

Schützt die Druckveredelung mein Druckbild ausreichend?

OFFSETDRUCK-VEREDELUNG. Die Frage, ob jeweils die gewählte Druckveredelung ausreichenden Schutz für den Druck bietet, stellt sich vor allem dann, wenn der Kunde bereits bei der Auslieferung oder bei der Nutzung der Druckerzeugnisse eine mangelhafte Scheuerfestigkeit oder ein Verkratzen der Lackierungen oder Kaschierungen reklamiert. Mit einem neuen Messverfahren soll die »tatsächliche« Oberflächenhärte von Folien und Lacken beurteilt werden können.

Marktbeobachtungen zeigen, dass die Problematik der mangelhaften Scheuer- und Kratzbeständigkeit veredelter Produkte seit geraumer Zeit in den Betrieben und beim Endkunden festgestellt und natürlich auch beanstandet wird.

In erster Linie wird der Kunde von einer zu geringen Oberflächenhärte der angebotenen Folien und Lacke als Reklamationsursache ausgehen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass neben der Oberflächenhärte der aufgetragenen Schutzbeschichtungen auch die Anlagerungen von Staubpartikeln aus der Raumluft nicht unerheblich zu dem unerwünschten Effekt »Kratzen und Scheuern« beitragen können. In grafischen Betrieben sind harte und scharfkörnige Druckpulver auf der Basis von Kalkstein (Kalziumcarbonat) gebräuchlich. Diese haften an den Druckbögen und können im Papierstapel punktuell einen hohen Druck ausüben. Ebenso ist eine eventuelle statische Aufladung der veredelten Druckpapiere nicht außer Acht zu lassen, welche zur Bindung des Staubes aus der Umluft an den Drucken beiträgt. Weiterhin sollte bei der Folienkaschierung beachtet werden, dass bereits während der Folienherstellung, dem Rollenschnitt oder während der Abrollung in der Kaschiermaschine eine Staubanlagerung an den Folienoberflächen möglich ist. In Abhängigkeit von der Partikelgröße und der Konzentration der Staubmengen können diese latent zu einem Kratzen oder Scheuern zwischen abgestapelten Druckbogen nach der Kaschierung führen. Auch durch statische Aufladungen während der Auf- und Abrollung der Folienbahnen wird die Tendenz zu dauerhaften Anlagerungen von Fremdpartikeln gefördert, wenn die Folien selbst nicht antistatisch ausgestattet sind und dadurch als potenzielle »Staubfänger« fungieren.

Im Reklamationsfall ist deshalb sorgfältig zu prüfen, welche Art und Form der Scheuerstellen vorliegt und wovon die Beschädigungen ausgehen.

PRÜFUNG DER OBERFLÄCHE. Die Beurteilung der Kratzbeständigkeit der Oberfläche eines Körpers lässt sich in der Regel mit den gebräuchlichen Verfahren nach

LIMITIERUNGEN. Auch andere gebräuchliche Methoden der Abriebbeständigkeit der Oberflächen nach Oser oder dem in der grafischen Industrie üblichen Quartant-Scheuertester sind natürliche Grenzen gesetzt. Dünne Folien lassen sich in Anbetracht der nachfolgenden Scheuerbeanspruchungen in den Prüfgeräten kaum faltenfrei und unverrückbar fixieren, so dass Fehlbeurteilungen programmiert sind. Durch die Rückseitenbeschichtung von Thermokaschierfolien mit dem Haftvermittler sind zusätzlich partielle Dickenunterschiede der Folien verbunden, die bei plan aufliegenden Gegenflächen für Scheuertests immer eine punktuell unterschiedliche Belastung ausüben. Ebenso ist es nicht möglich, Lacke oder Kaschierungen auf Papier oder Karton hinsichtlich der Kratzbeständigkeit oder dem Abriebverhalten neutral zu beurteilen. Da bei Papieren und ebenso bei Kartons Dickenschwankungen von mehreren µm – die so genannten

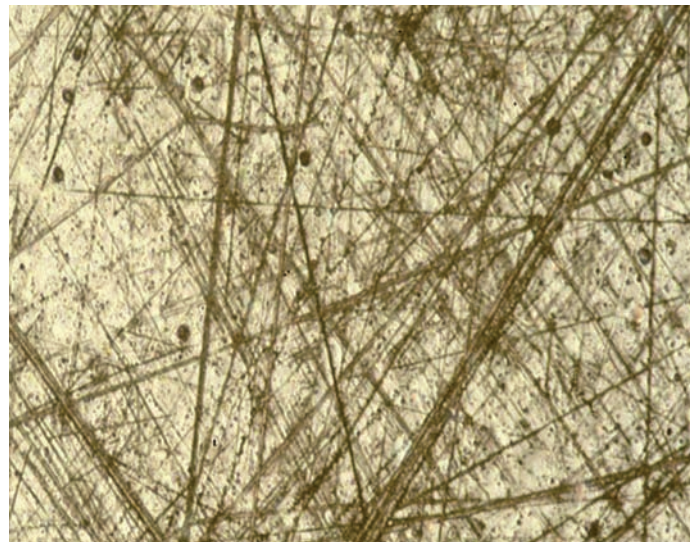


Abbildung 1: Mikroskopische Untersuchung von Scheuerspuren auf einem UV-Lack unter Dunkel-feldbeleuchtung.

Shore, Vickers, Rockwell, Brinell oder anderen Kugel- und Messspitzen-Eindrückverfahren vornehmen.

Bei der Messung der Härte von dünnen Schichten (Lacken oder Folien auf Papier und Karton) besteht jedoch das Problem, dass die Penetration des Prüfkörpers im hohen Maße von dem Untergrund beeinflusst wird, auf welchem die Schicht aufliegt. Somit lässt sich keine eindeutige Aussage über die »wahre« Oberflächenhärte des eigentlichen Prüfkörpers (Folien- oder Lackoberfläche) treffen.

Formationen – als materialspezifisch vorausgesetzt werden müssen, liegen bei Faserstoffen keine planparallelen Flächen vor.

Kratztestgeräte wie der Multi-Finger-Scratch/Mar-Tester nach Taber sind eigentlich für dickere Prüfkörper aus Kunststoffen konzipiert. Auf die Prüfspitzen für den Kratztest (Durchmesser 1,0 mm) werden variable Kräfte von 2 N bis 20 N ausgeübt, wodurch eine relativ hohe Flächenbelastung (Druck) auf die zu testenden Proben wirkt. Bei der Messung der Oberflächenhärte dünner Schichten tritt wieder die Problematik

**Neu: Epson Standard
Proofing Papier**



Epson Stylus Pro 7880



Epson Stylus Pro 9880



Epson Stylus Pro 11880



Epson Stylus Pro 3800



Epson Stylus Pro 4880

Mit den Druckern Epson Stylus Pro 3800 bis 11880 werden Ihre Proofanforderungen professionell erfüllt.

Das neue Epson Standard Proofing Papier ist FOGRA Substrat zertifiziert für Offset PT 1, PT 2, PT 3; Flexo; Gravure S 1, S 2, S 3, S 4.

Das Epson Standard Proofing Papier ist verfügbar in den Formaten DIN A3+, DIN A2 und den Rollenbreiten 17" (43,18 cm), 24" (61 cm) und 44" (111,8 cm).

auf, dass der Untergrund, auf welchem die Folien oder Lacke aufgebracht sind, sowie Dickenschwankungen und die Verformung der Folie während des Tests das Ergebnis beeinflussen.

Auch die Auswertung der erzeugten Kratzspuren ist relativ schwierig. Nach dem Kratztest an den Folienoberflächen bildet sich die Verformung aufgrund der viskoelastischen Eigenschaften der Folie teilweise wieder zurück (Relaxation). Für die Festlegung eines Kennwerts für die Kratzfestigkeit ist dieser Effekt ein erhebliches Problem.

Zusammenfassend lässt sich aussagen, dass keines der aufgeführten Messverfahren die tatsächlichen Oberflächeneigenschaften (Kratzbeständigkeit) von Folien und Lackierungen beschreiben kann.

RASTERKRAFTMIKROSKOP. Für die Untersuchungen der Oberflächenhärte dünner Schichten wurde deshalb zunächst eine Recherche hinsichtlich der Eignung von anderen Prüf- und Messverfahren durchgeführt. Aus der Literatur lässt sich ersehen, dass die Methode der Rasterkraftmikroskopie (Atomic Force Microscope = AFM) geeignet ist, Oberflächenbeurteilungen von dünnen Schichten vorzunehmen. Durch Modifizierungen der Messtechnik kann eine Beurteilung der Oberflächenhärte durch submikroskopisch kleine Oberflächenbeschädigungen (Kratzspuren) erfolgen, indem die Tiefe der dadurch erzeugten Rillen ausgemessen wird.

DESSEN PRINZIP. Das Kernstück eines Rasterkraftmikroskops bildet ein Biegebalken (Cantilever), an dessen Spitze sich eine sehr feine Nadel befindet. Der Biegebalken besitzt eine Länge im Bereich $20 \mu\text{m} < L < 500 \mu\text{m}$, eine Breite um $5 \mu\text{m} < B < 40 \mu\text{m}$ und eine Dicke zwischen $0,2 \mu\text{m} < d < 5 \mu\text{m}$ (siehe Abbildung 2). Das Material des Hebelarms besteht aus Siliziumdioxid (SiO_2) oder Siliziumnitrid (Si_3N_4). Die Federkonstante liegt im Bereich $0,03 \text{ N/m} < D < 1,6 \text{ N/m}$. Die Spitze besteht aus Siliziumdioxid (SiO_2) oder Siliziumnitrid (Si_3N_4), der Spitzenradius liegt zwischen $5 \text{ nm} < R < 50 \text{ nm}$. Abhängig von der Geometrie und der Federkonstante des Biegebalkens liegt dessen Resonanzfrequenz im Frequenzbereich zwischen $80 \text{ kHz} < f_R < 300 \text{ kHz}$.

Ein AFM (Abbildung 3) erfasst die Oberflächenstruktur einer Probe, indem es diese mit der Spitze abtastet. Die Auslenkung des Biegebalkens ist proportional zur jener Kraft, welche zwischen der AFM-Spitze und der Probe wirkt. Diese wird mit Hilfe eines Laserstrahls gemessen, welcher von der Oberfläche des Biegebalkens auf einen positionsempfindlichen Fotodetektor reflektiert wird. Die AFM-Spitze wird mit Hilfe eines piezoelektrischen x/y-Scanners mäanderförmig über die Probenoberfläche bewegt. Ein

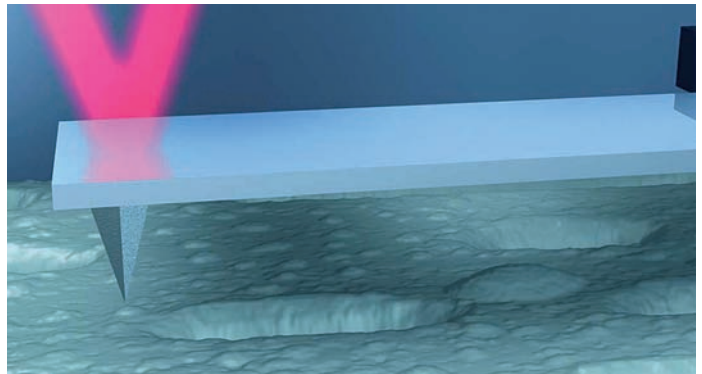
weiterer Piezoaktor bewegt die Spitze samt Federbalken in z-Richtung, also senkrecht zur Probenoberfläche. Der z-Piezoaktor kann über das Signal des Fotodetektors in der Weise gesteuert werden, dass für jeden Messpunkt eine identische Durchbiegung des Federbalkens erreicht wird. Das Steuerungssignal für den z-Piezoaktor liefert somit die Information über die Oberflächen-Topografie der Probe (Contact Mode).

Ein anderes Verfahren bietet eine schonendere Möglichkeit, die Oberflächen-Topografie einer Probe abzutasten: Der Biegebalken

reicht, muss eine Cantilever-Feder mit vorgegebener Federkonstante verwendet werden. Die Geometrie der Spitze muss ebenfalls festgelegt werden. Die Spitze wird im »Contact Mode« bei exakt vorgegebener Kraft in z-Richtung über die Oberfläche des Prüfkörpers bewegt. Mit Hilfe des x/y-Scanners kann eine bestimmte Riefen-Geometrie erzeugt werden.

Bei den Versuchen wurde eine x-förmige Riefenstruktur gewählt, um eine mögliche Richtungsabhängigkeit der Materialeigenschaften der Folie oder der Lackschicht zu berücksich-

Abbildung 2: Abtastung der Probenoberfläche mittels Cantilever mit Messspitze und Laserstrahl zur Messung der Bewegungen des Federarms.



ken wird dabei nahe der Resonanzfrequenz angeregt. Nähert sich die Spitze einer Oberfläche, führen die Adhäsionskräfte zu einer Verschiebung der Resonanzfrequenz, was zu einer Veränderung der Schwingungsamplitude führt. An jedem Messpunkt wird die Spitze durch den z-Piezoaktor so weit der Oberfläche genähert, bis ein Grenzwert der Amplitudenänderung der Auslenkung des Biegebalkens erreicht wird. Dieses Verfahren bezeichnet man als »Tapping-Mode«.

KRATZTEST MIT DEM AFM. Es besteht somit die Möglichkeit, mit Hilfe des Rasterkraftmikroskops eine definierte Belastung der Oberfläche einer Folie oder einer Lackschicht aufzubringen. Um dieses Ziel zu er-

tigen. Mit Hilfe eines Grafikprogramms (zum Beispiel Illustrator) lassen sich beliebige Geometrien der Kratzspur erzeugen.

Die bei den Versuchen erzeugte Kratzspur erstreckte sich über eine Fläche von $4 \mu\text{m}^2$. Die dabei erzeugte Rillentiefe lag im nm-Bereich (siehe Abbildungen 4 und 5). Im Vergleich zu der Schichtdicke ($1 \mu\text{m} < d < 20 \mu\text{m}$) der Lacke oder Folien ist die durch den Test verursachte Belastung minimal. Geht man in einer Kratzspur von einer gesamten Verformungstiefe von 40 nm aus, so beträgt diese bei einer Schichtdicke von $4 \mu\text{m}$ nur 1% . Der Einfluss des Untergrunds, auf welchem die Probe aufgebracht ist, kann daher vernachlässigt werden.

Nachdem die Kratzspur gesetzt wurde, wird die Oberfläche im »Tapping Mode« abgetastet. Durch dieses Verfahren wird gewährleistet, dass die Oberfläche durch die Messung der Oberflächen-Topografie nicht mehr weiter belastet wird. Bei einer erneuten Abtastung zu einem späteren Zeitpunkt kann eine eventuell auftretende Relaxation der Prüfschicht gemessen werden.

AUSWERTUNG DER KRATZTESTS. Die Auswertung der Kratzspuren erfolgt über ein Bildbearbeitungs-Programm, in dem die Oberflächen-Topografie der Probe dargestellt werden kann. Die Profile der Kratzspuren lassen sich entlang frei wählbarer Strecken darstellen und auswerten.

Beispiele von Messungen an einer UV-Lackierung und einer Dispersions-Lackierung sind in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt: An den Messprotokollen ist zu erkennen,



Abbildung 3: Schematische Darstellung des Messprinzips eines Rasterkraftmikroskops.

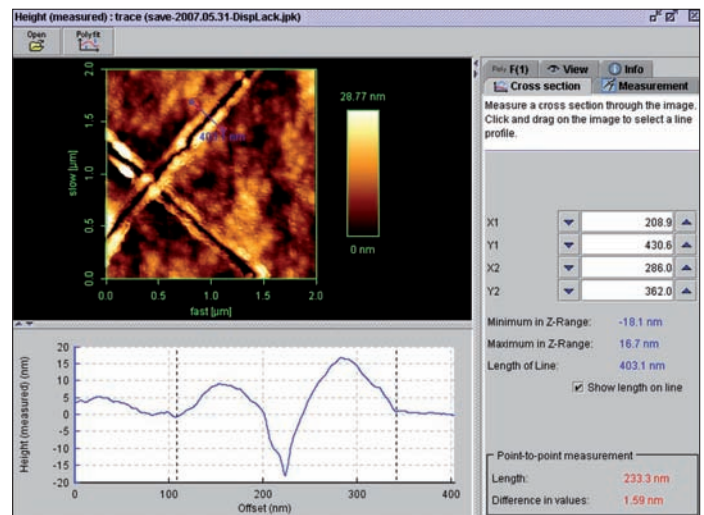
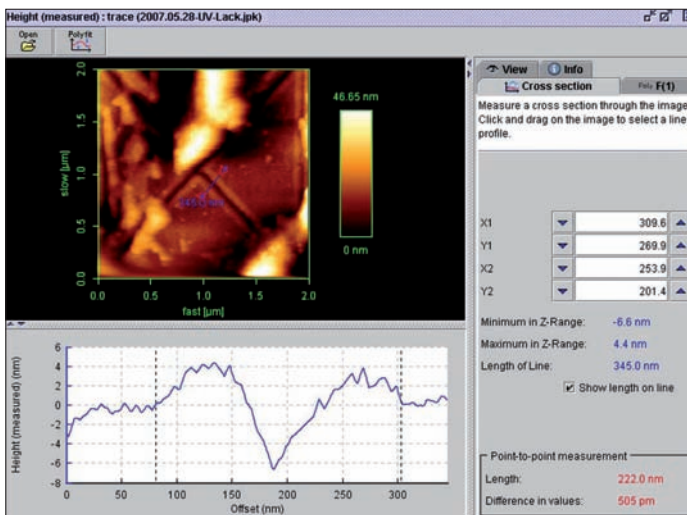


Abbildung 4: Messprotokoll der Oberfläche einer UV-Lackierung mit durchschnittlichen Kratztiefen von 7 nm. **Abbildung 5:** Messprotokoll der Oberfläche einer Dispersions-Lackierung mit durchschnittlichen Kratztiefen von 17 nm.

dass unter gleichen Versuchsbedingungen bei dem UV-Lack Kratztiefen von durchschnittlich 7 nm erzeugt werden, während bei der Dispersionslackierung die Penetrationstiefe des Cantilever bei 17 nm liegen. Anhand der Penetrationstiefen und des Materialauswurfes zu beiden Seiten der Kratzspur lassen sich Härteunterschiede der beiden Lackoberflächen differenzieren.

Die bisher ausgeführte Auswertung der Rillen bezog sich nur auf willkürlich gewählte Mess-Strecken. Dabei kann die »Auswurfhöhe« und die »Rillentiefe« in Bezug auf eine »Oberflächen-Nulllinie« abgeschätzt werden. Abgesehen davon, dass diese »Kenngrößen« mit einer relativ hohen Unsicherheit belastet sind, nutzt man nur einen äußerst geringen Teil jener Information, die durch den Kratztest erzeugt wird.

Ein weiteres Problem besteht darin, die Kratzfestigkeit von rauen Oberflächen zu definieren: Wie in der Abbildung 5 gezeigt, liegt der Höhenbereich der Rillen bei etwa 40 nm. Besitzt die Oberfläche ein vergleichbares Hö-

henprofil, kann die durch den Test erzeugte Rillenspur kaum erkannt und daher auch nicht ausgewertet werden. Aus diesem Grund ist für ein Prüf-Verfahren zur Bestimmung der Kratzfestigkeit von dünnen Schichten eine andere Methode vorzuziehen:

VORSCHLAG FÜR PRÜFVERFAHREN.

Vor dem Einbringen von Kratzspuren in eine Prüfoberfläche wird deren Oberflächen-Topografie im »Tapping-Mode« ermittelt. Die Struktur der Oberfläche wird dadurch kaum beeinflusst. Die Kratzspur wird dann bei vorgegebener Geometrie im »Contact-Mode« bei definierter Kraft und Spitzengeometrie gesetzt.

Im Anschluss daran wird die Oberfläche erneut im »Tapping-Mode« abgetastet. Mit Hilfe der Bildverarbeitung wird dann ein Differenzprofil erstellt, in dem die ursprüngliche Oberflächenstruktur nicht mehr enthalten ist, sondern nur noch deren Änderung, welche durch den Kratztest verursacht wurde.

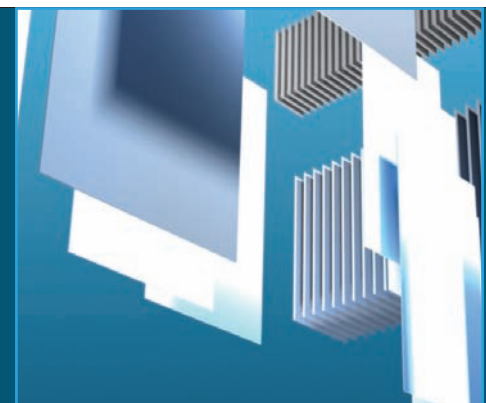
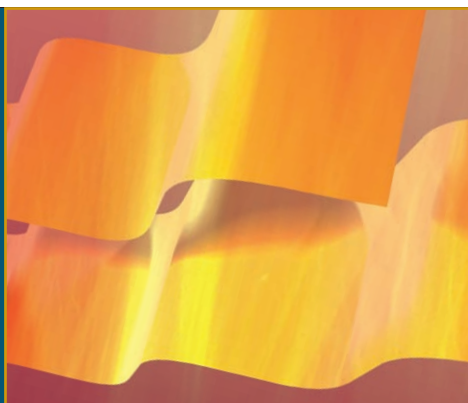
Die durch den Kratztest unbeeinflusste Oberfläche liegt nun auf der Höhe = 0 nm. Bildet man von dem Differenzprofil das Betragsquadrat, erhält man ein Maß für die Abweichung des Profils vom Nullpunkt mit der Einheit [nm²]. Diese Kenngröße wird in der Signalverarbeitung als »Signalenergie« bezeichnet. Die Wurzel aus dieser Größe könnte man als »effektive Kratztiefe« mit der Einheit [nm] bezeichnen. Der Vorteil dieser Verfahrensweise ist darin begründet, dass diese Kenngröße den gesamten Informationsgehalt der im Test erzeugten Kratzspuren unabhängig von den Eigenheiten der Oberflächenstruktur enthält.

Peter Stadler,
Prof. Dr. Norbert Stockhausen

Zu den Autoren:

Peter Stadler (früherer Fogra-Mitarbeiter) ist in der Firma Infostar, München, tätig.

Dr. Norbert Stockhausen ist Professor an der Hochschule für angewandte Wissenschaften (FH) München, Fachbereich Mechatronik/Feinwerktechnik, Physikalische Technik.



DRYING FINISHING CUTTING

DRUPA, HALLE 17, STAND A66

VITS