

Neue Beschichtungen auf Basis Cellulose mit Intumeszenz-Eigenschaften

F. Gähr*, M. Schürer**

*Institut für Textilchemie und Chemiefasern

Körschtalstraße 26, 73770 Denkendorf

**Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen

Meißner Ring 1-5, 09599 Freiberg

1. Einleitung

Durch Brände entstehen weltweit riesige Schäden, sowohl an Personen als auch an Sachgütern. So sterben in Europa pro Jahr über 5000 Menschen in Folge von Bränden; die materiellen Schäden liegen allein in Deutschland bei ca. 6,5 Milliarden DM pro Jahr [1]. Der Wunsch nach Artikeln mit flammhemmenden oder selbstverlöschenden Eigenschaften wird daher in vielen Bereichen immer größer. Dies bedeutet für viele wichtige Industriezweige wie z.B. den Fahrzeugbau (Auto, Kabinenbahnen etc.), die Textil- und Lederindustrie wie auch Holz und Kunststoffe verarbeitende Betriebe, sich mit der Erforschung und Weiterentwicklung von Flammenschutzsystemen und der Markteinführung entsprechend ausgerüsteter Artikel intensiv zu beschäftigen.

Aus preislichen Gründen, Komfortgründen und einigen weiteren Gründen scheidet die Verwendung an sich unbrennbarer Materialien (Aramid, Polyimid, Keramikmaterialien, Glasfasern etc.) für den Einsatz in breiterem Rahmen meist aus. Kostengünstiger ist es, Materialien, die an sich brennbar sind, flammhemmende oder selbstverlöschende Eigenschaften zu verleihen. Hierfür gibt es prinzipiell mehrere Möglichkeiten:

a) Zugabe flammhemmend wirkender Additive

Wichtige Additive sind Aluminiumtrihydrat [2], Organohalogenverbindungen [2,3] oft auch kombiniert mit Antimonoxiden [4], organische und anorganische Verbindungen des Phosphors [5-7] und - weniger häufig eingesetzt - Bor- [8] und Schwefelverbindungen [9]. Jede dieser Ausrüstungen hat spezifische Vor- und Nachteile. Nachteile können sein toxikologische Eigenschaften der Additive oder auch die Veränderung der Bulk-Eigenschaften des zu schützenden Polymermaterials [10,11].

b) Aufbringen einer thermischen Barrierschicht (z.B. PTFE-Dispersionen).

Derartige PTFE-beschichtete Textilien sind selbstreinigend und unbrennbar. Im Vergleich zu PVC-beschichteten Geweben ist die PTFE-Beschichtung weniger elastisch und vor allem gravierend teurer [12,13].

c) Intumeszenz-Materialien [14-16]

Intumeszierende Systeme sind eine relativ neue Entwicklung, um Artikeln sehr gute flammhemmende Eigenschaften zu verleihen. Die Funktionsweise von Intumeszenz-Materialien beruht nach allgemeiner Ansicht darauf, dass sich im Brandfalle relativ rasch eine voluminöse, aufgeblähte Schicht aus oxidationsunempfindlichem Kohlenstoff um das zu schützende Grundmaterial bildet, die zum einen den weiteren Zutritt von Sauerstoff und den Austritt von Pyrolysegasen unterbindet, zum anderen aber auch den Hitzezutritt zu tieferen Schichten verhindert [17,10,11].

Systeme mit Intumeszenz-Eigenschaften enthalten in der Regel eine carbonisierende oder kohlebildende Komponente, eine latente, katalytisch wirkende Säure, ein Treibmittel, das unter Hitzeeinwirkung z.B. Stickstoff und Ammoniak entwickelt, sowie noch eine Reihe weiterer Komponenten wie funktionelle Füllstoffe, Bindemittel, Weichmacher. Appliziert werden diese Komponenten meist in Form einer streichfähigen Masse, mit der der zu schützende Artikel bestrichen oder beschichtet wird.

In den ersten publizierten Arbeiten diente als carbonisierender Stoff eine spezielle, unter Hitzeeinwirkung expandierfähige Graphitmodifikation [18]. Während der letzten Jahre haben jedoch verstärkt bestimmte Polyole Beachtung gefunden (z.B. Pentaerythritol), die unter Hitzeeinwirkung und bei Anwesenheit einer dehydratisierend wirkenden Komponente rasch und vollständig carbonisieren, kombiniert mit Melamin oder Derivaten des Melamins als aufschäumend wirkende Komponente.

Trotz der unbestritten hervorragenden flamm-schützenden und hitzeisolierenden Eigenschaften der Intumeszenz-Systeme ist deren Einsatz bislang beschränkt auf wenige Bereiche. Hierzu gehören in erster Linie spezielle Anwendungen im Bau- [19] und Kunststoffsektor (Kabelisolierungen [20]). Der Einsatz in vielen anderen Bereichen, und dies betrifft hauptsächlich die Textil- und Kunststoffindustrie und deren potenzielle Abnehmer (v.a. Automobil), ist zwar angedacht worden (z.B. [21]), bislang jedoch aufgrund mehrerer ungelöster Probleme noch nicht umgesetzt worden.

Probleme bei bisher existierenden Intumeszenz-Beschichtungen sind

- a) die zumeist mangelhafte Haftung am Grundmaterial, die einen Einsatz für viele Gebrauchsgüter, die z.T. mehrere Waschprozesse oder Scheuer- und Knickbeanspruchung aushalten müssen, unmöglich macht,
- b) der notwendige Einsatz spezieller Bindemittelsysteme zur Haftungsverbesserung geht einher mit starken Einbußen in den Komforteigenschaften,
- c) die mangelhafte Flexibilität der Beschichtung, die hohe Mengen an Weichmacherzusätzen erforderlich macht
- d) sehr hohe Auftragsmengen, um z.B. bei Arbeitsschutzanzügen gute Effekte zu erzielen, wobei jedoch inakzeptable Tragekomforteigenschaften erhalten werden.

- e) die Zumischung aus vielerlei Einzelkomponenten, woraus relativ hohe Kosten entstehen
- f) unzureichende Wasserbeständigkeit [22]

Es ist offensichtlich, dass die aufgeführten Nachteile einen Einsatz intumeszierender Materialien v.a. im Textil- und Kunststoffbereich unmöglich machen, da man es hier zumeist mit flexiblen Materialien zu tun hat, die zudem einen gewissen Komfort bieten sollen. Ideal wäre daher eine Intumeszenz-Beschichtung, die auch ohne Binder-Zusätze eine gute Haftung an vielen natürlichen und synthetischen polymeren Grundmaterialien aufweist.

Das Ziel muss es daher sein, die komplex aufgebauten Zumischungen bisher bekannter intumeszierender Systeme (Säurebildner, carbonisierende Komponente (Polyol), Treibmittel, halogenhaltige Komponente, thermoplastische Matrix mit viel Weichmacher) mit all den skizzierten Nachteilen durch ein einfacheres Beschichtungssystem zu ersetzen. Die zu entwickelnden Intumeszenz-Beschichtungen müssen hierbei insbesondere folgende Eigenschaften aufweisen:

- hervorragende FlammSchutzwirkung auf verschiedensten Materialoberflächen
- gute Haftung auf diesen Oberflächen; kein Bindereinsatz
- Gewährleistung einer gewissen Flexibilität und eines ausreichenden Komforts
- verbesserte Wasserbeständigkeit
- einfache Applikation mittels der in der Praxis gängigen Auftragssysteme

2. Voruntersuchungen mit Cellulosederivaten

Es konnte gezeigt werden, dass sich intumeszierende Systeme relativ einfach auf Basis von Cellulose erzeugen lassen. Die Cellulose übernimmt hierbei die Rolle eines Polyols aus bekannten Intumeszenz-Systemen, d.h. im Brandfalle wird durch Einwirkung einer säureabspaltenden Komponente die Cellulose zum Kohlenstoff dehydratisiert. Bei gleichzeitiger Anwesenheit eines Melamin- oder Triazinderivats gelingt es, diesen Kohlerückstand (Entwicklung von Stickstoff und Ammoniak) stark aufzublähen. Voraussetzung war, dass es gelingt, Cellulose- bzw. Cellulosederivat-Lösungen herzustellen, die die für entsprechende Beschichtungen erforderlichen rheologischen Eigenschaften aufweisen.

Bis vor kurzer Zeit war es allerdings nach dem Stand der Technik nicht möglich, Beschichtungsmassen auf Cellulosebasis herzustellen. Dies hatte seinen Grund in der Schwerlöslichkeit der Cellulose in gängigen Lösungsmitteln. In der Technik gibt es zwar etablierte Verfahren zur großtechnischen Verarbeitung von Celluloselösungen, die hierfür notwendigen Verfahrensschritte zur Lösungsherstellung bzw. Verarbeitung sind jedoch ungeeignet, um Beschichtungen herzustellen. So ist etwa beim Viskoseverfahren, dem technisch wichtigsten Prozess zur Verarbeitung von Celluloselösungen, die Applikation der alkalischen Xanthogenatlösung als Beschichtung aufgrund der hohen Toxizität des Schwefelkohlenstoffes völlig undenkbar. Beim Aminoxidverfahren wird der Zellstoff zunächst in einem Gemisch aus N-Methylmorpholin-N-oxid und Wasser bei hoher Temperatur und unter Druck gequollen. Durch Abdestillieren von Wasser aus dem ternären System wird eine Auflösung der Cellulose erreicht. Aufgrund der hohen Verarbeitungstemperatur, der Aggressivität des Lösemittels und der schwierigen Entfernung des Lösemittels kann eine konventionelle Textilbeschichtung auf Basis dieser Celluloselösungen nicht durchgeführt werden. In der US-Patentschrift 4,302,252 [23] wird ein Verfahren beschrieben, bei dem Cellulose in N,N-Dimethylacetamid (DMA) oder 1-Methyl-2-pyrrolidon unter Zusatz von 10 Gew.% LiCl gelöst wird. Zur Erreichung von Cellulosekonzentrationen >4 Gew.% muss die Cellulose partiell hydrolysiert und aufwändig mit Lösungsmitteln voraktiviert werden. Eine kommerzielle Nutzung kann aufgrund der komplizierten Verfahrensgestaltung ausgeschlossen werden.

Am Institut für Textilchemie und Chemiefasern wurde nun ein Verfahren entwickelt, Cellulosederivate, die nach einer speziellen Syntheseführung hergestellt werden und eine nahezu vollkommen amorphe Struktur aufweisen, in gängigen Lösemitteln aufzulösen und daraus Beschichtungslösungen herzustellen [24].

Als Cellulosederivate wurden Celluloseester, insbesondere Celluloseacetat, Celluloseformiat, Cellulosepropionat, Cellulosebutyrat, Cellulosecarbamat und Cellulosemaleat in die Untersuchungen miteinbezogen. Es hat sich in einem Screening gezeigt, dass ausschließlich das Cellulosecarbamat zur Herstellung von Beschichtungen mit Intumeszenzeigenschaften geeignet ist. Die anderen genannten Derivate wiesen keinerlei Flammschutz- bzw. Intumeszenzeffekte auf. Aus diesem Grund konzentrierten sich die sich daran anknüpfenden Arbeiten im Projekt ausschließlich auf die Herstellung geeigneter Beschichtungsmassen aus Cellulosecarbamat, deren Charakterisierung, Verarbeitung und Optimierung hinsichtlich der Intumeszenz. Die experimentellen Grundlagen hierzu sind im Schlussbericht zum Projekt nachzulesen, der über das Institut für Textilchemie und Chemiefasern zu beziehen ist.

3. Ergebnisse

3.1 Intumeszenz-Beschichtung von Textilmaterialien

Es wurde manuell mittels Rakelsystem am Labdryer der Fa. Mathis beschichtet und zwar mit folgenden Auftragsdicken: 500, 250, 120 und 60 μm . Trocknung je nach Schichtdicke zwischen 60 und 80 °C bis die Beschichtung sich trocken anfühlt. Als Materialien wurden folgende Gewebe eingesetzt:

- Baumwollkörper, entschlichtet, gebleicht, ca. 190 g/m^2
- Polyestergerewebe, 120 g/m^2
- Polyamid 6-Gewebe, 106 g/m^2
- Polypropylengerewebe

Elektronenmikroskopische Aufnahmen

Die morphologische Charakterisierung der Beschichtungen erfolgte mittels elektronenmikroskopischer Aufnahmen (Rasterelektronenmikroskop der Firma Zeiss vom Typ DSM 962). Aus den Beschichtungsquerschnitten können Erkenntnisse zur Homogenität der Schichten und zur Haftung gewonnen werden.

Wie die nachfolgenden elektronenmikroskopischen Aufnahmen zeigen, konnten einige sehr gute Beschichtungen hergestellt werden.

Die beispielhaft dargestellte Cellulosecarbammat-Beschichtung auf Polyamid bildet, wie in Abbildung 1 zu sehen ist, eine schöne, homogene Schicht, die zum Teil in das Gewebe eindringt, wodurch eine sehr gute Haftung der Beschichtung auf dem Gewebe erreicht wird.

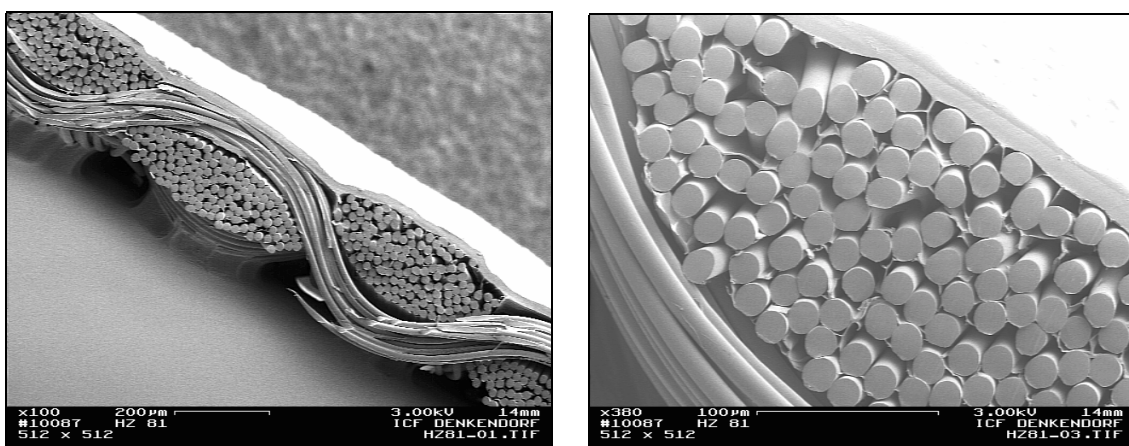


Abbildung 1: Cellulosecarbammat auf Polyamid, Auftragsdicke: 500 μm
8 Gew.% Cellulosecarbammat in DMA mit 4 Gew.% Lithiumchlorid

Beschichtungshaftung

Die Haftung der Carbamatbeschichtung ist je nach Substrat sehr verschieden. Wie erwartet ist die Haftung mit zunehmendem Gehalt an funktionellen Gruppen des Substrats besser. Es ergibt sich daher folgende Abstufung:

Baumwolle > Polyamid > Polyester > Polypropylen

Auf Polypropylen haftet die Carbamatbeschichtung, unabhängig von der gewählten Auftragsdicke, so gut wie überhaupt nicht. Durch eine Behandlung des Polypropylengewebes in einem Sauerstoff-Niederdruckplasma kann die Haftung etwas verbessert werden; sie ist jedoch immer noch deutlich unter den Werten, die von handelsüblichen Beschichtungen erwartet werden.

Auf Polyester ist die Haftung relativ gut. Haftungsprobleme können jedoch, wie auf den anderen Substraten auch, dann auftreten, wenn witterungsbedingt eine hohe Luftfeuchtigkeit vorherrscht. Die Carbamatbeschichtung weist eine gewisse Hygroskopizität auf, die dazu führt, dass die sich die Beschichtung bei feuchter Raumluft leicht ablösen lässt.

Prüfung auf Intumeszenz

Die beschichteten Gewebe sowie auch der PES-Vlies und der Viskosefilz zeigten insbesondere ab einer Auftragsdicke von 250 µm bei der Brennprüfung nach DIN 54333 (Horizontalbrenntest) und DIN 54336 (Vertikalbrenntest) kein Weiterglimmen von der angezündeten Kante des Materials mehr.

Hinsichtlich des angestrebten Intumeszenz-Effektes, d.h. der Beobachtung einer Aufblähung der Beschichtung hin zur Bildung einer Kohlenstoffschicht auf den Materialien, ist festzustellen, dass hierzu mindestens eine Auftragsdicke von 250 µm, besser jedoch 500 µm, notwendig ist. Die Intumeszenz tritt mit der Carbamatbeschichtung unabhängig vom Grundmaterial ein. Die sich bildende Kohlenstoffschicht schützt das darunterliegende Substrat vor weiterer Hitzeeinwirkung und Zerstörung (siehe Abbildungen 2a und b).

Erstaunlich ist, dass diese Intumeszenz bereits mit einer reinen Carbamatbeschichtung eintritt, d.h. es sind keine weiteren Zusätze nötig, um diese Carbonisierung der Beschichtung auszulösen.



3.2 Intumeszenz-Beschichtung von Kunststoffbahnen und Leder

Folgende Substrate wurden mit der entwickelten Carbamatbeschichtung flammhemmend ausgerüstet:

- eine TPO-Trittschutzfolie für die Automobilausstattung (kompakte Schicht, Flächenmasse 468 g/m²)
- ein PVC-Polsterkustleder (kompakter Deckstrich, Schaumzwischen-schicht, PES-Trikot, Gesamtflächenmasse 565 g/m²)
- PUR-Polsterkustleder (kompakter Deck- und Haftstrich, Baumwoll-Polyester-Gewebe, Gesamtflächenmasse 335 g/m²)

Die Direktbeschichtungen wurden am Labcoater Typ LTE-S (Fa. Mathis) mit dem Walzenraker aufgetragen. Die Carbamatlösung wurde mit Auftragsstärken von 60, 120, 250 und 500 µm auf die Substrate aufgebracht und für jedes Substrat die geeigneten Trocknungsbedingungen erarbeitet. Da bei den Kunstledern die Textiltrückseite relativ leicht brennt, ist bei einem Teil der Versuche auch die Rückseite mit Carbamatlösung beschichtet worden.

In Tabelle 1 sind sowohl die technologischen Parameter für die Carbamatbeschichtung der TPO-Folie als auch die bei den Brandprüfungen erzielten Ergebnisse zusammengefasst. Aus den Prüfwerten geht hervor, dass die unbeschichtete TPO-Folie keine der 3 Brandnormen erfüllt. Während mit einem Auftrag der Carbamatlösung von 0,06 mm sowohl die Anforderungen der DIN 75200 (Brennrate < 100 mm/min) als auch der DIN 4102 B2 Flächenbeflammung (Brennzeit mind. 20 Sekunden) erreicht werden, ist bei Kantenbeflammung lt. DIN 4102 B2 mindestens ein Auftrag von 0,12 mm (ca. 20 g/m²) erforderlich.

Aus Tabelle 2 gehen die technologischen Parameter der Carbamatbeschichtung des PVC-Kunstleders und die mit diesem Substrat erzielten Brandergebnisse hervor.

Tabelle 1: Brennverhalten der TPO-Folie nach Rakelauftrag der Carbamatlösung

Trocknung pro Auftrag: 20 – 95 Minuten bei 90 °C

Beschichtung Spalt [mm]		Auflage [g/m ²] Σ	DIN 75200 Brenngeschwindigkeit [mm/min]	DIN 4102 B2 Brennzeit [s] bis 150 mm	
OS	RS			Fläche	Kante
Ohne Auftrag		-	211	15-20*)	<15*)
0,5		45-56	Erloschen	Erloschen	34-47*)
0,25	0,25	44-56			21-48*)
0,25		21-35	Erloschen	Erloschen	27-40*)
0,12	0,12	25-38			28-45*)
0,12		17-20	67	40-45*)	20-25*)
0,06	0,06	18	68	25-59*)	<15-19*)
0,06		10	87	25-30*)	<15-19*)

*) brennend abfallend

Tabelle 2: Brennverhalten von PVC-Kunstleder nach Rakelauftrag der Carbamatlösung

Trocknung pro Auftrag: 20 – 60 Minuten bei 90 °C

Beschichtung Spalt [mm]		Auflage [g/m ²] Σ	DIN 75200 Brenngeschwindigkeit [mm/min]	DIN 4102 B2 Brennzeit [s] bis 150 mm	
OS	RS			Fläche	Kante
Ohne Auftrag		-	Erlöschen	18-23	<15
0,5		53-55		Erlöschen	
0,25	0,20	65-68			Erlöschen
0,25		24-26		Erlöschen	16-18
0,12	0,20	57-65			17-19
0,12		13-17	Erlöschen	Erlöschen	<15-16
0,06	0,20	40-44			15-20
0,06		10-13	Erlöschen	30-50	<15

Das PVC-Kunstleder erlischt bereits ohne flammhemmende Ausrüstung bei Prüfung nach DIN 75200. Die Anforderung lt. DIN 4102 B2 wird bei Flächenbeflammung nach einem Auftrag von 0,06 mm auf der Oberseite, aber bei Kantenbeflammung erst nach einem Auftrag von 0,25 mm auf der Oberseite sowie einem Rückseitenauftrag von 0,2 mm (geringster, möglicher Spalt) bzw. nach 2 Aufträgen von je 0,25 mm auf der Oberseite erfüllt. Dementsprechend resultiert eine gegenüber der TPO-Folie wesentlich höhere Carbamatauflage von ca. 55-65 g/m².

In Tabelle 3 sind die mit PUR-Kunstleder durchgeführten Versuche sowie die dabei erhaltenen Ergebnisse aufgelistet.

Tabelle 3: Brennverhalten von PUR-Kunstleder nach Rakelauftrag der Carbamatlösung

Trocknung pro Auftrag: 15 – 20 Minuten bei 150 °C

Beschichtung Spalt [mm]		Auflage [g/m ²] Σ	DIN 75200 Brenngeschwindigkeit [mm/min]	DIN 4102 B2 Brennzeit [s] bis 150 mm	
OS	RS			Fläche	Kante
ohne Auftrag		-	85	39-50	<15
0,5	0,15	44			Erlöschen
0,5		15-20	Erlöschen	Erlöschen	15
0,25	0,15	24-39			<15-18
0,25		10-13	Erlöschen	Erlöschen	<15

Vom PUR-Kunstleder werden unausgerüstet sowohl die DIN 75200 (Brennrate < 100 mm/min) als auch die DIN 4102 B2 Flächenbeflammung (Brennzeit > 20 Sekunden) erfüllt. Allerdings wird bei Kantenbeflammung die B2 erst nach 2 Oberseitenaufträgen der Carbamatlösung von je 0,25 mm sowie einem Rückseitenauftrag von 0,15 mm (geringster, möglicher Spalt) erreicht. Durch die sehr aufnahmefähige Textilrückseite resultiert eine Carbamat-Gesamtauflage von > 40 g/m².

4. Zusammenfassung und Diskussion

Der Intumeszenz-Effekt ist durch die Carbamatbeschichtung auf allen untersuchten Substraten, auch ohne Zusätze, zu erzielen. Die herkömmlichen Brenntests erfüllen die beschichteten Materialien ab einer bestimmten Auftragsdicke (250 µm und größer). Die ab dieser Auftragsdicke zu beobachtende Intumeszenz, d.h. die Bildung einer aufgeblähten Schicht aus Kohlenstoff, schützt bei direkter Flammen- oder Hitzeeinwirkung das darunter sich befindliche Material vor Zerstörung.

Probleme treten auf hinsichtlich:

- mangelnder Haftung der Beschichtung auf Synthesefasermaterialien ohne ausreichende Funktionalitäten wie v.a. Polypropylen,
- Hygroskopizität der Carbamatbeschichtung, die zu einer Verminderung der Haftung bei hoher Raumfeuchtigkeit führt,
- schlechter Wässerungsstabilität, d.h. die Intumeszenz geht nach einmaliger Wässerung des Materials fast vollständig verloren,
- Die zur Intumeszenz notwendigen Auftragsmengen können je nach Material zu einer mehr oder weniger deutlichen Verschlechterung der Griffeigenschaften führen,
- Die Verwendung des Hochsieders DMA als Lösemittel führt zu langen Trocknungszeiten der Beschichtung.

Während die Carbamatschicht z.B. auf PUR-Kunstleder haftet, wurde auf der TPO-Folie sowie dem PVC-Kunstleder nur eine Haftfestigkeit < 0,1 N/cm erreicht. Auch durch Modifizierung der Substratoberflächen (Corona, Gasphasenfluorierung) konnte keine wesentliche Verbesserung erzielt werden. Aus diesem Grund wurden für den kleintechnischen Versuch sowie den Eigenschaftsvergleich vor/nach der flammhemmenden Ausrüstung das PUR-Kunstleder ausgewählt worden.

In Vorbereitung des kleintechnischen Versuches wurden Optimierungsarbeiten zur Minimierung der Carbamatauflage auf PUR-Kunstleder durchgeführt. Durch Kombinieren von Druck- und Rakelaufträgen wird mit einer Gesamtcarbamatauflage von max. 25 g/m² die Brandklasse B2 lt. DIN 4102 erfüllt.

Beim Eigenschaftsvergleich des PUR-Kunstleders mit und ohne Intumeszenz-Beschichtung tritt mit Ausnahme der Lichtehtheit und dem Trend im Dauerfaltverhalten keine wesentliche Verschlechterung der Parameter entsprechend der Materialspezifikation ein. Gleichzeitig wird von dem Material die Brandklasse B2 lt. DIN 4102 erreicht.

Zur Verbesserung der Wässerungsbeständigkeit wurde versucht, eine Steigerung derselben durch Zusätze von Nanocomposites zu erzielen. Einbezogen in die Untersuchungen wurden

- Schichtsilikate wie z.B. SKS-6
- Zeolithe und Aerosile
- Bentonite

Während sich mit den aus alkalischen Grundstoffen (z.B. Wasserglas) herzustellenden (Alumo-)silikaten wie SKS-6 und Zeolithen eher eine Verschlechterung des Effekts gab, was so weit führte, dass die Intumeszenz völlig unterdrückt wurde, konnte doch bei Zusatz von Bentoniten eine deutliche Verbesserung der Wässerungsbeständigkeit beobachtet werden. Offensichtlich führt der Zusatz alkalisch reagierender Substanzen wie SKS-6 zu einer Unterdrückung der Carbonisierung der Cellulose. (Gewöhnliche Intumeszenz-Systeme enthalten aus diesem Grund latente Säuren wie z.B. Hydrogenphosphate etc.)

Zur Umgehung des Problems der wegen des verwendeten hochsiedenden Lösemittels DMA auftretenden langen Trocknungszeiten wurden 2 Alternativen ausgearbeitet:

a) Verwendung eines wässrigen Koagulationsbades

Indem die Ware sofort anschließend an die Beschichtung durch ein Wasserbad geführt wird, koaguliert das Cellulosecarbammat und ein Großteil des DMA wird ausgewaschen. Die erhaltene Ware kann innerhalb relativ kurzer Zeit getrocknet werden.

b) Verwendung von ca. 5 gew.%iger Natronlauge als Lösemittel und anschließende Koagulation der Carbamatbeschichtung in verdünnter Schwefelsäure.

Danksagung

Wir danken dem Forschungskuratorium Textil e.V. für die finanzielle Förderung des Forschungsvorhabens (AIF-Nr. 77 ZBG), die aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto-von-Guericke“ e.V. (AIF) erfolgte.

Der Schlussbericht ist über das Institut für Textilchemie und Chemiefasern, Körschtalstraße 26, 73770 Denkendorf (Direktor: Prof. Dr. F. Effenberger) zu beziehen.

Literaturverzeichnis:

- [1] Müller T: Thor "technical bulletin" Nr. 2000/02
- [2] Weil E D, Grayson M (ed), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., Vol. 10, Wiley Interscience, New York, 1980
- [3] Larsen E R: J. Fire Flammability/Fire Retard. Chem. 1 (1974), 4
- [4] Mod. Plast. 61 (1984), 62
- [5] Frisch K C, Reagan S L: Flame Retardant Polymeric Materials, Vol. 1, Lewin M, Atlas S M, Pearce E M (eds), Plenum Press, New York, 1975, S. 295
- [6] Drews M J, Barker R H: J. Fire Flammability 5 (1974), 116
- [7] Einsele U: Melliand Textilber. 59 (1978), 157
- [8] Chamberlain D L, Kuryla W C, Papa A J (eds), Flame Retardancy of Polymeric Materials, Vol. 4, Marcel Dekker Inc., New York, 1978, S. 109
- [9] Wolf R, Ind. Eng. Chem. Prod. Dev. 20 (1981), 413
- [10] Troitzsch, J.: Taschenbuch Kunststoffadditive 1990, Teil Flammschutzmittel
- [11] Anonym: Plastverarbeiter 49(1998)12, S.44
- [12] Rupp, J.: ITB Vliesstoffe-Technische Textilien 1/95, S.6-13
- [13] Anonym: Techtexil-Telegramm 39(1995), Ausgabe D vom 11.12.1995: Textilbau des Jahres
- [14] Kandola B K, Horrocks R: Complex Char Formation in Flame-Retardant Fiber/Intumescent Combinations, Textile Res. J. 69 (1999), 374-381
- [15] Mohr A: Intumeszierende feuerhemmende Dispersionsbeschichtungen, Farbe & Lacke 1996,60-62
- [16] Chang W H, Scriven R L, Boss R B in Ref. [5] S. 411
- [17] Hörold,S.; Walz, R.: Kunststoffe 89(1999)8, S.104-106

- [18] Dow Chemical Comp., US 3,574,644
- [19] Busse U: Holztechnologie (1987) 5, 227-229
- [20] Will J, Hosser D: vfdb Zeitschrift Forschung und Technik (1999) 2, 54-63
- [21] Bolton Intitute, GB 2279084
- [22] Schilling, B.: Kunststoffe 87(1997)8, S.1004-1006
- [23] ITT, US 4,302,252
- [24] Inst Textil & Faserforschung DE 103 44 396