und Materialermüdung sind generelle Herausforderungen in der Luft- und Raumfahrt, da Bauteile extremen Bedingungen wie hohen Temperaturen, Vibrationen und harschen Umgebungen standhalten müssen. Das Fraunhofer ILT entwickelt laserbasierte Beschichtungstechnologien, die den Verschleiß von Bauteilen reduzieren und ihre Lebensdauer verlängern. Hierzu zählen insbesondere das LMD-Verfahren, wie auch Dünnschichttechnologien. Besonders im Fokus stehen thermische Barrieren für Triebwerke sowie hochfeste Schutzschichten für Flugzeug- und Satellitenkomponenten.



Nichtlineare optische Quelle für verschränkte Photonen als Basis für Quantenfrequenzkonverter
(© Fraunhofer ILT / V. Lannert)

Durch gezielte Laserbehandlung wie LMD-Beschichtung und Wärmebehandlung können Materialeigenschaften angepasst werden, um eine Beständigkeit gegen Korrosion und Verschleiß zu verbessern. Dies trägt nicht nur zur Erhöhung der Sicherheit bei, sondern senkt auch die Wartungskosten und verlängert die Einsatzdauer kritischer Systeme.

Ein anderer Ansatz für die Weiterentwicklung von Werkstoffen und sparsamen Konzepten in der Luft- und Raumfahrtindustrie ist die weitere Digitalisierung und ein verstärkter Einsatz Künstlicher Intelligenz (KI). Dazu gehören die automatisierte Fehlererkennung in der Fertigung, die Optimierung laserbasierter Fügeverfahren für neue Materialklassen

sowie die Integration von KI in die Prozessüberwachung.

Mit seinem interdisziplinären Forschungsansatz ist das Fraunhofer ILT ein zentraler Akteur für Innovationen in der Luft- und Raumfahrt.

➔ www.ilt.fraunhofer.de

Österreichs erstes universitäres H2-Elektrolyse-Testzentrum im Megawattbereich eröffnet

Mit einer Bundesförderung von zehn Millionen Euro stärkt die TU Graz ihre Wasserstoff-Infrastruktur. Das neue Elektrolyse-Testzentrum und zahlreiche Prüfstandserweiterungen festigen die Spitzenstellung der Steiermark in der Wasserstoffforschung.

Neue Maßstäbe für grüne Wasserstofftechnologie

Das neue Wasserstoff-Elektrolyse-Testzentrum am TU Graz-Campus Inffeldgasse ist eine in Österreich einzigartige Infrastruktur für die Entwicklung und Erprobung von Wasserstofftechnologien im industriellen Maßstab. Auf einem 250 Quadratmeter großen Testfeld werden Elektrolyseure mit einer Gesamtleistung von 1,6 bis 2,5 Megawatt stehen. Eine eigene Trafostation gewährleistet eine stabile Stromversorgung und ermöglicht es der Forschung, unterschiedlichste Versorgungsszenarien abzubilden. Dies ist insbesondere relevant, wenn im Vollbetrieb bis zu 50 Kilogramm grüner Wasserstoff pro Stunde erzeugt werden. Über eine Pipeline wird der erzeugte Wasserstoff bei einem Druck von 80 bar zu einem 18 Meter hohen Speichertank mit einem Fassungsvermögen von 190 Kilogramm (48 m³) geleitet. Von dort aus fließt er über eine 315 Meter lange unterirdische Leitung zu mehreren Instituten am Campus Inffeldgasse, wo er nun rund um die Uhr für Forschungsarbeiten zur Verfügung steht. Die Forschenden nutzen den grünen Wasserstoff, um an neuen und erweiterten Prüfständen die nächste Generation von Großmotoren, Turbinen, Wasserstoffbrennern und Brennstoffzellen-Stacks realitätsnahen Tests zu unterziehen.

Horst Bischof, Rektor der TU Graz, freut sich über dieses Zukunftsinvestment: *Mit dieser hochmodernen Forschungsinfrastruktur schaffen wir die Voraussetzungen, um unsere Position als führende Wasserstoff-Uni-*

versität Österreichs von internationalem Ruf weiter zu stärken. Die TU Graz nehme damit eine Schlüsselrolle in der Umsetzung der österreichischen Wasserstoffstrategie ein. *Getreu unserem Motto „Forschung mit Impact“ wollen wir Hand in Hand mit Industrie, Wissenschaft und Wirtschaft die nächste Generation klimafreundlicher Energietechnologien entwickeln.“*

Im Sommer 2022 stellte die Bundesregierung 17 Millionen Euro für den Ausbau der Wasserstoff-Forschungsinfrastruktur in der Steiermark bereit: Sieben Millionen für die Montanuniversität Leoben, zehn Millionen für die TU Graz. Davon flossen nun 4,5 Millionen Euro direkt in das neue H2-Elektrolyse-Testzentrum, weitere 5,5 Millionen Euro verteilen sich auf einen neuen Prüfstand für Brennstoffzellenstacks, Erweiterungen der Prüfstände für Hochtemperaturbrenner, eine Gasmischstation, Kompressoren sowie Analyse-, Mess- und Sicherheitstechnik. Am Wasserstoff-Campus Inffeldgasse forschen bereits rund 250 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen im Research Center for Green Hydrogen and Fuel Technologies. Vier TU Graz-Institute und drei COMET-Zentren decken im Research Center das gesamte Innovationsspektrum ab, von der Grundlagenforschung über die Wasserstofferzeugung, Speicherung und Verteilung bis hin zur Nutzung in Fahrzeugen, Kraftwerken und industriellen Anwendungen.

Nach Aussage von Elmar Pichl, Hochschulsektionschef im Bundesministerium für Frauen, Wissenschaft und Forschung (BMFWF), ist

grüner Wasserstoff einer der zentralen Energieträger, damit es gelingt, die Zukunft nachhaltig zu gestalten. Mit dem neuen Elektrolysetestfeld an der TU Graz werde nun eine hochmoderne Infrastruktur geschaffen, die es ermögliche, Wasserstoff unter realitätsnahen Bedingungen zu erzeugen. Noch sei das aufwändig und sehr teuer, aber mit dem aktuellen Ausbau könne daran gearbeitet werden, das Verfahren effizienter und damit kostengünstiger zu gestalten. *Damit setzen wir einen entscheidenden Schritt in der Wasserstoffforschung, um unser gemeinsames Ziel,*



Viktor Hacker (Sprecher des Research Centers for Green Hydrogen and Fuel Technologies), Helmut Antrekowitsch (Vize rektor für Forschung der Montanuniversität Leoben), Horst Bischof (Rektor der TU Graz), Willibald Ehrenhöfer (Wirtschafts- und Forschungslandesrat), Elmar Pichl (Hochschulsektionschef im BMFWF), Alexander Trattner (Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme und CEO des HyCentA) (v.l.n.r.)

(Bild: Wolf – TU Graz)



Stack-Prüfstand für Brennstoffzellen und Elektrolyseure am Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme der TU Graz
(Bild: Wolf/TU Graz)



Prüfstand für wasserstofffähige Großmotoren am Large Engines Competence Center LEC am Campus Inffeldgasse der TU Graz
(Bild: Wolf/TU Graz)

die Klimaneutralität Österreichs bis 2040, zu erreichen.

Steiermark: Europas Wasserstoff-Innovation-Hub

Mit den komplementären Schwerpunkten der Montanuniversität Leoben, gebündelt im HY-CARE – Hydrogen and Carbon Research Center Austria, und den zahlreichen Wasserstoffunternehmen vor Ort zählt die Steiermark zu den führenden Wasserstoffregionen Europas. Wasserstofftechnologien sind wesentlich, um die Dekarbonisierung der Industrie voranzutreiben und damit die grüne Transformation erfolgreich zu meistern, sagt Wirtschafts- und Forschungslandesrat Willibald Ehrenhöfer. Die Steiermark sei bei der Erforschung dieser Technologien bereits sehr erfolgreich und deshalb auch Teil des ersten europäischen Wasserstoff-Valleys für Industrieanwendungen. Mit dem neuen Testzentrum an der TU Graz stärken wir unsere führende Position in diesem Zukunftsfeld weiter und erhöhen die internationale Sichtbarkeit. Die enge Koordination der Forschungsziele der beiden steirischen TU Austria-Universitäten trage wesentlich zur Förderung der Wasserstoff-Forschung in Österreich bei, so Helmut Antrekowitsch, Vizerektor für Forschung und Nachhaltigkeit der Montanuniversität Leoben. Das Forschungszentrum für Wasserstoff und Kohlenstoff in Leoben beschäftigt sich ihm zufolge dabei intensiv mit der Entwicklung fortschrittlicher Verfahrenstechnologien, um große Mengen Wasserstoff für die Industrie bereitzustellen. Gleichzeitig werde der gesamte Wertschöpfungskreislauf von Wasserstoff und Kohlenstoff erforscht. Dies ergänzt sich ausgezeichnet mit den Ak-

tivitäten der TU Graz, wodurch ein über die Grenzen Österreichs hinaus exzellenter Forschungsverbund ermöglicht wird.

Ideale Bedingungen für Langzeittests von Elektrolyseanlagen

Das neue Elektrolysetestzentrum bietet ideale Bedingungen für Langzeittests, beschleunigte Alterungstests sowie die Analyse von Degradationsverhalten und Systemzuverlässigkeit verschiedenster Elektrolyseanlagen und -technologien, sagt Alexander Trattner vom Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme der TU Graz und CEO des COMET-Kompetenzzentrums HyCentA. Eine direkte Kopplung des industrienahen Betriebs an hochpräzise Gas- und Wasseranalysensysteme gewährleistet die Bewertung der Wasserstoffqualität gemäß internationalen Standards – sowohl mit als auch ohne integrierte Aufreinigungssysteme. So ließen sich Anforderungen für die Serienproduktion zukünftiger Elektrolysesysteme präzise definieren, sagt Alexander Trattner.

Integriertes Forschungsökosystem: Produzieren, Speichern, Nutzen

Die neue Infrastruktur ermöglicht erstmals ein vollständig integriertes Forschungsökosystem für Wasserstofftechnologien an der TU Graz. Damit eröffnen sich neue wissenschaftliche Möglichkeiten für Langzeit- und Belastungstests sowie für Systemanalysen unter praxisnahen Bedingungen, sagt Viktor Hacker, Leiter des Instituts für Chemische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik und Sprecher des Research Centers for Green Hydrogen and Fuel Technologies. Ein besonderes Alleinstellungsmerkmal des Standorts

Graz sei die enge wissenschaftliche Vernetzung über alle Skalen hinweg – von der materialwissenschaftlichen Grundlagenforschung über Tests im Labormaßstab bis hin zur vorindustriellen Anwendung im Megawattbereich. In Graz entsteht so ein europaweit einzigartiges Modell für die Entwicklung und Erprobung zukünftiger Energiesysteme. So soll etwa mit Hilfe eines neuen Prüfstands für Brennstoffzellenstacks deren Effizienz und Lebensdauer wesentlich erhöht und der Einsatz seltener Metalle wie Platin reduziert werden. Die neue Infrastruktur erlaubt dabei Tests unter extremen klimatischen Bedingungen sowie bei hohen Neigungswinkeln, wie sie bei Anwendungen in der Schiff- und Luftfahrt auftreten. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt auf der Optimierung von kombinierten Elektrolyse-Brennstoffzellen-Geräten, die flexibel Wasserstoff erzeugen oder Strom generieren.

Weitere Hauptabnehmer des grünen Wasserstoffs sind die erweiterten Prüfstände für industrielle Hochtemperaturbrenner am Institut für Wärmetechnik: Forschende mischen hier Wasserstoff mit Erdgas und ermitteln die damit verbundenen Auswirkungen auf die Gaszufuhr, das Abgassystem und die Brennerbelastung. In einem Leistungsbereich von bis zu 1,2 MW werden dabei verschiedene Gasmischungen bei Abgastemperaturen von 800 bis 1500 °C untersucht. Philipp Jarke

Kontakt

Alexander Trattner, Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., TU Graz,
E-Mail: trattner@tugraz.at
Viktor Hacker, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., TU Graz,
E-Mail: viktor.hacker@tugraz.at
➔ www.tugraz.at

Additive Fertigung

Mobiles Messgerät prüft Pulver in Sekundenschnelle

Den Alterungszustand von gebrauchtem Kunststoffpulver zu ermitteln, war bisher ein zeitraubendes und teures Unterfangen. Doch nun hat ein Wissenschaftler vom Fraunhofer IPA ein Prüfverfahren entwickelt, das binnen Sekunden Ergebnisse liefert. Die Kosten für 3D-gedruckte Bauteile könnten deshalb sinken.

Man sieht ihm sein Alter kaum an: Das Kunststoffpulver, das beim 3D-Druck zum Einsatz kommt, wirkt meistens noch wie neu, wenn es den ersten Druckprozess durchlaufen hat. Beim Selektiven Lasersintern, einem weit verbreiteten 3D-Druckverfahren, wird das Kunststoffpulver flächig aufgebracht, erwärmt und an genau definierten Stellen mit einem Laserstrahl verfestigt. Dieser Vorgang wiederholt sich Schicht für Schicht, bis das gewünschte Bauteil fertig ist. Dabei wird auch das Pulver, das nicht lokal aufgeschmolzen wird, für mehrere Stunden auf eine Temperatur deutlich oberhalb von 100 °C erhitzt und am Ende des Bauprozesses wieder auf Raumtemperatur abgekühlt. Dabei altert das Material.

Doch mit bloßem Auge ist das häufig nicht erkennbar. Meist hat das Pulver immer noch den gleichen Farbton und ist so fein, dass die einzelnen Körner für das menschliche Auge gerade noch sichtbar sind. Gelegentlich treten Verklumpungen oder Verfärbungen auf. Doch gravierender sind diejenigen Alterserscheinungen, die sich auf molekularer Ebene abspielen: Am häufigsten tritt bei der Erhitzung im 3D-Drucker die sogenannte Festphasen-Nachkondensation auf. Dabei verbinden sich die Polymerketten untereinander, werden also länger. *Dabei verändern sich die Eigenschaften des Pulvers. Denn je länger die Polymerketten sind, desto höher liegen die Schmelztemperatur und -viskosität*, sagt Marc Gabaldón González vom Forschungsteam *Additive Prozesse für Thermoplaste* am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA.

Mobiles Ramanspektrometer erfasst Alterungszustand

Um zu verhindern, dass das Gebrauchtpulver den Druckprozess verlängert, den Energieverbrauch in die Höhe treibt oder minder-

wertige Bauteile hervorbringt, mischt es die Industrie mit neuem Kunststoffpulver. Doch eine Garantie für hochwertige Ergebnisse sind diese sogenannten Baumischungen nicht. *Es kann immer sein, dass die Bauteile am Ende Defekte aufweisen, die Dimensionen nicht stimmen oder die Oberfläche uneben wird*, sagt Gabaldón González. Zuverlässige Vorhersagen über die zu erwartende Güte liefern bisher nur langwierige Prüfverfahren – ein Aufwand, der sich selten rechnet.

Um Fehldrucke in Zukunft möglichst auszuschließen und um zu verhindern, dass die Industrie Gebrauchtpulver entsorgt, obwohl es noch verwendet werden kann, hat Gabaldón González eine Methode entwickelt, mit der der Alterungszustand des Kunststoffpulvers zerstörungsfrei und in wenigen Sekunden analysiert werden kann. Im Zentrum steht dabei ein mobiles Ramanspektrometer, ein Gerät, das nur wenig größer als ein Smartphone ist und verglichen mit einem stationären Ramanspektrometer oder einem Rheometer verhältnismäßig günstig ist. Mit einem mobilen Ramanspektrometer identifizieren zum Beispiel Zollbeamte Drogen oder Sprengstoff.

Prüfverfahren spart der Industrie bares Geld

Wenn Gabaldón González das mobile Ramanspektrometer auf das Kunststoffpulver richtet, zeigt das Display des Messgeräts in Sekundenschnelle eine Kurve an, die Rückschlüsse über den Zustand des Pulvers zulässt, da das angezeigte Spektrum mit der Massenzunahme der Polymerketten korreliert. *Je größer die molare Masse, desto älter das Pulver*, erklärt der Chemiker. Denn je öfter das Pulver den Prozess der Festphasen-Nachkondensation erfahre, desto länger und schwerer seien die Polymerketten. Im Vergleich mit der Referenzkurve, die die molare Masse von neuem Pulver zeigt, wird auf einen



Wird das mobile Ramanspektrometer auf das Kunststoffpulver gerichtet, zeigt das Display des Messgeräts eine Kurve an, die Rückschlüsse über den Zustand des Pulvers zulässt

(Bild: Fraunhofer IPA/Foto: Rainer Bez)

Blick klar, in welchem Alterungszustand das Gebrauchtpulver ist.

Der Industrie spart dieses unkomplizierte und schnelle Prüfverfahren bares Geld. Denn nun ist es nicht mehr nötig, Gebrauchtpulver nach wenigen Druckprozesszyklen zu entsorgen. Stattdessen kann es so lange im Umlauf bleiben, wie es laut Messergebnis qualitativ hochwertige Bauteile erwarten lässt. Ein möglicher vielversprechender Anwendungsbereich dieser Analyseverfahren liegt deshalb in der Herstellung von Baumischungen für das Lasersintern. Durch die präzise Analyse der Mischverhältnisse von neuem und recyceltem Pulver kann die Methode dazu beitragen, die Materialzusammensetzung gezielt zu steuern und einen definierten Zielzustand des Pulvers zu erreichen.

Man sieht dem Kunststoffpulver sein Alter eben doch an. Man muss nur auf das Display eines mobilen Ramanspektrometers schauen.

Kontakt

Marc Gabaldón González, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA,

E-Mail: marc.gabaldon.gonzalez@ipa.fraunhofer.de

➔ www.ipa.fraunhofer.de

Mikrometergenaue Positionierung von Wafern für die PECVD-Beschichtung

Bildverarbeitungsgestützte Robotik für hochpräzises Handling sensibler Produkte

Für das automatisierte Be- und Entladen eines Werkstückträgers mit unterschiedlich großen Wafern vor der PECVD-Beschichtung entwickelte acp systems für einen führenden Hersteller von Raumfahrt-Solartechnologie eine bildverarbeitungsgestützte Robotiklösung. Sie stellt sicher, dass die vorgegebene Positionierungsgenauigkeit in den Nestern der Werkstückträger von +/- 0,1 mm eingehalten und dafür sowohl die Fertigungstoleranzen der Carrier als auch deren während des Beladens auftretende abkühlungsbedingte Schrumpfung ausgeglichen wird.

Die in Heilbronn ansässige Azur Space Solar Power GmbH zählt zu den weltweit führenden Unternehmen in der Entwicklung und Produktion von hocheffizienten Mehrfachsolarelementen für die Raumfahrt und terrestrische Konzentratorsysteme (CPV). Die Solarzellen basieren auf der neuesten Triple- und Quadruple-Junction-Technologie, bei der die Schichten auf einem Germaniumsubstrat aufgebaut werden.

Automatisierung des Be- und Entladeprozesses mit Herausforderungen

Während des Herstellungsprozesses durchlaufen die Wafer mit 4, 6 und 8 inch (100, 150 und 200 mm) Durchmesser unter anderem einen PECVD-Prozess (Plasma-enhanced Chemical Vapour Depositon – plasmaunterstützte chemische Dampfabcheidung) in Anlagen der Singulus Technologies AG. Die Solarzellen werden dafür in Kassetten bereitgestellt, herausgenommen und in den nur

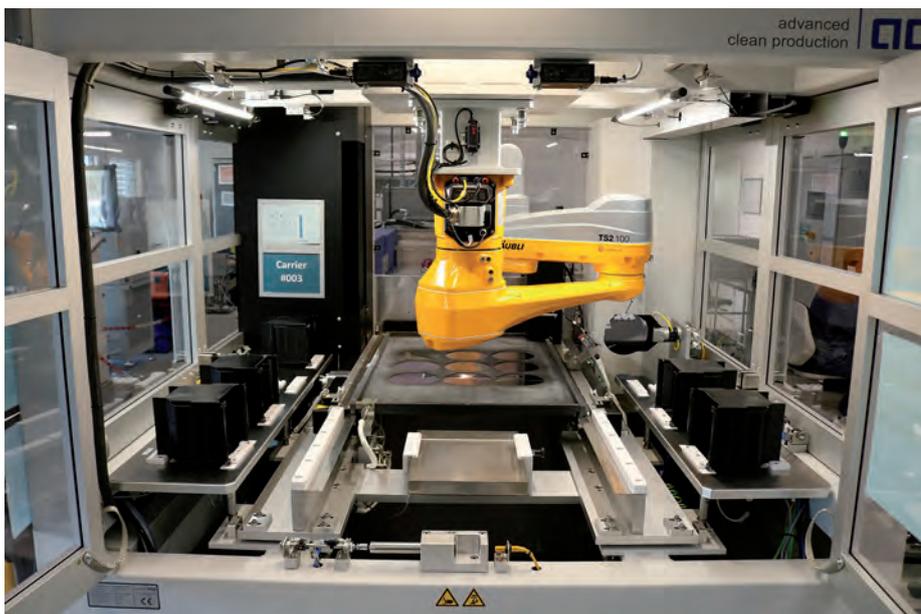
wenige Hundert Mikrometer größeren Taschen von speziellen Kohlefaser-Werkstückträgern positioniert. Je nach Zellgröße können die 1000 x 600 mm großen Carrier vier, neun oder 16 Wafer aufnehmen. Um Crashes zu vermeiden, muss beim Beladen der Werkstückträger eine Positioniergenauigkeit von +/- 0,1 mm stabil eingehalten werden. Nach der ein- oder zweiseitigen Beschichtung sind die Solarzellen wieder in Kassetten abzulegen. Diese bislang zeit- und kostenintensiv manuell mit Saugpipetten durchgeführte Tätigkeit wollte Azur Space automatisieren. Herausforderungen ergeben sich dabei durch die Lage der Solarwafer mit Flats in den Kassetten mit Abweichungen von +/- 5 Grad und +/- 3 mm sowie exakt vorgegebenen Positionen für das Greifen. Darüber hinaus müssen die fertigungsbedingten Toleranzen der Carrier ebenso ausgeglichen werden wie die abkühlungsbedingte Schrumpfung. Sie ergibt sich durch die fallende Temperatur der

Werkstückträger, die mit bis zu 350 °C aus dem Beschichtungsprozess kommen und während des Ent- und Beladens abkühlen.

Positioniergenauigkeit mit Leucht-Ausrichttisch und Bildverarbeitung gesichert

Für diese Aufgabenstellung entwickelte der Automatisierungsspezialist acp systems AG eine intelligente, bildverarbeitungsgestützte Handlinglösung mit einem Industrieroboter. Dieser wurde aus Platzgründen an der Decke des Beladebereichs der Beschichtungsanlage montiert und hat eine Reichweite von 1000 mm. Ausgestattet ist der Scara mit einem speziellen Flachvakuumgreifsystem, das für die verschiedenen großen Wafer schnell austauschbar ist.

Der Roboter entnimmt den Wafer aus der Kassette und legt ihn auf einem hinterleuchteten Ausrichttisch ab. Darüber ist ein Kamerasystem mit 12-Megapixel-Kamera im Arbeitsabstand von 680 mm platziert. Sie erkennt die genaue Position des Wafers und gibt diese Information an die Cognex Vision Pro-Software weiter. Basierend darauf werden die Lage- und Winkelkompensation berechnet, mit welcher der Wafer in das Carriernest eingelegt werden muss, und der Robotersteuerung übermittelt. Eventuelle Verzerrungen des Kamerasystems wurden bei dessen Inbetriebnahme durch die Kalibrierung mit einer *Checker Plate* ausgeglichen. Um die Fertigungstoleranzen der Carrier und die durch Abkühlung auftretende Schrumpfung überhaupt zu beherrschen, wird der Werkstückträger zunächst durch Ziehen gegen einen Anschlag und durch Indexierung zentriert. Dies ermöglicht, den Koordinatennullpunkt aller Carrier im Handlingsystem reproduzierbar festzulegen. Darüber hinaus wurden zum Ausgleich der Fertigungstoleranzen zuvor alle Carrier im kalten Neuzustand exakt vermessen und jeder mit einem Datamatrix-Code zur Identifizierung versehen. Unter diesem Code sind für die Berech-



Der Roboter der bildverarbeitungsgestützten Handlinglösung wurde aus Platzgründen an der Decke des Beladebereichs der Beschichtungsanlage montiert und verfügt über eine Reichweite von 1000 mm (Bild: Azur Space Solar Power)

nung der Kompensation der Lagetoleranzen der Carriernester relevanten Daten in der Steuerung hinterlegt.

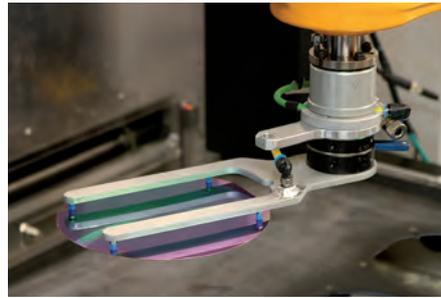
Um die durch die Abkühlung der Werkstückträger auftretende thermische Schrumpfung auszugleichen, wurde zunächst eine Passermarke in der dem Koordinatennullpunkt gegenüberliegenden Ecke des Carriers angebracht und diese ebenfalls im kalten Zustand genau vermessen. Darüber befindet sich ein zweites Kamerasystem, mit dem der Versatz der Passermarke gegenüber dem kalten Zustand ermittelt wird. Die Software berechnet anhand dieser Informationen die Kompensation für die genaue Positionierung des Wafers. Dieser Vorgang wird für jeden einzulegenden Wafer wiederholt.

Flipstation für das Drehen der Wafer

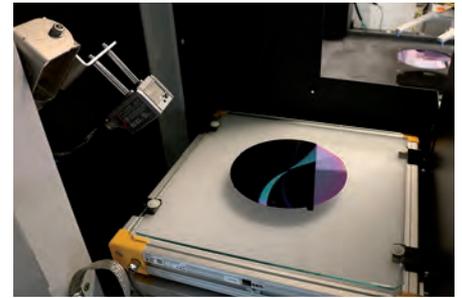
Für das Drehen der Solarzellen, die beidseitig beschichtet werden, hat acp systems eine Flipstation integriert. Diese erhält die entsprechenden Wafer einzeln vom Roboter und greift sie an definierten Bereichen mit Vakuum-Saugpunkten. Nach der Rotation um 180 Grad übernimmt der Robotergreifer den Wafer wieder und transportiert ihn zum Ausrichttisch.

Integrierte Qualitätskontrolle

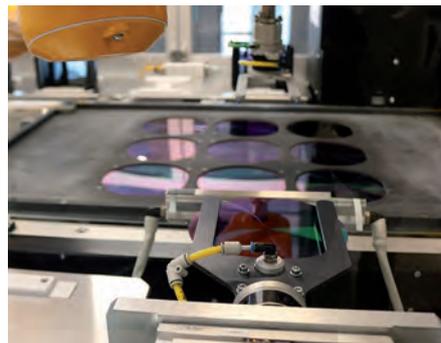
Bevor die beschichteten Solarzellen wieder in den Kassetten abgelegt werden, erfolgt durch das Kamerasystem am Ausrichttisch abschließend eine Qualitätskontrolle. Es wird dabei geprüft, ob die Kanten der Wafer frei von Beschädigungen sind.



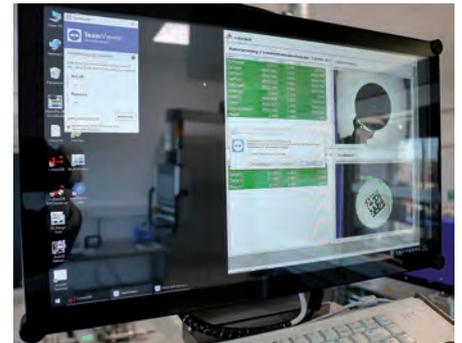
Das Flachvakuumgreifsystem hält die beim Beladen der Werkstückträger vorgegebene Positioniergenauigkeit von +/- 0,1 mm stabil ein
(Bild: Azur Space Solar Power)



Das Kamerasystem erkennt die genaue Position des Wafers und gibt diese Information an die Software weiter
(Bild: Azur Space Solar Power)



Für das Drehen beidseitig zu beschichtender Solarzellen ist eine Flipstation in das Handlingsystem integriert
(Bild: Azur Space Solar Power)



Vor dem Ablegen der beschichteten Solarzellen in den Kassetten prüft das Kamerasystem, ob die Kanten der Wafer frei von Beschädigungen sind
(Bild: Azur Space Solar Power)

Die beschriebene, bildverarbeitungsgestützte Robotiklösung von acp systems sorgt für ein hochpräzises und schonendes Handling der sehr empfindlichen Solarwafer. Dies zeigt sich vor allem daran, dass es seit Inbetriebnahme zu keinem handlingsbedingten Waferbruch

kam. Insgesamt resultiert aus dem Ersatz der manuellen Handhabung durch ein vollautomatisches System eine deutlich verbesserte Produktivität und Wirtschaftlichkeit.

Doris Schulz

➔ www.acp-systems.com

DENKEN SIE ÜBER EINEN NEUEN TROCKNER NACH?

Dann haben wir hierzu fünf wichtige Informationen für Sie:

HARTER
drying solutions



Alles aus einer Hand

Beratung, Vertrieb, Versuche, Entwicklung, Konstruktion, Fertigung und Montage.

Mit uns haben Sie einen breit aufgestellten Partner an Ihrer Seite.



Dienst am Kunden

Dazu gehört ein qualifizierter und zuverlässiger Kundendienst.

Kompetenter Service, Sachverstand und schnelle Verfügbarkeit.



Schnelle Montage

Von uns erhalten Sie einen extrem effizienten Wärmepumpentrockner.

Innerhalb von maximal 3 Tagen bauen wir diesen in Ihre Produktion ein. Auf Wunsch auch am Wochenende.



Fördergelder

Sie erhalten staatliche Zuschüsse für den Einsatz unserer Technologie.

Mit unseren Wärmepumpentrocknern sparen Sie Energie und bekommen dafür Geld.



Kurze Wege

Kontaktieren Sie uns direkt und persönlich.

So gestalten wir Projekte einfach und erfolgreich.

≡ Emissionsarme Bremsscheibe:

Best Practice einer datengetriebenen Produktion

Um die Feinstaubbelastung im Verkehrssektor des Euroraums deutlich zu reduzieren, sollen neue Pkw-Modelle ab dem kommenden Jahr mit emissionsarmen Bremssystemen ausgestattet werden. Für die produzierende Industrie ist damit ein Technologiesprung verbunden, der nur dank innovativer Materialien und Verfahren, neuartiger Werkzeuge und Maschinen sowie digitaler Vernetzung in der Produktion gelingen konnte. Davon profitieren am Ende womöglich alle, nicht allein der Umwelt- und Gesundheitsschutz durch weniger Feinstaubpartikel in der Atmosphäre. Die von europäischen Herstellern favorisierte hartstoffbeschichtete Bremsscheibe ist auch wirkungsvoller, korrosionsbeständig und hält ein Autoleben lang. Deshalb war sie bislang eher dem automobilen Luxussegment vorbehalten.

Die ersten Produktionslinien für die neuen Bremsscheiben werden zurzeit in der Fahrzeugindustrie eingerichtet. Bei hartstoffbeschichteten Bremsscheiben bedeutet dies, dass gedrehte Gussbremsscheiben durch Laserauftragsschweißen oder auch Kaltgasspritzen und das anschließende so genannte Doppelseitenplanschleifen bearbeitet werden. Während der erste Teil der Prozesskette noch auf Bewährtem aufbauen kann, unterscheidet sich das Laserauftragsschweißen mit dem anschließenden Schleifvorgang gravierend von bisherigen Verfahren.



UGrind 800DD V4 – die neue Generation der Bremsscheiben-Schleifmaschine mit zwei Werkstück- und Werkzeugspindeln für höhere Geschwindigkeit und Präzision
(Bild: EMO Hannover)

Beinah so hart wie Diamant

Ausschlaggebend dafür sind moderne, in eine Metallmatrix eingebettete Carbide, die beinahe die Härte von Diamanten erreichen. Wie sie verarbeitet werden, erläutern die Spezialisten des Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) in Dresden. Demnach wird das Carbid-Metallpulver über ein maßgeschneidertes Pulverdüsensystem gemischt und mit einem Laser auf die rotierende Bremsscheibe aufgebracht. *Entscheidende Kostenvorteile ergeben sich durch das Verfahren, die eingesetzten Pulverwerkstoffe sowie die erzielbaren geringen Schichtdicken*, erläutert René Bischoff, Entwicklungschef beim ebenfalls in Dresden ansässigen Technologiepartner des IKTS, das Unternehmen C4 Laser Technology. Anders gesagt: Per Laser lässt sich eine sehr dünne Schicht auftragen, die extrem hart ist. Das spart Material und gilt als äußerst ressourceneffizient. Allerdings stellt sie die abschließende Schleifbearbeitung durchaus vor große Aufgaben.

Hohe Anforderungen an Werkzeug und Maschine

Spätestens als die ersten neuartig beschichteten Bremsscheiben für Testversuche bei den Schleifmaschinenherstellern eingingen, wurde die Herausforderung deutlich: Bei den ersten Versuchen habe es die Schleifscheiben in der Maschine buchstäblich *zerrissen*, heißt es. Denn der bislang völlig unbekannt Materialmix der Deckschicht zeigte sich ziemlich unbeeindruckt vom Kontakt mit dem Schleifmittel. Die gute Nachricht: Die Bremsscheibe machte, was sie sollte. Sie entwickelte hohe Bremswirkung, ohne Feinstaubpartikel abzusondern.

Es gibt nichts Schlimmeres als nicht genau zu wissen, was da eigentlich zu schleifen ist, betont Mario Preis, Head of Technology & Corporate Development bei der DVS Technology Group, Dietzenbach



Beschichtete und geschliffene Bremsscheiben sind ein entscheidender Baustein, um die Euro-7-Norm zu erfüllen
(Bild: EMO Hannover)

(Hessen). Da es bei den verschiedenen Tochterunternehmen der auf Oberflächenbearbeitung ausgerichteten DVS Group für jeden Prozessschritt Spezialisten und geeignete Werkzeugmaschinen gibt, schloss sich ein intensiver, technologieübergreifender Austausch an. Es galt, ein gemeinsames Prozessverständnis zu entwickeln und herauszufinden, welche Kombination aus Beschichtung, Schleifscheibe und Motorspindelleistung am besten läuft, damit sich die gewünschten Geometrie- und Oberflächeneigenschaften der Bremscheiben erreichen ließen.

Dokumentation für ein sicherheitskritisches Bauteil

Nicht einfacher wurde die Entwicklung und sorgfältige Abstimmung entlang der Prozesskette dadurch, dass es auch bei der neuen Beschichtung unterschiedliche Varianten und Hersteller gibt. Zudem: *Bereits in der frühen Phase der Entwicklung wollten unsere Kunden alles dokumentiert haben*, berichtet Mario Preis. Immerhin handelt es sich bei der Bremscheibe um ein sicherheitskritisches Bauteil für den Insassen- und Personenschutz, an das aus diesem wichtigen Grund hohe Qualitätsansprüche gestellt werden. Außerdem verfolge jeder Fahrzeughersteller seine eigene Philosophie und habe klare Vorstellungen davon, wie die Bremscheiben aussehen und sich das Fahrzeug beim Bremsvorgang anfühlen muss. Preis ist überzeugt, dass es ohne digitalisierte Prozessketten kaum noch möglich ist, individuelle Produktvorgaben und -änderungen sowie die ständig steigenden Anforderungen an die Dokumentation wirtschaftlich umzusetzen. Das gelte gerade auch im Hinblick auf die EU-Richtlinie CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) zur umfassenden Nachhaltigkeitsberichterstattung.

Mehr Flexibilität dank digitaler Vernetzung

Die Maschinenhersteller haben bei der Digitalisierung vorgelegt, sagt Irina Eisele, Lead IoT Product Development bei der Emag Group, ein Werkzeugmaschinenhersteller mit Sitz in Salach (Baden-Württemberg). Viele Werkzeugmaschinen werden bereits ab Werk mit umfangreicher Sensorik und Monitoringsystemen ausgestattet. Eisele hatte auf der jüngsten Schleiftagung in Stuttgart-Fellbach über die digitale Vernetzung entlang der Prozesskette am Beispiel hartstoffbeschichteter Bremscheiben referiert. Die Spezialistin für IoT (Internet of Things) stellte dabei einen ganzheitlichen Ansatz zur werkstückbezogenen Erfassung und Archivierung von Prozessdaten vor, die aus unterschiedlichen Fertigungsschritten und Fertigungstechnologien stammen. Ob Fertigungsparameter wie Laserleistung und Pulverförderate, Sensordaten wie Schichtdicken und Bauteilgeometrie oder Prozessdaten wie Schleifmaschinenverschleiß pro Werkstück: *Daten bilden die Grundlage, um Werkzeuge und Prozessparameter gezielt optimieren zu können*, so Eisele.

Die Maschinenhersteller unterstützen Kundinnen und Kunden mit Hard- und Software für Datentransfer und Dokumentation. Mit Hilfe eines Industrie-PC werden Maschinensteuerungen und Sensorik über geeignete Schnittstellen mit dem Unternehmensnetzwerk verbunden. Die Software sammelt die Daten, ordnet sie zu und analysiert sie. Werkstückspezifische Daten lassen sich für die Dokumentation aufzeichnen oder visualisieren, etwa um Gut- und Schlechteile zu vergleichen. *Der deutliche Mehrwert für den Anwender ergibt sich durch Transparenz*, betont Irina Eisele. Der Systemblick erleichtert Qualitätssicherung und Nachverfolgbarkeit. Das sei gerade bei sicherheitskritischen Bauteilen wie der Bremscheibe, bei der die Bearbeitungshistorie penibel zu dokumentieren ist, ein unschätzbare Vorteil.

AI und Digitalization Area auf der EMO Hannover

Die Vorteile digitaler Prozessketten inspirieren Maschinenhersteller genauso wie wissenschaftliche Institute. Zum Ausdruck kommt dies auch auf der EMO Hannover, Weltleitmesse der Produktionstechnologie, die der VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken) vom 22. bis 26. September 2025 in der niedersächsischen Landeshauptstadt veranstaltet. Auf einer eigens eingerichteten *AI + Digitalization Area* werden sich Unternehmen mit Best-Practice-Beispielen präsentieren. Das Spektrum reicht von smarterer Produktion, Industrie 4.0 und Machine Learning bis Internet of Things (IoT) und KI-Applikationen.

Wir sollten stärker auf Daten vertrauen, fordert Irina Eisele. Durch die Digitalisierung sei einfach besser zu verstehen, welche Stellschrauben wie wirken. Anwenderinnen und Anwender könnten auf Produktveränderungen und neue Marktanforderungen schneller reagieren. Im Fall der hartstoffbeschichteten Bremscheibe dürfte sich dies auch künftig als besonders nützlich erweisen. Nicht nur bei Emag stehen als nächstes Bremscheiben für Lkw und Schienenfahrzeuge auf dem Programm. Schließlich möchte auch in Bahnhöfen niemand im Bremspartikel-Nebel stehen.

Cornelia Gewiehs

➔ www.emo-hannover.de

ECOCLEAN
technology that inspires

Our
Focus:
Clean

INNOVATIVE HIGH
PURITY CLEANING
SYSTEMS.

Laser World of Photonics, Munich | Hall B1/344
www.ecoclean-group.net



SBS ECOCLEAN GROUP
ECOCLEAN UCM MHITRAA

Innovatives Verfahren zur smarten Qualitätssicherung für Filtermodule

Sichere Wasserfilter: Laserbasiertes Prüfsystem erkennt automatisiert Leckagen mit höchster Präzision

Ein neues Prüfsystem soll Leckagen in Filtermodulen automatisch, zerstörungsfrei und in Echtzeit erkennen. Entwickelt wird es im Projekt *CLeo* unter der Leitung von DBI Gas- und Umwelttechnik. Das Fraunhofer-Anwendungszentrum für Optische Messtechnik und Oberflächentechnologien AZOM entwickelt dafür ein laserbasiertes Leckdetektionsverfahren und eine KI-Auswertung. Das Prüfsystem soll nach Mitteilung des Fraunhofer IWS die bisher manuelle Qualitätskontrolle in der Membranproduktion grundlegend verbessern, um Produktionskosten zu senken, Umweltstandards zu erfüllen und die Qualität industrieller Filtersysteme dauerhaft zu sichern – effizient, präzise und nachhaltig.

Die Nachfrage nach leistungsfähigen Filtersystemen wächst. Getrieben durch verschärfte Umweltauflagen wie die neue EU-Abwasserrichtlinie, die eine vierte Reinigungsstufe in Kläranlagen fordert, leisten Mikro- und Ultrafiltrationssysteme einen zentralen Beitrag. Sie sind jedoch bislang auf manuelle, arbeits- und zeitintensive Lecktests angewiesen. Diese Verfahren sind weder skalierbar noch nachhaltig.

Gleichzeitig steht die Branche vor der Herausforderung, ihre Qualität im Produktionsprozess effizient zu sichern. Herkömmliche Prüfmethode wie der Blasentest im Wasserbad sind aufwendig, fehleranfällig und nicht automatisierbar. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ge-

förderte Verbundprojekt *Cyber-physisches System zur Inline Leck-Detektion an Membranfiltrationsmodulen mittels orts aufgelöster Diodenspektroskopie (CLEO)* adressiert dieses Problem: Ziel ist ein cyber-physisches Inline-Prüfsystem, das Leckagen optisch lokalisiert und mithilfe künstlicher Intelligenz direkt während der Produktion auswertet, ohne die empfindlichen Membranen zu beeinträchtigen. *Unser Ziel ist es, mit dem CLeo-System eine hochpräzise Leckageprüfung zu ermöglichen, die sich nahtlos in industrielle Fertigungsprozesse integrieren lässt*, erklärt Dr. Tobias Baselt, Gruppenleiter für Optische Fasertechnologien am Fraunhofer AZOM. Durch die Kombination aus laseroptischer Spektroskopie, intelligentem Datenhandling und automatisierter Mechanik entstehe eine robuste Lösung, die Qualität sichert und gleichzeitig Zeit, Ressourcen und Kosten spart. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programms *KMU-innovativ: Zukunft der Wertschöpfung* gefördert (Förderkennzeichen: 02P24K143).

Digitalisierung trifft Praxis: für Umwelt, Industrie und Gesellschaft

Das Prüfverfahren basiert auf orts aufgelöster Diodenspektroskopie. Ein Prüfgas wird durch das Filtermodul geleitet, potenzielle Leckagen lassen sich über spezifische Absorptionssignale sichtbar machen. Die Daten werden in Echtzeit KI-gestützt ausgewertet und Leckagen nicht nur erkannt, sondern punktgenau lokalisiert. So lassen sich Module gezielt reparieren oder selektiv ausschleusen. Neben dem ökonomischen Nutzen trägt die Technologie auch zur Ressourcenschonung bei: Prüf- und Reparaturzeiten verkürzen sich erheblich und eine Nachbehandlung der Module aufgrund des Wasserbads entfällt. Die automatisierte Erkennung und gezielte Nachbearbeitung reduziert Ausschuss, was



Qualitätskontrolle von Filtrationsmembranen beim Projektpartners WTA Unisol. Das im Projekt CLeo entwickelte Prüfverfahren soll den Arbeitsprozess beschleunigen und die Prüfsicherheit erhöhen (©WTA Unisol GmbH)

einen wichtigen Schritt in Richtung nachhaltiger Produktion darstellt. Darüber hinaus lässt sich das System branchenübergreifend einsetzen. Neben der Wasserwirtschaft profitieren die Lebensmitteltechnik, Pharmazie oder Chemie, in denen absolute Dichtheit essenziell ist.

Das zweijährige Projekt mit einem Gesamtvolumen von rund 1,4 Millionen Euro startete am 1. Januar 2025 und vereint Kompetenzen aus Werkstoffforschung, Maschinenbau, Messtechnik und Digitalisierung:

- DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH: Projektkoordination, Entwicklung der Gaseinbringung
- Fraunhofer AZOM: Entwicklung des Leckdetektionsverfahrens und der KI-basierten Auswertung
- ibl Maschinenbau GmbH: Automatisiertes Handling der Module mittels Robotik
- WTA Unisol GmbH: Integration der Systemkomponenten, Entwicklung von Prüflingen mit definierten Fehlern
- Westsächsische Hochschule Zwickau (WHZ): Entwicklung von Schutztextilien zur Optimierung der Messumgebung

➔ www.iws.fraunhofer.de



Die laserbasierte Technologie kombiniert optische Spektroskopie mit KI-gestützter Auswertung und ermöglicht eine automatisierte, zuverlässige Qualitätskontrolle in der Membranproduktion

(©Fraunhofer IWS, KI-gestützt bearbeitet)

55 YEARS
MUNK
WE HAVE THE POWER

MUNK PAYBACK EFFEKT

**CO₂ reduziert – Geld gespart:
Maximaler Effizienz**

Unsere PSP Tower **sparen** Platz,
reduzieren CO₂ und Kosten - und das mit
maximale Effizienz. Sie stellen die alte Technik
in den Schatten und überzeugen mit:

- + **Payback in ca. 24 Monaten**
- + **Niedrigere Energiekosten**
- + **Resilient & smart - easy versichert**
- + **Kompakte Bauweise & wenig Gewicht**
- + **Hohe Flexibilität und mehr Prozesssicherheit**

Jetzt auf die **moderne** Gleichrichtertechnik von MUNK umsteigen
und **nachhaltig** profitieren!

MUNK GmbH

Gewerbepark 8+10 | D-59069 Hamm-Rhyrnern | Tel.: +49 2385 74-0 | Mail: vertrieb@munk.de | www.munk.de | [f](#) [in](#) [v](#)



*18 V / 4000 A



ZVO-OBERFLÄCHENTAGE

BERLIN

24.-26.9.2025

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

Wir stellen aus
Stand Nr.:

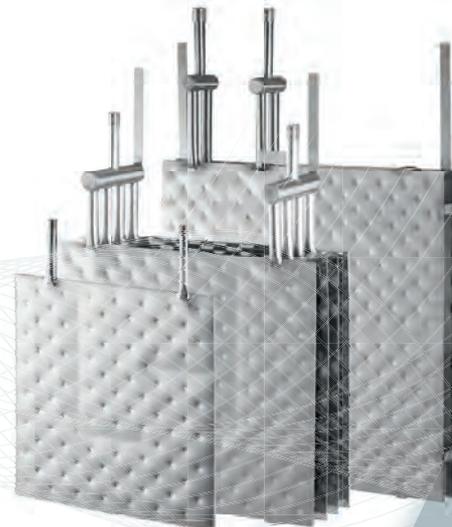
31

... damit die
Temperatur stimmt!



MAZURCZAK
Heizen Kühlen Regeln

Ob so ...



Mazurczak GmbH
Tel. +49 / 9122 / 98 55 0
kontakt@mazurczak.de



rotkappe.de

... oder so.

Wir **REGELN** das für Dich!

Optik der Zukunft – vom Glas zum System

Laser macht Linse: Laserbasierte Optikfertigung für präzise Zukunftslösungen

Ob in der Medizintechnik, der Quantentechnologie oder der Halbleiterfertigung – optische Systeme sind aus vielen Hightech-Anwendungen nicht wegzudenken. Damit Linsen, Spiegel oder andere Komponenten höchste Anforderungen erfüllen, bedarf es Fertigungsverfahren, die Präzision, Effizienz und Flexibilität vereinen. Am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entstehen genau dafür maßgeschneiderte Lösungen, die aus wenigen hocheffizienten und äußerst produktiven Einzelschritten bestehen. Mit der laserbasierten Optikfertigung lassen sich formgenaue und funktionale Bauteile mit geringer Rauheit herstellen – vom Prototyp bis zur Serie, vom Mikrolinsenarray bis zur Makrooptik, von der Sphäre bis zur Freiformoptik, berichtet das Fraunhofer ILT.

Am Fraunhofer ILT in Aachen werden Laser nicht nur zum Schneiden oder Schweißen eingesetzt – sie übernehmen die komplette Fertigung von optischen Bauteilen. Mit dem selektiven laserinduzierten Ätzen (SLE) lassen sich beispielsweise Bauteile wie Linsen in einer einzigen Aufspannung auf der Vorder- und Rückseite sowie am Rand bearbeiten. Eine weitere Methode ist die Laserablation. Dabei trägt ein präziser Laserstrahl gezielt Material ab. So entstehen aus einfachen, günstigen Rohlingen wie sphärischen Glaskörpern hochkomplexe Formen – etwa Asphären oder Freiformoptiken, die zum Beispiel in Kameras oder Sensoren zum Einsatz kommen. *Mit unseren Laserverfahren bringen wir Optiken direkt in Form – ohne Umwege, ohne Umspannen, schnell und günstig*, sagt Dr. Edgar Willenborg, der das Thema Optikfertigung am Fraunhofer ILT maßgeb-

lich mit aufgebaut hat. *Insbesondere wenn nicht nur einfache Sphären gefordert sind, erreichen wir höchste Effizienz.*

Nach der Formgebung folgt die Veredelung: Laser polieren Oberflächen, die durch vorherige Bearbeitung noch rau sind. Der Laser erwärmt die Oberfläche dabei so feinfühlig, dass kleinste Unebenheiten verschmelzen – innerhalb weniger Sekunden, ganz ohne mechanischen Kontakt.

Für besonders hohe Anforderungen an die Formgenauigkeit forschen Willenborg und sein Team am sogenannten Laser Beam Figuring (LBF). Dabei werden kleinste Formabweichungen in Nanometerschichten gezielt abgetragen und korrigiert – also millionstel Millimeter –, was beispielsweise bei Hochleistungsoptiken entscheidend ist.

Neben der Formgebung und Politur entwickelt das Fraunhofer ILT auch Verfahren für die Montage von optischen Systemen. Dazu gehört das präzise Verkleben oder Verlöten von Bauteilen, damit sie auch unter Belastung stabil bleiben und über lange Zeit zuverlässig funktionieren. Ob Asphären, Freiformen oder klassische Linsen: *Wir zeigen, dass laserbasierte Bearbeitung nicht nur funktioniert, sondern wirtschaftlich Sinn ergibt*, erklärt Christian Vedder, Abteilungsleiter für Oberflächentechnik und Formabtrag.

Vielseitige Einsatzbereiche – von der Forschung bis zur Serienfertigung

Die laserbasierte Optikfertigung am Fraunhofer ILT ist nicht nur technologisch spannend – sie zeigt auch in der Praxis, was möglich ist. Die entwickelten Verfahren können überall dort zum Einsatz kommen, wo mittlere Präzision, hohe Effizienz und Automatisierung gefragt sind, etwa in der Medizintechnik, wo kleinste Linsen für Endoskope oder Diagnosegeräte gebraucht werden, oder in der Quantentechnologie, wo komplexe Struktu-

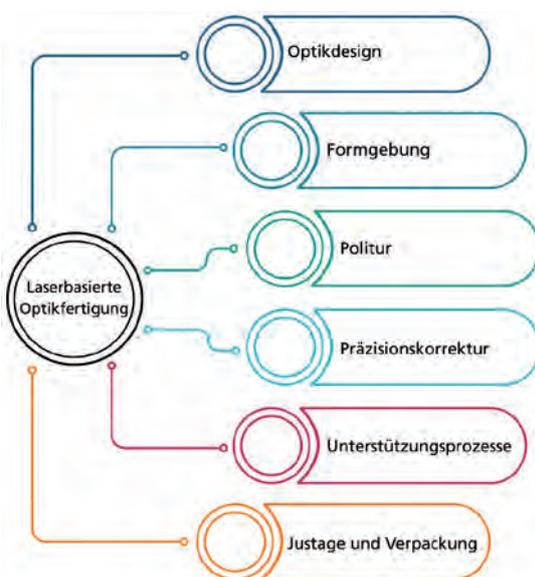


Am Fraunhofer ILT entsteht eine neue Generation optischer Bauteile – schneller gefertigt, präzise geformt und exakt auf den Einsatz abgestimmt (© Fraunhofer ILT, Aachen)

ren aus Glas entstehen, die Licht leiten und manipulieren. Auch in der Halbleiterindustrie spielen solche optischen Komponenten eine wichtige Rolle, beispielsweise bei der Herstellung feinsten Strukturen auf Mikrochips.

Ein weiterer Vorteil: Die Technologien lassen sich flexibel anpassen, je nach Werkstoff, Form oder Stückzahl. Ob Einzelstück für ein Forschungslabor oder eine größere Serie für industrielle Anwendungen – durch die Kombination der verschiedenen Laserverfahren entsteht ein Baukasten, der sich exakt auf die Anwendung abstimmen lässt.

Dazu kommen unterstützende Prozesse wie das laserbasierte Markieren und Beschriften optischer Bauteile oder das Trennen von Glas, etwa bei der Fertigung auf Waferbasis. So lassen sich alle Schritte entlang der Wert-



Vom Design über die Veredelung bis zur Montage, vom Entwurf bis zur Endkontrolle: Die neue Laserprozesskette für Optiken am Fraunhofer ILT in Aachen (© Fraunhofer ILT, Aachen)

schöpfungskette abbilden – von der ersten Idee bis zum fertigen Produkt.

Die Technologien des Fraunhofer ILT sind nach Aussage von Edgar Willenborg dann besonders gefragt, wenn konventionelle Verfahren an ihre Grenzen stoßen, zum Beispiel bei asphärischen Optiken und komplexen Geometrien aus Glas.

Forschung und Zusammenarbeit – gemeinsam die Optikfertigung weiterdenken

Die Anforderungen an optische Bauteile steigen stetig – in Präzision, Komplexität und Stückzahl. Gleichzeitig wächst der Bedarf an flexiblen, wirtschaftlichen Lösungen, die sich schnell an neue Anwendungen anpassen lassen. In einem interdisziplinären Team entwickeln mehr als 15 wissenschaftliche Mitarbeitende ständig neue Ansätze, um die laserbasierte Fertigung von optischen Bauteilen noch präziser, schneller und vielseitiger zu machen. Dabei geht es nicht nur um Grundlagenforschung, sondern vor allem um den Transfer in die industrielle Fertigung. Ein wichtiger Teil dieser Arbeit sind die engen Kooperationen mit Industriepartnern. Gemeinsam mit Unternehmen aus verschiedenen Branchen testen die Forschenden neue Prozesse und Prozessketten, angepasst und für die Produktion nutzbar gemacht. Oft entstehen dabei maßgeschneiderte Lösungen für konkrete Aufgaben.

In Zukunft wird es nicht nur darum gehen, bekannte Verfahren zu verfeinern, sondern auch neue Werkstoffe und Designs zu erschließen. Die Kombination aus digitalem fertigungsgerechtem Optikdesign und laserbasierten Fertigungsmethoden eröffnet völlig neue Gestaltungsspielräume. So können Bauteile entstehen, die mit klassischen Methoden nicht oder nur sehr aufwendig herstellbar wären – etwa besonders kompakte oder integrierte Optiken für tragbare Geräte oder den Einsatz im Weltraum.

Auch die Integration in automatisierte Fertigungsprozesse und die Verbindung mit modernen Messtechniken wird weiter ausgebaut. Damit lassen sich Qualität und Effizienz noch besser miteinander verbinden – ganz im Sinne einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Produktion.

Die Kombination aus digitalem Design und laserbasierter Fertigung wird in Zukunft noch viel mehr möglich machen – gerade auch für individualisierte Produkte, ist sich Edgar Willenborg sicher. In Kürze wollen die Aachener mit der Prozesskette für laserbasierte Optikfertigung auch die höchsten Anforderungen an Präzision erreichen. Laser sein dafür das perfekte Werkzeug.

Details zur *Smarten Optikfertigung* erfahren Interessierte auf der LASER World of PHOTONICS vom 24. bis 27. Juni 2025 in München auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand (Halle A3, Stand 431).

Kontakt

Dr. Edgar Willenborg, Gruppenleiter Polieren,

E-Mail: edgar.willenborg@ilt.fraunhofer.de

Dr. Christian Vedder, Abteilungsleiter Oberflächentechnik und Formabtrag,

E-Mail: christian.vedder@ilt.fraunhofer.de

➔ www.ilt.fraunhofer.de

Galvanikanlagen für dekorative und funktionelle Oberflächen.



Gestellanlagen
Trommelanlagen
Tischgalvanikanlagen
Einzelwannen
Ionenaustauscheranlagen



www.walterlemmen.de



Walter Lemmen GmbH
Birkenstraße 13
97892 Kreuzwertheim
Tel.: +49 (0) 9342 240 977 - 0
info@walterlemmen.de

Leiterplattentechnik
Wafer Technologie
Galvanotechnik
Medizintechnik
Filtertechnik
Apparatebau

Fit für die Zukunft – Bestehende Anlagen digitalisieren

Von Carsten Glanz, Fraunhofer IPA, Stuttgart

Neue gesetzliche Vorgaben zur Rückverfolgbarkeit von Materialien und Halbzeugen erfordern von Unternehmen eine lückenlose Dokumentation von Prozessparametern und eingesetzten Materialien entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Die Umsetzung ist häufig mit hohem Aufwand verbunden, kann jedoch durch digitale Werkzeuge effizient und kostengünstig realisiert werden. Im Rahmen des Projekts *DigiBattPro4.0* demonstriert das Fraunhofer IPA, wie eine bestehende Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsanlage für Batterieelektroden nachgerüstet und digital integriert wurde, um eine durchgängige Prozessdokumentation sowie eine datenbasierte Qualitätsüberwachung und -optimierung zu ermöglichen.

Ziel des Projekts *DigiBattPro4.0* ist es, die Rückverfolgbarkeit von Materialien und Prozessen weitgehend automatisiert, sicher und wirtschaftlich abzubilden. Dabei spielen digitale Lösungen eine zentrale Rolle. Sie sorgen dafür, dass Qualitätsüberwachung dauerhaft und präzise erfolgt, indem Daten zu Prozess- und Materialparametern intelligent erfasst, verknüpft und analysiert werden.

Datenfusion und Rückverfolgbarkeit entlang der Prozesskette

Die Herstellung von Funktionsbeschichtungen erfordert eine Vielzahl an Materialien, die je nach Produktionsweise – diskontinuierlich oder kontinuierlich – unterschiedlich rückverfolgbar sind. In kontinuierlichen Prozessen können nur Zeitfenster als Zuordnungskriterium genutzt werden. Bereits geringe Ab-

weichungen bei Parametern wie Temperatur oder Schichtdicke können die Produktqualität erheblich beeinflussen. Um Ursachen im Schadensfall eindeutig einem Material, Prozess oder Zeitpunkt zuordnen zu können, ist eine präzise Dokumentation entscheidend. Das reduziert den Ausschuss während der Produktion und minimiert potenzielle Rückrufaktionen.



Abb. 1: Rolle-zu-Rolle-Beschichtung am Fraunhofer IPA

(Bild: Fraunhofer IPA)



Wir produzieren Zukunft

Das Fraunhofer IPA entwickelt und implementiert nachhaltige Produktionstechnologie. Im Bereich der Oberflächenverfahren, -technik und Materialien ist ein Team aus Forschenden mit seinen fachlichen Kompetenzen und einer umfassenden Infrastruktur speziell auf galvanische und andere Beschichtungen ausgerichtet. Seit Jahrzehnten werden aktuelle Fragestellungen der Branche entlang der gesamten industriellen Produktionskette für Beschichtungsunternehmen bearbeitet und Lösungen von der Entwicklung neuer Schichtwerkstoffe und den dazugehörigen Prozessketten über Anlagentechnik bis hin zur Schadensfallanalyse mit tiefgehendem Know-how zur Verfügung gestellt.

In dieser Serie zeigen Forschende, wie den Herausforderungen in der Beschichtungstechnik in Zukunft begegnet werden kann.

Ansprechpartner
 Dr.-Ing. Martin Metzner,
 Leiter Forschungsbereich Oberflächenverfahren, -technik und Materialien,
 Dr. Oliver Tiedje, Geschäftsbereichsleiter,
 Fraunhofer IPA, Stuttgart

➔ www.ipa.fraunhofer.de/loesungen/beschichtungen-und-multifunktionale-materialien.html

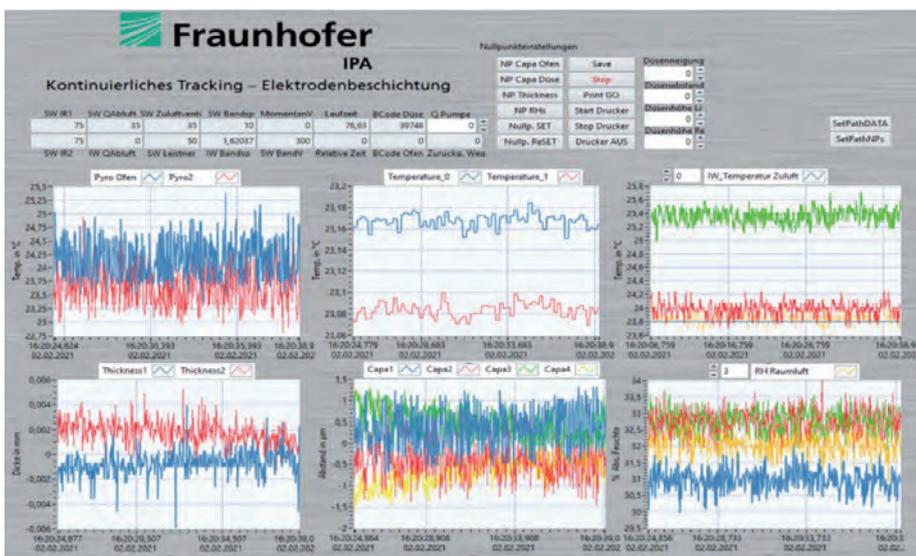


Abb. 2: Nutzerinterface mit der Anzeige der Sensorwerte (GUI)

(Bild: Fraunhofer IPA)

Zur Erfassung der Daten werden vorhandene Maschinensignale sowie zusätzliche Sensoren (z. B. Laser- und kapazitive Sensoren, Temperatursensoren entlang der Trocknungsstrecke, Sensoren für Umgebungsbedingungen) integriert. Die größte Herausforderung liegt in der Fusion dieser heterogenen Datenquellen mit unterschiedlichen Schnittstellen und Datenraten. Insbesondere bei älteren Anlagen sind Adapterlösungen wie OPC UA notwendig, um die Integration in eine einheitliche Datenstruktur zu ermöglichen.

Im Projekt wurde das kontinuierliche Substrat in diskrete Abschnitte unterteilt und mit Data-Matrix-Codes versehen. Sämtliche Maschinen- und Sensordaten sowie Umgebungsdaten wurden in Echtzeit einer Zeitreihen-Datenbank zugeführt und den codierten Abschnitten zugeordnet. Dadurch entsteht ein digitales Abbild des gesamten Herstellungsprozesses, das sich bis zur Endan-

wendung rückverfolgen lässt. Die Daten sind zudem mit Informationen aus vorgelagerten Schritten wie der Pastenherstellung verknüpft – eine zentrale Voraussetzung für die Erstellung eines umfassenden Batteriepasses.

KI-gestützte Prozessanalyse und Assistenzsysteme

Die Auswertung dieser Daten ermöglichte die Entwicklung von KI-gestützten Softsensoren. Sie berechnen aus verfügbaren Prozessdaten virtuelle Messgrößen, die inline nicht direkt erfassbar sind, wie etwa die Trockenschichtdicke oder die Restfeuchte der Beschichtung. Die Modelle wurden mit realen Messwerten trainiert und durch Offline-Messungen validiert.

Die digitale Infrastruktur ermöglicht nicht nur die Überwachung, sondern auch eine adaptive Prozesssteuerung. In der prototypischen Umsetzung werden bei Abweichungen

Warnmeldungen und Handlungsempfehlungen an das Bedienpersonal ausgegeben. Ein automatisches Eingreifen wurde im Forschungsbetrieb bewusst vermieden, wäre jedoch im industriellen Umfeld problemlos realisierbar.

Die im Projekt entwickelte Nachrüstung und Digitalisierung der Rolle-zu-Rolle-Anlage ist auf weitere Beschichtungs- und Lackieranlagen übertragbar. Damit wird der Weg geebnet für eine transparente, effiziente und qualitätsgesicherte Produktion im Sinne einer digitalen, nachvollziehbaren Fertigung.

Ansprechpartner

Carsten Glanz, Forschungsteamleiter Applikationstechnik multifunktionaler Materialien, Fraunhofer IPA

E-Mail: carsten.glanz@ipa.fraunhofer.de

Dr. Oliver Tiedje, Geschäftsbereichsleiter, Fraunhofer IPA,

E-Mail: oliver.tiedje@ipa.fraunhofer.de;



Ihr Spezialist für Wassertechnik

Unsere Leistungen auf einen Blick

- Turn-Key Installationen
- Umfassendes Know-how
- Optimierung bestehender Anlagen inklusive Service, Abwasserchemie & Ersatzteilen

aqua plus Wasser- und Recyclingsysteme GmbH

Am Barnberg 14, 73560 Böbingen an der Rems

Tel.: +49 7173 714418-0, info@aqua-plus.de

www.aqua-plus.de



Erhöhung der Druckplattenhaftung im Fused Deposit Modeling (FDM)-Verfahren mittels Plasmabehandlung

Von Paul Sager, Tobias Landgraff, Sabine Fricke und Arne Bender, Technische Hochschule Lübeck

Die wirtschaftliche Herstellung von Polymerbauteilen durch 3D-Druck erfordert den Einsatz kostengünstiger Materialien wie zum Beispiel Kunststoffen als Druckplatte. Die Behandlung der Druckplatte mittels atmosphärischem Plasma mit marktverfügbaren Techniken ermöglicht eine Aktivierung des Kunststoffes durch die Erzeugung funktioneller Gruppen mit dem Einbau von z.B. Sauerstoff in die Kunststoffoberfläche. Dadurch haftet der aufgedruckte Kunststoff ausreichend und kann nach Fertigstellung des Drucks beschädigungsfrei von der Druckplatte abgelöst werden. Die entsprechende Prozesstechnik kann mit unterschiedlichen Kunststoffkombinationen durchgeführt werden.

Eine Atmosphärendruckplasmabehandlung von preiswerten und leicht verfügbaren Polymerdruckplatten wie Low-Density-Polyethylen (LDPE) ermöglicht eine ausreichende Haftung für einen sicheren Druck von Kunststoffbauteilen. Nach der Fertigstellung des Druckobjekts ist ein gutes Ablösen von der Druckplatte möglich, so dass keine Schäden am fertigen Bauteil entstehen.

Im FDM-3D-Druckprozess wird das Bauteil Schicht für Schicht aus geschmolzenem Kunststoff auf einer Druckplatte aufgebaut. Am Ende des Prozesses muss das hergestellte Teil von der Druckplatte entfernt werden. Die Haftung der ersten Schicht an der Druckplatte ist essenziell für die Fertigung eines maßhaltigen Bauteils. Löst sich das Bauteil vor Ende des Prozesses ganz oder teilweise von der Druckplatte, können Fehldrucke und im schlimmsten Fall Schäden am Drucker entstehen. Ist die Haftung an der Druckplatte jedoch zu groß, kann die Druckplatte, oder das Bauteil, beim Ablösen beschädigt werden. Aktuell wird die Druckplatte zur Erhöhung der Haftung erwärmt. Dies soll zusätzlich den Verzug des Bauteils während des Drucks verhindern. Gängige Materialien, die als Druckplatte Verwendung finden, sind Glas oder mit zum Beispiel Polyethylenimin (PEI) beschichtete Metallplatten.

Trotz der erhöhten Druckplattentemperatur ist die Haftung für einige Polymere, wie zum Beispiel Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Acrylnitril-Styrol-Acrylat (ASA), Polyamid (PA) und Polycarbonat (PC), oftmals nicht ausreichend, um die nötige Prozesssicherheit zu gewährleisten. Dies gilt besonders für große Bauteile, da diese mit steigender Bauteilgröße einen größeren absoluten Verzug beziehungsweise eine größere Schrumpfung aufweisen. Um die Haftung dieser Polymere weiter zu verbessern, sind beheizte Bau-

räume sowie der Einsatz von Klebstoffen und Haftvermittlern notwendig.

Durch den Einsatz von atmosphärischem Plasma zur Haftverbesserung konnten Muro-Fraguas et al. [1] beim Druck von Polyoxymethylen (POM) auf eine PC-Druckplatte die Plattentemperatur um 30 °C reduzieren können. Zusätzlich wurde der Haftvermittler (DimaFix) verwendet. Für das Team der Technischen Hochschule Lübeck galt es, den Ansatz von Muro-Fraguas et al. [1] weiter zu untersuchen und auf eine breitere Auswahl von Polymerdruckplatten anzuwenden. So wurden verschiedene Druckplattenmaterialien mittels atmosphärischen Plasmas behandelt und mit verschiedenen Polymeren mittels FDM-3D-Druck bedruckt und auf Haftung untersucht.

1 Methodik

Für die Versuche wurde die Druckplatte nicht erwärmt. Als Druckplattenmaterialien wurden Polypropylen (PP), LDPE und Polycarbonat (PC) und als Druckpolymere Polymilchsäure (PLA), Glykol-Modifiziertes Polyethylenterephthalat (PETG) und Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) verwendet. Für die Durchführung des 3D-Drucks kam ein Ultimaker 2+ des Unternehmens Ultimaker B. V. und zur Plasmabehandlung der PiezoBrush PZ3 der Relyon Plasma GmbH zum Einsatz. Für die Versuche wurde die Druckplatte in vier Felder eingeteilt. Es wurde jeweils ein Testbauteil in ein unbehandeltes Feld, in ein mit DimaFix behandeltes Feld, in ein Feld mit einmaliger Plasmabehandlung und ein Feld mit einmaliger Plasmabehandlung und DimaFix gedruckt. Die Druck-

platte wurde vor jedem Druck beziehungsweise vor der Behandlung mit Isopropanol gereinigt. Verwendete wurde eine Test-Geometrie mit bekannter Haftoberfläche und einer Öffnung, um die Probe senkrecht von der Platte abzuziehen. Um einen Verzug der Probe zu verhindern, wurde ein Rand um die jeweilige Probe mitgedruckt (Abb. 1).

Die erforderliche Kraft für das Abziehen der Probe von der Platte wurde mit Hilfe einer Kofferwaage der Travel Blue GmbH gemessen. Beim Abziehen wurde mit einer konstanten Krafterhöhung bis zum Ablösen der Probe gezogen. Die Waage zeigt dann jeweils die maximale Kraft mittels *Hold*-Funktion an. Pro Materialkombination und Oberflächenbehandlung erfolgten jeweils drei Versuche. Durch die bekannte Haftoberfläche kann die Kraft in eine Spannung umgerechnet werden. Bei den besonders relevanten Haftfestigkeiten um 25 kPa lag der Fehler unter 5 kPa.

2 Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind alle ermittelten Abzugsdaten zusammengestellt.

Eine Haftfestigkeit von 0 kPa bedeutet, dass der Druck entweder fehlgeschlagen ist oder

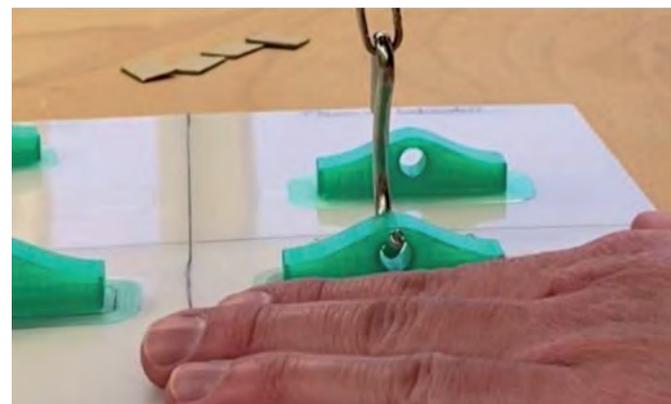


Abb. 1: Abzug eines PLA-Bauteils mittels Kofferwaage von einer Druckplatte aus LDPE

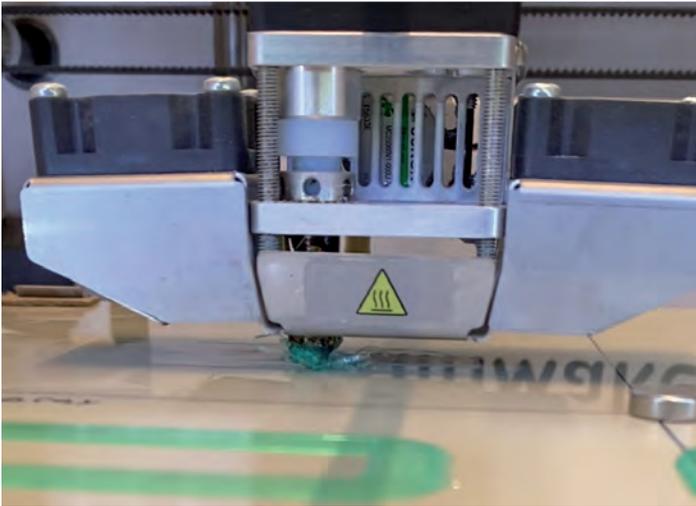


Abb. 2: Im Vordergrund ist eine Probe mit guter Haftung zu sehen, und im Hintergrund ein fehlgeschlagener Druck mangels Haftung

Tab. 1: Haftfestigkeiten getesteter Platten-Polymer-Paarungen

Grundplatte	Behandlung	Haftfestigkeit der getesteten Filamente		
		PLA	PETG	ABS
PP	unbehandelt	0 kPa	0 kPa	0 kPa
	Plasma	6 kPa	0 kPa	1 kPa
	Spray	30 kPa	0 kPa	17 kPa
	Plasma & Spray	43 kPa	0 kPa	0 kPa
LDPE	unbehandelt	0 kPa	0 kPa	0 kPa
	Plasma	23 kPa	8 kPa	25 kPa
	Spray	33 kPa	0 kPa	0 kPa
	Plasma & Spray	30 kPa	5 kPa	41 kPa
PC	unbehandelt	53 kPa	37 kPa	53 kPa
	Plasma	25 kPa	46 kPa	105 kPa
	Spray	47 kPa	32 kPa	75 kPa
	Plasma & Spray	11 kPa	16 kPa	70 kPa

das Bauteil nur auf der Druckplatte aufliegt, jedoch nicht messbar haftet. Eine optimale Haftung, bei der das Bauteil im Druck sicher haftet, sich aber noch zerstörungsfrei lösen lässt, herrscht bei Haftfestigkeiten zwischen 20 kPa und 35 kPa (Abb. 2).

Die Polymere PLA und ABS haften nach einmaliger Plasmabehandlung optimal auf der Druckplatte aus LDPE und die gedruckten Bauteile lassen sich gut ablösen. Auch das Polymer PETG kann nach der Plasmabehandlung auf LDPE gedruckt werden. Eine Druckplatte aus PP erwies sich für einen Druck als ungeeignet. Die unbehandelte PC-Druckplatte zeigt bereits eine zu starke Haftung, so dass ein unbeschädigtes Ablösen der gedruckten Bauteile nicht möglich ist.

PC besitzt eine Ketogruppe und ist polar. PLA und PETG sind ebenfalls polar und weisen Ketogruppen auf, was die Haftung auf PC begünstigt. ABS besitzt eine Nitrilgruppe, welche ebenfalls polar ist und die starke Haftung erklärt. LDPE ist unpolar und durch den Einbau von funktionellen Gruppen in die Oberfläche kann eine Polarität erzeugt werden. Eine Atmosphärendruckplasmabehand-

lung ermöglicht einen Einbau von beispielsweise Sauerstoff in die Oberfläche solcher funktioneller Gruppen. Es zeigte sich, dass eine einmalige Oberflächenbehandlung der Druckplatte bei kleinen Leistungen bereits ausreichend ist, um eine ausreichend polare Oberfläche für ein Bedrucken mit polaren Polymeren zu erzeugen.

3 Fazit und Ausblick

Die durchgeführten Untersuchungen lassen erkennen, dass für preiswertes und leicht verfügbares LDPE als Druckgrundplatte eine reine Atmosphärendruckplasmabehandlung ausreichen würde, um auf der dann aktivierten Oberfläche PLA, ABS und auch PETG bei Raumtemperatur drucken zu können.

Eine einmalige Plasmabehandlung mit dem weniger leistungsstarken PiezoBrush PZ3 bewirkt eine Funktionalisierung der LDPE-Oberfläche. Die Haftfestigkeit ist ausreichend hoch für den Druck und ein zerstörungsfreies Ablösen des Bauteiles ist möglich.

Untersuchungen an weiteren Druckpolymeren, wie zum Beispiel Polyetheretherketon (PEEK), Polyphenylsulfon (PPSU), Poly-

ethylenimin (PEI) und Acrylnitril-Styrol-Acrylat (ASA), und geeigneten Druckgrundplatten sollen folgen. Ebenso soll eine Ablöseeinrichtung ähnlich einer Zugprüfmaschine verwendet werden, um mögliche Zuggeschwindigkeitsunterschiede bei den Messungen auszuschließen. Zusätzlich sind mikroskopische Untersuchungen geplant.

Literatur

- [1] I. Muro-Fraguas, E. Sainz-García, A. Pernía-Espinoza, und F. Alba-Eliás: Atmospheric pressure air plasma treatment to improve the 3D printing of polyoxymethylene, Plasma Process. Polym., Bd. 16, Nr. 7, Seite e1900020, Juli 2019; doi: 10.1002/ppap.201900020

Die Autoren

Dr. Arne Bender ist Professor an der TH Lübeck im Fachbereich Maschinenbau und Wirtschaft und seit Jahren auf dem Gebiet der Oberflächentechnik tätig.

Dipl.-Ing (FH) Sabine Fricke (M.Sc) ist wissenschaftliche Mitarbeiterin, Paul Sager (M.Sc) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Tobias Langraff (B.Sc) Maschinenbaustudent im Master an der TH Lübeck



Wir schließen Ihren Energiekreislauf

Lufttechnische Anlagen
Abluftreinigung
Ventilatoren

Wärmerückgewinnungssysteme
Prozesskühlung
Modernisierung bestehender Anlagen

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

Kreislaufwirtschaft und Stoffverbote

Bericht über das 46. Ulmer Gespräch am 14. und 15. Mai 2025 in Ulm

Die Rückgewinnung von wichtigen Stoffen aus Abfällen oder Rückständen von Produktionsprozessen ist erforderlich, um die stetig wachsenden Abfallmengen zu begrenzen sowie die merkbare Knappheit von bestimmten Rohstoffen zu mindern. Dazu werden in steigendem Maße effiziente Verfahren entwickelt und im großtechnischen Maßstab eingesetzt. Dabei ist es hilfreich, ein starkes Augenmerk auf die Wirtschaftlichkeit der Recyclingverfahren zu legen und eine genaue Abwägung von Einsatzfähigkeit und Wert der zurückgewonnenen Stoffe und dafür eingesetzten Energiemengen vorzunehmen.

Wie der Leiter des DGO-Fachausschusses Forschung Dr. Klaus Wojczykowski einleitend betonte, trifft das gewählte Thema des 46. Ulmer Gesprächs *Kreislaufwirtschaft und Stoffverbote* den aktuellen Zeitgeist. So zeigen die Vorträge, wie die Nutzung von Stoffen und Energie verbessert werden kann, insbesondere zur Vermeidung von Abfällen. Zudem werden Ergebnisse und Aussichten im Hinblick auf kritische Stoffe transparent gemacht und damit das Verständnis zur Verbesserung der Umweltfreundlichkeit sowie der Wirtschaftlichkeit unter längerfristiger Perspektive erhöht.

Eröffnet wurde die Veranstaltung durch die Vergabe des Nasser-Kanani-Preises 2025. Der Preis geht in diesem Jahr an Marius Michael Engler von der Technische Universität Ilmenau. Verliehen wird der Preis für besondere Leistungen im Bereich von Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Galvanotechnik. Marius Engler wird für seine Arbeit zu eisenbasierten Redoxflowbatterien gewürdigt. Wie in der Laudatio zur Preisverleihung ausgeführt wurde, sind Redoxflussbatterien (RFBs) aussichtsreiche Kandidaten für die elektrochemische Energiespeicherung. Sie zeichnen sich durch eine gute und unabhängige Skalierbarkeit ihrer Energie und Leistung aus.

Etablierte RFB-Systeme beruhen auf Vanadium, haben aber den Nachteil des hohen



Marius Engler (l.) erhält den Nasser-Kanani-Preis 2025 aus den Händen von Dr. Klaus Wojczykowski (Bild: Dr. D. Meyer)

Preises der Grundchemikalien. All-Iron RFBs (AIRFBs) arbeiten mit gut verfügbaren, günstigen und toxikologisch unbedenklichen Eisenverbindungen. Aufgrund der etwas komplizierteren elektrochemischen Reaktionen (Eisenabscheidung auf der negativen Seite und Oxidation von Eisen(II) zu Eisen(III) auf der positiven Seite) haben sie allerdings noch keine Marktreife erreicht.

In seiner Masterarbeit hat Engler verschiedene eisenbasierte Elektrolyte auf ihre Anwendbarkeit in AIRFBs hin untersucht. Neben grundsätzlichen wissenschaftlichen Fragestellungen (u. a. zur Thermodynamik und zur elektrochemischen Kinetik der Eisen-Spezies)

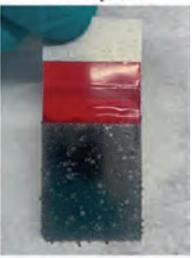
waren dabei auch spezifische technische Herausforderungen, wie zum Beispiel die Umwälzung der Elektrolyte und die Abdichtung der Zelle gegen Leckage zu meistern.

Der Preisträger hat ausgewählte Zusammensetzungen für Anolyte und Katholyte mit klug gewählten experimentellen Methoden untersucht, beispielsweise In-situ-Mikrogravimetrie für die Eisenabscheidung und rotierende Scheibenelektrode für die Eisen(II)/Eisen(III)-Reaktion. Auf Basis seiner Ergebnisse konnte er Elektrolytzusammensetzungen und einen Aufbau für eine komplette Zelle vorschlagen, die er ebenfalls eingehend charakterisiert hat. Seine Ergebnisse hat er als Erstautor in einer internationalen Open-Access-Publikation vorgestellt.

Mit seiner Arbeit leistet Marius Engler exzellente Beiträge für die Ertüchtigung von AIRFBs für die elektrochemische Energiespeicherung. Sein Ansatz schlägt eindrucksvoll die Brücke von klassischen Anwendungen der Galvanotechnik wie der Eisenabscheidung zu sozio-ökonomisch relevanten Themen wie der nachhaltigen Speicherung von Energie. Somit bildet seine Arbeit eine gute Basis zur Erschließung neuer Geschäftsfelder für Chemikalienhersteller und Beschichter. Die von ihm vorgeschlagene eisenbasierte Prozesschemie ist gut verfügbar und nachhaltig. Traditionell bekommt der Träger des Nasser-Kanani-Preises die Möglichkeit, im Eröff-



(Bilder: Dr. D. Meyer)

Electrolyte	0.8 M FeSO ₄ 1.5 M (NH ₄) ₂ SO ₄	0.8 M FeCl ₂ 3 M NH ₄ Cl	0.8 M FeCl ₂ 3 M NH ₄ Cl 1 M Lactic acid	0.8 M FeCl ₂ 3 M NH ₄ Cl 1 M Lactic acid 1 M Glycine
Appearance				
j 7/m	30 mA cm ⁻² 95.2 %	30 mA cm ⁻² 96.1 %	14 mA cm ⁻² 65.6 %	20 mA cm ⁻² 63.7 %

Vergleich der chronopotentiometrischen Abscheidung aus Eisen(II)elektrolyten für Redoxflow-Anwendungen (Bild: M. M. Engler)

nungsvortrag zum Ulmer Gespräch Inhalte aus seiner Arbeit vorzustellen.

Eisenbasierte Redoxflowbatterie

Marius Engler gab einen Überblick über seine Arbeit zur Entwicklung eines nachhaltigen und wirkungsvollen Stromspeichers. Diese Aktivitäten werden unter anderem durch die Förderungen im Rahmen der Entwicklungsstrategie *Klimaneutralität DE 2045* unterstützt und sollen die Schaffung von Großbatteriespeichern ermöglichen, um die Stromnetze zu stabilisieren.

Die gewählte Redoxflowbatterie nutzt die unterschiedliche Wertigkeit von Eisenionen. Eisen ist in ausreichendem Maße verfügbar und unterliegt keinen Einschränkungen aufgrund der Toxizität. Bisher leidet die Technik darunter, dass aus dem vorhandenen Eisen(III) Eisen abgeschieden und dabei auch Wasserstoff entwickelt wird. Dies reduziert die Effizienz der Batterie. Für den Elektrolyt bietet sich der Einsatz von Sulfat und Chlorid an. Um einen stabilen Elektrolyten bereitzustellen, wird unter anderem der pH-Wert zu regulieren sein und mit Komplexbildner gearbeitet.

Markus Engler nutzte in seine Untersuchungen zur Ermittlung der Hintergründe der Reaktionen unter anderem eine Quarz-Kristallwaage. Aus den gefundenen Ergebnissen lassen sich die wichtigen Teilströme der Reaktionen ermitteln. Ergänzend führte er zykelvoltammetrische Messungen durch.

Seine Untersuchungen lassen erkennen, dass ein Elektrolyt auf Chloridbasis die besten Ergebnisse liefert. Zugegebene Leitsalze verdoppeln die Stromdichte und ein höherer pH-Wert (pH 4,5) die Effizienz der Batterie. Weitere Verbesserungen lassen sich durch Zugabe von Additiven (z. B. Milchsäure und Glycerin) erreichen. Dazu trägt auch bei, dass durch die Additive die Eisenabscheidung reduziert wird beziehungsweise Abscheidungen entstehen, die eine verlustfreie Wiederauflösung erlauben. Als Gesamtergebnis empfiehlt sich die Nutzung eines Elektrolyten aus Eisen(II)chlorid und Ammoniumchlorid bei einem pH-Wert von pH 3,5, einer Temperatur von 25 °C und der Verwendung von Additiven eingesetzt wird.

Grenzen der Kreislaufwirtschaft

Die Aktivitäten auf dem Gebiet des Recyclings haben dazu geführt, dass sich inzwischen bei Unternehmen der Stoffverwertung große Mengen an Stoffen befinden. Deren Aufarbeitung ist Thema von Dr. Lutz Wuschke, Scholz Recycling. Die einfachste Möglichkeit einer Kreislaufwirtschaft liegt dann vor, wenn bei Herstellern von Bauteilen die in der Produktion entstehenden Rest- und Abfallstoffe direkt in die Wiederverwertung gehen. Deutlich schwieriger ist die Situation im Falle von Gegenständen aus unterschiedlichen Werkstoffen, zum Beispiel Metalle in Kombination mit metallisierten Kunststoffen. Hier spielt der Lebensdauerzyklus der unterschiedlichen Produkte eine wichtige Rolle. Am Ende der Kette steht dann in vielen Fällen der Verwerter, also die Schrott verarbeitende Industrie. Hierfür steigt der Aufwand drastisch gegenüber dem Zustand der Verarbeitung von Produktionsabfällen. Verbunden damit ist auch ein hoher Energieverbrauch.

Die Verarbeitung von derartigen Reststoffen besteht in der Regel aus einer heterogenen Sammlung von Mischschrott, der im ersten Schritt einer Verkleinerung unterzogen wird. Damit wird ein Verbundaufschluss erreicht. Anschließend folgt die Sortierung der Verkleinerungen zur Anreicherung von Stoffen wie Metallen neben Kunststoffen oder Mineralien. Hierbei gelten Metalle als werthaltige Produkte.

Häufig müssen die erhaltenen Zerkleinerungen einen weiteren Durchlauf zur Zerkleinerung und Sortierung durchlaufen. Die Metalle, soweit eine gewisse Anreicherung erzielt wurde, gehen meist in die Rohmetallerzeugung. Für die Erschmelzung derartiger Metalle können unter anderem auch die weniger werthaltigen Produkte im Sinne der thermi-



SERFILCO®

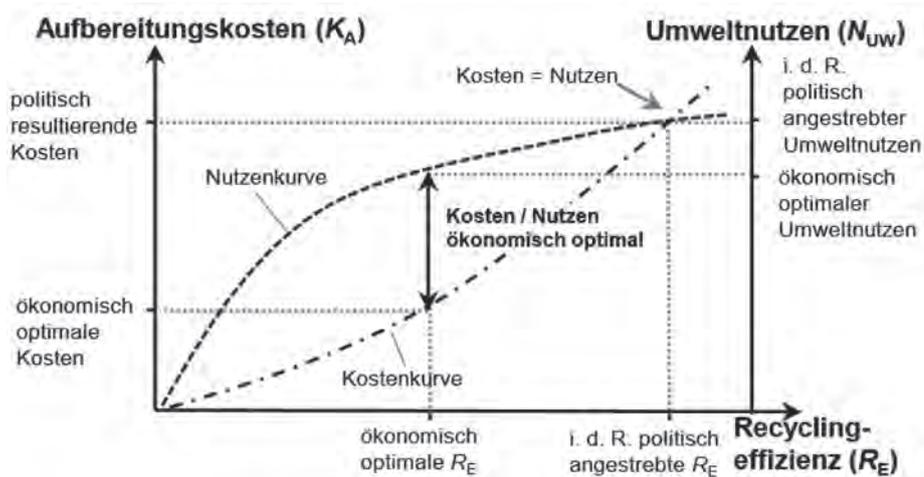
Pumpen & Filter

chemiebeständig · robust · langlebig

Der starke Partner für Industrie & Anlagenbau!

- Vertikale Pumpen (dichtungslos u. trockenlaufsicher)
Leistungen: von 4 m³/h bis zu 75m³/h
- Horizontale Pumpen Leistungen: von 0,5m³/h bis zu 120m³/h
- Filtersysteme (Intank- / Außentankmontage)
- Badbewegung ohne Luft
- Badheizer (elektr.)/Wärmetauscher

OBERFLÄCHEN



Die von der Politik angestrebte Recyclingquote ist derzeit nicht wirtschaftlich

(Bild: Wuschke/Schnell)

schen Verwertung herangezogen werden. Den Ablauf der Verarbeitung zeigte der Vortragende am Aufbau des Standorts Espenhain. Mit den vorhandenen Anlagen können dort knapp 300 000 Tonnen Abfallstoffe pro Jahr verarbeitet werden.

Neben der Verkleinerung und Sortierung wird unter Nutzung bestimmter Materialeigenschaften eine intensive und gut nutzbare Trennung vorgenommen. Dazu eignen sich zum Beispiel Dichte, Farbe, Magnetismus oder elektrische Eigenschaften. Ungünstig ist, dass viele Materialien eine Überlappung von Eigenschaften aufweisen. Damit kann beispielsweise die Dichte als Trenneigenschaften ausscheiden. Besonders kritisch ist dies bei den heute genutzten Kunststoffen.

Eine Trennung macht insbesondere dann wenig Sinn, wenn der Anteil eines Materials gering ist. Daher ist es wichtig, die Recyclingeffizienz von jedem Material einer Mischung zu beachten; in diesem Fall ist das Recycling teurer als die Nutzung von neuen Stoffen. Dadurch ist die von der Politik angestrebte Recyclingquote aus wirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll.

Als ein kritisches Beispiel nannte der Vortragende die Verarbeitung von metallisiertem Kunststoff. Problematisch ist zudem die Verarbeitung von verzinktem Stahl, da sich das Zink während der Verarbeitung in anderen Fraktionen anreichert, zum Beispiel in Ersatzbrennstoffen. Damit wird auch dieses nicht für die thermische Verwertung nutzbar. Ähnlich ist die Situation mit lackierten Kunststoffen oder lackiertem Aluminium. Hier funktioniert dann die sensorbasierte Sortierung nicht mehr reibungslos. Als Hemmnis gelten auch die bestehenden Qualitätsanforderun-

gen beziehungsweise die Bereitschaft, die Kosten für das Recycling zu tragen. Dafür ist es wichtig zu akzeptieren, dass Nachhaltigkeit nicht gleichbedeutend mit der Schließung von Stoffkreisläufen um jeden Preis ist.

Recycling von Beizlösungen

Dr. Jens Krümmberg gab in seinem Vortrag einen Einblick in das chemische Recycling von Rückständen, die beim Feinbeizen von Leiterplatten mit Natriumperoxodisulfat oder Tripelsalzlösungen anfallen. Dafür entwickelt das Unternehmen des Vortragenden Verfahren sowie die notwendige Anlagentechnik, deren Nutzung betreut wird. Neben der Rückgewinnung von Kupfer aus der Leiterplattenfertigung befasst sich das Unternehmen mit der Rückgewinnung von Nickel für die allgemeine Galvanotechnik.

Mit der Technologie des Vortragenden wird vermieden, dass verbrauchte Beizlösung auf Basis von Natriumperoxodisulfat direkt in die Entsorgung geht. Damit wird die Zerstörung des restlichen Oxidationsmittels vermieden und eine sinnvolle Rückgewinnung des gelösten Metalls erreicht. Das in der Beizlösung enthaltene Kupfer wird aus der Abfalllösung abgeschieden. Die verbleibende Lösung wird auf elektrochemischem Wege durch anodische Oxidation regeneriert.

Die Kupferabscheidung und die anodische Oxidation werden in einem Prozessbehälter durch den Einsatz von speziellen Anodenaufbauten erreicht. Unter Einsatz einer Anlage mit 3000 A werden pro Stunde etwa zwei Kilogramm Kupfer und neun Kilogramm Natriumperoxodisulfat gewonnen. Zudem wird damit die Abwassermenge reduziert. Die Anlage kann im Bypass zur bestehenden Beiz-

linie betrieben werden. Der selbe Prozess kann auch bei Verwendung von Tripelsalz genutzt werden. Vorteilhaft ist die gute Stromausbeute auch bei niedrigen Sulfatkonzentrationen im Beizelektrolyten. Wichtig ist der Einsatz von BDD-Anoden (BDD – Bordotierete Diamantelektroden) sowie einer speziellen Membran.

Borsäureersatz in Nickel- und Chromelektrolyten

Borsäure ist einer der Stoffe, der aus Gründen des Umwelt- und Gesundheitsschutzes in der Industrie nicht mehr eingesetzt werden soll; seit 2010 steht Borsäure auf der Kandidatenliste der europäischen Chemikalienverordnung REACH. Damit besteht die Aufgabe auch darin, für die galvanische Abscheidung von Nickel und Chrom einen Ersatz zu finden, ein Thema, mit dem sich Dr. Robert Gerke, Riag AG, befasst. Neben der reinen Vermeidung von Borsäure kann nach Aussage des Vortragenden das Ziel darin bestehen, neue Eigenschaften mit Hilfe eines geeigneten Ersatzstoffes zu erzielen.

Bereits seit einigen Jahren bietet das Unternehmen des Vortragenden ein gut geeignetes Ersatzprodukt an. Eine der damit erreichten Eigenschaften besteht darin, dass das Produkt keinen negativen Überdosierungseffekt zeigt, allerdings lässt sich kein maximaler Glanzgrad erzielen, wie er mit Borsäure erreicht wird. Entwicklungen haben zu einem Stoff der zweiten Generation geführt. Dieser zeigt eine sehr gute Einebnung und Glanzbildung, verbesserte Metallverteilung, geringeren Verbrauch an Glanzzusatz sowie Deckfähigkeit. Zudem ergeben sich höhere Stromdichten und eine geringere Empfindlichkeit gegen Eisen. Die Aufarbeitung des anfallenden Abwassers ist unproblematisch. Die Notwendigkeit der Verwendung von Borsäure für die Verchromung entsteht aus dem Einsatz von Elektrolyten auf Basis von Chrom(III), insbesondere bei Verwendung eines Elektrolyten auf Basis von Sulfat. Würde hierfür der selbe Stoff wie in Nickelelektrolyten eingesetzt werden, so würde die Elektrolytstabilität verringert und ein weiterer Komplexbildner in das Elektrolytssystem eingebracht werden. Derzeit ist ein Produkt im Versuchsstadium, das in absehbarer Zeit Einzug in die Praxis finden könnte. Damit sollten bessere Streufähigkeiten möglich sein. Farbe und Rissneigung entsprechen denen der Verfahren der Marktbegleiter.

-wird fortgesetzt-

Galvanotechnik im Wandel – Chrom(III) im Fokus



Zum online-Artikel

Ein Workshop des Fördervereins Galvanicus in Schwäbisch Gmünd am 31. März und 1. April bot einen umfassenden Blick auf die Aktivitäten der letzten Jahre und die Neuerungen beim Einsatz von galvanischen Verfahren auf Basis von Chrom(III) als Alternative zu den klassischen Verfahren der Chromabscheidung. Da diese Veränderungen und Entwicklungen allein durch die europäische Chemikalienverordnung REACH initiiert wurden, war eine umfangreiche Betrachtung der entsprechenden gesetzlichen Vorgaben ein wichtiges Kernthema des Workshops. Die Abscheidung aus Chrom(III)elektrolyten für dekorative Anwendungen hat sowohl auf Metalle als auch auf Kunststoffe bereits in zahlreichen Betrieben Einzug gefunden hat. Im Gegensatz dazu steckt die Abscheidung für funktionelle Anwendungen noch im Entwicklungsstadium. Dies gilt ebenso für die Vorbehandlung von Kunststoffen für die galvanische Metallisierung. Für alle Anwendungen ist die Betrachtung von Alternativen zur galvanischen Abscheidung notwendig, ebenso wie die Anpassung der Anlagentechnik, wie beispielsweise für die einzusetzenden Anoden für die Abscheidung.

-Fortsetzung aus WOMag 5/2025-

Chrom(III)verfahren in der Praxis - Herausforderungen und Lösungen

Seine Erfahrungen aus der galvanischen Praxis bei der Nutzung von Chrom(III)verfahren zu großtechnischen Einsatzzwecken präsentierte Dr. Felix Heinzler von der BIA in Solingen. BIA zählt zu den Unternehmen mit langjährigen Erfahrungen beim Einsatz von unterschiedlichen Elektrolytsystemen. Eingangs wies er nochmals darauf hin, dass die toxische Variante des Chroms lediglich in der galvanotechnischen Praxis direkt in der Umgebung eines Elektrolyten vorliegt, und für den Endkunden vollkommen irrelevant ist. Beim Unternehmen des Vortragenden sind in allen vier Standorten (Deutschland, Slowakei,

Mexiko, China) Anlagen zur Abscheidung aus Chrom(III)elektrolyten vorhanden. Allerdings fragen die Kunden zum größeren Teil immer noch Schichten aus Chrom(VI)verfahren nach. Der Vorteil der klassischen Chrom(VI)verfahren ist deren einfache Handhabung vom Ansetzen der Elektrolyte über die Betreuung während der Gebrauchsdauer eines Elektrolyten bis hin zur Abwasserbehandlung. Sehr einfach ist der Aufbau der Anlagentechnik mit entsprechenden Anoden und Absaugung. Zudem ist die Farbe der Schichten einfach und sicher einzustellen, allerdings nur in einer Metallfarbe.

Deutlich aufwändiger sind die Chrom(III)systeme, die auf zwei generell unterschiedlichen

Grundsystemen (Basis Chlorid oder Basis Sulfat) basieren und durch Komplexverbindungen stabilisiert werden müssen. Zudem werden mit den Chrom(III)verfahren auf Sulfatbasis Schichten mit deutlich unterschiedlichen Farben erzeugt, von gelblich bis hell bläulich. Seitdem Verfahren mit bläulichen Schichten sicher abscheidbar sind, wurden die Schichten von den Kunden akzeptiert. Aktuell ist zu erkennen, dass die Hauptkunden aus der Automobilindustrie die Farbmöglichkeiten für Spezialeffekte in Betracht ziehen. Insbesondere dunkle Farbvarianten - wie sie mit Chrom(III)elektrolyten herstellbar sind - stoßen bei Automobildesignern durchaus auf großes Interesse.

Bestandteil / Eigenschaft	Chlorid-Elektrolyte	Sulfat-Elektrolyte	Cr(VI)-Elektrolyte
Abscheidung	gelblich, relativ dunkel	divers (hell-bläulich, aber auch viele andere Abstufungen zu dunkelgrau möglich)	sehr hell und deutlich blau
Alterungseffekte	Schicht dunkelt nach	keine	keine
Anoden	Graphit	Iridium-Tantal-Mischoxidbeschichtetes Titan	zinnlegierte Bleianoden
Korrosionsperformance CASS / NSS-Test	0	+	+
Korrosionsperformance Russian Mud Test	+	- / 0	+
Abscheidegeschwindigkeit	0,1 µm/min	im Schnitt 0,02 – 0,04 µm/min (ausgenommen dunkle Elektrolyte)	0,1 µm/min
Komplexbildner	enthalten (erschwerter Abwasserbehandlung)	enthalten (erschwerter Abwasserbehandlung)	nicht enthalten
organische Zusätze (Glanzbildner etc.)	in geringer Konzentration enthalten	enthalten	nicht enthalten
Ionenaustauscher	notwendig	notwendig	nicht notwendig
Passivierung notwendig	ja	ja	nein
Einfluss metallischer Verunreinigungen	empfindlich (Farbveränderung)	empfindlich (Farbveränderung)	nicht empfindlich
Anzahl der Bestandteile	4-6	6-9	4

Übersicht über die Eigenschaften der Systeme zur Abscheidung von Chromschichten

(Bild: Dr. Heinzler)

OBERFLÄCHEN

Parameter	Cr(VI)	Cr(III) chloridisch Trilyte Flash CL	Cr(III) sulfatisch Trilyte Flash SF	Cr(III) sulfatisch Trimac Blue N	Cr(III) sulfatisch Trimac Eclipse
L*	83 bis 84	78 bis 80	80 bis 82	83 bis 84	42 bis 48
a*	-1,0 bis -0,8	-0,2 bis 0	-0,4 bis -0,7	-0,8 bis -0,6	+0,5 bis +1,5
b*	-1,5 bis -1,0	+0,5 bis +2	+0,5 bis +1,5	-0,3 bis -0,7	+3,5 bis +6,0
Optik	bläulich-hell	dunkel-gelblich	heller und weniger gelblich	bläulich-hell	dunkelgrau
Foto					

Farbliche Gestaltungsmöglichkeiten mit Chrom(III)verfahren im Vergleich zu Chrom(VI)

(Bild: Dr. Heinzler)

Kostenintensiv bei Chrom(III)verfahren sind beispielsweise die Anoden, die in der Herstellung teuer und in der Lebensdauer beschränkt sind. Des Weiteren schlagen die benötigten Zusätze für die Elektrolytsysteme und deren Wartung bei den Kosten zu Buche. Die Schichten zeichnen sich inzwischen durch eine gute Korrosionsbeständigkeit aus. Die gute Farbstabilität erlaubt die Kombination der beschichteten Teile mit solchen aus Chrom(VI)verfahren.

Die Anlagentechnik muss über ein Ionenaustauschersystem verfügen, um die Anreicherung an Fremdstoffen im Elektrolyten zu vermeiden. Wichtig ist zudem eine gleichmäßige Stromverteilung, so dass die Anoden über die gesamte eingebrachte Anodenfläche eine gute Funktion aufweisen müssen. Kritisch ist die Abnutzung der MMO-Beschichtung, die zu einer verstärkten Bildung von Chrom(VI) führt, wodurch wiederum die Funktion der Elektrolyte drastisch eingeschränkt wird; auch sinkt die Streufähigkeit des Elektrolyten durch Anreicherung von Chrom(VI) dadurch deutlich. Aufwändiger ist die Passivierung der erzeugten Chromschicht aus Chrom(III)verfahren, da die Oxidation des Chroms mehrere Wochen dauern kann, wogegen dies bei Chrom(VI) augenblicklich und ohne jede Zusatzbehandlung erfolgt. Aus diesem Grund kommt ein Passivierungsverfahren als letzter Schritt der Beschichtung zur Anwendung.

Eine Herausforderung ist die Streufähigkeit der Chrom(III)verfahren. Dies macht sich bei der Gestellbelegung mit Bauteilen nachteilig bemerkbar. Der Effekt ist bei dunklen Chromschichten stärker ausgeprägt. Damit sinkt bei

Einsatz der Chrom(III)verfahren der Durchsatz durch eine Anlage, was sich wiederum nachteilig auf die Kosten auswirkt. Zudem ist der Energieverbrauch höher als bei der Abscheidung aus Chrom(VI) und je nach Elektrolyttyp zudem unterschiedlich.

Die Abwasserbehandlung ist bei einem Einsatz der Chrom(III)technologien aufwändig. Im Hinblick auf die Grenzwerte bestehen bei den Schwermetallen weltweit vergleichbare Vorgaben. Herausforderungen ergeben sich durch die hohe Konzentration an Komplexbildnern zur Bindung von Chrom(III). Daher muss bei der Abwasserbehandlung im ersten Schritt durch Wasserstoffperoxid die Zerstörung der Komplexbildner durchgeführt werden. Um hier den Einsatz an Chemie zu reduzieren, empfiehlt es sich dem Vortragenden zufolge, die Menge an Abwasser zu reduzieren. Dazu wird versucht, beim Ausheben der Gestelle aus dem Elektrolyten, die anfallenden Abläufe direkt in den Abscheideelektrolyt zurückzuführen, also so wenig Chrom wie möglich im Spülwasser anzureichern. Insgesamt ergeben sich für den Betrieb von Anlagen zur Abscheidung von Chrom aus Chrom(III) deutlich höhere Kosten. Vorteilhaft ist aktuell die größere Auswahl an Farbtönen, aus denen Kunden auswählen können. Allerdings erfordert jede gewünschte Farbe eine eigene Abscheideposition in der galvanischen Fertigung, was nur bedingt realisierbar ist.

Innovative Gestellbeschichtung

Der Wandel beim Einsatz von Chrom(VI) zu Chrom(III) macht es erforderlich, die Art der

Gestellbeschichtung zur Aufnahme von Bauteilen für die Chromabscheidung anzupassen. Dazu gab Dr. Sarah Schmitz, Delta Engineering & Chemistry, einen Einblick in innovative Gestellbeschichtung für die galvanische Beschichtung von Kunststoffen. Für Gestelle wird zum Beispiel Plastisol eingesetzt, bei dem es sich um einen in Weichmacher gelösten Kunststoff als zähe Masse handelt. Diese wird auf das Grundgestell aufgetragen und durch Tempern bei etwa 180 °C zu einer festen stabilen Kunststoffbeschichtung. In der Regel handelt es sich um die Kunststoffart PVC, die mit Stabilisatoren versetzt ist und zudem Additive (Pigmente, Füllstoffe, Hydrophobierung) enthält, die in der Regel zur Herstellung eines nichttransparenten Erscheinungsbildes dienen.

Klassische Plastisole sind bezüglich gesundheitlicher Konsequenzen bedenklich. Des-



Sichtbare Rissbildung in der Gestellisolierung bei Einsatz eines Standardprodukts

(Bild: Dr. Schmitz)

halb wurden in vielen Anwendungen die kritischen Zusammensetzungen vermieden. Für Gestellbeschichtungen ist diese Änderung stark verzögert vorgenommen worden, aber trotzdem sinnvoll, da Abbauprodukte der Isolierungen über das Abwasser in die Umwelt gelangen.

Die Umstellung auf Produkte, die für Anwendungen wie Fußböden bereits im Einsatz sind, zeigten Schwächen in der Galvanotechnik aufgrund des dortigen Einsatzes von stark oxidativen Medien, wie beispielsweise Chromschwefelsäure. In diesem Zusammenhang wurde bei neuen Beschichtungsmaterialien darauf geachtet, auf SVHC-Stoffe und hormonähnliche Substanzen zu verzichten. Hierfür wurden Beschichtungsstoffe eingesetzt, die sich bei geringeren Temperaturen verfestigen lassen, wodurch Emissionen reduziert werden. Bei der von der Vortragenden empfohlenen Beschichtung kann der oxidative Verschleiß vermieden werden, wodurch keine Rissbildung und daraus folgend keine Verschleppung von Elektrolyt stattfindet. Für die Beschichtung aus Chrom(III)-verfahren wurde die Zusammensetzung des Plastisols optimiert und damit der oxidative Angriff ausgeschlossen. In Vergleichsversuchen konnte mit der neuartigen Beschichtung der Gestelle die Standzeit von etwa 70 Umläufen auf etwa 480 Umläufe (und deutlich mehr) ohne Schaden erhöht werden. Neue Herausforderungen ergaben sich durch die Änderung der Vorbehandlung von Chrom-

schwefelsäure zu manganhaltigen Systemen. Neben Beeinträchtigungen der Gestellbeschichtung als solche sind auch Veränderungen durch Abgabe von Bestandteilen der Beschichtung in die Prozessmedien, zum Beispiel des Palladiumaktivators, festzustellen. Angriffe auf die Isolierung lassen sich unter anderem dadurch verringern, dass die Hydrophobizität der Beschichtung verändert wird. Zu beachten ist in jedem Fall, dass die derzeit präferierten Beschichtungen nicht grundsätzlich für alle Elektrolytsysteme einsetzbar sind. Es ist also darauf zu achten, Beschichtungen vorzugsweise für ein Abscheidesystem zu verwenden.

Beizalternative in der Kunststoffmetallisierung

Ein Ziel bei der Entwicklung von Verfahren für die Kunststoffmetallisierung ist die Erhöhung der Nachhaltigkeit und der Kreislaufnutzung von Medien. Primär gehört dazu nach Überzeugung von Dr. Sarah Schmitz, Delta Engineering & Chemistry, die Verbannung von Stoffen wie Chrom(VI) aus der Anwendung. Alternativen für dessen Einsatz sind Peranganat, gasförmiges Schwefeldioxid oder gelöstes Ozon. Die geringsten Nachteile ergeben sich bei der Verwendung von Ozon.

Ozon ist in der Lage, Doppelbindungen bei Kunststoffen zu spalten und ist damit bestens dafür geeignet, die Eigenschaften des Kunststoffs zu verändern. Ozon lässt sich gut in Wasser lösen und bleibt dort für eine be-

stimmte Zeit ohne Änderung der Konzentration. Da es bedenkenlos in einem offenen Becken eingesetzt werden kann, erfüllt es die Anforderungen an ein Beizmedium in einer standardmäßigen Galvanikanlage. Ozon ist unter Einsatz von Strom aus Sauerstoff herstellbar und in Wasser einmischbar. Schließlich ist ein geringer Aufwand erforderlich, um die Konzentration im Medium zu bestimmen und damit ein stabiles Beizmedium schaffen. Aktuell wird das Beizsystem für Kunststoff im Technikum der Schule für Galvanotechnik in Solingen getestet. Nach Aussage von Sarah Schmitz ermöglicht die Technologie den sicheren Umgang für das Beizen von ABS und ABS/PC ohne Gestellmetallisierung und eine einfache und sichere Abwasserbehandlung. Das Beizen wird bei 40 °C bis 50 °C in einem Zeitraum von 10 min bis 20 min durchgeführt. Vorteilhaft ist die einfache Prozessfolge von Beizen bis Beschichtung, also ohne zusätzliche Behandlungsschritte.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Weitere Vorträge in Teil 2 des Berichts befassen sich mit Hartchrom aus Chrom(III)systemen, Alternativen zur galvanischen Hartverchromung und Anoden für die galvanische Abscheidung. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5 Seiten mit 8 Abbildungen.

GALVANICUS
Wir fördern Zukunft.

Technikerschule stärken - Fachkräfte sichern !

Werden Sie Teil unseres Netzwerks und unterstützen Sie die Fachkräfte von morgen.



Wir fördern Zukunft

Seit 1977 unterstützt der Förderverein GALVANICUS die Ausbildung an den Fachschulen der Galvano- und Leiterplattentechnik. Unser Ziel: Die Technikerschule stärken, damit motivierte Fachkräfte den wachsenden Herausforderungen unserer Branche erfolgreich begegnen können.

Werden Sie Techniker – sichern Sie die Zukunft unserer Branche!

Eine fundierte Ausbildung ist der Schlüssel zum Erfolg. Die Technikerschule bietet praxisnahe Weiterbildungsmöglichkeiten für die Galvano- und Oberflächentechnik. GALVANICUS unterstützt diese Ausbildung mit gezielten Fördermaßnahmen – für eine starke und kompetente Fachkräftebasis.

Werde Mitglied unter www.galvanicus.de

≡ Entwicklungen bei galvanischen und thermisch gespritzten Schichten – Verfahrenstechniken für neue Anwendungen

Das Werkstofftechnische Kolloquium WTK am 2. und 3. April an der TU Chemnitz bot eine breite Palette an Neuheiten an Beschichtungsverfahren sowohl auf dem Gebiet der Galvanotechnik als auch des thermischen Spritzens. Dabei wurden Entwicklungen der Verfahrenstechniken durch Untersuchung der grundlegenden Zusammenhänge der Beschichtungstechnologien präsentiert als auch neue Ansätze bei der Verwendung von Beschichtungsverfahren. Schwerpunkte bei den nasschemischen Beschichtungstechniken richten sich beispielsweise auf die Galvanoformung zur Herstellung von Bauteilen, die anodische Oxidation zur Optimierung von Aluminiumoberflächen oder die Nachbearbeitung von 3D-Druckteilen. Mittels thermischen Spritzens wird vor allem an der Erzeugung von verschleißfesten Oberflächen auf Hochleistungswerkstoffen gearbeitet, aber auch an neuen Anwendungen im Bereich des Gießens oder von antimikrobiellen Oberflächen.

Fortsetzung aus WOMag 5/2025

Verfahren der galvanotechnischen Oberflächenbehandlung

Galvanoformung

Die Herstellung von metallischen Werkzeugen über den Weg der Galvanoformung wurde vor vielen Jahrzehnten entwickelt und kam für verschiedenste Anwendungen zum Einsatz. Insbesondere für Spritzguss- oder Prägewerkzeuge (z. B. im Automobilbereich oder für die Fertigung von LPs oder CDs) war dieses Verfahren über viele Jahre konkurrenzlos. Neben diesen klassischen Anwendungen findet die Galvanoformung inzwischen ein großes Interesse im Bereich der Mikro- und Nanotechnik. Als abgeschiedenes Metall stehen vor allem Nickel und abscheidbare Nickellegierungen im Vordergrund. Diese bieten einerseits eine hohe Formgenauigkeit bei gleichzeitig hoher Festigkeit und Beständigkeit gegen chemische Angriffe. Damit hergestellte Formwerkzeuge ermöglichen beispielsweise die kostengünstige Herstellung von Kunststoffteilen für optische Anwendungen oder für die Medizintechnik. Vor allem im Bereich der Nanotechnik lassen sich unter Einsatz der Galvanoformung auch Einheiten für Messgeräte oder Bauteile für die Datentechnik fertigen.

Vortrag von Dr. Markus Guttman, Karlsruhe Institute of Technology KIT

Galvanische Zwischenschichten zur Verbindung von Wolfram und Kupfer

Eine der größten Herausforderungen in einem zukünftigen Fusionskraftwerk ist die Abführung von Wärme aus den Divertor-Targets, die von geladenen Teilchen mit hoher Energie beschossen werden. Um dies zu realisieren, ist der Einsatz von Materialien mit sehr hoher Wärmeleitfähigkeit erforderlich.

Beim aktuellen Ansatz zur Lösung der Anforderung werden Wolfram als plasmaseitiges Material und eine Kupferlegierung für die darunter liegende Wärmesenke herangezogen, wobei jedoch die Verbindungen zwischen Wolfram und Kupfer aus mehreren Gründen schwierig ist. Am Karlsruher Institut für Technologie KIT wird die Verbindung durch galvanisch abgeschiedene Zwischenschichten realisiert. Zur Umsetzung der Werkstoffkombination werden Divertor-Mock-ups in kleinem Maßstab hergestellt und qualifiziert (Zusammenarbeit mit EUROfusion-Partnern).

Vortrag von Dr. Carsten Bonnekoh, Karlsruhe Institute of Technology KIT

Einfluss von Oxalat und Citrat auf Funken im PEO-Prozess

In einer Untersuchung werden die Auswirkungen von Natriumoxalat und Natriumcitrat auf die plasmaelektrolytische Oxidation (PEO) der Legierung Al6082 und sich daraus ergebende Eigenschaften der Beschichtungen ermittelt. Eingesetzt wurde ein Elektrolyt auf Silikatbasis. Die hergestellten Beschichtungen wurden mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM), Oberflächenrauigkeitsmessungen und Röntgenbeugungsanalyse (XRD) charakterisiert. Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit wurden mit dem Taber-Abriebtest und Salzsprühtests bewertet.

Der PEO-Prozess umfasste sowohl stromkonstante als auch spannungskonstante Beschichtungseinstellungen. Es zeigte sich, dass Natriumoxalat die Dauer des stromkonstanten Modus verlängerte und Natriumcitrat im Gegensatz dazu verkürzte. Im spannungskonstanten Modus führte eine zweistufige anodische Stromverschiebung zu einer milden Funkenbildung, wobei beide Additive den anfänglichen Stromabfall wirksam ver-

ringerten und den anschließenden Anstieg beschleunigten – ein Effekt, der bei Oxalat besonders auffällig war. Mittels Röntgenbeugungsanalyse wurde das Vorhandensein von γ - und α -Phasen von Aluminiumoxid (Al_2O_3) bestätigt. Die Anwesenheit beider Additive erhöhte das Verhältnis der α -Phase zur γ -Phase, was bei Oxalat deutlicher ausgefallen ist. Darüber hinaus verbesserten beide Additive die Verschleißfestigkeit: Der Verschleiß verringerte sich von etwas 15 mg auf 10 mg pro 1000 Zyklen. Zudem zeigten die Oberflächen eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit nach 1000 Stunden Salzsprühnebelbelastung.

Vortrag von Dr. Mehri Hashemzadeh, Innovent Jena

Simulationsmodell der Barrierebildung bei der PEO

In der Anfangsphase der plasmaelektrolytischen Oxidation (PEO), also vor der Entstehung von Plasmaentladungen, findet eine herkömmliche Anodisierung zur Bildung einer Oxidschicht statt. Diese Oxidschicht bleibt auch bei Fortschreiten des Prozesses, auch nach dem Beginn der prozessspezifischen Entladungen, erhalten. Die Bildung der PEO-Oxidschicht während des Prozesses ist daher mit der vorhergehenden Anodisierung verbunden.

Um die Dynamik des PEO-Prozesses besser zu verstehen und das transiente Schichtwachstum auf der Anodenseite zu bewerten, sind Multiphysik-Simulationen eine geeignete Methode. Eine 2D-Simulation unter Einsatz des Hochfeldmodells wurde verwendet, um das Wachstum der Oxidschicht als Funktion der durchgeflossenen elektrischen Ladung zu berechnen. Dieses Modell wurde durch den Vergleich mit experimentell erhaltenen Dicken der Barrierschicht und dem

gemessenen Strom als Funktion der Spannung während der Polarisierungsexperimente mit linearen Spannungserhöhungen bei unterschiedlichen Scanraten validiert.

Vortrag von Igor Danilov, Chemnitz University of Technology, Micromanufacturing Group

Nutzung dynamischer Elektrochemie zur Nachbearbeitung im 3D-Druck

Gedruckte Metallteile benötigen fast immer eine Nachbearbeitung, damit sie ordnungsgemäß genutzt werden können. Allerdings gibt es kein allgemein anwendbares Nachbearbeitungsverfahren; vielmehr muss eine optimale Methode aus einer Vielzahl von verfügbaren Verfahren ausgewählt werden, die auf das zu bearbeitende Material sowie auf die Geometrie der Komponente ausgerichtet sind. Im Vordergrund steht hier häufig eine kostengünstige Reduzierung der Oberflächenrauheit. Allerdings führt hier oft keine einzelne Technik, sondern eine Kombination verschiedener Bearbeitungsschritte zum Ziel. So wird ein Bauteil im ersten Schritt gestrahlt, bevor es weiteren mechanischen oder (elektro-)chemischen Behandlungen unterzogen wird. Ebenso werden zum Beispiel elektropolierte Teile manchmal in einem letzten Schritt laserpoliert, um spiegelglatte Oberflächen zu erhalten.

Die Kombination von Verfahren wird als hybride Verarbeitungsmethode bezeichnet, die gleichzeitig oder sequenziell erfolgen kann. Da solche Kombinationen nicht nur aus der Perspektive der Prozessparameter heraus herausfordernd sind, sondern auch immer einen wissenschaftlichen Ansatz erfordern, sind die Definition, der Aufbau und die Parameterbewertung Gegenstand von aktuellen Forschungsaktivitäten. Entsprechende internationale Studien zur Kombination chemischer und elektrochemischer Prozessschritte zeigen ein interessantes Beispiel für hybrides Nachbearbeiten aus der Perspektive der Galvanotechnik.

Eine elektrochemische Methode der Wahl basiert auf dynamischer Elektrochemie (bezeichnet als Hirtisation). Dieser Prozess umfasst die Anwendung von komplexen, kurzen Strom- oder Potenzialpulsen, die es ermöglichen, die Feldlinientransportverteilungen und die lokalen (Oberflächen-)Potentialfelder anzupassen. Dazu werden kinetische Studien zur Entfernung von Unterstrukturstrukturen und zur Oberflächenpolitur herangezogen. Für die Behandlung innerer Oberflächen wird eine vorhergehende chemische Behandlung eingesetzt und in einigen Fällen mit ei-

nem abschließenden mechanischen Polierprozess kombiniert. So ist es möglich, nicht nur Unterstrukturstrukturen, sondern auch geschmolzene Pulverrückstände von den Oberflächen zu entfernen. Dies wurde nicht nur an festen Materialien, sondern auch an sehr fragilen dreidimensionalen Strukturen erreicht, ohne diese zu beschädigen.

Vortrag von Dr. Wolfgang Hansal, EGM Institute, Wiener Neustadt

Chemische Kupferabscheidung auf Kupfer-Siliziumkarbid-Verbundpulver

Morphologie und die Größenmerkmale von Pulvern werden durch mechanische Bearbeitung angepasst. Sie ermöglicht es auch, verschiedene Materialien zusammenzubringen, um deren unterschiedliche Eigenschaften in einer einzigen Struktur zu kombinieren und leistungsstarke Materialien zu erhalten. Zu den Vorteilen der mechanischen Bearbeitung als Produktionsverfahren zählt, dass es kostengünstiger und deutlich weniger energieaufwendig ist. Es ist möglich, keramische und metallische Verbundwerkstoffe durch mechanische Bearbeitung herzustellen. Wiederholte Deformationen während des Mahlprozesses haben einen wichtigen Einfluss auf die Integration von keramischen Partikeln und Metall miteinander sowie auf die Bildung der Verbundstruktur.

Untersucht wurde die Herstellung von Kupfer-Siliziumkarbid-Verbundpulver durch mechanisches Mahlen, wobei das erzeugte Pulver durch chemisches Kupferabscheiden mit Kupfer beschichtet wurde. Die Untersuchungen zeigten, dass die Größe der endgültigen Verbundpulver mit zunehmendem SiC-Gehalt im mechanischen Mahlen abnimmt. Dies liegt daran, dass durch die Erhöhung der Menge an harten Partikeln, die im Mahlgefäß verstärkt werden, effektivere Deformationen erreicht werden. Ein chemischer Kupferabscheidungsprozess konnte erfolgreich bei allen der hergestellten Verbundpulver angewendet werden.

Vortrag von Prof. Temel Varol, Karadeniz Technical University, Türkei

Thermisches Spritzen und verwandte Verfahren

Kaltgasspritzen zur Restauration von Glocken

Kirchenglocken sind wertvolle Musikinstrumente, die langfristig einer Kombination aus Schlagabnutzung durch ihre Klöppel und einer erheblichen zyklischen Belastung durch

die Glockenschwingung ausgesetzt sind. Seit kurzem wird das Kaltgasspritzen als eine Reparaturtechnologie genutzt. Zur Untersuchung der Technologie und der damit erzielten Eigenschaften wurden entsprechende Reparaturprozesse auf Gusssubstrat aus demselben Material simuliert. Mechanische, Bruch- und Ermüdungseigenschaften des Glockenmetalls, aufgebracht durch Kaltgasspritzen, wurden mit Aufprallverschleißtests untersucht.

Die Ergebnisse ermöglichen die Beschreibung von Versagensprozessen, die durch quasistatische, Ermüdungs- und Aufprallbelastungen bei diesem harten, aber relativ spröden Material ausgelöst werden. Auch die Adhäsion zum Substrat wurde bestimmt, wobei sich zunächst niedrige Werte ergaben. Diese wurden durch eine Lasertexturierung der Oberfläche des Substrats verbessert. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass die Reparatur des Schlagschadens an der Glocke mit der derzeit verfügbaren CS-Technologie durchgeführt werden kann. Zudem wurde eine komplette kaltgespritzte Glocke mit CS hergestellt, um die guten mechanischen, Bruch-, Verschleiß- und akustischen Eigenschaften des kaltgespritzten Glockenmetalls zu demonstrieren.

Vortrag von Dr. Ondřej Kovářik, Czech Technical University Prag

Vorbehandlung für thermisches Spritzen durch Laseroberflächentexturierung

Die Laseroberflächentexturierung (LST) zur Substratvorbereitung stellt eine sauberere, reproduzierbare Alternative zu herkömmlichem Korundstrahlen dar, insbesondere für harte und spröde Materialien wie gehärteten Stahl oder Keramiken. Fortschrittliche Techniken mit Hochleistungslasern erhöhen die Bearbeitungsgeschwindigkeit auf Werte, die einen industriellen Einsatz lohnend machen. Entsprechende Verfahren wurden zur Vorbehandlung verschiedener Arten von Texturen auf unterschiedlichen Substraten, verschiedenen Spritztechnologien und Beschichtungsmaterialien geprüft.

Vortrag von Dr. Šárka Houdková, VZU Plzeň, Tschechien

Entwicklung eines neuen Doppeldraht-Arc-Spritzverfahrens

Das Doppeldraht-Lichtbogenspritzen (TWAS) ist das am häufigsten eingesetzte Verfahren zur Erzeugung von Korrosions- und Verschleißschutz durch thermisches Spritzen. Die Verarbeitung von Spritzdrähten mit niedrigem Schmelzpunkt, wie beispielsweise Zink

OBERFLÄCHEN

oder Zink-Aluminium-Legierungen, führt jedoch zu einer erheblichen Feinstaubentwicklung, geringer Abscheidungseffizienz und schlechter Oberflächenqualität der Beschichtungen. Durch den großen Unterschied zwischen der Lichtbogentemperatur und dem Schmelzpunkt von Zink-Aluminium-Legierungen kommt es zu einem unkontrollierten Aufschmelzen und daraus folgend zu einer schnellen Verdampfung der Partikel und zum Abreißen großer Teile der Drahtspitzen. Zudem bilden sich inhomogene Beschichtungen mit geringer Adhäsion, unzureichender Kohäsion und hoher Porosität.

Zur Beseitigung dieses Problems wurde an der Entwicklung eines neuen TWAS-Verfahrens gearbeitet. In der ersten Phase der Untersuchung wurden das Schmelzverhalten der Spritzdrähte und die Oberflächenqualität bei unterschiedlichen Spritzparametern untersucht. Anschließend wurden die Ergebnisse einer Simulation unterzogen, um die Kombination von Parametersätzen zu ermitteln, die die optimale Abscheidungseffizienz und verbesserte Schichteigenschaften ergibt.

Vortrag von Eduard Drehband, Universität Dortmund

Anwendung von hochreaktiven Metallen in sauerstofffreier Umgebung

Das thermische Spritzen von hochreaktiven Metallen wie Titan stellt aufgrund ihrer starken Affinität zu Sauerstoff eine große Herausforderung dar. Aus diesem Grund wurden mehrere Beschichtungsverfahren entwickelt, die die Oxidation weitgehend unterdrücken können, darunter Kaltgasspritzen und Vakuumplasma-spritzen. Keines dieser Verfahren verhindert jedoch die Oxidbildung vollständig. Bei einem neuen, alternativen Beschichtungsverfahren wird der Spritzprozess in einer mit Silan dotierten Argongasumgebung mit extrem niedrigem Sauerstoffpartialdruck durchgeführt. Die Nutzung des Drahtbogenspritzens ermöglicht das Aufbringen oxidfreier und hochdichter Titanschichten. Darüber hinaus wird die ursprüngliche Oxidschicht des Substrats durch Korundstrahlen in der gleichen kontrollierten Umgebung entfernt, was ihre Neubildung verhindert und eine vollständige Materialbindung gewährleistet. Infolgedessen weisen die Beschichtungen außergewöhnlich hohe Haftfestigkeiten auf.

Vortrag von Manuel Rodriguez Diaz, Universität Hannover

Bindung und Schichtbildung bei der Kaltgasbeschichtung

Abscheidungsverfahren durch Kaltgasspritzen und Aerosolabscheidung werden für ver-

schiedene Materialarten von Metalllegierungen bis hin zu Keramiken eingesetzt. Die wichtigsten Unterschiede der beiden Techniken betreffen die erforderlichen Pulvergrößen, die beim Kaltgasspritzen im Bereich von einigen Dutzend Mikrometern und bei der Aerosolabscheidung vorzugsweise im Mikrometerbereich liegen. Auch die für eine erfolgreiche Abscheidung erforderlichen Partikelgeschwindigkeiten sind bei Metallen im Kaltgasspritzverfahren in der Regel höher als bei Keramiken im Aerosolverfahren. Beiden gemeinsam ist, dass höhere Materialstärken höhere Partikelaufrallgeschwindigkeiten für eine erfolgreiche Schichtbildung erfordern.

Die Materialabscheidung von metallischen Schichten durch Kaltgasspritzen ist bisher gut verstanden. Im Gegensatz dazu werden die grundlegenden Mechanismen der keramischen Schichtbildung bei der Aerosolabscheidung noch kontrovers diskutiert. Der Wechsel von spröder zu duktiler Verformung von Keramiken in kleinen Maßstäben könnte jedoch eine gemeinsame Grundlage für die Erklärung beider kinetischer Spritztechniken im Sinne einer Plastizität mit hoher Dehnungsrate liefern.

Jüngste experimentelle und Modellierungsversuche könnten das unterschiedliche Verhalten beim kinetischen Aufprall von Keramiken und Metallen auf individuelle Versetzungsdichten und -verteilungen und deren Einfluss auf das Verformungsmuster bei hoher Verformungsgeschwindigkeit zurückführen. Auf dieser Grundlage könnte wiederum ein Teil des Wissens über das Kaltgasspritzen auf die Aerosolabscheidung übertragen werden, um Vorhersagen zur Schichtbildung zu unterstützen.

Vortrag von Dr. Frank Gärtner, HSU Hamburg

Kaltgasspritzen für Reparaturanwendungen

Mittels Hochdruck-Kaltgasspritzens (HPCS) sind die Reparatur von beschädigten Druckbehältern mit Stahlpulver und die Wiederherstellung von Bauteilen des Flugzeugfahrwerks mit Aluminiumlegierungen möglich. Die Ergebnisse von durchgeführten Untersuchungen zeigten die effektive Fähigkeit der HPCS-Technologie, beschädigte Komponenten in ihre ursprüngliche Funktionalität zurückzuführen. Die Ergebnisse heben das Potenzial dieser Technologie als praktikable Lösung für Wartung und Reparatur in kritischen Industrie- sowie Luft- und Raumfahrtanwendungen hervor.

Vortrag von Dr. Ondřej Chocholatý, VZU Plzeň, Tschechien

Hartmetallbeschichtungen durch thermisches Spritzen

Der Werkstoff Wolframcarbid-Kobalt (WC-Co) wird seit mehr als 100 Jahren erfolgreich als Verbundwerkstoff sowie Verschleißschicht auf Werkzeugen eingesetzt. Dies beruht auf den besonderen Eigenschaften von Wolframcarbid in Kombination mit Kobalt als Binder, wobei der Einsatz bei niedrigen Temperaturen seine beste Wirkung entfaltet. Für hohe Temperaturen und korrosive Umgebungen hat sich Cr₃C₂-NiCr als zweiter erfolgreicher Verbundwerkstoff etabliert. Die Standardzusammensetzungen wurden auf empirischer Basis entwickelt und haben sich über Jahrzehnte hinweg nur wenig verändert, im Gegensatz zu den Technologien der Herstellung von Pulverrohstoffen.

Inzwischen werden aus unterschiedlichen Gründen sowohl Kobalt als auch Wolfram als kritische Rohstoffe eingestuft und sollen deshalb ersetzt werden. Verschiedene komplexe Bindemittellegierungen werden derzeit für thermische Spritzschichten auf WC-Basis untersucht. Diese werden zusammen mit anderen alternativen Bindemitteln wie Nickel- oder Eisen-Basis-Legierungen vergleichend in Betracht gezogen.

Als alternative Hartstoffe gelten Chromcarbid mit Zusätzen von Wolframcarbid zur Verbesserung der Tieftemperatur-Verschleißfestigkeit von Chromcarbid-NiCr, TiC/TiCN oder NbC/NbCN als kubische Hartstoffe mit Legierungsbindern auf Nickel- oder Eisenbasis sowie hochentropische Karbide. Einer der Vorteile dieser alternativen Hartstoffe ist ihre bessere Verträglichkeit mit kobaltfreien Bindemitteln. Um wirksame Zusammensetzungen von Beschichtungswerkstoffen zu entwickeln, ist ein zuverlässiges Konzept für ihre Auswahl erforderlich. Mit Hilfe von Sinterkörpern können die Wechselwirkungen zwischen der Hartphase und dem Bindemittel untersucht und das Potenzial einzelner Zusammensetzungen bewertet werden.

Vortrag von Dr. Lutz-Michael Berger, Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden

Herstellung von Aluminium-Aluminium-Verbundguss

Der Begriff Verbundguss beschreibt die Verbindung von Metalleinlagen mit Gusskomponenten während des eigentlichen Gießprozesses, was die Herstellung besonderer Strukturkomponenten ermöglicht, beispielsweise durch Druckguss (HPDC). Aluminiumeinsätze sind in der Regel von einer natürlichen Oxidschicht bedeckt, welche die Bildung

einer Materialverbindung verhindert. Diese Oxide auf der Oberfläche der Einsätze lassen sich durch eine Zwischenschicht mittels Kaltgasspritzen entfernen und damit eine metallurgische Verbindung zwischen Einsatz und Gussteil erzeugen.

Im Rahmen einer Untersuchung wurden die optimalen Parameter für das Kaltgasspritzen mit Fokus auf die Schichtdicke und die spätere Schmelz- und Formtemperatur beim Gießen ermittelt. Die erhaltenen Proben wurden hinsichtlich ihrer Grenzflächenmikrostrukturen und möglicher Bindungen zwischen Schlichte und Einsatz beziehungsweise Schlichte und Gussteil sowie der erreichbaren mechanischen Eigenschaften untersucht.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die richtige Abstimmung der Grenzflächenqualität und der lokalen Grenzflächentemperaturen Reaktionen im flüssigen Zustand mit der Zwischenschicht fördern kann, welche die Qualität der Bindung verbessern.

Vortrag Dr. Alexander List, HSU Hamburg

Kaltplasmagespritzte antimikrobielle Beschichtungen mit definierter Porosität

Antimikrobielle Oberflächen stellen ein wichtiges Mittel zur Vorsorge gegen die Übertragung und Verbreitung von Mikroorganismen dar. Im Rahmen eines iGF-Forschungsprojekts wurde eine dauerhaft antimikrobiell ak-

tive Aluminiumoxidbeschichtung für metallische Kontakt- und Kontaminationsflächen auf Metallen und temperaturstabilen Kunststoffen entwickelt.

Durch den Einbau von geringen Mengen an Kupferpulver werden die Beschichtungen dauerhaft antibakteriell und antiviral wirksam. Gleichzeitig verbessern die Kupferpartikel die Haftungs- und Abrasionseigenschaften. Diese Beschichtung im μm -Bereich wird mittels Kaltplasmaspritzen aus Pulvern abgeschieden und eignet sich insbesondere für Gegenstände des täglichen Bedarfs. Aufgrund der Porosität der Beschichtungen liegt eine weitere potenzielle Anwendung in der Filtertechnik. Die Schichten besitzen ein mattgrau-metallisches Erscheinungsbild und werden in einem Prozessschritt hergestellt. Dabei ist die Porosität definiert einstellbar. Die antimikrobielle Wirksamkeit der Oberflächen wurde erfolgreich in Anlehnung an die Normen ISO 22196 und ISO 21702 getestet. Dabei wurden insbesondere kurze Kontaktzeiten (1 und 3 Stunden) untersucht, um realitätsnahe Ergebnisse zu erzielen.

Vortrag von Dr. Kerstin Horn, Innovent Jena

Atmosphärisches Plasmaspritzen von Hadfield-Stahl

Hochmanganhaltige Stähle (HMnS bzw. Hadfield-Stahl) zeichnen sich durch eine hohe

Kaltverfestigung und ein hervorragendes Verhältnis zwischen Zähigkeit und Verformbarkeit aus, was sie zu vielversprechenden Kandidaten für Schutzschichten zur Steigerung der dynamischen Verschleißbedingungen macht.

Diese Stähle zeigen jedoch eine begrenzte Verschleißbeständigkeit bei statischer abrasiver Belastung, da es ohne Stoßeinwirkung weniger stark verfestigt wird. Deshalb wurden die Auswirkungen von Härtungsbehandlungen auf das Verschleißverhalten und die Mikrostruktur von HMnS-Schichten, abgeschieden durch atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), untersucht.

Nach der Abscheidung wurden die Schichten Oberflächenmodifikationen unterzogen – Schleifen, Kugelstrahlen und Hämmern – um eine Vorhärtung zu induzieren und die statische Verschleißfestigkeit zu verbessern. Hierzu wurden mikrostrukturelle Veränderungen innerhalb der modifizierten Schichten untersucht, Härte und Verschleißfestigkeit gemessen und mit alternativen Schichten verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Vorhärtung die Haltbarkeit von HMnS-Beschichtungen erheblich verbessert.

Vortrag von Dr. Aleksandra Małachowska, Universität Wrocław, Polen

 **GusChem**
G. & S. PHILIPP CHEMISCHE PRODUKTE

Die effiziente Art der Wasserbehandlung.

Steigern Sie die Qualität Ihrer Produkte und Sparen Sie mit unseren eigenentwickelten 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!

Chancen und Herausforderungen energieintensiver Unternehmen

Transformation muss wirtschaftlich tragfähig und auf die Realität in unseren Werken abgestimmt sein - Interview mit Dr. Birgitt Bendiek, Geschäftsführerin von ZINQ Deutschland über den Weg in die Zukunft

Mit Dr. Birgitt Bendiek übernimmt eine ausgewiesene Branchenexpertin und langjährige Führungskraft die Verantwortung für den deutschen Geschäftsbereich der ZINQ Gruppe. Seit über 20 Jahren im Unternehmen tätig, steht die promovierte Metallurgin für fachliches Know-how in der Oberflächentechnik und ein klares Verständnis für Markt- und Kundenanforderungen. Als Geschäftsführerin (Managing Director Deutschland) ist sie seit kurzem für rund 1000 Mitarbeitende an über 20 Standorten verantwortlich. Im Interview spricht sie über ihre Motivation, die neue Rolle zu übernehmen, über die Herausforderungen eines energieintensiven Unternehmens am deutschen Markt – und darüber, wie ZINQ mit einer konsequenten Transformationsstrategie, klarem Markenfokus und echter Kreislaufwirtschaft die Zukunft gestalten will.

N.N.: Frau Dr. Bendiek, Sie übernehmen den deutschen Geschäftsbereich von ZINQ in einer wirtschaftlich herausfordernden Zeit. Was reizt Sie an dieser Aufgabe?

Dr. Birgitt Bendiek: Ich sehe die aktuelle Situation als Chance, gemeinsam etwas zu bewegen. Als innovatives Traditionsunternehmen bringen wir das nötige Know-how und den Willen mit, diesen Weg erfolgreich zu gehen. Aber ja, in Deutschland stehen wir in puncto Wettbewerbsfähigkeit vor großen Herausforderungen, übrigens stärker als unsere europäischen Nachbarn. Wir sehen das an unseren europäischen Standorten. Dort sind die Standortbedingungen in allen für uns relevanten Bereichen besser: Marktentwicklung, Energiekosten und Versorgungssicherheit, Flexibilität auf dem Arbeitsmarkt und Regulierungsdichte. Demzufolge ist in Deutschland ein Umdenken notwendig – und genau diesen Wandel treiben wir bei ZINQ mit voller Energie voran – im eigenen Unternehmen und als Impulsgeber für die gesamte Branche. Wir entwickeln unsere Standorte in Deutschland kontinuierlich weiter – diesen ganzheitlichen Prozess im Team zu gestalten und verantwortungsvoll zu führen, sehe ich als meinen zentralen Auftrag.

N.N.: Was bringen Sie für diese Aufgabe mit?

Dr. Birgitt Bendiek: Vor allem Erfahrung – und ein tiefes Verständnis für unser Geschäft. Ich springe nicht ins kalte Wasser: Seit rund 20 Jahren bin ich im Unternehmen tätig, darunter auch in operativer Verantwortung. Die enge Verbindung zu unseren Standorten war immer ein wichtiger Teil meiner Arbeit – und ist jetzt der wichtigste Teil meiner neuen Rolle. Ich weiß, dass ich mich auf ein starkes, engagiertes Team verlassen kann – in unseren Werken genauso wie im Management. Dieses Miteinander ist eine zentrale Stärke von ZINQ und ein entscheidender Erfolgsfaktor für das, was wir gemeinsam bewegen wollen.

N.N.: Wie wollen Sie die Marktposition Ihres Unternehmens stärken?

Dr. Birgitt Bendiek: Wir setzen auf wertorientiertes Wachstum – nicht nur über Menge, sondern über echte Mehrwerte, die wir als markenführendes Unternehmen verlässlich bieten müssen. Unsere Kunden wissen, dass sie sich auf ZINQ verlassen können: auf unsere Markenoberflächen, unser Leistungsversprechen und unsere Qualität. Darüber hinaus arbeiten wir eng mit ihnen zusammen, um individuelle Lösungen zu entwickeln – nicht nur für die Oberflächen, sondern auch



Dr. Birgitt Bendiek, Geschäftsführerin für den deutschen Geschäftsbereich von ZINQ
(Bild: ZINQ/BjoernBild)

darüber hinaus. Mit ZINQ 360 bieten wir ein komplettes Angebot von Systemen, Produkten und Dienstleistungen an, die unsere Oberflächenprodukte ergänzen. Von Unterstützung bei Produktdesign und Engineering über Transportieren, Montieren, Fügen, Versiegeln, Verpacken – es gibt mittlerweile unzählige Best Practices. Wo können wir frühzeitig unterstützen? Welche Leistungen bieten echten Mehrwert, wenn das Material unser Werk wieder verlässt? Genau auf diese Fragen entwickeln wir fundierte, praxisnahe



(Bild: Elias Keilhauer)



(Bild: ZINQ/Beushausen)

Antworten – ganz im Sinne unseres Mottos: Wir tun jederzeit alles für den Erfolg unserer Kunden.

N.N.: Welche Rolle spielt die Transformation in Ihrer Zukunftsstrategie?

Dr. Birgit Bendiek: Transformation darf nicht rein strategisch gedacht werden. Sie muss umgesetzt werden – unter realen Bedingungen und entsprechenden, vor allem wirtschaftlichen, Restriktionen. Die größte Herausforderung liegt darin, das Ziel einer echten Klimaneutralität mit Wettbewerbsfähigkeit zu verbinden. Uns geht es um eine echte, am Markt erfolgreiche Kreislaufwirtschaft. Für Produkte in zirkulärer Qualität bedarf es eines ganzheitlichen Ansatzes. Um diesen Ansatz umzusetzen, brauchen wir qualifizierte Mitarbeiter und müssen Effizienz und Effektivität im Umgang mit Energie und Material neu denken – und das alles gleichzeitig. Wir glauben, dass dazu eine Strategie mit mehr oder weniger klaren Zielen längst nicht mehr ausreicht. Deswegen haben wir unser Unternehmen auf ein komplett auf Transformation ausgerichtetes, zirkuläres Geschäftsmodell umgestellt, das wir seit über zehn Jahren konsequent vorantreiben: Planet ZINQ. Wir sehen uns als Vorreiter einer zirkulären Oberflächentechnik, in der Prozesse und Produkte nicht nur effizient, sondern auch effektiv gestaltet sind.

N.N.: Können Sie das anhand von Beispielen konkretisieren?

Dr. Birgit Bendiek: Wir reduzieren den Materialeinsatz im Prozess und am Produkt – konsequent und zielgerichtet. Die Entwicklung zirkulärer Produkte ist eine permanente Aufgabenstellung, die wir mit Innovationen und Investitionen hinterlegen. So kommt unsere innovative Oberfläche microZINQ mit 80 Prozent weniger Zink aus als herkömmliche Verzinkungsverfahren – und das bei glei-

cher Korrosionsschutzwirkung. Mehr noch: microZINQ ist Cradle-to-Cradle zertifiziert und damit nicht nur kreislauffähig und extrem lange haltbar, sondern auch materialgesund und mit einer Rücknahmeselbstverpflichtung hinterlegt. Zusammengefasst lautet die Formel: Das Optimum aus Effizienz und Effektivität ergibt ein Produkt in zirkulärer Qualität. Wir verstehen uns als Treiber zirkulärer Oberflächentechnik, mit dem Ziel, Oberflächenprodukte in Triple-Zero-Qualität zu realisieren; – das heißt: zero carbon, zero waste, zero pollution.

N.N.: Wie gestaltet sich die Situation bei Ihnen als energieintensives Unternehmen im Hinblick auf Energie?

Dr. Birgit Bendiek: Was für den Rohstoffeinsatz gilt, nämlich für mehr Effizienz den Verbrauch zu senken und gleichzeitig die Ökoeffektivität zu erhöhen, gilt natürlich auch für Energie. Mit unserem Low Carbon ZINQ-Programm dekarbonisieren wir unsere Prozesse nicht nur durch mehr Energieeffizienz, sondern wir forcieren auch die Dekarbonisierung unserer Prozesse. Wir analysieren standortspezifisch, welcher CO₂-freie Energieträger den lokalen Bedingungen gerecht wird. Denn die Energiefrage ist keine Standardaufgabe – sie verlangt individuelle, durchdachte Lösungen. Das Ziel ist emissionsfreie Prozesswärme. Gleichzeitig arbeiten wir an der Dekarbonisierung innerhalb unserer Prozesskette und setzen auf CO₂-reduzierte Vorprodukte. Dabei nehmen wir auch unsere energieintensiven Lieferanten in die Pflicht, ihre Prozesse zu dekarbonisieren.

N.N.: Wie werden denn diese Einsparungen konkret belegt und dokumentiert?

Dr. Birgit Bendiek: Wir weisen den CO₂-Fußabdruck, den unsere Oberflächen über ihren gesamten Lebenszyklus hinterlassen, transparent in einer Umweltproduktdeklaration

nach EN 15804 aus. Diese sogenannte EPD ist ebenso wie die Cradle-to-Cradle-Zertifizierung ein unabhängig geprüfter Nachweis für die Zirkularität unserer Produkte.

N.N.: Sie sind, im wahren Wortsinn, vom Fach: Wie sind Sie auf die Idee gekommen, ausge-rechnet Metallurgie zu studieren?

Dr. Birgit Bendiek: Schon während meiner Schulzeit hatte ich den Wunsch, etwas Technisches zu machen – auch wenn es an meinem Mädchengymnasium kaum entsprechende Angebote gab. Metalle haben mich von Anfang an fasziniert, und die Vielfalt des Hüttenwesens, so nannte man das damals noch, hat mein Interesse endgültig geweckt. Den entscheidenden Impuls gab schließlich mein Doktorvater: In meiner Promotion habe ich mich mit der Wiederverwendung von Reststoffen beschäftigt, konkret mit Kupfer. Dabei wurde mir klar, dass Recycling weit mehr ist als ein Randthema und dass bestehende Verfahren weiterentwickelt werden müssen. Bei ZINQ hatte ich die Chance, mein theoretisches Wissen in der Praxis anzuwenden. Ich habe immer wieder herausfordernde und spannende Aufgaben gefunden, die mich motiviert haben und das ist auch der Grund, warum ich dem Unternehmen bis heute treu geblieben bin.

N.N.: Ein Zeichen für gelungene Personalentwicklung: Welche Schwerpunkte möchten Sie künftig in diesem Bereich setzen?

Dr. Birgit Bendiek: Eine meiner zentralen Aufgaben wird es sein, den bevorstehenden Generationswechsel im Unternehmen aktiv zu gestalten. Dabei geht es vor allem darum, unser Unternehmen noch sichtbarer auf dem Arbeits- und Ausbildungsmarkt zu positionieren und gezielt qualifizierte Fachkräfte anzusprechen. Mit unserer Arbeitgebermarke *Mach Dein ZINQ* sind wir hier bereits auf einem sehr guten Weg. Unter diesem Dach

BRW
CHEMIE

SEIT 2020 MIT EINEM NEUEN TEAM
UND EINER STARKEN GRUPPE
DAHINTER.

WIR LEBEN OBERFLÄCHENTECHNIK

- + **Metarox** – Entfettung
- + **Avant / Amex Elcid** – saure Zinksysteme
- + **Royal** – cyanidische Zinksysteme
- + **Nickofan** – Nickelsysteme
- + **Cobre/Cuprofan** – cyanidische und alkalisch cyanfreie Kupfersysteme
- + **Colorchrom** – Passivierungen
- + **MetaStrip** – Beizentfetter und Entmetallisierungen
- + **Cynex** – alkalische Zinksysteme
- + **Quimi** – chemische Nickelsysteme
- + **Cuprocid** – saure Kupfersysteme
- + **RSI-Produktreihe** – Produktlösungen für Eloxalbetriebe
- + **Avant Guard** – Top Coats
- + **Metallfärbungen**
- + **Zink-Nickel Verfahren**
- + **Weißbronze**
- + **Mechanische Verzinkung** – Produktlösungen und Anlagenbau

OBERFLÄCHEN

bündeln wir sämtliche Maßnahmen zur Fachkräftebindung und zur Fachkräftegewinnung. Im Rahmen unserer Arbeitgebermarke habe ich mich - wie alle unsere Führungskräfte - dazu verpflichtet, jedem Mitarbeiter eine Perspektive zu geben. Nah an den Menschen zu sein, ist einer der Erfolgsfaktoren für die Marke ZINQ. Das spiegelt sich in der Bindung zum Unternehmen wider: 20 Jahre Betriebszugehörigkeit und mehr sind bei uns keine Seltenheit und das Unternehmen ist sehr durchlässig - ehemalige Auszubildende sind heute Werkleiter oder auch Finanzchef. Besonders über unseren eigenen Ausbildungsgang im gewerblichen Bereich und duale Studiengänge möchten wir junge Menschen für ZINQ begeistern und ihnen die Vielfalt unserer Karrierewege aufzeigen.

Zur Person

Dr. Birgitt Bendiek promovierte 1998 am Institut für Metallurgische Prozesstechnik und

Metallrecycling der RWTH Aachen und startete ihre Berufskarriere anschließend bei einem internationalen Zinkproduzenten. Vom Zink wechselte sie 2005 zu ZINQ. Sie ist Mitglied im DIN Ausschuss NA 0862-01-75 AA Schmelztauchüberzüge und im Arbeitskreis ISO/TC 107/SC4 Hot dip coatings. Zudem engagiert sie sich in diversen Gremien der Industrie, die sich mit Innovation und Nachhaltigkeit befassen (unter anderem beim Zentralverband Oberflächentechnik e. V. und In4Climate NRW).

Über die ZINQ Gruppe

Seit 1889 ist ZINQ auf Oberflächentechnik spezialisiert und heute einer der Marktführer in Europa im Bereich Korrosionsschutz auf Stahl durch Zink. Das Familienunternehmen entwickelt und appliziert nachhaltige Oberflächen, die Stahlprodukten eine lange, wartungsfreie Lebensdauer von bis zu 100 Jahren ermöglichen. Jedes Jahr die an über 50

Standorten in Deutschland, Belgien, Niederlande, Frankreich und Polen aufgetragenen Schichten mehr als 550 000 Tonnen Stahl vor Korrosion.

Das Tochterunternehmen ZINQ Technologie vergibt Lizenzen für innovative und nachhaltige Oberflächentechnologien, die von 40 Mitarbeitern im größten Forschungs- und Entwicklungszentrum der Branche entwickelt werden. Als Klimaschutzunternehmen ist ZINQ Pionier der zirkulären Transformation: mit materialgesunden Low-Carbon-Prozessen und -Produkten, geschlossenen Stoffkreisläufen und Cradle to Cradle®-Oberflächen. Das zirkuläre Geschäftsmodell Planet ZINQ definiert den Weg zu echter Klimaneutralität im Sinne der EU-ESPR durch Produkte in Triple-Zero Qualität (zero carbon, zero waste, zero pollution).

➔ www.zinq.com

TSS President's Award 2025 für Fraunhofer-IWS-Wissenschaftlerin

Dr. Filofteia-Laura Toma, Senior Research Scientist am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden, wurde am 7. Mai 2025 mit dem *TSS President's Award for Meritorious Service* ausgezeichnet, berichtet das Fraunhofer IWS. Mit diesem renommierten Preis würdigt die Thermal Spray Society ihr außergewöhnliches wissenschaftliches Wirken sowie ihr langjähriges Engagement für die internationale Fachgemeinschaft. Der *TSS President's Award for Meritorious Service* wird jährlich von der Thermal Spray

Society (TSS) – einer Fachgesellschaft innerhalb der American Society for Materials (ASM International) – verliehen. Die Auszeichnung würdigt Einzelpersonen, deren herausragende wissenschaftliche Beiträge, professionelle Dienstleistungen und gemeinschaftliche Führungsqualitäten das Thermal Spray Society und die Gemeinschaft auf dem Gebiet des Thermischen Spritzens erheblich vorangebracht haben.

Dr. Toma gilt als eine der international profiliertesten Expertinnen für das Thermische Spritzen funktionaler Hartstoff- und Keramikschichten. Ihre Arbeiten verbinden werkstofftechnische Präzision mit industrieller Relevanz. Am Fraunhofer IWS entwickelt sie Beschichtungsprozesse zur gezielten Funktionalisierung der Oberflächen von Faserverbund- und Leichtbauwerkstoffen, die unter anderem in der Luftfahrt, Energietechnik und im Maschinenbau eingesetzt werden. Ein Schwerpunkt ihrer aktuellen Forschung liegt in der Kombination von Laserstrukturierung mit Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF) und Suspensionsplasmaspritzen (SPS) sowie der Exploration von suspensionsbasiertem Laserauftragschweißen, um maßgeschneiderte Schichten insbesondere für TBC- und Wasserstoffanwendungen zu erzeugen.

Über ihre Forschung hinaus gestaltet Dr. Toma die Weiterentwicklung des Fachgebiets auf internationaler Ebene maßgeblich mit: Sie ist Mitglied des Vorstands der Thermal Spray Society. Seit mehr als zehn Jahren trägt sie zur Zeitschrift *Journal of Thermal Spray Technology (JTST)* und zu ASM-TSS-Veranstaltungen bei und übernimmt eine zunehmend verantwortungsvolle Rolle als Co- und Gast-Editorin der *Proceedings of the International Thermal Spray Conference (ITSC)* und der Sonderausgaben der JTST. Sie ist zusätzlich Mitglied der Organisationskomitees der TSS. Sie ist eine der Mitbegründerinnen der Initiative *Women in Thermal Spray (TSS WiTS)*. Darüber hinaus ist sie Mitglied nationaler und internationaler beratender und wissenschaftlicher Ausschüsse.

Die Auszeichnung ehrt nicht nur eine exzellente Wissenschaftlerin, sondern auch eine engagierte Brückenbauerin zwischen Forschung, Anwendung und Fachnetzwerk, sagt Prof. Christoph Leyens, Institutsleiter des Fraunhofer IWS. Wir sind stolz, mit Dr. Toma eine Kollegin in unseren Reihen zu haben, die das Thermische Beschichten als Schlüsseltechnologie für Zukunftsanwendungen kontinuierlich weiterentwickelt.

➔ www.iws.fraunhofer.de



Dr. Filofteia-Laura Toma (© Fraunhofer IWS)

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

DGO-Bezirksgruppe Thüringen

Nach dem erfolgreich stattgefundenen Leipziger Fachseminar wurde die Vortragsreihe der DGO-Bezirksgruppe Thüringen mit dem Thema *Nachhaltigkeit in KMUs Chancen und Herausforderungen* fortgesetzt. Als Referent konnte Prof. Dr.-Ing. Markus Michael, Geschäftsführer der texulting GmbH in Chemnitz gewonnen werden.



Prof. Markus Michael (l.) und Mathias Fritz
(Bild: Dr. Kutzschbach)

Die Firma Texulting begleitet Unternehmen und Kommunen auf ihrem Weg zur Erfüllung der Nachhaltigkeitsanforderungen und verbindet Nachhaltigkeit mit Wachstum für mittelständische Unternehmen. Der Begriff Nachhaltigkeit wurde im Vortrag durch folgende drei Säulen charakterisiert:

– Ökologie:

Ressourcenschonung, Reduzierung der Umweltverschmutzung und Emission

– Ökonomie:

Wirtschaftswachstum, verantwortungsvolles Unternehmertum, Innovation und Technik

– Soziales:

soziale Gerechtigkeit, Gesundheit, Partizipation und Demokratie

Diese Betrachtungen werden durch globale Herausforderungen wie Klimaziele, wandelnde Märkte, Regulierung sowie geopolitische Risiken verursacht. Die Umsetzung der 17 globalen Ziele in der Agenda 2030 für eine nachhaltige Entwicklung dient als Orientierung. Für die Abfassung von Nachhaltigkeitsberichten sind gegenwärtig 13 Unternehmerziele zu berücksichtigen.

Der Nachhaltigkeitsbericht für mittlere und kleine Unternehmen zeigt die ökologischen,

sozialen und ökonomischen Auswirkungen eines Unternehmens und gibt ihre Nachhaltigkeitsbemühungen an. Der Referent gab einen Einblick zu Chancen und Herausforderungen der Nachhaltigkeit in KMUs, speziell am Beispiel eines Automobilzulieferers. Ein Schwerpunkt im Nachhaltigkeitsbericht ist die CO₂-Bilanzierung (Scope 1 & 2).

Zum Schluss des Vortrags wurden Möglichkeiten und Schwerpunkte der Nachhaltigkeitsberichte aufgezeigt. Eine angeregte Diskussion schloss die Veranstaltung ab. Der DGO-Bezirksgruppenvorsitzender Thüringens, Mathias Fritz, dankte Prof. Markus Michael für seine interessanten Ausführungen und gab den Termin für die nachfolgende Veranstaltung bekannt.

Dr. Peter Kutzschbach
➔ www.dgo-online.de

Galvanisch hergestellte Hohlstrukturen – Deutsch-Türkisches FuE-Projekt WaxCelMet erfolgreich beendet

Am 5. März fand nach Mitteilung der DGO am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz das finale Projektausschusstreffen des internationalen IGF-Projekts *WaxCelMet* statt. Ziel des auf zwei Jahre angelegten Vorhabens war die Herstellung von zellulären Wachs-/Metall-Hohlstrukturen für Wärmetausch- und Wärmespeicheranwendungen.

Der Projektarbeitsplan sah vor, zunächst Hohlkammer-Grundstrukturen mit Hilfe von additiver Fertigung und Spritzgießen aus Wachs sowie aus sogenannten PCM-Verbundmaterialien herzustellen. Über einen mehrstufigen Prozess wurden diese Grundstrukturen dann galvanisch mit Kupfer beschichtet. Das Wachs wurde anschließend ausgeschmolzen, so dass zwei voneinander getrennte Volumina für Wärmetauschanwendungen zur Verfügung stehen. Die PCM-Verbundmaterialien (Phase-Change-Materials) sollten im zweiten Anwendungsszenario hingegen in der Struktur verbleiben und als Wärmespeicher fungieren.

Der türkische Projektpartner – die Türkisch-Deutsche Universität in Istanbul – verfolgte in dieser Konstellation die Entwicklung von spritzgussfähigen Wachs-PCM-Verbundwerkstoffen. Auf deutscher Seite übernahm das Fraunhofer-Institut IWU, Chemnitz, das strömungsoptimierte Design der Hohlstrukturen sowie die Entwicklung eines skalierbaren Herstellungsprozesses für die Wachsgrundstrukturen. Die TU Chemnitz verantwortete die galvanische Kupferabscheidung mit Schichtdicken bis zu 200 µm einschließlich

Abscheidesimulationen als Basis für die geometrische Optimierung der Hohlstrukturen. Laut Teilprojektleiter Dominik Höhlich erwies sich die der Kupferabscheidung vorgelagerte Vorbehandlung der Wachs Oberfläche aufgrund der wachseitig limitierten Prozesstemperaturen als besonders knifflig. Hierfür konnte dank umfassender Unterstützung vonseiten der beteiligten Unternehmen eine Lösung gefunden und auf einen Demonstrator übertragen werden.

Das FuE-Vorhaben wurde von der DGO-Geschäftsstelle übergeordnet koordiniert. Weiterführende Informationen erhalten interessierte Unternehmen bei Dr. Daniel Meyer (E-Mail: d.meyer@dgo-online.de).

➔ www.dgo-online.de

Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO)

ZVO 2.0-Wissensreise nach Istanbul

Insgesamt 16 Teilnehmer reisten nach Mitteilung des ZVO vom 13. bis 16. Mai 2025 nach Istanbul zur ersten – und bereits nach wenigen Tagen ausgebuchten – Wissensreise organisiert von ZVO 2.0, den Nachwuchsunternehmen des ZVO.

Nach einem Kennenlern-Abendessen über den Dächern Istanbuls startete der erste Tag mit einem Besuch bei EJOT Tezmac, der türkischen Niederlassung von EJOT. Die Teilnehmer erhielten spannende Einblicke in die Schraubenfertigung und Galvanik im Rahmen einer eindrucksvollen Werksführung. Am Nachmittag folgte eine kurzweilige Stadtführung. Der zweite Tag begann mit einer Bootsüberfahrt über den Bosphorus – trotz des Ausfalls des Friedensgipfels war der Verkehr enorm und so kam die Delegation noch rechtzeitig beim ersten Termin an. Danach stand die Besichtigung der POP-Anlage und Metallfertigung der Alba Gruppe auf dem Programm.

Am Nachmittag besuchte die Gruppe Politeknik Metal, ein Unternehmen von MacDermid Enthone und führender Anbieter im Bereich Aluminiumoberflächen in der Türkei. Danach traf sie sich mit dem türkischen Oberflächenverband TÜYİDER zum intensiven Austausch. Dabei wurde ein Gastgeschenk an ZVO-Vorsitzenden Jörg Püttbach überreicht. Den Abschluss bildete ein gemeinsames Abendessen mit spannenden Gesprächen und viel Potenzial für zukünftige Kooperationen.

Die Teilnehmer waren beeindruckt von der hohen Professionalität der besuchten Unternehmen und des türkischen Verbands, der

VERBÄNDE

Gastfreundschaft der Gastgeber sowie dem Engagement der lokalen Ansprechpartner. Die Reise hat eindrucksvoll gezeigt, wie wertvoll ein Blick über den eigenen Tellerrand ist: Solche Wissensreisen ermöglichen einzigartige Einblicke in die Industrie und Oberflächentechnik anderer Länder – fachlich wie kulturell. Es wurden zahlreiche Kontakte geknüpft, eine Gegeneinladung nach Deutschland ist bereits ausgesprochen. Und: Die Reise hat definitiv Wiederholungspotenzial für die Folgejahre.

➔ www.zvo.org

Fachverband Galvanisierte Kunststoffe e. V. (FGK)

FGK auf Fachkonferenz *Interieur im Automobil x InSuM*

Der FGK, vertreten durch die Vorstandsmitglieder Stefan Tilke und Markus Dahlhaus, beteiligte sich als Aussteller an der Fachkonferenz *Interieur im Automobil x InSuM* vom 13. bis 14. Mai 2025 im Audi Sportpark, Ingolstadt. Themenschwerpunkte waren das Recycling und der Einsatz von biobasierten Rohstoffen.

Im Rahmen der Fachausstellung, die parallel zu der von Bayern Innovativ initiierten Tagung stattfand, stellte der FGK seine Verbandsinitiative *Creon Metal Surfaces* vor.

Die Veranstaltung war gut besucht von Zulieferern für Lösungen rund um Materialien oder technische Lösungen im Fahrzeuginnenraum. Darüber hinaus waren Studenten einer Hochschule eingeladen, die sich über Trends und Themen im Innenraum informierten. Die Vorträge beleuchteten die Sichtweisen verschiedener OEM und OEM-Designer oder brachten Entwicklungen in Indien und China näher – auch in Abgrenzung zu Europa. Der FGK-Stand war präsent platziert und dank verschiedener Bauteile mit Echtmetalloberfläche und diversen ausgestellten Farbtönen gut frequentiert. In den Gesprächen, wie auch in den Vorträgen, zeigte sich das große Inte-

resse an der Kreislauffähigkeit von Materialien. Dieses Thema scheint den CO₂-Footprint zunehmend zu verdrängen. Der FGK konnte die Recyclingkette – geschredderte alte Galvanikbauteile, daraus gewonnenes Regranulat, die daraus gefertigte Musterplatte, das in CREON-Qualität beschichtete Bauteil – veranschaulichen und die Gesprächspartner, vom Designer bis zum Werkstoffstudenten, mit dem Ergebnis beeindrucken.

Anders als bei regulären Messen waren kaum potenzielle Direktkunden vor Ort, dafür aber einzelne Entscheider, Multiplikatoren oder Designer. Leider war die Streubreite des Publikums aber insgesamt sehr hoch und die Zahl der Vertreter aus für den FGK relevanten Zielgruppe eher klein.

➔ <https://fgk.zvo.org/>

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI)

VDI Young Engineers starten Coaching Programm für jungen Ingenieurinnen und Ingenieure

Berufseinstieg, erste Jobs, neue Verantwortung – die Zeit nach dem Studium ist voller Chancen, aber auch jeder Menge Unsicherheiten. Das neue Coaching-Programm der VDI Young Engineers unterstützt Berufseinsteigerinnen und -einsteiger beim Start in den Job und ins Ehrenamt. Der Kick-off fand am 17. Mai auf dem Young Engineers Kongress in Düsseldorf statt.

Der Übergang vom Studium ins Berufsleben markiert für viele junge Menschen einen neuen Lebensabschnitt – begleitet von zahlreichen Fragen: *Was kann ich? Wo will ich hin? Wie finde ich meinen Weg?* Genau hier setzt das neue Coaching-Programm an. Es richtet sich laut VDI an Studierende im letzten Semester sowie an Ingenieurinnen und Ingenieure mit bis zu vier Jahren Berufserfahrung. Diesen bietet das Programm nicht nur praxisnahe Unterstützung in den drei Coaching-Strängen Karriereplanung, Soft Skills und Leadership, sondern auch ein starkes



Diskussionsrunde der Young Engineers
(Bild: Tom Bauer)

Netzwerk aus Gleichgesinnten. *Wir wollen jungen Menschen nicht nur Orientierung geben, sondern auch das nötige Rüstzeug mitgeben, um in Beruf und Gesellschaft Verantwortung zu übernehmen*, sagt VDI-Mitarbeiter Michael Spiekerkötter.

Ziel ist es, die Teilnehmenden sowohl für den beruflichen Alltag als auch für ein mögliches ehrenamtliches Engagement zu stärken. Der Kick-off am 17. Mai in Düsseldorf bildete den Auftakt für weitere intensive Coaching-Sessions, die virtuell fortgeführt werden. Persönlichkeitsanalysen, Peer-Coaching und 1:1-Begleitung machen das Programm besonders. Neben den fachlichen Inhalten geht es auch um Vernetzung. Das Coaching-Programm wird 2025 erstmals pilothaft durchgeführt.

Bereits beim ersten Durchlauf verzeichnete das Programm mit 50 Anmeldungen mehr Teilnehmende als erwartet. *In einer Zeit mit steigenden gesellschaftlichen Herausforderungen, stärken wir junge Ingenieurinnen und Ingenieure für ihren Berufseinstieg*, so Tilmann Bruns, Vorstandsmitglied der Young Engineers, beim Auftakt in Düsseldorf. So könnten sie Herausforderungen als berufliche Chance nutzen. Die hohe Bewerbungszahl beim erstmaligen Durchlaufen zeige: Das Programm biete einen echten Mehrwert.

Für weitere Informationen steht Michael Spiekerkötter als Ansprechpartner gerne zur Verfügung (E-Mail: spiekerkoetter@vdi.de)

➔ www.vdi.de

INSERENTENVERZEICHNIS

Airtec MUEKU GmbH	25	Förderverein Galvanicus	31	Munk GmbH	19
aqua plus GmbH	23	G. & S. Philipp	35	Renner GmbH	Titelbanner
Brenscheidt Galvanikservice	Titel	Harter GmbH	15	Serfilco	27
BRW Elektrochemie	37	Walter Lemmen GmbH	21	Trumpf AG	U2
ecoclean Group	17	LSR GmbH	7	WOTech GbR	1
ELB Zerrer	U4	Mazurczak GmbH	19	ZVO e.V.	U3

Anmelde-
schluss
22. September
2025
13 Uhr



ZVO-OBERFLÄCHENTAGE

BERLIN

24.-26.9.2025

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

JETZT ANMELDEN!

<https://oberflaechentage.zvo.org>

A Surface Technology you can trust.

**Smart Surface Technology for Light Metals.
Engineered for safe use in pharmaceutical manufacturing and
food processing.**

**PFAS-free. REACh-compliant. FDA-compliant.
Durable. Clean. Future-ready.
Trust the surface – Rely on Ceranod[®].**

**Learn more about that final touch
that makes all the difference.**

ELB[®] – Eloxalwerk Ludwigsburg · Helmut Zerrer GmbH

