

Galvanotechnik

Älteste Fachzeitschrift für die Praxis der Oberflächenbehandlung

Galvanotechnik: Vorbehandlung, Schleifen, Polieren, Reinigen, Entfetten; galvanische Metallabscheidung, stromlose Metallabscheidung, anorganische Schicht; Kunststoffgalvanisierung, Korrosionsschutz.

Photovoltaik: Prinzip, Entwicklung und Herstellung von Solarzellen, Galvano- und Oberflächentechnik für Solarzellen.

Dünnschicht- und Plasmatechnik: PVD, CVD, Plasmopolymerisation, Hartstoffschicht, Tribologie, Vakuumtechnik.

Mikrosystemtechnik: LIGA-Technik; Mikrogalvanoformung; Ätzen; Mikromechanik; Röntgenlithographie.

Umwelttechnik: Abwasser, Abfall, Abluft; Wertstoffrecycling, Anlagen; Geräte; Prüfverfahren; Materialien.

EUGEN G. LEUZE VERLAG KG · D-88348 BAD SAULGAU/WÜRTT. · KARLSTR. 4

Telefon 07581/4801-0 · Telefax 07581/4801-10

E-Mail: mail@leuze-verlag.de · Internet: <http://www.leuze-verlag.de>

Internet: <http://www.galvanotechnik.com> bzw. <http://www.galvanotechnik.de>

105. Jahrgang

2014

Heft 1 (Januar)

Herausgeberin und Hauptschriftleiterin: Sylvia Leuze-Reichert; E-Mail: sylvia.leuze-reichert@leuze-verlag.de

Schriftleitung: Heinz Käisinger (Galvanotechnik), Verlagsanschrift, Telefon 07581 4801-16, E-Mail: heinz.kaesinger@leuze-verlag.de

Redaktion: Dipl.-Ing. Harald Holeczek (Photovoltaik), Verlagsanschrift; E-Mail: harald.holeczek@leuze-verlag.de

Dr.-Ing. Richard Suchentrunk (Dünnschicht- und Plasmatechnik), Am Feld 17, D-85658 Egming

Heinz Käisinger (Mikrosystemtechnik), Leuze Verlag, Bad Saulgau (ad interim)

Dipl.-Ing. (FH) Hanns-Michael Oßwald (Umwelttechnik), Hohensteiner Str. 25, D-09337 Hohenstein-Ernstthal;

E-Mail: h-michael.osswald@leuze-verlag.de

Petra Istvan (Bildredaktion), Verlagsanschrift

Übersetzungen aus dem Englischen: Christine Ahner, translate.economy@web.de, www.translate-economy.de, +49 0 7522 909230

Anzeigenleitung: Gerald Mikuteit, Telefon 07581 4801-15; E-Mail: gerald.mikuteit@leuze-verlag.de

Abonnementverwaltung: Inge Leuze, Telefon 07581 4801-13; E-Mail: inge.leuze@leuze-verlag.de

Die Fachzeitschrift „Galvanotechnik“ erscheint monatlich einmal (zur Monatsmitte). Bezugspreis für Deutschland € 75,50 jährlich, für das Ausland € 94,20 jährlich. Zusätzlicher Bezug im Premium-Abo (Printausgaben + Onlineausgaben mit Möglichkeit der Volltextrecherche) möglich. Bezugspreis für das Premium-Abo Deutschland € 107,60 jährlich, für das Ausland € 124,20 jährlich. In diesen Beträgen sind die Bezugsgebühren und die Versandkosten enthalten, in Deutschland auch die Mehrwertsteuer. Einzelhefte € 10,70 und Porto. Der Mindest-Bezugszeitraum beträgt 1 Jahr. Abbestellungen sind nur bis 6 Wochen vor Jahresende möglich. Bei höherer Gewalt, Streik oder sonstigen besonderen Umständen besteht kein Anspruch auf Nachlieferung oder Erstattung bei Nichterscheinen.

Durchschnittliche Druckauflage der „Galvanotechnik“ im 4. Quartal 2012: 3966 Exemplare je Heft.

Die Richtigkeit dieser Auflage ist durch IVW-Kontrolle verbürgt.

Die IVW ist eine unabhängige Prüfungsinstanz der werbenden deutschen Wirtschaft.

Die „Galvanotechnik“ ist in 50 Ländern der Welt abonniert.



Geographische Verbreitungsanalyse

Bundesrepublik Deutschland:

3460 = 87,24 %

Ausland:

506 = 12,76 %

3966 = 100,00 %

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, sind vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopien, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehendung im Magnettonverfahren oder auf ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von den einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopie hergestellt werden. Imprimé en Allemagne – Printed in Germany

Das Inhaltsverzeichnis dieses Heftes finden Sie auf den nächsten Seiten.

Zum Titelbild: Die KFM Alarmanlagen GmbH bietet ein System zur Brandfrühsterkennung an, das mögliche Brände bereits entdeckt, bevor Rauch sichtbar wird. Das KFM RAS-System (Rauchansaugsystem) funktioniert unter erschwerten Bedingungen und hat sich auch in Betrieben der Galvanotechnik bewährt. (KFM Alarmanlagen GmbH; www.kfm-alarm.de)

Galvanotechnik		Plating Galvanoplastie
<i>Editorial</i>	Packt die Probleme endlich an!	17
<i>Aufsätze</i>	Fortschritte in der Galvanotechnik – Eine Auswertung <i>(Jelinek, T. W.)</i>	18
	Elektropolieren von rostfreien Edelstählen und medizinischen Sonderwerkstoffen in ionischen Flüssigkeiten und nichtwässrigen Elektrolyten <i>(Bán, A.; Rademacher, M.; Reichardt, T.)</i>	38
	Methoden zur Selektivreinigung von Elektrolyten <i>(Möbius, Prof. Dr. A.; Werner, C.)</i>	54
	Simulation der Hydrodynamik bei galvanotechnischen Produktionsprozessen <i>(Spille-Kohoff, Dr. A.)</i>	56
	Simulation von Plasma-Beschichtungsprozessen <i>(Pflug, A.; Siemers, M.; Melzig, T.; Schäfer, L.; Rademacher, D.; Zickenrott, T.; Vergöhl, M.)</i>	62
<i>Berichte</i>	Bericht über die Ausstellung SF-China	68
	Fachtagung Prozessnahe Röntgenanalytik im WISTA-Wissenschafts- und Technologiepark Adlershof	76
	Die SSO feierte ihr 50-jähriges Bestehen	79
	Edelmetalle und -legierungen in der Elektronik: Stand der Technik, aktuelle Entwicklungen, Trends	81
	Sicherung der weltweiten Lieferfähigkeit galvanisch beschichteter Bauteile für Industrie und Automotive	85
	Brief aus England – Monatlicher Bericht von Dr. A. T. Kuhn	87
	Z.O.G. – Zentrum für Oberflächentechnik Schwäbisch Gmünd e. V. stellt neues Schulungsprogramm 2014 vor	95
	Schleifen, Polieren und Galvanisieren in Theorie und Praxis	98
	Bericht aus Indien – Monatlicher Bericht von Dr. Nagaraj N. Rao	100
<i>Rubriken</i>	Aus der Praxis - für die Praxis	102
	Verbandsnachrichten	106
	DGO-Bezirksgruppen und Veranstaltungstermine	110
	Neue Verfahren - Neue Einrichtungen	111
	Tagungen, Ausbildung, Fachmessen	117
	Wichtiges in Kürze	121
	Neues aus der Fachwelt	125
	Aus den Unternehmen	128
	Patentschau	131

Photovoltaik

Photovoltaics
Photovoltaïque

<i>Editorial</i>	Die Energiewende zum Erfolg führen – auf diesem Weg?	143
<i>Berichte</i>	Wie sieht die Entwicklung des Energiesystems in Deutschland aus?	144
<i>Rubrik</i>	Zur Info	147

Dünnschicht- und Plasmatechnik

Thinfilm- and Plasma Technology
Couches minces – Technique du plasma

<i>Editorial</i>	Chimären	151
<i>Berichte</i>	Mikrobearbeitung von glasfaserverstärkten, flexiblen und nanobeschichteten Leiterplatten mittels ultrakurzer Laserpulse	152
	Vakuumbeschichtung und Plasmaoberflächentechnik – Ein Bericht über die V 2013	157
	16. Workshop des Anwenderkreises Atmosphärendruckplasma am 17./18. April 2013 in Dortmund	166
<i>Rubrik</i>	Zur Info	170

Mikrosystemtechnik

Microsystems Technology
Microtechnique

<i>Editorial</i>	Drahtbonden: Junge alte Technik	177
<i>Bericht</i>	GigaSonic – Untersuchungen an hochfrequenten Dünnschichtschwingern für zukünftige Phased-Array-Sensoren	178

Umwelttechnik

Environmental Technology
Technologie de l'environnement

<i>Editorial</i>	Ende der Bleizeit	185
<i>Berichte</i>	Wasseraufbereitungsprojekt „Anwendungsorientierte Verwertung der heterogenen Photokatalyse“	186
	Eine Investition in die Zukunft: Die neue Abwasseranlage von Schlötter	192
<i>Rubrik</i>	Zur Info	196

Galvano-Referate

(grüne Seiten, nach Umwelttechnikteil)
Abstracts aus internationalen Fachzeitschriften

Gelegenheitsanzeigen, Inserentenverzeichnis, Beilagen- und Einhefter-Hinweis am Heftschluss, Anzeigenpreise, Impressum (letzte Seite)

Jelinek, T. W.

Fortschritte in der Galvanotechnik – Eine Auswertung der internationalen Fachliteratur 2012/2013

Advances in Surface Finishing – a Review of the International Literature in 2012/2013

Progrès dans la galvanotechnique – Une exploitation de la littérature internationale en 2012/2013

Galvanotechnik 105 (2014) 1, S. 18-37, 707 Lit.-Hinw.

Mit Beendigung der wirtschaftlichen Krise, in der die wichtigsten Themen der Galvanotechnik und Oberflächenbehandlung schwerpunktmäßig auf der Wettbewerbsfähigkeit und damit auf der Kostenreduktion lagen, orientieren sich diese Wirtschaftszweige jetzt offensichtlich erneut auf ihre Aufgaben innerhalb solcher Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte, die aus gesellschaftspolitischen Gründen besonders gefördert werden.

With the global economic crisis coming to an end, key issues in Metal Finishing and Surface Treatment were competitiveness and, linked to this, reduction of costs. While not neglecting these pressures, the various branches of the Surface Finishing industry renewed their investment in R & D projects, especially those related to socially – and environmentally – orientated aspects.

Avec l'achèvement de la crise économique lors de laquelle les thèmes les plus importants de la galvanotechnique et du traitement de surface ont été essentiellement axés sur la compétitivité et donc sur la réduction des coûts, ces branches d'activité se réorientent maintenant de toute évidence sur leurs rôles dans les priorités de recherche et de développement, lesquelles sont particulièrement encouragées pour des raisons socio-politiques.

Vakuum · Plasma · Technologien

Beschichtung und Modifizierung von Oberflächen

Herausgeber: Prof. Dr. Gerhard Blasek und Prof. Günter Bräuer, unter Mitarbeit diverser Autoren. Erste Auflage 2010. 1312 Seiten mit 913 Abbildungen und 121 Tabellen (aufgrund des Umfangs erscheint das Buch in zwei Teilen). Preis € 199,- inkl. MwSt., zuzüglich Porto und Verpackung. ISBN-Nr. 3-87480-257-4

Die Beschichtung von Festkörpern im Vakuum und die Modifizierung oberflächennaher Bereiche durch Vakuum- und Plasmaprozesse schaffen Produkte mit neuen Gebrauchswerten. Dies betrifft vor allem den Werkzeugbau und alle Bereiche des Maschinen- und Fahrzeugbaus, das Bauwesen, die Glas-, Keramik- sowie Kunststoffverarbeitung und -oberflächenveredelung, die Elektronik ebenso wie die Lebensmittel-, Bio- oder Medizintechnik. Vakuum- und Plasmaprozesse ermöglichen eine ressourcenschonende Fertigung und verleihen Erzeugnissen völlig neue Eigenschaften.

Eugen G. Leuze Verlag KG

Karlstraße 4 · D-88348 Bad Saulgau · Tel. 0 75 81/48 01-0 · Fax 0 75 81/48 01-10
buchbestellung@leuze-verlag.de · www.leuze-verlag.de

Bán, A.; Rademacher, M.; Reichardt, T.

Elektropolieren von rostfreien Edeltählen und medizinischen Sonderwerkstoffen in ionischen Flüssigkeiten und nichtwässrigen Elektrolyten

Electropolishing of Stainless Steels and Specialised Medical Alloys in Ionic Liquids and Non-aqueous Electrolytes

Electropolissage dans des liquides ioniens et des électrolytes non aqueux d'aciers spéciaux inoxydables et de matériaux spécifiques au domaine médical

Galvanotechnik 105 (2014) 1, S. 38-53, 10 Abb., 4 Tab., 13 Lit.-Hinw.

Ionische Flüssigkeiten und nichtwässrige Elektrolyte wurden auf ihre Eignung für das Elektropolieren von rostfreien Edeltählen und medizinischen Sonderwerkstoffen hin untersucht. Dafür wurde das Auflösungs- und Abscheidungsverhalten von Eisen, rostfreien Edeltählen, Cobalt, Cobalt-Chrom, Niob, Tantal und Platin-Iridium in unterschiedlichen ionischen Flüssigkeiten zykl voltammeterisch charakterisiert und Werkstoff-/Elektrolytkombinationen mit potenziellen Elektropoliereigenschaften selektiert. Neben der bereits in der Literatur erwähnten Mischung aus Cholinchlorid und Ethylenglykol weisen u.a. 1-Ethyl-3-methylimidazoliumacetat und 1-Ethyl-3-methylimidazoliumchlorid Elektropoliereigenschaften für die rostfreien Edeltähle 1.4301 und 1.4404 auf. Das 1-Ethyl-3-methylimidazoliumacetat mit 1 % Wasser und 5 % Säurezusatz eignet sich besonders für das Elektropolieren der Cobalt-Chrom-Legierung 2.4964. Niob, Tantal und Platin-Iridium können im 1-Ethyl-3-methylimidazoliumchlorid bei 95 °C unter Anwendung von Spannungspulsen elektrolytisch aufgelöst werden. Am Beispiel der Elektropolitur von Cobalt-Chrom-Stentmustern und des Entgratens von Platin-Iridium-Herzschrittmacheranschlüssen wurde die technische Eignung von ionischen Flüssigkeiten zur Oberflächenbearbeitung von medizintechnischen Produkten aufgezeigt.

Ionic liquids and non-aqueous electrolytes were assessed as to their suitability for electropolishing of stainless steels and specialised medical alloys. To this end, the dissolution and deposition behaviour of iron, stainless steels, cobalt, cobalt-chromium alloy, niobium, tantalum and platinum-iridium alloy were studied using cyclic voltammetry. Various combinations of metal and electrolyte were subjected to electropolishing tests. In addition to mixtures of choline chloride and ethylene glycol previously cited in the literature, 1-ethyl-3-methylimidazolium acetate and 1-ethyl-3-methylimidazolium chloride have shown promise for electropolishing of 1.4301 and 1.4404 grades of stainless steel. The former compound with 1% water and 3% acid additions proved especially suitable for electropolishing of cobalt chromium alloy 2.4964. Niobium, tantalum and platinum-iridium alloy were effectively electropolished using 1-ethyl-3-methylimidazolium chloride at 95°C, using voltage pulses. Using as case studies cobalt-chromium stents and deburring of platinum iridium pacemaker contacts, the technical viability of ionic liquids for surface finishing of medical products was amply demonstrated.

Des liquides ioniens et des électrolytes non aqueux ont été étudiés pour leur aptitude à l'électropolissage d'aciers inoxydables spéciaux et de matériaux spécifiques utilisés dans le domaine médical. Le comportement à la dissolution et à la déposition dans différents liquides ioniens du fer, d'aciers inoxydables, du cobalt, d'alliage cobalt-chrome, du niobium, du tantale et d'alliage platine-iridium a été caractérisé par cycl voltammétrie. Des combinaisons matériau/électrolyte dotées de propriétés potentielles d'électropolissage ont été sélectionnées. Outre le mélange déjà mentionné dans la littérature de chlorure de choline et d'éthylène glycol, le 1-ethyl-3-methylimidazolium acetate et le 1-ethyl-3-methylimidazolium chloride présentent entres autres des propriétés d'électropolissage pour l'acier inoxydable 1.4301 et 1.4404. Le 1-Ethyl-3-methylimidazolium acetate avec 1 % d'eau et 5 % d'addition d'acide est particulièrement approprié pour l'électropolissage de l'alliage cobalt-chrome 2.4964. Le niobium, le tantale et le platine-iridium peuvent être dissous électrolytiquement dans le 1-ethyl-3-methylimidazolium chloride à 95 °C en utilisant la tension pulsée. L'aptitude technique des liquides ioniens pour le traitement de surface des produits techniques utilisés dans le domaine médical a été démontrée en prenant l'exemple de l'électropolissage de prototypes d'endoprothèses en cobalt-chrome et l'ébavurage des connexions en platine-iridium de stimulateur cardiaque.

Galvanotechnik**Plating
Galvanoplastie**

Möbius, A.; Werner, C.

Methoden zur Selektivreinigung von Elektrolyten**Methods for Selective Purification of Electrolytes****Procédés de nettoyage sélectif d'électrolytes**

Galvanotechnik 105 (2014) 1, S. 54-55, 1 Abb., 7 Lit.-Hinw.

Elektrolyte (galvanische Bäder) werden beim Gebrauch verunreinigt. Ursache sind aus der Luft, den Teilen, Gestellkontakten/-isolierung oder aus vorherigen Prozessschritten eingetragene Feststoffpartikel, Öle und Fette, Abbauprodukte der galvanischen Zusätze oder Elektrolytbestandteile. Sowohl an Kathode als auch Anode werden vorzugsweise organische Komponenten reduziert/hydriert bzw. oxidiert. Selbst partielle Chlor- oder Sauerstoffentwicklung an passiven Stellen von löslichen Anoden ist möglich. Der Einsatz von inerten Anoden ist ein weiteres Feld für unerwünschte Reaktionen.

Electrolytes (electroplating baths) become contaminated during operation. The causes of this include contamination from air, from the components being plated, from rack contacts/stop-off lacquers as well as finely divided solid particles transferred from upstream processes, or oils, greases, breakdown products of bath additives or electrolyte components. At both anodes and cathodes, organics present in solution can be oxidised or reduced respectively. Additionally, chlorine or oxygen evolution can take place at insoluble anodes as a side reaction at passive sites. Use of inert anodes may result in additional undesired side reactions.

Les électrolytes (ou bains galvaniques) se polluent lors de leur l'utilisation. Cette contamination provient de l'air, des pièces, des contacts et de l'isolation des racks, ou de particules solides introduites lors des étapes précédentes du processus telles qu'huile ou matière grasse, produits de dégradation des additifs ou résidus d'électrolyte. Les composants organiques sont préférentiellement réduits, hydrogénés ou alors oxydés autant à la cathode qu'à l'anode. Le développement de chlore ou d'hydrogène même partiel est possible sur des sites passifs d'anodes solubles. L'utilisation d'anodes insolubles représente un autre vecteur de réactions indésirables.

Spille-Kohoff, A.

Simulation der Hydrodynamik bei galvanotechnischen Produktionsprozessen**Simulation of Hydrodynamics in Electrodeposition Production Processes****Simulation de l'hydrodynamique dans les processus galvanotechniques**

Galvanotechnik 105 (2014) 1, S. 56-61, 10 Abb., 1 Lit.-Hinw.

Badbewegung in galvanischen Bädern erfolgt im Wesentlichen mit zwei Zielen: Zum einen die Erreichung einer möglichst homogenen Durchmischung im Elektrolyten, zum anderen eine gezielte Störung der Diffusionsschicht am Bauteil, um schnellere oder gleichmäßigere Beschichtungen zu gewährleisten. Mittels numerischer Strömungssimulation (CFD = Computational Fluid Dynamics) kann die Strömung untersucht und optimiert werden. In diesem Vortrag werden Ergebnisse der dreidimensionalen Simulation der Anströmung von 3D-Formteilen an einem Gestell mittels Injektordüsen und unter Berücksichtigung der Wasserstoffbildung vorgestellt. Erst durch die Berücksichtigung der Wasserstoffentwicklung in der Berechnung der Strömungsverhältnisse kann die Auftriebsströmung korrekt abgebildet werden. Für die tertiäre Stromdichteverteilung werden mittels Cyclovoltammetrie gemessene Stromdichte-Potential-Kurven für Zink-Elektrolyte verwendet. Die Validierung der Simulation erfolgt anhand von Schichtdickenmessungen an dreidimensionalen Formteilen.

The agitation of electroplating baths serves two main purposes. The first of these is to achieve the most complete possible mixing of the electrolyte components, the second purpose is to bring about a desired perturbation of the diffusion layer at the solid-solution interface of the component being plated, thereby enabling higher current densities to be used and uniformity of coating to be achieved. Using numerical flow simulation (CFD = Computational Fluid Dynamics), flow patterns can be studied and thus optimised. In this presentation, results of a 3D simulation of electrolyte flow to a three-dimensional component at a rack, using injector nozzles and taking into account hydrogen bubble formation, are described. Only by taking into account hydrogen bubble formation in the flow calculations, can the incoming flow be correctly modelled. For tertiary current distribution, current density versus potential plots for a zinc electrolyte, obtained by means of cyclic voltammetry, were used. The simulation was validated using experimentally obtained thickness data at a three-dimensional component.

L'agitation dans les bains galvaniques a essentiellement deux objectifs: d'une part l'obtention d'un mélange le plus homogène possible dans l'électrolyte, d'autre part une perturbation efficace de la couche de diffusion sur la pièce afin d'assurer des revêtements plus rapides et plus uniformes. Le mouvement des fluides peut être analysé et optimisé au moyen de la mécanique des fluides numérique (computational fluid dynamics – CFD). Dans cet article sont présentés les résultats de la simulation tridimensionnelle de l'écoulement autour de pièces en 3D sur un support, au moyen de buses d'injection et en tenant compte de la formation d'hydrogène. La représentation de l'écoulement des fluides ne peut être correctement illustrée que par la prise en considération de la formation d'hydrogène dans le calcul des conditions hydrodynamiques. Des courbes densité de courant-potential, mesurées dans un électrolyte de zingage à l'aide de la cyclovoltamétrie, sont utilisées pour la répartition de la densité de courant. La validation de la simulation repose sur les mesures des épaisseurs de la couche sur des pièces de forme tridimensionnelle.

Pflug, A.; Siemers, M.; Melzig, T.; Schäfer, L.; Rademacher, D.; Zickenrott, T.; Vergöhl, M.

Simulation von Plasma-Beschichtungsprozessen

Simulation of Plasma Coating Processes

Simulation de processus assisté par plasma

Galvanotechnik 105 (2014) 1, S. 62-67, 5 Abb., 12 Lit.-Hinw.

Plasmagestützte Beschichtungsverfahren sind eine gemeinsame Schlüsselkomponente zur Herstellung funktionaler Bauteile in unterschiedlichen Technologien. Beispiele sind wärmedämmende Architekturverglasungen, Kratzschuttschichten, präzisionsoptische Filter aber auch funktionale Schichten, z. B. in der Halbleitertechnik, Photovoltaik, Display-technologie und in der Batterietechnik. In den meisten Technologien geht der Trend hin zu höherer Produktivität bei gleichzeitig steigenden Anforderungen an Komplexität, Präzision und Reproduzierbarkeit der involvierten Beschichtungsverfahren. Die experimentelle Entwicklung neuer Beschichtungsprozesse stellt insbesondere bei großen, komplexen Beschichtungsreaktoren eine Herausforderung dar und ist mit hohen Kosten, Risiken und Anlagenstillstandszeiten verbunden. Aus diesem Grund gewinnt die Simulation plasmagestützter Beschichtungsverfahren zunehmend an Bedeutung, da somit die Anzahl von Vorversuchen und Prototypen erheblich reduziert werden kann. Am Fraunhofer IST wurde hierzu eine eigenständige, parallele Softwareumgebung entwickelt, mit der das „Direct Simulation Monte Carlo“ (DSMC) – Verfahren zur Modellierung von Gasströmungen im Niederdruckbereich sowie das „Particle-in-Cell Monte-Carlo“ (PIC-MC)-Verfahren zur Beschreibung von Gasentladungen umgesetzt werden kann. Die partikelbasierte Herangehensweise ist zur Beschreibung der kollektiven Vielteilchendynamik im Niederdruckbereich unumgänglich, kommerziell stark verbreitete Kontinuumsdynamik-Programme sind in diesem Bereich nicht anwendbar. Im Folgenden werden Anwendungsbeispiele der DSMC / PIC-MC Simulation aus dem Bereich Vakuumtechnik und Magnetron-Sputtern im Vergleich mit experimentellen Ergebnissen vorgestellt sowie Möglichkeiten zur gezielten Prozessoptimierung aufgezeigt.

Plasma-enhanced coating processes together form a key element in the manufacture of functional components in a wide range of technologies. Typical examples are thermal barrier coatings in architectural glazing, scratch-resistant coatings, precision optical filters and also functional coatings e.g. in semiconductor technology, photovoltaics, display technology and in the battery industry. In the case of most of these technologies, there is a trend to increased productivity while at the same time increasing demands in terms of complexity, precision and reproducibility of these coating processes. Experimental developments in new coating processes emphasise in particular large and complex reaction chambers and this is associated with high costs, risks and unplanned downtime. For these reasons, simulation of plasma enhanced coating processes is increasingly important in that it reduces the number of trials and prototypes required. At the Fraunhofer IST, a stand-alone software package was developed to address this requirement. The Direct Simulation Monte Carlo (DSMC) process models gas flows at low pressures, also using the “Particle-in-Cell Monte Carlo” (PIC-MC) approach to describe the gas discharge reaction. This strategy, based on modelling of particles, is ideal for characterising the overall multi-particulate dynamics taking place at low pressures. The widely used, commercially-available continuum dynamics software programs are not applicable in this situation. In this article, application examples will be presented of DSMC/PIC-MC simulations for a range of vacuum coating and magnetron sputtering technologies and compared with experimental results, as well as the use of this approach for process optimisation.

Les procédés de revêtement assisté par plasma sont une composante clé commune pour la fabrication d'éléments fonctionnels dans différentes technologies. Les vitrages d'isolation thermique dans l'architecture, les revêtements anti-rayures, les filtres optiques de précision en sont quelques exemples, mais aussi les couches fonctionnelles utilisées dans la technique des semi-conducteurs, le photovoltaïque, la technologie display et dans la technologie des batteries. Dans la plupart des technologies la tendance est à une productivité plus élevée combinée à des exigences croissantes en matière de complexité, de précision et de reproductibilité du procédé de revêtement concerné. Le développement expérimental de nouveaux procédés de revêtement représente un défi notamment pour les grands réacteurs de revêtement complexes et est associé à des coûts élevés, des risques et des temps improductifs des installations. La simulation des procédés de revêtement assisté par plasma prend par conséquent de plus en plus d'importance puisque le nombre de tests préliminaires et de prototypes peut ainsi être considérablement réduit. A cet effet a été développé au Fraunhofer Institut un logiciel parallèle et autonome avec lequel le procédé Direct Simulation Monte Carlo (DSMC) pour la modélisation des flux de gaz dans la zone de basse pression ainsi que le procédé Particle-in-Cell Monte-Carlo (PIC-MC) pour la description de la décharge gazeuse peuvent être transposés. L'approche basée sur les particules est nécessaire pour décrire la dynamique collective des particules dans la zone de basse pression, les programmes de dynamique du continuum très répandus commercialement ne sont pas applicables dans ce domaine. Des exemples d'utilisation de la simulation DSMC / PIC-MC dans les domaines de la technique du vide et du magnetron sputtering sont ensuite présentés et comparés avec des résultats expérimentaux. Des possibilités d'optimisation ciblée du processus sont également indiquées.

Richtlinien für Autoren

Guidelines for Authors Précis pour la rédaction sur demande

Die technische Ausführung des Manuskripts

Bitte liefern Sie uns Ihr Manuskript in elektronischer Form, am besten per E-Mail. Sollte die Datenmenge zu groß sein, können Sie uns auch eine CD oder einen Stick schicken, den erhalten Sie selbstverständlich zurück. Für den Fall, dass Sie uns Ihren Beitrag auf Datenträger schicken, brauchen Sie keinen Ausdruck davon zu machen, es sei denn, die Bebilderungen liegen ausschließlich in Papierform vor.

Die Ausfertigung des Manuskripts

Ein Manuskript besteht in den meisten Fällen aus Text und Abbildungen. Der Text sollte in einem gängigen Textverarbeitungsprogramm geschrieben sein, am besten in Word. Bitte arbeiten Sie die Bilder NICHT ins Manuskript ein. Fügen Sie diese separat und gekennzeichnet (Abbildung 1...) dem Manuskript bei.

Die Textgliederung, Formeln und Literaturangaben

Der Text gliedert sich in den Titel, einen Abstract (Vorspann), den Hauptteil mit Zwischenüberschriften, Formeln und Tabellen sowie den Anhängen (Danksagungen, Literaturverzeichnis, Zeichenerklärungen, Bildunterschriften). Alle diese Teile sollten hintereinander weg geschrieben, jedoch nicht formatiert werden. Das heißt, dass Sie bitte keine Textteile durch Fettdruck, veränderte Schriftgröße oder kursive Teile hervorheben. Ausnahme ist natürlich, wenn formatierter Satz der korrekten technischen Wiedergabe dient.

Bitte trennen Sie Formeln, die im Lauftext vorkommen, vorne und hinten mit einem Absatz vom Rest des Textes. Bitte nummerieren Sie diese folgendermaßen: <1>, <2> usw.

Auch Tabellen stehen im Fließtext, platzieren Sie diese an der dafür passenden, d. h. logischen Stelle im Text. Bitte versehen Sie die Tabellen mit einer kurzen Beschreibung: Tabelle 1: Komplexe in Kupferelektrolyten. Diese Beschreibung steht über der Tabelle.

Wenn an einer bestimmten Stelle im Text eine Abbildung stehen soll, erwähnen Sie dies im Text wie folgt: „Abbildung 1 zeigt die Oberfläche eines...“ oder: „Bestimmte Parameter des Bades lösen eine Blumenkohlstuktur der Oberfläche aus (Abbildung 1)“.

Beziehen Sie sich in Ihren Aussagen auf ein Zitat aus einem Werk der am Schluss angehängten Literaturliste, so geben Sie bitte im Text die Quelle so [1] an.

Die angefügte Literaturliste führt die einzelnen Werke zum Thema wie folgt auf:

[1] Hasko F.; Fath, R.: Galvanotechnik 59 (1968) 1, S. 32-36

[2] Ebneith, H.: Angew. Makromol. Chemie 136 (1985) 4, S. 65-94

usw.

Anforderungen an die Bilder

Diese fügen Sie bitte separat bei und arbeiten sie nicht in den Text ein. Sie sollten in einem gängigen Bildformat abgespeichert sein, also z. B. als .jpg, .tif, .bmp usw. Auch die Vektorgrafik-Formate .eps, .pdf oder .cdr sind möglich. Schwarzweiß- oder Farbbilder sollen 300 dpi Auflösung haben, Strichzeichnungen (z. B. Kurvenverläufe) 600 dpi. Bitte kennzeichnen Sie die Bilder wie in den entsprechenden Textstellen und in den Bildunterschriften genannt: Abbildung 1, Abbildung 2 usw.

Weitere nützliche Hinweise

Bitte halten Sie den Titel Ihres Werkes knapp: „Die galvanische Zinkabscheidung unter besonderer Berücksichtigung von Temperatur, Stromstärke und Beschaffenheit...“ ist zwar gängig, aber viel zu lang. Stattdessen raten wir, sich auf „Die galvanische Zinkabscheidung“ zu beschränken und die dazu wichtigen Parameter im Abstract zu erwähnen.

Die Gliederung des Textes (Zwischenüberschriften) sollte straff und übersichtlich sein. Zu viele Unterpunkte verwirren. Die Zwischenüberschriften werden mit arabischen Ziffern gekennzeichnet (1 1.1 2 2.1 usw.).

Bitte weder Ich- noch Wir-Form verwenden und die Leser nicht direkt ansprechen („Wenn das Problem x auftritt, erhöhen Sie einfach den ...“).

Bitte verwenden Sie nur gängige Abkürzungen, die nicht zu Verwechslungen führen können.

Die Verwendung von Fußnoten macht einen Text schwer lesbar, bitte greifen Sie nur darauf zurück, wenn sich keine andere Lösung findet.

Bitte rechnen Sie im Ausland verwendete Größen in bei uns gängige Größen um, z. B. Zoll in Zentimeter oder das amerikanische Pound in Kilogramm.

Dimensionen sollten im internationalen Maßsystem (SI) angegeben werden.

Vor der Drucklegung erhält jeder Autor einen Korrekturabzug, um den Beitrag zu autorisieren.