

Simulationsgestützte Reduzierung des Strichbruchs von Bogenoffset Papieren

Simulation-based reduction of coat rupture on sheet offset papers

Von T. Stocker, T. Kunzsch, R. Gericke
By T. Stocker, T. Kunzsch, R. Gericke

1. EINLEITUNG. Bei hochwertigen Bogenoffset Papieren kommt es durch das Falzen immer wieder zu Reklamationen, da entweder der Strich oder das Basispapier diese mechanische Einwirkung nicht zerstörungsfrei übersteht. Das Fehlerbild des reinen Falzbrechens (Abb. 1 links) ist stark festigkeitsbeeinträchtigend. Dies ist beim Strichbrechen nicht der Fall, wobei jedoch das unter dem Strich liegende Basis-Papier freigelegt wird (siehe Abbildung rechts). Strichbruch wirkt sich besonders störend aus, wenn über dem Falz durchgehend bedruckte Flächen verlaufen. Die visuelle Gleichmäßigkeit der Oberfläche wird gestört, was sich in einer Beeinträchtigung des optischen Gesamteindrucks der Drucksache äußert. Dies gilt für die Falzaußenseite aber auch für die Falzinnenseite. Abplatzer auf der Falzinnenseite können auf die Oberfläche des Produktes gelangen und somit auch an den nicht falznahen Stellen das Druckbild stören. Diese Problematik kommt vor allem beim Mehrfachfalzen und anschließendem Abschneiden des Falzes zum Tragen. Im nachfolgenden wird eine Möglichkeit vorgestellt, den Strichbruch durch eine gezielte Variation des Mehrschichtaufbaus bei Bogenoffsetpapieren zu minimieren.

2. SIMULATIONSGESTÜTZTE OPTIMIERUNG DES MEHRSCHICHTAUFBAUS VON BOGEN-OFFSETPAPIEREN. Hierzu wurde eine simulationsgestützte Optimierung des Strichaufbaus in Angriff genommen. Das Modell sollte dabei Voraussagen über zu bevorzugende Strichsysteme treffen, die anschließend in Labor- bzw. Technikumsversuchen auf ihre Strichbrucheigenschaften hin untersucht wurden. Eine für die Optimierung des Strichbruchverhaltens zweckmäßige Modellierung ist mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) möglich, mit welcher ein mechanisches Modell des Papier-Strich-Verbundes erstellt und Anforderungen an Materialeigenschaften und Schichtdicken der Einzelstrichschichten für ein minimiertes Strichbrechen abgeleitet werden können. FEM-Modelle von Papier bzw. Papierverbunden kamen bereits bei verschiedenen Problemstellungen der Strukturmechanik zum Einsatz. Bei diesen Anwendungen handelte es sich z.B. um Modelle für Dimensionsstabilität und Planlageverhalten [1, 2, 3, 4], Festigkeitsverhalten und Delaminierung [5, 6] und Trocknungsverhalten von Strichschichten [7] sowie auch für das hier betrachtete Strichbruchverhalten [8, 9, 10]. Gestrichene Bogenoffsetpapiere weisen einen mehrschichtigen Aufbau aus Rohpapier und bis

1. INTRODUCTION. In the converting of high-quality sheet offset papers, folding frequently gives rise to complaints because either the coat layer or the base paper cannot withstand the mechanical stresses applied. Fold cracking (Fig. 1 left) leads to severe strength losses, whereas a coat rupture exposes the base paper underneath the coating (Fig. 1 right). Coat ruptures are particularly disturbing if the fold runs through a continuously printed area. The defect impairs the visual homogeneity of the surface, and thus the overall optical appearance of the print product. This affects both the inside and the outside of the fold. If the rupture occurs on the inside, broken-out coat particles can reach the product surface and disturb the print image also in areas further away from the fold. This problem occurs especially if the product is folded more than once and then cut at the fold. The following article describes how coat ruptures can be minimized on sheet offset papers through systematic variation of multi-layered structures.

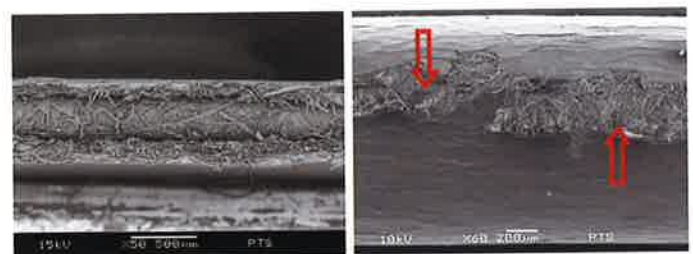


Abb.1: Brechen im Falz: links Bruch im Fasermaterial, rechts Strichbruch

Fig.1: Fold cracking: left – crack in the fibre material, right – rupture in the coating

2. SIMULATION-BASED OPTIMIZATION OF MULTILAYER COAT STRUCTURES FOR SHEET OFFSET PAPERS. The following approach was adopted to optimize the coat structure of sheet-offset papers: A simulation model was developed to predict suitable coat structures. These structures were then tested on coat rupture behaviour in the laboratory and on pilot scale. The finite element method (FEM) is a modelling technique suitable for optimizing the rupture behaviour of coatings: It provides a mechanical model of the paper-coating composite that can be used to derive the material characteristics and thickness of individual coat layers leading to minimal coat rupture. FEM models of paper or paper composites have been used for various tasks in the field of structural mechanics, for example to model the dimensional stability and

zu drei unterschiedlichen Beschichtungen auf. Für die spezielle Fragestellung zur Reduzierung des Strichbruchs ist das FEM Modell wie folgt aufgebaut worden (Abb. 2):

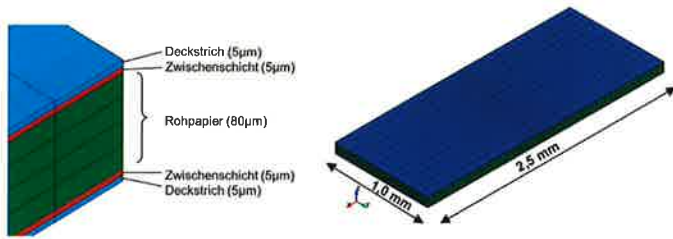


Abb.2: Modellierung der Komplettpapiere – Lagenaufbau (links) und Blattgeometrie (rechts)

Wird ein flächiges Material einer bestimmten Dicke gefalzt, erfährt es auf der Falzaußenseite eine Dehnung (Zug) und auf der Falzinnenseite eine Stauchung (Druck). Durch die beim Falzvorgang auftretenden Kräfte wird oft ein Brechen der Beschichtung (des Strichs) verursacht, wobei der Ausgangspunkt eines Bruches immer die äußerste Schicht des Papiers im Falz ist. Hierbei entscheidet dessen Dehnfähigkeit, ob eine Gefügeschwächung, also Brechen im Papier – oder lediglich das Brechen im Strich eintritt. Ein entscheidender Parameter hierfür ist die Fähigkeit des Materials, die Druckspannungen innen im Falz abbauen zu können.

flatness [1, 2, 3, 4], strength characteristics and delamination behaviour [5, 6], drying properties of coat layers [7], and also the coat rupture properties investigated in this project [8, 9, 10]. Coated sheet offset papers are multilayer structures comprised of a base paper and up to three different coatings. For the specific task of coat rupture reduction, the FEM model has been specified in the following way (Fig. 2):

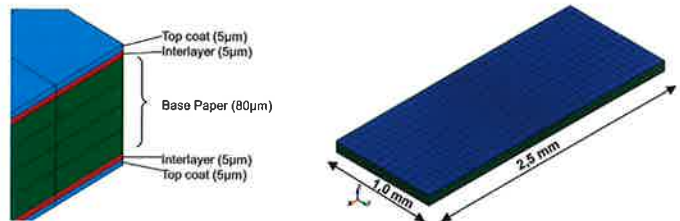


Fig.2: Modelling of complete papers – layer structure (left) and sheet geometry (right)

When folding a two-dimensional material of a certain thickness such as coated paper, it is stretched under tensile load on the outside of the fold and compressed by compression load on the inside. The forces applied during folding frequently cause the coat layer (coating) to rupture at the fold, the starting point being always the outermost layer of the paper. The elasticity of the paper determines whether the rupture affects the paper itself –

Anzeige



SINCE 40 YEARS WE ARE LOOKING AT YOUR NEEDS



Since 1973 we are evolving and improving coating, laminating, lacquering and embossing solutions for synthetic leather and textile finishing. After 40 years **looking at** customer's needs, Matex is today an important player in the international market. Matex means professional service, reliability ... a trustful partner.

► We are looking for new agents.



MATEX s.r.l - Via E. Mattei 1/3
36040 Brendola (VI) - Italy
T. +39 0444 400366
www.matex.it - info@matex.it

Der Falzprozess wurde simuliert, indem das Papier zwischen zwei sich aufeinander zubewegenden Platten mechanisch beansprucht wurde (Abb. 3). Abhängig vom Spaltabstand treten dann in den Einzel-Lagen unterschiedliche Spannungs- und Deformationszustände auf. Das Modell wurde dann zur Durchführung von Modellrechnungen eingesetzt, bei denen einzelne Parameter systematisch variiert wurden (Schichtaufbau, Schichtdicke der Einzelschichten, eingesetzte Materialien mit entsprechenden Materialkennwerten, Verhalten mit bzw. ohne Polymerschicht). Anhand der Rechenergebnisse wurde für jeden Fall das Strichbruchrisiko im Vergleich zu einem Referenzzustand (Papier ohne Zwischenschicht) berechnet. Auf diese Weise wurden Einflussfaktoren auf das Falz- bzw. Strichbruchverhalten herausgearbeitet und Empfehlungen für Aufbauten mit möglichst günstigem Strichbruchverhalten abgeleitet.

3. POLYMER-ZWISCHENSCHICHT ZUR STRICHBRUCH-VERMEIDUNG.

Ein für den Offsetdruck verwendetes, gestrichenes Papier sollte eine gewisse Steifigkeit des Strichsystems aufweisen, da sonst die Weiterverarbeitung leidet bzw. die gewünschte Haptik des Endprodukts nicht erreicht wird. Es ist kaum vorstellbar, dass unter dieser Randbedingung ein Strichsystem existiert, das während des Brechens gänzlich heil bleibt. Jedoch ist es für das Erscheinungsbild im Falzbereich von großem Vorteil, wenn dieser Bruch erst bei höherer Dehnung stattfindet und/oder gleichmäßiger in kleinen Fissuren aufbricht anstatt großflächig abzulätzen. Diese Bedingung sollte das Einbringen einer polymeren Zwischenschicht in das Strichsystem erfüllen. Ein Vorteil solcher einer zusätzlichen polymeren Zwischenschicht ist, dass sie mit entsprechender Applikationstechnik dünn aufgetragen werden kann und durch geeignete Wahl des Polymer-Materials (oder auch Mischungen) die gewünschten mechanischen Parameter erreicht werden können. Diese sind insbesondere eine hohe Streckgrenze und auch Reißdehnung. Die Funktionsweise dieser Zwischenschicht kann mit Sicherheitsfolien bei Gläsern verglichen werden. Durch eine Folienbeschichtung wird das Brechen von Glas zwar nicht verhindert, wohl aber macht es die Beschichtung mit Sicherheitslaminaten möglich. Ausgehend von den prinzipiellen Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich des Materialverhaltens unter Druck- bzw. Zugbeanspruchung konnte die Auswahl geeigneter Materialien für die polymere Zwischenschicht erfolgen. Wie in Abb. 4 zu sehen ist, zeigen verschiedene als separate Schichten vermessene Polymere ein charakteristisches mechanisches Verhalten. In Abhängigkeit des Polymertyps ergeben sich entsprechend eher spröde bis hin zu duktilen Kraft-Dehnung-Verläufe. Latexbasierte Schichten zeigten ein vergleichsweise duktileres Verhalten mit Bruchdehnungen bis ca. 6 % bei geringer Steifigkeit, während stärkebasierte Lagen sich deutlich spröde verhielten bei höherer Steifigkeit und geringer Bruchdehnung von teilweise unter 1 %.

Ausgehend von diesen Messdaten konnte nun die Auswahl der Materialien für den Einsatz als Zwischenschicht getroffen werden. Um einen möglichst großen Ergebnisraum abzudecken, wurden sowohl sehr spröde, als auch in ihrem Zugverhalten eher duktile Materialien ausgewählt. Es wurde aber ein besonderes Augenmerk auf duktile Materialien gelegt, da diese sich ähnlich den zuvor schon erwähnten Splitterschutzfolien verhalten. Mit Hilfe der zuvor untersuchten und als geeignet befundenen Polymermaterialien wurden nun, zunächst im Labormaßstab, konven-

i.e. destroys its microstructure – or just the coating. The material's ability to compensate for the compressive strain caused inside the fold plays a key role in this respect.

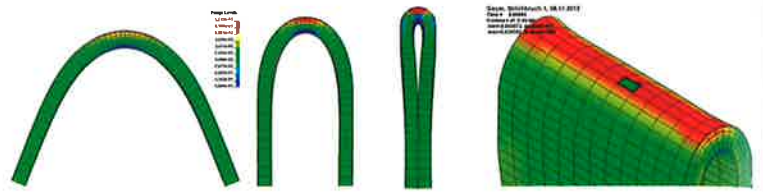


Abb. 3: Modellierung der beim Falzen auftretenden Spannungen und Dehnungen bei schrittweise Verringerung des Falzabstandes (von links nach rechts) und Bewertung der beim Falzen auftretenden Spannungen und Dehnung anhand eines Elements im Falzbereich (s. grün hervorgehobenes Element).

Fig. 3: Modelling of stresses and strains caused by folding through gradual reduction of the gap width (from left to right), and evaluation of stresses and strains produced in a single element of the folding area (set off in green)

To simulate the folding process, the paper was placed between two plates that were moving towards each other to apply an increasing mechanical load on the paper (Fig. 3). The resulting stresses and deformation of individual layers depend on the gap width, i.e. current distance between the plates. The simulation model was used for calculations including the systematic variation of single parameters (layered structure; thickness, material and material characteristics of individual layers, behaviour with and without polymer layer). By means of these results the risk of coat rupture was calculated for each scenario compared to a reference state (paper without intermediate layer). This made it possible to identify influences on folding and coat rupture properties and to derive recommendations for composite structures with favourable coat rupture behaviour.

3. POLYMER INTERLAYER TO AVOID COAT RUPTURES. Coating systems for offset printing papers should have a certain stiffness to ensure the desired converting properties or surface feel of the end product. It is hardly conceivable that an adequately stiff coating system would survive fold cracking without damage. However, it would already be an improvement if the coat ruptured at higher strain levels and/or more homogeneously in the form of several smaller fissures rather than one larger broken-out particle. This was to be achieved by incorporating a polymer interlayer into the coating system. An extra polymer layer has the advantage that it can be applied very thinly by means of suitable application technology, and that the desired mechanical parameters – especially high yield point and stretch at break – can be ensured by choosing a suitable polymer (or mixture). The function of this interlayer is comparable to that of the films used in safety glass. The safety film cannot prevent the glass from breaking, but it holds the broken pieces in place afterwards. Suitable materials were selected for the polymer interlayer based on the fundamental laws of material behaviour under compression or tensile loading. Fig. 4 shows the mechanical characteristics of different polymers that were tested as separate layers. Depending on the type of polymer, the stress-elongation curves obtained ranged from rather brittle to ductile behaviours. Latex-based layers showed rather ductile behaviour with stretch at break values up to approx. 6% and low stiffness, whereas starch-based layers were evidently brittle with higher stiffness and lower stretch at break levels of less than 1%.

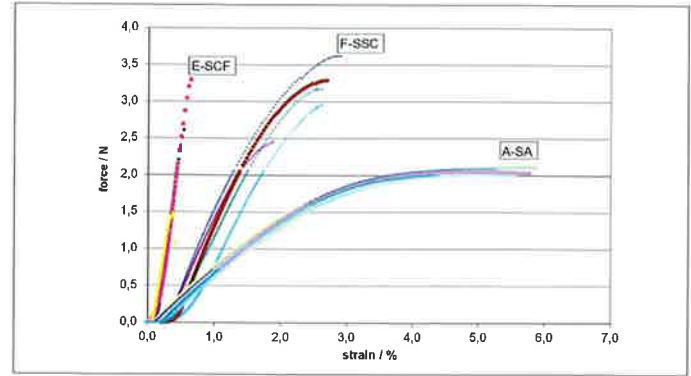
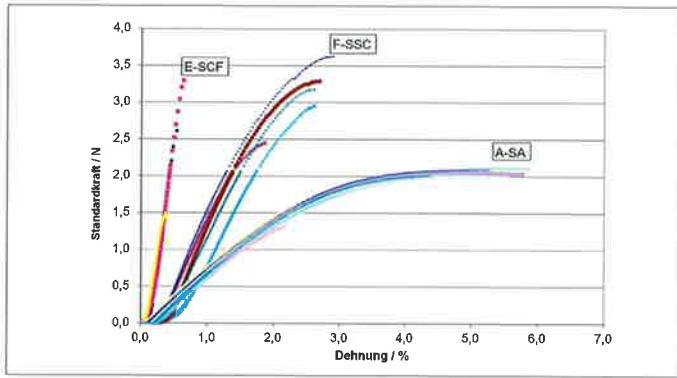


Abb. 4: Kraft-Dehnungs-Kurven für drei unterschiedliche Polymere (Styrol-Acrylat-Latex A-SA; Stärkebasierte Schichten E-SCF u. F-SSC)

Fig.4: Stress-elongation curves of three different polymers (styrene-acrylate latex A-SA; starch-based layers: E-SCF and F-SSC)

tionelle Offsetstriche modifiziert. Die Auftragung der jeweiligen Strichschichten erfolgte zunächst mit Hilfe eines Rakels, später jedoch wurde das Auftragsverfahren des Multi-Layer Curtain-Coatings verwendet. Dieses Auftragsverfahren bietet mehrere wichtige Vorteile. Zunächst ist es möglich mit Hilfe des Curtain Coaters gleichmäßige und sehr dünne Schichten aufzutragen. Des Weiteren bewahrt der Auftrag ohne Scherbeanspruchung durch das Vorhangstreichen den Polymerfilm vor zu hoher mechanischer Belastung und dadurch vor der Zerstörung. Zuletzt ist durch den simultanen Mehrschichtauftrag eine Zeit- und Aufwandsreduktion ein weiterer Vorteil dieser Auftragsmethode.

The materials to be tested as interlayers were chosen on the basis of these measurements, including both highly brittle and rather ductile materials to cover a broad range of tensile characteristics. The main focus, however, was on ductile materials because of their similarity with the aforementioned safety films. The selected materials were then applied on lab scale to modify conventional offset coatings. The coat layers were first applied with a doctor blade, and later by means of multi-layer Curtain Coating. Curtain Coating offers several important advantages: it can be used to apply very thin, homogeneous layers. The absence of shear loads means that the polymer film is not exposed to



COMEXI GROUP

60
ANNIVERSARY
COMEXI GROUP
1954 - 2014

Commitment to the innovation

Our mission is to offer global solutions for a world with greater needs regarding flexibility and efficiency, as well as make a huge effort in providing the best services for accessibility and easy maintenance of our products.

Our commitment to innovation, based on research and technological development, allows us to offer cutting-edge, reliable and high-level performance products.

Our commitment is also to knowledge. The **Manel Xifra Boada Technological Centre** has the objective of being the benchmark in the flexible packaging industry, as a key driver of knowledge. Opened in 2013 as an independent body, it is focused on training and academic activities, consultancy and innovation development.



COMEXI NEXUS ML1



FLEXO PRINTING



OFFSET PRINTING



GRAVURE PRINTING



LAMINATING



SLITTING



ENVIRONMENT & LOGISTICS

www.comexigroup.com

COMEXI GROUP

COMEXI FLEKO COMEXI OFFSET COMEXI ACOM
COMEXI PROSLIT COMEXI NEXUS COMEXI ENVIROXI

Poligon industrial de Girona - Avinguda Mas Pins, 135
17457 Riudellots de la Selva. GIRONA (Spain)
Tel. +34 972 477 744 Fax +34 972 477 384 comexi@comexigroup.com



Neben der Verminderung des Strichbrechens, musste das Einbringen der polymeren Zwischenschicht als auch die Verarbeitbarkeit und Bedruckbarkeit in den industriellen Druckversuchen einwandfrei sein.

4. TECHNOLOGISCHE REALISIERUNG DER MODELLERGEBNISSE UND BILDANALYTISCHE STRICHBRUCHBEWERTUNG. Nachdem eine prinzipielle Machbarkeit des Konzeptes im Labor gezeigt wurde, ist dieses auf den Technikumsmaßstab an der PTS Versuchsstreichanlage «VESTRA» hochskaliert worden – eine der modernsten Anlagen ihrer Art in Europa. Somit war es möglich den Strichauftrag unter industrienahen Streichgeschwindigkeiten und Trocknungsbedingungen zu untersuchen. Die Simulationsergebnisse sind anhand von Versuchen mit und ohne polymere Zwischenschicht validiert worden. Der Versuchsraum beinhaltet die Variation des Schichtaufbaus, der Dicke der Einzellagen sowie ein konventionelles Schichtkonzept ohne polymere Zwischenschicht als Referenz. Zur Bewertung des Strichausbrechens und zur Bestätigung der Simulationsrechnungen wurden die Papiere mit verschiedenen bildanalytischen Systemen untersucht. Dazu zählte die lichtmikroskopische Untersuchung der Falzkanten, ebenso wie REM-Aufnahmen der Kanten. Für die lichtmikroskopischen Untersuchungen wurden die Proben mit einer Offsetfarbe im Labor bedruckt, womit der Kontrast zur besseren Identifizierung von Fissuren in der Strichschicht erhöht werden konnte. Die hier gezeigten Aufnahmen zeigen zum einen ein Muster mit konventionellem Schichtaufbau und zum anderen Muster mit einer polymeren Zwischenschicht (Abb. 5):

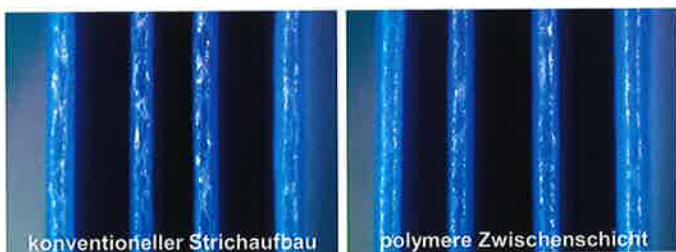


Abb. 5: Lichtmikroskopische Aufnahme der Falzkante eines konventionellen Strichaufbaus und eines Aufbaus mit polymerer Zwischenschicht. Bedruckt wurde mit einer im Labor verwendeten Offsetfarbe für besseren Kontrast; Rohpapiergrammatur = 80 g/m².

Das Referenzstrichsystem, ohne Zwischenschicht zeigt ein ausgeprägtes Aufbrechen des Strichs an der Falzkante, bei dem Strichsystem mit polymerer Zwischenschicht hingegen treten nur an einigen wenigen Stellen Fissuren an der Falzkante auf. Zur Vollständigkeit der bildanalytischen Auswertung folgten anschließend Aufnahmen der Querschnitte und der Draufsicht durch das Rasterelektronenmikroskop. Bei den vorliegenden Proben ist die ggf. vorhandene Zwischenschicht gut erkennbar. Das Referenz Technikumpapier, (Abb. 6) zeigt mit dem Praxispapier vergleichbare Strichbrücheigenschaften. Die Strichschicht ist komplett durchgebrochen (kohäsives Brechen), Abplatzungen (adhäsives Brechen) sind sichtbar. Die Technikumpapiere der Serie mit polymerer Zwischenschicht zeigen den positiven Einfluss der Zwischenschicht auf das Strichbruchverhalten. Der Strich bricht an nur wenigen Stellen bis auf das Fasergefüge durch, hingegen zeigt die Draufsicht zwar das Auftreten von Fissuren, die jedoch im Vergleich zum Referenzpapier nur sehr fein ausgeprägt sind. Das Ausbrechen von Strichpartikeln ist nicht zu beob-

excessive and possibly destructive mechanical stresses. Last but not least, the simultaneous application of several layers saves time and costs. Apart from producing the desired coat rupture reduction, the polymer interlayer had to be perfectly process- and printable in industrial printing trials.

4. TECHNOLOGICAL IMPLEMENTATION OF MODEL RESULTS AND IMAGE-ANALYTICAL ASSESSMENT OF COAT RUPTURES. After the general feasibility of the concept had been demonstrated in the laboratory, the technology was scaled up for use on the VESTRA pilot coater of PTS. VESTRA is one of the most advanced pilot coaters of this type in Europe and allows the application of near-industrial coating speeds and drying conditions. The simulation results were validated by trials with and without polymer interlayer. The scope of experiments included the variation of layer structures and individual layer thicknesses, and a conventional coating system without polymer interlayer as reference. The coated papers were studied by means of various image-analytical methods to evaluate the coat rupture behaviour and verify the simulation results. This included the analysis of folded edges by light microscopy and the acquisition of SEM images of folded edges.

For light microscopy, the samples were printed with offset ink in the laboratory to increase their contrast and make it easier to identify fissures in the coating. The photographs in Fig. 5 show a sample with conventional coat structure compared to one with polymer interlayer.

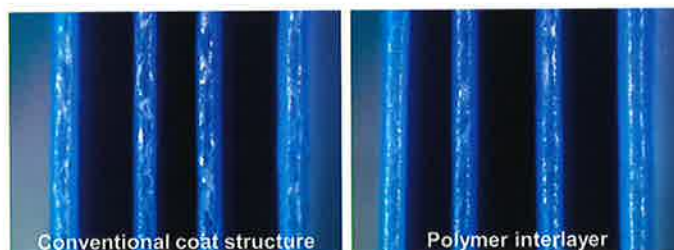


Fig. 5: Photomicrographs of folded edges of a paper with conventional coat structure and one with polymer interlayer. The papers were printed with lab offset ink for contrast increase; base paper grammage = 80 g/m².

The paper coated with the reference system without interlayer shows considerable coat rupture at the folded edge, whereas the paper coated with polymer interlayer exhibits just a few, isolated fissures at the folded edge. To complete the image-analytical assessment, SEM images were obtained of sample cross-sections and from above. The interlayer is clearly visible in the images of the corresponding samples.



Abb. 6: Querschnitt und Draufsicht der Falzkante des konventionellen Schichtaufbaus.
Fig. 6: Cross section and top view of folded edge of a paper with conventional layer structure.

achten. Zur Objektivierung dieser bildanalytischen Ergebnisse und im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Muster wurde mittels Zeilenkamera-Methode (entwickelt an der PTS [11]) die mittlere Höhenabweichung an der jeweiligen Strichbruchkante ermittelt. Die zu untersuchenden Proben wurden bei dieser Methode zunächst zugeschnitten, gefalzt, dann auf einem motorbetriebenen Tisch fixiert und mit definierter Geschwindigkeit durch eine Parallellichtquelle gefahren. Gegenüber dieser Lichtquelle ist eine Zeilenkamera (CCD-Zeilenkamera) angebracht, welche die durch das Papier hervorgerufene Verdunkelung registriert und anschließend daraus die topografische Abbildung der Falzkante berechnet (maximale Auflösung ca. 0,6 µm). Daraus konnte neben dem absoluten Wert der Höhenabweichung auch die Standardabweichung bzw. die Varianz der Abweichung berechnet werden. Neben den absoluten Werten der Höhenabweichung zeigt die Standardabweichung die Stärke des Strichbrechens, d.h. eine große Abweichung vom Mittelwert weist auf großflächig ausgebrochene Strichstücke hin. Die Anwendung dieser Methoden auf die Technikumsmuster konnte die Strichbruchtendenz bei unterschiedlichen Strichaufbauten gut aufzeigen.

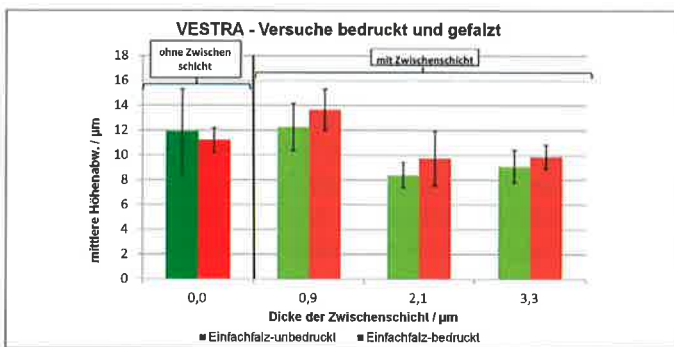


Abb. 8: Mittlere Höhenabweichung der Falzkante der Technikumpapieren in Abhängigkeit der polymeren Zwischenschichtdicken. Untersucht wurden bedruckte und unbedruckte Muster.

Als Resultat ist den Messungen zu entnehmen, dass zum einen der Referenzstrich, sowie auch die Strichsystemvariante mit 0,9 µm Zwischenschicht mit knapp über 10 µm Höhenabweichung, für einfaches Falzen der unbedruckten Muster im Bereich vergleichbarer gestrichener Praxispapiere liegen. Es ist lediglich ein geringer Unterschied zwischen den Mustern zu erkennen, nur die Abweichung vom Mittelwert zeigt sich für das Referenzpapier größer. Für die Muster mit 2,1 und 3,3 µm Zwischenschicht ist die mittlere Höhenabweichung verringert und liegt im Bereich deutlich unter 10 µm. Für die bedruckten Muster ergibt sich eine ähnliche Situation. Auch für diese Versuchsreihe wurden für diese Muster geringere mittlere Höhenabweichungen erreicht. Diese Beobachtung korrespondiert mit den zuvor diskutierten Ergebnissen der lichtmikroskopischen und REM Untersuchung. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass das Strichsystem durch das Einbringen einer polymeren Zwischenschicht stabilisiert wird. Der Polymerfilm scheint hierbei, wie vermutet, wie eine in Sicherheitsglas verwendete Splitterschutzfolie zu wirken.

5. STRICHBRUCH UM 1/3 REDUZIERT. Anhand einer Modellierung mit der Finite-Elemente-Methode war es möglich die Anforderungen an den Strichaufbau bzgl. Schichtdicke und mechanischer Eigenschaften abzuleiten. Diese Empfehlungen wurden durch

The coat rupture behaviour of the pilot paper serving as reference (Fig. 6) was comparable to that of the industrial paper: The crack runs through the complete coat layer (cohesive failure), broken-out particles (adhesive failure) are visible as well.

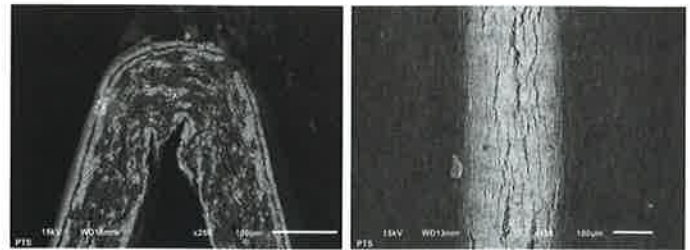


Abb. 7: Querschnitt und Draufsicht der Falzkante mit polymerer Zwischenschicht
Fig. 7: Cross section and top view of the folded edge of a paper with polymer interlayer

The positive effect of the polymer interlayer on coat rupture behaviour was evident from the pilot papers of the coating series with interlayer. Cracks extending into the fibre layer were detected in very few cases only. Fissures visible in the top view images were very delicate compared to the reference paper. Broken-out coat particles were not detected at all. To objectify the image-analytical results and ensure the comparability of samples, the mean height deviation was determined at the edge of coat ruptures, using a line scan camera method developed by PTS [11]. For this purpose, specimens were cut to size, folded, fixed on a power-driven table and moved through a parallel light source at pre-defined speed. A line scan (CCD) camera was positioned opposite the light source to record the darkening effect

Anzeige

www.breitenbach.de

BREITENBACH

Der Walzenspezialist.

ABSOLUTE PRÄZISION IST UNSER MARKENZEICHEN

Produkt- und Leistungsspektrum

- Misch-, Kalandervalzen
- Heiz-, Kühlwalzen
- Glättwalzen
- Auftrag-, Dosierwalzen
- Wiederaufarbeitung und Reparatur

Walzenweg 60 · 57072 Siegen · Germany
 Phone: +49 (271) 37 58-0 · Fax: +49 (271) 37 58-290
 e-mail: office@breitenbach.de

Streichversuche experimentell validiert. Bei den im Labor- bzw. Technikumsmaßstab durchgeführten Versuchen zeigte sich, dass das Einbringen einer polymeren Zwischenschicht eine signifikante Verbesserung des Strichbruchverhaltens bewirken kann. Es gelang eine Verringerung der mittleren Höhenabweichung an der Falzkante von $(11,9 \pm 3,4) \mu\text{m}$ für die Referenztechnikumsprobe auf $(8,0 \pm 1,03) \mu\text{m}$ für eine mit polymerer Zwischenschicht ausgestatteten. Das modifizierte Papier wies im Vergleich zur Referenz um ein Drittel kleinere Fissuren der Strichschicht auf. Zudem sind bei den Mustern mit polymerer Zwischenschicht keine Strichausbrecher mehr beobachtet worden, die beim Verdrucken für erhöhte Waschintervalle verantwortlich sind. Eine Optimierung des Papier- bzw. Schichtaufbaus bezüglich des Strichbruchverhaltens ist somit nachgewiesen und kann nun durch weitere Entwicklungen für die Umsetzung in Papierfabriken implementiert werden. Das Forschungsvorhaben IGF 16555 BG der AiF-Forschungsvereinigung PTS wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Unser Dank gilt außerdem den beteiligten Firmen der Papier- und Zulieferindustrie für die Unterstützung der Arbeiten. ↵

Literaturverzeichnis / Bibliography

- 1 SALMINEN L. I., ALAVA M. J., HEYDEN S., GUSTAFSSON P. J., NISKANEN K. J. (2002): Simulation of network shrinkage. In: Nordic Pulp and Paper Research Journal, Jg. 17, H. 2, S. 105-110.
- 2 CONSTANT T., BADIA M. A., MOTHE F. (2003): Dimensional stability of Douglas fir and mixed beech/poplar plywood: experimental measurements and simulations. In: Wood Science and Technology, Jg. 37, H. 1, S. 11-28.
- 3 LIF J. O., ÍSTLUND S., FELLERS C., REUSE, A. U. T. H. (2005): In-plane hygroviscoelasticity of paper at small deformations. In: Nord.Pulp Paper Res.J, Jg. 20, H. 2, S. 139-149.
- 4 NORDSTRÖM A. L., GUDMUNDSON P., CARLSSON L. A. (2001): Influence of gravity on curl of horizontal paper sheets. In: TAPPI Peer reviewed paper, Jg. 84, H. 5.
- 5 NYMAN U. (2004): Continuum Mechanics Modelling of Corrugated Board: Lund University.
- 6 NYGARDS M., HALLBÄCK N., JUST M., TRYDING J. (2005): A finite element model for simulations of creasing and folding of paperboard. In: Abaqus Users Conference.
- 7 HUNFELD C. (2007): Wärme- und Stofftransport bei der Trocknung von Farbeempfangsschichten für Ink-Jet Fotoapplikationen: Universität Paderborn.
- 8 SALMINEN, R. CARLSSON, S. SANDAS, M. TOIVAKKA, P. ALAM, J. ROPER: Combined Modeling and Experimental Studies to Optimize the Balance between Fold Crack Resistance and Stiffness for Multilayered Paper Coatings - Part 1: Introduction and Model-Hing Studies - Part 2: Pilot Coater Experimental Studies. Herausgegeben von Die TAP-PI/PIMA PaperCon'08 Konferenz und das 10. Advanced Coating Fundamentals Symposium.
- 9 WILDBERGER M. (2009): FE-Modell zur Entwicklung und Beschreibung der Hauptmechanismen für das Strichbruchverhalten von mehrfach gestrichenen Offset-Papieren: TU Graz.
- 10 BARBIER C., LÄRSSON P. L., ÖSTLUND S. (2005): Numerical investigation of folding of coated papers. In: Composite Structures, Jg. 67, H. 4, S. 383-394.
- 11 METZ, R. (2010): Reduzierung der Falzbruchneigung von Druckpapieren durch gezielte Vorbehandlung im Falzbereich; Veröffentlichung auf der PTS-Homepage (www.ptspaper.de) zum IGF- Forschungsvorhaben Nr. 15630

caused by the paper and calculate the topography image of the folded edge (maximum resolution of approx. $0,6 \mu\text{m}$). Apart from determining the absolute height deviation, the standard deviation could be calculated from the measurements as well. It indicates the magnitude of coat ruptures, i.e. a large deviation from the mean is a sign of large broken-out coat particles. The method was successfully used to determine the coat rupture behaviour of pilot samples produced with different coat structures.

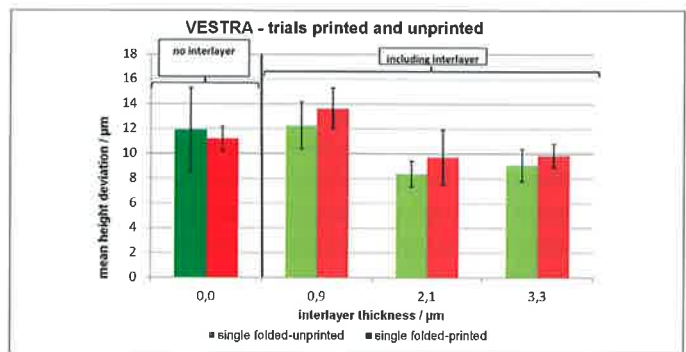


Fig. 8: Mean height deviation at the folding edges of pilot papers as a function of polymer interlayer thickness, results of printed and unprinted samples

With a height deviation of slightly more than $10 \mu\text{m}$ after single folding, the unprinted samples coated with the reference system and with the coating system with $0,9 \mu\text{m}$ interlayer were in the same range as comparable industrial coated papers. Differences between the samples were small, except for the mean value deviation, which was larger for the reference paper. The samples coated with $2,1$ and $3,3 \mu\text{m}$ interlayer had smaller mean height deviations in the range of clearly less than $10 \mu\text{m}$. The test series of printed samples showed similar properties – smaller mean height deviations of the samples coated with thicker interlayers. These results correspond to the aforementioned findings from the light microscopy and SEM studies. In summary it may be said that the coating system is stabilized by the incorporation of a polymer interlayer. As already suspected, the polymer film seems to act like the film layer applied for shatter protection in safety glasses.

5. COAT RUPTURES REDUCED BY 1/3. The required layer thicknesses and mechanical properties of a rupture-reducing coat structure could be derived from model calculations based on the finite element method. The recommendations obtained were experimentally validated by coating trials. The results of the laboratory and pilot scale trials demonstrate that it is possible to significantly improve the coat rupture behaviour by incorporating a polymer interlayer. The mean height deviation at folded edges could be lowered on pilot samples from $(11,9 \pm 3,4) \mu\text{m}$ (reference) to $(8,0 \pm 1,03) \mu\text{m}$ (sample with polymer interlayer). Fissures in the coating of the modified paper were around 30% smaller than those visible in the coat layer of the reference paper. Broken-out coat particles, a frequent cause of shorter wash-up intervals during printing, were no longer detectable on the samples with polymer interlayer. The successful optimization of paper and coating structures to reduce coat ruptures could be demonstrated in the project. The results can be developed further to implement them in paper mills. ↵

Papiertechnische Stiftung, D-80797 München, www.ptspaper.de