ISSN 2195-5905 | BAND 12

WOMAG

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche

WERKSTOFFE
Vorteile von digitaler Dokumentation

WERKSTOFFE
Wärmebedarf für Galvanikbehälter richtig und effizient berechnen

MEDIZINTECHNIK
Prozesssicherheit und Produktivitätssteigerung bei der Bearbeitung

OBERFLÄCHEN
Autonomes Fahren – Herausforderung für Werkstoff und Oberfläche

OBERFLÄCHEN
Thermisch Spritzen als Substitution für funktionelles Verchromen

SPECIAL
Verschleißbeständige thermisch gespritzte Fe-TiC-Beschichtungen

SEPTEMBER 2023

Branchen-News täglich: womag-online.de

INNOVATIONEN SICHERN DIE ZUKUNFT. LÖSUNGEN DIE GEGENWART.
renner-pumpen.de
RENNER PUMPEN UND FILTER

BAG
SMART ANALYTICS
Wir freuen uns auf Sie!
ZVO-OBERFLÄCHENTAGE
BERLIN
13.-15.9.2023
Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik
Stand
69 + 70

Stärken bündeln und fördern!

Vor kurzem fand ein Workshop von Fachleuten für das thermische Spritzen und die galvanische Beschichtung statt, organisiert durch die Gemeinschaft Thermisches Spritzen GTS e. V. in Zusammenarbeit mit der eiffo eG und dem VECCO e. V.. Einer der Auslöser für diese bisher eher ungewöhnliche Zusammenstellung des Interessentenkreises ist die europäische Chemikalienverordnung REACh. REACh fordert insbesondere von der Gruppe der galvanischen Beschichter bei der Chromabscheidung, und hier derzeit vor allem der Erzeugung von Hartchromschichten, eine genaue Prüfung des Einsatzes klassischer Abscheideverfahren auf Basis von Chrom(VI)verbindungen. Die Themen des Workshops (Bericht auf der Seite 38ff in dieser Ausgabe) gaben einen Einblick in die Anlagentechnologie, die Produktionsverfahren sowie wichtige Eigenschaften von thermisch gespritzten Schichten.

Die Inhalte der Vorträge lassen unter anderem einige interessante Schlussfolgerungen zu: Während die Anlagentechnologie eine ähnlich hohe Komplexität wie galvanische Anlagen aufweisen kann, wird häufig deutlich weniger Anlagenfläche benötigt. Große Vorteile gegenüber der Galvanotechnik verzeichnet das thermische Spritzen jedoch zum Beispiel bei der hohen Zahl an unterschiedlichen Werkstoffen, die mit dieser Technologie beschichtet werden können. Die Galvanotechnik ist dagegen dafür prädestiniert, dünne Schichten in hoher Genauigkeit auf Bauteilen unterschiedlicher Geometrie auftragen zu können. Deutlich wurde im Workshop, dass für beide Verfahrenstechnologien gute Fachkenntnisse erforderlich sind, um den Kunden für den jeweiligen Anwendungsfall die optimale Beschichtung anbieten zu können. Bei einer guten Zusammenarbeit von Expertinnen und Experten beider Beschichtungsvarianten bestehen damit gute Aussichten, sowohl die Kunden optimal bedienen zu können, als auch die gesetzlichen Forderungen zum Arbeits- und Umweltschutz bestens zu erfüllen.

Auch in weiteren Beiträgen zu neuen Schichtwerkstoffen (Seite 20) und Kombinationen von Verfahren (Seite 42) wird gezeigt, dass die Oberflächentechnologie einiges an Neuheiten und innovativen Ansätzen zu bieten hat – es bleibt also spannend!

WOMAG – VOLLSTÄNDIG ONLINE LESEN

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

Sager + Mack®
Leading the way in pumps and filters
STRONG | CLEAN | DURABLE | SMART |

PUMPEN- UND FILTERTECHNOLOGIE VON DEN PROFIS

PROZESSOPTIMIERT.
BEDIENERFREUNDLICH.
EFFIZIENT.

MADE IN GERMANY

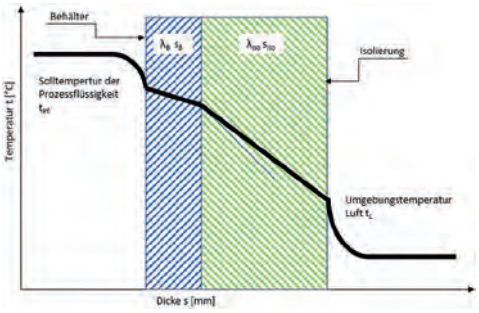
ZVO-OBERFLÄCHENTAGE
BERLIN
13.-15.9.2023
Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik
Wir stellen aus
Stand Nr.:
3

PUMPS FILTERS FILTERMEDIA

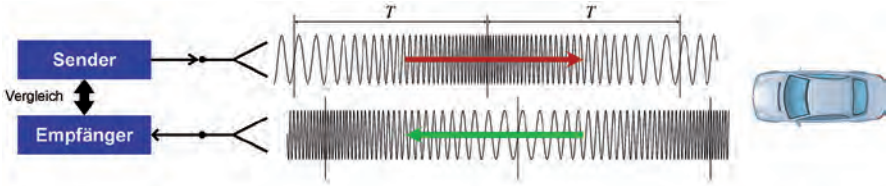
Sager + Mack GmbH & Co. KG
Max-Eyth-Str. 17
74532 Ilshofen-Eckartshausen
info@sager-mack.com | +49 7904 9715-0

INHALT

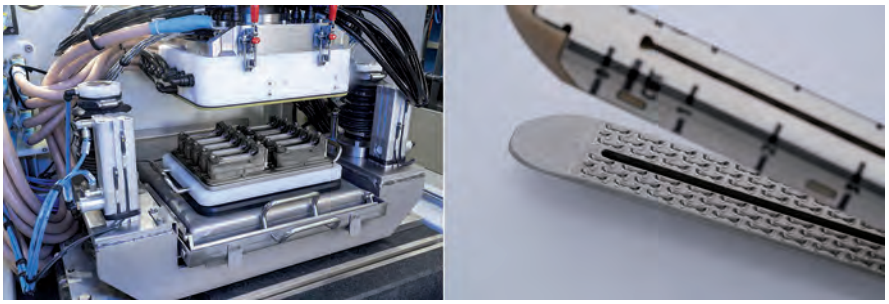
20 Verschleißbeständige, thermisch gespritzte Fe-TiC-Schichten



6 Berechnung von Heizungen



26 Werkstoffe und Oberflächen für das autonome Fahren



16 Präzisionsreinigung in der Produktion von medizinischen Implantaten

30 Korrosionsschutzschichten

WERKSTOFFE

4 Weniger Papier , mehr Überblick – Vorteile von digitaler Dokumentation
6 Wärmebedarf für Galvanikbehälter richtig und effizient berechnen
8 Nachhaltige Lösungen für die Wasserstoff-Zukunft
9 MacDermid Envio Solutions und aqua plus GmbH
10 Wegbereiter für neue Anwendungen von Ultradünnglas
12 Mit Leichtbau-Antriebswellen klimaschädliche Emissionen senken
14 Schnee sichert Sauberkeit bei Raumfahrtmissionen

MEDIZINTECHNIK

16 Hohe Prozesssicherheit und Produktivitätssteigerung bei der selektiven Bearbeitung von Femurteilen
18 Gratfrei, spiegelglatt oder mit definierter Rauheit – Oberflächenfinish für die Medizin- und Pharmatechnik

OBERFLÄCHEN

20 Thermisch gespritzte Fe-TiC-Beschichtungen als wirtschaftlicher und verschleißbeständiger Hartchromersatz
22 Oberflächentechnik – Unterstützer und Treiber für die Transformation der Fahrzeugtechnologie – Teil 2
Surface technology – supporter and driver for the transformation of vehicle technology – Part 2
26 Autonomes Fahren und die Herausforderungen für Werkstoffe und Oberflächen bei 4D-Radarsystemen
30 Ganz im Zeichen der Nachhaltigkeit – Teil 2
34 High-Tech Schmierstoff bildet sich bei Bedarf von selbst

INHALT

42 Thermisches Spritzen und Laserauftragschweißen erfolgreich kombinieren

44 75 Jahre Chrom Schmitt – Garant für Hochleistungsschichten

OBERFLÄCHEN

35 Alte Hasen mit neuen Ideen gründen Unternehmen:
BAG Smart Analytics seit einem Jahr am Start
38 Thermisches Spritzen als Substitution für funktionelles Verchromen
42 Thermisches Spritzen und Laserauftragschweißen –
zwei Technologien, die sich ergänzen
44 Garant für hochbelastbare Oberflächen seit 75 Jahren erfolgreich am Markt
46 Industriedialog für Nachhaltigkeit

Zum Titelbild: Die Munk GmbH entwickelt, fertigt und vertreibt Stromquellen in höchster Qualität für alle Einsatzfälle in der Galvano- und Oberflächentechnik. Die Besucher der ZVO-Oberflächentage in Berlin können sich dort informieren. www.munk.de

Impressum

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

Erscheinungsweise
10 x jährlich, wie in den Mediadaten 2023 angegeben

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

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

Redaktion/Anzeigen/Vertrieb/Abo
siehe Verlagsleitung

Bezugspreise
Jahresabonnement 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. 12
vom 25. Oktober 2022

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

Bankverbindung
BW-Bank, IBAN: DE71 6005 0101 0002 3442 38
BIC: SOLADEST600; (Konto 2344238, BLZ 60050101)
Das Magazin und alle in ihm enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Bei Zusendung an den Verlag wird das Einverständnis zum Abdruck vorausgesetzt. Nachdruck nur mit Genehmigung des 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, 2016

Weniger Papier, mehr Überblick – Vorteile von digitaler Dokumentation

Alexander Windhab gibt einen Einblick in die Nutzungsmöglichkeiten einer fortschrittlichen und effizienten Datentechnologie zur Organisation der Prozesse und Warenströme in Unternehmen der Oberflächentechnik

Bei der klassischen Dokumentation auf Papier sammeln sich Auftragsdokumente in unzähligen Ordnern, manche verschwinden unter Papierbergen; teils werden Informationen zu Artikeln nur handschriftlich ergänzt. Dabei ist es schwer, den Überblick zu behalten. Hat beispielsweise ein Kunde eine Rückfrage zu einem Auftrag, der drei Monate zurückliegt, kostet die Suche nach Informationen dementsprechend viel Zeit. Ein Ansatz, um das System effizienter und damit zeitsparender zu gestalten, ist, die Dokumentation umfassend zu digitalisieren. Um die Daten aus allen Abteilungen zusammenlaufen zu lassen, bietet sich als Zentrale ein ERP-System an.

Ein ERP ist keine Insel

Ein Beispiel: Im Wareneingang wird bei einem bereits bekannten Artikel ein Fehler an einzelnen Teilen festgestellt. Da es aber keine direkte Schnittstelle vom Wareneingang zur Qualitätssicherung oder zur Produktion gibt, müssen die Mitarbeiter manuell darüber in Kenntnis gesetzt werden, dass nicht alle gelieferten Teile *i.O.* sind. Gleichermaßen lässt sich im Wareneingang nicht prüfen, ob vielleicht für diesen Artikel bereits ähnliche Fehler oder Reklamationen dokumentiert sind.

Hinzu kommt, wie diese Informationen transportiert werden. Beispielsweise könnten Daten vom Kundenlieferschein abgetippt werden, der daraus entstehende Betriebsauftrag wird gedruckt und nach und nach handschriftlich ergänzt, bevor er wieder als Lieferschein digital erfasst wird. Diese Formatwechsel sind sogenannte Medienbrüche, durch die es nicht verwunderlich ist, dass in diesem Prozess viele Übertragungsfehler entstehen können. Außerdem sorgen diese Hürden dafür, dass Informationen nicht kontinuierlich oder standardmäßig ausgetauscht werden.

In den meisten Fällen sind wie im Beispiel bereits in einigen Unternehmensbereichen digitale Lösungen im Einsatz. Diese sind jedoch oft nicht miteinander verknüpft. Zwar ist dann teilweise eine digitale Dokumentation vorhanden, allerdings auf einzelne Abteilungen beschränkt. Diese sogenannten *Insel-Lösungen* sind Programme oder Strukturen, die sich um einzelne spezielle Aufgabenstellungen kümmern und diese in einem gewissen Rahmen lösen. Software-Inseln sind voneinander weitestgehend isoliert; Kommunikation kann zwar stattfinden, ist allerdings mit erheblichem – meist manuellem – Arbeitsaufwand verbunden, sei es der Griff zum Telefon oder der Weg durch die Werkshallen. Informationen müssen aktiv in andere Bereiche getragen werden, von Insel zu Insel.

Daten zentral verwalten

Ein Lösungsansatz sind deshalb ERP-Systeme (ERP – Enterprise Resource Planning), mit denen alle Unternehmensprozesse abgebildet und gesteuert werden können. Dieses Vorgehen sorgt dafür, dass Daten aus allen Unternehmensbereichen in einer Zentrale zusammenlaufen und damit für alle Mitarbeiter jederzeit abrufbar sind. So müssen Informationen nur einmalig erfasst werden.

Übersicht der Unternehmensprozesse im ERP-System OMNITEC

Ist beispielsweise ein Artikel bereits aus einem alten Auftrag bekannt und wird wieder angeliefert, muss für den neuen Auftrag kein neuer Artikel erstellt, sondern nur aus dem System übernommen werden. Insbesondere in der Oberflächentechnik sind hierbei Parameter wie unterschiedliche Beschichtungsverfahren und Normen wichtig, die ebenfalls dokumentiert werden sollten. Weitere branchenspezifische Anforderungen sind unter anderem die Möglichkeit, Artikel an Kunden oder Kundengruppen zu binden und die Variantenfertigung für Artikel.

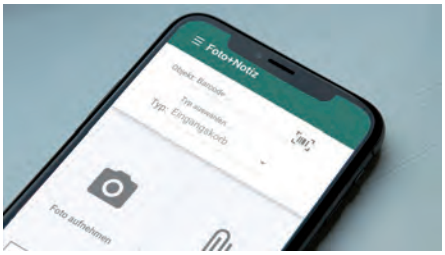
Wird ein Artikel in verschiedenen Varianten gefertigt, also zum Beispiel mit anderen Geometrien oder Verfahrensschritten, erfordert dies normalerweise, dass separate Artikel einzeln mit Artikelnummer und Stammdaten angelegt werden müssen. Wird die Variantenfertigung im ERP-System berücksichtigt, können stattdessen die Daten auf Auftragsebene angepasst werden, um diesen Schritt zu umgehen. Damit bleiben die Stammdaten des Artikels bestehen und gewünschte Anpassungen können mit wenig Aufwand nur für den jeweiligen Auftrag vorgenommen werden.

Diese systematische Dokumentation zieht sich durch den gesamten Produktionsprozess: Betriebsdaten mit Informationen zu einzelnen Prozessschritten können zurückgemeldet sowie Prüfprotokolle und Prüfvorschriften für einzelne Artikel hinterlegt werden. Aus den zentral verfügbaren Daten lassen sich im Handumdrehen Rechnungen und Lieferscheine erstellen, ohne Informationen zusammensuchen zu müssen, die gegebenenfalls über verschiedene Dokumente und Abteilungen verteilt sein können.

Bilddokumentation per App

Nicht nur Textdokumente und Daten können der Dokumentation dienen. Häufig gibt es im Arbeitsalltag Momente, in denen ein Foto die Dokumentation wesentlich vereinfacht, beispielsweise um Waren schneller zu erkennen und eine Verwechslung auszuschließen, für Vorgaben zur Aufhängung oder spezielle Verpackung von Teilen oder um Reklamationen bei Rohwaren zu dokumentieren.

Ein Foto ist zwar schnell angefertigt; es auf den Computer zu übertragen und zudem an der richtigen Stelle im System abzulegen, kann aufwendig sein. Mit einer Fotonotiz-App, die ans ERP-System gekoppelt ist, lassen sich Fotos bequem vor Ort aufnehmen und übermitteln. Dafür erfolgt die richtige Zuordnung, beispielsweise zum passenden Auftrag oder Artikel, direkt in der App. Textnotizen können ergänzt werden und im Anschluss lädt die App die Daten hoch; kurzgesagt ein ähnliches Prinzip wie beim Versenden von Fotos per Messenger-App. Damit ist ein flexibler Einsatz überall im Fertigungsprozess möglich und die Fotodokumentation lässt



Per App können Fotos direkt vor Ort aufgenommen und zum Beispiel bei Artikeln oder Aufträgen hinterlegt werden

sich reibungslos in vorhandene Strukturen integrieren.

Automatisierte Dokumentation über Schnittstellen

Ein ERP-System verwaltet unternehmensinterne Prozesse. Für die Kommunikation zu weiteren externen Systemen gibt es Schnittstellen wie EDI-Formate zum elektronischen Datenaustausch. Schnittstellen zu anderen Systemen können bei der Dokumentation ebenfalls eine Rolle spielen und als automatisierte Lösung dienen, die den Arbeitsaufwand für Mitarbeiter reduzieren.

Über Schnittstellen vernetzen sich externe Systeme mit dem ERP, um Daten direkt auszutauschen. Sind diese einmal konfiguriert, vereinfachen sie den Datenaustausch maßgeblich. Gängig für die Dokumentation sind beispielsweise Schnittstellen zu einem Dokumentenmanagementsystem (DMS), in dem unter anderem Aufträge und Rechnungen abgelegt werden. Auch zur Finanzbuchhaltung (Fibu) gibt es oft Schnittstellen, bei denen Teilaspekte automatisiert werden können. Statt beispielsweise PDF-Kopien manuell ins Fibu-System zu laden, können diese Dateien auch über einen Link bereitgestellt werden, über den sie automatisch abrufbar sind.

Damit stellen Schnittstellen eine elegante Lösung zur weiteren Optimierung der Datenverwaltung dar, die von Fall zu Fall sehr unterschiedliche Funktionen erfüllen können.

Vorteile einer digitalen Dokumentation

Übersichtliche Dokumentation wird immer wichtiger, vor allem da immer mehr Daten zur Verfügung stehen und die Anforderungen von Kunden, zum Beispiel an die Dokumentation für die Qualitätssicherung, steigen. Der Einsatz von digitalen Werkzeugen eignet sich, um effizienter zu dokumentieren. Sind alle Daten in einem System verwaltet, spart dies Zeit und vermeidet Übertragungsfehler durch mehrfaches Erfassen sowie Medienbrüche zwischen einzelnen Prozessschritten.

Die dadurch gewonnene Übersicht spricht ebenfalls für die digitale Dokumentation: Artikel, Verfahren, Aufträge und vieles mehr müssen nicht mehr aus Papierakten herausgesucht werden. In der ERP-Datenzentrale genügt es, den gewünschten Artikel kurz in die Suchfunktion einzutippen. Die Prozessabläufe werden sicherer und effizienter – ein Vorteil mit positiven Ergebnissen für ein Unternehmen.

➲ **www.softec.de**

Wärmebedarfe für Galvanikbehälter richtig und effizient berechnen

Von Matthias Deuner, Schwabach

Ein einwandfreies Beschichtungsergebnis hängt von einer konstanten und dauerhaft gleichmäßigen Temperatur der Elektrolyte und chemischen Lösungen ab. Entscheidend dafür ist eine umfassende und genaue Berechnung des Wärmebedarfs. Viele verschiedene Faktoren beeinflussen die Energieverluste eines zu beheizenden Galvanikbehälters. Für die Berechnung des Wärmebedarfs ist es von erheblicher Bedeutung, diese Energieverluste zu kennen und genau zu ermitteln. Für die Wärmeverluste bei der Beheizung von Galvanikbecken sind dabei besonders zu beachten:

– Wärmeverluste durch Konvektion
– Wärmeverluste durch Verdunstung von Flüssigkeit
– Wärmeverluste durch Warendurchsatz.

Im Folgenden wird vereinfacht dargestellt, wo und warum die meisten Verluste auftreten und wie diese gegebenenfalls vermindert werden können.

Wärmeverluste durch Konvektion

Konvektion ist eine Strömungsbewegung in Flüssigkeiten oder Gasen, die dann entsteht, wenn Temperaturunterschiede innerhalb der Flüssigkeit oder des Gases auftreten. Der Temperaturabfall, ausgehend von der Prozessflüssigkeitstemperatur t_{Pfl} über die Behälterwand, die Isolierung und die Umgebungstemperatur t_L, ist in *Abbildung 1* dargestellt. *Abbildung 1* zeigt, dass nur innerhalb der festen Behälterwand und der verwendeten Isolierung ein linearer Temperaturabfall von innen nach außen vorliegt. Die Wärmeleitzahlen λ_B und λ_{Iso} sowie die Wanddicken s_B und s_{Iso} bestimmen die Größe des Temperaturabfalls. An den Grenzflächen Prozessflüssigkeit/Behälterwand und Isolierung/Umgebungsluft ist ein *Wärmeübergang* zu erkennen. Die Temperatur fällt beziehungsweise steigt in der Randschicht der Prozessflüssigkeit beziehungsweise Umgebungsluft. Die Konvektion – die Bewegung durch Ausgleich von Temperaturunterschieden – ist hierfür der Grund [1].

Die Isolierung ist der größte Einflussfaktor für die Reduzierung der Wärmeverluste durch Konvektion. Ein Behälter aus PP mit 15 mm Wanddicke, 1000 mm (lichte Länge), 1000 mm (lichte Breite), 1200 mm (Höhe) sowie 1000 mm (Füllstand) wird als Berechnungsgrundlange herangezogen. Als Isolierung wird eine Wärmedämmschicht mit einer Wärmeleitzahl λ_{Iso} = 0,060 W/mK und einer Wanddicke s_{Iso} = 30 mm verwendet. *Abbildung 2* zeigt deutlich, dass eine Isolierung energetisch sinnvoll ist.

Wärmeverluste durch Verdunstung von Prozessflüssigkeit

Bei der Verdunstung geht ein Stoff vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über. Die Siedetemperatur wird dabei nicht erreicht. In die Luftschicht oberhalb einer Flüssigkeitsoberfläche treten Flüssigkeitsmoleküle aus und gehen in den gasförmigen Aggregatszustand über. Dabei verdunstet eine gewisse Menge der Prozessflüssigkeit. Diese ist von vielen Faktoren abhängig: Dampfdruck der Flüssigkeit, Temperatur, Sättigungsgrad und Temperatur der Luft über der Flüssigkeitsoberfläche, Luftdruck und Luftgeschwindigkeit, Turbulenzen an der Flüssigkeitsoberfläche und in der Luft [1].

Abbildung 3 verdeutlicht, wie sich die Absaugungsgeschwindigkeit und eine Abdeckung bei unterschiedlichen Prozessflüssigkeitstemperaturen auf die Verluste durch Verdunstung (Verdunstungswärme Pv) auswirken. Ist eine Absaugung vorhanden, dann bleibt die Abdeckung durch einen Deckel unberücksichtigt. Die Absaugung befindet sich in der Regel unterhalb des Deckels. Eine 70 %-Abdeckung durch einen Deckel oder Kunststoffkugeln (bei fehlender Absaugung) kann

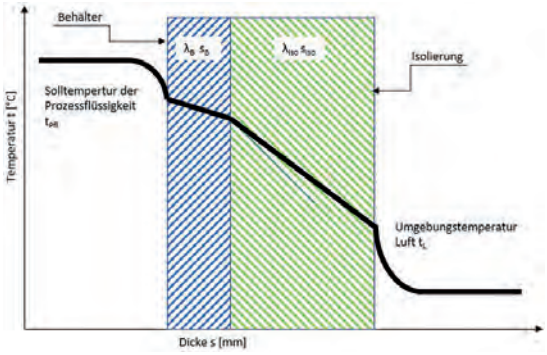


Abb. 1: Schema des Wärmedurchgangs durch die Behälterwand und die Isolierung

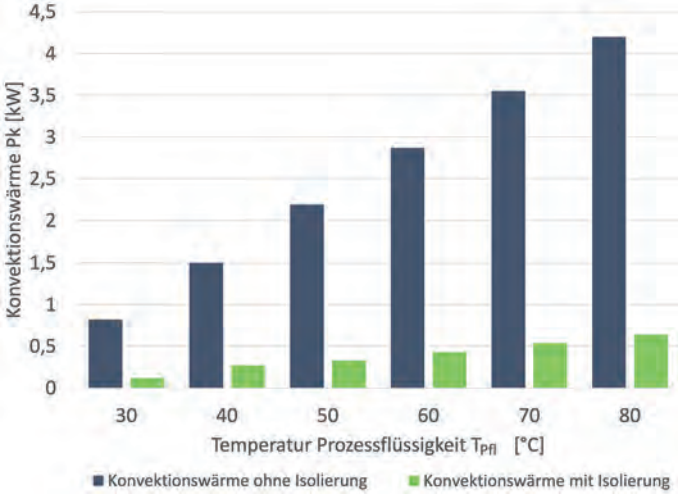


Abb. 2: Einfluss der Isolierung auf die Konvektionswärme

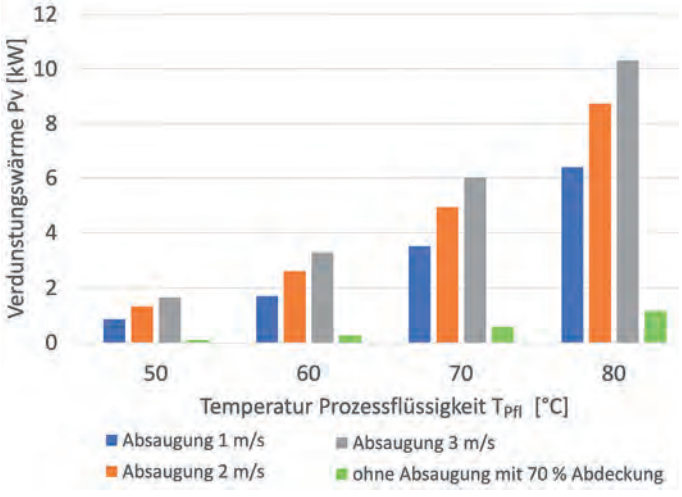


Abb. 3: Einfluss von Absaugung und Abdeckung auf die Verdunstungswärme

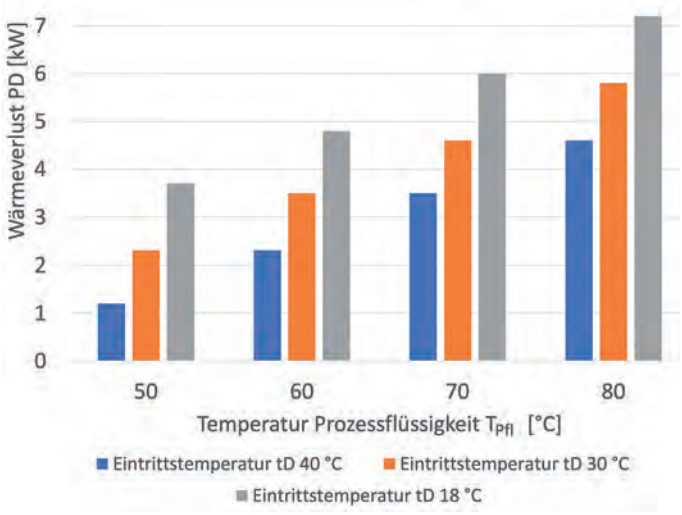


Abb. 4: Wärmeverlust durch unterschiedliche Eintrittstemperaturen

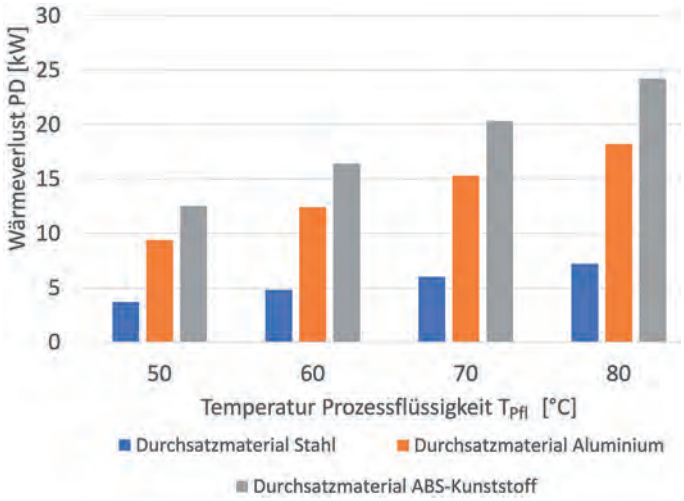


Abb. 5: Abhängigkeit der Wärmeverluste vom Durchsatzmaterial

die Verdunstungswärmeverluste erheblich reduzieren.

Wärmeverluste durch Durchsatzgut

Die Eintrittstemperatur t_D der zu behandelnden Ware liegt meistens unter der Prozessflüssigkeitstemperatur $t_{Pfl.}$ Dadurch bewirkt der Warendurchsatz einen Wärmeverbrauch P_D. Die Wärmeverluste infolge des Warendurchsatzes berechnen sich wie folgt:

$$P_D = m_D * c_D/3{,}6 * \Delta t$$

m_D: Menge an Warendurchsatz in kg/h
c_D: spez. Wärmekapazität der Ware in kJ/kg*K
Δt: Temperaturdifferenz zwischen Eintrittstemperatur der Ware und Solltemperatur der Prozessflüssigkeit ($t_{Pfl} - t_D$) in K

Vorgelagerte Prozesse können die Ware auf ein höheres Temperaturniveau als die Umgebungstemperatur vorheizen. Wie aus *Abbildung 4* zu erkennen ist, verringern sich die Wärmeverluste durch die Ware mit einer höheren Eintrittstemperatur des Durchsatzguts. Die genaue Bestimmung der Eintrittstemperatur kann die Kosten für die Behälterheizung und die Betriebskosten senken. Als Durchsatzgut wurde Stahl mit m_D = 1000 kg/h eingesetzt.

Die Wärmeverluste sind zudem abhängig vom Durchsatzmaterial. Hier ergeben sich je nach Werkstoff erhebliche Unterschiede. Die Werte in *Abbildung 5* gelten für m_D = 1000 kg/h und t_D = 18 °C. Es wird deutlich, dass der Wärmeverbrauch infolge des Warendurchsatzes beachtet werden muss. Im schlimmsten Fall kann bei Nicht-Berücksichtigen die Solltemperatur der Prozessflüssigkeit nach dem Einbringen der Ware nicht mehr oder nicht schnell genug erreicht werden.

Moderne Wärmebedarfsberechnung

Viele Faktoren beeinflussen den Wärmebedarf eines Galvanikbehälters. Die Wärmebedarfsberechnung ist die Grundlage für eine genaue und effiziente Auslegung von Heizungen (elektrische Heizungen oder Wärmetauscher). Dazu müssen die richtigen Daten bereitgestellt, hinterfragt und geprüft werden. Durch eine computergestützte Wärmebedarfsberechnung wird die für die Anlage notwendige Heizleistung von Mazurczak seit 1935 objektiv ermittelt. Erst danach wird die Heizungslösung ausgewählt, modifiziert und an die Kundenanforderungen angepasst.

Literatur

[1] G. Mazurczak, W. Schauer, K. Frischmann: Beheizen und Kühlen von wäßrigen Lösungen in der Ätz-, Beiz- und Galvanotechnik; Carl Hanser Verlag, München, (1990)

... damit die
Temperatur stimmt!
MAZURCZAK
Heizen Kühlen Regeln
Ob so ...
... oder so.
Wir REGELN das für Dich!
Mazurczak GmbH
Tel. +49 / 9122 / 98 55 0
kontakt@mazurczak.de
rotkappe.de

Nachhaltige Lösungen für die Wasserstoff-Zukunft

Wasserstoff ist für viele nicht nur im Periodensystem, sondern auch als grüne Energiequelle der Zukunft die Nummer 1. Diese Top-Position erfordert energieeffiziente und leistungsstarke Technik, um grünen Wasserstoff zu erzeugen und zu nutzen. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Laser, wie aktuelle Aktivitäten des Fraunhofer ILT beweisen.

Sie wollen ernst machen in Sachen grüner Wasserstoff: Die Ampelkoalition will den Ausbau der Wasserstoffwirtschaft beschleunigen und bis 2030 mindestens zehn Gigawatt Elektrolysekapazität in Deutschland installieren. Damit nicht genug: Geplant sind Quoten für grünen Wasserstoff in der öffentlichen Beschaffung, der Aufbau einer *Europäischen Union für grünen Wasserstoff* sowie die Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung. Die Pläne sind ambitioniert, denn noch ist grüner Wasserstoff selten. Nach Mitteilung des Fraunhofer ILT stammten gerade mal fünf Prozent des 2021 in Deutschland erzeugten und verbrauchten Wasserstoffs (rund 60 Terawattstunden) aus nachhaltiger Produktion. Der Bedarf an wettbewerbsfähiger Technik zur Herstellung von grünem Wasserstoff ist entsprechend hoch.

Hier kommt das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT ins Spiel, das hochproduktive laserbasierte Verfahren für die Serienproduktion von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren entwickelt. Für den Einsatz von Lasern sprechen hohe Präzision, Flexibilität und Skalierbarkeit der Prozesse sowie die Integrierbarkeit in bestehende Produktionsanlagen. Zudem ist Lasern selbst ein nachhaltiger Prozess, weil er CO_2-Emissionen und den Verbrauch von Ressourcen senkt.

Humping-Grenze verschoben: Mit dem Laser wasserstoffdicht schweißen

Besondere Herausforderungen stellt die Brennstoffzelle: Sie benötigt außer der Membran-Elektrodeneinheit jeweils 300 bis 400 Bipolarplatten (BPP). Dort sind neue Fertigungsverfahren gefragt für die bisherige zu langsame und zu teure Herstellung. Den Aachenern Forschern gelang es mit Hilfe von angepassten Wellenlängen und gezielter Strahlmodulation, Bleche extrem schnell, prozesssicher wasserstoffdicht zu BPP zu verschweißen. Trotz Vorschubgeschwindigkeiten von bis zu 60 Meter pro Minute kam es nicht zum Humping-Effekt, bei dem das Schmelzbad abhebt, perlt und die Naht undicht wird. *In Kombination mit Inline-Prozesskontrolle zur Überwachung und Dokumentation ist Laserstrahlschweißen ein effizienter und reproduzierbarer Fertigungsprozess für die Hochrateproduktion von metallischen Bipolarplatten,* sagt Dr. Alexander Olowinsky, Abteilungsleiter Fügen und Trennen am Fraunhofer ILT.

Ganz neu sind bei Brennstoffzellen BPP aus thermoplastischem Kunststoff, die sich ebenfalls mit dem Laser fügen lassen. Weil transparente Bauteile nur eine geringe Absorption besitzen, werden sie vor dem Schweißen häufig mit Ruß eingeschwärzt. Als Alternative entstand am Fraunhofer ILT das zweistufige Clearweld-Verfahren: Dank einer Infrarot-Absorberschicht lässt sich die polymerbasierte BPP mit einem CO_2-Laser schneiden und anschließend mit einem NIR-Diodenlaser schweißen. Man erhält laut Maximilian Brosda, Gruppenleiter Fügen von Polymeren und transparenten Materialien am Fraunhofer ILT, mit diesem Verfahren eine transparente Fügestelle. Das Verfahren eigne sich besonders gut zum Aufbau von Biopolarplatten-Stacks.

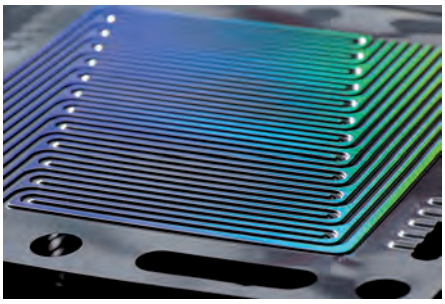
Wirkungsgrad von PEM-Brennstoffzellen erhöhen

Eine andere Herausforderung entsteht bei PEM (Proton Exchange Membrane)-Brennstoffzellen. Dort bildet sich zum Beispiel bei Graphit-gefüllten thermoplastischen Compoundmaterialien ein Kunststofffilm auf der Oberfläche der Bipolarplatte, der die elektrische Anbindung der Gastransportschicht verhindert. Am Fraunhofer ILT entstand ein Verfahren, das mit Ultrakurzpulslaser die isolierende Kunststoffmatrix entfernt. Es handelt sich im Gegensatz zum mechanischen Schleifen um ein schonendes Verfahren, bei dem der ultrakurzgepulste Laserstrahl den Kunststoff selektiv entfernt, ohne das Füllmaterial zu beschädigen.

Schneiden statt Stanzen: Verschleißfrei Schneiden mit Hochgeschwindigkeit

Laser sind eine wirtschaftliche Alternative zu mechanischen Schneidverfahren wie etwa dem Scherschneiden. Das Laserstrahl-Hochgeschwindigkeitsschneiden kann in vielen Fällen konventionelle Stanzprozesse ersetzen. Nach Aussage von Alexander Olowinsky machen die hohe Flexibilität, Präzision und Prozessgeschwindigkeiten von mehreren Metern pro Sekunde das Laserstrahlschneiden zum optimalen Werkzeug, um metallische Bipolarplatten herzustellen. Es ist Olowinsky zufolge schnell, sicher und verschleißfrei und eigne sich sowohl für die Prototypenproduktion genauso wie für die Großserie.

Das Verfahren hat sich im Rahmen von CoBiP als ideal erweisen, einem gemeinsamen Projekt mit dem benachbarten Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, in dem eine kontinuierliche Rolle-zu-Rolle-Fertigung von metallischen, doppelwandigen BPP entsteht. Das Fraunhofer ILT entwickelte ein Rolle-zu-Rolle-Modul zum Laserschweißen und -schneiden, das nun in der CoBiP-An-



Im Projekt CoBiP entstand eine Anlage zur kontinuierlichen Rolle-zu-Rolle-Fertigung von metallischen, doppelwandigen Bipolarplatten mit einem Modul zum Laserschweißen und Laserschneiden (© Fraunhofer ILT, Aachen)

Für Anwendungen der Wasserstoffindustrie eignet sich das Laserauftragschweißen – etwa zur Herstellung von Elektrolyseuren, die oft aus unterschiedlichen Werkstoffpaarungen bestehen (© Fraunhofer ILT, Aachen)

lage beim Nachbarn mit Hochgeschwindigkeit gratfrei schneidet (weit über 100 m/min) und fehlerfrei unter Argongas schweißt (max. 30 m/min).
Für Anwendungen der Wasserstoffindustrie kommt ebenfalls der metallische 3D-Druck infrage. Zu den etablierten Verfahren zählt das Laserauftragschweißen (engl. Laser Material Deposition, LMD), das die Aachener seit über 30 Jahren intensiv erforschen und konsequent für verschiedene Anwendungsfelder und Branchen weiterentwickeln. Bewährt hat sich LMD etwa bei der Herstellung von Elektrolyseuren, die häufig aus unterschiedlichen Werkstoffpaarungen bestehen. So hat das Fraunhofer ILT eine LMD-Anlage entwickelt, mit der sich eine Baustahlplatte mit einer extrem dünnen, porösen Nickel-Aluminium-Legierung beschichten lässt.

Wasserstoff-Labor bietet Praxisvielfalt

Diese Anlage sahen die 70 Teilnehmenden im Herbst 2022 in Aachen auf dem 3. Laserkolloquium Wasserstoff LKH2, seit 2020 ein Insider-Event der Wasserstoff-Community. Im Mittelpunkt der Veranstaltung des Fraunhofer ILT stand erneut die Serienproduktion von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen im 300 Quadratmeter großen Wasserstofflabor. Es gibt zwar bundesweit ähnliche Einrichtungen, doch es besitzt laut Dr. Alexander Olowinsky, Initiator des LKH2 und Abteilungsleiter Fügen und Trennen am Fraunhofer ILT, ein besonderes Alleinstellungsmerkmal: *Was die Vielfalt der praktischen Möglichkeiten betrifft, ist unser neues Wasserstoff-Labor einzigartig.* Davon konnten sich die Gäste des LKH2 überzeugen, die im September bei Vorführungen an den Versuchsanlagen live erfuhren, wie sich mit dem Laser hauchdünne Metallplatten von 70 bis 100 Mikrometern Dicke präzise schneiden und prozesssicher zu gasdichten Stacks verschweißen lassen.
Bei den hochinteressanten Vorführungen ging es darum, wie sich typische Probleme nicht nur im Labor, sondern auch unter Serienbedingungen verhindern lassen. Hier hat sich die Künstliche Intelligenz (KI) bereits mehrfach bewährt. Zwei Beispiele von vielen: Dr. Frank Schneider, Gruppe Makrofügen und Schneiden am Fraunhofer ILT, stellte den digitalen Prozess-Onlineoptimierer für intelligente Lasermaschinen (DIPOOL) vor, bei dem die Forschenden erstmals die zeitliche und räumliche Programmier- und Kontrollierbarkeit von Laserwerkzeugen mit maschinellem Lernen kombinieren. In diesem Projekt arbeitet das Institut im Rahmen des BMBF-Projekts DIPOOL eng mit einer vollkommen neuartigen, multispektralen Sensorik von der 4D Photonics GmbH aus Isernhagen zusammen, die Geschäftsführer Christoph Franz als *Weldwatcher* beim Schweißen von Bipolarplatten einsetzt.

Siamesisches neuronales Netzwerk vergleicht Ausschnitte

Christian Knaak, Gruppe Prozesssensorik und Systemtechnik am Fraunhofer ILT, setzt dagegen beim schnellen Erkennen von Spritzern beim BPP-Laser-Mikroschweißen auf ein sogenanntes siamesisches neuronales Sensor-Netzwerk. Dieses Netzwerk analysiert nicht das ganze Bild, sondern vergleicht nur charakteristische Ausschnitte miteinander. Mit Blick auf weitergehende Forschungen regt Knaak an, künftig nicht nur den eigentlichen Laserprozess mit KI-Hilfe zu überwachen, sondern auch vor- und nachgelagerte Verfahrensschritte ins Visier zu nehmen.
Wie es in Sachen Wasserstoff und Laser weitergeht, erfahren Interessenten vom **19. bis 20. September 2023** auf dem nächsten Laserkolloquium Wasserstoff LKH2 in Aachen.

➲ **www.ilt.fraunhofer.de**

MacDermid Envio Solutions und aqua plus GmbH

Nach der Übernahme der aqua plus GmbH durch MacDermid Envio Solutions (MES) steht den Kunden nun ein neu formiertes Team zur Verfügung.
Daniela Albert ist Ansprechpartnerin für alle Vertriebsfragen. Sie ist seit November 2021 bei MacDermid Envio Solutions als Country Sales Manager verantwortlich für den Vertrieb in der DACH-Region sowie in Benelux. Die ausgebildete Winzerin war nach ihrem Studium zunächst mehr als sechs Jahre bei der ProMinent Gruppe beschäftigt. Dort hatte sie verschiedenen Positionen inne, zuletzt war sie als Business Development Manager F&B/Pharma tätig.

Zusammen mit dem aqua plus Geschäftsführer Walter Baur und seinem Vertriebsteam ist Daniela Albert verantwortlich für den Vertrieb des gesamten MES- und aqua plus-Produktportfolios.
Den gelernten Galvaniker Walter Baur begleitet seit seinem Eintritt ins Berufsleben das Thema *Wasser* buchstäblich auf Schritt und Tritt, und das seit über 35 Jahren hauptberuflich. Daraus folgte auch seine Leidenschaft für das Thema Recyclingtechnik, um Abwasser erst gar nicht entstehen zu lassen. Walter Baur ist auch nach der Unternehmensübernahme weiterhin für die Geschicke der aqua plus verantwortlich.

Daniela Albert und Walter Baur sind direkt erreichbar am einfachsten per E-Mail:

➲ **Daniela.Albert@macdermidenvio.com**
➲ **Walter.Baur@macdermidenvio.com**

Wegbereiter für neue Anwendungen von Ultradünnglas

Einzigartige Prozesskette für die Prozessierung von ultradünnem flexiblem Glas verfügbar

Die Prozessierung von Ultradünnglas erfordert dediziertes Handling zur Vermeidung von Glasbrüchen in der Produktion. Dies stellt bisher eine hohe Hürde für den Einzug des innovativen Materials in neue Anwendungen dar. Innerhalb des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderten Projekts *CUSTOM* (FKZ: AiF 21708 BR) und des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts *Glass4Flex* (FKZ: 13N14615) entwickelten die Projektpartner gemeinsam am Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP eine bisher einzigartige Prozesskette zur Beschichtung von Ultradünnglas: angefangen bei adaptierten Reinigungsprozessen bis hin zur finalen Inspektion. Besonderes Augenmerk lag hierbei auf der Evaluation des Einflusses der Prozesse auf die Festigkeit und Zuverlässigkeit des Schicht-Glasverbundes. Die Prozesskette und Ergebnisse der Projekte werden auf der Konferenz V2023, vom 18. – 21. September 2023, in Dresden präsentiert.

Durch die Markteinführung faltbarer Displays hielten flexible Gläser erstmalig Einzug in die Massenfertigung. Ansonsten wird Ultradünnglas mit *Dicken* kleiner 0,1 mm in der Optik oder Mikroelektronik, aber auch in der Consumer- und Automobilbranche, zum Beispiel für Touch-Oberflächen genutzt. Hier kann das Glas aufgrund seiner exzellenten Oberflächeneigenschaften wie geringer Rauheit, hoher Transparenz und Kratzfestigkeit in Kombination mit seiner Flexibilität vorteilhaft sein.

Um Ultradünnglas als Alternative zu Polymerfolien für Anwendungen jenseits faltbarer Displays fest zu etablieren, müssen angepasste Produktionsprozesse entwickelt werden. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Vermeidung kostenintensiver Produktionsausfälle aufgrund des mechanischen Versagens der Gläser. Bisher wird der Einsatz dieses innovativen Substratmaterials durch die hohen Anforderungen an die Prozesse limitiert. Darüber hinaus ist das Wissen über Handling und Funktionalisierung nicht allgemein zugänglich.

Durchgängige Prozessstrecke zur Prozessierung von Ultradünnglas

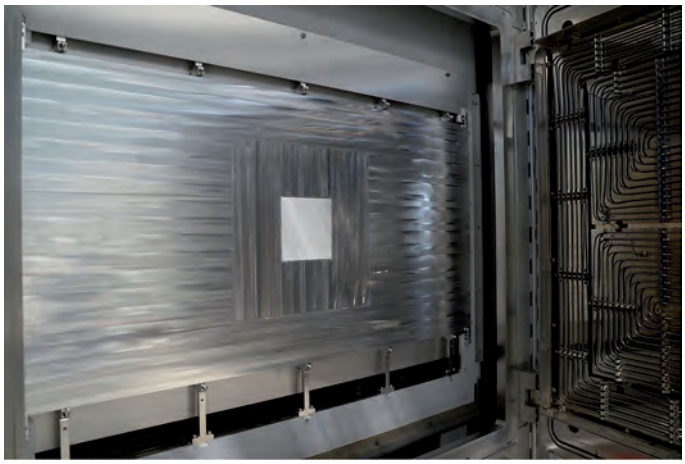
Das Fraunhofer FEP beschäftigt sich bereits seit mehr als zehn Jahren mit der Prozessierung von Ultradünnglas, insbesondere dem Handling und der Entwicklung von Beschichtungen. Neben der Beschichtung sind die Reinigung und Handhabung sowie die Feststellung von Defekten im unbeschichteten und beschichteten Glas von großer Bedeutung für die spätere Verwendbarkeit des flexiblen Glases. Eine öffentlich zugängliche Technologieplattform, mit der diese Prozessschritte durchgängig umgesetzt werden können, existierte nach Angaben des Fraunhofer FEP bisher noch nicht.

Hier setzt das Gemeinschaftsprojekt *Glass4Flex* an. Im Verbundvorhaben wurden neue Prozesstechnologien als Wegbereiter für flexible Glasanwendungen für optische und/oder elektrische Anwendungen der nächsten Generation entwickelt. Entwickler von solchen Systemen können nun auf die Plattform am Fraunhofer FEP zugreifen.

Projektleiterin Kerstin Täschner vom Fraunhofer FEP erläutert den kurz vor Projektende (Herbst 2023) erreichten Stand: *Gemeinsam mit den Partnern haben wir inzwischen eine Prozesskette am Fraunhofer FEP aufgebaut, die in dieser Form unter Reinraumbedingungen einzigartig ist. Wir verfügen über eine Handlingstrecke für flexibles Glas bis zu einer minimalen Dicke von 30 µm auf einer Fläche von 600 × 1200 mm²*. Die Prozesskette komplettiere die vertikale Inline-Beschichtungsanlage ILA 900. Damit können die Forschenden am FEP ihre langjährige Erfahrung in der Beschichtung von Dünnglas und das gewonnene Know-how aus der Zusammenarbeit mit allen wichtigen Glasherstellern sowie aus Projekten wie *CUSTOM* durchgehend im Pilotmaßstab nutzen und zur Verfügung stellen.

Die Prozessstrecke umfasst eine Ultraschall-Nassreinigungsstrecke der SCHMID Group, in der Glassheets inline gereinigt werden können. Zur Überwachung der Reinigungs- und Beschichtungsqualität der Gläser verfügen die Forschenden außerdem über ein

Ultraschall-Nassreinigungsstrecke für Ultradünnglas vor der Beschichtung (© Fraunhofer FEP, Finn Hoyer)



Beispiel eines elektrostatischen Chucks zur Halterung des Ultradünnglases während der Beschichtung (© Fraunhofer FEP, Finn Hoyer)

YUASA U-Shape-Biegetestgerät von Bayflex Solutions, angepasst an Ultradünnglassubstrate (© Fraunhofer FEP, Timotheus Liebau)

Weißlichtinterferometer der Gesellschaft für Bild- und Signalverarbeitung (GBS) mbH. Zum weiteren Handling der Dünnglassubstrate des Projektpartners SCHOTT AG wurde außerdem ein neues Transfersystem der Adenso GmbH installiert. Unter Reinraumbedingungen kann das Substrat damit berührungslos auf einem Luftkissen (air cushion floating) auf einen fahrbaren Wagen transportiert werden. Auf diesem Wagen ist bereits der elektrostatische Halter (sog. E-Chuck) der ProTec® Carrier Systems GmbH installiert. Der E-Chuck fixiert das Dünnglas während des Transportvorgangs und im nachfolgenden vertikalen Beschichtungs- und Plasmabehandlungsprozess sicher und vollflächig mittels elektrostatischer Klemmkräfte. Dies garantiert homogene thermische Bedingungen bei minimierter mechanischer Belastung und ohne jegliche Abschattung.

Nach der Beschichtung können mit verschiedenen Testgeräten Zuverlässigkeitstests mit den Ultradünnglas-Sheets durchgeführt werden. Die Firma Bayflex Solutions stellte hierfür im Rahmen des Projekts CUSTOM Biegetestgeräte zur Verfügung (YUASA U-Shape Folding und Clamshell Folding).

Mithilfe der bereitgestellten Geräte wurden im Projekt tiefergehende Erkenntnisse über die Kantenfestigkeit und das Ermüdungsverhalten von Dünnglas gewonnen. Das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS hat gemeinsam mit dem Fraunhofer FEP dazu umfangreiche Versuche durchgeführt. Dabei wurde der Einfluss von ausgewählten Beschichtungs- und Trennverfahren auf diese Eigenschaften betrachtet. Mit den Ergebnissen können nun Parameterfelder für die zuverlässige Handhabung von flexiblem Glas besser abgeschätzt werden, etwa minimale Wickelradien vor und nach der Beschichtung. So kann auf sich verändernde Festigkeiten im Rahmen der Prozessierung Rücksicht genommen werden. Das erhöht die Wirtschaftlichkeit der Produktion, weil Produktionsausfälle vermieden werden.

Die Zukunft der Dünnglasprozessierung

Mit der einzigartigen Prozessstrecke des Projekts Glass4Flex und den Ergebnissen aus dem Projekt CUSTOM sind die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen am Fraunhofer FEP in der Lage, ultradünnes Glas unter Berücksichtigung von Schichtspannungen und Glasfestigkeit sicher zu handhaben und zuverlässig zu verarbeiten. Die Forschenden am Institut bieten ab jetzt die neuen Prozessmöglichkeiten für kundenspezifische Projekte – von der Beschichtung und Schichtstapelentwicklung bis zur Prozessanpassung für spezielle Kundenanforderungen – an. Zudem steht die Handlingstrecke als Technologieplattform zur Verfügung, beispielsweise für Machbarkeitsstudien und die Entwicklung von innovativen Anwendungen. Auch die Integration von zum Beispiel Laminierungsprozessen und der Prozesstransfer bis hin zur Pilotproduktion ist nun in individuellen Projekten möglich.

➲ **www.fep.fraunhofer.de**

Ihr Spezialist für die Wassertechnik

aqua plus
... wasser und mehr

Unsere Leistungen für Sie

- Turn-Key Installationen
- Komplettes Know-how
- Umbau vorhandener Anlagen inklusive Service, Abwasserchemie und Ersatzteile

MacDermid
ENVIO SOLUTIONS

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 · www.macdermidenvio.com

ISO 9001 zertifiziert

element solutions
An Element Solutions Inc. company

Mit Leichtbau-Antriebswellen klimaschädliche Emissionen senken

Leichtbau ist für eine nachhaltige Mobilität unverzichtbar. So lassen sich mit Antriebswellen aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) mit duroplastischer Matrix klimaschädliche Emissionen senken. Dennoch ist das Leichtbau- und Ressourceneinsparpotenzial dieser Wellen noch nicht vollständig ausgeschöpft. Wie das Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP mitteilt, entwickeln Forschende des Fraunhofer IAP gemeinsam mit Partnern ein neuartiges, sehr leichtes Antriebs- und Seitenwellensystem für Pkw und Lkw, dessen Matrix aus thermoplastischen Materialien besteht. Diese haben einen zusätzlichen Gewichtsvorteil und sind recycelbar.

In der Mobilität sind signifikante Anstrengungen erforderlich, um klimaschädliche Emissionen weiter zu reduzieren. Antriebswellen aus faserverstärkten Kunststoffen können durch ihr geringes Gewicht den Spritverbrauch von Fahrzeugen verringern und dazu beitragen, Umweltbelastungen zu senken. In Pkw und in Lkw übertragen sie die Kraft vom Getriebe auf die Räder und müssen dabei hohe Belastungen aushalten. Daher werden sie meist als mehrteilige Gelenkwellen aus Stahl-, Aluminium oder Titanlegierung hergestellt und sind entsprechend schwer.

Als Alternative stehen aktuell Antriebswellen aus carbonfaserverstärktem Kunststoff mit duroplastischer Matrix zur Verfügung. Sie sind durch ihre geringere Dichte und weniger erforderliche Lagerstellen etwa 60 Prozent leichter als ihre metallischen Pendants und zeichnen sich durch bessere mechanische Eigenschaften aus. Trotzdem lassen sie sich in puncto Gewicht und Recyclingfähigkeit weiter optimieren. Dieser Aufgabe widmen sich Forschende der Fraunhofer-Projektgruppe *Zentrum für nachhaltige Leichtbautechnologien (ZenaLeb)*, einer Projektgruppe des Forschungsbereichs Polymermaterialien und Composite PYCO am Fraunhofer IAP gemeinsam mit Partnern aus der Industrie. *Im ersten Schritt wollen wir gewickelte Antriebs- und Seitenwellen mit duroplastischer Matrix optimieren. Im zweiten Schritt entwickeln wir Wellen mit thermoplastischer Matrix,* fasst Felix Kuke, Leiter des ZenaLeb, die Vorgehensweise zusammen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) fördert das Vorhaben.

Am Fraunhofer IAP wird die Automated-Fiber-Placement-Technologie (AFP) eingesetzt, um neuartige, sehr leichte Antriebswellen aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen herzustellen. Dank der thermoplastischen Matrix sind die Bauteile recycelbar

(© WFBB/Foto: Jungblut & Büssemeier)

Kraftstoffverbrauch und CO_2-Emissionen senken

Antriebswellen mit duroplastischer Matrix werden derzeit mittels Filament Winding produziert. Bei diesem Herstellungsverfahren werden mit Harz getränkte Filamente unter Spannung um eine rotierende Achse gewickelt und in einem weiteren Schritt ausgehärtet. Die geplanten thermoplastischen Antriebs- und Seitenwellen hingegen werden mittels Automated-Fiber-Placement-Technologie (AFP) hergestellt. Bei der AFP-Technologie werden nach den Worten von Felix Kuke Prepregs, also vorimprägnierte Bänder, die Carbonfasern enthalten, mittels eines Lasers erhitzt und anschließend robotergesteuert und vollautomatisiert auf einer sich drehenden Rotationsachse abgelegt. Eine zusätzliche Aushärtung sei nicht notwendig, erläutert der Forscher.

Weitere Vorteile der AFP-Technologie: Die Bänder können während des Vorgangs abgeschnitten und an anderen Stellen abgelegt werden, wodurch sich neue Winkel, Wickelmuster und Formen erzielen lassen. Die Antriebswellen lassen sich also frei umwickeln. Im Gegensatz zum Filament Winding ist man nicht an vorgegebene Wickelmuster gebunden. Dies führt zu einem besseren Leichtbaugrad gegenüber den aktuellen duroplastischen Bauweisen, wodurch der Kraftstoffverbrauch während der Nutzungsphase laut Berechnungen des Fraunhofer IAP um 0,3 Prozent gesenkt und die CO_2-Emissionen für neu zugelassene Pkw und Lkw in Deutschland beträchtlich reduziert werden können. Im Vergleich zu stahlbasierten Antriebswellen ist sogar eine Einsparung des Gewichts von mehr als 65 Prozent möglich. *Der AFP-Prozess ermöglicht es Herstellern, hohe Produktivitätsraten zu erzielen. Unser Ziel ist es, das Fertigungskonzept für eine großserientaugliche Herstellung umzusetzen,* so Felix Kuke.

Ganzheitliche digitale Überwachung des Produktlebenszyklus

Um die komplette Prozesskette nachverfolgen und so den CO_2-Fußabdruck senken zu können, soll der Produktlebenszyklus – von der Herstellung des Grundwerkstoffs bis hin zum Recycling – mithilfe integrierter Sensorik abgebildet und überwacht werden. Hierfür werden faseroptische Sensoren und Dehnungsmessstreifen in die Antriebswellen eingewickelt – auch die Anlagen werden entsprechend ausgerüstet.

Die Prepregs sind bereits mit einem QR-Code versehen, der Auskunft über die verwendete Faser sowie das Matrixsystem gibt, was wiederum entscheidend fürs Recycling ist.

Durch die Integration von Product-Branding-Konzepten und Sensorsystemen lässt sich die Herstellung der neuen Wellen ökologisch bewerten und der erforderliche Energie- und Ressourcenverbrauch ermitteln. Digitalisierungs- und Simulationstools in Form eines digitalen Zwillings unterstützen den Optimierungsprozess sowie die Qualitätssicherung und ermöglichen die Steigerung des Leichtbaugrads. *Mit geeigneten Digitalisierungstools sind wir in der Lage, ganze Baugruppen rechnerisch auszulegen,* sagt der Forscher.

➲ **www.iap.fraunhofer.de**

Cleaning redefined!

parts2clean

Internationale Leitmesse für industrielle Teile- und Oberflächenreinigung

26.–28. September 2023
Stuttgart ▪ Germany

parts2clean.de

Highlight-Thema: High Purity

20 YEARS

parts2clean

Protection upgraded

30 Year Anniversary

SurTec

Maßgeschneiderte Reinigungskonzepte für aktuelle Branchentrends

- Spezielle Reinigerkomponenten für High-Purity Anwendungen
- Nachhaltigkeit im Fokus - entlang der gesamten Lieferkette
- Bewährte Technologien für die Elektromobilität
- Innovative Tensidmischungen für Neuentwicklungen im Bereich der Reinigungsanlagen

SurTec Deutschland GmbH

SurTec-Straße 2
64673 Zwingenberg

Tel. +49 6251 171-700
Fax +49 6251 171-800

mail@SurTec.com
www.SurTec.com

a brand of FREUDENBERG

Schnee sichert Sauberkeit bei Raumfahrtmissionen

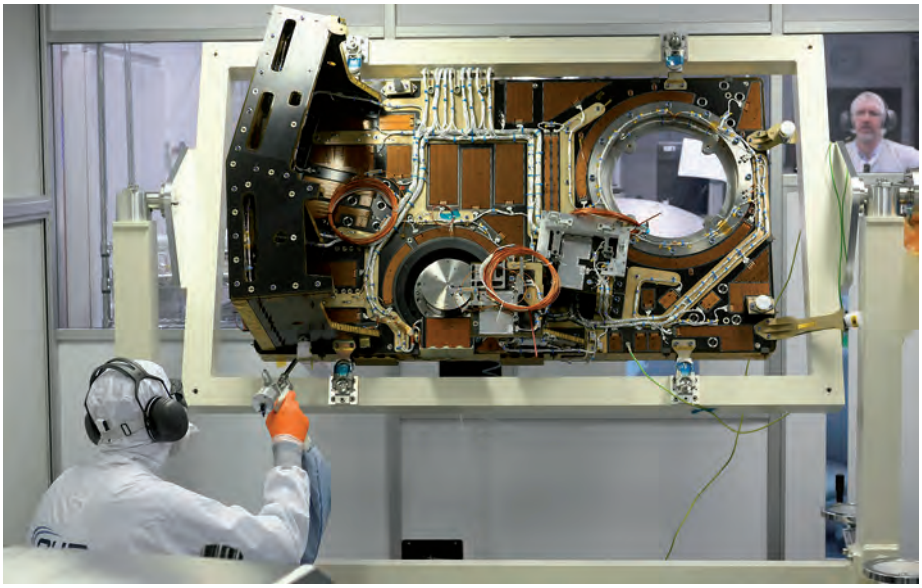
Geht es um die Performance von Satelliten und ihren erfolgreichen Einsatz im All, können kleinste Staubteilchen oder partikuläre Fertigungsrückstände entscheidend sein. Ein Global Player der internationalen Raumfahrt nutzt mit der quattroClean-Schneestrahltechnologie eine Lösung für die Innenreinigung beschichteter Baffle- und CFK-Strukturen mit und ohne integriertem Kabelbaum, mit der sich ein gleichzeitiger Nachweis des Reinigungsergebnisses realisieren lässt.

Der familiengeführte, börsennotierte Raumfahrt- und Technologiekonzern OHB SE ist einer der Top 3-Akteure der europäischen Raumfahrt. Gegliedert in die Geschäftsbereiche Space Systems, Aerospace und Digital beschäftigt der Konzern rund 2800 Mitarbeitende. Als größtes Tochterunternehmen verfügt die OHB System AG mit Hauptsitz in Bremen und einem weiteren Standort in Oberpfaffenhofen über mehr als vier Jahrzehnte Erfahrung in der Entwicklung von Hightech-Lösungen für die Raumfahrt und andere Anwendungsfelder, wobei Composite-Materialien wie CFK eine wichtige Rolle spielen. Zum Produkt- und Dienstleistungsportfolio des Unternehmens zählen die Realisierung kompletter Satellitensysteme für die Erdbeobachtung, Navigation, Telekommunikation, Wissenschaft und Aufklärung ebenso wie die Ausarbeitung und Umsetzung von Missionen zur Erforschung des Weltalls sowie die Entwicklung von Systemen für die astronautische Raumfahrt. Als Systemhaus kooperiert OHB System mit führenden nationalen und internationalen Unternehmen, um Technologien zu neuen Lösungen zusammenzuführen.

Hohe Sauberkeitsspezifikationen erfüllen und nachweisen

Dies ist auch im Bereich von Reinigungstechnologien der Fall. Denn an der falschen Stelle können bereits minimale partikuläre Fertigungsrückstände die Performance einer Mission beeinträchtigen, für die das Unternehmen die Verantwortung trägt. *Wir haben deshalb vor elf Jahren den Bereich Cleanliness und Kontaminationskontrolle aufgebaut,* sagt Dr. Axel Müller, Lead Expert Contamination Control bei OHB System. Inzwischen beschäftigen sich elf Experten mit Sauberkeit entlang der Prozesskette und Kontaminationsengineering, dem Nachweis der Sauberkeit, der Simulation von Phänomenen der Kontaminationsübertragung sowie der Reinigung im Highend-Sektor. 2016 wurde damit begonnen, die CO_2-Schneestrahltechnologie als Reinigungsverfahren für die Raumfahrt unternehmensintern zu qualifizieren. Dabei ging es um die Reinigung von Kabelbäumen und CFK-Strukturbauteilen mit zirka 2000 x 2000 mm Durchmesser, die mit einer speziellen, lichtabsorbierenden schwarzen Beschichtung ausgestattet sind. Dieses so genannte Baffle ermöglicht, dass nur das zu detektierende Licht beziehungsweise die gewünschte Bildinformationen zu optischen Komponenten wie Spiegel, Linsen und Detektoren geleitet werden. *Gelangen beispielsweise durch die Vibrationen beim Start nur einzelne Partikel auf den Spiegel, entstehen Lichtreflexe, die das Bild verfälschen und damit ein Scheitern der Mission bedeuten können,* erklärt Axel Müller. *Für uns besteht die Herausforderung aber nicht nur darin, das Baffle innen beschädigungsfrei so sauber zu bekommen, dass keine Partikel größer zehn Mikrometer mehr vorhanden sind, sondern dies auch nachzuweisen.* Und dieser Nachweis sei üblicherweise extrem arbeits-, zeit- und kostenintensiv. Basierend auf der skalierbaren quattroClean-Schneestrahltechnologie der acp systems AG wurde gemeinsam eine

Das Baffle wird per Kran auf der Gabel des Reinigungsautomaten platziert. Durch die Integration eines Kamerasystems in den schwenkbaren Düsenkopf (links oben) ist der komplette Reinigungsprozess live auf dem Monitor sichtbar. Der Sauberkeitsnachweis erfolgt durch einen in den Abluftstrom integrierten Partikelzähler (Bild: acp systems)



Für die Reinigung der CFK-Strukturen von Satelliten – hier mit integriertem Kabelbaum und thermischen Komponenten – haben OHB System und acp eine Lösung konzipiert, die parallel zur Reinigung den Sauberkeitsnachweis ermöglicht (Bild: OHB System)

entsprechende Reinigungslösung konzipiert und in einen Reinraum ISO 3 integriert.

Vier Effekte für hochsaubere Oberflächen

Das trockene quattroClean-Verfahren nutzt flüssiges, klimaneutrales Kohlendioxid als Reinigungsmedium, das durch eine verschleißfreie Zweistoff-Ringdüse geleitet wird. Beim Austritt aus der Düse entspannt das Kohlendioxid zu feinem CO_2-Schnee, der von einem separaten, ringförmigen Druckluft-Mantelstrahl gebündelt und auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt wird. Der gut fokussierbare Schnee-Druckluftstrahl entwickelt beim Auftreffen auf die zu reinigende Oberfläche eine Kombination aus thermischem, mechanischem, Lösemittel- und Sublimationseffekt. Durch das Zusammenspiel dieser vier Wirkmechanismen werden partikuläre Verunreinigungen bis in den Submikrometerbereich und filmische Kontaminationen prozesssicher und reproduzierbar entfernt. Das kristalline Kohlendioxid sublimiert während des Prozesses vollständig, so dass die gereinigten Flächen trocken sind.

Reinigung im Reinraum mit direktem Sauberkeitsnachweis

Im Gegensatz zum CO_2, das nach der Reinigung im gasförmigen Zustand vorliegt, lösen sich die entfernten Fertigungsrückstände und Stäube nicht auf. Dieser Umstand brachte die Cleanliness-Experten auf den Gedanken, den Sauberkeitsnachweis parallel zur Reinigung durchzuführen. Dafür wird das Bauteil während der Reinigung mit einem Reinstluftstrom umströmt, der die entfernten Kontaminationen gezielt vom Bauteil wegfördert hin zur Absaugung. *In diesen Luftstrom haben wir einen Partikelzähler integriert, der live anzeigt, wie viele Partikel in welcher Größe vorhanden sind,* berichtet Axel Müller. Die Reinraumklasse wird durch die Aktivität messbar verschlechtert. Anhand der Messung der Partikelanzahl pro Volumen lässt sich bei einer Unterbrechung der CO_2-Reinigung nachweisen, dass die Reinraumreinheit schnell wiederhergestellt ist. Danach beginnt der nächste Reinigungsschritt. Dabei werden die verbliebenen Kontaminationen in Anzahl und Größenverteilung durch die Reinigungswirkung kontinuierlich reduziert und dies gleichzeitig dokumentiert. Diese Reinigungs- und Regenerierungszyklen werden so oft wiederholt, bis das Baffle die geforderte Sauberkeitsspezifikation hinsichtlich akzeptabler Restverschmutzung beziehungsweise Partikelgrößenverteilung erfüllt. *Meines Wissens ist die quattroClean-Schneestrahltechnologie das einzige Reinigungsverfahren, bei dem sich das Reinigungsergebnis live anzeigen lässt,* merkt Axel Müller an.

Komplexer Reinigungsautomat

Basierend auf diesen Ergebnissen und der inzwischen erfolgten Qualifizierung der Reinigungslösung für Raumfahrtanwendungen, konzipierte acp für die Innenreinigung der großen, bereits komplett montierten, semigeschlossenen CFK-Strukturen dreier unterschiedlicher Baffle einen Reinigungsautomaten in High Purity-Ausführung. Dieser beinhaltet unter anderem eine Medienaufbereitung für das flüssige Kohlendioxid, die eine Reinheit von 99,995 % sicherstellt; die Druckluftqualität liegt bei 1.2.1.

Die bis zu 125 kg schweren Baffle in Form eines oben abgerundeten Pyramidenstumpfs werden auf einer Interfaceplatte befestigt und mit einem Kran auf der Gabel der Anlage platziert. Diese lässt sich in X-, Y- und Z-Richtung bewegen. Damit sämtliche Innenflächen der maximal 1600 x 1600 x 2000 mm großen Bauteile erreicht werden, fährt die Düse mit schwenkbarem Strahlbereich auf einer Lanze in das Baffle hinein, scannt dieses mäanderförmig ab und rotiert dabei. Während des Reinigungsprozesses wird die Innenluft im Baffle abgesaugt und die enthaltenen Partikel ort- und zeitaufgelöst nach Größe und Anzahl hinsichtlich Reinigungserfolg ausgewertet.

Kollisionskontrolle über digitalen Zwilling

Kollisionen, die zu Beschädigungen an den CFK-Strukturen führen können, müssen bei der Reinigung sicher ausgeschlossen werden. Gleichzeitig ist zu gewährleisten, dass jeder Bereich anforderungsrecht gereinigt wird. Die Bewegungssequenzen sind daher für jedes Baffle individuell zu definieren. Dies erfolgt laut Axel Müller über einen digitalen Zwilling, der die Anlage, das Bauteil und den Reinigungsprozess sowie den Reinigungserfolg abbildet. Für die Abstandsmessungen ist der Düsenkopf mit einem Ultraschallsensor und zwei Laserpointern ausgestattet. Durch ein ebenfalls integriertes Kamerasystem stehen während der Reinigung jederzeit Livebilder zur Verfügung. Der Sauberkeitsnachweis erfolgt durch Partikelzähler, die in den Abluftstrom integriert sind. *Mit dieser Anlage, die vermutlich weltweit einzigartig ist, gelingt es uns, die Komponenten um einen Faktor 10 000 sauberer zu reinigen, als das vorher möglich war,* so Axel Müller. Und das mit einer enormen Zeitersparnis sowie einer deutlich höheren Prozesssicherheit und Reproduzierbarkeit.

Doris Schulz

➲ **www.acp-systems.com**
➲ **www.ohb.de**

Hohe Prozesssicherheit und Produktivitätssteigerung bei der selektiven Bearbeitung von Femurteilen

Für eine optimale Patientenversorgung müssen die verschiedenen Bereiche von Implantaten unterschiedliche Oberflächeneigenschaften aufweisen. Im neuen hochtechnologischen Werk von Smith+Nephew in Malaysia sind für die selektive Oberflächenbearbeitung der Femurteile derzeit zwei Fertigungszellen mit jeweils drei Schleppfinishanlagen R 6/1000 SF im Einsatz. Bei der Aufbereitung des Prozesswassers sorgt die Ausstattung der beiden automatischen Zentrifugen Z1000 mit dem digitalen Prozesswassermanagement *Advanced* von Rösler Smart Solutions für erhöhte Prozesssicherheit. Einen Beitrag dazu leistet auch die kontinuierliche Überwachung und regelmäßige Aufbereitung der Schleifkörper.

Smith+Nephew ist eines der führenden Medizintechnikunternehmen, das sich zum Ziel gesetzt hat, den Körper und das Selbstvertrauen von Menschen wiederherzustellen, indem es Technologien nutzt, die dem Leben seine Grenzen nehmen. Dafür arbeiten rund 18 000 Beschäftigte in über 100 Ländern daran, die Exzellenz des Produktportfolios in den drei globalen Geschäftsbereichen Orthopädie, modernes Wundmanagement sowie Sportmedizin und HNO durch die Entwicklung und Anwendung von innovativen Technologien zu verbessern. Sichtbar wird dies auch im neuen hochtechnologisierten Werk im malaysischen Penang, das mit der Fertigung von Produkten für die Knie- und Hüftendoprothetik in erster Linie das Orthopädiegeschäft des Unternehmens unterstützen wird.

Das Oberflächenfinish – ein entscheidendes Qualitätskriterium

Für die verschiedenen Implantate gibt es nach Aussage von Jürgen Preiser, Senior Manufacturing Engineer bei Smith+Nephew, genaue Spezifikationen, welche Oberflächengüte diese aufweisen müssen. Er begleitet den Aufbau der Oberflächenbearbeitungszellen für Knieimplantate aus Kobalt-Chrom-Legierungen im neuen Werk in Malaysia. So ist an den Innenflächen von Femurteilen für eine optimale Integration eine definierte Rauheit zu erzielen, während im Außenbereich homogene, sehr glatte und hochglanzpolierte Oberflächen erforderlich sind, um bei Bewegungen Abrieb zu vermeiden. Dies macht eine partielle, aber äußerst hochwertige und reproduzierbare Bearbeitung der äußeren Flächen dieser Femurteile notwendig.

Schleppfinisher – Lösung für selektives, berührungsfreies Gleitschleifen

Smith+Nephew hat sich bei dieser anspruchsvollen Aufgabenstellung für die Schleppfinishanlagen R 6/1000 SF von Rösler entschieden. Hierbei handelt es sich um spezielle Gleitschliffanlagen, die für die präzise, selektive Einzelbearbeitung komplex geformter, hochwertiger und beschädigungsempfindlicher Werkstücke entwickelt wurden. Die Femurteile dürfen sich während des Schleif- beziehungsweise Polierprozesses gegenseitig nicht berühren. Exakt wiederholbare, über SPS gesteuerte und dem jeweiligen Anforderungsprofil adaptierbare Prozessparameter gewährleisten dabei reproduzierbare Ergebnisse. *Da wir identische Maschinen und Prozesse in unserem US-amerikanischen Werk in Memphis für diese Anwendung einsetzen, sind entsprechende Erfahrungen und Know-how vorhanden,* sagt Jürgen Preiser. Das mache die Zulassung einfacher und schneller. Ein weiterer Aspekt, der für Rösler als Partner gesprochen habe, sei die weltweite Präsenz des Unternehmens mit einer Vertretung in Singapur. Darüber hinaus entwickle und produziere Rösler sowohl die Anlagen als auch die Verfahrensmittel, sodass alles optimal aufeinander abgestimmt und Versorgungssicherheit gegeben sei, konkretisiert Preiser die Entscheidungsgründe.

Fertigungszellen mit je drei Anlagen

Ausgestattet ist das Werk auf der malaysischen Halbinsel bisher mit zwei Fertigungszellen. Für die Prozessschritte Vorschleifen mit Keramikschleifkörpern, Feinschleifen mit Kunststoffschleifkörpern und Trockenpolieren mit einem pflanzlichen Medium sind in jede Zelle drei Schleppfinisher integriert. Um auch bei Wartungsarbeiten die Prozesskette nicht unterbrechen zu müssen, kann in allen Anlagen der Trockenpolierprozess erfolgen und in vier der sechs Schleppfinishanlagen können sowohl der Trockenprozess, als auch die Nassbearbeitung erfolgen.

Höhere Produktivität durch optimierte Werkstückaufnahme

Die Maschinen verfügen über einen Arbeitsbehälter mit 1000 mm Durchmesser sowie ein Trägerkarussell für sechs Arbeitsspindeln. Sie sind mit teilespezifischen Werkstückaufnahmen ausgestattet, in denen die Femurteile so positioniert werden können, dass eine Bearbeitung nur an den definierten Bereichen stattfindet. Eine Optimierung der Aufnahmen ermöglicht, dass anstatt bisher zwei Femurteile nun drei Teile gespannt werden können und dennoch die hochwertige und allseitige Bearbeitung sichergestellt werden konnte. *Dies ermöglicht uns, 18 Femurteile gleichzeitig zu bearbeiten,* so Jürgen Preiser. Das entspreche einer Durchsatzerhöhung von knapp 50 Prozent und sei eine beachtliche Steigerung.

Für den Schleif- beziehungsweise Polierprozess taucht das rotierende Trägerkarussell die an den ebenfalls drehenden Spindeln aufgespannten Werkstücke in die ruhende Schleifkörpermasse ein. Eine standardmäßige Eintauch-Tiefenregulierung gewährleistet dabei, dass die teilespezifisch festgelegte Eintauchtiefe genau eingehalten wird. Die Bearbeitungsintensität lässt sich durch die separaten und unabhängig voneinander einstellbaren Karussell- und Spindelantriebe

Für Implantate gibt es genaue Spezifikationen zur Oberflächengüte; so sind im Außenbereich der Femurteile homogene, sehr glatte und hochglanzpolierte Oberflächen nötig, was eine partielle Bearbeitung erfordert
(Bild: Rösler Oberflächentechnik GmbH)

Die Schleppfinishanlagen R 6/1000 SF verfügen über einen Arbeitsbehälter mit 1000 mm Durchmesser sowie ein Trägerkarussell für sechs Arbeitsspindeln. Sie eignen sich ideal für die präzise, selektive Einzelbearbeitung komplex geformter und beschädigungsempfindlicher Werkstücke wie Femurteile (Bild: Rösler Oberflächentechnik GmbH)

Abnahme der Schleppfinisher bei Rösler in Untermerzbach durch Jürgen Preiser, Johannes Schorr und Sebastian Schuberth (v.l.n.r.) (Bild: Rösler Oberflächentechnik GmbH)

optimal an die verschiedenen Femurteile anpassen. Die höhere Belastung durch den zusätzlichen Besatz der Spindeln mit jeweils einem zusätzlichen Femurteil erfordert natürlich auch, dass die gesamte Anlagentechnik inklusive der Antriebe für die höhere Performance vorbereitet ist. Dies ist bei Rösler-Anlagen im Standard der Fall, weshalb alle weiteren Bearbeitungsparameter inklusive der Eintauchtiefe der Werkstücke beibehalten werden und kürzeste Zykluszeiten erzielt werden können.

Schleifkörperüberwachung und -aufbereitung sichern Ergebnis

Wichtige Prozessparameter, wenn es darum geht, die Reproduzierbarkeit der Bearbeitung sicherzustellen, sind das Füllvolumen und die Zusammensetzung der Schleifkörper im Arbeitsbehälter. Die Füllmenge im Arbeitsbehälter wird sowohl visuell als auch mit Sensoren überwacht und der Bediener erhält einen Hinweis, wenn eine Aktion erforderlich ist. Um die Bearbeitungsqualität zu sichern, hat sich das Unternehmen auch für das Schleifkörperaufbereitungssystem entschieden. *In dieser, mit einer Siebstation ausgestatteten Anlage, werden die Keramik- und Kunststoffschleifkörper einmal wöchentlich gereinigt und alle unter einer definierten Größe aussortiert,* beschreibt Jürgen Preiser.

Verbesserte Prozesssicherheit durch digitales Prozesswassermanagement

Für die Reinigung der Prozessflüssigkeiten aus den Nassbearbeitungsschritten Vor- und Feinschleifen der beiden Fertigungszellen hat Smith+Nephew in zwei vollautomatische Zentrifugen Z1000 investiert. Dies ermöglicht es dem Unternehmen laut Preiser, das Prozesswasser getrennt nach Keramik- und Kunststoffschleifkörpern aufzubereiten, wodurch Probleme, zum Beispiel durch Schaumbildung, vermieden werden können.

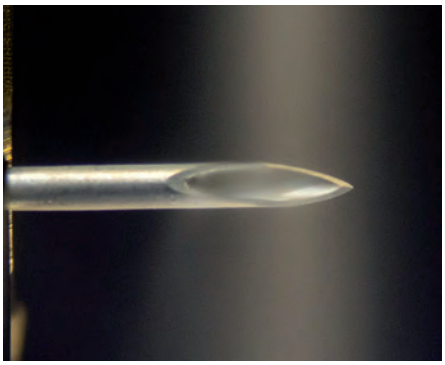
Außerdem ist in die Steuerungen der Zentrifugen das digitale Prozesswassermanagement von Rösler Smart Solutions integriert. Diese innovative, interaktive Monitoring-Lösung für die Prozesswasserreinigung und -aufbereitung ermöglicht die Überwachung, Erfassung und Auswertung von bis zu 14, individuell auswählbaren Prozessparametern, unter anderem Compound-Konzentration, pH-Wert und mikrobiologische Belastung. Die Soll- und Toleranzbereiche der relevanten Parameter werden in der Software hinterlegt und die jeweils gemessenen Ergebnisse eingetragen. Kommt es bei einem oder mehreren Parametern zu Abweichungen, wird dies angezeigt und das Personal erhält automatisch leicht verständliche und direkt umsetzbare Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen, um das Prozesswasser wieder in den festgelegten Bereich zu bringen und damit die Produktqualität zu sichern. *Durch diese digitale Lösung haben wir die Prozesswasseraufbereitung nicht nur besser im Griff, sie vereinfacht auch die Einarbeitung von Mitarbeitenden, die mit diesem Thema bisher keine Erfahrungen haben,* erklärt Jürgen Preiser. Zudem lassen sich durch die automatische Speicherung der Werte Veränderungen des Prozesswassers über einen längeren Zeitraum erkennen, sodass ein erforderlicher Wechsel entsprechend in den Betriebsablauf eingeplant werden kann. Einsparungen bei den Verbräuchen von Wasser und Compound können auf diese Weise ebenfalls realisiert werden. Die lückenlose Erfassung der Daten ist weiterhin hilfreich als Nachweis der Prozessqualität und -stabilität bei Qualitätsaudits und zu Dokumentationszwecken.

➲ **www.rosler.com**
➲ **www.smith-nephew.com**

Gratfrei, spiegelglatt oder mit definierter Rauheit – Oberflächenfinish für die Medizin- und Pharmatechnik

In kaum einer Branche sind die Anforderungen an die Eigenschaften und Beschaffenheit von Oberflächen so hoch wie in der Medizin- und Pharmatechnik. Entsprechend werden an das Entgraten und die Oberflächenbearbeitung zunehmend höhere Anforderungen gestellt. Für diese qualitätsentscheidenden Fertigungsschritte präsentiert die DeburringEXPO vom 10. bis 12. Oktober 2023 auf dem Messegelände Karlsruhe neue und weiterentwickelte Produkte und Dienstleistungen. Abgerundet wird das Lösungsangebot bei der 5. Leitmesse für Entgrattechnologien und Präzisionsoberflächen durch das integrierte, zweisprachige Fachforum sowie verschiedene Themenparks.

In der Medizintechnik wird konsequent daran gearbeitet, Produkte für die Endoprothetik, Instrumente und Komponenten für Diagnose- und Therapiegeräte durch neue Materialien und Fertigungstechnologien, beispielsweise das additive Manufacturing, patientengerechter, funktioneller und langlebiger zu machen. Die Eigenschaften und die Beschaffenheit der Oberflächen spielen dabei eine wesentliche Rolle. Darüber hinaus macht es die europäische MDR (Medical Device Regulation – Medizinprodukteverordnung) erforderlich, sich intensiv mit der Oberflächenbearbeitung sowie der Validierung und dem Qualitätsmanagement der entsprechenden Prozesse zu beschäftigen.



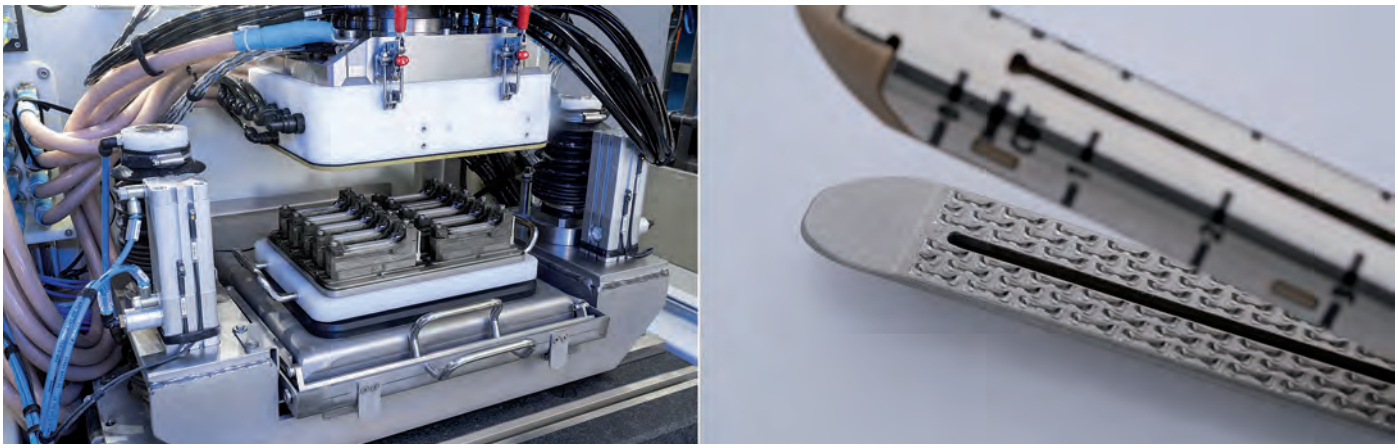
Das neue Verfahren für das vollautomatisierte und fertigungsintegrierte Entgraten und gleichzeitige Reinigen mit CO_2-Granulat lässt sich unter anderem für die Bearbeitung von Kanülen und chirurgischen Sägen einsetzen (Bild: acp systems)

Bei Bauteilen und Komponenten wie zum Beispiel Behälter, Rührwerke, Mischer oder Tablettierstempel, die für die Pharmatechnik hergestellt werden, sind ebenfalls höchste Ansprüche an die Oberflächenqualität zu erfüllen. Sie müssen hochpräzise, spiegelglatt und frei von Defekten sein, damit sie gut reinigbar sind, Kreuzkontaminationen durch Produktrückstände oder Mikroorganismen vermieden werden und Verschleiß minimiert wird. In beiden Branchen kommt es also darauf an, Produkten die Oberfläche zu verleihen, die einen dauerhaft sicheren und zuverlässigen Einsatz gewährleisten. Dabei sind auch Faktoren wie Traceability, energie- und ressourceneffiziente Prozesse sowie deren Einbindung in eine verkettete Fertigung zu erfüllen.

Anforderungsgerechte Oberflächen für Medizin- und Pharmaprodukte

Durch ihr branchen- und werkstoffübergreifendes Ausstellungsspektrum unterstützt die DeburringEXPO auch Unternehmen aus der Medizintechnik und Pharmaindustrie bei der Suche nach geeigneten Verfahren, ist sich Hartmut Herdin, Geschäftsführer des privaten Messeveranstalters fairXperts GmbH & Co. KG, sicher. Viele der teilnehmenden Unternehmen verfügen über Erfahrungen in diesen Branchen und das gesamte Spektrum an Technologien, Prozessen, Werkzeugen und Dienstleistungen für das Entgraten, Kantenverrunden, Reinigen und Oberflächenfi-

Ob spiegelglatt oder mit definierter Rauheit – Oberflächen von Produkten für die Medizin- und Pharmatechnik haben einen entscheidenden Einfluss auf deren Qualität und Sicherheit (Bild: fairXperts)



Das PECM-Verfahren wird unter anderem zur Herstellung medizintechnischer Produkte, hier ein Stapler (Klammergerät) zum Verschließen von Wunden durch Klammern, eingesetzt. Die Mikrostrukturierung erfolgt in einem Mehrfachwerkzeug (Bild: EMAG ECM)

nish präsentiert wird. Dies beinhaltet unter anderem mechanisches Entgraten mit Werkzeugen, Gleitschleifen, Bürstentgraten, Strahlen mit festen und flüssigen Medien. Zu Letzterem wird beispielsweise für das vollautomatisierte und fertigungsintegrierte Entgraten und gleichzeitige Reinigen eine Neuentwicklung vorgestellt. Bearbeitungsmedium ist flüssiges, recyceltes Kohlendioxid, das inline zu feinem Granulat verdichtet und auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt auf die zu bearbeitende Oberfläche gestrahlt wird.

Darüber hinaus umfasst das Ausstellungsspektrum diverse spezielle Technologien. So lässt sich beispielsweise mit dem Ultraschallentgraten die Entfernung von Graten an verschiedensten Materialien vollautomatisiert, prozesssicher und entsprechend den regulatorischen Vorgaben validierbar durchführen. Das Strömungsschleifen (Druckfließläppen, Abrasive Flow Machining – AFM) wird für das Entgraten, Kantenverrunden und Polieren von komplexen Bauteilen eingesetzt. Stärken des Verfahrens liegen unter anderem in der Bearbeitung von innenliegenden Bereichen und schwer zugänglichen Oberflächen, beispielsweise auch bei additiv gefertigten Komponenten. Mit dem ECM-Verfahren (elektrochemische Metallbearbeitung) können Teile aus nahezu allen Metallen wie beispielsweise Titanlegierungen oder gehärtete Werkstoffe, entgratet und deren Kanten gezielt verrundet werden. Eine Weiterentwicklung des Verfahrens ist das PECM (präzise elektrochemische Metallbearbeitung). Die Technologie ermöglicht es, dreidimensionale Formen, Konturen und Strukturen in sehr hoher Präzision zu erzeugen. Dabei lässt sich eine Abbildungsgenauigkeit von < 20 µm und eine Oberflächengüte von Ra < 0,1 µm erreichen.

Bei der Entfernung von feinen Graten und Flitter an äußeren Konturen von sehr filigranen, dünnwandigen Werkstücken, kann das Laserentgraten punkten. Mit dem Verfahren lassen sich selbst Kanten von Bohrungen mit wenigen zehntel Millimeter Durchmesser bearbeiten. Im Gegensatz zum klassischen elektrochemischen Polieren erfolgt das Electrofinish trocken mit speziellen Polymerpartikeln. Zu den Vorteilen des Verfahrens zählt, dass auch bei geometrisch komplexen sowie additiv gefertigten Bauteilen ein sehr hoher Glanzlevel ohne Mikrokratzer erreicht wird. Die Vielfalt der Technologien ermögliche, Stärken und Grenzen der verschiedenen Verfahren abgestimmt auf den jeweiligen Anwendungsfall direkt vor Ort mit Experten zu diskutieren, ergänzt Hartmut Herdin.

Mehrwert Wissenstransfer durch das zweisprachige Fachforum

Ergänzend zu den Ausstellerpräsentationen bietet das Rahmenprogramm viel Wissen und Know-how. Die Themenparks *Automatisiertes Entgraten, Reinigen nach dem Entgraten* sowie *Qualitätssicherung im Entgratprozess* informieren über aktuelle Entwicklungen für diese Aufgabenstellungen. Schwerpunkte des in die DeburringEXPO integrierten Fachforums mit simultan (Deutsch <> Englisch) übersetzten Präsentationen bilden Grundlagen, Wege zur Prozess- und Kostenoptimierung, Berichte zu Best-Practice-Anwendungen und Trends sowie zu den speziellen Inhalten der Themenparks. Die Teilnahme ist für Besucher der Leitmesse kostenfrei, ebenso wie eine Ausgabe der aktualisierten und erweiterten Broschüre *Basiswissen Entgrattechnologie* in deutscher und englischer Sprache.

Doris Schulz

➲ **www.deburring-expo.de**

Galvanikanlagen für dekorative und funktionelle Oberflächen.

walter Lemmen

Gestellanlagen
Trommelanlagen
Tischgalvanikanlagen
Einzelwannen
Ionenaustauscheranlagen

OT
ZVO-OBERFLÄCHENTAGE
BERLIN
13.-15.9.2023
Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik
Wir stellen aus
Stand Nr.:
52

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

Leiterplattentechnik
Wafer Technologie
Galvanotechnik
Medizintechnik
Filtertechnik
Apparatebau

Thermisch gespritzte Fe-TiC-Beschichtungen als wirtschaftlicher und verschleißbeständiger Hartchromersatz

Von Prof. Dr.-Ing. Kirsten Bobzin, Dr.-Ing. Lidong Zhao, M.Sc. Hendrik Heinemann und M.Sc. Elisa Burbaum

Neuartige Beschichtungen auf Basis von Fe/TiC-Verbundwerkstoffen wurden als Alternative zu etablierten Cermetschichten und Hartchrom mit dem Hochgeschwindigkeitsflammspritzen entwickelt. Die Neuentwicklungen weisen dichte Schichtstrukturen auf. Weiterhin ermöglichen TiC-Partikel in den Beschichtungen eine hohe Verschleißbeständigkeit und die hochlegierte Stahlmatrix gewährleistet zusätzlich einen guten Korrosionsschutz für zahlreiche Anwendungen.

Anspruchsvolle Anwendungen zum Verschleißschutz, wie zum Beispiel in der Hydraulikindustrie oder bei Flugzeugfahrwerken, setzen derzeit häufig galvanisches Hartchrom oder thermisch gespritzte Cermetschichten auf Basis von WC/Co und Cr_3C_2/NiCr ein. Letztere werden dabei entweder mit dem Hochgeschwindigkeitsflammspritzen mit Sauerstoff (engl.: High-Velocity-Oxy-Fuel, HVOF) oder mit dem Hochgeschwindigkeitsflammspritzen mit Druckluft (engl.: High-Velocity-Air-Fuel, HVAF) appliziert. Preisgünstigere leistungsfähige Alternativen zu diesen Cermetschichten sowie zur Hartchromschicht werden von der Industrie derzeit gefordert. Ein Lösungsansatz dafür ist die Entwicklung von neuartigen Schichten auf Basis der Fe-TiC-Verbundwerkstoffe, wobei eisenbasierte Legierungen eine wirtschaftliche Lösung anbieten können. Am Institut für Oberflächentechnik der RWTH Aachen University (IOT) wird seit Jahren an der Entwicklung dieser neuartigen Schichtsysteme geforscht. Die Ergebnisse belegen, dass die Fe-TiC-Schichten als sinnvolle Alternative für die Hartmetallschichten sowie zur Hartchromschicht eingesetzt werden können. Umfangreiche Informationen in Bezug auf diese neuartigen Schichtsysteme können unter anderem den Publikationen [1–3] entnommen werden. Im Folgenden werden zwei Fe-TiC-Schichtsysteme kurz vorgestellt, um das herausragende Potential dieser Schichtsysteme aufzuzeigen.

1 Auswahl der Ausgangswerkstoffe

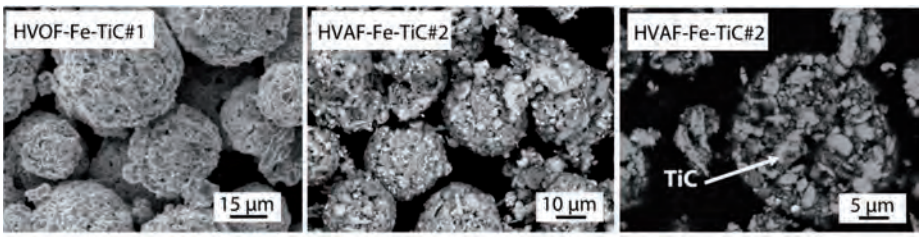
Um gezielt alternative Verschleißschutzschichtkonzepte zu Hartchrom- und Cermetschichten mit Hilfe des Thermischen Spritzens zu entwickeln, wurden am IOT zunächst die Ausgangswerkstoffe zur Schichtherstellung, die sogenannten Spritzzusatzwerkstoffe, angepasst. Dazu wurde ein neuer Spritzzusatzwerkstoff mit einem Gewichtsanteil des TiC-Hartstoff von w_{TiC} = 33 % und einer Stahllegierung Fe13,5Cr3Mo0,75C mit w_{Stahl} = 67 % für dieses Ziel ausgelegt. Im Folgenden wird dieser Fe-TiC#1 bezeichnet. Das agglomerierte und gesinterte Spritzpulver der Kornfraktion von f = 45 + 20 µm wurde im Rahmen des IGF-Forschungsprojekts IGF Nr.: 14.510 N in Zusammenarbeit mit der Oerlikon Metco WOKA GmbH (Barchfeld, Deutschland) hergestellt. In einem nächsten Schritt wurde dann im Hinblick auf Anwendungen zum Beispiel in der Hydraulikindustrie zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit ein Spritzwerkstoff aus einem TiC-Hartstoff und einer höherlegierten Stahllegierung Fe27Cr18Ni3Mo von w_{Stahl} = 66 % verwendet. Im Folgenden wird dieser Fe-TiC#2 bezeichnet. Dazu wurden jeweils im Rahmen der IGF-Forschungsprojekte 17.701 N und 19.451 N Spritzpulver der Kornfraktion von f = 45 +10 µm für das HVOF-Verfahren sowie von f = 35 + 9 µm für das HVAF-Verfahren entwickelt; sie werden im Weiteren mit HVOF und HVAF vor dem Pulvernamen gekennzeichnet. Die vollständige Annotation kann *Abbildung 1* entnommen werden. Sie zeigt rasterelektronenmikroskopische (REM) Aufnahmen der verschiedenen entwickelten Spritzzusatzwerkstoffe in der Aufsicht sowie im Querschliff. Die feinen TiC-Hartstoffpartikel sind in agglomerierten und gesinterten Partikeln relativ homogen verteilt.

2 Untersuchung der Schichtstruktur und -eigenschaften

In den nächsten Schritten wurden die entwickelten Spritzzusatzwerkstoffe verwendet, um Beschichtungen zu applizieren. *Abbildung 2* zeigt REM-Aufnahmen der Schichten HVOF-Fe-TiC#1, HVOF-Fe-TiC#2 sowie HVAF-Fe-TiC#2 im Querschliff. Es ist zu erkennen, dass alle Schichten eine homogene sowie gleichzeitig dichte Schichtstruktur besitzen. Die TiC-Partikel sind homogen in der Schichtmatrix verteilt.

Die Schichten HVOF-Fe-TiC#1 besitzen eine Mikrohärte im Bereich von 710 HV0,3 bis 740 HV0,3. HVOF-Fe-TiC#2 weist eine Mikrohärte von 650 HV0,3 bis 730 HV0,3 auf. Die etwas niedrigere Mikrohärte ist auf die austenitische Matrix zurückzuführen.

Für HVAF-Fe-TiC#2 wird eine Mikrohärte zwischen 615 HV0,3 und 670 HV0,3 gemessen. Die geringeren Werte im Vergleich zu den HVOF-Schichten resultieren aus der geringeren Menge der Oxideinschlüsse und Chromkarbide in den HVAF-Schichten. Alle neu entwickelten Fe-TiC-Schichten haben folglich geringere Härtewerte als gängige



Annotation	HVOF: f = -45 + 20 µm	HVAF: f = -35 + 9 µm
Fe-TiC#1	TiC – 67 % Fe13,5Cr3Mo0,75C f = -45 + 20 µm	TiC – 67 % Fe13,5Cr3Mo0,75C f = -35 + 9 µm
Fe-TiC#2	TiC – 66 % Fe27Cr18Ni3Mo f = -45 + 20 µm	TiC – 66 % Fe27Cr18Ni3Mo f = -35 + 9 µm

Abb. 1: REM-Aufnahmen der Fe-TiC-Spritzpulver in Aufsicht und im Querschliff

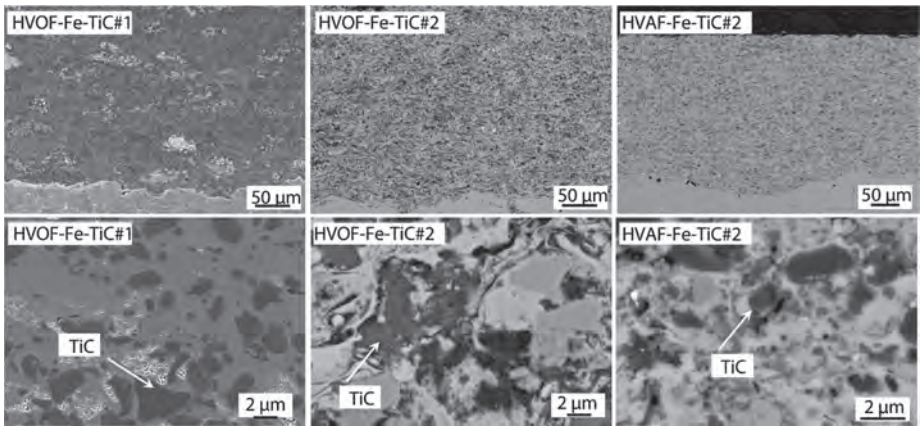


Abb. 2: REM-Aufnahmen der HVOF- und HVAF-Schichten im Querschliff

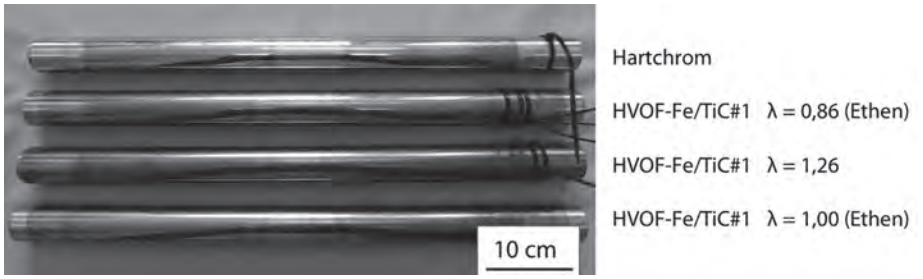


Abb. 3: Optischer Vergleich der Schichtsysteme nach Einsatz auf einem Hydraulikprüfstand [2]

HVOF-Hartmetallschichten aus Cr_3C_2/NiCr, die typischerweise eine Mikrohärte zwischen 800 HV0,3 und 900 HV0,3 aufweisen.

3 Tribologisches Verhalten der Fe-TiC-Schichten

Im Anschluss an die Charakterisierung der Härte und der Schichtstruktur wird das tribologische Verhalten der neu entwickelten Beschichtungen überprüft. Auch hier wurde das Verschleißverhalten der neuen Beschichtungen im Vergleich zu einer gängigen HVOF-Cr_3C_2/NiCr-Schicht untersucht. Dies findet auf einem Pin-on-Disc-Tribometer der CSM Instruments SA (Freiburg, Deutschland) bei Raumtemperatur im Trockenlauf statt. Als Gegenkörper diente eine Al_2O_3-Kugel mit einem Durchmesser von 6 mm. Die Auswahl des Gegenkörpers wurde vor allem im Hinblick auf die Prüfung der Abrasionsbeständigkeit als Gegenkörper getroffen. Die Normalkraft betrug 10 N und die Prüfgeschwindigkeit wurde auf 100 mm/s festgelegt. Die gesamte Prüfstrecke ergab sich zu 1000 m.

Sowohl die HVOF-Fe-TiC-Schicht als auch die HVOF- und HVAF-Fe-TiC-Schicht zeigten aufgrund der TiC-Verstärkung trotz ihrer vergleichsweise niedrigeren Mikrohärte einen geringeren Volumenverlust als die Referenzschicht aus Cr_3C_2/NiCr [1–3] und damit eine hohe Abrasionsbeständigkeit.

Im Hinblick auf Anwendungen in der Hydraulikindustrie wurden daher in einem nächsten Schritt mit unterschiedlichen Parametern gespritzte HVOF-Fe-TiC-Schichten im Vergleich zur Hartchromschicht in einem Hydraulikprüfstand getestet [2]. Nach Ablauf der Prüfzeit von 14 Tagen haben alle Fe-TiC-Schichten und die Hartchromschicht den Belastungen standgehalten. Wie *Abbildung 3* zeigt, sind makroskopisch keine Schichtdefekte zu erkennen. Beim Auswerten der Messwerte konnte gezeigt werden, dass die HVOF-Fe-TiC-Schichten im Vergleich zur Hartchromschicht sogar einen geringeren Verschleiß aufwiesen [2]. Damit sind die neu entwickelten und thermisch gespritzten Fe-TiC-Schichten eine vielversprechende Alternative zu Hartchromschichten.

4 Korrosionsverhalten der Fe-TiC-Schichten

Um abschließend noch das Korrosionsverhalten der Beschichtungen einzuschätzen, wurden elektrochemische Korrosionsversuche in künstlichem Meerwasser durchgeführt. Dazu wurde der Potentiostat Reference 600+ der Gamry Instruments (Warminster, USA) mit einer Vorschubgeschwindigkeit von ΔE = 0,5 mV/s und einer Kalomel-Referenzelektrode verwendet. Die Ergebnisse, die eingehend in [3] beschrieben sind, belegen, dass die Fe/TiC-Beschichtungen einen vergleichbaren Korrosionsschutz wie bereits industriell etablierte Beschichtungen aus WC/CoCr oder Cr_3C_2/NiCr in künstlichem Meerwasser erzielen können.

5 Fazit

Die neuartigen Fe-TiC-Schichten zeigen aufgrund der TiC-Verstärkung eine hohe Verschleißbeständigkeit. Gleichzeitig ermöglicht die hochlegierte Eisen-Matrix eine gute Korrosionsbeständigkeit. Somit sind die Fe-TiC-Schichten eine hervorragende Alternative zu Cermetschichten und Hartchrom.

Literatur

[1] K. Bobzin, T. Schläfer, K. Richardt, T. Warda, G. Reisel: Titankarbidverstärkte Eisenbasiswerkstoffe – Eine kostengünstige Lösung für Verschleißschutzanwendungen; Thermal Spray Bulletin, 1 (2008), S. 20–126

[2] K. Bobzin, M. Öte, T. F. Linke, K. M. Malik: Wear and Corrosion Resistance of Fe-Based Coatings Reinforced by TiC Particles for Application in Hydraulic Systems; Journal of Thermal Spray Technology 25 (2016), pp. 365–374

[3] K. Bobzin, W. Wietheger, T. Königstein, L. Zhao, K. M. Malik: Weiterentwicklung der eisenbasierten, titankarbidverstärkten thermisch gespritzten Beschichtungen für den Verschleißschutz unter korrosiver Beanspruchung; Thermal Spray Bulletin, 1 (2020), S. 44–51

DOI: 10.7395/2023/zhao1

AKTUELLES aus Wirtschaft, Wissenschaft und Technik
finden Sie auf unserer Webseite: www.womag-online.de
Umfassend und immer auf dem neuesten Stand!

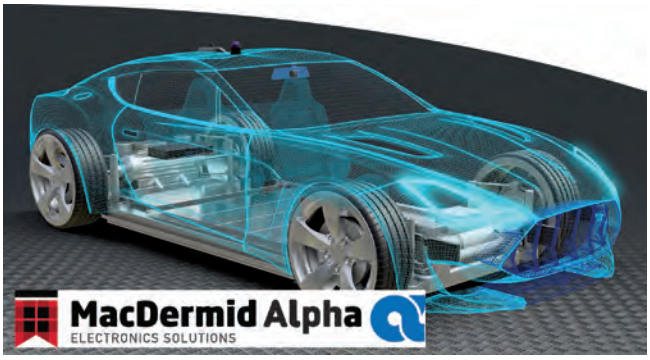
Oberflächentechnik - Unterstützer und Treiber für die Transformation der Fahrzeugtechnologie

Teil 2 – Übersicht der Antriebsarten und wichtige Komponenten

Surface technology - supporter and driver for the transformation of vehicle technology

Part 2 – Overview of drive alternatives and important components

Von Rainer Venz



Für Fahrzeuge, die nicht mit Muskelkraft betrieben werden, können verschiedene Motorenarten zum Einsatz kommen. Diese übertragen die Bewegungsenergie entweder direkt oder über ein Getriebe auf die Antriebsräder. Es gibt Fahrzeuge mit Front-, Heck- oder Allradantrieb. Die aktuellen Antriebsarten von Fahrzeugen können in zwei Hauptgruppen unterschieden werden – die Verbrennungsmotoren und die Elektromotoren und die daraus zusätzlich abgeleiteten, verschiedenen Hybridvarianten. Alle Antriebsarten haben spezielle Herausforderungen, die gemeistert werden müssen, um die Ansprüche an Performance, Zuverlässigkeit, Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit zu erfüllen. Intelligente Werkstoffauswahl und geeignete Oberflächenbehandlungsverfahren können dazu beitragen, die jeweiligen Anforderungen zu erfüllen. Im vorliegenden Artikel werden die verschiedenen Antriebsarten sowie einige wichtige Komponenten und einige kritische Anforderungen vorgestellt.

Im frühen 18. Jahrhundert wurde von Thomas Newcomen die erste funktionsfähige Dampfmaschine entwickelt, die später von James Watt weiterentwickelt und verbessert wurde. Anfang des 19. Jahrhunderts spielten diese Maschinen eine wichtige Rolle beim Antrieb von Schiffen und Lokomotiven. 1769 stellte Nicholas Cugnot den ersten dampfgetrieben Wagen vor (*Abb. 8*). Zur Dampferzeugung wurden laut Wikipedia meistens Brennstoffe wie Brennholz, Kohle, Koks oder Teeröl verwendet.

Einen der ersten internen Verbrennungsmotoren hat der belgische Erfinder Étienne Lenoir bereits 1860 in seinem *Hippomobile* eingesetzt (*Abb. 9*), in dem er die neun Kilometer lange Strecke von Paris nach Joinville-le-Pont und zurück fuhr. Der Motor wurde mit Gas befeuert, unter anderem auch mit Wasserstoff, der während der Fahrt durch Elektrolyse erzeugt wurde.

Der bekannte und heute noch verwendete Ottomotor wurde nach Nicolaus August

Abb. 8: Dampfwagen von Nicholas Cugnot [1]
Fig. 8: Nicholas Cugnot's steam carriage [1]

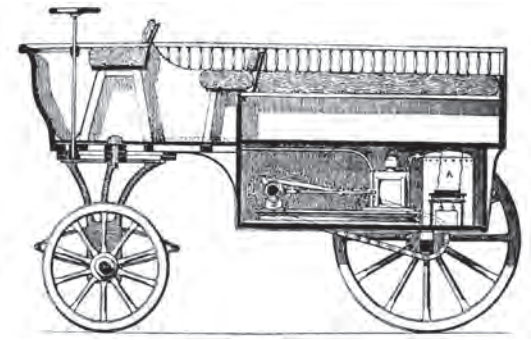


Abb. 9: Hippomobile [1]
Fig. 9: Hippomobile [1]

Various types of engines can be used for vehicles that are not operated with muscle power. These transmit the kinetic energy to the drive wheels either directly or via a gearbox. There are vehicles with front, rear, or all-wheel drive. The current drive types of vehicles can be divided into two main groups - the combustion engines and the electric motors and the various hybrid variants derived from them. All drive types have special challenges that must be mastered in order to meet the demands for performance, reliability, sustainability and environmental friendliness. Intelligent material selection and suitable surface treatment methods can help to meet the respective requirements. This article introduces the different types of drives, some key components, and some critical requirements.

In the early 18th century, the first working steam engine was developed by Thomas Newcomen and later improved by James Watt. At the beginning of the 19th century, these machines played an important role in powering ships and locomotives. In 1769, Nicholas Cugnot introduced the first steam-powered carriage (*Fig. 8*). According to Wikipedia, fuels such as firewood, coal, coke, or creosote were mostly used to generate steam.

The Belgian inventor Étienne Lenoir used one of the first internal combustion engines as early as 1860 in his *Hippomobile* (*Fig. 9*), in which he drove the nine-kilometer route from Paris to Joinville-le-Pont and back. The engine was fired with gas, including hydrogen, which was generated by electrolysis while driving.

The well-known Otto engine, which is still used today, was named after

Otto benannt, der das Viertaktverfahren entwickelt hat. Rudolf Diesel hat den zweiten berühmten Verbrennungsmotor erfunden, den gleichnamigen Dieselmotor, der nach dem Prinzip der Kompressionszündung arbeitet. Verbrennungsmotoren haben rund ein Jahrhundert lang den Automobilmarkt dominiert. Sie können, je nach Bauart, unter anderem mit verschiedenen Benzinsorten, Diesel, Ethanol, Autogas (LPG = Liquefied Petroleum/Propane Gas), Erdgas, Wasserstoff, RME (Rapsmethylester) und synthetischen Kraftstoffen (bekannt als E-Fuels) betrieben werden. Benzin- und Diesel-befeuerte Motoren stellen die absolute Mehrheit unter den Verbrennern dar. Die anderen Alternativen werden in deutlich geringerem Umfang verwendet. Durch den langjährigen Einsatz konnten die Motoren immer weiter optimiert werden. Einspritzsysteme und Katalysatoren sind nur zwei Beispiele.
Da Verbrennungsmotoren in der Regel mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, setzen sie im Betrieb große Mengen Kohlenstoffdioxid (CO_2) frei und beeinflussen daher den Klimawandel wesentlich. Dieser Umstand ist ein entscheidender Treiber für Antriebsarten, die nicht auf fossilen Brennstoffen basieren, was uns zur zweiten wichtigen Hauptgruppe führt, den Elektroantrieben.
Die Elektroantriebe lassen sich unterscheiden in vollelektrische Antriebe und Hybride, die zusätzlich noch einen Verbrennungsmotor verbaut haben und somit immer noch direkt Kohlenstoffdioxid ausstoßen, wenn auch in geringeren Mengen. Brennstoffzellenfahrzeuge stellen eine besondere Fahrzeugart dar, da der für die Elektromotoren benötigte Strom direkt während der Fahrt erzeugt wird. Als Abfallprodukt entsteht bei der Reaktion reines Wasser. Diese Fahrzeuge kommen daher mit einer deutlich kleineren Batterie aus, die zum Zwischenpuffern des Stroms genutzt wird und die die durch Rekuperation zurückgewonnene Energie speichert.
Bei den verschiedenen Hybriden wird im Wesentlichen zwischen Plug-in- und sogenannten Mildhybriden unterschieden. Die Batterien der Plug-in-Hybridmodelle werden während der Fahrt durch Rekuperation nachgeladen, können aber über ein externes Ladekabel auch direkt geladen werden. Plug-in-Hybridfahrzeuge können wahlweise auch rein elektrisch gefahren werden, wobei die rein elektrische Reichweite – je nach Batteriekapazität – in der Regel zwischen 40 km und 80 km liegt. Mildhybride lassen sich nicht extern laden, sie werden durch Rekuperation geladen. Die Elektromotoren werden zur Unterstützung der Verbrennungsmotoren eingesetzt; Mildhybride fahren nicht rein elektrisch.
Elektrofahrzeuge erzeugen im Betrieb nicht direkt Kohlenstoffdioxid. Wie stark die CO_2-Emissionen reduziert werden können, hängt allerdings bei vollelektrischen Fahrzeugen davon ab, wie die Energie – also der Strom oder der Wasserstoff – hergestellt wurden. Nur bei Verwendung von 100 % grünem Strom oder Wasserstoff ist der Betrieb wirklich frei von CO_2-Emissionen. Hybride können aufgrund des zusätzlichen Verbrennungsmotors den CO_2-Ausstoß lediglich reduzieren. Die reduzierte Menge hängt dabei sehr stark davon ab, wie häufig die Batterie geladen und das Fahrzeug im E-Modus gefahren wird.

Unterstützung der Oberflächentechnik

Eine wichtige Frage für die Branche der Oberflächentechnik und den Kundenkreis der Automobilbauer lautet jetzt natürlich: Wie können die Oberflächentechnik und Materialauswahl dabei unterstützen, die Anforderungen an die Performance, Zuverlässigkeit, Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit zu verbessern?
Bei Fahrzeugen mit klassischen Verbrennungsmotoren lagen die Herausforderungen typischerweise darin, den Korrosions- und Ver-

Nicolaus August Otto, who developed the four-stroke process. Rudolf Diesel invented the second famous internal combustion engine, the diesel engine of the same name, which works on the principle of compression ignition. Internal combustion engines have dominated the automobile market for around a century. Depending on the design, they can be operated with various types of petrol, diesel, ethanol, autogas (LPG = Liquefied Petroleum/Propane Gas), natural gas, hydrogen, RME (rapeseed methyl ester) and synthetic fuels (known as e-fuels). Gasoline and diesel-fired engines represent the absolute majority among combustion engines. The other alternatives are used to a much lesser extent. Thanks to many years of use, the engines have been continuously optimized. Injection systems and catalytic converters are just two examples.
Since internal combustion engines are usually powered by fossil fuels, they release large amounts of carbon dioxide (CO_2) during operation and therefore have a significant impact on climate change. This fact is a key driver for non-fossil fuel-based propulsion types, which brings us to the second major group, electric propulsion.

The electric drives can be divided into fully electric drives and hybrids, which also have a combustion engine installed and therefore still emit carbon dioxide directly, albeit in smaller quantities. Fuel cell vehicles represent a special type of vehicle, since the electricity required for the electric motors is generated directly while driving. The reaction produces pure water as a waste product. This means that these vehicles get by with a much smaller battery, which is used to temporarily buffer the electricity and stores the energy recovered through recuperation.

When it comes to the various hybrids, a basic distinction is made between plug-in hybrids and so-called mild hybrids. The batteries of the plug-in hybrid models are recharged while driving through recuperation but can also be charged directly using an external charging cable. Plug-in hybrid vehicles can also be driven purely electrically, with the purely electric range – depending on the battery capacity – usually being between 40 km and 80 km. Mild hybrids cannot be charged externally, they are charged through recuperation. The electric motors are used to support the internal combustion engines; Mild hybrids are not driven purely electrically.

Electric vehicles do not generate carbon dioxide directly during operation. However, the extent to which CO_2 emissions can be reduced in fully electric vehicles depends on how the energy – i. e., electricity or hydrogen – was produced. Only when using 100 % green electricity or hydrogen is the operation really CO_2 emission-free. Hybrids can only reduce CO_2 emissions due to the additional combustion engine. The reduced amount depends very much on how often the battery is charged and the vehicle is driven in E mode.

Surface engineering support

An important question for the surface technology industry and the customer base of automobile manufacturers is now, of course: How can surface technology and material selection help to improve the requirements for performance, reliability, sustainability, and environmental friendliness?
In the case of vehicles with classic combustion engines, the challenge was typically to continuously optimize the corrosion and wear pro-

schleißschutz der im System verwendeten Komponenten ständig weiter zu optimieren. Dabei war die Lebensdauer nicht der Hauptfokus, da diese in Serienfahrzeugen in der Regel sicher erreicht wird. Es ging bisher vielmehr um Dinge wie Gewichtsersparnis, Vermeidung von kosmetischer Korrosion, Reduzierung von Reibung – und dadurch geringeren Kraftstoffverbrauch.

Bei Elektrofahrzeugen aller Art kommen neue Komponenten zum Einsatz, insbesondere der Anteil an Elektronik nimmt stetig zu, und damit führen Vibrationen und Hitze zu einem großen Gefährdungspotenzial. Daher benötigen elektronische Komponenten (*Abb. 10*) bereits in der Entwicklungsphase spezielle Aufmerksamkeit, um ein vorzeitiges Versagen zu verhindern. Dies kann nur erreicht werden, wenn die Werkstoff- und Oberflächenspezialisten rechtzeitig involviert werden und ihre Erfahrung sowie Empfehlungen einbringen können.

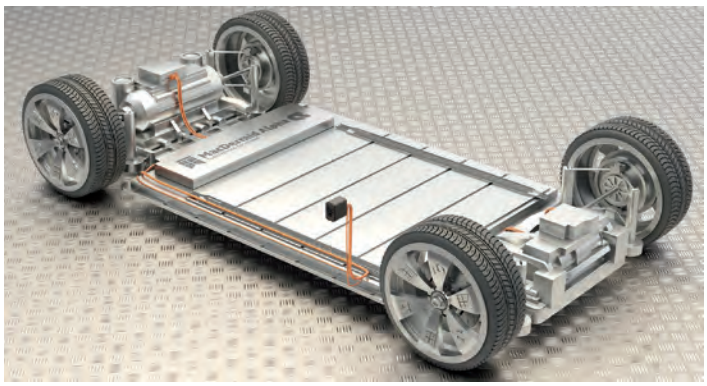


Abb. 10: Plattform für E-Fahrzeuge, schematische Darstellung [2]
Fig. 10: Platform for e-vehicles, schematic representation [2]

Eine wichtige Komponente bei Elektrofahrzeugen ist der Inverter, dessen wesentliche Aufgabe es ist, den Gleichstrom aus den Batterien in Wechselstrom zu wandeln. Eine wichtige Schnittstelle am Inverter befindet sich zwischen den Leistungsmodulen und den Kühlkörpern. Die Herausforderung besteht darin, auf möglichst kleinem Bauraum möglichst viel Leistung unterzubringen. Das bedeutet, dass die Verbindungen eine sehr hohe Energiedichte transportieren müssen und die dabei entstehende hohe Temperatur sicher abgeleitet werden kann. Selbst unter diesen harschen Bedingungen dürfen die im Fahrzeug entstehenden Vibrationen die feste Verbindung der einzelnen Komponenten nicht gefährden. Ein bewährter Lösungsansatz ist die Substitution der Lötverbindungen durch widerstandsfähige Sinterverbindungen.

Eine weitere wichtige Komponente ist die Fahrzeugbatterie. Es werden immer leistungsfähigere Batterien entwickelt, die über eine höhere Energiedichte verfügen und sich durch schnellere Lade- und Entladezyklen auszeichnen. Beides führt zu höheren Temperaturen, die gleichmäßig verteilt und abgeleitet werden müssen. Hierbei ist es wichtig, den Wärmeübergangswiderstand möglichst klein zu halten, was durch den Einsatz von für die jeweilige Anwendung optimierten Gap Filler erreicht werden kann.

Elektronische Komponenten müssen immer mehr Informationen empfangen, verarbeiten und weiterleiten können. Dies erfolgt durch den Austausch elektrischer Signale, zwischen verschiedenen Komponenten, wie Sensoren, Kameras, Aktuatoren, sowie zentrale oder dezentrale Rechner, die die Daten verarbeiten und daraus Aktionen einleiten. Dies können wichtige Aktionen sein, wie zum Beispiel eine Notbremsung. Dementsprechend kritisch ist es, dass alle Leiterplatten einwandfrei funktionieren – auch unter thermischen und mechanischen Stressbedingungen. Moderne Leiterplatten bestehen aus Multilagen, die galvanotechnisch durchkontaktiert werden. Hier lässt sich beispielsweise die Zuverlässigkeit erhöhen, wenn das Direktmetallisierungsverfahren verwendet wird. Bei der Bestückung der elektronischen Bauteile auf die Leiterplatte kann die mechanische Stabilität durch geeignete Harze – den sogenannten *Underfill* – deutlich verbessert werden.

Im nächsten Artikel werden die Oberflächen- und Verbindungstechnologien näher beschrieben sowie weitere Vorteile hervorgehoben.

tection of the components used in the system. The service life was not the focus, as this is usually achieved in series vehicles. So far, it has been more about things like reducing weight, avoiding cosmetic corrosion, reducing friction – and thus lower fuel consumption.

New components are used in all types of electric vehicles, and the proportion of electronics in particular is constantly increasing, and vibrations and heat therefore lead to a major hazard potential. Therefore, electronic components (*Fig. 10*) need special attention already in the development phase to prevent premature failure. This can only be achieved if the material and surface specialists are involved in good time and can contribute their experience and recommendations.

An important component in electric vehicles is the inverter, the main task of which is to convert the direct current from the batteries into alternating current. An important interface on the inverter is between the power modules and the heat sinks. The challenge is to accommodate as much power as possible in the smallest possible space. This means that the connections must transport a very high energy density and be able to safely dissipate the resulting high temperature. Even under these harsh conditions, the vibrations generated in the vehicle must not endanger the secure connection of the individual components. A tried-and-tested solution is the substitution of soldered connections with sintered connections.

Another important component is the vehicle battery. More and more powerful batteries are being developed that have a higher energy density and are characterized by faster charging and discharging cycles. Both lead to higher temperatures that must be evenly distributed and dissipated. It is important to keep the heat transfer resistance as small as possible, which can be achieved by using gap fillers that are optimized for the respective application.

Electronic components must be able to receive, process and forward more and more information. This is done by exchanging electrical signals between different components, such as sensors, cameras, actuators, as well as central or decentralized computers that process the data and initiate actions from it. These can be important actions, such as emergency braking. Accordingly, it is critical that all printed circuit boards work perfectly – even under thermal and mechanical stress conditions. Modern printed circuit boards consist of multi-layers that are electroplated through. Here, for example, the reliability can be increased if the direct metallization process is used. When assembling the electronic components on the printed circuit board, the mechanical stability can be significantly improved by using suitable resins - the so-called *underfill*.

The above examples will be discussed individually and in detail in the next article. The surface and connection technologies are described, and other advantages are highlighted.

Literatur / References

[1] Wikipedia, last call in August 2023
[2] MacDermidAlpha, picture from archive

iB+ GALVANIK SERVICE

MET AT LAB
Hull-Bleche & Zubehör

Das unabhängige Galvaniklabor

Oberflächen
Schichtdicken
Mikroskopie
Rauigkeitsmessungen

Flüssigkeiten
Badanalyse
Hull-Zelle

Funktion
Lötprüfung
Passivierungstest
Alterung
Whisker

www.galvanikservice.de

ZVO-OBERFLÄCHENTAGE
BERLIN
13.-15.09.2023
STAND 62

Der Shop rund um die Hull-Zelle

Top-Qualität
Extrem plan für optimale Testergebnisse
Minimalste Toleranz für optimale Anpassung
Abgerundete Ecken für sicheres Handling

Top-Service
Umfassende Galvanik-Erfahrung
Spezialisiertes Galvanik-Knowhow

Top-Shop
Spezialisierte Produktpalette
Sichere Abrechnung
Zuverlässige Lieferung
Persönlicher Kontakt

www.met-at-lab.com

Autonomes Fahren und die Herausforderungen für Werkstoffe und Oberflächen bei 4D-Radarsystemen

Von Jürgen Hofinger[1], Thomas Bertuch[2], Carlos Galvis-Salzburg[2] und Frank Gräbner[3]

Zum online-Artikel

Zur Realisierung der Zukunftstechnologie des autonomen Fahrens und dessen mehrere Vorstufen bedarf es erheblicher Weiterentwicklungen bei der notwendigen Sensorik zur Erkennung der bewegten Umgebung. Die besten Aussichten, um die erforderlichen Informationen zu liefern, hat die Radartechnologie. Allerdings muss die Technologie deutliche Fortschritte im Hinblick auf die Miniaturisierung der Antennen, deren Robustheit unter den Belastungen im Straßenverkehr oder der Fertigung mit leichten und kostengünstigen Rohstoffen in großen Stückzahlen erzielen. Die Beschichtungstechnik spielt für die Herstellung der in den Radarsensoren integrierten Antennen eine wichtige Rolle, wobei die dafür vorrangig in Betracht kommenden Verfahren der Vakuumbeschichtung und der galvanotechnischen Abscheidung zu vergleichen sind. Es zeigt sich, dass für die vorliegenden Anforderungen die galvanotechnischen Abscheideverfahren besser geeignet sind.

Autonomes Fahren ist für die Automobilbranche bereits seit einigen Jahren einer der großen Wunschträume für die Zukunft. Sogenannte 4D-Radarsysteme werden dabei sehr wahrscheinlich eine wichtige Rolle spielen, da sie bei vergleichsweise geringen Kosten selbst bei schlechtem Wetter entscheidende Informationen über das Fahrumfeld liefern können im Gegensatz zu optischen Systemen, die daran bereits scheitern.

Komplett autonomes Fahren, bei dem kein menschlicher Fahrer mehr benötigt wird, liegt vermutlich noch einige Jahre in der Zukunft, auch wenn immer wieder vollmundige Ankündigungen etwas anderes versprechen. Dieser als *Level 5* bezeichneten Stufe des autonomen Fahrens gehen aber die Varianten *assistiertes Fahren*, *teilautomatisiertes Fahren*, *hochautomatisiertes Fahren* und *vollautomatisiertes* Fahren mit einem menschlichen Fahrer voraus. Auf diesem langen Weg sind noch schwierige juristische Fragen zu klären, so etwa, nach welchen Richtlinien die Systeme in kritischen Fahrsituationen entscheiden sollen sowie Fragen der Haftung bei Unfällen. Auch auf technischer Seite gibt es große Herausforderungen, die sich zu zwei Hauptthemen zusammenfassen lassen:

- die Hardware, mit der Informationen über die komplette Umgebung des Fahrzeugs kontinuierlich gemessen werden müssen
- die Software, die mithilfe von Methoden des Machine Learning und der künstlichen Intelligenz die wichtigen Informationen herausfiltern, Entscheidungen treffen und entsprechende Fahrzeugfunktionen ansteuern muss.

Bei der Hardware kommen verschiedene Systeme zum Einsatz, die sich durchaus gut ergänzen können. Kamerasysteme liefern Live-Bilder der Umgebung, die mit Hilfe von Echtzeit-Bildanalysen sehr schnell Objekte erkennen können. Voraussetzung ist eine freie Sicht; Objekte hinter anderen nicht transparenten Hindernissen können grundsätzlich nicht erkannt werden. Nicht nur schlechtes Wetter wie starker Regen oder Nebel sind eine Herausforderung, sondern auch die Sonne in Gegenlichtsituationen oder andere blendende Lichtquellen, wenn zum Beispiel nachts die Umgebung nur teilweise oder schlecht beleuchtet wird.

Besser kommen LiDAR-Systeme mit schwierigen Lichtverhältnissen zurecht. *LiDAR* steht für *Light Detection and Ranging*. Es handelt sich im Gegensatz zu Kameras um ein aktives System, bei dem mit Hilfe eines Laserstrahls in einem extrem engen Winkel Objekte bestrahlt werden. Über eine Laufzeitmessung zwischen Abstrahlung und dem empfangenen reflektierten Licht kann der Abstand der Objekte bestimmt werden. Über den Vergleich von mehreren Messungen desselben Objekts kann somit auch dessen Geschwindigkeit bestimmt werden. So mancher Autofahrer wird mit dieser Option bereits im Rahmen von Geschwindigkeitskontrollen ungewollt in Kontakt gekommen sein. Die von den Ordnungshütern eingesetzten mobilen Geräte setzen auf diese Technik. Durch schnelles Scannen mit einzelnen Impulsen in verschiedenen Richtungen können mit dieser Methode ähnlich wie bei einer Kamera auch mehrere Objekte in einem größeren Raumwinkel beobachtet werden. Werden die Sichtverhältnisse allerdings zu schlecht, kommen auch LiDAR-Systeme in Schwierigkeiten. Außerdem sind die Systeme zumindest gegenwärtig im Vergleich zu ihren technologischen Konkurrenten relativ teuer.

Die sicher am besten bekannte Methode zur Erkennung von Ort und Geschwindigkeit auch weit entfernter Objekte ist die Radar-Messtechnik. Auch dieses Verfahren ist bei Autofahrern durch ihren Einsatz bei der stationären Geschwindigkeitsüberwachung typischerweise nicht sonderlich beliebt. Im Gegensatz zum LiDAR-Verfahren kann hier die Geschwindigkeit eines Objekts direkt über den Dopplereffekt gemessen werden. Sollen allerdings sowohl Entfernung als auch Geschwindigkeit mit hoher Genauigkeit gemessen werden, wird auch bei diesem Verfahren die Geschwindigkeit über den zeitlichen Verlauf der Entfernungen bestimmt. Besondere Vorteile der Radartechnik sind ihre hohe Robustheit gegenüber schlechten Witterungsverhältnissen und eine mögliche Massenfertigung zur sehr günstigen Kosten.

1 4D-Radarsysteme

Stationäre Blitzkästen zur Geschwindigkeitskontrolle im Straßenverkehr begnügen sich mit der Radarvermessung jeweils eines einzelnen Ziels an einer vorher bekannten räumlichen Position. In diesem Fall interessiert nur die Geschwindigkeit. Bei den radarbasierten Fahrassistenten zur Abstandsregelung in Fahrzeugen, ebenso wie bei ihren laserbasierten technologischen Wettbewerbern,

[1] Biconex GmbH, Heidestraße 70, D-01454 Radeberg
[2] Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR, Fraunhoferstraße 20, D-53343 Wachtberg
[3] IMG Electronic & Power Systems GmbH, An der Salza 8a, D-99734 Nordhausen

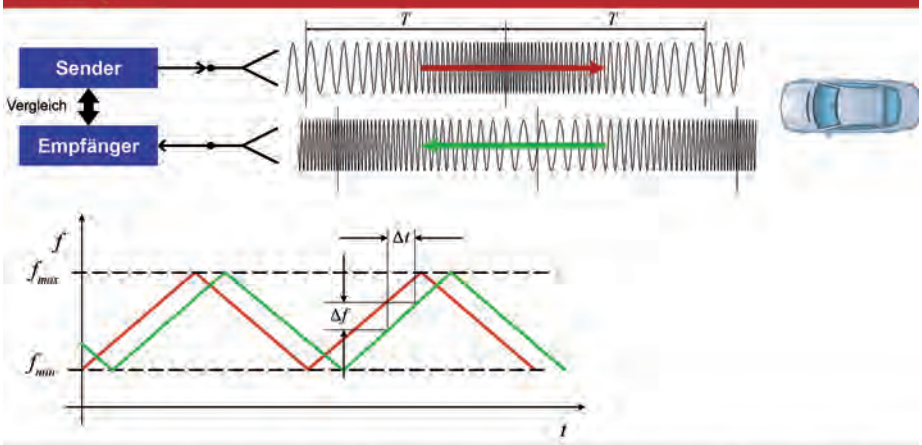
werden dagegen hunderte Reflexionen aus einer Vielzahl von räumlichen Winkeln und Abständen verarbeitet. Wurden in der Vergangenheit hauptsächlich die Zielparameter Abstand, Geschwindigkeit und horizontaler Winkel bezogen auf die Fahrzeugachse bestimmt, so sind zukünftige 4D-Radarsysteme in der Lage, eine vierte Dimension, nämlich die Höhe von Zielen über der Straßenoberfläche zu vermessen. Den radialen Abstand und die Geschwindigkeit eines Ziels erhält man durch eine zeitliche Abfolge sich wiederholender Radarsignale (s. *Infokasten Radarsignal*) während sich die Richtung eines Ziels aus dem Vergleich der Laufzeiten eines Echos zu zwei oder mehr Empfangsantennen ergibt (s. *Infokasten Winkelbestimmung*).

Voraussetzung für eine gute räumliche Auflösung ist die Verwendung einer großen Frequenzbandbreite (radiale Auflösung) und einer großen Antennenfläche (Richtungsauflösung). Neben einer hohen Anzahl an Einzelantennen könnte die Winkelauflösung in verschiedenen Richtungen natürlich durch mechanisches Schwenken einer einzelnen großen Antenne erreicht werden. Das ist aber langsam, wartungsintensiv und würde das Radarsystem stark verteuern. Eine bessere Variante ist das elektronische Schwenken der Blickrichtung der Antenne, wobei viele Einzelantennen über eine Phasenverschiebung die Radarsignale zusammen in verschiedene Richtungen ausstrahlen können. Aber selbst dieses, hauptsächlich im militärischen Bereich eingesetzte Verfahren, ist wegen der Vielzahl an notwendigen Elektronikkomponenten sehr kostenintensiv.

Stattdessen wird ein Verfahren eingesetzt, das auf der Verwendung mehrerer Sende- und Empfangsantennen beruht, die alle den gesamten relevanten Winkelbereich ausleuchten, ohne zunächst eine bestimmte Richtung zu bevorzugen. Nur durch die geschickte Kombination von verschiedenen Sende- und Empfangsantennen wird eine hohe Richtungsauflösung erzielt (s. *Infokasten MIMO*).

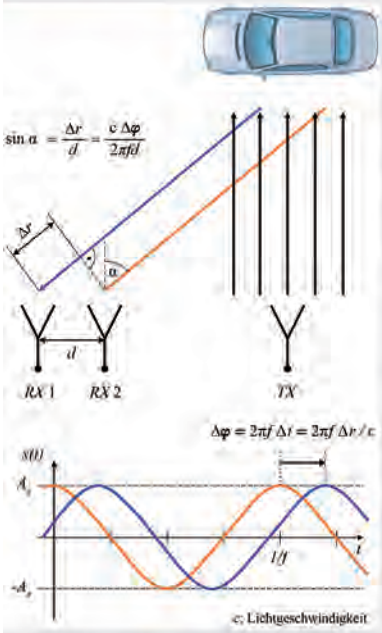
Bisher befanden sich die Einzelantennen direkt auf einer gedruckten Schaltung zusammen mit den elektronischen Bauelementen. Sie sind auf dem Schaltkreis als quadratische Punkte zu erkennen und strahlen als *Patch-Antennen* die elektromagnetischen Wellen vorwiegend in den Halbraum vor der Leiterplatte ab. Diese einfache Bauweise hat allerdings den Nachteil, dass ein großer Teil der elektromagnetischen Leistung während des Transports von der Hochfrequenzelektronik zu den Antennen wegen der verlustbehafteten Zuleitungen verloren geht. Dieses Problem kommt besonders bei modernen Automobilradaren zum Tragen, da diese auf einer komplexen Antennenanordnung mit vielen Einzelantennen und entsprechend langen Zuleitungen basieren. Je höher die Frequenz, desto problematischer ist der leitungsge-

Radarsignale



Automobilradare senden und empfangen typischerweise kontinuierlich. Gesendet wird ein sogenanntes frequenzmoduliertes Dauerstrichsignal (engl.: Frequency Modulated Continuous Wave signal, FMCW signal). Das Signal ist sinusförmig mit einer Frequenz, welche über der Zeit stückweise linear zwischen einem Minimal- und einem Maximalwert pendelt (f_{min} und f_{max}). Das von einem Objekt reflektierte Signal hat die gleiche Form, ist aber entsprechend der zurückgelegten Zweiwegeentfernung zwischen Radar und Objekt zeitverzögert. Das Radar vergleicht ständig intern in festen Zeitschritten die Frequenzen des zu einem Zeitpunkt gesendeten Signals und des dann empfangenen Signals. Aufgrund der Zeitverzögerung des Empfangssignals Δt ergibt sich dabei eine Frequenzdifferenz Δf, die von der Objektentfernung abhängt. Aus der Geschwindigkeit, mit der das Radar die Sendefrequenz über der Zeit variiert, lässt sich daraus die Entfernung des Objekts berechnen. Ändert sich die gemessene Differenzfrequenz im Verlauf der Zeit, so bedeutet dies, dass sich der Objektabstand ändert. Anhand dieser Änderung kann das Radar wiederum die radiale Geschwindigkeit des Objekts relativ zur eigenen Plattform berechnen.

Winkelbestimmung



Automobilradare verwenden in der Regel getrennte Antennen zum Abstrahlen eines Sendesignals (TX) und zum Empfangen der Echos (RX). Mit nur einer Sende- und einer Empfangsantenne lassen sich allerdings lediglich Abstand und Radialgeschwindigkeit von Streuobjekten ermitteln. Zur Bestimmung der horizontalen Richtung eines Objekts relativ zur Installationsplattform wird mindestens eine weitere Empfangsantenne benötigt, die so platziert wird, dass die Verbindungslinie zwischen den beiden Empfangsantennen senkrecht zur Fahrtrichtung und parallel zum Erdboden liegt. Die von einem Zielobjekt zurückgestreute elektromagnetische Welle wird von den beiden Empfangsantennen mit einer kleinen, winkelabhängigen Zeitverzögerung Δt empfangen. Nur wenn das Objekt genau in Fahrtrichtung liegt, wird das Echo von beiden Empfangsantennen gleichzeitig empfangen. Das Radargerät bestimmt die Zeitverzögerung der beiden Empfangssignale s(t) mit der Frequenz f anhand ihrer gegenseitigen Phasenlagen. Da die Signale periodisch sind, ist die Differenzphase $\Delta\varphi$ nur für relativ kleine Zeitunterschiede eindeutig. Das bedeutet, dass die beiden Empfangsantennen nur einen sehr kleinen Abstand d voneinander haben dürfen. Um eine eindeutige Differenzphase für den maximal möglichen horizontalen Winkelbereich von -90° bis +90°, unter dem der Winkel α eines Objekts eindeutig bestimmbar sein soll, zu erzielen, dürfen die beiden Empfangsantennen nicht weiter als eine halbe Wellenlänge λ voneinander entfernt sein. Bei einer Mittelfrequenz von 76,5 GHz sind dies nur etwa 2 mm. Mit lediglich zwei Empfangsantennen und dem oben erwähnten Abstand, lässt sich die Richtung eines Streuobjekts über einen großen Winkelbereich eindeutig bestimmen. Da die beiden Empfangsantennen aber so nahe beieinander liegen, ist die Genauigkeit der Winkelbestimmung sehr eingeschränkt und es lässt sich bei einer festen Entfernung die Richtung lediglich eines einzelnen Objekts auswerten. Daher werden meist mehr als nur zwei Empfangsantennen verwendet. Diese werden entlang einer Linie mit unterschiedlichen gegenseitigen Abständen angeordnet.

Für das Funktionieren dieses Verfahrens zur Bestimmung des Winkels eines Streuobjekts ist es wichtig, dass sowohl Sende- als auch Empfangsantennen den gesamten interessierenden Winkelbereich ausleuchten; sie benötigen also ein möglichst breites Strahlungsdiagramm. Auch ist es notwendig, dass der Zusammenhang zwischen Objektwinkel und Phasendifferenz möglichst eindeutig ist. Würden die Empfangsantennen im Freiraum arbeiten, so lässt sich diese Anforderung normalerweise relativ einfach erfüllen. Die vor den Antennen angeordneten Schutzschichten – zum Beispiel das Radom des Radargehäuses, Karosserieteile aus Kunststoff oder Embleme, hinter denen das Radar installiert ist – verschlechtern die Zuordnung zwischen Winkel und Phasendifferenz. Dies geht soweit, dass in der Regel die Installationsposition jedes Radargeräts auf einem Fahrzeug aufwändig optimiert werden muss.

bundene Transport der elektromagnetischen Energie. Dies kann dazu führen, dass die Leistung der empfangenen Echosignale bei einigen Zielen nicht mehr ausreicht, um diese sicher detektieren zu können.

Das starke Erhöhen der Sendeleistung ist aus Rücksicht auf die Gesundheit von eventuell direkt vor dem Radar stehenden Personen keine gute Idee und daher gesetzlich auch sehr streng geregelt. Daher ist eines der Geheimnisse einer guten 4D-Radarantenne die möglichst verlustarme Gestaltung der Hochfrequenzleitungen innerhalb des Systems. Die Lösung für zukünftige Automobilradare ist die Verwendung sogenannter Hohlleiter, oft unter dem englischen Begriff *Hollow Waveguide* bekannt (s. *Infokasten Hohlwellenleiter*).

Herkömmliche Hohlleiter werden aus gut leitendem Metall, wie beispielsweise Messing oder Aluminium, und zumindest bei komplexeren Geometrien und bei hohen mmW-Frequenzen mittels spanender Fertigungsverfahren (Fräsen) hergestellt. Bei besonders hohen Anforderungen wird die Oberfläche galvanisch mit Silber oder Gold veredelt. Für den vorgesehenen massenweisen Einsatz in Fahrzeugen wäre ein so hergestelltes Bauteil aber zu schwer und vor allem viel zu teuer. Da die elektromagnetischen Wellen aufgrund der hohen Frequenzen nur etwa einen Mikrometer tief in die Oberfläche der Antennenstrukturen eindringen (Skineffekt), können die Bauteile in großen Mengen kostengünstig aus Kunststoff im Spritzgießverfahren hergestellt werden. Die Oberfläche erhält ihre hohe Leitfähigkeit dann durch eine Metallbeschichtung mit Kupfer oder Silber. Da sich die langen Rechteck-Kanäle eines Hohlleiters vor allem bei einem komplexeren Leiternetzwerk nicht so einfach durch Spritzgießen aus einem Stück herstellen und noch weniger beschichten lassen, werden die Bauteile aus mehreren Platten kombiniert, die einzeln gespritzt und beschichtet werden (s. *Infokasten Hohlwellenleiter*).

Für eine klassische Hohlleiterantenne mit rechteckigen Wellenleiterkanälen ist es wichtig, dass die beiden Teile eines Kanals, die mit den verschiedenen Platten zusammengefügt werden, sehr gut elektrisch leitend miteinander verbunden werden. Diese technologische Anforderung ist eine potenzielle Fehlerquelle, weshalb vor wenigen Jahren die sogenannte Gap Waveguide Technologie – eine Variation des komplett metallisch geschlossenen Hohlleiters – entwickelt wurde. Hier werden die seitlichen metallischen Wände der Hohlleiter und der Bereich zwischen benachbarten Hohlleitern durch periodische Strukturen ersetzt, diese sorgen zum einen dafür, dass die in dem Hohlleiter geführte Welle nicht ausbrechen kann und zum anderen aber keinen elektrisch leitenden Kontakt zwischen den beiden Metallplatten, aus denen der Wellenleiterkanal zusammengesetzt wird, benötigen.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren werden die Anforderungen an Grundwerkstoff und Beschichtung sowie die Arten und Eigenschaften von geeigneten Beschichtungen und Beschichtungsverfahren erläutert.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 6 Seiten mit 4 Abbildungen und 4 Literaturhinweisen.

Energiesch trocknen?

FST DRYTEC
TROCKNEN UND TEMPERN MIT SYSTEM

- Haftwassertrockner nach Maß für die Galvano- und Reinigungstechnik.
- Kammer- und Durchlauftrockner für Beschichtungen
- Temperöfen zur Wärmebehandlung

www.fst-drytec.de

Was Sie wollen, wie Sie wollen.

innovativ präzise engagiert

FST Drytec GmbH
Ferdinand-von-Steinbeis-Ring 43 · 75447 Sternenfels · Fon 07045–203620 · E-mail: info@fst-drytec.de

TIBCHEMICALS

Galvanochemikalien von TIB Chemicals

Zuverlässig seit Jahrzehnten

- Metallsalze
- Säuren
- organische Intermediate
- anwendungsbereite Formulierungen

Wir bieten eine breite Palette an Grundchemie und produktbezogenen Dienstleistungen für viele Oberflächentechnik-Anwendungen.

Fordern Sie unsere neue Galvanobroschüre an oder besuchen Sie unsere Website!

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

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

www.tib-chemicals.com

Ganz im Zeichen der Nachhaltigkeit

Im Rahmen ihres 6. Korrosionsgipfel gab die mks Atotech am 27. und 28. April in Frankfurt einen Einblick in die Entwicklungen der letzten Jahre rund um das Thema der korrosionsschützenden Beschichtungen und verband dies mit Beispielen aus deren Anwendung – Teil 2

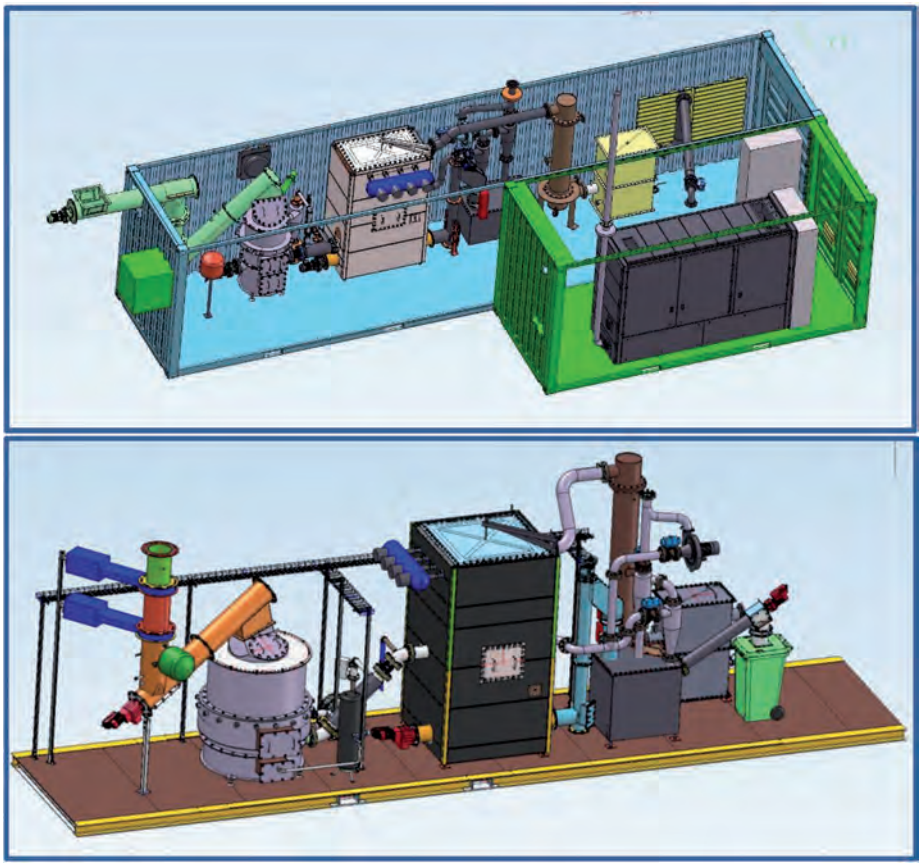
Durch das Auftragen von metallischen Überzügen aus Zink, Zink-Nickel oder als neue Variante auch Zink-Eisen werden die Korrosionsbeständigkeiten von Eisenwerkstoffen deutlich verbessert. Ebenso tragen Lamellenbeschichtungen sowie die verschiedenen Nachbehandlungen für die Zinkvarianten zu einer zusätzlichen Steigerung der Beständigkeit bei. Zur Überwachung der Korrosionsbeständigkeit oder Bewertung von neuen Beschichtungsvarianten stehen verschiedene Korrosionstests zur Verfügung, die je nach Grundwerkstoff und Beschichtung in unterschiedlichem Umfang zum Einsatz kommen.

Biomasse für die Energieerzeugung

Bei der Entwicklung von Beschichtungsverfahren und deren Einsatz rückt der sparsame Umgang mit Energie seit einigen Jahren stark in den Vordergrund. Einen etwas anderen Blick auf energiesparende Prozesstechnik bot Walter Schätzl, Holzenergie Wegscheid GmbH, im Rahmen eines Gastvortrags. Walter Schätzl befasst sich seit langem mit der klimaneutralen und wirtschaftlichen Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in der Metallverarbeitung unter dem Einsatz von Biomasse.

Basis der Technologie ist die Holzverstromung aus Hackschnitzeln bei gleichzeitiger Gewinnung von Strom und thermischer Energie, beruhend auf der Kraft-Wärme-Kopplung. Einer der wichtigsten Punkte ist die Reinigung des Holzgases, erzeugt mit einem Festbettvergaser bei Temperaturen zwischen 700 °C und 800 °C, um eine hohe Effizienz und eine hohe Ausbeute des Motors zu erreichen. Diese wird über spezielle Filtersysteme gewährleistet. Mit einem modifizierten Gasmotor und einem Generator werden elektrischer Strom und Wärme erzeugt. Als Abfall fallen nach Aussage von Walter Schätzl nur geringe Mengen an Asche an.

Besonders vorteilhaft ist die Erzeugung von Kälte, die um ein Vielfaches effizienter ist, als durch den Einsatz von konventionellen, strombetriebenen Anlagen. Wichtiges Kriterium bei der Holzvergasung ist die Verwendung von Holz mit geringer Feuchtigkeit. Vorteilhaft ist die Möglichkeit, Rest- und Altholz zu verwerten. Durch die Modulbauweise lässt sich diese Art der Energiegewinnung mit relativ geringem Aufwand an den jeweils vorliegenden Energiebedarf und damit auch an die jeweilige Betriebsgröße anpassen.



Container- und Rahmenbauweise der Anlagen zur Energiegewinnung mit Holz (Bild: W. Schätzl)

Öffentliche Förderung

Inga Markwart, International Consulting & Training, Berlin, ging in ihrem Vortrag auf die öffentliche Förderung in Deutschland mit Fokus auf Innovationen und Umweltschutz ein. Eingangs bemerkte sie, dass in der Regel der Abruf von Fördermitteln aufgrund hohem bürokratischem Aufwand nur eingeschränkt durchgeführt wird. Dabei werden aktuell in Deutschland etwa 2500 Förderprogramme für Unternehmen angeboten. Bei der Übersicht fällt zunächst auf, dass Umweltschutz nicht direkt angesprochen wird; dies ist in der Regel bei den unterschiedlichen Förderprogrammen als Unterpunkt vorhanden.

Des Weiteren wies sie darauf hin, dass für die Inanspruchnahme von Förderprogrammen mit Förderhöhen bis zu etwa 50 000 Euro kaum Berater für die Beantragung notwendig sind. Bei größeren Förderhöhen ist die Hinzuziehung von Beratern sinnvoll oder zum Teil auch unabdingbar. Dies gilt ganz besonders für länderübergreifende Förderprogramme. Wichtige Kriterien können der Standort des geförderten Unternehmens sein, die Anzahl der Mitarbeiter oder auch der erzielte Umsatz. Grundsätzlich gilt zudem, dass das geförderte Unternehmen einen mehr oder weniger hohen Eigenanteil leisten muss. Zu bedenken ist darüber hinaus, dass in der Regel ein Projekt gefördert wird und nicht das

Bauteil	Substrat	Beschichtung	Kurzergebnis
Stabilisator	Rohrstahl 26MnB5	Pulverlack	im DIN 55635 starke Enthaftung
Stoßfänger-Querträger	Stahlbleche 22MnB5, HC260LA	KTL	Ergebnisse vergleichbar
Gasfeder-Druckrohr	Rohrstahl E195+C	Pulverlack, Nasslack	im DIN 55635 starke Enthaftung
Kühlwasserrohr	Rohrstahl E235+A	Zink + KTL	Ergebnisse vergleichbar
Trägerteil	Stahlblech HX260LAD	Zink + KTL	im DIN 55635 Enthaftung geringer und Grundmetallkorrosion früher
Außenspiegelfuß	Al-Druckguss AlSi12Cu1(Fe)	Pulverlack, Mehrschichtlack	im DIN 55635 stärkere Enthaftung und Blasenbildung
Dachrelingstab	Al-Strangpressprofil AW-6060	Pulverlack, Mehrschichtlack	in beiden Tests unauffällig (auch nach 18 Wochen), sehr robuster Korrosionsschutz
Fensterheberschiene	Al-Blech AW5754	Pulverlack	

Kurzergebnisse des Vergleichs von PV 1210 und DIN 55635 **(Bild: O. Claus)**

Unternehmen. Sinnvoll ist zu Beginn der Überlegungen die Nutzung der Förderdatenbank des Bundes.
Zu empfehlen ist die industrielle Förderung, da hier die erhaltenen Fördergelder nicht zurückbezahlt werden müssen. Im Gegensatz dazu wird bei der experimentellen Entwicklung ein Darlehen gewährt. Wichtig ist in vielen Fällen, eine Förderung möglichst frühzeitig zu beginnen, also nicht zu viel Aufwand für eine Vorprüfung zu betreiben.

Korrosionswechseltest

Für viele galvanische Beschichtungen ist der mit ihnen erzielbare Korrosionsschutz eine der wichtigsten Hürden für deren umfangreiche Nutzung. Mit dem Korrosionswechseltest nach DIN 55635 *Beschichtungsstoffe - Zyklische Korrosionsprüfung von Beschichtungssystemen auf Werkstoffen und Bauteilen im Automobilbau* befasst sich Dr. Olaf Claus, VW AG, Werkstoffentwicklung Metalle, Aufbau und Korrosionsschutz, Wolfsburg. Der Test nach DIN 55635 wurde bei Volkswagen im Rahmen von studentischen Arbeiten an Stahl, verzinktem Stahl und Aluminium, jeweils an realen Bauteilen aus unterschiedlichen Grundwerkstoffen genauer betrachtet. Zum Vergleich wurde der Volkswagentest PV 1210 herangezogen, bei dem verschiedene Phasen durchlaufen werden. Grundsätzlich ist dabei zu berücksichtigen, dass der neue DIN-Test im Ablauf komplexer ist. Bei Stahl wurden Zink und Pulverlack, bei Aluminium ETL und Pulverlack als Beschichtungssysteme herangezogen. Generell zeigte sich, dass die Zinkkorrosion beim DIN-Test reduziert ist. Im Gegensatz dazu ist die Blasenbildung sowie der Test mit Ritz ausgeprägter. Vergleichbare Ergebnisse traten bei zwei von zehn Teilen auf.
Die Prüfung von Aluminiumpunktschweißungen zeigt bei beiden Verfahren vergleichbare Ergebnisse. Bei Zink-Nickel-Beschichtungen ist der DIN-Test zwar geeignet, aber durch zu lange Prüfzeiten eher nachteilig zu sehen. Bei Zinklamellenbeschichtungen auf Stahl traten erhebliche Streuungen im DIN-Test auf.
Zusammenfassend ist zu sagen, dass VW bei nicht verzinktem Stahl beim vorhandenen Volkswagentest (PV 1210) bleibt. An verzinktem Stahl liefert der Korrosionswechseltest DIN 55635 zwar brauchbare Ergebnisse, allerdings erfordert der Test sehr hohe Investitionen. Für Untersuchungen an lackierten Bauteilen wird der neue Test bei VW in die Prozesstechnik aufgenommen. Lediglich bei Aluminium weist der Test nach DIN 55635 Vorteile auf. Für Zink-Nickel und Zinklamellenbeschichtung auf Stahl bringt das neue Testverfahren keine Vorteile.

Produktübersicht – Zink-Nickel, Zinklamellen und PFAS

Das im sauren Bereich abscheidende Zink-Nickel-Verfahren *Zinni 220* zeigt laut Frederik Heß, Atotech, Vorteile im Hinblick auf die Emissionen an Kohlenstoffdioxid, also den CO_2-Fußabdruck. Der Elektrolyt arbeitet ohne Ammonium und Borsäure, besitzt eine hohe kathodische Stromausbeute und Abscheidegeschwindigkeit, gute Streufähigkeiten, ergibt eine homogene Legierung und zeichnet sich durch eine hohe Lebensdauer aus.
In der Praxis ergibt sich der große Vorteil durch die gute Streufähigkeit beziehungsweise durch eine höhere Schichtdicke bei geringen Stromdichten. Damit kann auf den Einsatz von Innenanoden verzichtet sowie mit mit höheren Durchsätzen gearbeitet werden. Auch wenn die Zahl an Zusätzen hoch ist, ist deren Wirkungsweise, insbesondere im Falle auftretender Abscheidefehler, sehr gut.

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
www.serfilco.de • info@serfilco.de • Tel.: 02472-802 60 15

Gute Streufähigkeit bringt vor allem bei Vertiefungen, hier am Beispiel eines Bremssattels, Vorteile (Bild: F. Heß)

Im Gestellverfahren mit Zintek ONE HP beschichtete Teile zeigen auch nach 1200 Stunden im Test gemäß DIN EN ISO 9227 kaum Korrosion auf (Bild: A. Fink)

Zinklamellenbeschichtung für Schüttgut und Gestellware mit und ohne Topcoat ist das Thema, mit dem sich Andreas Fink, Atotech, befasst. Die besonders kostengünstigen und produktiven Einschichtsysteme liegen in ihren Dicken bei etwa 6 µm bis 8 µm und sind damit zum Beispiel auf nahezu allen Verbindungselementen anwendbar.

Der aufgebrachte Topcoat weist Schichtdicken zwischen 1 µm und 2 µm auf und kann mit zusätzlichen Eigenschaften ausgestattet werden sowie im Bedarfsfall zusätzlich beschichtet werden. Bei Trommelware wird mit zweischichtiger *Zintek* eine Korrosionsbeständigkeit von mehr als 1000 Stunden im Test gemäß DIN EN ISO 9227 erreicht, bei Schichtdicken unter 10 µm.

Dr. Volker Krenzel, Atotech, ging in seinen Ausführungen auf die aktuelle Situation bei PFAS ein, eine Stoffgruppe, bei der durch die REACh-Verordnung in Zukunft eine eingeschränkte Verwendbarkeit erwartet wird. Diese Verbindungsgruppe findet sich zum Beispiel in Form von Teflon, PVDF, PFOS oder Fluor-Tenside. Die damit hergestellten Produkte beziehungsweise Oberflächen zeichnen sich beispielsweise durch gute Schmierwirkung oder als Schicht durch ihre Antihafteigenschaften aus. Das Problem ist die Beständigkeit, durch die die Verbindung als biologisch nicht abbaubar eingestuft wird. Nachteile treten auch im Falle einer thermischen Überlastung auf, da giftige Verbindungen entstehen. Vermutlich dürfen PFAS-Verbindungen ab 2027 nicht mehr eingesetzt werden.

In Zinklamellenbeschichtungen ist PTFE enthalten, während diese in galvanischen Schichten nicht zum Einsatz kommen. Anorganische Topcoats enthalten ebenfalls keine derartigen Verbindungen. Organische Topcoats werden so weiterentwickelt, dass sie in absehbarer Zeit keine PFAS mehr enthalten werden.

Korrosionsschutz bei Elektrobauteilen für Fahrzeuge

Dr. Christina Schmidt, Porsche, befasst sich mit Korrosion bei Elektrobauteilen für Fahrzeuge. Problematisch geworden ist die Situation bezüglich Korrosion ihren Erfahrungen zufolge, seit immer mehr Stecker, Kabel oder Platinen den Nassbereich des Fahrzeugs erreichen. Aufgrund der hohen geforderten Funktionsbeständigkeit von 15 Jahren beziehungsweise etwa 300 000 Kilometer Fahrleistung, aber auch der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV), müssen diese Bauteile eine hohe Beständigkeit gegen Korrosion aufweisen.

Geprüft wurden unter anderem Teile aus Aluminium gemäß VW 96380, bei dem vor allem die langsamen Änderungen von Temperatur und Feuchtigkeit als Unterschied zu anderen Prüfverfahren zu nennen sind. Bei den ersten Tests zeigte sich bereits, dass die Korrosion bei allen Elektrogehäusen in Innenbereichen aufgetreten war. Der Prüfzeitraum gibt ein Zeitfenster von etwa sechs Jahren im Einsatz wieder. Ein Ansatz zur Verbesserung der Situation ist die Verbesserung der Dichtfunktion von Gehäusen für Elektronik- beziehungsweise Elektrikbaugruppen.

So wurden unter anderem die Geometrie des Gehäuses und die Ausführung des Dichtungsbereichs, die Dichtung selbst oder auch die Oberflächenbehandlung des verwendeten Aluminiumteils in Betracht gezogen. Angestrebt wurden eine bessere Beständigkeit der Abdichtung von Gehäusen unter Einsatz der Dichtwerkstoffe VMQ und EPDM sowie Passivierungen des Aluminiumgehäuses. Für die Bewertung der Korrosionsbeständigkeit der Metallteile eignen sich die Impedanzspektroskopie (EIS) und Stromdichte-Potential-Kurven. Die EIS-Technologie erlaubt zudem die Bewertung des Dichtungsmaterials.

Um die relevanten Kennwerte eines Gehäuses zu ermitteln, wurde ein Standardgehäuse entwickelt und an diesem die Auswahl der bestmöglichen Werkstoffe, Bearbeitungsverfahren sowie Dichtungsmaterialien vorgenommen. Die elektrochemischen Messungen

Prüfkörper	Probe 1		Probe 2	Probe 3		Probe 4			Probe 5
Dichtung	Flachdichtung		Profildichtung			Klebedichtung			
Unterwanderung [%]	100								
>12% unterwanderte Bereich [%]	60	95	95	100	95	100	50	70	50	50
Beispiel									

Ergebnisse nach zwölf Wochen im Test gemäß VW 96380-1 zeigen Schwachpunkte bei der Dichtung von Gehäusen (Bild: Ch. Schmidt)

erbrachten für ein Gehäuse aus AlMg3Mn mit Chrom(III)passivierung die beste Eignung, gefolgt von AlMg4Fe2 mit Passivierung und AlMg3Mn mit Gusshaut. Die Prüfung mittels Korrosionstest gemäß VW 96380-1 nach einer Prüfungsdauer von 12 Wochen kehrte die Rangfolge vollständig um, so dass AlMg3Mn mit Gusshaut am besten abschnitt gefolgt von AlMg4Fe2 und AlMg3Mn, jeweils mit Passivierung.

Zinksystem Hiron

Frederik Heß, Atotech, stellte mit dem Elektrolytsystem *Hiron* die galvanisch Zink-Eisen-Beschichtung mit hohem Eisengehalt vor. Diese Art der Beschichtung gewinnt unter anderem dadurch an Interesse, da Nickel in den letzten Monaten deutlich teurer wurde und zudem aus Gründen des Umweltschutzes vermieden werden soll. Die Anforderungen an die Schicht werden durch die Eigenschaften für Zink-Nickel festgelegt; sie sollen nach Möglichkeit nicht davon abweichen. Der Eisengehalt der neuen Schicht liegt bei 12 % bis 15 %. Der Elektrolyt selbst zeichnet sich dadurch aus, dass hier keine Gefahr der Cyanidbildung besteht. Das Verfahren erreicht als Gestell- und als Trommelbeschichtungen Ergebnisse, die mit Zink-Nickel vergleichbar sind, mit und ohne Passivierung. Weniger vorteilhaft ist, dass durch den Eisenanteil Verfärbungen der Schicht festzustellen sind.

Zink-Eisen-Schichten zeigen sehr gute Ergebnisse in Bezug auf die Optik (Bild: F. Heß)

Erste Ergebnisse aus einem Feldversuch mit einem kleinvolumigen Ansatz zeigen, dass in Bezug auf die Optik kein Unterschied zu Zink-Nickel, sowohl mit und ohne zweistufige schwarze Nachbehandlung, besteht. Innerhalb von 30 Minuten werden Schichtdicken um 8 µm erreicht. Die Korrosionsbeständigkeit ist vor allem mit einer Nachbehandlung sehr gut. Das neue Verfahren ist zudem ein guter Ansatz zur Erhöhung der Nachhaltigkeit als Alternative zu sauer Zink-Nickel.

Direktverschraubung

Im letzten Vortrag der Tagung ging Thomas Jakob von der Arnold Umformtechnik auf die Direktverschraubung mit Gewindefurchung für Leichtmetall ein. Wie er eingangs vermerkte, wird die Zahl der Verbindungselemente bei E-Fahrzeugen um etwa 20 % bis 25 % pro Fahrzeug abnehmen. Bei dem von ihm vorgestellten Typ der gewindefurchenden Schrauben für Verbindungen von Leichtmetallen stehen das aufzubringende Drehmoment und die Vorspannkraft im Vordergrund; allerdings ist dafür eine höhere Einschraubtiefe notwendig.

Beim Schraubentyp *Powertite* wurde gegenüber bisherigen Schrauben die Gewindegeometrie geändert. Die hauptsächliche Herausforderung hierbei war die Herstellung der Gewinde durch Walzen. Darüber hinaus zeigen Untersuchungen zu den Kräften bei der Herstellung der Verbindung, dass die Art der Oberfläche einen wichtigen Einfluss hat. Vorteilhaft ist zum Beispiel der Einsatz von Gleitmittel in der Beschichtung.

Durch die neue Verbindungstechnik lassen sich höhere Kräfte übertragen, so dass sich kleinere Schrauben bei gleichen Kräften einsetzen lassen. Zudem entfällt bei dieser Art der Verbindung das kostenintensive Gewindeschneiden, häufig auch das Bohren, indem gegossene Löcher zum Einsatz kommen können. Die Tragfähigkeitsleistung wird bei diesem neuen Schraubentyp um mehr als 20 % gesteigert. Des Weiteren erlaubt die überelastische Montage bei den neuen Verbindungselementen höhere Vorspannkräfte, eine höhere Lösesicherheit sowie eine Optimierung der Kosten.

Fazit

Die hohe Teilnehmerzahl am Korrosionsgipfel zeigte, dass die mks Atotech mit ihren Themen das Interesse der Industrie, sowohl aus dem Kreis der Beschichtungsunternehmen als auch aus dem Kreis von deren Kunden, getroffen hat. Dazu trägt sicher bei, dass neben neuen Beschichtungen zur Verbesserung des Korrosionsschutzes auch die Energie- und Ressourceneinsparung, aber auch die Ermittlung von Kenngrößen wie der Emission an Kohlenstoffdioxid zur Ermittlung des CO_2-Fußabdrucks bei den Industrieunternehmen, eine wichtige Rolle für zukünftige Geschäftsentwicklungen spielt. Auch hier gehört die mks Atotech mit dem Fokus auf Green Deal zu den Wegbereitern.

➲ **www.atotech.com**

IHRE STARKEN PARTNER IN DER METALLVEREDELUNG

- Verzinken – Chrom-6-frei
- Dickschichtpassivierung
- Passivieren von Aluminium
- Elektropolieren von Edelstahl
- Versiegelungen
- Gleitbeschichtungen
- Edelstahl beizen
- Reinigen und Entfetten

STRÄHLE + MVB
METALLVEREDELUNG

Strähle-Galvanik GmbH + MVB Metallveredelung Bretten GmbH
Zentrale: Gewerbestraße 16 -18 • 75059 Zaisenhausen
Telefon + 49 (0) 72 58 91 32 - 0 • info@straehle-galvanik.de
Web: www.straehle-gavanik.de • www.mv-bretten.de

High-Tech Schmierstoff bildet sich bei Bedarf von selbst

Genau dort, wo die Reibung hoch ist, entstehen Schmierstoffe, die für geringere Reibung sorgen: An der Technischen Universität Wien gelang das mit speziellen 2D-Materialien. Wichtig ist das für die Weltraumtechnik.

Unser Körper hat mit Maschinen einiges gemeinsam: Wir haben bewegliche Gelenke, es kommt zu Reibung und Verschleiß, man braucht daher geeignete Schmierstoffe. Der Körper produziert sie auf natürliche Weise ganz von selbst – etwas Ähnliches ist nun auch bei Maschinen möglich.

Durch die Wahl von passenden Materialien kann man erreichen, dass sich bei mechanischer Beanspruchung spezielle 2D-Materialien bilden, die höchst effektiv die Reibung verringern – hohe Reibung führt also ganz von selbst zu einer Verringerung der Reibung, das System reguliert sich selbst. Speziell für Anwendungen im Weltraum, wo flüssige Schmierstoffe versagen und keine Wartung möglich ist, birgt diese neue Technik große Vorteile.

Übereinander gleiten dünner Schichten

Die Tribologie, die Wissenschaft von Reibung und Verschleiß, befasst sich seit Jahren intensiv mit sogenannten 2D-Materialien – mit Partikeln, die nur aus einer oder aus wenigen Atomschichten bestehen. Zu dieser Materialklasse zählen etwa Molybdändisulfid oder Molybdändiselenid – in der Mitte befindet sich eine Schicht aus Molybdänatomen, darüber und darunter sind Schwefel- oder Selenatome angekoppelt.

Solche ultradünnen Plättchen können mit sehr wenig Widerstand übereinander gleiten, sagt Dr. Philipp Grützmacher vom Institut für Konstruktionswissenschaften und Produktentwicklung der TU Wien. Daher seien diese Materialien ein hervorragender Schmierstoff. Philipp Grützmacher forscht im Team von Prof. Carsten Gachot, der den Forschungsbereich für Tribologie an der TU Wien leitet.

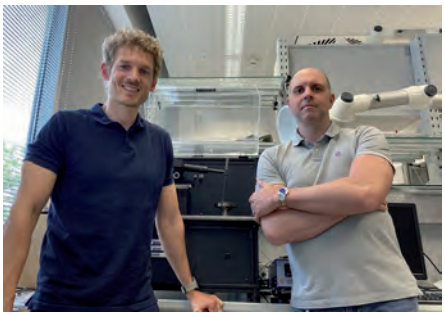
Im Gegensatz zu herkömmlichen Schmierstoffen wie Öl, die in flüssigem Zustand verwendet werden, können 2D-Materialien in Pulverform verwendet werden. Das ist besonders dann ein großer Vorteil, wenn eine Maschine bei hohen Temperaturen oder im Vakuum funktionieren soll, wo Flüssigkeiten rasch verdampfen würden. *Deshalb spielen solche Schmierstoffe ganz besonders in der Weltraumtechnik eine wichtige Rolle, sie wurden etwa beim James-Webb-Weltraumteleskop verwendet,* sagt Carsten Gachot.

Bei gewöhnlichen Bedingungen auf der Erde sind solche Materialien aber schwer zu handhaben. Durch Kontakt mit Sauerstoff oder Luftfeuchtigkeit können sie nämlich oxidieren und werden damit unbrauchbar. Optimal ist laut Philipp Grützmacher also ein 2D-Material, das genau dort erst entsteht, wo es gebraucht wird. *Und genau das haben wir nun entwickelt.*

Reibung erzeugt Schmierstoff

Man nimmt dazu einfach ein mechanisches Bauteil aus Stahl und überzieht es mit einer wenige Mikrometer dünnen Schicht aus Molybdän. In Pulverform wird dann Selen hinzugefügt. Bei mechanischer Beanspruchung, etwa wenn zwei solche Bauteile aneinander reiben, kommt es nach Aussage von Grützmacher zu einer tribochemischen Reaktion, Selen und Molybdän verbinden sich zu Molybdändiselenid-Flakes, die dann als Schmierstoff wirken. *Unsere Messungen zeigen: Sobald starke Reibung auftritt, wird der Schmierstoff produziert, die Reibung nimmt sofort drastisch ab und sinkt im Verlauf des Experiments weiter,* so Grützmacher. Mit speziellen bildgebenden Verfahren konnte man nachweisen, dass dieser Effekt tatsächlich durch die Entstehung von ultradünnen Molybdänselenid-Schichten zustandekommt.

Im Gegensatz zu Beschichtungen aus vorab synthetisierten 2D Materialien (z. B. MoS_2) zersetzen sich die Ausgangsmaterialien Molybdän und Selenpulver für den Prozess in Kontakt mit Sauerstoff oder Luftfeuchtigkeit nicht.



Prof. Dr.-Ing. Carsten Gachot (r.) und Dr. Philipp Grützmacher (Bild: TU Wien)

Dadurch erweitert sich der Einsatzbereich dieses Schmierstoffsystems deutlich. Interessant ist diese Technologie nicht nur für Weltraumanwendungen, sondern für viele Einsatzbereiche, in denen flüssige Schmierstoffe Probleme verursachen – etwa, weil hohe Temperaturen auftreten, weil der Prozess im Vakuum stattfinden soll, oder weil es bei der Verwendung von Ölen zu Kontaminationen kommen könnte.

Ein weiterer wichtiger Vorteil: Der Schmierstoff wird immer genau dort gebildet, wo er benötigt wird, was durch einfaches Zuführen von Pulver auch jederzeit wiederholt werden kann. Somit wurde ein deutlich effizienteres Schmierstoffsystem mit längerer Lebensdauer geschaffen. Florian Aigner

Originalpublikation:

P. Grützmacher et al.: Se Nano-Powder Conversion into Lubricious 2D Selenide Layers by Tribochemical Reactions, Advanced Materials (2023), https://doi.org/10.1002/adma.202302076

Kontakt:

Prof. Carsten Gachot, Technische Universität Wien,
E-Mail: carsten.gachot@tuwien.ac.at
Dr. Philipp Grützmacher, Technische Universität Wien,
E-Mail: philipp.gruetzmacher@tuwien.ac.at
➲ **www.tu-wien.ac.at**

Werden Sie **Abonnent** und nutzen Sie die Inhalte der Plattform in vollem Umfang!
Fachbeiträge in digitaler Form mit allen Möglichkeiten der modernen Medien!
1 Monat kostenfrei zum Kennenlernen!
Kommen Sie auf unsere Webseite: **www.womag-online.de**
Umfassend und immer auf dem neuesten Stand!

Alte Hasen mit neuen Ideen gründen Unternehmen: BAG Smart Analytics seit einem Jahr am Start

Dr. Elke Spahn und Frank Benner, Geschäftsführung der BAG Analytics GmbH im Interview mit Ronja Feltz und Jessica Tschakert

Ronja Feltz: Möchten Sie Ihr Unternehmen und Ihr Ziel kurz vorstellen?

Frank Benner: Die BAG ist letztes Jahr vor Ostern gegründet worden mit dem Ziel, ein System für prozessnahe Analytik zu entwickeln.

Dr. Elke Spahn: Wir möchten unseren Kunden die Möglichkeit geben, zu wachsen. Wir helfen ihnen, Daten zu sammeln und selbst daraus zu lernen. Neben klassischen Daten und deren Auswertung haben wir mit der BAG erstmals die Möglichkeit geschaffen, Daten über die chemischen Prozesse zu sammeln, alles gemeinsam zu erfassen, zu bewerten und zu verwerten.

Ronja Feltz: Sie beide sind ja jetzt schon sozusagen *alte Hasen* in ihren jeweiligen Branchen. Waren Ihre vorher gesammelten Erfahrungen hilfreich bei der Gründung der BAG?

Dr. Elke Spahn: Auf jeden Fall! Die BAG wurde auf Basis unserer Erfahrungen gegründet. Wir sind zwar Spezialisten in unseren jeweiligen Fachgebieten, allerdings sind wir auch Pragmatiker. Die BAG konnte so schnell auf den jetzigen Stand kommen, weil wir nie die Basis vergessen haben und alles selbst umsetzen!

Ronja Feltz: Haben Sie denn aus dem ersten Jahr nach der Gründung trotzdem neue Lektionen mitgenommen, die Sie vorher noch nicht kannten oder neu lernen mussten?

Frank Benner: Ja, vor allem die Digitalisierung chemischer Prozesse erfordert eine ganz neue Denkweise. Wir haben festgestellt, dass die traditionelle Art, Analysen händisch durchzuführen, Werte zu ermitteln, zu dokumentieren und vor allem die Vorgabe für Zugaben rauszugeben, nicht mehr in unsere schnelllebige Welt passen. Außerdem gehen wertvolle Zeit und Daten verloren. Die Produktionsprozesse gehen mittlerweile so schnell vonstatten, dass wir mit den Analysen viel näher an das Geschehen ranmüssen, um eben auch schneller gegenzusteuern zu können. Heute hat niemand mehr die Zeit, Badproben im Betrieb von A nach B zu bringen.

Dr. Elke Spahn: Noch eine kleine Anmerkung dazu: Wir haben in diesem Jahr vor allem festgestellt, dass zwar alle von Industrie 4.0 reden, wir aber noch sehr weit davon entfernt sind! Es gibt für die Betriebe in den unterschiedlichsten Industriezweigen noch nicht DIE Lösung.

Ronja Feltz, Frank Benner und Dr. Elke Spahn beim Interview (v.l.n.r.) **(Bild: J. Tschakert)**

Ronja Feltz: Welches waren die größten Hürden, die Sie bei der Gründung überwinden mussten?

Frank Benner: Wir arbeiten prinzipiell mit erfahrenen Fachleuten zusammen. Dabei ist festzustellen, dass es ihnen häufig schwerfällt, von Gewohntem, Gelerntem abzurücken und neue Wege zu gehen. Das bedarf häufig viel Überzeugungsarbeit und wiederholtes Vorführen.

Ronja Feltz: Wie ist die BAG in der Branche aufgenommen worden?

Frank Benner: Ich denke sehr unterschiedlich. Es gab die alten Platzhirsche im Bereich Digitalisierung und Analytik. Die waren etwas verwundert über das neue Konsortium.

Dr. Elke Spahn: Aber es gab auch sehr positive Resonanz, nachdem man sich das Produkt angeschaut und verschiedene Ideen angehört hat. Einige sind der Meinung, dass wir jetzt genau das brauchen und sind froh darüber, dass es ein Unternehmen gibt, das innovativ nach vorne geht.

Ronja Feltz: Was sind aktuell die größten Herausforderungen, vor denen die BAG steht?

Frank Benner: Die größten Herausforderungen sind die Kundenwünsche und -anforderungen. Diejenigen, die diesen Schritt mit uns gehen, sind offen und sprudeln vor Ideen darüber, was noch möglich sein soll oder könnte. Eine weitere Herausforderung ist, Entwickler zu bekommen, die diese Wünsche kreativ und im neuen Denken entsprechend umsetzen können.

Dr. Elke Spahn: Das sehe ich auch so. Die größte Herausforderung, sind diese 24 Stunden, die wir pro Tag haben!

Ronja Feltz: Welches sind Ihrer Einschätzung nach die größten Meilensteine der BAG?

Dr. Elke Spahn: Nachdem wir erstmal alle Ideen, alle Innovationen sortiert hatten, war der größte Meilenstein, einen Plan für die Basis auszuarbeitet und die Plattform zu gestalten. Auf dieser Basis können wir jetzt so aufbauen, dass wir in alle Branchen, wie zum Beispiel in die Lebensmittel- oder Pharmaindustrie, gehen können.

Frank Benner: Ein großes Highlight war, ASAP so für uns zu entwickeln, dass es sinnvoll nutzbar war. Wir haben zum Beispiel mit Phoenix Contacts nicht nur einen Kunden, sondern einen innovativen Entwicklungspartner gefunden, der diesen Weg mit uns geht und die Software in der Praxis erfolgreich anwendet.

Ronja Feltz: Die BAG war bis jetzt ja eher in der Galvanikbrache unterwegs. Mit welchen besonderen Erfahrungen Frau Dr. Spahn konnten Sie die BAG hier weiterbringen?

Dr. Elke Spahn: Wir als Gravitech kommen tatsächlich eher aus der Lebensmittel- und Pharmaindustrie. Zusätzlich haben wir Erfahrungen mit Grundchemikalien, der Lackindustrie und auch der Kosmetikindustrie. Hier konnten wir feststellen, dass im Prinzip immer die gleichen Ansprüche an die Analytik gestellt werden: Der Kunde möchte eine gute Qualität, also ein gutes Produkt und er möchte effektiv arbeiten. Für diese Herausforderungen können wir mit unseren Ansätzen und unserer Idee beisteuern!

Ronja Feltz: Herr Benner, Sie sind ja eher in der Galvanikindustrie bekannt. Wie können Sie andere Branchen noch besser erreichen und vor allem, was können Sie mit Ihrer Erfahrung speziell in anderen Branchen bewirken?

Frank Benner: Das ist relativ einfach zusammengefasst: Am Ende ist es ein Fertigungsprozess, ob das jetzt die galvanischen Abscheidesysteme oder chemischen Prozesse sind, ob im Lebensmittelbereich, in der Pharmaindustrie – wo auch immer, der Prozess ist immer ähnlich: Entwicklung, Zusammenführung, Überwachung, Dokumentation, Anpassung, Korrekturmaßnahmen. Wir haben den Vorteil, dass in der Produktion bei B+T viele chemische Prozesse sehr gleichmäßig in verschiedenen Anlagen laufen und gleichmäßig überwacht werden. Das heißt, wir können sehr gut die Transformation aus unserer Branche in andere nachvollziehen.

Ronja Feltz: Kommen wir als Nächstes zu den Angeboten der BAG. Sie bieten verschiedene Produkte und Dienstleistungen an. Verfolgen Sie mit Ihrer Angebotspalette ein bestimmtes Ziel?

Frank Benner: Die Markteinführung hat mit einer Software begonnen, die letztendlich die Schlüsseltechnologie für andere Anwendungen ist. Wir haben den Anspruch, eine Vielzahl von Analysengeräten anschließen und vernetzen zu können. Unsere Entwicklung kann aus der Software in die Anlagentechnik oder ein ERP-System hineinstrahlen. Letztendlich geht es auch darum, dass wir nicht nur diese Software anbieten, die alles vernetzten kann, sondern auch ganzheitlich beraten und unterstützen: Bei Laborausbau, bei der richtigen Analysenmethode und deren Entwicklung, bei der Prozessführung und Vieles mehr. Immer häufiger mündet eine Softwareanfrage in eine Komplett-Unterstützung bei der Planung oder Neustrukturierung der Oberflächenprozesse.

Dr. Elke Spahn: Das Besondere an der BAG ist, und ich denke, da haben wir ein Alleinstellungsmerkmal, dass wir nicht nur einen speziellen Teil, sondern den ganzen Betrieb betrachten: vom Wareneingang bis zum -ausgang, vom Personalwesen über die Produktqualität, vom Audit über die Sicherheitsdatenblätter, von der Lagerlogistik bis zur Kundenbetreuung. Egal welcher Bereich noch nicht an das bestehende System angeknüpft ist: Wir finden eine Lösung! Das hat sich in diesem Jahr als große Herausforderung, aber auch als großes Plus für unser Unternehmen gezeigt.

Ronja Feltz: Eines Ihrer Produkte ist ASAP. Was ist ASAP? Was kann ASAP?

Dr. Elke Spahn: ASAP steht nicht nur für *As soon as possible*, sondern auch für unsere Mission *Analyzing System for Automated Processes*. Die BAG ist eine Zwei-Generationen-Gesellschaft und bei der Namensfindung beziehungsweise bei der Produktentwicklung von ASAP war die Jugend dabei.

Frank Benner: ASAP ist ein mächtiges Tool, das verschiedene Teilbereiche der Unternehmensprozesse digital abbildet. Es ist modular aufgebaut, sodass das System auf seine spezifischen Bedürfnisse verbunden werden kann. Das spart Ressourcen, auch finanzielle. Es spart Zeit im Bereich der Implementierung. Vor allem besteht die Möglichkeit, es zu erweitern, im gleichen Maße wie das eigene Unternehmen und die Vision 4.0 wächst.

Dr. Elke Spahn: Ich würde das noch ergänzen: Wir reden alle von Digitalisierung und Nachhaltigkeit und in jedem Betrieb ist das teilweise schon umgesetzt. Unser Ziel war es, das, was vorhanden und gut ist, zu implementieren. Im Falle des Wachsens hat der Kunde eben auch die Möglichkeit, das Ganze langsam in seinen Betrieb einzuführen, step by step. Und das kommt richtig gut an.

Ronja Feltz: Neben ASAP und weiteren Diensten bieten Sie auch Workshops an. Was möchten Sie mit den Workshops genau erreichen?

Dr. Elke Spahn: Das lässt sich sehr schön und prägnant zusammenfassen: Trau dich!

Frank Benner: Also bei uns gibt es prinzipiell nur Workshops, also keine Veranstaltungen, bei der der Teilnehmer sitzt und Frontalunterricht bekommt und dann nach acht Stunden nach Hause geschickt wird. Wir vermitteln Wissen, das in einem praktischen Teil angewendet und ausprobiert werden kann nach dem Grundsatz: *Ist diese Technologie etwas für mich? Habe ich das verstanden? Wie fühlt sich das an? Wie sieht das aus? Wie kann ich damit arbeiten?* Bisher hatten wir überall sehr positive Rückmeldungen.

Dr. Elke Spahn: Genau. Unsere Workshops sind alles andere als statisch und richten sich an Digitalisierungsanfänger und -fortgeschrittene. Unser Konzept stellt die Kundenwünsche in den Vordergrund. Wir stellen fest, dass sich die Teilnehmer miteinander vernetzen, ins Gespräch kommen und sich gegenseitig helfen.

Ronja Feltz: Wollen Sie uns denn schon mal eine kleine Vorschau geben, was uns in den nächsten Workshops erwartet?

Frank Benner: Wir haben verschiedene Themen vorbereitet. Das große Thema ist und bleibt natürlich Digitalisierung. Ein weiteres wichtiges Thema beschäftigt im Moment alle: CO2. Um Fragen in der Art *Wie kann ich durch Digitalisierung und Vernetzung dem CO2 digital auf der Spur sein?* müssen zunächst einmal Daten und Fakten erstellt werden, damit Maßnahmen ergriffen werden können. Dabei unterstützen wir. Wir schauen gemeinsam, wie verschiedene Prozesse – vor allem Fertigungsprozesse – optimiert werden können, um dabei den CO2-Fußabdruck nachhaltig zu minimieren.

Ronja Feltz: Sie haben eben schon mal Ihre jeweiligen Kinder erwähnt, die auch Gesellschafterinnen beziehungsweise Gesellschafter der BAG sind. Welche Aufgaben übernehmen die Kinder jetzt schon – neben der Namensfindung von ASAP?

Dr. Elke Spahn: Im Moment sind ja alle noch sehr jung, alle vier studieren im Moment noch. Wir legen großen Wert darauf, dass sie das erst noch ordentlich zu Ende bringen. Aber letztendlich gibt es immer wieder Themen, die wir ansprechen, und Ideen, die wir austauschen. Sie unterstützen bei Events oder Messen; in der vorlesungsfreien Zeit nehmen wir die Unterstützung gerne an. Und ich muss schon sagen, alle vier brennen für das Unternehmen, brennen fürs Produkt!

Ronja Feltz: Das klingt auch schön! Zurück zu Ihnen beiden. Welches Ziel haben Sie sich denn für die BAG als Nächstes gesetzt?

Frank Benner: Die großen Meilensteine, die wir uns da für nächstes Jahr vorgenommen haben, sind: die Teilnahme an Messen, neue Produktgruppen, neue Kundenkreise, neue Industriezweige zu gewinnen, und das über deutsche Grenzen hinaus; international in Europa wäre sehr schön. Das ist das große Ziel. Mit der professionellen Vertriebsunterstützung, die wir seit letztem Jahr haben, sind wir auf einem sehr guten Weg.

Ronja Feltz: Wenn Sie eine Sache an der BAG ändern könnten, welche wäre das?

***Dr. Elke Spahn*:** Wir brauchen mehr Zeit - optimal wären 240 Stunden pro Tag – was ich eingangs schon mal sagte. Das ist mein einziger Wunsch! Es gibt so viele Ideen und so viele Dinge, die wir noch anpacken wollen.

***Frank Benner*:** Ja! Am Konzept würde ich auch nichts ändern wollen. Das funktioniert, das passt! Natürlich kann im Detail immer weiter verbessert werden. In den Bereichen Vertrieb, Innendienst und Marketing sind wir bereits gut aufgestellt, aber das ist je nach Wachstum weiter ausbaufähig. Natürlich haben wir noch Ideen, Visionen und Gedanken, – aber alles zu seiner Zeit.

***Ronja Feltz*:** Kommen wir nun zur Abschlussfrage. Die hat jetzt nicht mehr viel mit der BAG zu tun, sondern ist etwas persönlicher. Mit welcher bekannten Person würden Sie gerne zu Abend essen und hat diese Person Sie auf Ihrem Lebensweg inspiriert?

***Dr. Elke Spahn*:** Ich kann sofort sagen, wer! Leider schon verstorben. Aber mein großer Wegbereiter war immer Marie Curie. Das war schon immer so und mit ihr hätte ich gerne mal gegessen! Sie war nicht nur eine tolle Naturwissenschaftlerin, sondern auch eine tolle Frau. Sie hat zwei Nobelpreise erhalten, das Geld in Röntgengeräte gesteckt und ist im Ersten Weltkrieg damit an die Front gegangen ist. Also, das war eine tolle Frau!

***Ronja Feltz*:** Wer hat Sie inspiriert, Herr Benner?

***Frank Benner*:** Mein Schwiegervater, selbst Galvaniseur der ersten Stunde. Von ihm habe ich gelernt, Entscheidungen zu treffen, wenn sie getroffen werden müssen, die Konsequenzen daraus zu tragen und Verantwortung zu übernehmen. Er gehört zur Altersgruppe von Menschen, die nicht viele Worte machen. Er hat mich viel selber machen lassen. Auch wenn ich mich manchmal allein gelassen fühlte, muss ich sagen, heute bin ich ihm sehr dankbar dafür. Aber mit meinem Schwiegervater kann ich noch Abendessen!

***Ronja Feltz*:** Das war's tatsächlich auch schon! Danke, dass Sie beide sich Zeit genommen haben.

Hinweis

Das Interview führten Ronja Feltz (RF, Moderation, Recherche und Script) und Jessica Tschakert (Kamera, Recherche und Script) bei der B+T Unternehmensgruppe am 25. Juli 2023.

Thermisches Spritzen als Substitution für funktionelles Verchromen

Bericht über ein Technologieseminar der Gemeinschaft Thermisches Spritzen e. V. GTS in Zusammenarbeit mit der eiffo eG und dem VECCO e. V. in Unterschleißheim

Zum online-Artikel

Verfahren des thermischen Spritzens stellen in Verbindung mit geeigneter Nachbearbeitung bereits heute für ausgewählte Anwendungen eine wichtige Alternative für die funktionelle Verchromung dar. Die europäische Chemikalienverordnung REACh mit ihren Anforderungen in Bezug auf den Einsatz von Chrom(VI) bei der Beschichtung von Oberflächen hat darüber hinaus dazu beigetragen, intensiver den Einsatz von Beschichtungsverfahren wie dem thermischen Spritzen als Ersatz für die galvanische Hartverchromung zu prüfen. Dazu ist es allerdings wichtig, alle Aspekte – von der Toxizität der eingesetzten Stoffe über die Erzielung von notwendigen Eigenschaften bis hin zu Fertigungs- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen – zu prüfen.

In einem Technologieseminar im Mai bei der Gemeinschaft Thermisches Spritzen e. V. GTS in Unterschleißheim wurde die Verfahrenstechnik des thermischen Spritzens eingehend vorgestellt; die Besichtigung des Linde Technology Centers vermittelte darüber hinaus einen Einblick in die praktische Umsetzung. Darauf aufbauend wurden aktuelle Entwicklungen und Anwendungspotenziale anhand von konkreten Praxisbeispielen erörtert. Neben der Wissensvermittlung war das Ziel der Veranstaltung, gemeinsame Entwicklungsmaßnahmen von Beschichtungsunternehmen und Interessenten aus dem weiten Feld der potenziellen Nutzer der hergestellten Oberflächen anzuregen, um das Anwendungspotenzial des thermischen Spritzens als Hartchromersatz beziehungsweise zur Ergänzung zu Hartchrom weiter zu erschließen. Wie die galvanischen Schichten haben auch thermisch gespritzten Schichten verschiedene Vor- und Nachteile, die sich abhängig vom Einsatz positiv oder auch negativ auswirken können - beide Technologien haben jedoch ihre Berechtigung.

VECCO-Net

Das Netzwerk VECCO-Net, vorgestellt von Udo Sievers, befasst sich mit der Entwicklung von Strategien und Lösungen im Hinblick auf die Forderungen aus REACh mit Fokus auf die Substitution von galvanisch abgeschiedenen Hartchromschichten. 39 Mitglieder aus der Industrie in Deutschland, den Niederlanden und Österreich sowie Forschungseinrichtungen sind bisher der Innovationsplattform beigetreten. Im Vordergrund der Aufgaben stehen vor allem die Bewertung von Alternativen zu Chromschichten aus Chrom(VI)verfahren sowie die Erstellung eines Entwicklungsplans von Alternativverfahren. (Dies ist auch Basis für die Substitutionsplanung im Prozess der Re-Autorisierung.) Die Erprobung und industrielle Umsetzung der entwickelten Technologien gehören ebenfalls zum Aufgabengebiet des Netzwerks. Für die Finanzierung der Entwicklung und industriellen Umsetzung von alternativen Technologien werden dabei soweit wie möglich öffentliche Fördermittel mit Unterstützung von vecco:net beantragt. Darüber hinaus rücken die Reduktion der Kohlenstoffdioxidemissionen und der Energiekosten zunehmend in den Fokus, wobei ein stärkerer Einsatz von modernen Informations- und Datentechnologien hilfreich ist. Ein sehr wichtiger Punkt im Rahmen der Arbeiten ist die Betrachtung der Eigenschaften der hergestellten Schichten sowie die für die unterschiedlichen Verfahren erforderlichen Prozessbedingungen.

Bei der Suche nach Alternativen für die klassische Hartverchromung (Arbeiten, bei denen bereits einige Fortschritte erzielt wurden) stehen neben der Abscheidung aus Chrom(III)-systemen auch die Prüfung von weiteren galvanischen Verfahren, zum Beispiel auf Basis von Nickel, die Anwendung von Schichtkombinationen sowie die nichtgalvanischen Beschichtungstechnologien auf der Agenda. Als nichtgalvanische Verfahren werden PVD-Technologien sowie die unterschiedlichen Arten des thermischen Spritzens auf ihre Eignung als Alternative geprüft.

Matthias Enseling, VECCO e. V., Eupoc GmbH und Hapoc GmbH & Co. KG, ging in seinen Ausführungen näher auf die aktuelle Situation zur Autorisierung von Chrom(VI)verbindungen in der Galvanotechnik ein. Vor allem aufgrund der schwierigen Entscheidungsfindung bei den europäischen Behörden ist nach wie vor offen, wie die Unternehmen ihre Anträge zur Autorisierung erfolgversprechend gestalten können. Es zeigt sich allerdings, dass eine Gruppenautorisierung eher schwierig sein wird. Die daraus folgende Einzelbeantragung wird jedoch aufgrund der hohen Anzahl die Behörden überlasten. Nach Ansicht von Matthias Enseling ist eine politische Lösung unumgänglich.

Als eine mögliche Lösung gilt die Bildung von kleinen Gruppen von Betrieben mit ähnlich gelagerten Prozessen (z. B. bis zu zehn Teilnehmer), die dann eine Clusterautorisierung vornehmen. Als Beispiele für eine derartige Gruppenbildung nannte er die Herstellung von Schwarzchromschichten, Schichten mit dekorativem Charakter, Hartchrom bei großen, einfach gestalteten Teilen oder Schichten zu Reparatur . Wichtig ist nach Ansicht des VECCO, die Vorgehensweise Upstream beizubehalten, um das Sterben von Beschichtungsbetrieben, deren Prozessen und in der Folge das Verschwinden von gesamten Lieferketten zu vermeiden.

Grundlagen des thermischen Spritzens

Eine Einführung in die Grundlagen des thermischen Spritzens bot Werner Krömmer von der GTS. Zu den grundlegenden Elementen des Beschichtungsprozesses zählen das Material, das in der Regel als Pulver oder als Draht beziehungsweise Stab vorliegen muss, sowie eine Technologie mit der der Werkstoff unter Einsatz von kinetischer und/oder thermischer Energie auf ein Substrat aufgespritzt wird. In der Regel findet beim Auftreffen des Spritzwerkstoffs auf das Substrat eine plastische Verformung des Werkstoffs statt. Dadurch entsteht eine gute Verbindung zum Substrat sowie zwischen den Spritzpartikeln. Je nach Verfahren und Werkstoff ist die entstehende Schicht mehr oder weniger porös.

Zu den besonderen Vorteilen des thermischen Spritzens zählen hohe Auftragsgeschwindigkeiten und ein breites Spektrum an unterschiedlichen Schichtwerkstoffen, die sich oft durch eine hohe Härte auszeichnen. Vor allem rotationssymmetrische Substrate

Measuring Conditions		Polarisation Resistance R_p in kΩ/cm², (Open Corrosion Potential OCP in mV vs. SCE) Hardness in HV0.3 and Wear according to G65 B in mg resp. mm³								
Aqueous solution	Time / h	8812-Co	8317-Co	9010 Cr FC	2075 NiCr	2075 NiCr	8020 CrNiFe	4045 Ni	Galvanic Chromium	Low Carbon Steel
1M NaCl	2	5 (- 601)	10 (- 569)	55 (-267)	94 (-349)	118 (- 161)	48 (- 320)	61 (- 233)	117 (- 444)	5 (- 748)
	24	9 (- 619	11 (- 643)	67 (- 239)	82 (- 390)	— (---)	28 (- 396)	183 (-266)	68 (- 512)	--- (---)
0,5 M H_2SO_4	2	0,6 (- 334)	4 (- 125)	12 (- 43)	11 (- 216)	7 (-213)	2 (- 278)	26 (- 236)	35 (- 314)	0,2 (- 467)
	24	0,5 (- 325)	--- (---)	9 (-128)	4 (- 247)	3 (- 248)	0,6 (- 290)	23 (- 255)	25 (- 308)	--- (---)
1M NaOH	2	0,7 (- 970)	2 (- 1015)	16 (- 883)	49 (- 376)	97 (- 265)	86 (- 359)	74 (- 307)	25 (- 657)	40 (- 417)
	24	2 (- 918)	1 (- 1012)	17 (- 520)	49 (- 315)	81 (- 275)	116 (- 308)	56 (- 281)	12 (- 821)	--- (---)
1M HCl	2			2,8 (43)	4,0 (-228)	4,3 (-239)	3,1 (-302)	1,5 (-151)	(-400)	(-500) 1.4301 0.33 (-374)
	24			2,1 (-6)	0,63 (-204)	0,32 (-254)	0,18 (-302)	0,58 (-99)		
Hardness HV 0.3		1450	1250	1550	1150	1220	1030	1260	1000	350
Mass Loss G65		30,5	40,6	23,6	58,5	59,4	50,3	27,4	60,6	44,47
Volume Loss G65		2,04	2,79	1,61	8,18	8,31	7,13	2,55	8,43	

Legend: not resistant, fairly resistant, resistant Quelle: Oerlikon Metco

Beispiele für Schichten im Hinblick auf den Korrosionsschutz und deren Charakterisierung **(Bild: W. Krömmer)**

eignen sich zur Beschichtung. Dementsprechend werden zum Beispiel unterschiedliche Arten von Zylindern oder Walzen mit hochbeständigen Schichten aus Keramiken, Metallmischungen oder Metallverbindungen (z. B. Oxide, Carbide) beschichtet. Durch eine mechanische Nachbearbeitung werden sehr glatte Oberflächen erzeugt. Einsatzgebiete für thermisch gespritzte Schichten sind insbesondere die Bereiche Verschleißschutz, Korrosionsschutz, tribologisches Verhalten, Wärmeübergang/-dämmung, sowie elektrische Leitfähigkeit oder elektrische Isolation.

Dr.-Ing. Klaus Nassenstein, GTV Verschleißschutz GmbH, ergänzte die Einführung zum thermischen Spritzen mit einer Darstellung der für die Beschichtung erforderlichen Einrichtungen und den dafür geltenden Regularien. Der Prozess des thermischen Spritzens fällt insbesondere durch eine hohe Lärm-, Staub- und Wärmebildung auf. Daher wird der Prozess überwiegend in entsprechenden Arbeitskabinen mit Schalldämmung und intensiver Absaugung ausgeführt. Zu erfüllen sind die Vorgaben des Bundesimmissionsschutzgesetztes und der TA Luft. Daraus ergeben sich auch die Forderungen nach einer geeigneten persönlichen Schutzausrüstung für Anlagenbediener sowie die Überwachung und Protokollierung von Angaben zur Lärmentwicklung und Staubbildung.

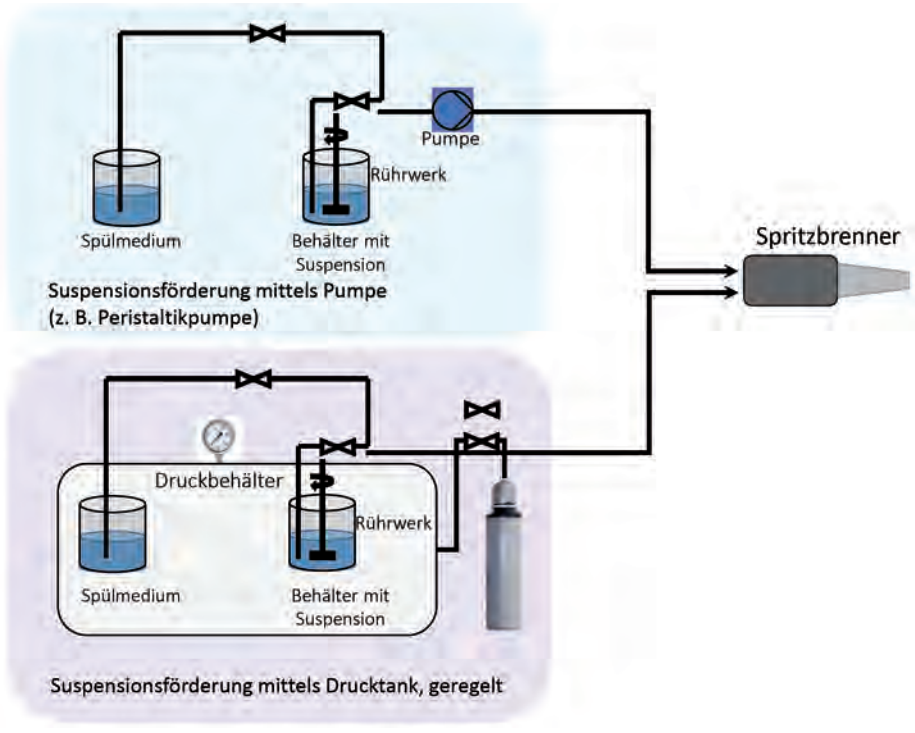
Die Auswahl der Spritzkabine richtet sich nach dem jeweils eingesetzten Verfahren des des thermischen Spritzens; es gibt unterschiedliche Arten der Gestaltung der Spritzkabinen, vor allem im Hinblick auf die Absaugung der anfallenden Stäube sowie die Art der Einrichtungen zum Schallschutz. Die steigenden Kosten zur Erzeugung von Energie

1- Schallschutzkabine
2- Steuerung mit VIP-Pult
3- Roboter
4- Handling-System
5- Pulverförderer
6- Jam-Box
7- Kühlwasserrückkühler
8- Stromquelle
9- Elektro-Unterverteilung
10- Gasregelschrank
11- Steuerschrank
12- Abluftfilter
13- Filtersteuerung

Prinzipieller Aufbau eines Beschichtungszentrums für das thermische Spritzen (Bild: K. Nassenstein)

	Spritzschicht	Hartchrom
Schichtmorphologie	Geschlossene Porosität 0 – 5% je nach Verfahren Spritzrauigkeit (je nach Verfahren)	Offenporige Mikrorissstruktur (einstellbar) Sehr hohe Oberflächengüte (Glanz)
Schichtdicke	10 – einige 100 µm	10 – 100 µm
Schichthaftung	Überwiegend mechanisch, Mikrodiffusionszonen 20 – 100 MPa	Chemischer Natur - daher sehr hoch – 800 MPa
Schichthärte	600 – 1600 HV	600 – 1200 HV
Beschichtungszeit	Bei kleinen Bauteilflächen wenige min	Mehrere h
Einschränkungen	Keine Hinterschneidungen, Kanten, Bohrungen < 100 mm ∅	Max. erreichbare Schichtdicken (Badzeit) ?
Vorbehandlung	i. d. R. Aufraustrahlen mit Edelkorund	Chemische Bäder
Besonderheiten	Speziell in Triboanwendungen vorteilhaft durch Mikroporenstruktur Keramiken, Metalle, Cermets	CrVI Problematik: Alternativen in Entwicklung Einlagerung von Mikrohartstoffen möglich z. B. Diamant

Vergleich der Schichteigenschaften zwischen thermisch gespritzten Schichten und Hartchrom (Bild: A. Killinger)



Zwei unterschiedliche Förderkonzepte für überschnelles Suspensionsflammspritzen (Bild: A. Killinger)

machen die Ausstattung von Spritzkabinen mit Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung immer interessanter, wobei sich die Effizienz zwischen den Varianten des thermischen Spritzens unterscheidet; bei HVOF-Prozessen liegt die Effizienz bei etwa 70 Prozent. Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung werden im Übrigen durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA gefördert. Schließlich ist es erforderlich, die Gefahren einer Explosion durch Stäube zu vermeiden, was in der Regel mittels ATEX-Filteranlagen gelingt

Suspensionsflammspritzen als Hartchromersatz

Wie Prof. Dr. Andreas Killinger von der Universität Stuttgart, Institut für Fertigungstechnologie keramischer Bauteile IFKB, einführend betonte, findet er das Interesse am Suspensionsspritzen zur Herstellung von Keramikschichten auch als Ersatz für Hartchrom sehr interessant. Eingesetzt werden am Institut des Vortragenden die Verfahren Hochgeschwindigkeitsflammspritzen HVOF (HVOF, High-Velocity-Oxygen-Fuel) sowie das Plasma- und das Lichtbogenspritzen, wobei unterschiedliche Typen an Precursoren genutzt werden.

Das Suspensionsspritzen wird bereits seit längerem auf den Innenflächen von Zylindern für Verbrennungsmotoren eingesetzt. Weiteres Einsatzgebiet sind Bremsscheiben zur Verringerung der Feinstaubbildung. Möglich ist zudem die Herstellung von antibakteriellen Schichten, Schichtheizleitern, Katalyse- oder Absorberschichten. Das Verfahren erlaubt die Herstellung von Schichten, die zahlreiche vergleichbare Eigenschaften wie Hartchrom aufweisen, beispielsweise bei WCCoCr-Spritzschichten. Bei Kolbenringen kommen bereits heute die unterschiedlichen Technologien des thermischen Spritzens neben dem Hartverchromen zur Anwendung.

Herausfordernd bei der Nutzung von Suspensionen mit Hartstoffen sind das Pumpen und Einleiten der Suspension in die Spritzflamme. Vorteilhaft an der Technologie ist die Möglichkeit der Herstellung von besonders harten Schichten, wobei allerdings der Wärmeeintrag in die Werkstoffoberfläche höher als bei anderen Varianten des thermischen Spritzens ist.

In bisherigen Versuchen wurden zum Beispiel Aluminium-, Titan-, Zirkon- oder Chromoxid eingesetzt, aus denen sehr dichte Schichten erzeugbar sind. Schichten aus Titanoxid bestechen zum Beispiel durch eine gute Hon-

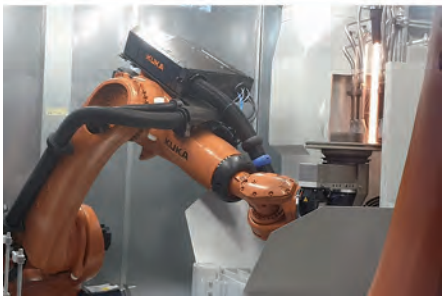
barkeit. Chromoxid als Submicron-Pulver ergibt dichte Schichten mit einer Härte bis über 1800 HV. Die Schichten zeichnen sich unter anderem durch eine hohe Gleichmäßigkeit bei geometrisch komplexeren Teilen aus. Je nach Beschichtungswerkstoff kann im Prozess Chrom(VI) entstehen, das jedoch zu Chrom(III) reduziert wird, weshalb in der Beschichtung kein Chrom(VI) nachzuweisen ist. Günstig ist die Situation auch bei Titan, das sowohl als Oxid- und Carbid eingesetzt wird. Schichten aus WCCoCr erreicht Härten von 900 HV bis 1100 HV, wobei auch diese Schichten aufgrund des enthaltenen Kobalts in die Diskussion geraten sind.

Neu ist die Verwendung von Siliziumcarbid, das keinen Schmelzpunkt hat. Siliziumcarbid wandelt sich beim Spritzen vor allem zu Siliziumoxid um. Ebenfalls neu ist der Einsatz von Aluminiumnitrid in Verbindung mit Aluminiumoxid. Insgesamt verdeutlichten die Entwicklungen der letzten Jahre, dass zunehmend dünnere und glattere Schichten herstellbar sind. Metallische Schichten beziehungsweise Schichtreste werden recycelt, indem zum Beispiel wieder neues Spritzpulver oder -draht erzeugt wird.

Beispiele aus der Beschichtungspraxis

In einem weiteren Vortrag gab Dr. Klaus Nassenstein, GTV Verschleißschutz GmbH, einen Einblick in die Praxis des thermischen Spritzens, insbesondere für die Serienfertigung. Zunächst betonte er, dass in vielen Fällen die Anforderung eines mindestens achtstündigen Einsatzes von Geräten für das thermische Spritzen zu erfüllen sind. Zu vermeiden ist das Verstopfen des Pulverinjektors. Bei regelmäßiger Wartung und gewissenhafter Kontrolle der Spritzwerkstoffe (Pulverform, Pulverfraktion) ist eine Serienproduktion heutzutage kein Problem. Des Weiteren sind Maskierungstechniken mit höherem Aufwand zu realisieren ebenso wie das Vermeiden von Verschleppung von Spritzmaterial. Mehrlagige Schichten aus unterschiedlichen Werkstoffen sind Standard, vor allem bei keramischen Deckschichten, bei denen häufig ein metallischer Haftgrund gespritzt wird.

In zunehmendem Maße ist die Aufzeichnung von Bearbeitungsdaten notwendig, die beim thermischen Spritzen einen erheblichen Umfang einnehmen können. Zeitreserven in den Prozessen sind für das Reinigen und Kalibrieren der Anlagen vorzusehen. Die heutigen modernen SPS-gesteuerten Anlagen gleichen auch leichte Parameterschwankungen in bestimmten Grenzen aus, so daß eine gleichmäßige Beschichtung durchgängig möglich ist. Nach wie vor stellt die Beschichtung von nicht rotationssymmetrischen Teilen eine größere Herausforderung dar. Aufwendig gestaltet sich außerdem die Bestimmung des Gasflusses; Steuerung der Anlagen reguliert masseflußgeregelt den Gasfluß und dokumentiert das auch auf Wunsch. Eine Serienfertigung wird inzwischen bei sehr großen Bauteilen wie den metallischen Türmen von Windkraftanlagen für den Off-Shore-Bereich durchgeführt. Thermisch gespritzte Bremsschichten auf Stahlsubstraten sind die kostengünstige Variante zur Herstellung von teuren Keramikbremsscheiben, die inzwischen ebenfalls in großen Serien produziert werden. In der Industrie eingesetzt wird das thermische Spritzen zur Herstellung von Lambdasonden in Katalysatoren; hier wird Aluminiumoxid partiell auf die Sonde aufgespritzt. Ein weiteres Produkt ist ein Wärmeüberträger für Hybridfahrzeuge.



Spritzbeschichtung von Bauteilen für Windkraftanlagen (oben) und von Bremsscheiben für Fahrzeuge (Bild: K. Nassenstein)

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Die weiteren Themen des Workshops sind:
- Substitution von Hartchrom
- Thermisch Spritzen vs Hartchrom
- Mechanische Bearbeitung.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5 Seiten mit 7 Abbildungen.

Thermisches Spritzen und Laserauftragsschweißen – zwei Technologien, die sich ergänzen

Die Rybak + Hofmann rhv-Technik GmbH + Co. KG hat sich bereits seit Jahrzehnten auf das thermische Spritzen und die dazugehörigen mechanischen Bearbeitungstechnologien spezialisiert. Jede Beschichtungsart hat ihre eigenen Vorteile und kann als Ergänzung angesehen werden. Aus diesem Grund hat sich das Familienunternehmen jetzt zusätzlich im Bereich Laserauftragsschweißen spezialisiert. Damit wird die ohnehin schon große Variationsbreite verschiedenster Anwendungen der Beschichtung erweitert.

Jede Beschichtungsart hat ihre eigenen Anwendungsgebiete. Das thermische Spritzen kommt meist dann zum Einsatz, wenn funktionelle Bauteile optimiert werden sollen – sei es bei Neuteilen oder bei Reparaturteilen. Dabei können von Metalllegierungen wie Nickel-Chrom (NiCr) über Hartmetalle wie Wolframcarbid-Cobalt (WC-Co) bis hin zu Oxidkeramiken wie Zirkonoxid (ZrO_2) fast alle Materialien auf beinahe beliebige Substratwerkstoffe aufgetragen werden. Je nach Spritzverfahren und Anwendung können Schichtdicken zwischen 30 µm und 3000 µm problemlos realisiert werden.

Trotz dieser Variationsbreite können nicht alle Kundenwünsche nur durch thermisches Spritzen befriedigt werden. So können viele Reparaturen verschlissener Bauteile schneller und kostengünstiger im Laserauftragsschweißverfahren bearbeitet werden, da hier bei höheren Auftragsraten größere Schichtdicken zwischen 0,5 mm und 5 mm möglich sind. Zudem ist das generative Anbringen von Funktionselementen möglich. Durch die Ergänzung des Produktportfolios von rhv-Technik mit dem Laserauftragsschweißen können die Vorteile des thermischen Spritzens und des Laserauftragsschweißens optimal ausgenutzt werden.

Auch Kombination der Verfahren ist möglich

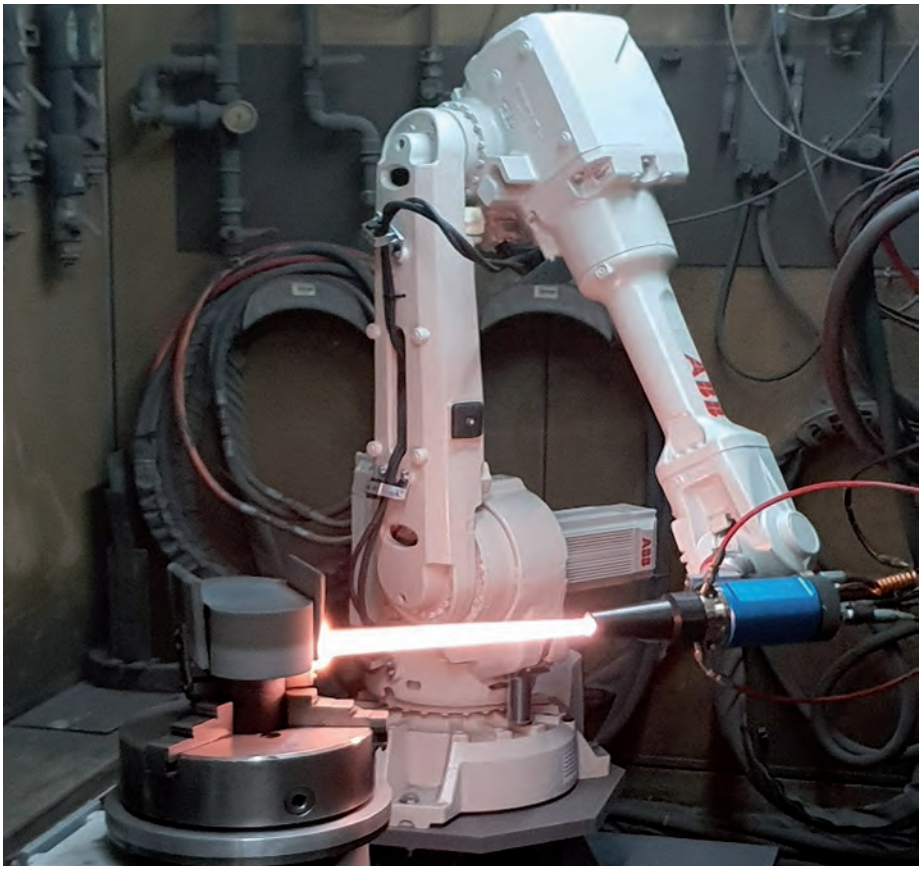
Stark verschlissene Bauteile können zunächst unter Einsatz des Laserauftragsschweißens repariert und anschließend durch eine hochwertigere thermische Spritzschicht weiter optimiert werden. Dies ist zum Beispiel notwendig, falls die Auswahl unterschiedlichster Stähle, die beim Laserauftragsschweißen eingesetzt werden, für die Anwendung nicht ausreicht.

Ein großer Vorteil beider Technologien ist der geringe Wärmeeintrag ins Bauteil während des Beschichtungsvorgangs. Durch eine geeignete Kühlung kann dieser weiter minimiert werden. Dadurch ist gewährleistet, dass keine thermischen Schäden durch die Behandlung im Werkstück entstehen. Stattdessen wird durch die Kombination der beiden Verfahren sogar in einigen Fällen eine Verbesserung der Bauteile im Vergleich zum ursprünglichen Werkstück erreicht. So kann starker Verschleiß im Laserauftragsschweißverfahren ausgebessert und das Bauteil im thermischen Spritzverfahren mit hochwertigeren Materialien als dem Grundmaterial überzogen werden. Der Verschleiß lässt sich dadurch reduzieren und damit die Lebensdauer des reparierten Bauteils erhöhen. Das Werkstück ist dann an eine Anwendung sogar besser angepasst als vor der Reparatur. Somit können Geld, Zeit und Ressourcen bei gleichbleibender oder sogar besserer Qualität der Bauteile gespart werden.

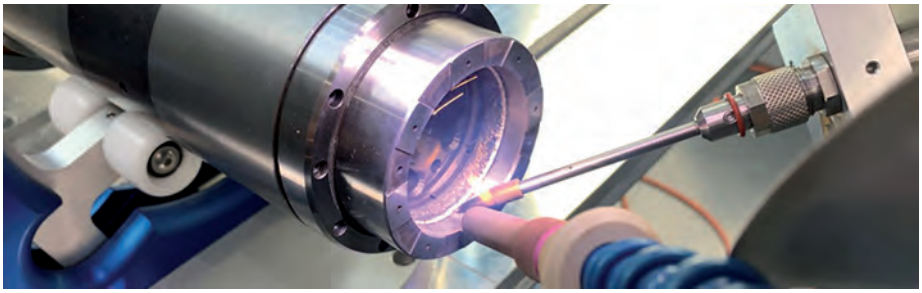
Auch Stillstandszeiten von Maschinen lassen sich durch eine schnelle Reparatur auf ein Minimum reduzieren. Die Bauteile können im Anschluss zusätzlich mechanisch bearbeitet werden, um die gewünschten Endmaße zu erreichen. Hierfür bietet sich je nach Werkstück und Werkstoff das Schleifen oder Drehen an.

Verbesserte Schichthaftung durch beschichtungsgerechte Konstruktion

Ist bei der Konstruktion bereits eine thermische Spritzschicht oder ein generatives Anbringen von Funktionselementen durch Laserauftragsschweißen geplant, sollte auf eine verfahrensoptimierte Konstruktion geachtet werden. Diese betrifft beispielsweise das Vermeiden von scharfen Kanten und engen



Robotergesteuertes Hochgeschwindigkeitsspritzen



Laserauftragsschweißen

Nachbearbeitung der Spritzschichten

Flammspritzen

Gewinn der deutschen 3D-Druck-Challenge 2022

Radien sowie die gute Zugänglichkeit der zu beschichtenden Flächen. Dadurch können das Risiko der Schichtabplatzung minimiert und die Schichthaftung gesteigert werden.
Durch die Kombination dieser beiden Beschichtungstechnologien kann rhv für jede Anwendung die optimalen und kostengünstigsten Lösungen finden und applizieren. Eine konsequente Innovationsstrategie garantiert zudem durchgängig neue Entwicklungen bei rhv, zu denen den Kunden ständig aktuelle und innovative Lösungen angeboten werden. Dies wird nicht nur durch die Auszeichnung zum Top-Innovator 2022 deutlich, sondern auch durch diverse Forschungsprojekte und Preise wie den Gewinn der deutschen 3D-Druck-Challenge 2022. Diese Auszeichnung konnte unter anderem durch die thermische Beschichtung von 3D-gedruckten Kunststoffbauteilen erreicht werden. Mit Hilfe dieser Methode können leichte Werkstücke gleichzeitig mit einem optimierten Verschleißschutz oder erhöhter Temperaturbeständigkeit ausgestattet werden.
Die Beschichtungen führen also nicht nur zu günstigeren und hochwertigeren Bauteilen, sondern auch zu einem nachhaltigen Produkt. Dies liegt daran, dass die Werkstoffe exakt dort aufgetragen werden, wo sie in der Anwendung benötigt werden. Dabei sind beim thermischen Spritzen auch ganze Schichtsysteme möglich, welche durch die gezielte Kombination verschiedener Materialien die unterschiedlichsten Anforderungen erfüllen können. Die Fachleute der rhv-Technik sind in der Lage, in Zusammenarbeit mit den Kunden die idealen Schichtsysteme für die unterschiedlichsten Anwendungen zu finden.

Kontakt:
Rybak + Hofmann rhv-Technik GmbH + Co. KG, Florian Klimmer, E-Mail: Florian.Klimmer@rhv-technik.de
➲ **www.rhv-technik.com**

HARTER drying solutions

DIE EFFIZIENTESTE ART ZU TROCKNEN!

#SCHONEND #ABLUFTFREI #STAATLICH GEFÖRDERT
#PROZESSSICHER #CO_2- UND ENERGIESPAREND

HARTER GmbH | +49 (0) 83 83 / 92 23-0 | info@ harter-gmbh.de

OT ZVO-OBERFLÄCHENTAGE BERLIN 13.-15.9.2023 Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik
STAND 49

parts2clean
MESSE STUTTGART 26. - 28. SEPTEMBER 2023
HALLE 10 STAND E36

Garant für hochbelastbare Oberflächen seit 75 Jahren erfolgreich am Markt

Chrom-Schmitt besitzt jahrzehntelange Erfahrung auf dem Gebiet des Verschleißschutzes. Von Beginn an war das Kerngeschäft des Unternehmens das Hartverchromen von Metallteilen aller Art. Über viele Jahre hat sich Chrom-Schmitt immer weiter auf diesem Gebiet zu einem Spezialisten weiterentwickelt. Neben neuem ins Beschichtungsprogramm aufgenommenem chemisch abgeschiedenen Nickel-Phosphor werden auch ausgefallene Nischenanwendungen bedient.

Geschichte

Das heutige Unternehmen für die Herstellung von hochwertigen funktionellen Oberflächen, die Chrom-Schmitt in Baden-Baden, wurde 1948 von Walter Schmitt gegründet. Bereits fünf Jahre später erfolgte der Umzug in ein neues Gebäude; das Abscheiden von Hartchrom bildete schon damals das Kerngeschäft des noch jungen Unternehmens. Infolge eines stetiges Wachstums der Auftragsvolumina und Kundenzahl fand 1971 schließlich der Umzug in das heutige Werk in Steinbach bei Baden-Baden statt.

Anfang der 80er-Jahre beschäftigte Chrom-Schmitt bereits über 50 Mitarbeiter. Neben der Hartchromabscheidung wurde die Herstellung von Harteloxaloberflächen auf Aluminiumwerkstoffen als weiteres Arbeitsfeld aufgenommen und Walter Schmitt jun. übernahm mit 30 Jahren in zweiter Generation die Geschäftsführung. Unter seiner Leitung etablierte sich das Unternehmen im Markt als zuverlässiger Anbieter von Oberflächen für den Verschleißschutz. Inzwischen ist die dritte Generation der Familie Schmitt am Ruder. Mit Elan und viel Fachwissen führen Philipp und Jochen Schmitt das Unternehmen durch die derzeit für die Galvanotechnikbranche herausfordernde Zeit. Geblieben ist aus der Anfangszeit das hohe Interesse an der nach wie vor interessanten elektrochemischen und chemischen Metallabscheidung sowie das ausgeprägte Bewusstsein für absoluten Umweltschutz. Hinzugekommen ist der Kampf mit einer ausartenden Bürokratie, die mit Vorgaben aus der REACh-Verordnung, der Einsparung an Emissionen, aber auch den drastisch gestiegenen Anforderungen an Ressourcenschonung und Kostensteigerungen bei der Energiebeschaffung viel Energie und Ausdauer von Geschäftsleitung und Mitarbeitenden fordert.

Philipp (links) und Jochen Schmitt

75 Jahre Technologie-Know-how

Die galvanische Abscheidung von Chrom ist das Verfahren, das Chrom-Schmitt seit Gründung des Unternehmens betreibt – und damit über einen ausgesprochen langen Zeitraum mit entsprechend großer Erfahrung und auch unternehmerischem Erfolg. Als elektrochemisches Verfahren ist die Chromabscheidung zur Herstellung von funktionellen Oberflächen, also Oberflächen, bei denen Eigenschaften wie zum Beispiel hohe Härte, gute Verschleißbeständigkeit und hohe Korrosionsbeständigkeit gefordert sind, gut beherrschbar und sehr robust. Angewendet wird das Hartverchromen beispielsweise bei Bewegungs- und Verschleißteilen im Luftfahrt- und Automobilbereich, für hochbeanspruchte Komponenten in der Hydraulik- und Maschinenbauindustrie oder bei funktionellen Oberflächen für Werkzeuge.

So unterschiedlich wie die Einsatzfälle der Chromschichten sind, so unterschiedlich ist auch die Teilegröße oder die zu beschichtende Teilezahl. Walzen oder Hydraulikzylinder werden bei Chrom-Schmitt in Längen von bis zu 3,5 Metern und Durchmessern bis 900 Millimetern bei einem Teilegewicht bis zu zwei Tonnen beschichtet. Die Dicke der Chromschicht kann für solche Teile auch mehr als 1000 µm betragen, wobei in diesem Fall in der Regel die Chromschicht geschliffen und poliert wird, um die Maßhaltigkeit des Bauteils zu gewährleisten und eine möglichst glatte Oberfläche zu erzielen.

Für kleinere Bauteile mit Längen bis 400 Millimetern und 250 Millimetern Durchmesser stehen von Chrom-Schmitt entwickelte, vollautomatische Anlagen zur Verfügung, mit der große Stückzahlen wirtschaftlich beschichtet werden können. In diesem Fall können den Kunden Schichtdicken von einigen Mikrometern angeboten werden.

Bauteile, wie sie bei Chrom Schmitt in großen Stückzahlen mit chemisch abgeschiedenem Nickel-Phophor beschichtet werden

Eine selten zu findende Technologie ist die Chromabscheidung im Trommelverfahren. Mit dieser Technik können Bauteile beschichtet werden, die durch ihre geringe Größe oder Teilegeometrie nicht nach dem konventionellen Verfahren kontaktiert werden können. Beim Trommelverchromen werden Schichten von etwa 0,1 µm bis 5 µm Schichtdicke aufgebracht. Einsatzbereiche für das Trommelchromverfahren sind beispielsweise die Beschichtung von Kugeln für Kugellager oder Nadel- und Zylinderrollen für Lagerkäfige.

Durch das Aufbringen von Varianten der Chromschicht – Strukturchrom und Weichchrom – können die Schichteigenschaften beispielsweise im Hinblick auf die Kontakteigenschaften oder die Reibung im Gebrauch zusätzlich angepasst werden. Chrom-Schmitt verfügt hier aufgrund seines 75-jährigen Bestehens über eine außerordentlich umfangreiche Erfahrung und ist in der Lage, nahezu alle Kundenwünsche zu erfüllen beziehungsweise die Kunden bezüglich der Einsatzeigenschaften zu beraten.

Vor kurzem erweiterte das Unternehmen sein Angebot an Hochleistungsbeschichtungen durch chemisch abgeschiedenes Nickel-Phosphor. Diese Schichten kommt in ihren Eigenschaften Hartchrom relativ nahe, bieten

Die Inbetriebnahme einer neuen vollautomatischen Anlage zur Abscheidung von Nickel-Phosphor erweitert das Angebot für Kunden

Im Rahmen der 75-Jahr-Feier konnten wieder einige Mitarbeiter für ihre langjährige Betriebszugehörigkeit geehrt werden

jedoch die Möglichkeit, die Schichthärte in einem Bereich von 520 HV bis 580 HV (Härte im Abscheidezustand) und etwa 920 HV bis 980 HV einstellen zu können. Darüber hinaus gelten Nickel-Phosphor-Schichten im Allgemeinen als sehr korrosions- und verschleißbeständig. Sie zeichnen sich zudem durch eine gute mechanische Bearbeitbarkeit und aufgrund des Abscheidemechanismus durch eine maximale Konturtreue aus. In vielen Fällen kommen Nickel-Phosphor-Schichten als Alternative im Sinne der REACh-Verordnung in Betracht – mit der Einführung dieser Beschichtungstechnologie kann Chrom-Schmitt damit auch den Forderungen der europäischen Chemikalienverordnung nachkommen, je nach Anwendungsfall Alternativen zur Beschichtung auf Basis von Chrom(VI)verbindungen einzusetzen.

Der Blick in die Zukunft

Die Schichten der Chrom-Schmitt GmbH & Co. KG finden in großem Umfang in der Luftfahrt, in Fahrzeugen oder im Maschinenbau, für Möbel und in der Medizintechnik Anwendung. Durch die hohe Qualität der Schichten und der gesunden Verteilung auf unterschiedlichste Kundenkreise kann das Unternehmen als begehrter Dienstleister auch in wirtschaftlich schwierigen Zeiten mit befriedigender bis guter Auslastung arbeiten. Trotzdem hat natürlich der politische Wandel zu teilweise kaum nachvollziehbarer Ächtung von bestimmten Stoffen oder Verfahren, wie sie sich in der europäischen Chemikalienverordnung darstellt, auch Chrom-Schmitt in ein unruhiges Fahrwasser gebracht. Vor allem die Unsicherheit beim Umgang mit Chrom(VI)-verbindungen hat bei Beschichtern und Kunden der Beschichter zu einer erheblichen Verunsicherung bezüglich langfristiger Geschäftsplanung geführt. Inzwischen haben bereits einige Marktbegleiter im Bereich der galvanischen Verchromung ihren Rückzug vollzogen oder erkennen lassen.

Philipp und Jochen Schmitt werden mit ihrem Unternehmen auch in Zukunft die dringend benötigten Chromschichten für häufig systemrelevante Bauteile, zum Beispiel Fahrgestellteile für Flugzeuge oder Teile für Lager, anbieten. Dafür wurde ein eigener Chrom Schmitt spezifischer Antrag bei der ECHA zur Autorisierung gestellt, so dass nach aktuellem Stand die Produktion für die nächsten Jahre – in Vorbereitung für die vierte Generation der Unternehmensleitung aus dem Hause Schmitt – und die Gewährleistung der langfristigen Kundenbeziehungen gesichert sind. Chrom-Schmitt setzt jedoch nicht nur auf etablierte Beschichtungsverfahren. Vielmehr wird eigene Forschung und Entwicklung betrieben. Im Rahmen eines staatlich geförderten Projekts, beschäftigt sich das Unternehmen derzeit mit der Abscheidung von Chrom aus Elektrolyten auf Basis von Chrom(III)verbindungen hinsichtlich ihrer Funktionalität als Hartchromersatz.

Die Zuversicht auf eine erfolgreiche Zukunft des Unternehmens wird durch die hohe Kompetenz in Bezug auf die Abscheidechemie und alle benötigten Einrichtungen gestärkt: Anlagen, Vorrichtungen und Gestelle werden grundsätzlich im eigenen Hause entwickelt. Dies garantiert eine optimale, teilespezifische Auslegung der Prozesse, maßgeschneidert auf die Anforderungen der Kunden. Einen erheblichen Anteil an der effizienten Fertigung hat nach Aussage von Geschäftsführer Jochen Schmitt der gute Mitarbeiterstamm und dessen Treue zum Unternehmen. Bei den aktuell 80 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern liegt die durchschnittliche Betriebszugehörigkeit bei 15 Jahren. Trotzdem ist es Jochen Schmitt zufolge schwierig, neue, junge Arbeitskräfte zu gewinnen. Hier macht sich wohl auch der Wandel in der Einstellung vieler junger Arbeitskräfte bemerkbar, kurzfristige ökonomische Vorteile einer interessanten langfristigen Arbeitsumgebung vorzuziehen. Jochen Schmitt zeigt sich dennoch zuversichtlich, auch hier für beide Seiten akzeptable Lösungen anbieten und so den notwendigen qualifizierten Mitarbeiterstab halten zu können.

75 Jahre Erfahrung sind ein wichtiger Bestandteil für die erfolgreiche Unternehmensgeschichte von Chrom-Schmitt, kleinere und größere Innovationen im eigenen Unternehmen der andere. Dies wird unter anderem durch eine Auszeichnung wie dem Schaeffler-Award 2019 in der Kategorie Technology Innovation erkennbar, der für die Entwicklung einer QR-Code-gesteuerten Anlage für die Innenbeschichtung von partiell vernickelten Naben an das Unternehmen vergeben an das Unternehmen wurde. In diesem Sinne dürfen auch in den nächsten Jahren interessante Neuerungen für eine moderne Oberflächenbehandlung erwartet werden.

➲ **www.chrom-schmitt.de**

Industriedialog für Nachhaltigkeit

Der 43. Workshop des Arbeitskreises für Atmosphärendruckplasma (ak-adp) am 26. und 27. April 2023 in Leipzig präsentierte Plasmatechnologie in Best-Practice-Beispielen und demonstrierte damit die Leistungsfähigkeit der Technologie in vielen Bereichen

Zum online-Artikel

Interessante Vorträge zu vielfältigen Anwendungen von atmosphärischen Plasmen standen im Mittelpunkt des ersten Tages des 43. ak-adp-Workshops im Grassi-Museum in Leipzig. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Überführung von technologischen Entwicklungen in die industrielle Anwendung, wie Dr. Kerstin Horn in ihrer Eröffnung der Veranstaltung betonte. Atmosphärische Plasmen haben ihr Potenzial als innovative Lösungsansätze für sowohl lokale als auch großflächige Oberflächenbehandlungen schon vielfach unter Beweis gestellt. Das betrifft neben zahlreichen technischen Anwendungen zur Oberflächenmodifizierung von Kunststoffen und Metallen, textilen Materialien und Kompositen jetzt auch Anwendungen in der Landwirtschaft im Vorernteprozess.

Kay Kölzig stellte in seinem Grußwort den Sachsen-Leinen e. V. vor, ein Forschungs- und Unternehmensverbund auf dem Gebiet des Anbaus und der Verarbeitung von Faserpflanzen, Naturfasern und anderen nachwachsenden Rohstoffen. Er befasst sich unter anderem mit der Entwicklung von Naturfasern für den Einsatz in der Industrie. Hierfür wird der gesamte Fertigungsprozess – von der Gewinnung der Fasern bis zu deren Einsatz – betrachtet, wobei besonders die Nachhaltigkeit im Fokus steht, und vor allem nachwachsende Rohstoffe betrachtet werden. Die Fasern werden für alle denkbaren Anwendungen von Textilien bis hin zu Faserverbunden eingesetzt.

Dr. Kerstin Horn eröffnet den Workshop (Bild: ak-adp)

Plasmavorbehandlung für nachhaltige Produkte

Peter van Steenacker, Tigres GmbH, Marschacht, erläutert den Einsatz der Plasmavorbehandlung aus der Sicht eines Entwicklers von Geräten und Verfahren für den Einsatz von Atmosphärendruckplasmen. Wie er einleitend betonte, hat die aktuelle Politik dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit erheblichen Vorschub geleistet. Faktoren, die den Einsatz der Plasmavorbehandlung unterstützen, sind unter anderem die Minimierung von Emissionen, Luftreinhaltung oder nachhaltige Energienutzung.

Grundsätzlich wird bei Plasmen unterschieden zwischen Plasmadüsen und Coronasystemen. Zum Einsatz kommen derartige Plasmaverfahren bei der Reinigung, Aktivierung, Beschichtung und Entgratung. Eines der ersten Einsatzgebiete der Plasmatechniken war das Fügen von Kunststoffen unterschiedlicher Art. Hierzu musste in erster Linie die Benetzung der Kunststoffe verbessert werden, was sehr gut unter Nutzung von Plasmen gelingt.

Heute werden viele technische Kunststoffe auf diese Art vorbehandelt. Anwendungsbeispiele sind bedruckte Kunststoffe, bei denen das Plasma vorteilhafterweise immer dann zugeschaltet wird, wenn es erforderlich ist, also eine hohe Effizienz gewährleistet werden muss. Gute Ergebnisse werden auch bei der Entfernung von Öl von einer Aluminiumoberfläche vor dem Bedrucken erzielt. Das Ergebnis dieser Vorbehandlung ist eine sehr gute Haftung sowie eine hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit. Die Anwendung erfolgt sowohl bei massiven Aluminiumteilen als auch bei Aluminiumfolie.

Plasmaverfahren zeichnen sich auch dadurch aus, dass sie als lebensmittelecht eingestuft werden. Dadurch wird der Technologie beispielsweise auch durch die europäische Chemikalienverordnung REACh Vorschub geleistet, da chemische Primer deutlich kritischer gesehen werden. Vorteilhaft ist für Plasmaverfahren in diesem Falle außerdem, dass der Wartungsaufwand von Fertigungsanlagen bei Plasma deutlich geringer ist als beim Einsatz von chemischen Stoffen.

Im Hinblick auf den CO_2-Fußabdruck schneiden Plasmaverfahren ebenfalls sehr vorteilhaft ab, da die Plasmaanlagen lediglich Strom für den Prozess benötigen. Nach Aussage des Vortragenden zeigen Atmosphärendruckplasmen auch im Vergleich zu einer Corona-Behandlung im Hinblick auf die benötigten Energiemengen Vorteile. Empfehlenswert ist nach seiner Überzeugung aber auch, für jede Anwendung das optimale Parameterfenster zu ermitteln.

Biobasierte Kunst- und Klebstoffe für den Leichtbau

Wie Dörthe Jakobi vom Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung (ifw Jena) einleitend ausführte, handelt es sich bei den von ihr behandelten Produkte um Neuheiten, die bisher noch nicht in der Praxis eingesetzt wurden. Bei der Entwicklung von biobasierten Kunststoffen stehen vor allem die Verbindungstechniken, also bevorzugt Kleben, die Abbaubarkeit sowie der durch die Herstellung und Verwendung erzeugte CO_2-Fußabdruck im Vordergrund.

Für eine detailliert durchgeführte Untersuchung zur Kombination des Kunststoffs mit Aluminium wurden unter anderem Polyactide (PLA) sowie Thermoplastische Elastomere (TPE) in drei verschiedenen Rauheiten und mit verschiedenen Beimischungen an Kieferkernholz (bis zu 40 %) betrachtet. Aufgabe war beispielsweise die Optimierung der Oberfläche durch Vorbehandlung, in erster Linie unter Einsatz von Atmosphärendruckplasma. Die Holzbeimischungen führen zur einer abnehmenden Temperaturbeständigkeit von etwa 125 °C ohne Holzbeimischung, auf etwa 100 °C bei 40 Prozent Holzanteil. Bei PLA zeigte sich zum Beispiel mit steigendem Holzanteil eine zunehmende Wasseraufnahme, wobei der Wert bis maximal etwa 3 Prozent reicht. Außerdem steigt die Wasseraufnahme, je rauer die Oberfläche ist.

Zur Beurteilung der Verklebbarkeit wurde zunächst die Benetzbarkeit als Parameter herangezogen, wobei die Vortragende darauf hinwies, dass dieser Zusammenhang nicht generell gilt. Neben der Aktivität der Oberfläche spielt der Typ des Klebstoffs eine Rolle. Angestrebt wurde der Einsatz eines biobasierten Klebstoffs. Als Vorbehandlungsvariante wurden die Beflammung mit Pyrosil und die Plasmabehandlung gewählt.
Durchgeführte Messungen ergeben für Pyrosil bei PLA-Kunststoff die höchsten Werte für die Oberflächenspannung. Die Plasmabehandlung zeigt bei TPE-Kunststoff deutlich höhere Oberflächenspannungen bei konstant hohen Werten. Grundsätzlich zeigten die Untersuchungen die Eignung von biobasierten Klebstoffen, die vergleichbare Haftungen wie konventionelle Klebstoffe aufweisen. Die Rauheit der Kunststoffoberflächen sowie der Kompositanteil in den Kunststoffen besitzen keine nennenswerte Auswirkung auf die Klebefestigkeit bei den untersuchten Klebstofftypen. Zudem zeigten die Untersuchungen, dass die Beflammung des Kunststoffs und die Plasmabehandlung des Fügepartners Aluminium zu guten Verbindungsergebnissen führen.

Plasmavorbehandlung von Verstärkungsfasern in Verbundwerkstoffen

Die von David Hartung, Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IWMS Schkopau, vorgestellte Vorbehandlung an Verstärkungsfasern findet ebenfalls Anwendung im Bereich Leichtbau. Der Vortragende wies einleitend darauf hin, dass die Eigenschaften des Gesamtbauteils ganz wesentlich von der Grenzfläche zwischen Faser und umgebendem Kunststoff abhängen. Ausgedrückt wird diese Eigenschaft durch die Faser-Matrix-Haftung. Eine hohe Haftung wird durch eine vollständige Benetzung der Faser mit dem Matrixkunststoff erreicht.
Grundsätzlich kann die Haftung für Verbundwerkstoffe durch unterschiedliche Prozesse erzeugt werden, beispielsweise durch eine Optimierung der Geometrie in Form einer hohen Rauheit oder durch eine chemische Veränderung durch die Einstellung einer hohen Aktivität beziehungsweise Bindungskraft zwischen Faser und Matrix. Eine Herausforderung besteht darin, bei der Wahl des Aktivierungsverfahrens die unterschiedlichen, vorliegenden Oberflächenenergien der Stoffe zu berücksichtigen. Neben der Durchführung einer chemischen Behandlung kommt auch der Einsatz von Plasmaverfahren in Betracht. Bei der Nutzung von Naturfasern spielt allerdings deren gegebene streuende Zusammensetzung eine wichtige Rolle, beispielsweise durch vorhandene Verschmutzungen oder variierende Grenzflächenzustände.
Als relevante Parameter für ein Plasma gelten Anteile an Luft und Stickstoff, die Behandlungsgeschwindigkeit oder die Zyklenzahl. Für die Plasmabehandlung spielen auch Verschmutzungen oder der Oberflächenzustand der Fasern eine Rolle, die Störungen der Aktivität zur Folge haben und damit zu einer gestörten Haftung führen.
Die Beurteilung der durchgeführten Aktivierungen kann mittels Kerbschlagbiegeversuch bestimmt werden. Kennzeichen war bei den vom Vortragenden durchgeführten Untersuchungen die Art und Stärke der Risse im Verbundwerkstoff. Die Messungen zeigen durch die Plasmabehandlung eine gute Anbindung des Matrixkunststoffs an die eingesetzten Fasern im Falle der Kohlenstofffasern. Bei Naturfasern ist das Bild uneinheitlicher aufgrund der starken Streuung des Oberflächenzustands der Fasern sowie der vorhandenen Feuchtigkeit der Fasern. Als Abhilfe empfiehlt sich das Trocknen der Naturfasern vor der Herstellung des Verbunds. Wie bei Kohlenstofffasern zeigen auch die Naturfasern deutliche Unterschiede bei der Anhaftung des Kunststoffs, je nachdem, ob mit oder ohne Plasmabehandlung gearbeitet wird. Die Oberflächenrauheit spielt zwar eine Rolle bei der Haftung, ist allerdings bisher nicht in ausreichendem Maße steuerbar.

Plasmachemische Oxidation

Jürgen Schmidt von Innovent e. V. in Jena, befasst sich unter anderem mit der plasmachemischen Oxidation von Magnesium für den Einsatz in der optischen Industrie zur Herstellung von Geräten wie zum Beispiel Ferngläser, Teleskope oder Zielfernrohre. Für diese Geräte werden lackfreie schwarze Oberflächen beziehungsweise Beschichtungen benötigt.

hendor
75 years of excellence in pumps & filtration

DIE NEUE GENERATION PUMPEN UND FILTER
immer die grünste Lösung

Unmittelbar ein kleinerer CO2-Fußabdruck

- Optimale Energie-Effizienz
- Geringerer Verbrauch von Rohstoffen und Filtermedien
- Weniger Abfall
- Robust, zuverlässig, lange Lebensdauer
- Benutzer- und wartungsfreundlich

Leisten Sie Ihren Beitrag zur Schonung der Umwelt
mit der neuen Generation Pumpen und Filter.

hier mehr entdecken

OT
BERLIN
13.-15.9.2023
Wir stellen aus
Stand Nr.:
40

T +31 497 339 389 info@hendor.de **WWW.HENDOR.DE**

Die Teilnehmer des Workshop im Grassi-Museum in Leipzig **(Bild: ak-adp)**

Als Basis für die Herstellung der blendfreien Oberflächen werden neben Magnesium siliziumhaltige Aluminiumlegierungen eingesetzt. Wie Jürgen Schmidt betonte, beträgt der Anteil an Magnesiumlegierungen aktuell etwa 20 Prozent. Grund für den Einsatz von metallisch basierten Oberflächen liegt in der geforderten hohen Toleranz von 10 µm bis 20 µm. Für die Schichtdicken werden im Allgemeinen bei Magnesium etwa 5 µm und bei Aluminium etwa 15 µm gefordert. Die Absorption der Schichten soll über 90 Prozent liegen.

Bei der eingesetzten plasmachemischen Oxidation handelt es sich um eine Sonderform der anodischen Oxidation. Grundvoraussetzung zur Herstellung einer Deckschicht ist die Bildung eines Dielektrikums. Zu den großen Vorteilen des Verfahrens zählt die Ausbildung einer sehr gleichmäßigen Schicht, wobei die Schichtdicke durch Steuerung der Spannung relativ genau eingestellt werden kann. Zu den besonderen Eigenschaften zählt die hohe Absorption von Licht, so dass nahezu keine Reflexion und Streuung von Licht auftritt.

Die plasmachemische Oxidation ist mittlerweile für die industrielle Produktion im Einsatz. Hierfür stehen Anlagen im Maßstab der üblichen elektrolytischen Abscheideverfahren mit Elektrolytvoluminia im Kubikmeterbereich zur Verfügung. Neben diesem industriellen Einsatz im optischen Bereich könnte Magnesium in ähnlichem Maßstab für medizintechnische Anwendungen genutzt werden.

Rolle-zu-Rolle-Aktivierung

Für viele Produkte ist eine Fertigung auf Endlosband mittels Rolle-zu-Rolle-Verfahren üblich; auch für diese Bearbeitungstechnologie sind Plasmaverfahren geeignet. Prof. Dr. Michael Thomas, Fraunhofer-Institut für Schicht und Oberflächentechnik IST, Braunschweig, wies zu Beginn seiner Ausführungen auf *R2RNet* hin, ein europäisches Industrie- und Forschungsnetzwerk, in dem die Partner ihre Kompetenzen bei der kontinuierlichen Funktionalisierung von Oberflächen im Rolle-zu-Rolle-Verfahren bündeln. Damit sollen der Erfahrungsaustauch befördert und der Zugang zu diesen Technologien und entsprechenden Anlagen erleichtert werden.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Weitere Themen des Veranstaltungsberichts sind:
- Plasmaanwendungen für die Landwirtschaft
- In-Situ Schichtcharakterisierung
- Wettbwerb #ZukunftADP

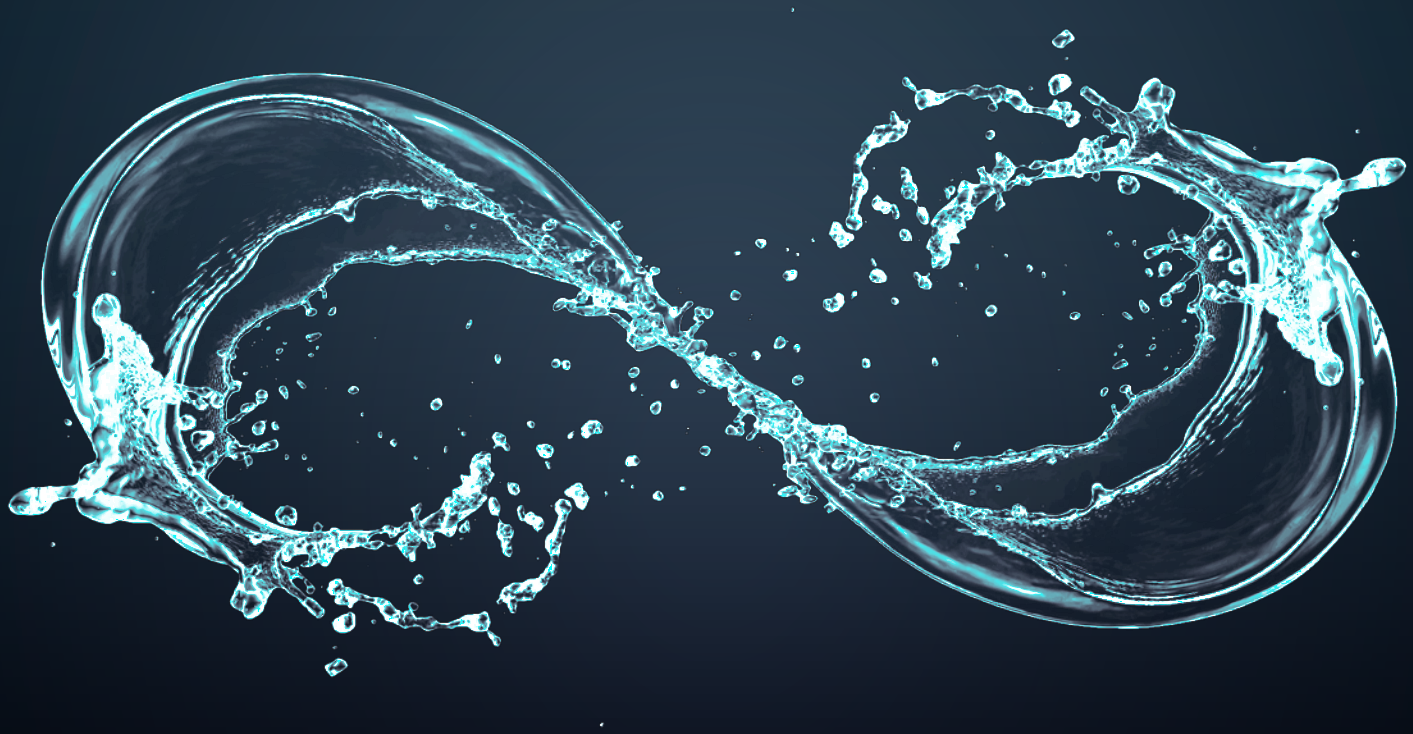
Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 3,5 Seiten mit 3 Abbildungen.

INSERENTENVERZEICHNIS

acp systems AG	27	Gravitech	15	MVB Bretten	33
aqua plus	11	GusChem	37	Renner GmbH	Titelbanner
Atotech Deutschland	U3	GTS e.V.	41	rhv-Technik	39
B+T Unternehmensgruppe	15	Harter GmbH	43	Sager + Mack	1, U4
BAG	U2	Hendor	47	Serfilco	31
Brenscheidt Galvanikservice	25	Walter Lemmen GmbH	19	Strähle Galvanik	33
BRW Elektrochemie	37	MacDermid envio	11	STZ Tribologie	5
Deutsche Messe AG	13	Mazurczak GmbH	7	SurTec Deutschland	13
ecoclean Group	5	Met-at-Lab	25	TIB AG	29
FST Drytec	29	Munk GmbH	Titel		

Unendlich effizient

Die neue Generation der Zink-Nickel-Beschichtung



Das Atotech CMA Closed Loop System – eine bahnbrechende Einheit für die alkalische Zink-Nickel-Beschichtung. Diese revolutionäre Technologie ist wegweisend für eine nachhaltige Produktion, da sie die Entsorgung und Behandlung von Zink-Nickel-Abwasser um 90 Prozent reduziert.

Erfahren Sie außergewöhnliche Leistung und verbesserte Produktqualität. Erhöhen Sie Ihren Wettbewerbsvorteil; mit dem Atotech CMA Closed Loop System erreichen Sie schneller Ihre Nachhaltigkeitsziele durch höhere Effizienz, geringeren Energieverbrauch und beträchtliche Einsparungen.

Um mehr über unsere Lösungen zu erfahren, scannen Sie den QR-Code auf der rechten Seite.

info@atotech.com

www.atotech.com

EIN MACK FÜR ALLE FÄLLE