

Zeitschrift: Mittex : die Fachzeitschrift für textile Garn- und Flächenherstellung im deutschsprachigen Europa

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung von Textilfachleuten

Band: 97 (1990)

Heft: 4

Rubrik: Chemiefasern

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 31.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Chemiefasern

Neue Entwicklung von flammhemmenden Geweben für Sicherheitstextilien

Wie aus Fachzeitschrift-Veröffentlichungen, bei Fachmes- sen und Vorträgen zu entnehmen ist, werden laufend inten- sive Versuche unternommen, für den Militär-, Raffinerie-, Feuerwehrbekleidungssektor entsprechende Gewebe zu vertretbaren Kosten zu konstruieren, die folgende Eigen- schaften auf Dauer aufweisen müssen, da bekanntlich diese Art von Geweben einer enormen Belastung ausgesetzt ist.

- maximaler und bleibender Schutz gegen Hitze und Feuer
- gute Hitzeisolation
- hohe Gewebefestigkeit
- hohe Dimensionsstabilität
- hohe Scheuerfestigkeit
- ausgezeichnete Trageeigenschaften

Bisher war es nicht möglich, alle angeführten Eigenschaften in einem Produkt zu vereinen.

Wenn man Gewebe aus 100% Aramiden herstellt, ist zwar der entsprechende Hitzeschutz erreichbar, aber die Trageei- genschaften z.B. sind ungünstig (zu heiss und atmet nicht gut). Der Preis ist zu hoch.

Um die Trageeigenschaften zu verbessern, wird z. B. Viskose FR beigemischt. Dies geht auf Kosten der in den meisten Fäl- len unbedingt notwendigen Strapazierfähigkeit bzw. Gewe- befestigkeit.

Ähnlich ist die Situation bei Polyimid/Viskose-FR-Geweben (gute Trageeigenschaften, jedoch keine günstige Gewebe- festigkeit sowie Strapazierfähigkeit).

In beiden Fällen sind ausserdem die Materialkosten und so- mit die Kosten der Bekleidung zu hoch.

Aufgrund der sehr guten Trageeigenschaften wird bei Mili- tär und Feuerwehr nach wie vor Bekleidung aus 100% Baum- wolle (mit und ohne FR-Ausrüstung) bevorzugt. Die Gewe- befestigkeit sowie die Dimensionsstabilität entsprechen heute nicht mehr den hohen Anforderungen. Durch eine dauerhafte FR-Ausrüstung von reinen Baumwollgeweben muss man heute mit einem Festigkeitsverlust von 20 - 30% rechnen.

Beimischungen von Aramiden haben nicht die gewünschten Resultate gebracht. Die Kosten des Gewebes sind jedoch er- heblich angestiegen.

Das in der Textilindustrie bereits gut bekannte DREF-3-Frik- tionsspinnsystem (Abb. 1) mit seinen vielseitigen Anwen- dungsmöglichkeiten, speziell entwickelt von Dr. Fehrer für den Bereich der Hochleistungsfasern, bietet u. a. die Mög- lichkeit einer Garnkonstruktion in einem Arbeitsgang, bei der alle erforderlichen Eigenschaften im Gewebe zu erstaun- lich günstigen Kosten erreicht werden.

Zum Beispiel

Hochleistungs-FR-Gewebe für Militärbekleidung ca. 300 g/m², Kette und Schuss, Nm 40/2, 35% Kevlar 1,7 dtex gerissenes Band 120 - 150 mm, 65% Baumwolle kardiert. Bei Garnen gröber als Nm 40 kann der Kevlaranteil reduziert werden.



Abb. 2

Durch die Verwendung von Kevlar im Kern und Baumwolle im Mantel (Streckwerk II) des Garnes werden die guten Ei- genschaften der jeweiligen Fasern vollständig genutzt.

Die p-Aramidfaser Kevlar hat eine sehr hohe Festigkeit und Stabilität; durch die parallele Lage der Faser im Kern des Gar- nes werden diese Eigenschaften voll genutzt; Baumwolle im Mantel des Garnes mit den bekannt guten Eigenschaften für den Tragekomfort, ausserdem im Gegensatz zu Aramid sehr gut färb- und bedruckbar.

Durch die flammhemmende Ausrüstung des Gewebes mit «Pyrovatex-CP Konz.» wird ein bleibender flammhemmen- der Schutz garantiert, ohne an Festigkeit zu verlieren. Nach Bedarf kann für den Mantel des Garnes ebenso Viskose FR verwendet werden.

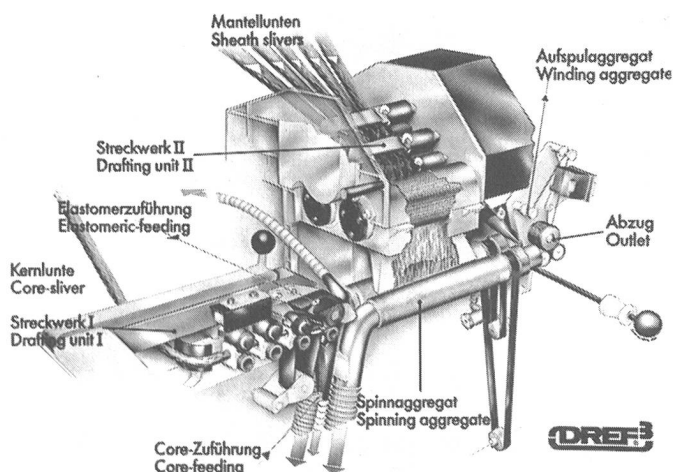


Abb. 1

Anwendungstechnische Daten

1. Garn: Nm 40
Kern: p-Aramid Band 1,7 dtex
120 – 150 mm, gerissen 35%
Mantel: Baumwolle kardiert 65%
Produktionsgeschwindigkeit: 150 m/Min.
Festigkeit: 40 cN/tex
Dehnung: 3,5%
2. Gewebe: 280 g/m²
Kette und Schuss: Nm 40/2 450 T/m
Kette: 29 Fd/cm
Schuss: 21,5 Fd/cm
Bindung: Köper 2/2
- Ausrüstung: permanent flammhemmend (Pyrovatex),
öl- und wasserabweisend ausgerüstet
und Chemikalienschutz (DIN 32763)
Brennklasse Sa laut DIN 54336/66083

Durch die DREF-3-Technologie wird die Kernfaser bei der erwähnten Garnkonstruktion vollständig mit der im Mantel verwendeten Baumwolle abgedeckt. Die Scheuerfestigkeit liegt weit über den derzeit verwendeten Gewebekonstruktionen für Militär und Feuerwehr.

Durch die Verwendung von maximal 35% Kevlar und 65% Baumwolle (bei Nm 40) sind, obwohl alle erforderlichen Eigenschaften für den erwähnten Einsatzbereich übertroffen werden, die Kosten im Vergleich zu anderen bekannten FR-Geweben um 20 – 40% niedriger.

Gewebe dieser neuen Generation wurden an der Tectextil, Otemas und ATME im Jahre 1989 von Fehrer vorgestellt (Abb.2).

Interessenten können für eigene Laborversuche entsprechende Mustergewebe erhalten.

H. Minichshofer
Textilmaschinenfabrik Dr. Ernst Fehrer AG
A-4021 Linz

	Kette	Schuss
Reissfestigkeit (N)	2550	2100
Bruchdehnung (%)	13,4	8,0
Weiterreissfestigkeit (N)	151	145

Entwicklungen mit flammhemmenden Polyesterfasern für Heimtextilien

Die Chemiefaserkrise des letzten Jahrzehnts in den Industrieländern hat zu verstärkten Anstrengungen in der Forschung und Entwicklung der grossen Faserhersteller geführt. Neben Rationalisierungsmassnahmen versuchte man vor allem über die Entwicklung neuer Produkte die Krise zu meistern. Dabei versuchte man auch in Einsatzbereiche vorzustoßen, die nicht so sehr von der Mode bestimmt wurden

und damit nicht so sehr saisonalen Schwankungen unterworfen waren. Neben industriellen Einsatzgebieten eröffnete ein gesteigertes Sicherheitsbewusstsein Möglichkeiten für Entwicklungen auch bei Chemiefasern.

In meinem Referat werde ich nach einem allgemeinen Überblick über die Möglichkeiten zur Herstellung von flammhemmenden Textilien speziell auf die Entwicklung flammhemmender Polyester- und Viskosefasern eingehen. Die Möglichkeiten ihres Einsatzes im Heimtextilien- und Verkehrsmittelbereich werden diskutiert.

	Baumwolle FR	Wolle FR	Modacryl	Polyvinyl- chlorid	Polychlal	Polyester FR	Viscose FR	Aramid
Trademarks® e.g.	Proban, Pyrovatex	Zirpro	Kanekaron	Clevyl	Cordelan	TREVIRA CS	Danufil CS	Nomex, Conex
Festigkeit	++	++	0	0	++	+++	0	+++
Scheuerfestigkeit	0	++	++	++	++	+++	0	++
Dimensionsstabilität, Schrumpfung	0	0	++	++	++	+++	0	+++
Echtheiten	+++	++	++ ²⁾	++	++	+++	+++	0 ²⁾
Stabilität gegen UV-Abbau	0	++	++	++	++	+++	0	0
Verarbeitbarkeit	+++	++	++	++	++	+++	++	++
Färbbarkeit, Farb- beeinflussung	++	++	++	++	++	+++	+++	0
Wasch-, Reinigungs- verhalten	0	++	++	++	++	+++	0	+++
Schwerbrennbarkeit	+++	++	++	+++	+++	+++	++	+++
Rauchentwicklung ¹⁾	++	0	++	+++	++	+++	0	+++
Toxizität der Rauchgase	+++	0	0	0	++	+++	+++	+++

Skala:
+++ sehr gut
++ gut
0 mässig

¹⁾ +++ low
++ mittel
0 hoch

²⁾ sehr gut bei Spinnfärbung

Abb. 1: Flammhemmende Textilien

1. Möglichkeiten zur Herstellung von flammhemmenden Textilien

Ursprünglich hatte man nur über Ausrüstungen die Möglichkeit, flammhemmende Textilien herzustellen. Für gewisse Einsatzgebiete ergeben sich jedoch Probleme, die nur mit permanent flammhemmenden Artikeln, wie modifizierten Chemiefasern, gelöst werden können. So ist es z. B. bei vielen Textilien mit praxisgerechten Mitteln unmöglich, die Anzahl der durchgeführten Wäschen während ihrer Lebensdauer zu kontrollieren. Bei ausgerüsteten Textilien ist man daher nie sicher, wie weit diese wirklich noch flammhemmend sind, selbst wenn die Permanenz der Ausrüstung über eine gewisse Anzahl von Wäschen garantiert wird. Reproduzierbare Ergebnisse bei der Ausrüstung verlangen eine strikte Kontrolle der einzelnen Chargen; der Anfall von Partien, die nachausgerüstet werden müssen, kann nach Aussagen von Herstellern bis zu 50% gehen.

Alle diese Schwierigkeiten lassen sich durch den Einsatz permanent modifizierter Chemiefasern vermeiden. Hier sind verschiedene Typen am Markt, deren Eigenschaften in Abb. 1 sehr grob gegenübergestellt sind.

gewisse Brenntests gilt das Schmelzverhalten von Polyester FR und Modacryl als Nachteil, wie z. B. beim Brenntest für Sitzmöbel in England nach BS 5852. Dies kann jedoch durch einen geeigneten Sitzaufbau wieder ausgeglichen werden.

Der Rauchentwicklung und der Toxizität der Rauchgase wird in letzter Zeit verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet. Hier gilt weltweit die Flugzeugindustrie als führend. Von Airbus Industries wurden erstmals Grenzen für verschiedene Bestandteile in ATS 1000.001 angegeben, um die Giftigkeit der Rauchgase zu limitieren. Einige Werte sind in Abb. 2 angegeben.

Diese theoretisch ermittelten Grenzwerte geben aber oft nicht reale Ergebnisse wieder. Diese können eher bei «Tests in vivo» mit Ratten erhalten werden. Hier seien einige Ergebnisse eines finnischen Wissenschaftlerteams angeführt, die in Abb. 3 dargestellt sind.

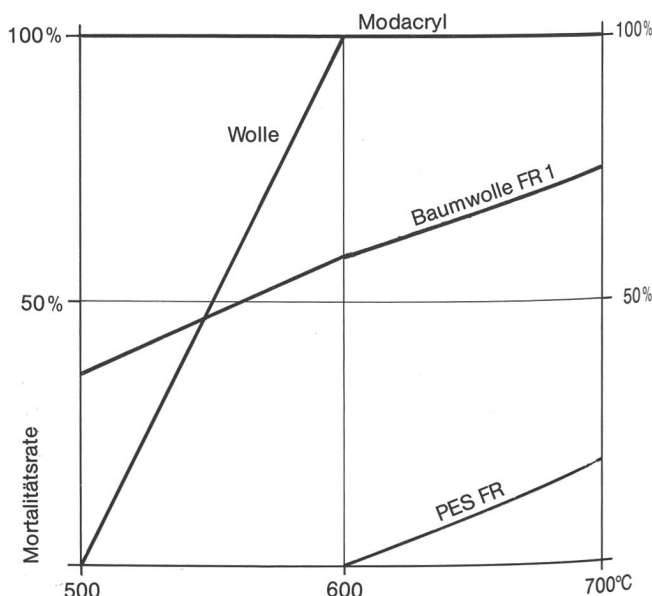
Hier sieht man den starken Einfluss der Verbrennungstemperatur. Wolle und Baumwolle verhalten sich bei niedrigen Temperaturen noch günstig, bei höheren Temperaturen wird aber sofort eine Mortalitätsrate von 100% erreicht.

	min	HCN		CO		NO		SO ₂		HCl		HF		D _{Si2} (4,0 min)
		1,5	4,0	1,5	4,0	1,5	4,0	1,5	4,0	1,5	4,0	1,5	4,0	
Zirpro-Wolle	g	7	20	13,5	40	0	0	0	0	0	0	0	0	56
Modacryl	g	63	58	10,0	15,0	0	11	0	2,5	450	388	0	0	87
®TREVIRA CS	g	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4
Airbus Limit	g	100	150	3000	3500	50	100	30	100	50	500	30	30	200
Zirpro-Wolle	b	20	53	106	222	0	0	4	T	C	0	0	0	78
Modacryl	b	100	125	50	230	38	23	2	1	25	25	0	0	190
®TREVIRA CS	b	0	0	23	40	0	0	0	0	0	0	0	0	14,3
Airbus Limit	b	100	150	3000	3500	50	100	30	100	50	500	30	30	200

g = glimmend
b = brennend

Abb. 2: Brandgas- und Rauchmessung nach ATS 1.000.001 (ppm)

Auch ausgerüstete Wolle und Baumwolle sind mit einbezogen. Bei den Ausrüstungen und den Fasern, die einen hohen Anteil an Modifizierungsmitteln benötigen, werden die technischen Daten deutlich beeinflusst. Dies ist z. B. bei Festigkeit und Dimensionsstabilität bzw. Schrumpf festzustellen. Die Verarbeitbarkeit ist normalerweise sehr gut, jedoch sind gewisse Fasern nur mit speziellem Know-how und nicht nach allen Verfahren zu verarbeiten. Eine Ausnahme bildet hier nur die Baumwolle, die normalerweise erst im Stück ausgerüstet wird, und Polyester FR, das keinerlei Verarbeitungseinschränkungen unterliegt, da es sowohl als Spinnfasern, Kabel, Filamentgarn und Füllfaser angeboten wird. Die Spinnfasern können nach jedem Spinnsystem verarbeitet werden. Deutliche Einbußen muss man bei vielen Typen hinsichtlich der Färbbarkeit bzw. bei den Ausrüstungsmitteln hinsichtlich Farbverschleierung hinnehmen. Auf die Permanenz der Ausrüstungen wurde schon eingegangen. Die Schwebbrennbarkeit wurde danach bewertet, inwieweit eine Vielzahl von Prüfverfahren erfüllt werden. So zeigt Zirpro-Wolle zwar ein ausgezeichnetes Verhalten in Kleinbrenntests, bei grösseren Zündquellen, wie z. B. der deutschen Baunorm DIN 4102, B1 oder auch beim französischen Standard, erfüllen Dekostoffqualitäten jedoch normalerweise nicht die Norm. Ähnliches gilt für Modacryl und Wolle FR. Für



(R. Kallonen et al., Journ. of Fire Sciences, Vol. 3 (1985) 145 ff.)

Abb. 3: Toxizität der Brandgase bei unterschiedlichen Temperaturen

2. Flammhemmende Polyesterfasern

Wie schon vorne erwähnt, zeigen flammhemmende Polyesterfasern eine Reihe von positiven Eigenschaften, die sie prädestiniert für eine Reihe von Einsatzgebieten erscheinen lassen. Hoechst kann mit der Entwicklung von Trevira CS («C» steht für Comfort, «S» für Sicherheit) eine Faser anbieten, die allen Marktforderungen gerecht wird. Die flammhemmende Modifizierung gelingt relativ leicht mit phosphororganischen Verbindungen. Die flammhemmende Wirkung setzt sich aus zwei Komponenten zusammen. Als thermoplastisches Material kann Polyester zuerst aus kleineren Flammen wegschmelzen, so dass es relativ schwierig zu einer Zündung kommt. Bei Einwirkung grösserer Flammen verhindert die Phosphorkomponente ein Weiterbrennen der Schmelztropfen, indem die Pyrolysegaszusammensetzung beeinflusst wird. Durch diesen Doppelmechanismus wird ein ausgezeichnete Flammschutz schon mit relativ geringen Modifizierungsmengen erreicht. Dadurch werden auch die Fasereigenschaften nur geringfügig verändert, wie in Abb. 4 dargestellt ist.

®TREVIRA CS PESunmod.

Schmelzpunkt	°C	252	256
Glasübergangstemperatur	°C	78	80
Spezifisches Gewicht	g/cm ³	1,38	1,38
Höchstzugkraft	cN/tex	39 – 45	45 – 60
Höchstzugdehnung	%	25 – 41	25 – 55
Faserscheuerung	Touren	2000 – 2800	2800 – 3500
Feuchtigkeitsaufnahme	%	0,4	0,4
Kochschumpf	%	<1	<1
Heissluftschumpf	%	5 – 11	7,5 – 12
Färbbarkeit		dispers, tieffärbend	dispers, normalfärbend

Eigenschaften von ®TREVIRA CS

Neben den technischen Daten ist hier vor allem die, gegenüber Normalpolyester, verbesserte Färbbarkeit anzuführen. Dadurch wird die Faser auch in Einsatzgebieten verwendet, wo eine Flammhemmung nicht benötigt wird, wie z.B. bei Badezimmermatten. Hier wird die Faser als Differential-dye-Type eingesetzt. Trevira CS wird in einer Vielzahl von Titern, Schnittlängen, als Kabel und als Filamentgarn angeboten. Sie ist nach allen üblichen Verfahren zu verarbeiten und zu färben. Lediglich beim Pigmentdruck ist Vorsicht geboten, da der Pigmentbinder das Brennen begünstigen kann.

3. Einsatzmöglichkeiten flammhemmender Polyesterfasern bei der Raumausstattung

Der grosse Erfolg, den flammhemmende Polyesterfasern weltweit im Markt erzielen können, beruht sicherlich auf zwei Faktoren. Dazu gehört natürlich, dass die Standards der einzelnen Länder für die Entflammbarkeit von Raumtextilien erfüllt werden. Dazu gehören z.B. NFP 92 507, M1 in Frankreich, BS 5867, Part 2, Type C in Grossbritannien, NFPA 701 in den USA. In Deutschland haben Textilien aus Treviera CS als einzige Stoffe aus Synthefasern ein generelles Zertifikat nach DIN 4102, B1 in der Gewichtsklasse von 40 bis 700 g/m².

Der zweite Punkt ist die Entwicklung einer Vielzahl von Garn- und Stoffqualitäten, die es ermöglichen, allen Designwünschen gerecht zu werden und damit einen hohen textilen Komfort in den Räumen zu gewährleisten. Heute ist es ohne weiteres möglich, die gesamte textile Raumausstattung mit flammhemmenden Stoffen vorzunehmen. In Abb. 5 sind diese Artikel aufgeführt.

Vorhänge	Möbelstoffe
Gardinen	Wandbespannungen
Faltjalousetten	Textiltapeten
Vertikallamellen	Bürotrennwände
Bühnenvorhänge	Dekorationsvliese
Indoor-Markisen	Tischdecken
Betttextilien	Matratzenbezüge
Steppdecken/Kissen	Bettüberdecken
Gerauhte Schlafdecken	

Abb. 5: Raumtextilien aus ®TREVIRA CS

Bei Vorhangstoffen bewährt sich die hervorragende Farbechtheit, die hohe Beständigkeit gegen UV-Abbau – wir fanden bei 1500 Xenoteststunden nur ca. 10% – die Dimensionsstabilität und die Pflegeeigenschaften. Der grösste Anteil der flammhemmenden Polyesterfasern wird in diesem Bereich eingesetzt. Das Angebot reicht von leichten Voiles und Architektentüllen über strukturierte Inbetweens bis zu Dekostoffen in allen Ausführungen. Buntgewebte Ware, Jacquards, Uni-Stückfärber oder Drucke bis zu hochwertigen skandinavischen Dessins sind im Programm zu finden. Selbst schwere, lichtdichte Velours für Theater-vorhänge werden angeboten.

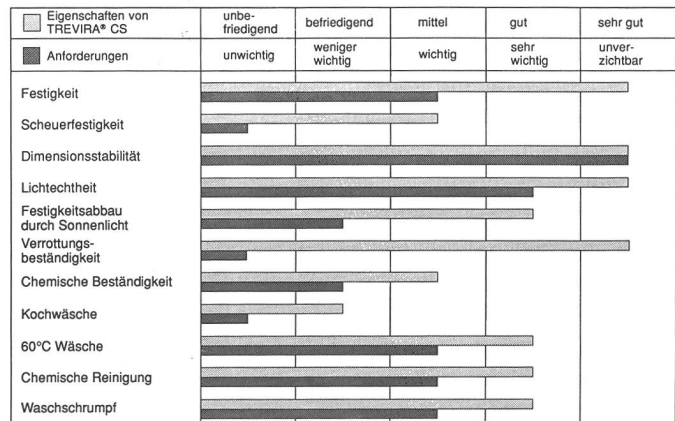
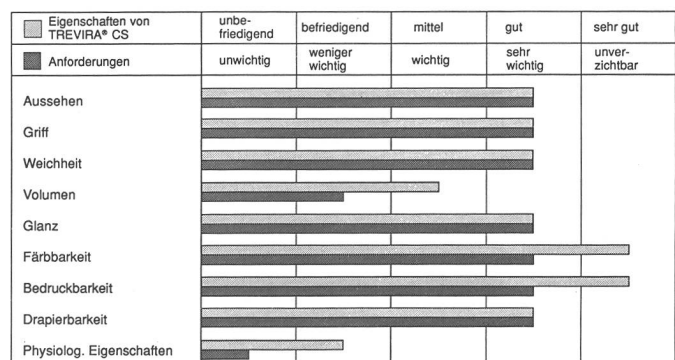


Bild 6 und 7: Anforderungsprofil für Vorhänge (1) + (2)



Ein weiteres wichtiges Ergebnis wurde nach einem über ein Jahr laufenden Praxistest gefunden. Dabei zeigte es sich, dass leichte Gardinenstoffe aus flammhemmenden Polyesterfasern selbst nach Verschmutzung durch Staub und Rauch nach DIN 4102, B1 schwerbrennbar blieben. Gleichzeitig aufgehängte Gardinen aus Normalpolyester, die im Neuzustand diese Brennorm erfüllen können, brannten dagegen ab.

Das gesamte Anforderungsprofil für Vorhänge ist in Abb. 6 und 7 den Eigenschaften von Trevira CS-Artikeln gegenübergestellt.

Neben dem Fensterkleid werden flammhemmende Polyesterfasern inzwischen auch in Hotels, Bürogebäuden etc. auch als Raumteiler und Wandbespannungen verstärkt eingesetzt. Hier werden besonders die gute Scheuerfestigkeit mit zum Teil 85 000 Touren beim Martindale-Test sowie die gute Lichtechtheit positiv bewertet. Zur besseren Schall- und Wärmedämmung können Wandbespannungen auch mit Vliesstoffen aus flammhemmenden Polyesterfasern hinterfüttert werden.

Auch bei Möbelstoffen hat Trevira CS inzwischen einen bedeutenden Marktanteil errungen. Bei der Konstruktion sind allerdings Vorkehrungen zu treffen, um eine Pillingbildung

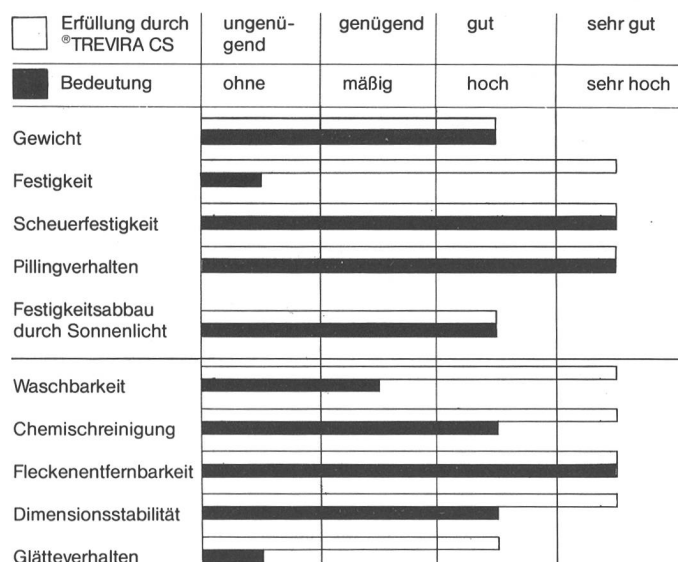


Abb. 8: Anforderungsprofil für Sitzbezüge in Flugzeugen
a) Technische Anforderungen

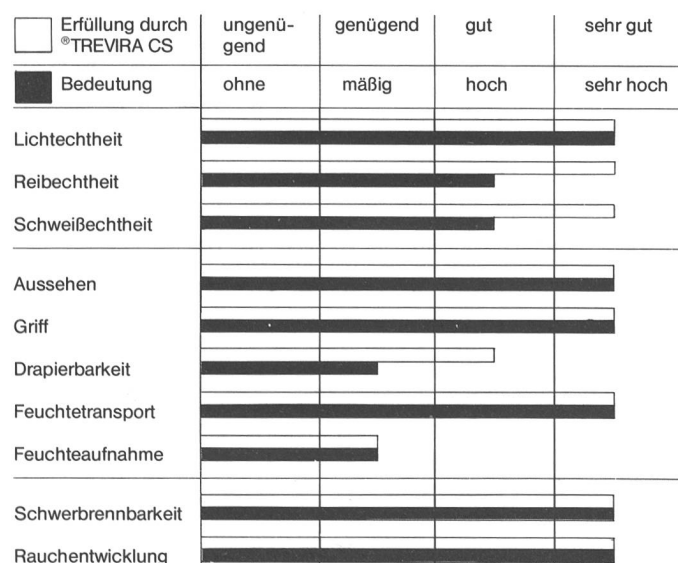


Abb. 9: Anforderungsprofil für Sitzbezüge in Flugzeugen
b) Andere Anforderungen

zu vermeiden, da es bis jetzt noch keine pillarmen Typen gibt. Dafür erhält man aber Stoffe mit ausgezeichneten Scheuerverten, die sich im härtesten Bereich, nämlich dem Bürostuhl, schon bestens bewährt haben. Beispielhaft ist in Abbildung 8 und 9 das Anforderungsprofil an Möbelstoffen im Flugzeugsbereich dargestellt.

Man sieht, dass Artikel aus Trevira CS diese Anforderungen bestens erfüllen.

Durch das breite Angebot von Garnen gibt es auch keine Einschränkung bei der Konstruktion der Sitzbezüge. U. a. gibt es auch Sitzbezüge mit Chenillegarnen aus Trevira CS, die ein sehr angenehmes Sitzgefühl erlauben. Durch den allgemeinen Sitzaufbau und den guten Feuchtettransport von Trevira-CS-Stoffen wird ein ausgezeichnete Sitzkomfort erzielt.

Grosses Interesse an flammhemmenden Fasern besteht auch für Bettenausstattungen. Im Objektbereich sind besonders Heime, geriatrische und psychiatrische Kliniken, Intensiv- und Pflegestationen wie auch Hotels von Bettenbränden betroffen, die entweder absichtlich oder aber auch durch Unachtsamkeit oder verminderte Reaktionsfähigkeit ausgelöst werden.

Dies hat in England und z. T. in Skandinavien und Frankreich dazu geführt, dass schwerbrennbare Bettenausstattungen für die Objektbereiche vorgeschrieben sind, um Risiken für Menschen und Material zu reduzieren. Wichtig ist allerdings, dass sowohl Matratze, Bettwäsche als auch Kopfkissen und Bettdecke schwer brennbar sind und in dieser Kombination einen gemeinsamen Brenntest überstehen.

Daher wurde eine Reihe von Bettenbrennversuchen durchgeführt, um optimale Materialkombinationen zu finden. So können jetzt flammhemmende Bettenausstattungen angeboten werden, die durch Zigarette und Streichholz nicht in Brand gesetzt werden können. Dazu gehören eine Matratze aus flammhemmendem Schaum, Matratzenbezüge und Bettwäsche aus flammhemmenden Polyesterfasern in 100% oder in Mischung mit flammhemmenden Viskosefasern.

Für spezielle Zwecke gibt es zur Komplettierung wasserdichte, beschichtete Betteinlagen, Rau- und Häkeldecken sowie Tagesdecken, die ebenfalls schwerbrennbar sind.

Diese Textilien wurden in der Zwischenzeit über ein Jahr lang in der normalen Krankenhauspraxis getestet. Das Urteil der Krankenhausverwalter und Wäschereileiter ist eindeutig positiv. Die Textilien sind komfortabel für die Patienten, pflegeleicht und waschbeständig. Zum Teil konnten in der Wäscherei hohe Kostenersparnisse erzielt werden.

Dr. Heiner Zimmermann
Hoechst AG, Frankfurt



«XTOL» – die neue Generation von Acetat

«XTOL», ein Courtaulds-Filament-Yarns-Produkt, hebt sich besonders durch seine guten Färbbeeigenschaften und Farbechtheiten von den anderen Diacetatgarnen ab. Dem aus Zellulose hergestellten «XTOL» bleiben dabei die natürlichen positiven Eigenschaften wie natürlicher Glanz, fließender Fall, keine statische Aufladung, Atmungsaktivität erhalten.

«XTOL» lässt sich bei Kochtemperatur färben, ohne dass ein Festigkeits- oder Glanzverlust eintritt. Dank dieser Eigenschaft kann «XTOL» auch mit energieintensiven Dispersionsfarbstoffen gefärbt oder bedruckt werden, die eigentlich für Polyester gedacht sind. Diesen verdankt «XTOL» auch hervorragende Farbechtheitswerte in der Wäsche, besseren Farbausfall und gute Abrieb- und Schweißsechtheitswerte.



«XTOL» in einem Mantel von Jaeger

Darüber hinaus lassen sich Kombinationen mit anderen Fasern wie Polyacryl, Baumwolle, Polyamid und Seide leicht färben. Wird «XTOL»-Garn zusammen mit Viskose-Krepp-Garn verwoben, ist eine Gewebeentschlichtung bei höheren Temperaturen möglich. Ähnlich kann im Mischgewebe mit Seide entbastet werden, ohne dass «XTOL» seinen natürlichen Glanz verliert.

Textilphysikalische Daten:

Hergestellte Titer:	61, 84, 110, 133, 167, 220, 330 dtex
Max. Färbetemperatur:	100 °C
Festigkeit:	11 – 13,5 g/tx
Dehnung:	20 – 32 %
Schrumpf:	2 %
Schmelzpunkt:	205 °C
Feuchtigkeitsaufnahme:	24 %
Feuchtigkeitsaustausch:	6 %
Spezifisches Gewicht:	1,32 g/cc

«XTOL» gelangt in der Weberei und Strickerei zum Einsatz.

Courtaulds Filament Yarns Ltd, GB-Derby
Ernst Obrist AG, 8065 Zürich

Europa-Premiere für «Thermo-man»

«Thermo-man», Du Ponts System zum Testen der Flammbeständigkeit, wird auf der diesjährigen Techtextil-Fachmesse in Frankfurt zum ersten Mal in Europa vorgeführt. Der gezeigte «Thermo-man» ist nur eine der drei weltweit vorhandenen Testpuppen und wird insbesondere für den Vergleich der Flammfestigkeit von Schutzbekleidung aus «Nomex» III mit solcher aus anderen Materialien eingesetzt.

«Thermo-man» ist eine Testpuppe aus mit Glasfasern verstärktem Epoxidharz, ausgerüstet mit 122 Wärmeflussensoren und einer Datenerfassungsstation. Im Rahmen spektakulärer Vorführungen auf der Techtextil wird «Thermo-man» zunächst mit einem Anzug aus flammhemmend imprägnierter Baumwolle eingekleidet. Die Puppe wird sodann bis zu 10 Sekunden lang einem Feuer ausgesetzt, das sie völlig in Flammen einhüllt. Dann wird die Puppe mit einer Kombination aus «Nomex» III eingekleidet und ebenfalls bis zu 10 Sekunden lang dem Feuer ausgesetzt. Das Datenerfassungssystem zeichnet den Temperaturanstieg an der Puppe auf, und ein Computer berechnet die Auswirkung des Feuers auf den Körper und die Eindringtiefe der Verbrennung. Diese Daten werden graphisch dargestellt und veranschaulichen den Grad der Verbrennungen an der Oberfläche des menschlichen Körpers.

Die Ergebnisse des «Thermo-man»-Tests beweisen eindeutig die überlegenen Flammseigenschaften der Schutzbekleidung aus «Nomex» III. Zum Beispiel im Vergleich zu Geweben aus flammhemmend ausgerichteter Baumwolle ist der Verbrennungsgrad wesentlich geringer, und er beschränkt sich zudem auf eine geringere Körperfläche. Die Feuerfestigkeit der Du-Pont-Meta-Aramidfaser «Nomex» III ist schon in die molekulare Struktur der Faser selbst eingebaut und deshalb beständig. Sie kann durch Auswaschen oder Abtragen der Schutzbekleidung nicht beeinträchtigt werden. Ein weiterer Vorteil ist die chemische Beständigkeit: «Nomex» III widersteht Säuren, die Baumwollbekleidung in Sekunden zerstören würden.



Abb. 2

Schutzbekleidung aus «Nomex» III ist auch haltbarer und trägt ganz erheblich zur Kosteneinsparung bei, weil sie um das Mehrfache länger als solche aus Baumwolle getragen werden kann. Diese Vorteile haben dazu geführt, dass Du Ponts Meta-Aramidfaser von Sicherheitsexperten aus Industrien, in denen sicherer Feuerschutz gefordert ist, für Arbeitsbekleidung bevorzugt wird.

«Nomex»: das Produkt

«Nomex» ist eine eingetragene Handelsmarke für Du-Pont-Meta-Aramid-Stapelfasern, Filamentgarne und Papiere. Diese aromatischen Polyamide zeichnen sich durch die Kombination hoher Temperaturbeständigkeit mit ausgezeichneten mechanischen und elektrischen Eigenschaften aus. Die Materialien sind daher für eine grosse Palette von Anwendungen, angefangen bei Schutzbekleidungen und Heissgasfilteranlagen, über elektrische Isolierungen bis hin zu leichten Waben (Honeycomb) für Verbundwerkstoff-Strukturen geeignet.

Eigenschaften

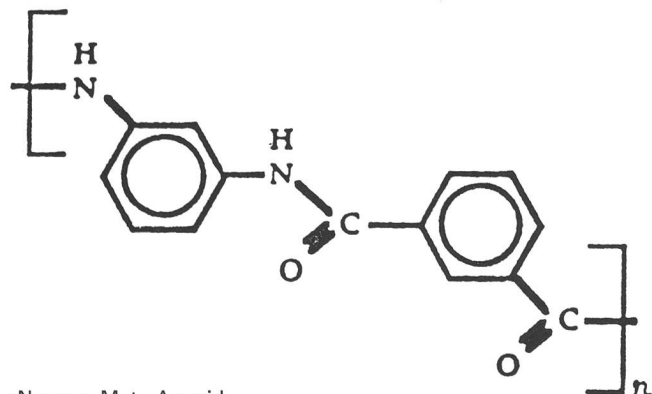
«Nomex»-Meta-Aramidfasern

- unterstützen keinen Verbrennungsvorgang
- sind in Luft selbstverlöschend
- erzeugen nur sehr wenig Rauch
- zeichnen sich durch ausgezeichnete Hochtemperatur-Oxidationsstabilität aus
- weisen hervorragende elektrische Isoliereigenschaften auf
- zeigen mit den meisten Chemikalien und Lösungsmitteln nur eine sehr geringe Reaktionsbereitschaft
- sind korrosionsbeständig
- sind nicht toxisch

Chemie

Aramid ist der Oberbegriff für Polymere und Fasern aus aromatischen Polyamiden. Diese Polymere sind Nylon-ähnlich, doch bestehen die Ketten hier nicht vorwiegend aus linearen Elementen, sondern aus Ringmolekülen, die dem Benzolring gleichen. Diese Ringe haben sechs Positionen, an denen Substitutionen oder Anschlüsse anderer Teile der Polymerkette vorgenommen werden können.

Aufgrund der sechs Positionen kann die Kohlenstoff-Aramid-Verbindung in benachbarten Positionen (Ortho) in abwechselnden Positionen (Meta) oder in gegenüberliegenden Positionen (Para) auftreten. Jede dieser Alternativen ergibt eine Polymerkette und eine Faser mit unterschiedlichen Eigenschaften.



«Nomex» Meta-Aramid

«Kevlar», eine Para-Aramidfaser von Du Pont, wurde 1971 in den Markt eingeführt und zeichnet sich durch hervorragende thermische und elektrische Eigenschaften sowie hohe Zugfestigkeit, hohen Elastizitätsmodul und Schnittbeständigkeit aus.

«Nomex», das bereits Mitte der 60er Jahre von Du Pont in den Markt eingeführt wurde, ist ein Meta-orientiertes

Aramid, ein Polymer, das durch die Synthese von Isophthallylchlorid (ICL) und Meta-Phenylendiamin hergestellt wird. Die Meta-Orientierung der Kohlenstoff-Aramid-Verbindungen ergibt ein relativ flexibles Molekül und Fasern mit textilen Eigenschaften.

Anwendungsbereiche

Schutzbekleidungen

«Nomex» und «Nomex» III, eine patentierte Mischung aus «Nomex»- und «Kevlar»-Para-Aramidfasern, haben in langjährigem Gebrauch bewiesen, dass ihre Beständigkeit gegenüber Hitze und Flammen wesentlich besser ist als die von flammwidrig ausgerüsteter Wolle oder Baumwolle.

«Nomex» III ist speziell so «konstruiert», dass sich eine maximale Gewebeintegrität bei kurzfristiger, intensiver Brandbelastung ergibt und die kritische Schutzbarriere zwischen der Hitzequelle und der Haut erhalten bleibt.

Ein weiterer Vorteil ist, dass sich die Poren des Gewebes bei thermischer Beanspruchung schliessen und so die Durchlässigkeit für heisse Luft reduzieren. Bei länger andauernder Hitzebeanspruchung quillt das Material um etwa 60 % auf und bildet schliesslich eine feste, verkohlte Oberfläche, die eine optimale Wärmedämmung für den Träger bildet. Das Material ist ferner beständig gegenüber den meisten Chemikalien und Säuren.

Aufgrund dieser Eigenschaften haben sich aus dieser Du-Pont-Aramidfaser hergestellte Schutzjacken und Overalls bei Feuerwehren, in der chemischen Industrie, in Stahlwerken sowie Sprengstoffabriken und beim Militär in grossem Umfange durchgesetzt. Da die Flammbeständigkeit eine inhärente Eigenschaft der Faser selbst ist, lassen sich Gewebe aus «Nomex» und «Nomex» III regelmässig waschen, ohne dass ihre Eigenschaften verlorengehen.

Einige besonders bemerkenswerte Anwendungen

- Overalls aus «Nomex» III sind heute, aufgrund ihrer ausgezeichneten Flammbeständigkeit, Vorschrift für alle Formel-1-Fahrer. Während des Trainings für den 1989er San Marino Grand Prix berührte der Wagen von Gerhard Berger bei einer Geschwindigkeit von 270 km/h eine Wand und ging in Flammen auf. Aufgrund der schnellen Intervention des Rettungsdienstes und des Tragens von Schutzoveralls, Kopfmasken und Unterwäsche aus «Nomex» III erlitt Berger nur einige Verbrennungen an den Händen und konnte bereits innerhalb eines Monats wieder am Rennbetrieb teilnehmen.
- Vor 20 Jahren trugen die Besatzungen des «Apollo»-Fluges Anzüge aus «Nomex». Heute tragen die Shuttle-Besatzungen, aufgrund der hervorragenden Flammbeständigkeits- und Festigkeitseigenschaften beim Start und Wiedereintritt in die Erdatmosphäre Anzüge aus «Nomex» III.
- Viele Beschäftigte in den Ölfeldern der Nordsee tragen Schutzanzüge aus «Nomex» III, die eine optimale Flammbeständigkeit aufweisen und darüber hinaus leicht und bequem zu tragen sind.
- Die hervorstechenden roten Anzüge der Red Arrows, des Kunstflugteams der Royal Air Force, bestehen aus «Nomex» III. Um maximale Sicherheit zu erreichen, ist bei diesen Anzügen wirklich alles aus Meta-Aramidfasern von Du Pont hergestellt: die Rohrleitungen, die Auspolsterungen (Panels), die Verstellvorrichtungen und auch die Abdeckungen der Reissverschlüsse.

Anwendungen in der Filtertechnik

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung des Umweltschutzes werden heute Heissgas-Filterssysteme auf der Basis von «Nomex»-Meta-Aramidfasern in grossem Umfange eingesetzt, um die Umweltbelastung durch kohlegefeuerte Kessel, Schmelzöfen und Müllverbrennungsanlagen zu reduzieren. Leichte, hochdichte Filtertaschen aus «Nomex» sind temperatur- und chemikalienbeständig und weisen eine extrem hohe Dimensionsstabilität auf.

«Nomex» zeichnet sich durch sehr gute Flexibilität und hohe Abriebsbeständigkeit, auch bei maximalen Betriebstemperaturen, aus und behält dabei auch seine hervorragende Dimensionsstabilität. Es verträgt geringe Gehalte an Wasserdampf und ist beständig gegenüber niedrigen Säurekonzentrationen, Alkalien, Fluoriden und den meisten Kohlenwasserstoffen.

Die Heissgas-Filterung mit «Nomex» macht Ausgaben für den Einbau und den Betrieb von Kühlern überflüssig und vermeidet dadurch die Gefahren, die von umfangreichen Korrosionsproblemen aufgrund von Kondensationserscheinungen ausgehen.

Besonders bemerkenswerte Anwendungen

Viele Asphaltwerke in Westeuropa nutzen die Vorteile von Filtertaschen aus «Nomex», wie z.B. störungsfreier Betrieb und geringer Staubgehalt der gefilterten Luft. Die Filtertaschen widerstehen Spitzentemperaturen von 240 °C und können bei Temperaturen von 200 °C im Dauerbetrieb eingesetzt werden.

Elektrische Isolierungen

In Form von Papier oder Presspappe ist «Nomex» ein äusserst vielseitiges elektrisches Isoliermaterial. Die Kombination von elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Meta-Aramid übersteigt im allgemeinen die der meisten anderen Werkstoffe einschliesslich Zellulose und vieler moderner Verbundwerkstofflamine. Aus diesem Grunde werden Isolierwerkstoffe aus «Nomex» in grossem Umfange bei elektrischen Motoren und Transformatoren eingesetzt. «Nomex» bietet den Vorteil einer problemlosen Verarbeitung, zeichnet sich durch hohe Temperaturbeständigkeit und besseren Überlastschutz aus und weist darüber hinaus im allgemeinen eine höhere Lebensdauer auf als andere Werkstoffe.

Bemerkenswerte Anwendungen

Durch den Ersatz von Epoxidharz-imprägniertem Glasfasermaterial durch «Nomex»-Meta-Aramid-Presspappe bei Abstandhaltern und Zwischenlagen konnte Siemens eine Gewichtsersparnis von 45 % bei der Isolation der Transformatoren für den ICE (Inter-City-Express), Hochgeschwindigkeitszug der Deutschen Bundesbahn, erzielen. Jeder der beiden Transformatoren einer ICE-Lokomotive enthält nur 350 kg Meta-Aramid anstelle von 620 kg Glasfaser-Epoxid. «Nomex» wird ferner auch in dem französischen TGV (Train à Grande Vitesse), Hochgeschwindigkeitszug, verwendet.

Du Ponts «Nomex»-Papier befindet sich auch in dem Transformator, der die Hochspannung in die erforderliche, richtige Haus-Netzspannung umwandelt. Die Isolation zwischen der Primär- und der Sekundär-Wicklung sowie dem Kern des Transformators wird, aufgrund der hohen Temperaturbeständigkeit, der geringen, erforderlichen Dicke sowie der leichten Verarbeitung und der hohen Qualitäts-Konstanz, vorzugsweise aus Meta-Aramid hergestellt.

Transformatoren in bedeutenden modernen Bauwerken wie z.B. dem Arche de la Défense in Paris oder dem Turm der

National Westminster Bank in London sind mit «Nomex»-Papier als Isoliermaterial ausgeführt. Wie umfangreiche Prüfungen bewiesen haben, erfüllt das Du-Pont-Meta-Aramid die strengen Brandschutzvorschriften der Elektrizitätsversorgungsunternehmen.

Verbundwerkstoff-Wabenstrukturen (Honeycomb)

Zwischen zwei Deckschichten eingeklebte Wabenstrukturen aus «Nomex» ergeben einen Sandwichwerkstoff, der sich durch ein aussergewöhnlich hohes Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht auszeichnet: Dieses Material weist, je Gewichtseinheit, eine Steifigkeit auf, die neunmal höher ist als die von massivem Stahl. Aufgrund dieser hervorragenden Eigenschaften wird «Honeycomb» aus «Nomex» immer dann in grossem Umfange eingesetzt, wenn Festigkeit und lange Lebensdauer bei einem möglichst geringen Gewicht erzielt werden müssen.

Typische Anwendungen finden sich in der Luftfahrttechnik bei der Innenauskleidung sowie bei äusseren Abdeckungsplatten, bei Verstärkungsplatten in Hochleistungsbooten, bei Hubschrauberrotoren sowie bei Skieren und schlagbeständigen Wandverkleidungen.

Einige besonders bemerkenswerte Anwendungen

Die «Starship», ein modernes, mit zwei Propellerturbinen ausgerüstetes Passagierflugzeug für acht bis zehn Personen der Beech Aircraft Corporation, ist das erste aus Verbundwerkstoffen hergestellte Flugzeug, das jemals die Zulassung der U.S. Federal Aviation Authority erhielt. Bei dieser Maschine wird «Nomex»-Honeycomb für die gesamte tragende Aussenhülle sowie für die Kraftstofftanks verwendet.

Bei modernen Maschinen für die Bedarfsfliegerei wie z.B. der ATR-42, die gemeinsam durch die Aérospatiale, Frankreich, und die Aeritalia, Italien, entwickelt worden ist, trugen die beträchtlichen Gewichtseinsparungen bei der Konstruktion deutlich zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs bei. Mit dem hochfesten «Kevlar»-Para-Aramid von Du Pont hergestellte Laminat-Bahnen, die beidseitig auf einen Wabenkern aus «Nomex» aufgeklebt werden, sind ein bevorzugtes Konstruktionsmaterial, das ein extrem hohes Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht bietet. Dieses Material ist, z.B. bei gleicher Festigkeit, etwa 20 % leichter als Aluminium.

Auch bei dem Airbus A320 sind mehrere Teile aus Verbundwerkstoffen unter Verwendung von «Nomex»-Waben ausgeführt, wie z.B. die Hauptlandeklappen.

Auch bei dem deutschen Experimental-Hochgeschwindigkeitszug «Transrapid 07», der sich z.Zt. im Bau befindet, werden Aramid-Wabenstrukturen verwendet, um Gewicht zu sparen, die hohen Brandschutzanforderungen zu erfüllen sowie eine Langzeit-Schwingungsfestigkeit zu erzielen. Eine Sandwich-Konstruktion aus «Nomex»-Honeycomb-Platten mit einer Dicke zwischen 20 und 60 mm wird in den Seitenwänden und den oberen Kanten der Decke dieses revolutionären Zuges verwendet.

Ein Wabenkern aus «Nomex» trägt zu der Festigkeit und der Spannkraft moderner Ski-Konstruktionen bei und sorgt dafür, dass diese heute leichter sind als je zuvor.

Du Pont de Nemours International S.A.
CH - 1218 Le Grand-Saconnex

ISO 9002 Qualitätsstandard für «Kevlar» in Maydown

Die Du-Pont-Produktionsanlage für «Kevlar»-Para-Aramidfasern in Maydown, Nordirland, wurde durch die Internationale Organisation für Normung (ISO) mit dem begehrten ISO 9002 Qualitätsstandard ausgezeichnet.

Diese Auszeichnung wurde in Anerkennung der effektiven Verfahrenssteuerungssysteme und in der Qualitätssicherungsmassnahmen in der Anlage vergeben und ist ein Beweis für die Gleichmässigkeit des hier hergestellten Produktes sowie für die Bedeutung, die Du Pont dem hohen Qualitätsstandard zumisst.

Alle Aspekte der statistischen Verfahrens- und Produktkontrolle, der Qualitätsüberwachung, der Dokumentation und der Mitarbeiterschulung wurden im Rahmen einer Systemüberprüfung, der sich eine extensive Vorortprüfung anschloss, bewertet. Die erfolgreiche Erfüllung der höchsten Standards führte zu der Vergabe des Qualitätszeugnisses gemäss BS 5750: Teil 2: 1987 und ISO 9002: 1987.

«Kevlar» wird in Maydown seit Mitte 1988 produziert. Die Anlage ist mit einem hochtechnischen Regelungssystem ausgestattet, das alle Stadien der Herstellung bis zum Versand des Produktes überwacht. Die On-line-Verfahrensregelung hat zum Ziel, das Verfahren von Anfang an «auf dem Sollwert» (right first time) zu haben, und sich nicht auf eine Inspektion und anschliessende Korrektur zur Qualitätssicherung zu verlassen.

In Übereinstimmung mit der Sicherheits- und Umwelt-Philosophie von Du Pont wurde der Auslegung und der Konstruktion der Anlage höchste Priorität gegeben, um sowohl die Sicherheit und das Wohlergehen der Mitarbeiter als auch den Schutz der umgebenden Umwelt sicherzustellen.

Die «Kevlar»-Para-Aramidfaser von Du Pont wird in Verbundwerkstoffen für den Bootsbau, die Luft- und Raumfahrt, die Automobilindustrie sowie für Sportgeräte, in Seilen und Kabeln, bei Schutzkleidungen, als Verstärkung in Gummi sowie als Ersatz für Asbest in Dichtungen, Kupplungen und Bremsbelägen verwendet. Von steigender Bedeutung ist die Anwendung von «Kevlar» in faseroptischen und anderen Fernmeldekabeln.

Du Pont de Nemours, International S.A.,
CH - 1218 Le Grand-Saconnex

Non Wovens

FFF-fifulon-Vliesstoffe

Moderne Werkstoffe mit vielfältigen Möglichkeiten

FFF fifulon – unter diesem Warenzeichen sind Vliesstoffe aus der Filzfabrik Fulda GmbH & Co. für die Bekleidungsindustrie und für viele technische Einsatzbereiche rund um die Welt bekannt geworden. Vor mehr als 30 Jahren, im Sommer 1958, wurde bei FFF im Rahmen einer langfristig geplanten Diversifikation die Vliesstoffproduktion aufgenommen. Millioneninvestitionen in neue Technologien und hochmoderne Produktionsanlagen haben seither dazu beigetragen, dass der Vliesstoffbereich der Filzfabrik Fulda heute einer der bedeutendsten Vliesstoffhersteller der Bundesrepublik Deutschland und ein festes «Standbein» des Fuldaer Unternehmens ist.

Waren es vor 30 Jahren ausschliesslich zur Verarbeitung in der Konfektionsindustrie bestimmte Vliesstoffe, die in Fulda hergestellt wurden, so wird seit etwa 15 Jahren auch die Produktion für technische Einsatzgebiete systematisch ausgebaut.

Die FFF-fifulon-Vliesstoffe für technische Einsatzgebiete gliedern sich in fünf Gruppen:

1. Vliesstoffe für Filtrationszwecke (Nass- und Trockenfiltration, Staubsauger und Rasenmäher, Automobilbereich, Zentralheizungen, Lüftungen)
2. Vliesstoffe für die Automobilindustrie (Abdeckvliese für Formteile im Automobilbau, Abdeckvliese für Hutablagen und Radkästen, Einlagen für beheizbare Autositze, Speichervliese, Abdeckvliese für Lautsprecher etc.)
3. Isoliervliese für die Bauindustrie
4. Vliesstoffe für Beschichtungen, Kaschierungen, Laminierungen (Beschichtungsträger für Täschnerwaren, Batterievliese, Schabrackenvliese, Abdeckmaterial für Federkerne)
5. Vliesstoffe für verschiedene Einsatzgebiete (Stempelkissen, Schallplatten, Wurstpellenvlies, Zahnprothesenhaftvlies, Färbemanschetten, Industrie- und Maschinenputztücher etc.)

Die Einsatzmöglichkeiten von fifulon-Vliesstoffen im technischen Bereich sind so vielfältig und so unterschiedlich, dass es unmöglich ist, sie annähernd vollständig hier aufzulisten. Deshalb nur einige Beispiele:

Als Filtermedien in industriellen Entstaubungsanlagen dienen fifulon-Vliesstoffe, je nach Art der anfallenden Stäube mit zusätzlichen Ausrüstungen versehen, der Reinhaltung der Luft. Technische Vliesstoffe werden auch bei der Flüssigkeitsfiltration eingesetzt, wie z. B. bei mit fifulon-Spezialvliesen ausgestatteten Bandfilteranlagen, die Maschinen ständig mit sorgfältig gereinigter Kühlschmieremulsion versorgen.

Die Automobilindustrie nutzt die Eigenschaften von fifulon-Vliesstoffen in vielerlei Hinsicht. Ein voluminöses Abdeckvlies dient z. B. im VW-Golf der Motorraum-Verkleidung und Entdröhnung, Hutablagen und Luftfilter werden aus fifulon-Vliesstoffen geformt, und im VW-Camper vergütet ein feines, aber sehr festes fifulon-Vlies die Oberfläche des Busdachs und macht es widerstandsfähig gegen Wind und Wetter.

Immer stärkeren Einsatz finden fifulon-Vliesstoffe in der Bauindustrie. Bei der Schwimmbad-Isolierung gleicht z. B.

