

Bestimmung des Tropfen-Randwinkels

Tropfen-Randwinkel sind ein Maß für die Benetzbarkeit ebener Festkörper-Oberflächen geringer Rauigkeit. Beträgt ein Tropfen-Randwinkel zwischen 0° und 90° , gilt eine Festkörper-Oberfläche als benetzbar. Die Benetzbarkeit der Festkörper-Oberfläche ändert sich jedoch durch Veränderung des Oberflächen-Zustands. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn die Festkörper-Oberfläche durch filmische Kontamination aus Öl, Tensid oder anderen Stoffen verunreinigt ist. Wenn der Tropfen-Randwinkel auf einer reinen Festkörper-Oberfläche bekannt ist, so kann eine Veränderung desselben ein Maß für eine Verunreinigung der Oberfläche sein.

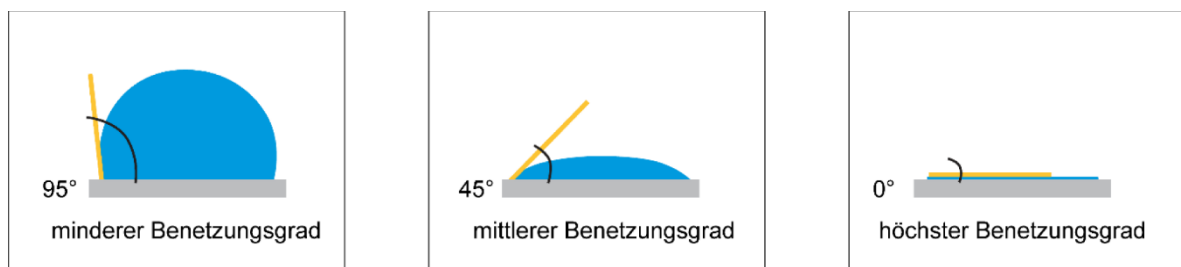


Abb. 1: Schematische Darstellung des Tropfen-Randwinkels und der Benetzung von Festkörper-Oberflächen.

Die vorliegende Untersuchung soll uns zeigen, ob durch Bestimmung des Tropfen-Randwinkels eines DI-Wasser-Tropfens Rückschlüsse auf mögliche Oberflächen-Rückstände aus den Wischmitteln gezogen werden können. Dazu werden mit den Prüflingen zunächst definierte, statische Wischversuche auf Prüf-Oberflächen aus Aluminium (Aluminium-Folie, gerollt für den Hausgebrauch ist wegen ihrer Herstellung-bedingten Reinheit gut geeignet) durchgeführt. Zuvor werden die Prüflinge mit gebräuchlichen Lösungsmitteln getränkt. Es wird erwartet, dass die verschiedenen Lösungsmittel unterschiedliche Rückstands-Massen aus den Tuch-Prüflingen herauslösen, die sich als Dünnschicht auf der Prüfoberfläche niederschlagen. Im Anschluss an den Wischversuch wird auf der Prüf-Oberfläche die Randwinkelmessung durchgeführt. Eine Änderung des Randwinkels verglichen mit dem Referenz-Randwinkel der reinen Prüf-Oberfläche kann als Indiz für die Übertragung von Inhaltsstoffen aus dem Tuch-Prüfling oder den Einsatz unreiner Lösungsmittel gewertet werden.

Infolge der unterschiedlichen Herstellungs-Prozesse der Tücher können die folgenden Arten von Wischmittel-Rückständen auftreten:

Rückstände 1: Spuren von Spinn- und Strickölen mit oleophilem bzw. hydrophobem Charakter. Diese Spezies sind mittels fettlösender Lösungsmittel wie Aceton, Cyclohexan und Iso-Propanol gut löslich, aber gänzlich unlöslich in Wasser.

Rückstände 2: Spuren von Tensiden und andere Detergenzien aus der chemischen Textil-Ausrüstung und aus aquatischen Dekontaminations-Prozessen (nur Gestricke). Diese Rückstände sind sowohl in Lösungsmitteln als auch in Wasser löslich.

Rückstände 3: Oligomere (Trimere, Dimere) sind Moleküle strukturell gleicher Einheiten aber geringer Kettenlänge, die bei der Herstellung und Verarbeitung von Polyester und Polyamid entstehen können. Diese Rückstände sind in einigen Lösungsmitteln wie Cyclohexan und Aceton

mäßig löslich, nicht aber in Wasser und Iso-Propanol. Sie lassen sich zudem nur schwer mit Detergenzien emulgieren.

Es wird erwartet, dass anhand des jeweiligen Abweichungs-Musters bei der Randwinkel-Messung mit verschiedenen Prüfling-Lösungsmittel-Kombinationen eine Aussage über die Art der möglichen Wischmittel-Spuren auf der Prüfoberfläche getroffen werden kann.

Beispielsweise kann nur dann ein Wischmittel-Rückstand bei der Prüflings-Tränkung mit Wasser auf der Prüf-Oberfläche entstehen, wenn die entsprechende Kontamination wasserlöslich ist. Durch die Wahl von Aceton zur Tränkung des Tuch-Prüflings sollte hingegen jede Art von Kontamination (Öle, Tenside und Oligomere) im Wisch-Versuch auf die Prüf-Oberfläche übertragen werden. Dabei ist jedoch Vorsicht geboten weil bei Aceton eine prominente Oligomer-Auslösung aus der Oberfläche erfolgt.

Zur Berechnung der Randwinkel-Differenz $\Delta\alpha$ ist von gemessenen Randwinkeln nach Kontakt-Übertragung und Trocknung α der Referenz-Randwinkel für die hochgradig reine Prüffolie aus Aluminium ($38,0 \pm 3,0^\circ$) subtrahiert worden. Bei einem positiven Wert der Randwinkel-Differenz ist also der Randwinkel nach einem Kontakt-Übertragungs-Versuch größer als der Referenz-Randwinkel (Reinheits-Gewinn), bei einem negativen Wert hingegen ist der Randwinkel kleiner als der Referenz-Randwinkel (Reinheits-Verlust). Die Ergebnisse sind in Tab. 4 aufgeführt.

Fazit: Anhand der gemessenen Werte fällt die deutliche Unterschiedlichkeit der Randwinkel-Differenzen auf, welche ein Hinweis für die Wirksamkeit dieser Prüfmethode ist. Es muss jedoch beachtet werden, dass dieser Versuch unter Ideal-Bedingungen stattgefunden hat weil von einer reinen Oberfläche ausgegangen wurde. Normalerweise wird eine verunreinigte Oberfläche durch einen Wischvorgang gereinigt, so dass die im Wischmittel befindliche Chemikalie mit der Verunreinigungs-Chemikalie in irgendeiner Weise reagiert. Diese Zweistoff-Reaktion findet bei jeder wischenden Reinigungs-Prozedur statt. Sie ist reduziert wirksam mit höherem Reinheitsgrad von Reinigungstuch und Oberfläche.

Tab. 1: Randwinkel-Änderung nach wischender Kontakt-Übertragung zwischen div. HiTech-Reinigungstüchern und einer reinen Aluminium-Prüf-Oberfläche. Die Prüflinge wurden mit üblichen Lösungsmitteln oder Mischphasen (zu Reinigungs-Zwecken) getränkt.

Reinigungs-Tücher Typen-Bezeichnung	Diverse Lösungsmittel für Reinigungs-Zwecke				
	100 % Aceton	67 % Cyclohexan/ 33 % Iso-Propanol	30 % Iso-Propanol/ 70 % Wasser	100 % Iso- Propanol	Wasser (reinst)
	$\Delta\bar{\alpha}$ [°]	$\Delta\bar{\alpha}$ [°]	$\Delta\bar{\alpha}$ [°]	$\Delta\bar{\alpha}$ [°]	$\Delta\bar{\alpha}$ [°]
1-4	19,7	27,0	13,7	24,8	15,9
2-3	12,2	8,5	1,4	2,1	4,4
2-5	18,3	29,4	24,8	28,0	34,8
2-6	14,8	16,1	11,4	19,3	9,8
2-1	19,0	8,6	39,1	18,1	28,0
1-2	11,4	14,3	- 7,9	9,6	10,3
4-2	11,8	13,6	12,1	13,0	10,3
4-5	11,3	6,6	3,7	6,5	11,6

(geringere Randwinkel-Differenzen = reinere Oberflächen)