

Das Jahrhundert der Oberfläche wird greifbarer

NANO

von Dr.-Ing. Volker H. Meywald Das diesjährige Ulmer Gespräch des Veranstalters Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik in Zusammenarbeit mit dem ZVO Verband im VDI beschäftigte sich mit dem Thema ‚Nanomaterialien in der Oberflächentechnik – Chancen und Grenzen‘. Ein Thema mit Entwicklungspotential, was natürlich polarisiert: In Vorreiter und Zu-Spät-Kommende, in Risiko-Bedenkenträger und Innovationsfreudige und in Goldgräber und Zaungäste. Was ist dran an alldem?

Als „Modethema“ bringt Nano Forschungsgelder ... und hört sich für den Konsumenten „irre fortschrittlich“ an (nicht überall, wo Nano drauf steht, ist auch Nano drin). Der Begriff Nanotechnologie steht für eine Vision und ist für viele gleichzeitig ein Reizwort. Die Nanotechnologie eröffnet unbestritten ein gewaltiges Potential für Werkstoffe, Beschichtungen oder Funktionsbauteile mit teilweise völlig neuen Eigenschaften und weckt andererseits durch überzogene Berichterstattung aber häufig auch unrealistische Erwartungen.

Nano (von griech. nannos/lat. nanus: „Zwerg“) ist wissenschaftlich ein einfacher Vorsatz für Maßeinheiten und steht für den milliardsten Teil, also den Faktor 10⁻⁹. Bei der Verwendung im Zusammenhang mit dem Längenmaß Meter bedeuten 1 x 10⁻⁹ Meter, also 0,000.000.001 m oder 0,000.001 mm oder 0,001 µm. Abbildungen in nanoskaliger Auflösung, also im Nanometerbereich, zeigen bereits Moleküle. Die zugehörige Technik wird heute unter Nanotechnologie geführt. Ein Blick in die Historie: 1974 hat Prof. Norio Taniguchi den Begriff Nanotechnologie geprägt: „Nanotechnologie befasst sich mit Herstellungsmethoden und Anwendung von Stoffen mit einer Dimension im Nanometerbereich“. Die heutige gängige Definition ist: „Nanotechnologie umfasst die Untersuchung, Herstellung und Anwendung von Teilchen, Strukturen, molekularen Materialien und Systemen, die in wenigstens einer Dimension (Länge, Breite, Höhe) kleiner sind als 100 Nanometer oder in dieser Genauigkeit gefertigt werden. Diese zeigen oft neue quantenphysikalische, chemische oder biologische Eigenschaften.“

Die Veranstaltung der DGO befasste sich vor diesem Hintergrund mit dem Einsatz von Nanomaterialien und deren Wirksamkeit und Chancen in der Oberflächentechnik. Da sich Nanomaterialien für viele Substanzen mittlerweile durch chemische Synthese vielfach auch wirtschaftlich in den gefragten kleinen Mengen herstellen lassen, sind die häufigsten Anwendungen im Bereich der funktionellen Beschichtungen zu finden. Es geht

hierbei um eine neue Form der Funktionalisierung durch Nanomaterialien. So zeigen nanobasierte Schichtsysteme verbesserte Korrosionsschutz- oder tribologische Eigenschaften für motorische Komponenten oder einen hervorragenden Kratzschutz im Karosseriebereich. Hohe Attraktivität haben Eigenschaften, die bestimmte Funktionen der Oberfläche im Gebrauch eigenständig, also „von selbst“ erhalten. Hierzu zählen die Selbstreinigung, die Selbstheilung und auch die Selbstorganisation von Systemen im Herstellungsprozess.

Nano-skalige Partikel, Fasern und Plättchen sowie nano-strukturierte Materialien und Nanokomposite aus den verschiedensten Ausgangsmaterialien sind Gegenstand intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeit.

Nanomaterialien haben in der Regel andere Eigenschaften als das gleiche Material in gröber strukturierter Form. In vielen Fällen ergibt sich dies schon allein durch den hohen Anteil an Materialoberfläche im Verhältnis zum Volumen – eine grundlegende Eigenschaft von Nanomaterialien, die sie unter anderem für Katalyseanwendungen besonders interessant machen. Aber auch mechanische, optische, elektronische und magnetische Materialeigenschaften verändern sich beim Übergang zu nanoskaligen Strukturgrößen.

Aus diesen besonderen Eigenschaften ergibt sich ein großes Anwendungspotenzial und aussichtsreiche Marktchancen für Nanomaterialien in praktisch allen großen Branchen, wie der Energie- und Umwelttechnik, der Medizin, dem Maschinen- und Anlagenbau, dem Automobil- und Flugzeugbau, der Informations- und Kommunikationstechnik sowie dem Hoch- und Tiefbau. In einigen Anwendungsfeldern kommen Nanomaterialien bereits heute schon zum Einsatz. Nanobasierte, funktionelle Oberflächen und Beschichtungen, die selbstreinigend sind oder einen besonderen Schutz vor Korrosion oder mechanischer Beschädigung bieten, stellen einen wesentlichen Anteil an aktuellen Anwendungen von Nanomaterialien dar. In den meisten potenziel-

len Anwendungsbereichen steht aber der gezielte Einsatz von Nanomaterialien in kommerziellen Produkten des täglichen Gebrauchs noch aus.

Hinsichtlich der Nutzung von nanobasierten Schichtsystemen muss aber erst einmal beantwortet werden, was wir denn eigentlich wollen: Härte, Beständigkeit (Reibung, Verschleiß, Korrosion), Selbstinhibierung & -heilung, Selbstreinigung (easy-to-clean) oder etwas ganz Neues? Dabei befinden sich einige nanobasierende Schichtsysteme seit vielen Jahren im Einsatz, ohne dass man hierauf besonders aufmerksam gemacht worden wäre. Hierzu zählen Phosphatierungen, Passivierungen, Nanosilber zur Desinfektion in Form von Sprays oder Pflaster, Nanopartikel auf Kohlenstoffbasis (zum Beispiel Nanotubes, Fullerene, Diamanten), Oxide wie Silizium-, Titan-, Zirkon-, Korund und natürlich PTFE, PFA und MFA. Lediglich Nanokomponenten in Dispersionsfarben (Lotus-Effekt), galvanisch erzeugten Dispersionsüberzügen, Inkjet- und Siebdrucktinten sowie in Funktionsschichten jedweder Art werden hin- und wieder als nanobasiert vermarktet. Nanokomposite (Ormocere) finden als Easy to Clean- oder kratzfeste Schichten auf Scheinwerfern, Brillen, Autolacken, Armaturen vielfältige Anwendung. Katalysatorschichten, wie sie in der chemischen Katalyse und in Brennstoffzellen eingesetzt werden, enthalten ebenfalls Metalle und Legierungen im Nanometermaßstab.

Interessante Lösungen finden sich auch bei Oberflächen mit der Fähigkeit



zu Schmutzabweisung und Selbstreinigung – zum Beispiel als Anti-Fingerprint-Schichten, die es sogar schon vom Band-Halbzeug gibt. In Entwicklung ist die schaltbare Ultra-Hydrophilie. Sie besteht aus zwei Schichten aus zwei Arten von Polymeren, die lokal dicht gepackt beieinander liegen, und getrennt von einander aktiviert werden, zusätzlich zur Lostus-Oberfläche. Die Funktion heutiger marktüblicher Beschichtungsstoffe besteht zum einen im Schutz der darunter befindlichen Oberfläche und zum anderen in der Erzielung eines gewünschten, ansprechenden Äußeren sowie der allgemeinen Darstellung des geforderten Eigenschaftsprofils unter Aspekten wie Korrosion und Tribologie. Dies gelingt mit entsprechenden Farben und Lacken oder auch mit metallischen und nichtmetallischen Überzügen und Schichten.

In der Zukunft müssen Oberflächen zunehmend mehrere und neue Funktionen gleichzeitig übernehmen. Neue Technologien in der Oberflächentechnik erlauben die Entwicklung von Schichten und Oberflächen mit maßgeschneiderten Funktionen. Die weltweite demographische Entwicklung und der wachsende Kostendruck in einer globalisierten Wirtschaft sind zwei Gründe für einen zunehmenden Bedarf an selbstreinigenden Oberflächen. Deshalb wird neuen Oberflächenfunktionen wie Selbstreinigung (antistain, anti-soil, anti-fingerprint) ein großes Innovationspotenzial eingeräumt.

Zur Erreichung des Selbstreinigungseffektes gibt es zwei grundsätzliche Prin-

zipien: einerseits wird versucht, mit stark (super)hydrophoben Oberflächen den Lotuseffekt nachzuahmen, was aus verschiedensten Gründen bisher nicht prozesssicher und dauerhaft darstellbar ist. Eine andere Möglichkeit stellen superhydrophile photokatalytische Beschichtungen (zum Beispiel mit TiO_2) dar. Diese Schichten haben den großen Vorteil, dass sie ihre Oberflächeneigenschaften permanent selbst regenerieren.

Da auf superhydrophilen Oberflächen auftreffendes Wasser keine Tropfen, sondern einen dünnen Film bildet, wirken diese Schichten zusätzlich als Antibeschlagschichten, wobei sich auch diese Eigenschaft ständig regeneriert. Diese Schichten haben aber unter anderem den Nachteil, dass Sie auf verschiedenen Substraten (Kunststoffe, Metalle) bisher nicht applizierbar sind und ihre Aktivität für Anwendungen im Innenraum nicht ideal ist.

Diese Hindernisse, die bei beiden Prinzipien der Selbstreinigung einer branchenübergreifenden industriellen Umsetzung bisher im Wege stehen, haben dafür gesorgt, dass auf diesem Gebiet wieder Grundlagenforschung und weitere Ent-

wicklungsarbeit geleistet werden muss. Weiterhin besteht ein großes Interesse an multifunktionellen und intelligenten Schichten, das heißt der Kopplung der Oberflächeneigenschaft ‚Selbstreinigung‘ mit einer weiteren Funktion wie der Schaltbarkeit.

Die hohen wirtschaftlichen Erwartungen, die seit etwa 20 Jahren an die Nanotechnologie geknüpft werden, haben sich bis heute nur teilweise erfüllt. Im Labor kann zwar oftmals an kleinen Probenmengen die prinzipielle Leistungsfähigkeit von Nanopartikeln und aus ihnen aufgebauten Werkstoffen demonstriert werden. Bereits der Schritt zu einer Mustermengenproduktion im 100 g-Maßstab erweist sich aber oft als Herausforderung:

Breite Verweilzeitspektren üblicher Reaktions- und Aufkonzentrierungsapparaturen bedingen breite Partikelgrößenverteilungen; bei nasschemischer Darstellung müssen die Partikel typischerweise aus starker Verdünnung aufkonzentriert und gegen Aggregation geschützt werden. ✓

www.dgo-online.de
www.zvo.org



Beim diesjährigen Ulmer Gespräch informierte der DGO über den Einsatz von Nanomaterialien und deren Wirksamkeit und Chancen in der Oberflächentechnik.