

Elastische Walzenbezüge für Janus™-Kalandrierer

Voith Paper Service (früher Scapa Kern) stellt bereits seit mehr als 10 Jahren elastische Walzenbezüge für Kalandrierer her. Den besonderen Anforderungen an die elastischen Walzenbezüge in Multi-Nip-Kalandrierern wurde mit der Entwicklung einer neuen Generation Rechnung getragen.



Dr. Benno Bader

*Voith Paper Service
Wimpassing, Österreich*

Die Entwicklung der Kunststoffwalzenbezüge

Die beiden ersten Janus™ Kalandrierer gingen Ende 1996 mit Kunststoffbezügen in Betrieb, darunter auch der erste Janus™-Kalandrierer online zur Papiermaschine.

Moderne Kalandrierwalzenbezüge werden aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt, wobei Bezüge mit gegossener Funktionsschicht und Bezüge mit faserverstärkter Funktionsschicht zu unterscheiden sind.

Der Vorteil eines gegossenen Bezuges liegt in der hohen Isotropie des Materials, was auch die damit erzielbare sehr glatte und homogene Oberfläche erklärt. Dieser Vorteil wird aber mit einer nicht zufriedenstellenden Sprödigkeit erkauft. Außerdem tendieren entstehende Risse dazu, sich in alle Richtungen auszubreiten (**Abb. 1**).

Daher werden von Voith Paper nur Bezüge eingesetzt, die in Basis- und Funktionsschicht eine Faserverstärkung aufweisen (**Abb. 2**). Die Bruchmechanik der faserverstärkten Funktionsschicht ist in **Abb. 3** dargestellt.

Grundlagen des Bezugsdesigns

Der Aufbau der von Voith Paper Service hergestellten Kalandrierbezüge TopTec™, Rubin™ und Safir™ besteht im wesentlichen aus einer glasfaserverstärkten Basisschicht und einer aramidfaserverstärkten Funktionsschicht.

Die Basisschicht wird in einer mehrlagigen Konstruktion von Glasfasergewebe mit Füllstoffen und Harzprägnierung auf den Metallkern gewickelt. Sie soll eine auch dynamisch feste Verbindung einerseits mit dem Metallkern und andererseits mit der Funktionsschicht sicherstellen. Dazu muss die Basisschicht in ihren physikalischen Eigenschaften wie Festigkeit, E-Modul, Dehnungsverhalten sowie ihrer Bindefestigkeit auf der Unterseite dem Metall und auf der Oberseite der Funktionsschicht, die die Kalandrieraufgabe übernimmt, nahe kommen.

Bei den ersten Multi-Nip-Kalandrierern waren aufgrund der hohen Nipfrequenzen zunehmend Probleme mit lokalen Verbrennungen, sogenannten „Hot Spots“, aufgetaucht. Diese entstehen durch eine immer wiederkehrende lokale Überlastung des Bezuges, durch die Verformungsenergie in Wärme umgewandelt wird.

Abb. 1: Risse über gesamten Bezug, vorzugsweise in axialer Richtung.

Abb. 2: Begrenztes Risswachstum durch die Faserverstärkung.

Abb. 3: Mechanik des Risswachstums
 a Faserbruch
 b Faser pull out
 c Rissüberbrückung
 d Verformung der Matrix

Abb. 4: Walzenschaden durch Ablagerung.

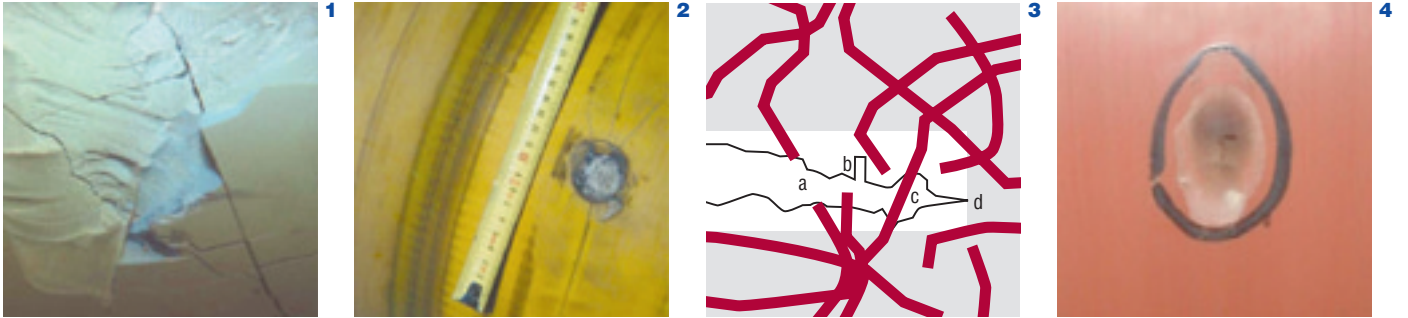


Abb. 5: Überlast durch Ablagerung.

Ablagerungsdicke

- 200 μm
- 100 μm
- 70 μm

Abb. 6: Verlustfaktor $\tan \delta$ für verschiedene Kalandervalzenbezüge.

Diese Wärme kann aufgrund der immanent schlechten Wärmeleitung im Kunststoff nicht schnell genug abgeleitet werden und bewirkt wegen der gestiegenen Temperatur vor allem in radialer Richtung eine Ausdehnung des Bezuges. Dieser Vorgang wird bei jedem Nipdurchgang wiederholt. Das Zusammenwirken von periodischer Überlastung und Wärmedehnung führt zu einem selbstverstärkenden Kreislauf, der sogar dann noch weiter wirkt, wenn der auslösende Faktor, die Ablagerung auf der Walze, entfernt wird.

Ein derartiger Effekt kann bei schnelllaufenden Maschinen innerhalb von Minuten zur Verbrennung des Polymerbezuges führen (**Abb. 4**).

Gegen diese selbstverstärkenden Effekte bei starker Ablagerung oder schwerer Randüberlastung sind selbst modernste Bezüge machtlos (**Abb. 5**). Hingegen konnte die Beständigkeit gegen geringere Abweichungen im Nip, wie z.B. Druck- oder Temperaturprofilabweichungen, deutlich verbessert werden. Der Anteil an Verformungsenergie, der bei jedem Nipdurchgang in Wärme umgesetzt wird, ist eine materialabhängige Eigenschaft (**Abb. 6**).

Diese – als Tangens Delta bezeichnete – dimensionslose Messgröße wird durch geeigneten Aufbau der Molekülstruktur, aber auch durch die Wechselwirkung zwischen Polymermatrix und Füllstoffen bzw. Fasern beeinflusst. Eine optimierte Rezepturgestaltung erlaubte beinahe eine Halbierung der entstehenden Wärmemenge für die Bezugsqualitäten Rubin™ und Safir™. Aufgrund dieser Optimierung konnte der Anteil an Schäden durch derartige Effekte drastisch reduziert werden.

Oberflächeneigenschaften der Kunststoffbezüge

Die hervorstechende Eigenschaft von gegossenen Bezügen ist die sehr homogene und glatte Oberfläche. Um eine ähnliche Qualität auch mit faserverstärkten Bezü-

gen zu erreichen, ist ein sehr hoher technologischer und entwicklungstechnischer Aufwand notwendig. Es hat sich gezeigt, dass eine optimale Verfügbarkeit der Walzen nur durch Kompromisse bei den Oberflächeneigenschaften erreichbar ist. Daher wurden die Bezüge von Voith Paper in zwei Richtungen optimiert.

Rubin™-Bezüge wurden optimiert für gestrichene Papiere (**Abb. 7**), um möglichst glatte Oberflächen zu erzeugen. Dies wurde erreicht durch eine besonders feine Verteilung der Füllstoffe und eine reduzierte Füllstoffmenge.

Daraus resultiert eine etwas geringere Härte von 90 Shore D. Dies bedeutet gleichzeitig einen gewissen Kompromiss hinsichtlich der Abriebfestigkeit und somit der Standzeit (**Abb. 8**).

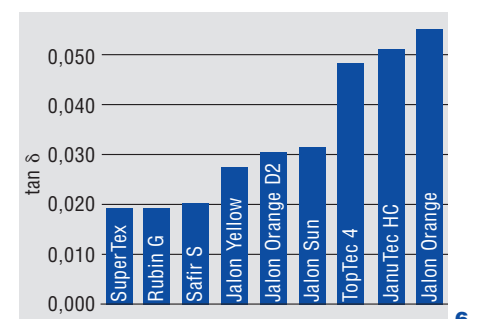
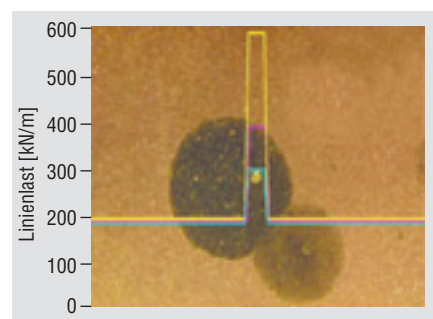
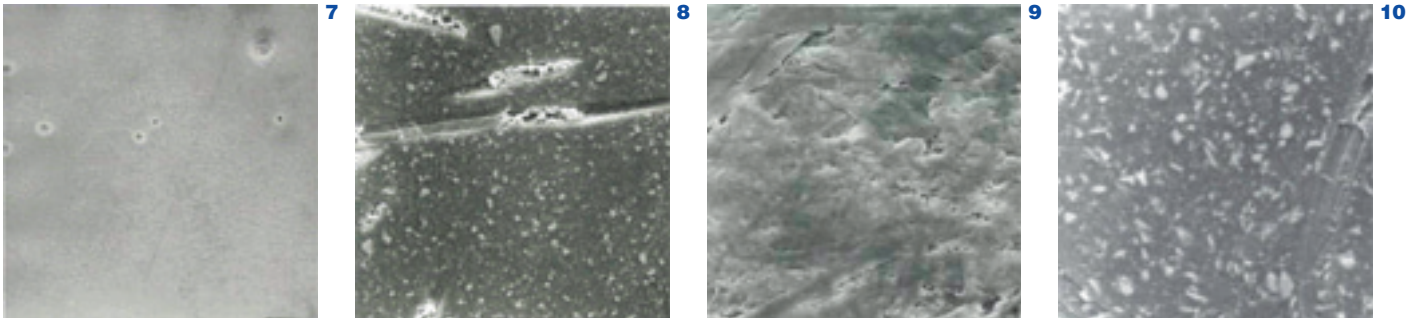


Abb. 7: Oberfläche eines gestrichenen Papiers.**Abb. 8:** Füllstoffverteilung Rubin™ G.**Abb. 9:** Oberfläche SC-Papier.**Abb. 10:** Füllstoffverteilung Safir S.

Rubin™-Bezüge sind bestens zum Kalandrieren von Papieren geeignet, bei denen es in erster Linie auf hohen Glanz der Papieroberfläche ankommt.

Auf der anderen Seite ist besonders für Magazinpapiere (Abb. 9) eine hohe Verfügbarkeit und Standzeit der Walzenoberflächen unabdingbar, um einen ökonomischen Betrieb der Papiermaschine zu gewährleisten.

Die Safir™-Bezüge sind daher auf beste Abriebbeständigkeit hin optimiert und damit besonders resistent gegen Barring. Dies wird erreicht durch Verwendung sehr harter Füllstoffe und führt zu einer Bezugshärte von 92 Shore D (Abb. 10).

Aufgrund dieser hervorragenden Eigenschaften sind Safir™-Bezüge die in Multi-Nip-Kalandern meist verwendeten Bezüge.

In der Praxis werden oft einmalige mechanische Überlastungen festgestellt. Im Gegensatz zu den oben erwähnten permanenten dynamischen Überlastungen, die eine verstärkte Wärmeentwicklung verursachen, bewirkt eine einmalige mechanische Überlastung aufgrund der hohen Dehnung häufig eine Schädigung des Bezuges, die im weiteren Betrieb der Walze

– oft erst nach einigen Wochen – zur Zerstörung führen kann.

Die genauen mechanischen Vorgänge bei einem solchen Ereignis waren bisher im Detail nicht bekannt. Um nähere Informationen über die Materialbelastungen bei solchen Überpressungen zu gewinnen, wurde ein Finite-Elemente-Rechenmodell entwickelt, das mit gewissen Einschränkungen die Vorgänge im Nip gut darstellt.

Bei einem Walzenpaar aus Stahlwalze und kunststoffbezogener Gegenwalze wurde auf die harte Walze eine Verdickung modelliert (Abb. 11). Diese simuliert in einem dynamischen Rechenmodell den Nipdurchgang eines Fremdkörpers.

Als Ergebnis liefert die Berechnung die mechanischen Belastungen und Dehnungen bei der durch die Verdickung definierten Verformung. Um rasch erste Resultate zu erhalten, wurden im Modell einige Einschränkungen getroffen, die nicht der Realität entsprechen.

Dies sind:

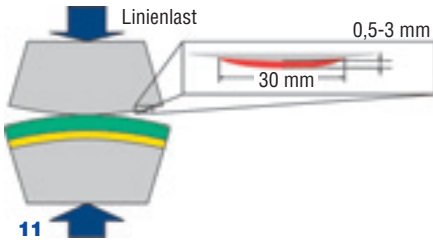
- Lineares Materialverhalten des Kunststoffbezuges.
- Die Materialparameter der Verdickung entsprechen Stahl.

- Verformungen der Stahlwalzenkörper wurden ausgeschlossen.
- Das Bezugsmodell wurde als vorspannungsfrei angenommen.

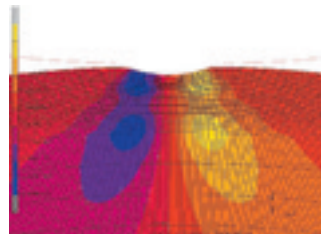
Die Ergebnisse dieser Berechnungen spiegeln jedoch, trotz oben erwähnter Einschränkungen, die Vorgänge beim Durchgang von Fremdkörpern im Nip relativ gut wider.

Ergebnisse

- In der ersten Modellrechnung wurde als Belastung der Walzen eine Linienlast von 550 kN/m angenommen. Beim Durchgang der Verdickung zeigte sich, dass bei Überschreiten einer gewissen Druckspannung aufgrund von Masse und Trägheit der Walzen sich der Nip öffnete, und die auftretenden Spannungen im Bezug in etwa den Spannungen entsprechen, die bei zehnfacher Linienlast auftreten würden. Dieses Modell entspricht in etwa den Verhältnissen, die in Single-Nip-Kalandern oder bei Ober- und Unterwalzen in Multi-Nip-Kalandern auftreten. Ebenso ist dieses Verhalten bei Labor-kalandern festgestellt worden, bei denen die Mittelwalzen durch die relativ geringen Massen ausweichen konnten.



11



13

Abb. 11: Modelldesign für FE-Auslegung.

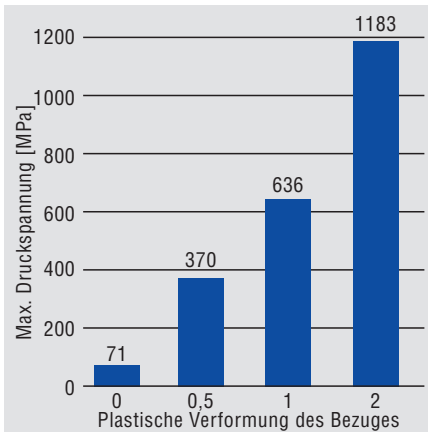
Abb. 12: Auftretende Druckspannungen abhängig von Verformungen.

Abb. 13: Schubspannung in tangentialer Richtung bei 3 mm Verformung.

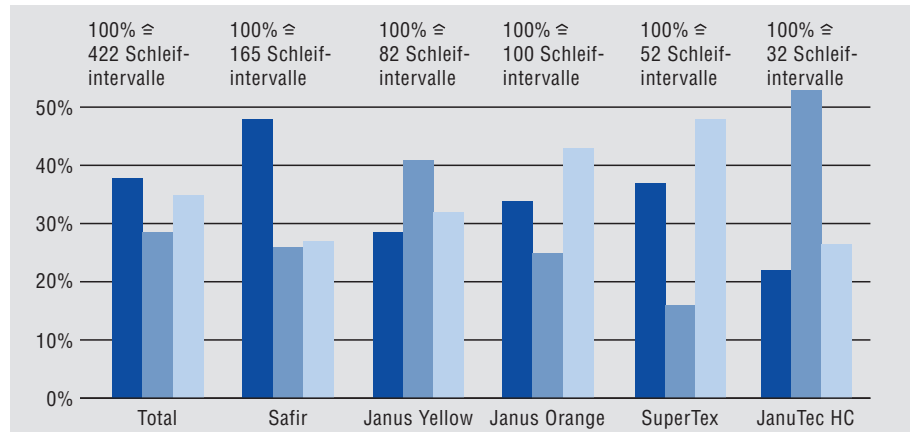
Abb. 14: Erfahrungen mit Kalanderbezügen in einigen Janus™ Kalandern.

- Normal [%]
- Schäden [%]
- Barring [%]

12



14



Die Erfahrung in Multi-Nip-Kalandern zeigt jedoch, dass bei den sehr hohen Massen die Mittelwalzen nicht ausweichen können. Daher wurde das Modell durch Fixierung der Walzenmittelpunkte angepasst. Die so erzwungene Verformung zeigte deutlich höhere Spannungen als bei dem vorherigen Modell.

- Wider Erwarten war der Einfluss der vergleichsweise hohen Verformungsgeschwindigkeiten beim Nipdurchgang eines Fremdkörpers bei 1.500 m/min relativ gering. Trotz der hohen Umfangsgeschwindigkeit ist die Verformungsgeschwindigkeit noch weit von der Schallgeschwindigkeit im Kunststoffbezug entfernt, so dass Schockwellen, die eine massive Schädigung an unerwarteten Stellen auslösen könnten, im Modell nicht auftreten.

Als Einfluss der dynamischen Berechnung ist lediglich eine leichte Asymmetrie der Spannungen im Nip beim Durchgang der Verdickung festzustellen.

- Die resultierenden Spannungen sind natürlich aufgrund der linearen Material-

parameter linear abhängig von der Höhe der modellierten Verdickung und erreichen ein Äquivalent der Spannungen, das bei dem ca. 50-fachen der Linienlast auftreten würde (Abb. 12).

Bei relativ geringen Verformungen von nur 0,5 mm treten bereits Schubspannungen im Bezugsquerschnitt auf, die über der Festigkeit des Materials liegen (Abb. 13).

- Weiterhin kann man auch deutlich ein zweites Maximum der Schubspannungen in tangentialer Richtung an der Übergangszone zwischen Bezug und Metallkern sehen. Dieses 2. Maximum ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen E-Moduli der Materialien Bezug und Metallkern und ist besonders kritisch für die Haftung des Bezuges auf dem Metallkern. In der Praxis treten besonders in diesem Bereich erste Schädigungen bei mechanischer Überlastung auf. Diese Schädigung der Haftschrift ist direkt nach dem Ereignis meistens nicht kritisch. Durch die dynamische Beanspruchung im weiteren Betrieb der Walze kann es jedoch zu einer Ausbreitung kommen, bis schlussendlich

der Bezug zerstört wird. Die endgültige Zerstörung tritt unter Umständen erst nach einigen Wochen auf, was eine Klärung der Schadensursache oft sehr erschwert.

Als Möglichkeit, die Schädigung nach einer mechanischen Deformation festzustellen, hat sich die Ultraschall-Prüfung gut bewährt. Damit ist eine Schädigung schon in relativ frühem Stadium feststellbar, und Folgeschäden durch Aufplatzen der Bezüge und herausfliegende Teile können verhindert werden.

Fazit

Insgesamt hat sich die Schadenshäufigkeit an elastischen Kalandervalzenbezügen deutlich reduziert (Abb. 14).

Ebenso haben sich die Schadensbilder verändert. Der häufigste Grund für einen Walzenwechsel ist in Barring-Phänomenen zu suchen, gefolgt von mechanischen Zerstörungen. Safir™-Bezüge zeigen die besten Laufeigenschaften und längsten Schleifintervalle aller am Markt verfügbaren Kunststoffbezüge.