

Visualisierung der Oberflächen-Topografie mittels Raster-Kraftmikroskopie

Funktionale Oberflächen wie diejenigen von optischen Gläsern, Spiegeln und opto-elektronischen Bauelementen müssen nicht nur ein hohes Maß an Oberflächen-Reinheit aufweisen. Vielmehr sollen sie auch frei sein von Riefen und Kratzern welche die Bildübertragung beeinträchtigen können. Solche Oberflächen-Defekte entstehen beispielsweise durch den Einsatz ungeeigneter Reinigungs-Mittel oder deren unsachgemäße Anwendung. Beim wischenden Reinigen wird ein Reinigungstuch mit einem durchschnittlichen Anpressdruck von 0,5 - 1,5 kg über die zu reinigende Objektoberfläche geführt. Je nach Material-Kombination von Tuch, Verunreinigung und Objektoberfläche kann es dabei zur Kratzer- oder gar Riefenbildung kommen. Der Effekt zeigt sich insbesondere als Folge druckvoller Berührung wenn beim Wischvorgang die harten Kanten Laser-geschnittener Reinigungstücher direkt auf der Oberfläche aufliegen.

Ursachen der Riefen- und Kratzerbildung

Im vorliegenden Aufsatz beschäftigen wir uns mit Oberflächen-Verletzungen durch den Gebrauch von Reinraum-Tüchern. Diese entstehen vor allem durch:

- die harten Kanten Laser-formatierter Polyester- und Polyamid-Tücher beim Wischvorgang.
- bei mehrfach genutzten Reinigungstüchern: Durch dem Tuch anhaftenden Materialabrieb der beim ersten Reinigungs-Vorgang aufgenommen wurde wie beispielsweise Späne, Quarzsand-Partikel, Faser- und Material-Fragmente.
- die Scheuerwirkung von Gestricke-Oberflächen bei wiederholt durchgeführten Reinigungs-Prozeduren.

Zumeist werden Reinraumtücher aus Rollenmaterial gefertigt. Dabei handelt es sich um Gestricke aus Polyestergergarn, aus Polyamidgarn oder einer Kombination aus beiden Polymer-Filamenten. Mit Hilfe von CO₂-Lasern werden die Gestricke in das vom Anwender bevorzugte Tuchformat geschnitten. Dabei entstehen Temperaturen oberhalb des Verdampfungspunktes der eingesetzten Kunststoff-Materialien, bei Polyester also +352°C. Dabei bilden sich an den Tüchern harte Schmelz-Zonen von etwa 0,5 mm Breite. Kommt es dann beim Wischvorgang zur druckvollen Berührung zwischen Tuchkante und Oberfläche so besteht die Gefahr der Riefen- und Kratzerbildung.

Die relative Härte der Reibpartner

Je nach Ritz-Härte des Substrat-Materials sind die Riefen mehr oder weniger tief ausgebildet. Die Ritzhärte - auch Mohs-Härte genannt - kennzeichnet den mechanischen Widerstand eines Minerals gegen das Eindringen beim Ritzten mit einem scharfkantigen Gegenstand. Die Mohs-Härteskala umfasst zehn Härtegrade von der Mohshärte 1 für das Referenzmineral Talk bis zur Mohshärte 10 für das Referenz- Mineral Diamant.

Die nachstehende Tabelle 1 zeigt verschiedene Mohs-Härten aktiver bzw. passiver Reibpartner.

<i>aktiver Reibpartner</i>	
Polyester	5,5
Polyamid	5,3
<i>passiver Reibpartner</i>	
Acrylglas	2-3
Polycarbonatglas	2-3
Silikatglas	5-6
Saphirglas	7,0

Zur Eingliederung der Kunststoffe in die Tabelle wurden die Vickers-Härtegrade für Kunststoffe in Mohs-Härte umgerechnet. Um Riefen- und Kratzerbildungen beim Wischvorgang zu vermeiden muss die Härte des aktiven Reibpartners - (also das Reinigungstuch) - geringer sein als diejenige des passiven Reibpartners (also die Objekt Oberfläche). Daraus ergibt sich, dass bei einer vorsichtig durchgeführten Reinigung von Silikatglas mit einem Polyesterstuch die Glasoberfläche wahrscheinlich nicht zerkratzt würde. Bei einem Acryl- oder Polycarbonatglas wäre dies jedoch wahrscheinlich.

Sonderfall Zeolithe

Ein Problem das gelegentlich im Zusammenhang mit der Riefenbildung auf empfindlichen Produktoberflächen auftreten kann steht im Zusammenhang mit der Verwendung von Zeolith-haltigen Waschmitteln für die Dekontamination von Reinraumtüchern und Bekleidung.

Bei etwa einem Drittel der in Deutschland produzierten Waschmittel werden synthetische Zeolithe als Entkalker eingesetzt. Zeolithe sind Wasser-unlösliche Aluminiumsilikate, die in Partikelform von 0,2 - 9,0 mm Durchmesser dem Waschpulver beigefügt sind.

Ist die Reinraumwäsche zum Zweck der Dekontamination mit einem solchen Zeolithhaltigen Waschmittel gewaschen worden, so kommt es leicht zu einer Verteilung der in der Waschflotte gelösten Zeolith-Partikel. Nach dem Trocknungsverfahren enthält das Textil dann größere Mengen von Zeolithpartikeln, die bei Durchmessern über 5 µm zur Riefenbildung führen können.

Die Visualisierung von Riefen und Kratzern

Die Miniaturisierung von Strukturen der Elektronik, Feinmechanik und Optik brachte in den vergangenen Jahrzehnten die Notwendigkeit der Entwicklung immer glatterer Oberflächen mit immer höherem Reinheitsgrad mit sich. Ganz wesentlich für die Schaffung derartiger Oberflächen war das geeignete Instrumentarium für die Visualisierung von deren Struktur und Funktionalität bis hinein in den molekularen Größen-Bereich. Zur Visualisierung von Oberflächen-Strukturen wurde bis zum Ende der 70er-Jahre vor allem das Lichtmikroskop eingesetzt. Dessen untere Abbildungsgrenze endet jedoch bei einer Auflösung von etwa 200 nm. Das Lichtmikroskop wurde vom Elektronen-Mikroskop abgelöst das bereits Auflösungen von 0,13 nm schaffte. Das brachte eine deutliche Erweiterung der Abbildungs-Möglichkeiten mit sich. Erst das moderne Atomkraft-Mikroskop jedoch bietet uns Auflösungen bis hinein in den molekularen Größenbereich und zusätzlich auch die Profildaten. Diese sind für die Darstellung von Oberflächen-Artefakten unerlässlich. Im vorliegenden Aufsatz gezeigte Oberflächen-Bilder entstanden mit Hilfe eines AFM-Mikroskops der Nanosurf GmbH in Langen. Einige Abbildungen sind jedoch auch mit dem Raster-Elektronenmikroskop gemacht worden.

Vermeidung von Riefenbildung

Um die Riefenbildung beim wischenden Reinigungsvorgang zu vermeiden bieten sich mehrere Möglichkeiten:

- die Einweg-Anwendung des Tuchs, so dass zuvor aufgenommene Partikel oder Fragmente die Oberflächen beim folgenden Wischvorgang nicht beschädigen können.
- das 4-fache nach-innen-Falten des Tuchs, so dass es nicht zur Berührung zwischen Tuchkante und Substratoberfläche kommen kann.
- die Wahl eines Reinigungstuchs dessen Material-Ritzhärte deutlich geringer ist als die des aktiven Reibpartners.

Wesentlich bei der Vermeidung von Riefen und Kratzern ist die bewusste Vermeidung von Kontakten zwischen Tuch-Rändern und Objekt-Oberfläche beim Reinigungsvorgang.

Es kommt jedoch hinzu dass Reinraum-Tücher aus hoch texturierten Garnen weniger zur Riefenbildung neigen als solche aus gering texturierten Garnen. Gestricke sind daher für die Herstellung von Tüchern für die Reinigung kritischer Oberflächen besser geeignet als Gewirke und wenn die Partikelstreuung nicht von großer Bedeutung ist, dann sind auch Vliesstoffe aus weichem Viskosematerial gut geeignetes Material zur Vermeidung von Riefenbildung.

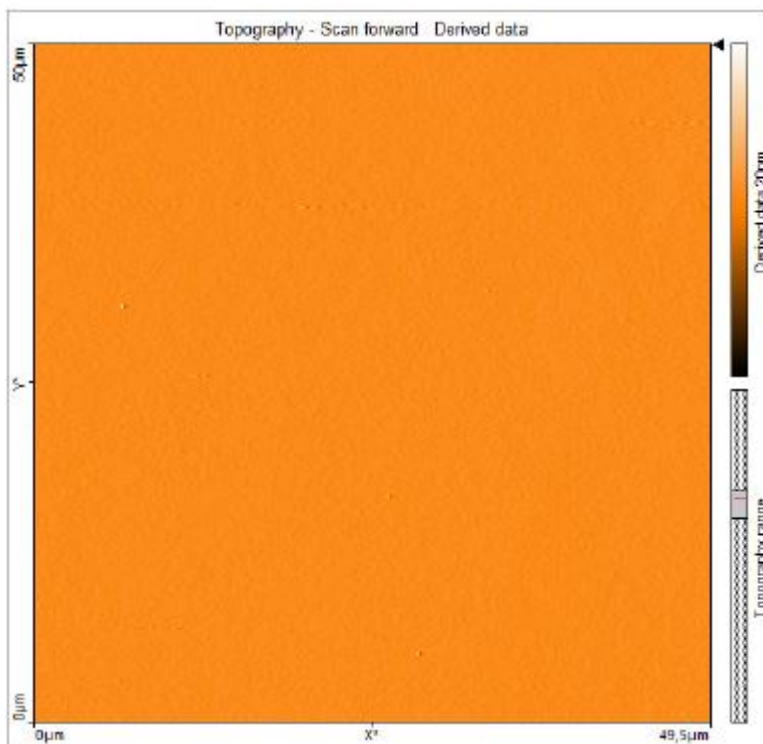


Abb. 1: Raster-Kraft-Mikroskopische Aufnahme einer neuwertigen Acrylglas-Oberfläche

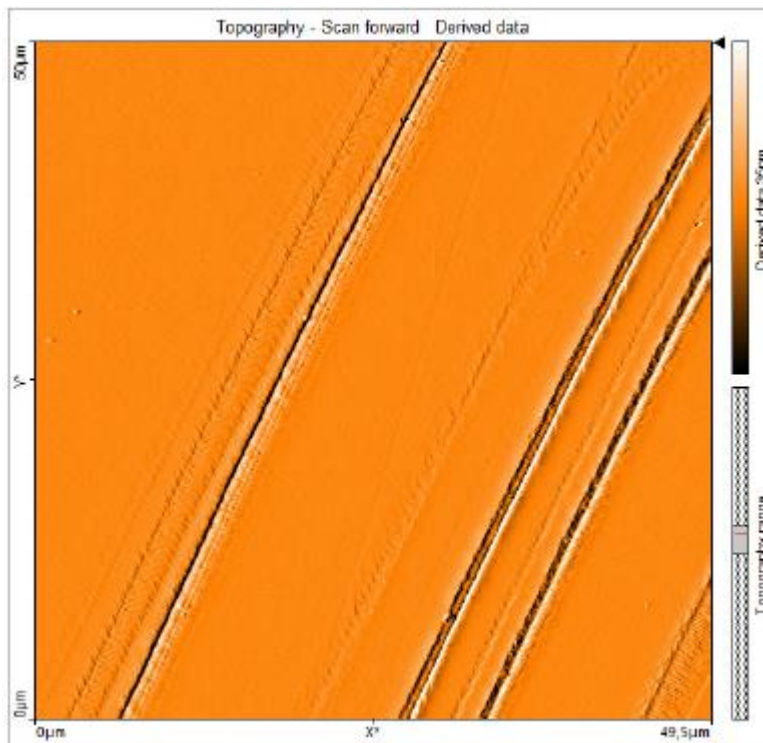


Abb. 2: Raster-Kraft-Mikroskopische Aufnahme einer Acrylglas-Oberfläche, die mit einem partikulär kontaminierten Tuch gereinigt wurde.