

# 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](mailto:mail@leuze-verlag.de) · Internet: <http://www.leuze-verlag.de>

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

104. Jahrgang

2013

Heft 6 (Juni)

**Herausgeberin und Hauptschriftleiterin:** Sylvia Leuze-Reichert; E-Mail: [sylvia.leuze-reichert@leuze-verlag.de](mailto:sylvia.leuze-reichert@leuze-verlag.de)

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

**Redaktion:** Dipl.-Ing. Harald Holeczek (Photovoltaik), Verlagsanschrift; E-Mail: [harald.holeczek@leuze-verlag.de](mailto: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](mailto:h-michael.osswald@leuze-verlag.de)

Petra Istvan (Bildredaktion), Verlagsanschrift

Übersetzungen aus dem Englischen: Christine Ahner, [translate.economy@web.de](mailto:translate.economy@web.de), [www.translate-economy.de](http://www.translate-economy.de), +49 0 7522 909230

**Anzeigenleitung:** Gerald Mikuteit, Telefon 07581 4801-15; E-Mail: [gerald.mikuteit@leuze-verlag.de](mailto:gerald.mikuteit@leuze-verlag.de)

**Abonnementverwaltung:** Inge Leuze, Telefon 07581 4801-13; E-Mail: [inge.leuze@leuze-verlag.de](mailto: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 Brandfrüherkennung 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](http://www.kfm-alarm.de))

<i>Editorial</i>		1087
<i>Aufsätze</i>	<b>Thermokinetische Beschichtungen zur Oberflächenfunktionalisierung von Textilien und zur Halbzeugherstellung für faserverstärkte Leichtmetalle</b> (Silber, M.; Gadow, Prof. Dr. R.)	1088
	<b>Galvanische Überzüge als aktive Kathodenschichten mit geringer Wasserstoffüberspannung</b> (Nawrat, G.; Nieużula Ł.; Gardela, A.)	1100
	<b>Historischer Spaziergang durch Leipzig – der Wiege der Galvanotechnik in Deutschland, Teil 7</b> <b>Die Entwicklung der LPW von 1936 bis 1940</b> (Vieweger, U.)	1118
	<b>Verminderung von Hochtemperaturkorrosion bei der Wiedererwärmung von Stahl durch diffusionshemmende Beschichtungen</b> (Sartor, Dr.-Ing. M.)	1128
	<b>Mikrostrukturierung von Hartmetall durch elektrochemisches Abtragen mit geschlossenem Freistrahle – Teil 1</b> (Hackert-Oschätzchen, M.; Martin, A.; Kühn, R.; Meichsner, G.; Zinecker, M.; Schubert, A.)	1133
<i>Berichte</i>	<b>35. Ulmer Gespräch: Produktionsprozesse – Anforderungen und aktuelle Entwicklungen</b>	1140
	<b>Elektromobilität – Zuverlässigkeit und Sicherheit des Elektrofahrzeugs</b>	1145
	<b>Brief aus England – Monatlicher Bericht von Dr. A. T. Kuhn</b>	1149
	<b>Trommeltrocknung in Linie: Heute Stand der Technik</b>	1157
	<b>Neuer Master-Studiengang: Elektrochemie und Galvanotechnik (M. Sc.)</b>	1160
	<b>Bericht aus Indien – Monatlicher Bericht von Dr. Nagaraj N. Rao</b>	1162
<i>Rubriken</i>	<b>Aus der Praxis - für die Praxis</b>	1165
	<b>Verbandsnachrichten</b>	1170
	<b>DGO-Bezirksgruppen und Veranstaltungstermine</b>	1173
	<b>Neue Verfahren - Neue Einrichtungen</b>	1175
	<b>Tagungen, Ausbildung, Fachmessen</b>	1177
	<b>Wichtiges in Kürze</b>	1181
	<b>Neues aus der Fachwelt</b>	1187
	<b>Aus den Unternehmen</b>	1188
	<b>Patentschau</b>	1191

## Photovoltaik

Photovoltaics  
Photovoltaïque

<i>Editorial</i>	<b>Gegen Dumping und einfache Antworten</b>	1197
<i>Bericht</i>	<b>Bericht vom PV Fab Managers Forum</b>	1198
<i>Rubrik</i>	<b>Zur Info</b>	1204

## Dünnschicht- und Plasmatechnik

Thinfilm- and Plasma Technology  
Couches minces – Technique du plasma

<i>Editorial</i>	<b>Von der Natur lernen</b>	1207
<i>Berichte</i>	<b>Biologisch-inspirierte Oberflächen für Verschleißschutz und Reibungsminimierung von Kunststoffen – Biomimetische Entwicklung von neuen Materialien basierend auf menschlicher Haut und Perlmutter</b>	1208
	<b>7. Aachener Oberflächentechnik-Kolloquium – Bericht über eine Veranstaltung am 7. Dezember 2012 in Aachen</b>	1218
<i>Rubrik</i>	<b>Zur Info</b>	1220

## Mikrosystemtechnik

Microsystems Technology  
Microtechnique

<i>Editorial</i>	<b>MST für viele Anwendungen</b>	1227
<i>Berichte</i>	<b>Datenübertragung mit Licht soll Rechenzentren effizienter machen</b>	1228
	<b>OLED Mikrosysteme aus Sachsen – Eröffnung und erster Industrie-Partner-Tag des Fraunhofer-COMEDD</b>	1230
<i>Rubrik</i>	<b>Zur Info</b>	1236

## Umwelttechnik

Environmental Technology  
Technologie de l'environnement

<i>Editorial</i>	<b>Zum Umweltschutz in der Galvano- und Oberflächentechnik</b>	1239
<i>Berichte</i>	<b>Stoffverlustminimierung in der Oberflächenveredlung – verallgemeinerter Erkenntniszuwachs aus einer Langjährigen Forschungsförderung – Teil 3</b>	1240
	<b>Vakuumdestillation nimmt Angst vor Komplexen und Schwermetallen – Spülwässer aus Zink-Nickel-Galvaniken sicher und zuverlässig aufbereiten</b>	1247
<i>Rubrik</i>	<b>Zur Info</b>	1249

## Galvano-Referate

(grüne Seiten, nach Umwelttechnikteil)  
Abstracts aus internationalen Fachzeitschriften

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

Silber, M.; Gadow, R.

***Thermokinetische Beschichtungen zur Oberflächenfunktionalisierung von Textilien und zur Halbzeugherstellung für faserverstärkte Leichtmetalle***

***Thermocinetic Coatings for Functionalising the Surface of Textiles and Production of Fibre-Reinforced Light Metal Semis***

***Revêtements thermocinétiques pour la fonctionnalisation des surfaces textiles et la fabrication de produits semi-finis pour métaux légers renforcés par des fibres***

Galvanotechnik 104 (2013) 6, S. 1088-1099, 23 Abb., 1 Tab., 10 Lit.-Hinw.

Die Verfahren des thermokinetischen Beschichtens werden seit langer Zeit erfolgreich für die Herstellung von metallischen, keramischen und cermetischen Spritzschichten für unterschiedlichste Anwendungen in der modernen Technik eingesetzt. Ihre hohe Wirtschaftlichkeit, gepaart mit einfacher Handhabung sowie die große Vielfalt an einsetzbaren Materialien und deren Kombinationen, machen die thermischen Spritzverfahren zu einem flexiblen Werkzeug für die Funktionalisierung von Oberflächen. Hierzu zählen seit einigen Jahren auch vermehrt Beschichtungen auf technischen Textilien und Fasersubstraten. Der vorliegende Artikel stellt die Arbeiten und Entwicklungen des Institutes für Fertigungstechnologie keramischer Bauteile (IFKB) zur Oberflächenfunktionalisierung solcher technischer Textilien und die Herstellung von Faserhalbzeugen für faserverstärkte Verbundwerkstoffe mit metallischer Matrix vor. Hierbei kommen je nach eingesetzten Werkstoffsystemen das atmosphärische Plasmaspritzen (APS) oder das Lichtbogen-drahtspritzen zum Einsatz.

Processes for thermo kinetic coating have been used for some time in the deposition of metallic, ceramic and cermet sprayed coatings for various applications used in modern technology. Their cost-effectiveness coupled with their ease of use, as well as the wide range of materials used singly or in combination that can be applied, make thermal spraying a flexible tool for surface functionalisation. The method has also been used for some years to apply coatings to technical fabrics and fibre-based substrates. This review presents the work and developments from the Institute for Production Technologies for Ceramic Components (IFKB) which has been directed to the surface functionalisation of such technical fabrics and the production of fibre-based semi-manufactures for fibre reinforced composite materials with a metallic matrix. In this context, depending on the materials used, both atmospheric plasma spraying and arc-spraying are used.

Les procédés de revêtement thermocinétique sont utilisés avec succès depuis longtemps pour la réalisation de dépôts pulvérisés métalliques, céramiques et cermétiques et ce pour diverses applications dans la technique moderne. Leur rentabilité élevée, alliée à une facilité d'utilisation, ainsi que la grande diversité des matériaux utilisables et de leur combinaison font des procédés thermiques de pulvérisation un outil flexible pour la fonctionnalisation des surfaces. En l'occurrence la demande de revêtements sur des textiles techniques et des substrats fibreux est aussi en augmentation depuis quelques années. Cet article présente les travaux et les développements de l'Institut des technologies de fabrication de composants céramiques (IFKB) sur la fonctionnalisation des surfaces de tels textiles techniques et la fabrication de fibres semi-finies pour matériaux composites avec matrice métallique renforcés par des fibres. En fonction des systèmes de matériaux utilisés sont utilisés les procédés par projection plasma atmosphérique (APS) ou par projection à l'arc électrique à l'aide de fils.

**Galvanotechnik**  
Älteste Fachzeitschrift für die Praxis der Oberflächenbehandlung

Testen Sie die  
**Galvanotechnik**  
 3 Monate kostenlos  
[www.leuze-verlag.de](http://www.leuze-verlag.de)

Nawrat, G.; Nieużula Ł.; Gardela, A.

**Galvanische Überzüge als aktive Kathodenschichten mit geringer Wasserstoffüberspannung**  
**Electroplated Coatings as Hydrogen Evolution Electrocatalysts with Low Overvoltage**  
**Revêtements électrolytiques dotés d'une faible surtension d'hydrogène pour couches cathodiques actives**

Galvanotechnik 104 (2013) 6, S. 1100-1117, 15 Abb., 13 Tab., 35 Lit.-Hinw.

Galvanisch abgeschiedene Schichten auf Basis von Nickel- und Kobaltlegierungen mit Phosphor und einer dispergierten Substanz aus Ruthenium- und Titanoxiden in Form feinkörnigen Pulvers eignen sich als Elektroden mit geringer Wasserstoffüberspannung zur Wasserstoffabscheidung aus alkalischen Lösungen. Der Anteil des enthaltenen Pulvers ist normalerweise unbedeutend und liegt meistens unter 1%. Der als Legierungselement enthaltene Phosphor beeinflusst die Wasserstoffüberspannung positiv. Schichten aus Nickel-Phosphor, Kobalt-Phosphor und Nickel-Kobalt-Phosphor weisen absolute Überspannungswerte von etwa 0,15 V bei einer Stromdichte von 100 A/m<sup>2</sup> und etwa 0,30 V bei 1000 A/m<sup>2</sup> jeweils bei 25 °C in 1-molarer NaOH-Lösung auf. Der Einbau von Oxiden in Pulverform vermindert die Wasserstoffüberspannung. Die niedrigsten Werte besitzen Nickel-Kobalt-Phosphor-Schichten mit Partikeln aus Rutheniumoxid beziehungsweise aus einer Mischung aus 40% Rutheniumoxid und 60% Titanoxid. Bei einer Elektrolysenstromdichte von 100 A/m<sup>2</sup> beträgt die Überspannung etwa 0,10 V. Der Einbau von Molybdänpulver erhöht dagegen die Überspannung der Wasserstoffabscheidung.

Electrodes based on electrodeposited layers of alloys of nickel and/or cobalt with phosphorus, containing dispersions of ruthenium and titanium oxides in the form of finely divided powders, are suitable for hydrogen production by electrolysis of alkaline aqueous solutions, on account of their very low hydrogen overpotential. The proportion of powders incorporated in the metal matrix is normally not significant and usually less than 1%. The presence of phosphorus as an alloying component is beneficial in terms of the hydrogen overpotential. The films consisting of nickel-phosphorus, cobalt-phosphorus or nickel-cobalt-phosphorus have an overvoltage of around 0.15 V at a current density of 100 A/m<sup>2</sup> or 0.3 V at 1000 A/m<sup>2</sup> at 25 °C in 1 M NaOH. The incorporation of oxides in powdered form reduces hydrogen overvoltage. The lowest overpotentials were found using nickel-cobalt-phosphorus films incorporating particles of ruthenium oxide or a mixture of 40% ruthenium oxide with 60% titanium oxide. At a current density of 100 A/m<sup>2</sup>, the overvoltage was around 0.1 V. Incorporation of molybdenum powder, by contrast, worked to increase the hydrogen overvoltage.

Des dépôts électrolytiques à base d'alliage de nickel et de cobalt contenant du phosphore et une substance dispersive constituée d'oxydes de titane et de ruthénium sous une forme de poudre à grains fins sont appropriées comme électrodes dotées d'une faible surtension d'hydrogène pour le dégagement d'hydrogène des solutions alcalines. La proportion de la poudre contenue est normalement négligeable et généralement inférieure à 1%. Le phosphore contenu comme élément d'alliage influence positivement la surtension d'hydrogène. Les couches de nickel-phosphore, de cobalt-phosphore et de nickel-cobalt-phosphore présentent des valeurs absolues de surtension de l'ordre de 0,15 V pour une densité de courant de 100 A/m<sup>2</sup> et de l'ordre de 0,30 V pour 1000 A/m<sup>2</sup>, à 25 °C dans une solution de NaOH 1M pour chacun des deux cas. L'incorporation d'oxydes sous la forme de poudre diminue la surtension d'hydrogène. Les plus faibles valeurs appartiennent à des couches de nickel-cobalt-phosphore avec des particules d'oxyde de ruthénium ou encore d'un mélange de 40% d'oxyde de ruthénium et de 60% d'oxyde de titane. A une densité de courant d'électrolyse de 100 A/m<sup>2</sup>, la surtension est d'environ 0,10 V. En revanche l'incorporation de poudre de molybdène augmente la surtension du dégagement d'hydrogène.

Lesen Sie die

## Galvanotechnik

Älteste Fachzeitschrift für die Praxis der Oberflächenbehandlung

im Abonnement

[www.leuze-verlag.de](http://www.leuze-verlag.de)

Vieweger, U.

***Historischer Spaziergang durch Leipzig – die Wiege der Galvanotechnik in Deutschland, Teil 7***  
***A Historical Stroll through Leipzig – the cradle of Electroplating in Germany, Part 7***  
***Promenade historique à travers Leipzig – Le berceau de la galvanotechnique en Allemagne, Partie 7***

Galvanotechnik 104 (2013) 6, S. 1118-1127, 16 Abb., 1 Tab.,

Zur siebenten Folge der Leipziger Spaziergänge darf der Autor Sie wieder herzlich einladen. Wie immer werden ein paar Informationen zur Entwicklung der Stadt Leipzig vorangestellt. 1936 wird das Schkeuditzer Kreuz bei Leipzig als erstes Autobahnkreuz Europas in Betrieb genommen. Ab dem 20. Dezember 1937 trägt Leipzig den Namen „Reichsmessestadt Leipzig“. Vorher gab es intensive Bemühungen, die Messe nach Berlin zu holen, was letztendlich misslang.

Once again, the author invites readers to accompany him on this, the seventh stroll through Leipzig. As before, a few comments relating to the city itself are offered. In 1936, the Schkeuditzer Motorway Interchange was opened, the first of its kind in Europe. As of 20th of December 1937, Leipzig was designated as the German National Exhibition City. This followed intensive lobbying aimed at moving such Exhibitions to Berlin which was ultimately unsuccessful.

L'auteur nous convie encore avec le plus grand plaisir à la septième série de la promenade à travers Leipzig et quelques informations choisies nous sont présentées sur le développement de la ville de Leipzig elle-même. En 1936 l'échangeur autoroutier de Leipzig est considéré comme le premier échangeur d'Europe. A compter du 20 décembre 1937, Leipzig porte le nom de „Leipzig Ville des Expositions du Reich“. Il y eu des efforts intenses, voués à l'échec, pour rapatrier ces expositions à Berlin.

Sartor, M.

***Verminderung von Hochtemperaturkorrosion bei der Wiedererwärmung von Stahl durch diffusionshemmende Beschichtungen***  
***Reduction of High Temperature Corrosion by Re-Heating of Steel with Diffusion Barrier Coatings***  
***Réduction de la corrosion due à la haute température lors du réchauffage de l'acier à l'aide de revêtements inhibiteurs de diffusion***

Galvanotechnik 104 (2013) 6, S. 1128-1132, 5 Abb., 17 Lit.-Hinw.

Bei der Wiedererwärmung von Stahl vor Warmumformprozessen entsteht durch Hochtemperaturkorrosion an der Oberfläche der Rohteile Eisenoxid. Dieser sogenannte Zunder beträgt zwischen 1 und 3% des Ausgangsmaterials [1, 2]. Entsprechend sorgt dieser Materialverlust je nach Prozess und Material für deutliche wirtschaftliche Verluste in den Warmumformbetrieben. Der Zunder kann zwar in den meisten Fällen einer stofflichen Verwertung in einem Hochofen oder Elektrostahlwerk wieder zugeführt werden, doch aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten ist dies aufgrund der erneut benötigten Energie zur Stahlherstellung nur bedingt sinnvoll.

When steel is re-heated in high-temperature metal deformation operations, high temperature corrosion takes place at the surface of the parts and iron oxides are formed. Known as "scale", these oxides can result in the loss of 1 to 3% of the starting metal by weight (1,2). This represents a significant economic loss, depending on the process and the metal used, for the process operators. It is true that the scale can be recycled in most cases by return to a blast furnace or electric smelter. Yet even in these cases, additional energy is used with implications for sustainability.

Des oxydes de fer se forment à la surface des pièces brutes lors du réchauffage de l'acier avant le processus de formage à chaud, phénomène provoqué par la corrosion à haute température. Cette corrosion appelée calamine est comprise entre 1 et 3 % de la matière initiale [1,2]. Cette perte de matière entraîne ainsi, selon le processus et le matériau, des pertes économiques significatives dans le procédé de formage à chaud. La calamine peut certes être recyclée et valorisée dans un haut fourneau ou une aciérie électrique, mais du point de vue de la durabilité cette opération est peu rationnelle en raison de l'énergie de nouveau nécessaire à la fabrication d'acier.

Hackert-Oschätzchen, M.; Martin, A.; Kühn, R.; Meichsner, G.; Zinecker, M.; Schubert, A.

**Mikrostrukturierung von Hartmetall durch elektrochemisches Abtragen mit geschlossenem Freistrahlf – Teil 1**  
**Micro-patterning of Hard Metals by Electrochemical Machining Using Closed-Loop Jet – Part 1**  
**Microstructuration de métaux durs par usinage électrochimique avec un jet libre fermé – Partie 1**

Galvanotechnik 104 (2013) 6, S. 1133-1139, 7 Abb.

Hartmetalle bestehen aus einem Verbund von Keramik-Partikeln in einer weicheren Metallmatrix. Sie sind durch hohe Härte und Sprödeheit gekennzeichnet. Aufgrund der Festigkeit der Materialien stellt die Bearbeitung von Hartmetallen eine Herausforderung dar, die durch mechanische Fertigungsverfahren nur unzureichend gelöst werden kann wegen der hohen Werkzeugkosten und langen Bearbeitungszeiten. Das elektrochemische Abtragen (ECM) ist ein potentielleres Verfahren zur hochpräzisen Mikrofertigung. Ein wesentliches Merkmal ist die Möglichkeit der Bearbeitung von Werkstücken ohne thermische oder mechanische Beeinflussung. Das Auflösungsverhalten des Materials wird nur durch dessen elektrochemische Eigenschaften bestimmt. Mechanische Eigenschaften (Härte, Duktilität) haben keinen Einfluss auf die Bearbeitung. Dies macht das ECM zu einem alternativen Fertigungsverfahren für schwer spanbare Materialien. Die Studie untersuchte ein spezielles Verfahren zur Herstellung von Mikrogeometrien in Carbid-Metalllegierungen, bei dem ein geschlossener elektrolytischer Freistrahlf (Jet-ECM) angewandt wird. Das besondere Merkmal dieser Technologie ist die Beschränkung des elektrischen Stromes auf das Gebiet des Elektrolytstrahls, wodurch eine hohe Lokalisierung des Abtrags gewährleistet wird. Auch komplexe Strukturen können unter Anwendung von kontinuierlichem Gleichstrom bearbeitet werden. Infolgedessen sind, im Vergleich zu gepulsten elektrochemischen Prozessen, höhere Auflösungsraten erreichbar. In den Experimenten wurden auf der Oberfläche der Wolframcarbidlegierungen punkt- und linienförmige Mikrostrukturen abgetragen: Die punktförmigen Abträge ohne Düsenbewegung, die linienförmigen Abträge durch Einzel- und Multiaxialbewegungen des Werkzeugs. Das Überlappen von linearen Abträgen realisierte eine dreidimensionale Formgebung der untersuchten Materialien.

Once "Hard metals" can be defined as composites containing extremely hard ceramic particles in a softer metal matrix. They are characterised by their extreme hardness and brittleness. Given the strength of these materials, their working presents a considerable challenge for which mechanical methods are often insufficient. The cause of this lies in the very high cost of machining tools and the long machining times involved which make such operations on economic. Electrochemical machining (ECM) offers the potential for high precision micromachining. Among its advantages are its ability to shape materials without imposing thermal or mechanical stress. The anodic dissolution of the workpiece depends solely on its electrochemical properties. Mechanical properties such as hardness or ductility have no effect. This makes ECM an attractive alternative machining process for materials difficult to work by mechanical means. In the present study, a specialised operation for micro-patterning of metal carbides was studied in which an electrolyte jet was used in a closed circuit electrolyte loop (Jet-ECM). A special feature of this technology is that the current is restricted to the zone on which the jet impinges. This ensures a very localised removal of material. Even complex structures can be machined in this way using continuous DC current and so high rates of metal removal can be achieved in comparison to processes using pulsed current. In this work, metal was selectively removed from the surface of tungsten carbide to form point or line microstructures. In the former case, there was no movement of the jet nozzle. In the latter case, linear or multiaxial tool movement was used. Beyond this, by creating overlapping lines, a three-dimensional pattern could be formed on the test material.

Les métaux durs se composent de particules extrêmement dures de céramique dans une matrice métallique plus souple. Ils sont caractérisés par une dureté et une fragilité élevées. Le traitement des métaux durs représente un défi en raison de la résistance élevée de ces matériaux et ne peut être qu'insuffisamment résolu par des procédés de fabrication mécaniques. La cause se trouve dans les coûts d'outillage élevés et des temps de traitements importants qui ne sont pas économiquement justifiables. L'usinage électrochimique de précision (ECM) est un procédé potentiel de microfabrication extrêmement précise. La possibilité de traiter les pièces à usiner sans influence thermique ou mécanique représente un caractère essentiel du procédé. Le comportement de dissolution électrochimique du matériau n'est déterminé que par ses propriétés électrochimiques. Les caractéristiques mécaniques, comme par exemple la dureté et la ductilité, n'ont aucune influence sur le traitement. Cela fait de l'ECM un procédé de fabrication alternatif pour les matériaux très cassants. Dans cette étude a été étudié un procédé spécial de fabrication de microgéométries dans des alliages métal-carbure, dans lequel un jet libre électrolytique fermé (Jet-ECM) est utilisé. La particularité de cette technologie est la limitation du courant électrique dans la zone du jet électrolytique, ce qui garantit une localisation précise de l'érosion. Des structures complexes peuvent ainsi être élaborées en utilisant un courant continu ininterrompu. Des taux de dissolution plus élevés sont donc possibles par comparaison avec des processus électrochimiques pulsés. Des microstructures en forme de ligne et de point ont été réalisées à la surface d'alliages de carbure de tungstène lors des expériences. Les érosions sous forme de point sont réalisées avec une buse immobile, par mouvements simples et multiaxiaux de l'outil pour des érosions en forme de ligne. Par ailleurs, un façonnage tridimensionnel des matériaux examinés a été obtenu par chevauchement d'érosions linéaires.

## Richtlinien für Autoren

### Guidelines for Authors      Précis pour la rédaction sur demande

#### 1 Schriftbild

Bitte fassen Sie das Manuskript im Format DIN A4 in Maschinenschrift 1-1/2-zeilig, d. h. mit Zeilenzwischenräumen ab. Wird das Manuskript mit einem Textverarbeitungssystem (vorzugsweise *WORD* für *WINDOWS*) erstellt, bitten wir, uns die Textdiskette zu überlassen. Der Text sollte endlos erfaßt sein, ein Zeilenvorschub (return) darf nur am Ende von Absätzen erfolgen. Der nächste Absatz sollte wieder linksbündig beginnen. Unterstreichungen und Hervorhebungen durch Großschreibung sollten nicht erfolgen. Bei Verwendung von *Word* auf **keinen** Fall die Funktion *Änderungen verfolgen* (in *Extras/Optionen*) aktivieren.

#### 2 Aufbau des Manuskripts

Das Manuskript besteht aus dem Textteil und dem Abbildungsteil.

##### 2.1 Textteil

Der Textteil beinhaltet den gesamten Text inklusive Titel, Tabellen, Literaturverzeichnis und einer Kurzfassung (Abstract). Die Gliederung soll straff und übersichtlich mit kurzen Zwischenüberschriften erfolgen, zu viele Unterpunkte wirken störend. Die Gliederungspunkte sollten in arabischen Zahlen durch Punkt getrennt erscheinen (1 1.1 1.2 2 2.1 usw.). Erwähnen Sie sämtliche Abbildungen, Tabellen, Literaturangaben und Gleichungen im Text und numerieren Sie diese fortlaufend mit arabischen Zahlen durch. Dabei sollten folgende Abkürzungen verwendet werden:

- für Abbildungen: Abb. ... oder (Abb. ...)
- für Tabellen: Tab. ... oder (Tab. ...)
- für Gleichungen: Gl. < > oder (Gl. <...>)
- für Kapitel: Kap. ... oder (Kap. ...)

Der *Titel* soll kurz und von fachlichem Inhalt sein, gefolgt vom Namen des Autors, ggf. der Firma, und dem Wohnort bzw. Firmensitz in der nächsten Zeile.

*Tabellen* müssen in den Text integriert werden, da sie beim Druck wie Text behandelt werden, sie sollen wie folgt beginnen:

Tab. 1: Überschrift und weiterer Inhalt

Schreiben Sie bitte *Gleichungen* und *Formeln* oder aufgezählte *Begriffe* vom Text abgesetzt in gesonderten Zeilen untereinander, wobei Gleichungen eingerückt und numeriert werden sollten:

$$y = R(1 - \cos x) \quad <1>$$

Setzen Sie *Literaturangaben* im Text bitte in eckige Klammern und führen Sie diese am Ende des Textes als Literaturverzeichnis wie folgt untereinander auf:

- [1] Hasko, F.; Fath, R.: Galvanotechnik 59 (1968) 1, S. 32-36
- [2] Ebneht, H.: Angew. Makromol. Chemie 136 (1985) 4, S. 65-94

##### 2.2 Abbildungsteil

Der Abbildungsteil beinhaltet alle Abbildungen und die dazugehörigen Bildunterschriften. Es ist wichtig, daß die Abbildungen nicht in den Text integriert, sondern separat auf eigene Blätter geklebt werden. Die zugehörigen Bildunterschriften führen Sie bitte auf einem separaten Blatt untereinander mit fortlaufender Numerierung auf. Um die bestmögliche Reproduzierbarkeit zu erzielen, sollten Bilder entweder

- als Schwarz-Weiß-Negativ bzw. Papierabzug (Hochglanz) oder
- als Strichzeichnung in der Qualität einer technischen Zeichnung
- als Datei mit mindesten 300 dpi Auflösung bei Fotos und mindestens 600 dpi bei Strichzeichnungen

vorliegen. Ausdrucke und Kopien sind nur verwendbar, wenn sie eine ähnliche Qualität aufweisen. Handskizzen oder handschriftliche Ergänzungen in technischen Zeichnungen passen nicht in den technisch-wissenschaftlichen Rahmen der Fachzeitschrift. Werden Vorlagen aus der englischen Literatur verwendet, so sind Maße und Bezeichnungen ins Deutsche zu übertragen.

#### 3 Allgemeine Hinweise

Bitte vermeiden Sie *Ich-* und *Wir-*Formen und verwenden Sie nur gebräuchliche Abkürzungen, die nicht zu Verwechslungen führen. Für häufig wiederkehrende Begriffe können eigene Abkürzungen definiert werden. Dimensionen sollten im internationalen Maß-System (SI-System) angegeben werden. US-amerikanische oder britische Einheiten rechnen Sie bitte ins metrische System um.

Vor der Drucklegung erhält jeder Autor einen Korrekturabzug mit der Bitte zugesandt, die Veröffentlichung in der vorliegenden Form zu autorisieren.

Die Redaktion