

DIE ERWEITERUNG DES ANWENDUNGSGBIETES VON PAN-FASERN IN DER STRICK- UND WIRKINDUSTRIE DURCH DIE ENTWICKLUNG DES GARNTYPS PAN-FIL*

Von

L. KÓCZY, V. HAVAS und M. KARAGICS

Lehrstuhl für Textiltechnik und Leichtindustrie, Technische Universität, Budapest

Eingegangen am 21. September, 1978
Vorgelegt von Prof. Dr. M. Jederán

1. Allgemeine Kennzeichen der PAN-fil-Garne

Die im Versuchsbetrieb der Ungarischen Viscosenfabrik (Magyar Viscosagyár) entwickelten PAN-fil-Garne sind Polyakrylnitrilgarne, die mit Filamenten verschiedener Feinheit und aus verschiedenen Grundstoffen verstärkt sind. Das Filament wird in der letzter Phase des Spinnens der Polyakrylnitrilfaser zugeführt, u. zw. mit Hilfe eines speziellen Adapters, der auch zur Spannungsregelung dienen kann. Zuzufolge der angewandten speziellen Technologie bewahrt das Endprodukt den Charakter eines Garnes, jedoch kann es hinsichtlich seiner Struktur und Zusammensetzung als Zweikomponentengarn (Bikomponentengarn) betrachtet werden.

Einige mechanische Eigenschaften des PAN-fil-Garnes, die in bezug auf Gebrauchswert und Verarbeitung günstiger sind als die des Polyakrylnitrilgarnes, lassen sich durch Auswahl der Feinheit sowie des Grundstoffes des zur Verstärkung angewandten Filaments, in verhältnismäßig weiten Grenzen modifizieren. Auch durch Änderung der Spannung des eingeführten Filaments sowie der Drehzahl, können die Eigenschaften des PAN-fils — allerdings in engeren Grenzen — beeinflußt werden. Darüber hinaus bietet die Zweikomponentenstruktur des PAN-fils Möglichkeiten zur Erzielung von Effektwirkungen.

Die Herstellungskosten des PAN-fil-Garns liegen in der gleichen Größenordnung wie die der traditionellen Garne, die günstige, festigkeitserhöhende Wirkung der Komponente erlaubt sogar die Verringerung der Drehzahl, die zu einer Produktivitätssteigerung führen kann.

* Vortrag gehalten an dem XXII. Kongreß der IFWS (Okt. 1977, Borås, Schweden)

2. Eigenschaften einiger PAN-fil-Garne

Um die Eigenschaften der PAN-fil-Garne und die der aus ihnen hergestellten Gestricke darzustellen, wurden drei PAN-fil-Garntypen und zum Zweck eines Vergleiches ein traditionelles PAN-Garn analysiert. Die vier Garntypen waren in Feinheit und Drehung gleich und wurden aus derselben PAN-Faser, aus dimensionstabilisiertem Crumeron^R TX, hergestellt. Die PAN-fil-Garne unterschieden sich von einander in den zur Verstärkung benützten Grundstoffen der Filamente (Tabelle 1).

Tabelle 1

Strukturelle Kennzeichen der Versuchsgarne

Bezeichnung des Garnes	Bestandteile	Lineare Dichte (dtex)	Massenungleichmäßigkeit: U%
PAN	PAN (Crumeron ^R TX) Fasern	356	11,6
PAN-fil(PA)	PAN (Crumeron ^R TX) Fasern, 100/24 dtex PA (Danamid ^R) Fil.	352	9,0
PAN-fil(PE)	PAN (Crumeron ^R TX) Fasern, 100/24 dtex PE Filament	350	9,0
PAN-fil(PP)	PAN (Crumeron ^R TX) Fasern, 100/24 dtex PP (Propil ^R) Fil.	347	9,2

Die einzelnen Festigkeitskennzeichen der Garne ergaben die in Tabelle 2 sowie die in den Abbildungen 1—3 dargestellten Kraft-Dehnungs-Kurven. (In den Abbildungen sind auch die Kraft-Dehnungs-Kurven der zur Verstärkung angewandten Filamente angegeben, um die Analyse ihres Beitrages zur Festigkeit zu ermöglichen.)

Tabelle 2

Einige charakteristische Festigkeitskennzeichen der Versuchsgarne

Bezeichnung des Garnes	Spezifische Festigkeit [cN/dtex]	Bruchdehnung ϵ (%)	Anfangsmodul E_0 [cN/dtex]
PAN	1,24	19,9	30,8
PAN-fil(PA)	2,18	22,5	19,4
PAN-fil(PE)	1,88	24,1	23,7
PAN-fil(PP)	1,92	22,8	47,2

Aus den Versuchsangaben ist eindeutig ersichtlich, daß die Festigkeitswerte der untersuchten PAN-fil-Garne um 50 bis 70% höher liegen, als die des PAN-Garnes, was hinsichtlich ihrer Verarbeitung und ihres Gebrauchswertes von Bedeutung ist. Die etwas höheren Dehnungswerte der

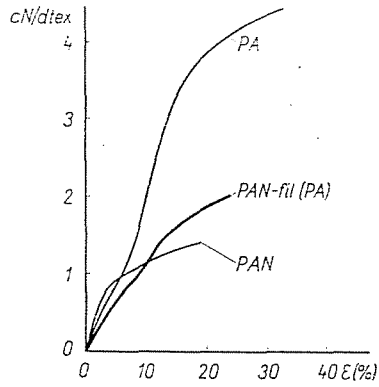


Abb. 1. Kraft-Dehnungs-Diagramme des PAN-fil(PA)-Garnes und seiner Komponenten

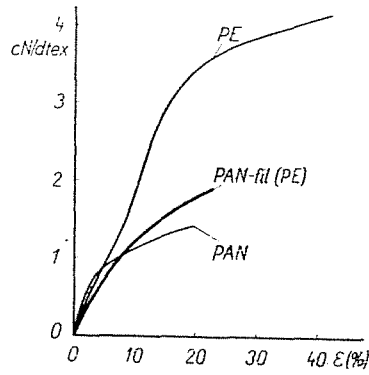


Abb. 2. Kraft-Dehnungs-Diagramme des PAN-fil(PE)-Garnes und seiner Komponenten

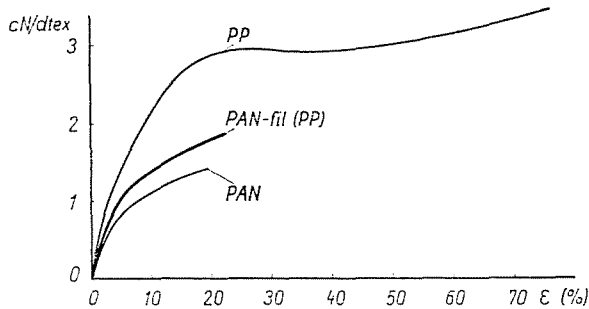


Abb. 3. Kraft-Dehnungs-Diagramme des mit PP verstärktem PAN-fil(PP)-Garnes und seiner Komponenten

PAN-fil-Garne sind von einem gewissen Gesichtspunkt aus ebenfalls als günstig zu betrachten.

Die Messungen des Anfangsmoduls ergaben für PAN-fil(PA) und PAN-fil(PE) niedrigere Werte als für die PAN-Garne. Der kleinere Anfangsmodul ist vor allem für Gewebe als günstig zu betrachten, da man daraus auf einen weicheren Griff und schöneren Fall derselben schließen kann. Aus demselben Grund erweist sich der kleine Anfangsmodul auch für Maschenwaren höherer Dichte als vorteilhaft.

Das Elastizitätsverhalten der Versuchsgarne wurde bei quasi-statischen Bedingungen mit kurzzeitiger Belastung von 3, 6 und 9 cN/tex untersucht.* Durch eine Analyse der Entlastungsperioden der Ermüdungszyklen wurden die Komponenten der auf Wirkung der einzelnen Belastungen eintretenden Dehnung (ε_{δ}) bestimmt. Abb. 4 zeigt die absoluten Werte der Dehnungskomponenten, während die prozentuellen relativen Werte derselben in den Abb. 5 und 6 dargestellt sind.

Aus den Abbildungen kann festgestellt werden, daß die PAN-fil-Garne unter der angewandten Beanspruchung ein äußerst gutes Elastizitätsverhalten zeigten. Während unter der Versuchsbeanspruchung das PAN-Garn — besonders unter höherer Belastung — eine wesentliche bleibende Dehnung (ε_m) erlitt, war die bleibende Dehnung der PAN-fil-Garne gering, gelegentlich gleich 0. (Die beste Elastizität war bei PAN-fil(PP) zu beobachten.) Bei

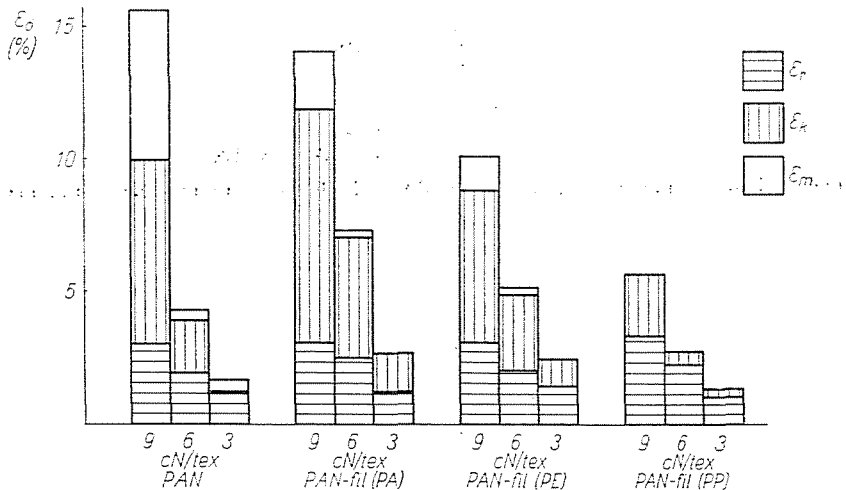


Abb. 4. Dehnungswerte (ε_{δ}) und Dehnungskomponenten bei verschiedenen spezifischen Belastungen: ε_r — momentane elastische Dehnung; ε_k — verzögerte elastische Dehnung; ε_m — bleibende Dehnung

* Die Belastungsgeschwindigkeit bei der Ermüdungsbeanspruchung betrug ungefähr 1 (cN/tex)/10 s: eine Erholungspause war nach der Entlastung nicht eingeschaltet.

quasi-statischen Bedingungen und unter kurzzeitiger Zugbeanspruchung erweist sich also das Elastizitätsverhalten der PAN-fil-Garne günstiger als das des PAN-Garnes.

Das Verhalten der Versuchsgarne wurde auch unter Dauerbelastung untersucht, da dies von praktischer Bedeutung ist. Unter Anwendung einer Dauerbelastung von 1 bzw. 2 cN/tex, weiterhin einer Belastungszeit von 15

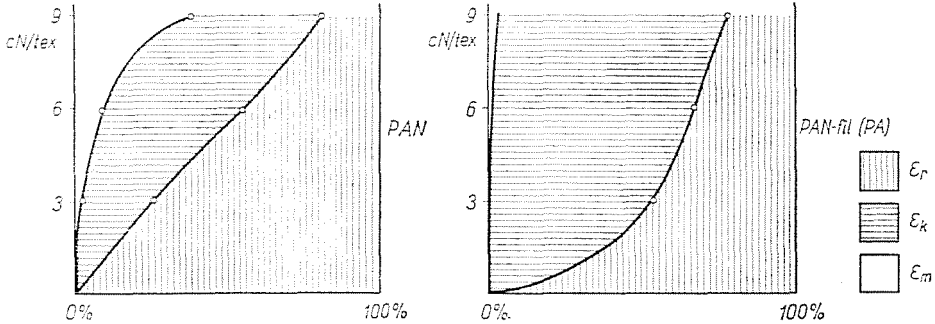


Abb. 5. Verlauf der relativen Werte der Dehnungskomponenten der PAN- und PAN-fil(PA)-Garne bei verschiedenen spezifischen Belastungen

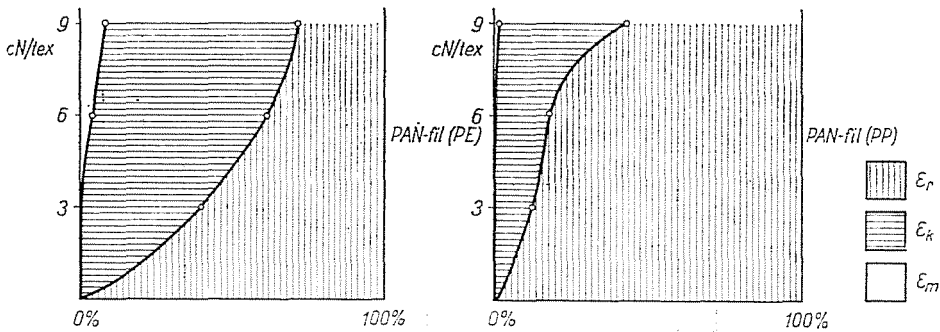


Abb. 6. Verlauf der relativen Werte der Dehnungskomponenten der PAN-fil(PE)- und PAN-fil(PP)-Garne bei verschiedenen spezifischen Belastungen

Min. und einer Entlastungszeit von 15 Minuten wurden die Fließ- und Deformations-Relaxationskurven bestimmt. (Für die Belastungen haben wir deshalb die angegebenen kleinen Werte gewählt, damit sie die Werte der praktischen Beanspruchungen annähern.)

Die Deformations-Relaxationskurve, die das Elastizitätsverhalten der Garne charakterisiert, wurde eingehend analysiert, und es wurden die Werte der Deformations-(Dehnungs-)Komponenten bestimmt.

Aus Abb. 7 ist ersichtlich, daß das Elastizitätsverhalten der Garne PAN, PAN-fil(PA) und PAN-fil(PE) praktisch übereinstimmt, und zieht man auch die Gesamtdehnung in Betracht, sind die beobachteten Werte der bleibenden Dehnung von gleicher Größe. Das PAN-fil(PP) zeigt dagegen ein ungünstigeres Elastizitätsverhalten und größere bleibende Dehnung als das PAN-Garn.

Aus Abb. 7 ist auch festzustellen, daß die Proportion der verzögerten elastischen Dehnung (ε_k) im elastischen Dehnungsabschnitt ($\varepsilon_k + \varepsilon_r$) für die PAN-fil-Garne größer als für das PAN-Garn ist, also verläuft die Relaxation der Deformation bei den erstgenannten Garnen etwas langsamer.

Analysiert man die durch Messung gewonnene Fließ- und Deformations-Relaxationskurven aufgrund eines aus Maxwell- und Kelvin-Einheiten bestehenden sog. rheologischen 4-Parameter Analogmodells*, so läßt sich das beschriebene Verhalten der Versuchsgarne durch die bestimmten Materialkennzeichen erklären.

Es konnte festgestellt werden, daß während für die Garne PAN, PAN-fil(PA) und PAN-fil(PE) die Parameter η der Maxwell-Einheiten voneinander kaum abweichen, der für das PAN-fil(PP) kennzeichnende Parameter η der Maxwell-Einheit wesentlich kleiner (ungefähr der 0,76) als die der vorer-

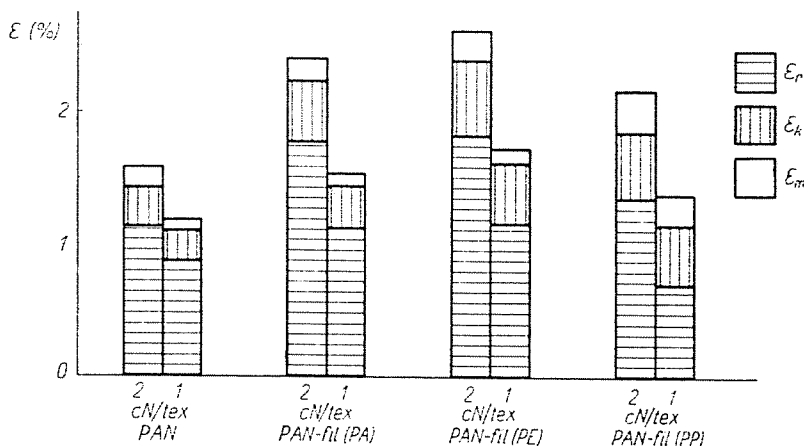


Abb. 7. Dehnung und die Verteilung derselben nach Komponenten bei einer spezifischen Dauerbelastung von $F_f = 1$ bzw. 2 cN/tex, in der Entlastungszone: ε_r — momentane elastische Dehnung; ε_k — verzögerte elastische Dehnung; ε_m — bleibende Dehnung

* Die Analyse haben wir mit Hilfe eines elektronischen rheologischen Analogmodells durchgeführt, das auch als Analogrechner verwendet werden kann. Das Modell wurde am Lehrstuhl für Textiltechnik und Leichtindustrie der Technischen Universität, Budapest entwickelt. (Dr. L. Kóczy: Verfahren und Gerät zum Modellieren und Analysieren von rheologischen Kurven. Wissenschaftliche Tagung, Budapest 1969 TMTE p. 83—92.)

wähnten ist. Der kleinere Viskositätsfaktor erklärt sowohl die höhere Fließneigung als auch die beobachtete höhere bleibende Dehnung des PAN-fil(PP).

Es wurde ferner festgestellt, daß die Retardationszeitkonstante $\tau = \frac{\eta}{E}$ der bei der Modellierung der PAN-fil-Garne benützten Kelvin-Einheiten in allen Fällen größer war, als die des PAN-Garnes u. zw.

$$\tau_{PAN}: \tau_{PAN-fil} = 1 : 1,1 - 1,4$$

Das jedoch erklärt die langsamere Deformationsrelaxation (und die höhere Proportion der verzögerten elastischen Deformation).

Der hinsichtlich der Verarbeitung wichtige Vorlauf der Reibungskoeffizienten wurde ebenfalls untersucht.* Die Versuche wurden bei Garngeschwindigkeiten von 100—150 m/min. sowie bei Eintrittsgarnspannungen von 6 und 8 cN durchgeführt. Unsere Messungen ergaben die folgenden Werte:

PAN-Garn	$\mu = 0,42 - 0,45$
PAN-fil	$\mu = 0,38 - 0,43$
(PA-Filament	$\mu = 0,34 - 0,37$)

Die Reibungskoeffizienten der PAN-fil-Garne waren etwas geringer als die des PAN-Garnes, was vom Gesichtspunkt der Verarbeitung aus vorteilhafter ist, und auch die Deformationsrelaxation der Gestricke günstig beeinflusst.

Die Untersuchungen wurden u. a. auf die Bestimmung des Wärmeverhaltens der Garne ausgedehnt, da diese Eigenschaft hinsichtlich der Ausrüstung und Behandlung von Bedeutung ist. Im Laufe der Versuche haben wir sogenannte anisothermische Deformationsmessungen vorgenommen, u. zw. unter Anwendung eines Wärmegradienten von $\Delta T = 4^\circ\text{C}/\text{min}$. Der Deformationsverlauf wurde in Abhängigkeit von der Temperatur bei 1 cN/tex sowie bei 0,1 cN/tex spezifischer Belastung gemessen.** Die Messung bei geringerer spezifischer Belastung gibt über die Schrumpffähigkeit, die Messung bei höherer spezifischer Belastung über das Fließverhalten des Materials Aufschluß.

Aufgrund der Meßergebnisse kann festgestellt werden (siehe Abb. 8), daß bei normaler Behandlungstemperatur (40—50 °C) alle Versuchsgarne beinahe die gleiche günstige Wärmeständigkeit aufweisen. Jedoch zeigen sich im höheren Temperaturbereich (über 90 °C) bereits wesentliche Unter-

* Benützt wurde ein Rotschildscher F-Meter, Typ R-1083.

** Zu den Versuchen diente ein im Forschungsinstitut für Gummiindustrie (Gumiipari Kutatóintézet) entwickelter Nádoryscher »Rheolometer«.

schiede, die bei der Ausrüstung zu berücksichtigen sind. Es ist besonders auffällig, daß die durch die Temperaturwirkung hervorgerufene Fließneigung der Garne PAN-fil(PE) und PAN-fil(PA) wesentlich geringer ist, als die des PAN-Garnes.

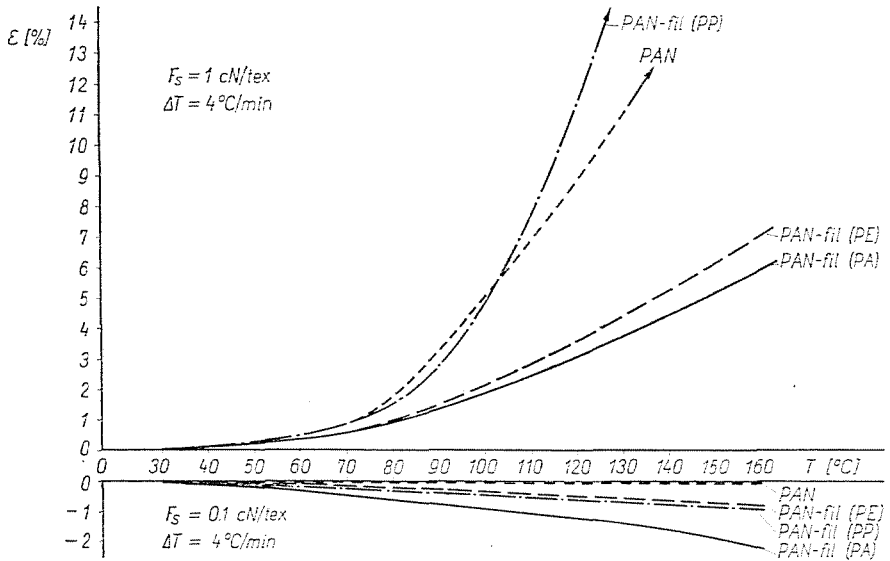


Abb. 8. Deformationsmessungen an Garnen unter anisothermischen Bedingungen

3. Die Eigenschaften der aus den Versuchsgarnen hergestellten Maschenwaren

Aus den im Punkt 2 beschriebenen Garnen wurden einseitige rundgestrickte Proben hergestellt. Für den Vergleich wurden nahezu gleiche Gestrickestrukturen gewählt. Die wichtigeren Kennzeichen der Versuchsgestricke sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3

Die strukturellen Kennzeichen der Versuchsgestricke

Bezeichnung des Gestrickes	Masse/m ² (g/m ²)	Maschendichte/10 cm		Dichtefaktor
		Stäbchen	Reihe	
PAN	204	113	137	12,9
PAN-fil(PA)	211	115	141	12,5
PAN-fil(PE)	209	115	140	12,8
PAN-fil(PP)	207	115	140	12,3

Um die Gebrauchseigenschaften der Versuchsgestricke zu charakterisieren, wurden vor allem die Festigkeits- und Dehnungseigenschaften der Gestricke untersucht. Im Laufe der Messungen wurden die Grab-Reißkraft und die Bruchdehnung (Tabelle 4), die Kugel-Reißkraft, weiterhin die Berstfestigkeit und die Flächendehnung der Gestricke (Tabelle 5) bewertet.*

Tabelle 4
Grabreißkraft und Bruchdehnung der Versuchsgestricke

Bezeichnung des Gestrickes	In Maschenstäbchen-Richtung		In Maschenreihen-Richtung	
	Reißkraft $F_G(N)$	Bruchdehnung $\varepsilon_G(\%)$	Reißkraft $F_G(N)$	Bruchdehnung $\varepsilon_G(\%)$
PAN	253	56,7	203	99,7
PAN-fil(PA)	433	67,7	283	100,3
PAN-fil(PE)	387	59,3	260	104,0
PAN-fil(PP)	393	62,0	267	101,7

Tabelle 5
Ergebnisse der Berst- und Kugelreißfestigkeitsprüfungen der Versuchsgestricke

Bezeichnung des Gestrickes	Berstfestigkeit $p[10^5 \cdot N/m^2 = 10^5 \cdot Pa]$	Flächendehnung $\varepsilon_f(\%)$	Kugelreißkraft $F_k[N]$	Wölbungshöhe $K (mm)$
PAN	2,16	72,8	316	14,8
PAN-fil(PA)	3,33	73,7	462	15,6
PAN-fil(PE)	2,97	70,7	460	14,6
PAN-fil(PP)	2,93	69,3	392	15,1

Als Ergänzung der in Tabelle 5 zusammengestellten Angaben zeigen wir in Abbildung 9 zur Darstellung des Verhaltens der Versuchsgestricke das »Berstdruck-Flächendehnungsdiagramm« des PAN-fil(PA)- und das des PAN-Garnes.

Die Angaben in den Tabellen 4 und 5 sowie in Abbildung 9 zeigen eindeutig, daß PAN-fil-Gestricke eine um 50% höhere Festigkeit als aus PAN-Garn hergestellte Gestricke aufweisen. Obwohl die Dehnungswerte der Ver-

* Die Versuche wurden unter Anwendung eines am Lehrstuhl für Textiltechnik und Leichtindustrie der Technischen Universität, Budapest entwickelten Vékássyschen Berst- und Ermüdungsgerätes durchgeführt.

suchsgestricke von einander kaum abweichen, kann anhand von Abb. 9 festgestellt werden, das unter normaler Tragebeanspruchung die PAN-fil-Gestricke geringere Dehnung erleiden, was ihre Formbeständigkeit günstig beeinflusst.

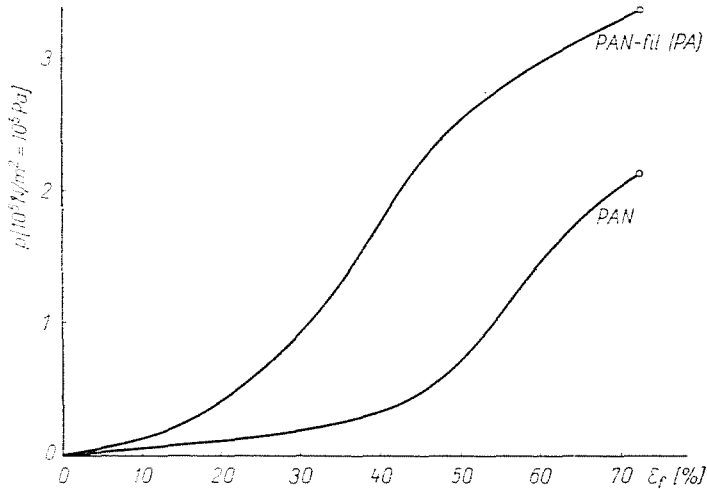


Abb. 9. Verlauf der Flächendehnung (ϵ_f) einiger Versuchsstoffe in Abhängigkeit von dem Berstdruck (p)

Auch die für den Gebrauch wichtige Pillneigung der Stoffe wurde geprüft.*

Die Gestricke wurden mit sich selbst gescheuert. Nach Scheuerzeiten von 10, 20 und 30 Minuten wurden die Warenflächen geprüft und die Abnutzung wurde nach folgendem Schema ausgewertet:

- 1 — keine Pillneigung
- 2 — mittlere Pillneigung
- 3 — starke Pillneigung

(Bei der Auswertung wurden Zwischenwerte zugelassen.)

Tabelle 6 stellt die von uns erhaltenen Versuchsergebnisse dar. Aus den Angaben kann die günstigere Pillbeständigkeit der PAN-fil-Garne festgestellt werden. Als besonders vorteilhaft erwies sich die geringe Pillneigung des aus PAN-fil(PA) hergestellten Gestrickes, deren Wert weit unter dem des PAN-Gestrickes liegt.

* Die Prüfung wurde unter 200 cN Belastung am durch das Textilforschungsinstitut entwickelten »Pilltester« durchgeführt.

Die Scheuerfestigkeit der Gesticke wurde unter Anwendung eines Gerätes mit Messer-Scheuerkopf geprüft.* Die Versuche wurden bis zum Reißen der Gesticke fortgesetzt, wobei die Zahl der Umdrehungen bis zum Reißen des Gestickes bewertet wurde. Tabelle 7 zeigt die erhaltenen Versuchsergebnisse.

Tabelle 6
Pillneigung der Versuchsgesticke

Bezeichnung des Gestickes	Kennziffern der Pillneigung nach		
	10 Minuten	20 Minuten	30 Minuten
	Scheuerung		
PAN	3	3	3
PAN-fil(PA)	2	2	2/3
PAN-fil(PE)	2	2/3	2/3
PAN-fil(PP)	2/3	3	3

Tabelle 7
Scheuerfestigkeit der Versuchsgesticke

Bezeichnung des Gestickes	Die Anzahl der Scheuerumdrehungen bis zum Reißen (Durchlöchern) des Gestickes
PAN	31 800
PAN-fil(PA)	bis 100 000 Umdrehungen nicht zerrissen
PAN-fil(PE)	bis 100 000 Umdrehungen nicht zerrissen
PAN-fil(PP)	82 000

(Bei den PAN-fil-Gesticken konnte ein bemerkenswerter Materialverlust nur nach 15 000—20 000 Scheuerumdrehungen festgestellt werden.)

Die Angaben in der Tabelle zeigen die hervorragende Scheuerfestigkeit der aus PAN-fil-Garnen hergestellten Gesticke.

Wir haben auch einige vom bekleidungsphysiologischen Gesichtspunkt aus wichtige Messungen durchgeführt, wobei Wärmeisolierung und Luftdurchlässigkeit der Gesticke geprüft wurden. Zwischen den aus PAN-Garn und aus PAN-fil-Garnen hergestellten Gesticken konnten keine wesentlichen Unterschiede beobachtet werden. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Durchmesser der beiden Garntypen beinahe gleich waren.

Eine zusammenfassende Bewertung der Versuchs-Garne und -Gesticke ist auf Abbildung 10 zu sehen, die die Eigenschaften der PAN-fil-Garne und Gesticke im Vergleich zu denen des PAN-Garnes darstellt.

* Es wurde ein Scheuergerät Typ Schiefer benützt.

	Eigenschaft	Unterscheidungsmerkmale*				
		PAN-fil (PA)	PAN-fil (PE)	PAN-fil (PP)		
GARN	Massenungleichmässigkeit	↑	↑	↑	*Die analysierten Eigenschaften im Vergleich zu denen des PAN-Garns, bzw. Gestricke	
	Reissfestigkeit	↑	↑	↑		
	Dehnung	↔	↔	↔		
	Anfangsmodul	↑	↔	↓		
	Elastizitätsverhalten (bei kurzzeitiger Belastung)	↑	↑	↑		≈ nahezu gleich
	Elastizitätsverhalten (bei Dauerbelastung)	≈	≈	↔		↔ etwas günstiger
	Reibungskoeffizient	↔	↔	↔		↑ günstiger
	Wärmebeständigkeit: Schrumpfneigung	↔	≈	≈		↑ wesentlich günstiger
	Wärmebeständigkeit: FlieSSneigung	↔	↔	↔		↔ etwas ungünstiger
GESTRICKE	Festigkeit	↑	↑	↑	↓ schlechter	
	Flächendehnung	≈	≈	≈		
	Scheuerfestigkeit	↑	↑	↑		
	Pillingbeständigkeit	↑	↔	↔		
	Einige physiologische Eigenschaften	≈	≈	≈		

Abb. 10. Vergleich der Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften der PAN-fil- und PAN-Garne bzw. Gestricke

Zusammenfassung

Unsere Versuchsergebnisse beweisen eindeutig die besseren Verarbeitungseigenschaften der PAN-fil-Garne sowie den höheren Gebrauchswert der aus diesen Garnen hergestellten Gestricke. Besonders vorteilhafte Eigenschaften weisen die PAN-fil(PA)- und PAN-fil(PE)-Garne und Gestricke auf.

Von den erwähnten Garntypen gelangten bisher in größeren Mengen PAN-fil(PA)-Garne zur industriellen Anwendung. Unsere Versuchsergebnisse wurden auch durch die Betriebserfahrungen unterstützt. Die mit Filament verstärkten PAN-fil-Garne, die geringere Reibung und höhere Festigkeit aufweisen, konnten praktisch ohne Fadenbrüche gespult werden, während bei gleicher Spulgeschwindigkeit im PAN-Garn gleicher Feinheit Fadenbrüche auftreten. Fertigungstechnische Probleme tauchten weder beim Stricken noch bei der Ausrüstung auf.

Aus PAN-fil-Garnen lassen sich Produkte ohne Plattierung herstellen, bei denen, wenn sie aus PAN-Garnen hergestellt werden, dies unerlässlich ist. Dies ermöglicht den Einsatz von einfacheren Maschinentypen, wobei ein weiterer Vorteil darin besteht, daß die bei der Plattierung ab und zu auftretenden Fehlerstellen (Plattierfaden-Erscheinung) vermieden werden können.

Dr. László KÓCZY }
 Dr. Vera HAVAS } H-1521 Budapest
 Mária KARAGICS }