

2. Wörlitzer Workshop : Funktionelle Schichten, Adhäsive und antiadhäsive Oberflächen

Nanomer® - Niedrigenergie Oberflächen : Anwendungen und Potenziale

P. Müller, S. Pilotek, A. Poppe, H. K. Schmidt, INM, Saarbrücken.

Auf der Basis der chemischen Nanotechnologie wurde am INM die Werkstoffklasse der Nanomere entwickelt. Dabei handelt es sich um anorganisch-organische Hybridmaterialien, die zusätzlich Nanopartikel verschiedener Zusammensetzung enthalten. Nanomere können als Kompositmaterialien aufgefasst werden, bei denen die einzelnen Phasen erst auf der Nanometerskala unterscheidbar sind. Auf diese Weise lassen sich die festkörperphysikalischen Eigenschaften von anorganischen Komponenten wie Abrasionsfestigkeit mit solchen homogener Systeme wie z.B. der Transparenz verbinden.

Nanomere sind Baukasten-Systeme in dem Sinne, dass sie mit weiteren funktionellen Eigenschaften ausgestattet werden können. So führt die Zugabe von perfluoralkyl-haltigen Silanen zu flüssigen Mischungen, in denen die fluorhaltige Komponente homogen verteilt vorliegt. Wird ein solches flüssiges Beschichtungssystem jedoch auf eine Oberfläche aufgetragen, bildet sich aus thermodynamischen Gründen ein Gradient aus: Die fluorhaltigen Gruppen reichern sich an der flüssig-Luft-Grenzfläche an, während die polaren Gruppen zur flüssig-Substrat-Grenzfläche ausgerichtet werden. Die Ausbildung des Gradienten wurde durch ESCA (electron-spectroscopy for chemical analysis) und SNMS (secondary neutral mass spectrometry) eindeutig nachgewiesen. Die Gradientenschichten werden in Schichtdicken von nur wenigen Mikrometern aufgetragen und weisen nach der Härtung sowohl eine sehr gute Haftung zum Substrat als auch eine sehr niedrige Oberflächenenergie auf. Durch die Gradientenbildung wird bei der Synthese nur eine geringe Menge der fluorhaltigen Komponente benötigt.

Mit fluorhaltigen Nanomerbeschichtungen wird eine antiadhäsive Funktionalität erreicht, die der von Teflon ähnelt. So werden Kontaktwinkel gegen Wasser von bis zu 110° und gegen Hexadekan von bis zu 50° gemessen. Auch die Anhaftung von Eis wird durch eine derartige Beschichtung deutlich verringert. Trotz der zur Erhöhung der Abriebfestigkeit häufig eingesetzten Nanopartikel bleibt die Transparenz der Nanomerbeschichtung erhalten.

Die Applikation der Beschichtungsmaterialien erfolgt durch bereits etablierte Methoden wie z.B. Tauchen, Fluten, Walzen, Drucken oder Schleudern. Ein großer experimenteller Aufwand wie z.B. Arbeiten im Vakuum sind dagegen nicht erforderlich. In Abhängigkeit vom Substrat und den spezifischen Anforderungen an die Beschichtung können (und müssen) die Materialien angepasst werden, um die gewünschten Eigenschaften zu realisieren. Hydro- und oleophobe Beschichtungen wurden inzwischen für sehr unterschiedliche Substrate hergestellt.

So prädestiniert die Transparenz der Nanomere das Beschichtungssystem für den Einsatz auf Glas. Fensterglas mit Nanomer-Antihaftbeschichtung ist bereits in der industriellen Anwendung. Ein weiteres Beispiel betrifft Sanitärkeramiken. Durch den Einbau von Zirkonalkoxiden wird eine hervorragende Chemikalienbeständigkeit auf Keramik erreicht: Auch nach einer 24 - stündigen Auslagerung in handelsüblichen Haushaltsreinigern (u.a. auch stark saure Reiniger bis zu pH 1) ist keine Beschädigung der Oberfläche festzustellen und ihre Funktionalität bleibt erhalten. Auf GFK - Werkstoffen ist die Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von Nanomer-Antihaftbeschichtungen gelungen. Die Funktionalität der Beschichtung bleibt auch nach einer mechanischen Belastung im Rahmen eines Sandrieseltestes gemäß DIN 52348 (verwendete Menge Quarzsand: 5 kg) erhalten. Die Lösemittelbeständigkeit der Nanomere erlaubt ihren Einsatz auch als Anti-Graffiti Beschichtung. So wurde z. B. ein Zwei-Komponenten-System für die Beschichtung von PUR-Decklacken entwickelt. Gesprühte Farbe bedeckt das Nanomer-beschichtete Substrat nur zu etwa 10% (vertikale Anordnung) und lässt sich leicht reinigen, während die PUR-Beschichtung vollständig bedeckt wird (Bild 1). Die Funktion der Nanomer-Oberfläche bleibt bis zu 10 Reinigungszyklen erhalten.

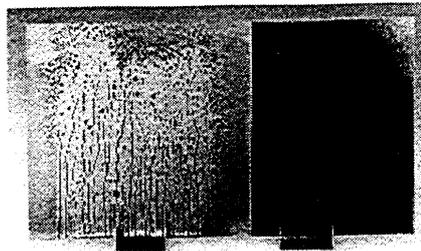


Bild 1: Gesprühte Farbe auf Nanomerbeschichtung (links) und PUR (rechts).

Nanomer-Antihaftbeschichtungen sind mittlerweile etabliert und weisen gerade daher vielfältige Anpassungsmöglichkeiten auf. So ist z.B. ihr großes Potenzial im Bereich der industriellen Entformungstechnik sowie in der Lebensmitteltechnologie nicht ausgeschöpft. Die Beschichtungen lassen sich für unterschiedliche Substrate, gegen verschiedene Verschmutzungen und für verschiedene Härtingsbedingungen (z.B. UV - Strahlungshärtung, Elektronenstrahlhärtung, NIR - Härtung) optimieren. Weiteres Potenzial für Entwicklungen ergibt sich aus den Variationsmöglichkeiten, die im Rahmen der Werkstoffsynthese genutzt werden. So können u.a. wasserbasierte Nanomere zur Herstellung von Niedrigenergieoberflächen genutzt werden.

Durch die Strukturierung hydrophober Oberflächen nimmt der Kontaktwinkel gegen Wasser noch deutlich zu und führt zu einem deutlich verbesserten Ablaufverhalten. Dies ist jedoch in

der Regel mit einer geringeren mechanischen Belastbarkeit und gelegentlich mit einer geringeren Transparenz verbunden. Schichten mit sehr definierter Oberflächenstruktur können durch die Verwendung von Partikeln unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung und Größe über einen Prozess der Selbstorganisation hergestellt werden. Bei solchen superhydrophoben Schichten dringt das Wasser nicht in die Vertiefungen der Oberfläche ein, sondern der Tropfen „ruht“ auf den Spitzen der Struktur (Bild 2).

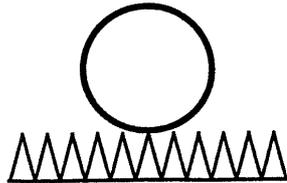


Bild 2 : Ein Wassertropfen auf superhydrophober Oberfläche (Schemazeichnung).

Der Kontaktwinkel von strukturierten Nanometer-Oberflächen gegen Wasser erreicht 165° (Bild 3). Wasser fließt bereits bei geringer Neigung eines so beschichteten Substrates vollständig ab. Die Oleophobie kann mit einem Kontaktwinkel von bis zu 120° gegen Hexadekan ebenfalls drastisch gesteigert werden.

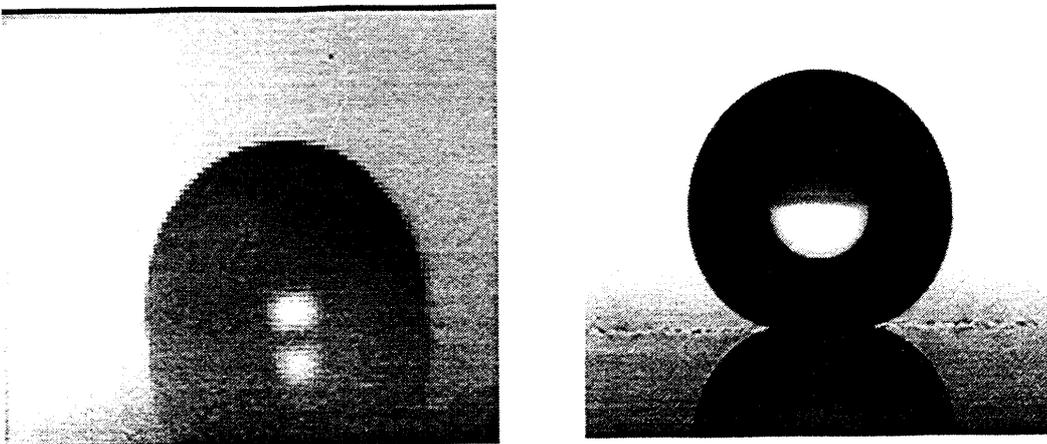


Bild 3 : Ein Wassertropfen auf einer glatten ETC - Oberfläche (links) und auf einer mikrorauen Oberfläche (rechts).

Die Herstellung superhydrophober Nanometerschichten ist bereits mit Rauigkeiten im oberen Nanometer-Bereich gelungen. Die weiteren Arbeiten richten sich auf die Optimierung der Oberflächen-Mikrostruktur über die Selbstorganisation. Durch Brechwertanpassung sowie Variation von Strukturhöhe und Schichtdicke werden vollkommen transparente Schichten

4

angestrebt. Transparente superhydrophobe Nanomere haben ein breites Anwendungspotenzial für die Bereiche Sichtverbesserung im Auto-, Flug- und Bahnverkehr, z. B. durch den Einsatz auf Windschutzscheiben. Auch die Verschmutzung von Fenster- und Bauglas sollte deutlich weiter reduziert werden können. Die auf diesem Gebiet durchgeführte Entwicklungsarbeit hat bereits zu nahezu transparenten Schichten geführt. Ihre Transmission beträgt > 95% verglichen mit Floatglas.

Bisher beschichtete Substrate weisen auch nach mehrmonatiger Lagerung den Effekt auf. Bei Erreichen eines weiteren Zieles, der Langzeit-abriebbeständigen Superhydrophobie, werden viele der oben genannten glatten Niedrigenergie-Nanomer-Oberflächen in ihrer Performanz übertroffen. Durch die Reduzierung des Bedarfs an Reinigungsmitteln, Wasser und von Abwasser erlauben solche Materialien z.B. einen bedeutenden Beitrag zum Umweltschutz in sehr vielen Branchen.