

Abb. 1 Linear-Wischsimulator II nach Labuda

Win Labuda und Sven Siegmann

Die Oberflächen-Reinheit nach einer wischenden Reinigungs-Prozedur

Clear & Clean - Forschungslabor
überarbeitete Ausgabe 1-2018

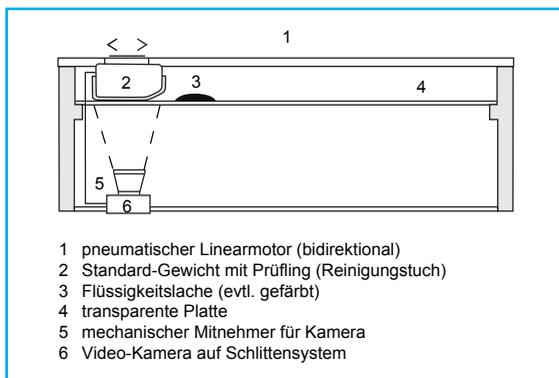
Bei jedem Reinigungsvorgang, der mit einem flüssigkeitsgetränktem Reinigungstuch (DI-Wasser, Isopropanol, Aceton-Gemisch, etc) durchgeführt wird, verbleibt nach dem Wischvorgang auf der gereinigten Oberfläche ein geringer Flüssigkeits-Rückstand. Dieser Flüssigkeits-Rückstand hat einen erheblichen Einfluss auf die Arbeitszeit, welche für eine Reinigungsprozedur benötigt wird. Das steht mit dem Bestreben des Menschen in Verbindung, eine feuchte Oberfläche im Rahmen einer Reinigungsprozedur solange „sauber“ zu wischen, bis sie sichtbar trocken ist.

Zudem verbleiben die in dem flüssigen Rückstand befindlichen nichtflüchtigen Substanzen nach dem Verdunsten auf der gereinigten Oberfläche und bestimmen die Effektivität des Reinigungsvorgangs. Zeitaufwand für eine Reinigungsprozedur und erzielter Oberflächen-Reinheitsgrad stehen in direkter Abhängigkeit von der Gebrauchsgüte des benutzten Reinigungstuchs. Diese variiert bei den international verfügbaren Reinigungstüchern erheblich (siehe Tafel 3 und 4). So wird der Flüssigkeits-Rückstand nach wischenden Reinigungsvorgängen zum bestimmenden Merkmal für die Reinigungs-Ökonomie und damit zum geldwerten Faktor im Fertigungskosten-Bereich. Bei großen Fertigungsbetrieben mit einem hohen Tücherbedarf kann eine unsachgemäße Tücherauswahl (Tücher, welche einen hohen Flüssigkeits-Rückstand oder eine hohe Partikelmenge hinterlassen) zu Fertigungsmehrkosten von einigen 100.000 € führen.

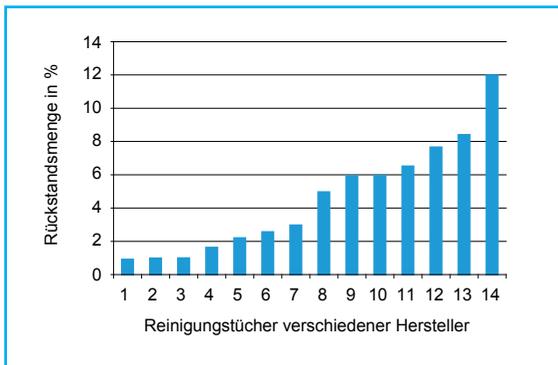
Prüfmethode und Instrumentarium

Das Ziel der nachfolgend beschriebenen Untersuchungen ist es, mit einer reproduzierbaren Prüfmethode Erkenntnisse über die Menge des Flüssigkeits-Rückstands zu gewinnen, welcher bei ausgewählten Reinigungstüchern nach einer Feuchtreinigung auf der Oberfläche verbleibt. Zur Messung solcher Flüssigkeits-Rückstandsmengen wurden im Clear & Clean-Forschungslabor zunächst verschiedene Methoden entwickelt und auf ihre Simulationstreue im Vergleich zum realen Wischvorgang hin untersucht.

Die Erfahrungen im Rahmen dieser Versuche führten im Jahre 2001 zur Entwicklung eines zweiten Linear-Wischsimulators, mit dem es nun möglich ist, die beim praxisgerechten Wischvorgang auftretenden Vorgänge mit einer hohen Simulationstreue quantitativ auszuwerten und gleichzeitig die dynamischen Vorgänge des wischenden Reinigens sichtbar und bildmäßig zu speichern. Dabei handelt es sich um die vierte vom Mitautor Win Labuda vorgestellte Prüfmethode für Präzisions-Reinigungstücher [4]. Anhand von 14 vorliegenden Reinigungstüchern unterschiedlicher Fabrikate, Materialien und Ausführungen wurde untersucht, ob diese unter gleichen Einsatzbedingungen verschiedene Mengen an Flüssigkeits-Rückstand auf der Oberfläche zurücklassen. Es wurde auch untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen Flüssigkeits-



Tafel 2 Linear-Wischsimulator I nach Labuda (Schemazeichnung)



Tafel 3 Flüssigkeitsrückstand (DI-Wasser) nach 1x Wischen in % der Ursprungsmenge (Lache)

Kenn-Nr.	textiles Material	Rückstands-Menge in %
1	Mikrogestrick	0,900
2	Mikrogestrick	0,974
3	Viskose-Vlies	0,988
4	Feingestrick	1,626
5	Mischvlies PES/ WP	2,198
6	Viskose-Vlies	2,552
7	Polyamid-Vlies	2,964
8	Polyamid-Vlies	4,956
9	Standard-Gestrick	5,924
10	Mischvlies PP/Visk.	5,939
11	Standard-Gestrick	6,510
12	Standard-Gestrick	7,651
13	Standard-Gestrick	8,402
14	Standard-Gestrick	11,980

Tafel 4 Tabelle zu Diagramm Tafel 3

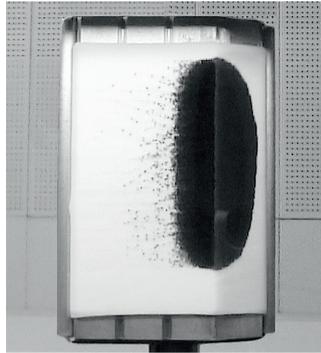
Rückstand und Tuchkonstruktion besteht. (Die Ergebnisse von Untersuchungen des Einflusses der chemischen Ausrüstung unterschiedlicher Tücher bleiben einem weiteren Aufsatz vorbehalten.)

Durch Veränderung einzelner Bewegungsparameter des Wischvorgangs sollte auch in Erfahrung gebracht werden, welchen Einfluss die Modulation der Wischbewegung (Richtung und Geschwindigkeit) auf den Flüssigkeits-Rückstand hat. Dies gilt auch für den Einsatz unterschiedlicher Prüfoberflächen, z. B. Edelstahlflächen oder Glasflächen.

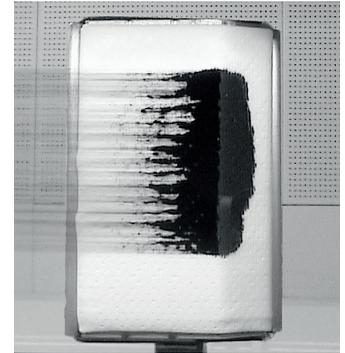
Bei der Edelstahl-Oberfläche wurde apparateseitig ein zu Untersuchungszwecken entfernbarer Ausschnitt vorgesehen, welcher für mikroskopische und ellipsometrische Analysen benutzt werden kann, um ultra-dünne Restkontaminationen nachzuweisen, die erst durch den Wischvorgang, und teilweise aus dem Reinigungstuch, auf die Oberfläche gelangen. Der für diese Untersuchungen eigens entwickelte Linear-Wischsimulator besteht im wesentlichen aus einem pneumatisch betätigten Antrieb, welcher ein Standardgewicht der Masse von 1000 Gramm waagrecht über eine auswechselbare Prüfoberfläche bewegt, ohne zusätzliche senkrecht wirkende Kräfte auf diesen auszuüben. Insofern ähnelt er dem 1996 von Win Labuda vorgestellten Wischsimulator I, ist jedoch u.a. mit einer breiteren Prüffläche versehen. Das zu untersuchende Tuch ist unterhalb des handflächen-ähnlich ausgeführten Standardgewichts befestigt und lässt sich in drei einstellbaren Geschwindigkeiten (10, 25 und 50 cm/s) über die jeweilige Prüfoberfläche bewegen.

Die Prüfoberfläche aus wahlweise Edelstahl, Glas oder einem beliebigen anderen Material beliebiger Oberflächenrauigkeit wird dazu in die vorgesehene Aufnahmevorrichtung des Simulators eingesetzt. Zur Bestimmung des Flüssigkeits-Rückstands nach dem Wischvorgang wird die definierte Menge eines Lösungsmittels bei definiertem Lachen-Durchmesser auf die Prüffläche unmittelbar vor das Reinigungstuch gegeben, und das zuvor gewogene Reinigungstuch wird dann über diese Flüssigkeitslache hinweg bewegt. Nach Durchführung des Wischvorgangs ist ein Teil der Flüssigkeit vom Reinigungstuch aufgenommen worden. Der Flüssigkeits-Rückstand verteilt sich auf der mit dem Reinigungstuch bestrichenen Prüfoberfläche und bildet die typischen Flüssigkeitsschlieren (Tafel 10). Die Rückstandsmenge wird nachfolgend mittels Differenzwägung des Reinigungstuches auf der Mikrowaage bestimmt.

Wesentlich am Wischsimulator II ist die sichtbare Darstellung der Flüssigkeitsverteilung zwischen Oberfläche und Reinigungstuch. Dazu wurde am Linear-Wischsimulator konstruktiv eine Videokamera befestigt, welche automatisch der Bewegung des mit dem Reinigungstuch bespannten Standardgewichts folgt. Durch Anfärben der Prüfflüssigkeit mit schwarzer



Tafel 5.1 Gestricktuch Hersteller „A“. Die Flüssigkeitsverteilung erfolgt über die gesamte Breite des Reinigungstuchs. Es entsteht kaum Schlierenbildung.



Tafel 5.2 Gestricktuch Hersteller „B“. Die Flüssigkeitsverteilung ist weniger homogen und deutliche Schlierenbildung weist auf eine unzureichende dynamische Flüssigkeitsaufnahme hin.

Tinte ist es möglich, die dynamische Verteilung derselben im Reinigungstuch während des Wischvorgangs zu filmen, und automatisch auszuwerten (wenn als Prüfoberfläche transparentes Glas eingesetzt wird) (Tafeln 5.1 und 5.2).

Ergebnisse

In der ersten Versuchsreihe wurden die Flüssigkeitsrückstände ausgewählter Tücher unter gleichen Versuchs-Bedingungen ermittelt. Dazu wurden zu vier Lagen gefaltete Tücher mit einer Geschwindigkeit von 25 cm/s über eine Flüssigkeitslache von 5 ml (DI-Wasser) bewegt. Der Linear-Wischsimulator hebt das zu untersuchende Tuch bereits vor dem Ende der Wischbewegung von der Prüfoberfläche ab, wie es auch die Praxis des wischenden Reinigens ist. Die Angabe der Flüssigkeits-Rückstandsmenge erfolgt in Prozent der Prüfflüssigkeitsmenge und in Gramm.

Das Diagramm (Tafel 3) zeigt die ermittelten Flüssigkeits-Rückstandsmengen von 14 international bekannten Präzisions-Reinigungstüchern nach einem einfachen Wischvorgang bei einer Wischgeschwindigkeit von 25 cm/sec. Bei den Tüchern, welche die geringsten Flüssigkeitsrückstände zurücklassen, handelt es sich einerseits um Gestricktücher aus Spezialgarnen, andererseits um Vliesstoffe, welche aus natürlichen, hydrophilen Materialien wie Viskose oder Cellulose bestehen. Mehr Flüssigkeit bleibt zurück bei Vliesstoffen aus Polyamid oder Polypropylen und bei Gestrickten aus gröberen Polyestergeräten. Diese hinterlassen jedoch andererseits vergleichsweise wenig Abrieb auf rauerer Oberflächen oder auf solchen mit Ecken und Kanten [2]. Es zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit der Flüssigkeits-Rückstandsmenge von der Tuchkonstruktion.

Die Untersuchung des dynamischen Flüssigkeitsaufnahme - Verhaltens einzelner Tücher mittels einer Videokamera zeigte

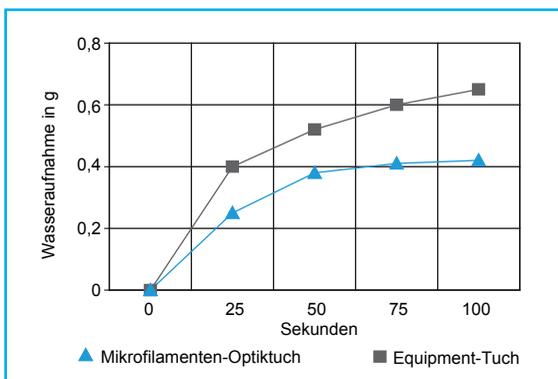
erhebliche Unterschiede im Bereich der lateralen kapillarischen Verteilung der Flüssigkeit.

Bei Tüchern mit geringer lateraler Flüssigkeitsverteilung kam es zur Übersättigung des Textils in einem engen Kontaktbereich zwischen Tuch, Prüfflüssigkeit und Oberfläche (Tafel 5.2). Diese Übersättigung entsteht aufgrund mangelnder Flüssigkeits-Absorption und verursacht die Verteilung (Verschlierung) größerer Mengen der Prüfflüssigkeit über die Prüffläche. Das Reinigungstuch bekommt so die Funktion eines Flüssigkeits-Auftragstuchs. Die dem Tuch zugeordnete Reinigungsfunktion wird nicht erfüllt, und die zu reinigende Oberfläche wird mit den Stoffinhalten des Tuchs sowie dem Lösungsmittel verunreinigt. Dieser Funktions-Umkehr-Effekt von Reinigungstuch zu Auftragstuch wurde bereits von Labuda beschrieben [5].

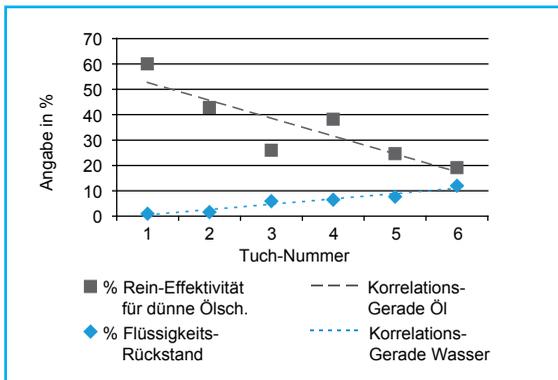
Die bei einem Wischvorgang unter das Reinigungstuch gelangende Flüssigkeit muss im Bereich zwischen Tuch und Gebrauchs-Oberfläche möglichst schnell kapillarisch ins Innere des Reinigungstuches hinein absorbiert werden. Je höher die Anzahl der Papillen (Kontaktpunkte zwischen Tuch und Oberfläche) pro Flächeneinheit, und der damit einhergehenden Kapillare, desto effektiver kann die Flüssigkeit aufgenommen werden (Tafel 6). Diese Erkenntnis bewahrheitet sich jedoch nur bis zu einem bestimmten Optimum, welches abhängig ist von der Größe und Form der Kapillaren des Reinigungstuchs, der Oberflächenspannung des Lösungsmittels und eventuell einer Oberflächenspannungs-mindernden chemischen Ausrüstung des Reinigungstuchs. Reinigungstücher aus Fein- und Feinstgestriken verfügen aufgrund der höheren Anzahl an Fibrillen über deutlich mehr Papillen als Reinigungstücher aus größeren Garnen.

Das kapillare Optimum für die Flüssigkeitsaufnahme wird überschritten bei solchen Gestriken, welche üblicherweise zur trockenen Entfernung dünner Fettschichten von glatten Oberflächen gedacht sind, wie z. B. Optik-Reinigungstücher hoher textiler Dichte (Microfaser). Das Garn ist bei dieser Tücherart zu einem Gebilde verarbeitet, welches aufgrund seiner extremen Dichte eine kapillarische Verteilung von Flüssigkeit im Tuch nur langsam zulässt.

Die Folge bei der Prüfung ist ein Verschieben der Prüfflüssigkeit über die Oberfläche bis hin zum Ende der Wischbewegung, ohne dass dabei die Aufnahme einer ausreichend großen Flüssigkeitsmenge erfolgt. Das Diagramm Tafel 6 zeigt die Unterschiede in der longitudinalen, kapillarischen Flüssigkeitsaufnahme zwischen einem Geräte- und einem Optik-Reinigungstuch aus Mikrofilamentengarn. Die Kapillarität ist jedoch höher beim Einsatz von Lösungsmitteln mit einem bestimmten Alkoholanteil. Reinigungstücher dieser Konstruktion haben bereits im Trockenzustand eine so hohe Reinigungs-Effektivität (> 70 %), dass eine Befeuchtung oftmals unnötig ist.



Tafel 6 Kapillarische Wasseraufnahme, Vergleich Equipment-Tuch und Optiktuch

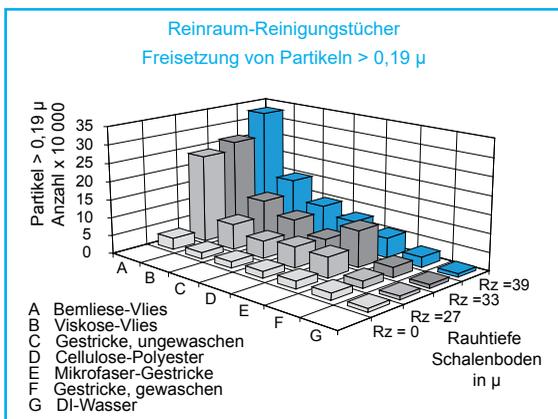


Tafel 7 Korrelation zwischen Restflüssigkeitsmenge und Reinigungseffizienz für dünne Ölschichten bei Präzisions-Reinigungstüchern aus Polyester

In diesem Zusammenhang war es interessant zu untersuchen, ob bei Präzisions-Reinigungstüchern eine Korrelation besteht zwischen deren Reinigungs-Effektivität für dünne Ölschichten [5] und deren hinterlassenem Flüssigkeits-Rückstand nach feuchten Wischvorgängen. Zu diesem Zweck wurden sechs Polyester-Reinigungstücher (Gestricke) von unterschiedlichen Herstellern und Konstruktionen miteinander verglichen. Die Messwerte des prozentualen Flüssigkeits-Rückstands wurden den bereits bekannten Werten der Reinigungs-Effektivität gegenübergestellt, und es zeigt sich eine deutliche Korrelation der gemessenen Werte (siehe Tafel 7). Fein- und Feinstgestricke hinterlassen also sowohl weniger Wasser als auch weniger Öl auf einer gereinigten Oberfläche.

Reinigungstücher aus natürlichen, hydrophilen Fasern oder Filamenten wie z. B. aus Viskose oder Holzschliff (Woodpulp=WP) haben den Vorteil, dass solche Einzelfasern bzw. das Filament selbst Flüssigkeit in sich aufnehmen, und so die Menge an Flüssigkeits-Rückstand auf der Oberfläche reduziert wird. Allerdings sind die Viskosefasern/Filamente von geringer Härte und neigen beim Reinigen insbesondere auf raueren Oberflächen deutlich zum vermehrten Partikelabrieb relativ zu einem Polyester-Gestrick. Vergleichende Untersuchungen des Partikelabriebs von Reinraumtüchern auf unterschiedlich raueren Oberflächen belegen dies [2] (siehe Tafel 8). Es ist einem weiteren Aufsatz vorbehalten, die Dynamik des Partikelgeschehens während eines feuchten Wischvorgangs zu beschreiben. Dabei ist die Rauigkeit der zu reinigenden Oberfläche von vordringlicher Bedeutung. Aber auch der Kantenabrieb beim Wischen über Oberflächen mit Ecken und kantenartigen Vorsprüngen kann erheblich insbesondere zur Freisetzung von Faserfragmenten und Mesopartikeln beitragen.

Der Flüssigkeits-Rückstand nach mehrfachen Wischbewegungen



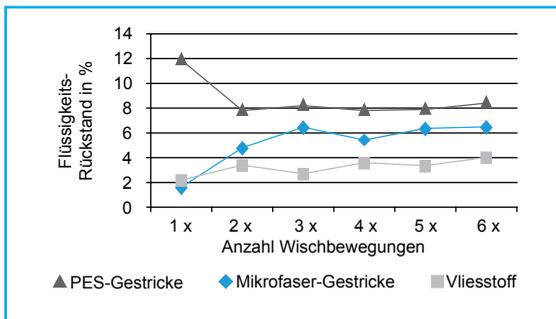
Tafel 8 Partikelabrieb beim Wischen auf unterschiedlich raueren Oberflächen (Untersuchungen von Yuko und Win Labuda aus dem Jahr 1993)

Der in diesem Aufsatz bisher angenommene Fall des einfachen, also unidirektionalen, Wischvorgangs kann aber nur bedingt als Simulation des Idealfalls einer wischenden Reinigung angesehen werden. Die realitätsnähere Simulation ist die beim wischenden Reinigen übliche, mehrfache, also mindestens bidirektionale Wischbewegung. Wegen der großen Anzahl an Möglichkeiten, ein Reinigungstuch über eine zu reinigende Fläche zu bewegen, wurde der einfachste bidirektionale Bewegungsablauf zur Simulation der Mehrfach-Wischbewegungen herangezogen: Die lineare Hin- und Herbewegung zwischen zwei fixierten Endpunkten.

Für die Messungen der Flüssigkeits-Rückstandsmengen bei mehrfachen Wischbewegungen wurden zunächst einige beliebige, interessant erscheinende Reinigungstücher ausgewählt. Zu diesen zählen ein Feingestrick, ein Gemisch-Vliesstoff aus Polyester und Cellulosefasern und ein Grobgestrick. Das folgende Diagramm (Tafel 9) zeigt die Ergebnisse der Versuche mit einfacher (nur hin) bis sechsfacher (3 x hin und zurück) Wischbewegung.

Die Unterschiede der Ergebnisse zwischen einfacher und mehrfacher Wischbewegung sind deutlich und ganz offenbar auf den *Rückbenetzungseffekt* zurückzuführen.

Wie bei der Flüssigkeitsaufnahme hängt bei der Flüssigkeitsabgabe die Menge der übertragenen Flüssigkeit hauptsächlich von der Konstruktion und Beschaffenheit des Reinigungstuchs, von den Bewegungs-Parametern Richtung und Geschwindigkeit, dem Anpressdruck an die Oberfläche und deren mechanischer und chemischer Beschaffenheit ab.

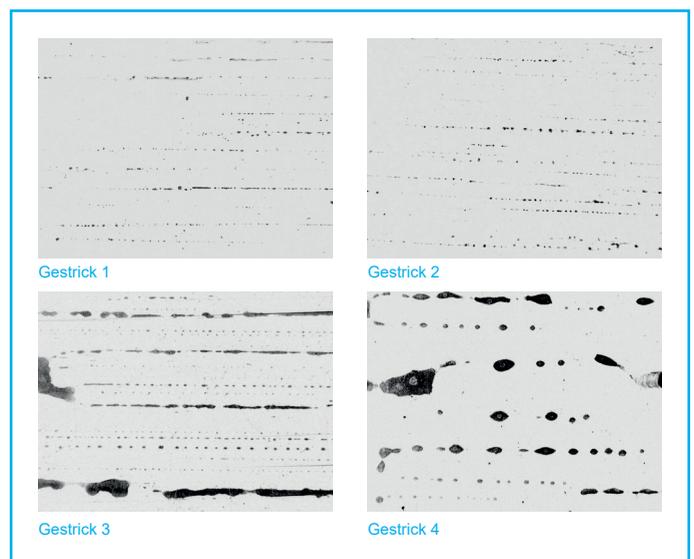


Tafel 9 Flüssigkeitsrückstände nach Wischen mit 25 cm/sec

Da die Messungen im Wischsimulator unter definierten und gleichbleibenden Bewegungs- und Druckverhältnissen durchgeführt wurden, lassen sich die Ergebnisse derselben direkt von der Reinigungstuch-Konstruktion und der chemischen Ausrüstung des Reinigungstuchs ableiten. Dem Diagramm Tafel 9 ist zu entnehmen, dass bei jedem Reinigungstuch nach einer bestimmten Anzahl von Wischbewegungen eine relativ konstante Flüssigkeits-Rückstandsmenge auf der Oberfläche zurückbleibt, welche sich durch unverändertes Weiterwischen, außer im Rahmen von Verdunstungs-Effekten, nicht signifikant verringert. Im Endzustand stellt sich ein Gleichgewicht ein zwischen der durch Rückbenetzung auf die Oberfläche aufgetragenen Flüssigkeit, und der durch die trockenen Abschnitte des Reinigungstuchs zunehmend aufgenommene Flüssigkeitsmenge.

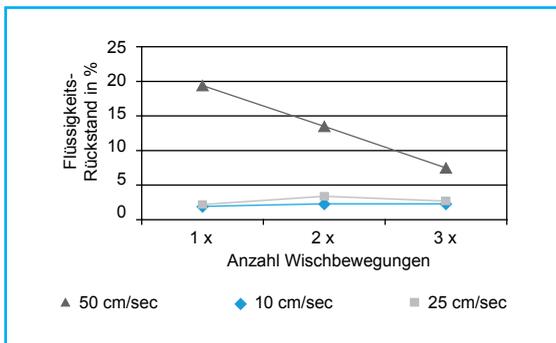
Die Auswirkung des Flüssigkeits-Rückstands auf die Reinigungs-Effektivität und den Zeitaufwand bei Reinigungs-Vorgängen

Die Reinheit einer feucht gereinigten Oberfläche wird wesentlich von der Menge der zurückbleibenden Reinigungsflüssigkeit bestimmt, weil sich in dieser auch eine bestimmte Menge an Verunreinigern befindet. Daraus folgt, dass optimale Reinigungsvorgänge durch geringe Flüssigkeitsrückstände und somit reduzierte Wischzeiten gekennzeichnet sind.



Tafel 10 Unterschiede in Schlierenformation und Volumen zwischen den untersuchten Gestricken (Mikroskop-Aufnahmen, Differential-Interferenz-Kontrast nach Nomarski)

Die in Tafel 10 gezeigten 4 Mikroskop-Aufnahmen (Differential-Interferenz-Kontrast nach Nomarski) einer Prüfoberfläche der Größe 7 x 10 mm zeigen sehr deutlich die Unterschiede in Schlierenformation und Volumen zwischen den untersuchten Gestricen. Während die grobmaschigen Tücher (Gestricke 3 und 4) sehr dicke Schlieren von deutlicher Ausdehnung und Masse hinterlassen, zeigt sich bei den feinmaschigen Präzisions-Reinigungstüchern (Gestricke 1 und 2) nur geringe Schlierenbildung. Entsprechend gering sind auch die auf der Oberfläche verbleibenden Stoff- und Partikel-Inhalte der Schlieren zu bewerten, und entsprechend hoch ist auch die zu erwartende Reinigungs-Effektivität dieser naturgemäß teureren Tücher.



Tafel 11 Vergleich der Restflüssigkeitsmenge in Abhängigkeit von der Wischgeschwindigkeit

Frühere Versuche zur Ermittlung von Reinigungszeiten relativ zur Tuchkonstruktion zeigten einen allgemeinen Trend. Die Wischbewegungen wurden von den beobachteten Personen erst dann eingestellt, wenn kein Flüssigkeits-Rückstand mehr auf der Oberfläche sichtbar war.

Ein Reinigungstuch, welches einen vergleichsweise großen Flüssigkeits-Rückstand auf der gereinigten Oberfläche zurücklässt, verursacht somit eine erhebliche Verlängerung der Reinigungszeit, ohne dass der Oberflächenreinigungsgrad während dieser Zeit zunähme.

Eine Verlängerung der Reinigungszeit birgt außerdem die Gefahr einer Erhöhung des Partikelabriebs, da das Reinigungstuch einer erhöhten Reibungsbelastung ausgesetzt ist. Außerdem werden durch die längere Einwirkung des Lösungsmittels die löslichen Komponenten des Reinigungstuchs im erhöhten Maße freigesetzt und die Schmiertendenz nahm zu.

Der Einfluss der Bewegungs-Parameter auf den Flüssigkeits-Rückstand

Durch die Veränderung der Wischgeschwindigkeit ist es möglich, die Restflüssigkeit auf der Oberfläche noch weiter zu verringern. Die Messungen bei Wischgeschwindigkeiten von 10 cm/sec, 25 cm/sec und 50 cm/sec zeigten zum Teil deutliche Veränderungen der Flüssigkeits-Rückstandsmenge bei der Senkung der Geschwindigkeit von 50 cm/sec auf 25 cm/sec, und eine weitere leichte Verringerung der Messwerte bei einer Geschwindigkeit von 10 cm/sec (Tafel 11).

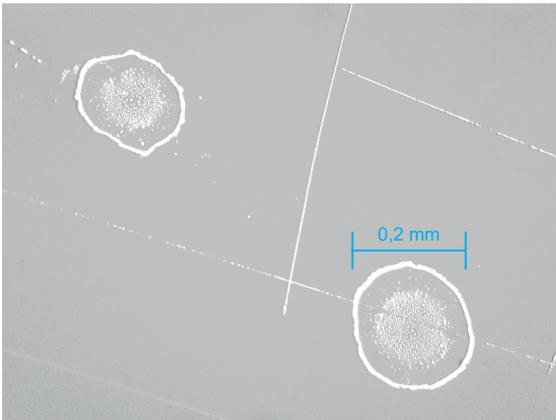
Die Inhaltsstoffe des Flüssigkeits-Rückstands

Die Inhaltsstoffe des Flüssigkeits-Rückstands bestehen physikalisch gesehen aus:

- Partikeln
- Faserfragmenten
- organischem Schmier

oder anders betrachtet aus:

1. den Stoffen die ursprünglich auf der zu reinigenden Oberfläche vorlagen, vermischt mit solchen, die durch das Lösungsmittel aus dem Reinigungstuch extrahiert wurden
2. und aus den Inhaltsstoffen des Lösungsmittels.



Tafel 12 Rückstände nach einer Feuchtreinigung, Vergrößerung ca. 80x (Differential-Interferenzkontrast nach Nomarski)

Extraktionen aus Präzisions-Reinigungstüchern nach dem Soxhlett-Verfahren ergaben Mengen von Aceton-löslichen Rückständen in der Größenordnung bis zu 0,5 Gewichtsprozent. Das entspricht etwa 35 mg Extrakt pro Reinigungstuch. Diese Menge ist ausreichend um nach dem Wischvorgang, deutliche Spuren (Schlieren) auf der Oberfläche zu hinterlassen. Wischversuche mit vorgefeuchteten Reinigungstüchern (Polyestergestricke getränkt mit einem Isopropylalkohol-DI-Wasser-Gemisch), ergaben solche Rückstandsspuren auf einer beschichteten Glasplatte. Die Rückstände darauf konnten im Interferenzkontrast-Verfahren nach Nomarski abgebildet werden (Tafel 12).

Ellipsometrische Dickenmessungen der Schmierschichten an relativ reinen Edelstahl-Oberflächen, welche mit einem im Lieferzustand bereits vorgefeuchteten Reinigungstuch gereinigt wurden, ergaben einen Dickenzuwachs der auf der Oberfläche vorhandenen Schmierschicht um einige Nanometer (zehn Nanometer dicker Schmier ist auf einer Glasfläche deutlich mit bloßem Auge als Schliere sichtbar) im Vergleich mit kurz vor Gebrauch befeuchteten Tüchern. Dies kann ein Hinweis darauf sein, dass vorgefeuchtete Reinigungstücher beim Gebrauch eher zu Schlierenbildung neigen als kurz vor Gebrauch befeuchtete. Aus dieser Tatsache lässt sich sehr gut die Möglichkeit herleiten, die Schlierendicke beim feuchten Wischvorgang ohne Verunreinigungsmasse mit verschiedenen Reinigungstüchern abzubilden und so zu Erkenntnissen über deren Gebrauchsgüte für eine Präzisionsreinigung zu kommen.

Zusammenfassend weisen die Aussagen der bisher in diesem Bereich durchgeführten Untersuchungen den Weg zu weiteren, noch differenzierteren Untersuchungen der beim wischenden Reinigen auftretenden Effekte. Das tiefere Verständnis für die Vielzahl der physikalischen Vorgänge, welche beim wischenden Reinigen mit einem textilen Tuch über eine Oberfläche auftreten, wird die Grundlage für die Entwicklung neuer, hochwertiger und auf ihren Einsatzzweck hin entwickelter Reinigungsmedien aus textilen Flächengebilden sein. Insbesondere das Studium der Auswirkungen der chemischen Ausrüstung der Reinigungstücher auf den Reinigungsvorgang erfordert weitere Forschungsarbeiten mit Hilfe moderner spektralanalytischer und tensiometrischer Methoden.

Fazit

1. Bei jedem Reinigungsvorgang mit feuchten Reinigungstüchern verbleibt ein Flüssigkeits-Rückstand auf der gereinigten Oberfläche.
2. Die Menge des Flüssigkeits-Rückstands bestimmt wesentlich die erzielte Oberflächenreinheit nach dem Reinigungsvorgang, als auch dessen Dauer. Unsachgemäß ausgewählte Reinigungstücher können daher erhebliche Mehrkosten im Produktionsbereich verursachen.
3. Die Menge des Flüssigkeits-Rückstands ist abhängig von der Gebrauchsgüte des Reinigungstuchs, der Art der Rei-

nigungsflüssigkeit, der Beschaffenheit der zu reinigenden Oberflächen und den Parametern der Wischbewegung.

4. Eine effiziente Geschwindigkeit für das wischende Reinigen liegt bei ca. 30 cm/sec.
5. Die Menge der in dem Flüssigkeits-Rückstand befindlichen Partikel wird bestimmt von dem Partikel-Freisetzungsverhalten des Reinigungstuches auf einer Oberfläche irgendeiner Rauigkeit und in der Umgebung eines bestimmten Lösungsmittels.
6. Der Gehalt an Verunreinigungen, welche aus einem Reinigungstuch freigesetzt werden, wird durch die Einwirkungs-dauer des Lösungsmittels auf das Reinigungstuch beeinflusst (noch zu quantifizieren).
7. Der Flüssigkeits-Rückstand auf der Oberfläche variiert je nach Gebrauchsgüte des Reinigungstuchs zwischen 1 % beim besten und 12 % beim schlechtesten der geprüften Reinigungstücher, abhängig von Fabrikat und Typ.
8. Cellulosehaltige Reinigungstücher hinterlassen nach dem Wischvorgang oft ebenfalls geringere Flüssigkeitsrückstände als Gestricke, aber in den geringeren Rückständen befinden sich erheblich mehr Partikel und Faserfragmente als bei Gestricken, insbesondere nach dem Wischen über rauere Oberflächen.
9. Der Flüssigkeits-Rückstand variiert mit der Anzahl der Wischbewegungen.

Anmerkung:

Dieser Aufsatz ist das bearbeitete Manuskript des Vortrags zur gleichen Problematik, welcher von Herrn Sven Siegmann am 25.09.2002 während des 2. LRTS Lübecker Reinraum-technischen Symposiums gehalten wurde. In der Folge ist der Aufsatz bereits in der Zeitschrift GIT ReinRaumTechnik Nr. 3/ Oktober 2003 erschienen.

Literatur

- [1] Oathout, J.M. - „Determining the dynamic Efficiency with which wiping Materials remove liquids from surfaces“, Journal of the Institute of Environmental Sciences and Technology May/June 1999
- [2] Oathout, J.M. - „Dynamic wiping efficiency and Particle-removal-ability-tests set out to the illusive „in use“ conditions need.“ Cleanrooms-magazin
- [3] Labuda, Win & Yuko - „Reinraum-Tücher, deren Partikel- und Faserfreisetzung beim Gebrauch in Abhängigkeit von der Rautiefe der gereinigten Oberfläche“ Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Report 1095, 1993, Stuttgart
- [4] Siegmann, Sven & Dr. Textor, Torsten - „Prüfmethode CC-W-RF-99, Bestimmung des Flüssigkeits-Rückstands nach Siegmann, Textor“, Clear & Clean Publikation, 1999, Lübeck
- [5] Labuda, Win - „Hi-Tech-Reinigungstücher, Präzisionwerkzeuge einer modernen Fertigungskultur im Jahr 2000“ GIT-Wiley-Verlag Darmstadt , ReinRaumTechnik 1/2000
- [6] Labuda, Win - „Die Kosten des wischenden Reinigens im Reinraumbetrieb“ , GIT-Wiley-Verlag Darmstadt, ReinRaumTechnik 2/2001
- [7] Dr. Textor, Torsten, Dr. Bahners, Thomas, Prof. Dr. Schollmeyer, Eckhard - „ Evaluating Wiping Materials used in Cleanrooms and other Controlled Environments“, 41st International WfK Detergency Conference, Düsseldorf, 2003