

LENZINGER BERICHTE

Inhaltsverzeichnis

(Vorträge der 25.ICT-Dornbirn 1986, 2. Teil, Chemiefasern/Man-Made Fibres)

| | Seite |
|--|-------|
| Besonderheiten der Textilien aus HWM-Fasern A. T. Serkov, Sojuschimwolokno, Moskau (UdSSR) | 5 |
| Nylon 66-Filament: Rückblick auf 25 turbulente Jahre – Ausblick in eine gesunde Zukunft Dr.-Ing. A. Krieger, Viscosuisse AG, Emmenbrücke, Schweiz | 13 |
| Polypropylenfasern – Fortschritte und Lösungen Dipl.-Chem. H. Schneider, Dr. G. Hofinger, Chemie Linz AG, Linz, Austria | 19 |
| Polypropylene Fibres – Commercial Effects and Applications Ing. P. Lattanzi, Dr. P. Olivieri, Moplefan S.p.A., Terni, Italien | 25 |
| Textilverarbeitung von Folienfäden aus Polyolefinfäden Y. S. Kowal, A. E. Mikuschew, Prof. Dr. A. S. Tschegolja, Sojuschimwolokno, Moskau (UdSSR) | 32 |
| Polyacrylnitrilfasern und ihre Modifikationen Dr. A. Nogaj, Bayer AG, Dormagen (D) | 37 |
| The Properties and Performance of a New Flame Resistant Polyacrylate Fibre Dr. P. J. Akers, R. A. Chapman, Courtaulds Research, Coventry (UK) | 44 |
| Development of Statistical Modelling in the Optimisation of Leacril Open-End Spinning Dr.-Ing. G. Doria, G. C. Sala, Dr. E. Trevisan, Montefibre Porto Marghera, Italien | 48 |
| Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von modifizierten PAC-Faserstoffen Prof. Dr. W. Berger, Technische Universität Dresden, Dipl.-Chem. E. Peter, Dr. rer. nat. S. Hartig, Dr. rer. nat. J. Aurich, VEB Chemiefaserwerk „Friedrich Engels“, Premnitz (DDR) | 56 |
| Gefärbtes PAC-Konverterband für die Baumwollspinnerei Dr. G. Druzbaczky, G. Tólos, Magyar Viscosagyár, Nyergesujflu Dr. F. Geleji, Országos, Műszaki Fejlesztési Bizottság, Budapest, Ungarn | 61 |
| Chlorofibre – Progress and Future in Solvent Spinning of an Amorphous Polymer J. Menault, Rhovyl Co., Tronville-en Barrois, Frankreich | 65 |
| Diolen-Filamentgarne für die fortschrittliche Verarbeitung und modische Vielfalt in der Weberei Dipl.-Ing. Josef Buberl, Wuppertal (D) | 72 |
| Basisch anfärbbare und hochschrumpfende PES-Fasern – Herstellung und Anwendung Dr. Sc. Ing. B. Piller, Wirkereiforschungsinstitut Brno, Dr.-Ing. V. Lacko, Forschungsinstitut für Chemiefasern, Svit (CSSR) | 77 |
| Herstellung und Eigenschaften basisch anfärbbarer Bikomponenten-Polyesterfilamentgarne Dr. Lin Qi-lin, Dipl.-Ing. Wang Le-jiang, Dipl.-Ing. Chui She-zun, Forschungszentrum für Synthesefasern der Textil-Akademie Beijing, China | 89 |
| Reaching New Levels of Comfort and Quality in Terital Fibres Dr. G. Elefante, F. Giammanco, Montefibre, Milano, Italien | 93 |
| Bisherige und zukünftige Entwicklung der Schmelzspinnprozesse Dr. L. Riehl, Zimmer AG, Frankfurt/M. (D) | 97 |
| Maschinentechnische Neuentwicklungen zur Verbesserung der Qualität synthetischer Filamentgarne Dr. K. Bauer, W. Pieper, Barmag AG, Remscheid (D) | 108 |
| New Yarn Winding Process to Reduce the Saddle and Bulge of a Package Katsumi Hasegawa, Engineering Research Laboratories, Toray Industries, Inc. Otsu Shiga, Japan | 115 |
| An Integrated System for the Evaluation of Textured Polyester Rn. N. Armstrong, B. F. Payne, B. J. Bailey, BASF Corporation, Fiber Division, Central R & D, Enka, N.C., USA | 121 |
| Inserentenverzeichnis | 127 |

Nylon 66-Filament: Rückblick auf 25 turbulente Jahre – Ausblick in eine gesunde Zukunft

Dr. Ing. A. Krieger, Viscosuisse AG, Emmenbrücke, Schweiz

Rhodiaceta hat 1938 von Du Pont die erste Nylon 66-Lizenz Europas erworben. Jahre des stürmischen Wachstums führten in der Rhône-Poulenc-Gruppe zu Produktionsstätten in Frankreich, in Deutschland, der Schweiz, in Spanien und Brasilien.

Das weitere starke Wachsen endete abrupt. Heute ist die Lage konsolidiert. Die Stärken des Nylon 66 sind der Textilindustrie wieder klargeworden: ein breites Spektrum guter Eigenschaften, aber auch potente Garnproduzenten, die mit R&D-Aufwand und mit Investitionen für leistungsfähige Anlagen sorgen. Hervorragende Fadenqualität garantiert der Textilindustrie, daß sie mit Nylon 66 die Fortschritte des Textilmaschinenbaus ausnützen kann. Dank diesen technischen Leistungen – unterstützt durch Marketing-Hilfe – kann anspruchsvollen europäischen Konsumenten auch in Zukunft eine Vielfalt guter Artikel aus Nylon 66 wirtschaftlich angeboten werden. Das große Mengenwachstum aber spielt sich in Südostasien ab.

Rhodiaceta acquired the first Nylon 66 licence of Europe from Du Pont in 1938. Years of rapid growth led to production sites within the Rhône Poulenc Group in France, Germany, Switzerland, Spain and Brazil.

The further growing came to an abrupt halt. Today, the situation has become consolidated. The qualities of Nylon 66 are again clear to the textile industry: a broad spectrum of outstanding properties as well as powerful yarn producers, who provide for efficient facilities with investments and expenditure of R&D. Outstanding yarn-quality is a warranty to the textile industry to be able to benefit from the progress of textile machinery with Nylon 66. Thanks to those technical efforts – supported by the aid of marketing – a variety of good articles of Nylon 66 can be offered economically to demanding European customers also in the future. The essential growth in quantity will take place in the South East of Asia, however.

Die Mengen

In den letzten 10 Jahren hat die Synthesefaserproduktion weltweit um 65 % zugenommen, wobei Polyester, Nylon und Acryl 93 % der heute fast 13 Millionen Tonnen pro Jahr ausmachen. Pro Kopf der Weltbevölkerung werden also pro Jahr etwa 3,2 kg Synthesefasern gebraucht. Auch die Naturfasermenge ist gewachsen. Die Faserindustrie hat demnach auf das Wachstum der Weltbevölkerung angemessen reagiert. Am Weltfaserverbrauch machen die Synthesefasern rund die Hälfte aus. Ohne sie kommt die heutige Weltbevölkerung nicht mehr aus.

Die Menge Nylon ist weltweit in den letzten Jahren konstant geblieben, während die Menge Polyester noch größer geworden ist.

Geographisch haben sich die Produktionskapazitäten ganz unterschiedlich entwickelt: in Westeuropa und Nordamerika ist die Synthetica-Produktion zurückgegangen, hingegen ist sie in Osteuropa, Zentral- und Südamerika und in Südostasien kräftig gewachsen (Abb. 1).

In Westeuropa ist dieser Rückgang in der Form heftigster Mengenschwankungen vor sich gegangen, was den Faserproduzenten, ihren Mitarbeitern und ihren Kapitalgebern dramatische Perioden bescherte. Heute scheint dieses Regelsystem Produktion/industrieller Verbrauch wieder ein-

gependelt zu sein; in Europa sind die Produktionsstrukturen dem vorhandenen Markt angepaßt. In Westeuropa werden in rund 25 Fabriken Nylon 66-Filamente und -Stapelfasern produziert (ca. 340.000 t/Jahr). Dazu kommen mindestens acht Produktionsstandorte, wo Polyamid 66-Granulat für den Einsatz in der Kunststoffindustrie fabriziert wird (ca. 130.000 t/Jahr).

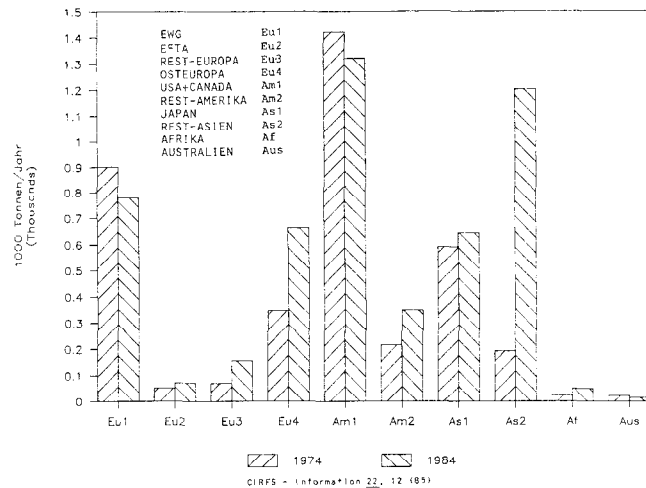


Abb. 1: Weltproduktion Synthetic-Filamente (dominierend: Nylon, Polyester)

In Japan sind die Mengen Nylon und Polyester in den letzten Jahren fast konstant geblieben (Abb. 2). Die neun Filamentproduzenten liefern sich einen scharfen Wettbewerb (Abb. 3).

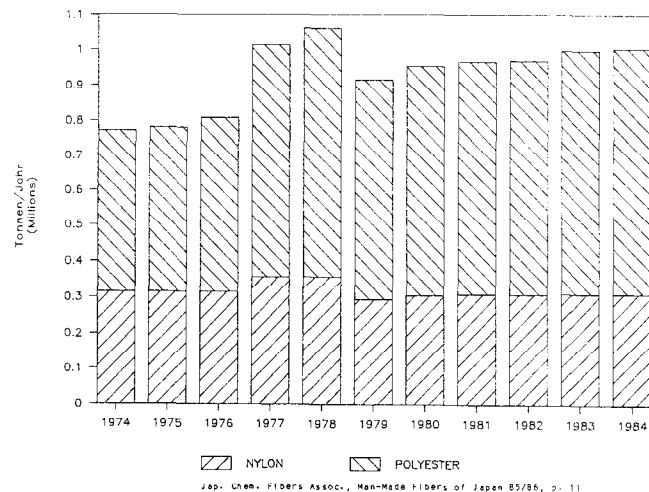


Abb. 2: Synthetic-Kapazitäten: Japan (Polyester und Nylon, Stapel und Filament)

Im übrigen Südostasien hingegen ist namentlich die Polyester-Produktion zwischen 1977 und 1984 praktisch verdoppelt worden, während das beträchtliche Nylon-Wachstum etwas weniger spektakulär war (Abb. 4). Bei Nylon wird dieses Wachstum ganz klar von Korea und Taiwan getragen.

In Westeuropa geht die Nylon-Produktion für textile Anwendungen in viele Kanäle (Abb. 5). Feinstrumpf, Kettenwirkerei, Rundstrickerei und Weberei sind die tragenden Pfeiler. Knapp 70 % sind Nylon 66 (der Rest ist Nylon 6).

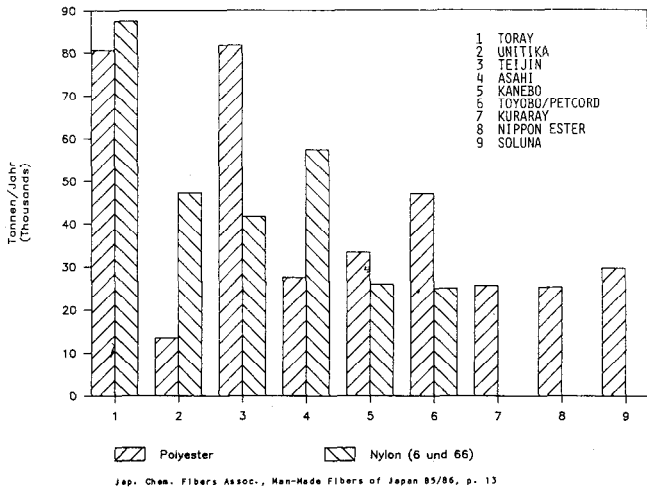


Abb. 3: Kapazität japanischer Faserproduzenten (Polyester und Nylon, Filament, 1985)

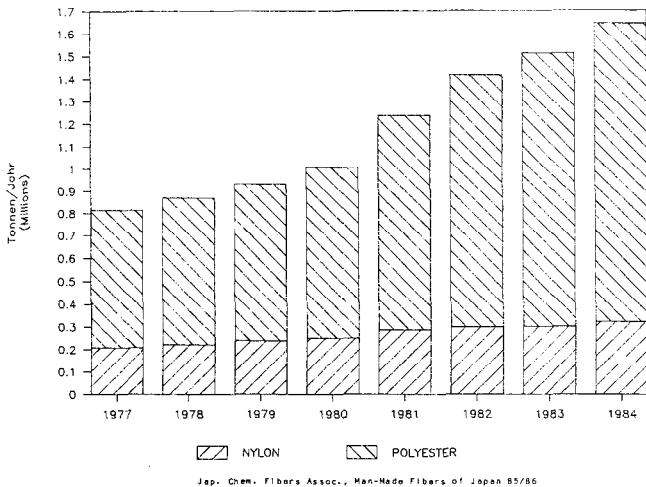


Abb. 4: Synthetic-Kapazität: Südostasien – ohne Japan (Polyester und Nylon Stapel und Filament)

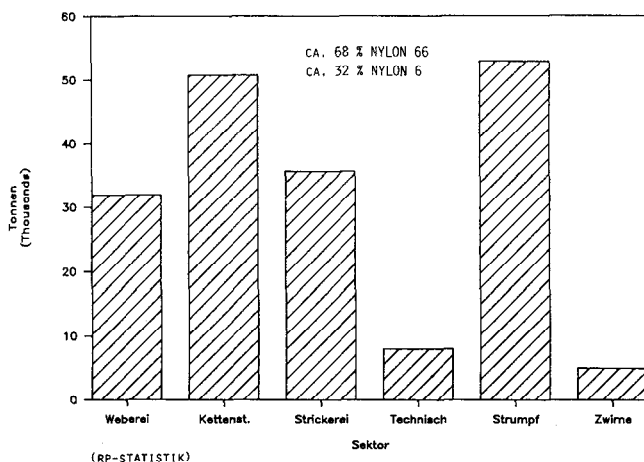


Abb. 5: Nylon textil: alle Einsatzgebiete (Europa der 17, 1986)

Rhône-Poulenc und Nylon 66

Die damalige französische Rhodiaceta hat sehr früh mit Du Pont einen Lizenzvertrag abgeschlossen, nämlich noch vor Beginn der industriellen Produktion in Seaford (Tab. 1). Im März 1941 wurde in Lyon die Produktion aufgenommen. In den fünfziger Jahren wurden weitere Unterlizenzen vergeben, die zum Bau mehrerer europäischer Produktionsstätten führten. Ende der siebziger Jahre wurden Lizenzen und Technologien beispielsweise nach Thailand, China und Ägypten verkauft.

Tabelle 1: Nylon 66 in der Rhône-Poulenc-Gruppe

(12.12.39 Produktionsbeginn Du Pont in Seaford)

12.07.38 Vorvertrag Du Pont – Rhodiaceta

07.03.41 Produktionsbeginn Rhodiaceta (Lyon-Vaise)

Unterlizenzen von Rhodiaceta:

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Viscosuisse | 01.04.50 |
| SAFA (Spanien) | 21.12.51 |
| Rhodia SA (Brasilien) | 20.03.52 |
| Fabelta | 26.04.54 |
| Rhodiatoce (zusammen mit Montecatini) | |

(Ende der siebziger Jahre: Technologieverkauf nach Thailand und China)

In Europa produziert Rhône Poulenc das Nylonsalz selber und verkauft es auch an dritte. Die Gruppe verfügt über textile Forschungs- und Entwicklungszentren in Lyon, Emmenbrücke und Freiburg. Von Anfang an wurde Markenpolitik aktiv und konsequent durchgehalten (Nylfrance, Nylsuisse usw.).

Seit 1955 produziert die heutige Rhône-Poulenc das Nylon 66 auch durch ihre Tochter Rhodia S. A. in Brasilien. Regelmäßige Investitionen haben dort zu einem großen Komplex mehrerer Werke geführt, wo auch Phenol und Nylon 66-Salze hergestellt werden. Rhodia S. A. fabriziert in kontinuierlichen und diskontinuierlichen Anlagen Polymer und erzeugt textile Fäden und Industrietierfilamente sowie Stapelfasern. Eine brasilianische Forschungs- und Entwicklungsabteilung mit Pilotanlagen und Textiltechnikum stützt diese Produktion. Verkauft wird auf dem brasilianischen Markt ein breites Titersortiment, das glatt oder texturiert in sehr viele Anwendungsbereiche geht.

Dieser Tage präsentiert Rhône Poulenc in China in einer eigenen Ausstellung die Gesamtheit ihrer *Nylonkette*.

Schließlich sei erwähnt, daß Rhône-Poulenc (in Europa und in Brasilien), aber auch ICI, BASF, Du Pont u. a., Polyamid 66 intensiv für Kunststoffanwendungen entwickeln, denn dieser Anwendungsbereich wächst kräftig. Der Faserbereich profitiert indirekt davon: die Polymerkenntnisse werden vertieft, Kapazitäten werden vergrößert und das Typensortiment wird noch vielseitiger.

Die technische Wettbewerbsfähigkeit von Nylon 66-Filament

Einer der Hauptgründe für den großen, dauernden und auch zukünftigen Erfolg von Nylon 66 ist die unglaubliche Vielfalt, in der es angeboten wird. Daß man von Feinstrumpfhosen bis zu Pnucord hervorragende Fertigprodukte herstellen kann, zeigt die grundlegende Stärke dieses Polymers: die Ausgewogenheit vieler guter Eigenschaften (Tab. 2).

Dazu kommt die Sicherheit, daß Nylon 66-Filamente sehr gleichmäßig sind und problemlos verarbeitet werden können (Tab. 3). Das beginnt mit der Laufsicherheit bei texti-

len Operationen, wie Schlichten, Weben, Stricken, und geht weiter mit den sicheren Ausrüstoperationen, wie Thermofixieren, Färben und Beschichten.

Tabelle 2: Nylon 66-Filamentgarne: die Vielfalt des Angebots

| | | |
|----------------------|---|--------------------|
| - normale Viskosität | | hohe Viskosität |
| - feine Titer/ | mittlere Titer/ | grobe Titer |
| - Monofile | | Multifile |
| - glatt | unverstreckt | |
| | (für Strecktexturierung oder für Streckschären) | |
| - glatt | verstreckt | normale Festigkeit |
| | | hohe Festigkeit |
| | | ungeschrumpft |
| | | geschrumpft |
| - texturiert | Falschzwirnen | |
| | Luftbauschen | |
| | Dampfdüsentexturieren | |
| | Stauchkammertexturieren | |

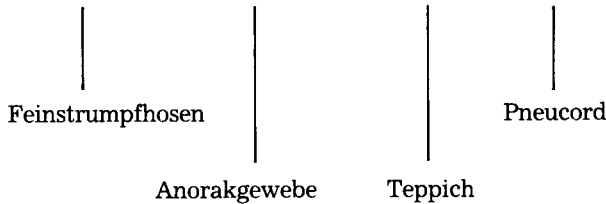


Tabelle 3: Vom Faserhersteller weitgehend erfüllbare Forderungen der Textilindustrie

sehr hohe Gleichmäßigkeit

von Spule zu Spule – innerhalb der Spule
von Sendung zu Sendung

Spulengewicht
Fadenoberfläche (Reibung, Fadenschluß)
Färbbarkeit (chemische und physikalische Fadengleichmäßigkeit)

problemloses Verarbeiten

Spulenidentifikation
Manipulierbarkeit
Spulenablauf
Eigentliche Fadenverarbeitbarkeit
(Lauf; Fibrillen- und Fadenbrüche)
(problemloses Schlichten)

Diese sehr positive Bilanz kommt nicht von ungefähr. Über die Jahre sind zahlreiche wesentliche Verbesserungen realisiert worden (Tab. 4). Allerdings konnten nicht alle Themen, welche intensiv bearbeitet worden sind, bis zu industriellem Erfolg geführt werden.

Die technische Wettbewerbsfähigkeit der Nylon 66-Filamente beruht nicht nur auf diesen guten Fadeneigenschaften (Tab. 5), sie basiert auch auf Hochleistungsverfahren, die ebenfalls eine Vielzahl von Voraussetzungen haben,

welche durch dauernde Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen im Laufe der Jahre erfüllt werden konnten. Das hat zur Folge, daß die moderne Nylon 66-Herstellung ausgesprochen kapitalintensiv ist: Sie ist wettbewerbsfähig mit Niedriglohnländern, sofern Gleiches mit Gleichem verglichen wird; man kann nicht den Preis taiwanesischer Massenartikel (etwa in der Art: 1 Fabrik = 1 Titer) auf das von den Kunden benötigte vielseitige Sortiment der Europäer anwenden.

Tabelle 4: Realisierbare und nicht allgemein realisierbare Nylon 66-Modifikationen

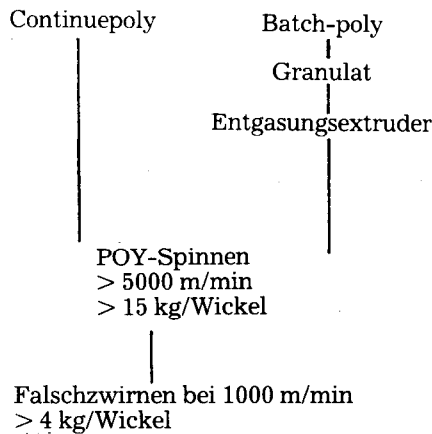
*industriell realisierte
Nylon 66-Modifikationen*

Wärmeschutz/Schmelzestabilität
Lichtschutz
Weißgrad/Vergilbungsschutz
Copolymere
Modifizierte Färbbarkeit
(z. B. basisch färbbar)
Spinnpräparationen
(z. B. mineralölfrei)

*industriell nicht allgemein realisierte
Nylon 66-Modifikationen*

Pfropfen
Vernetzen
Spinnfärben

Tabelle 5: Nylon 66-Filament: Hochleistungsverfahren für feine Titer



Voraussetzungen:

- extrem reine Rohstoffe
- hohe mechanische/elektrische Zuverlässigkeit der Anlagen und der Infrastruktur
- intensive On-line-Prozeßkontrolle
- mathematisch modellisierte Prozesse

→ nahezu vollautomatisierte Verfahren

Bei Rhône Poulenc wurde während dieser Zeit in allen Nylon 66-Produktionsstätten stetig investiert, sei es anfänglich für Produktionssteigerungen oder, wie in den letzten Jahren, zur radikalen Erneuerung der Produktionstechnik: in Frankreich, Deutschland, Spanien und in der Schweiz ist hier in den letzten Jahren sehr viel Neues aufgebaut worden. Auch 1986 wurden neue Produktionsanlagen in Betrieb genommen. 1987 werden namhafte Investitionen wiederum zu wesentlichen Erneuerungen des Maschinenparks führen, ohne daß das mit substantiellem Mengenwachstum verknüpft werden kann.

Vergleicht man die Produktivitätsfortschritte über 25 Jahre, wie wir das im Fall der Viscosuisse für einen konkreten Werkkomplex machen können, so sieht man, daß diese Fortschritte nicht auf einem einzelnen Spezialeffort beruhen, sondern daß Produkt und Verfahren in ihrer Gesamtheit gepflegt worden sind (Tab. 6).

Tabelle 6: Viscosuisse Fabrikation Nylsuisse Emmenbrücke (1961 - 1986)

| | | | |
|--|---|---|-------|
| Produktion im gleichen Gebäude | 1 | → | 1,7 |
| Arbeitsstunden/100 kg Polymerherstellung | 1 | → | 0,25 |
| Spinnerei-Abfälle, | 1 | → | 0,4 |
| Fadenbrüche Spinnerei | 1 | → | 0,1 |
| Copsgewicht Streckzwirnerie | 1 | → | 2 |
| Personalbestand | 1 | → | 0,45* |

* 1986 inkl. Texturierbetrieb

Das äußert sich auch im Rückgang der Verkaufspreise: sie sind - nichtindexiert - heute weniger als halb so groß wie vor 25 Jahren (Tab. 7). Die Nylon-Produzenten konnten auf lange Sicht die Inflation mehr als wettmachen.

Tabelle 7: Viscosuisse Verkauf Nylsuisse (dtex 44 oder 78)

| | 1961 | → | 1986 |
|--------------------------|------|---|------|
| Verkaufspreis glatt | 1 | → | 0,45 |
| Verkaufspreis texturiert | 1 | → | 0,32 |

Wieso braucht man das Nylon 66-Filament?

Der krisenartige Übergang der letzten Jahre aus der Periode des kräftigen Wachstums in den heutigen Zustand der annähernden Mengenstabilität hat die europäischen Faserproduzenten gezwungen, überaus gründlich über die Zukunftschancen dieses Produktes nachzudenken. So hat

man bei Rhône Poulenc ab 1984 eine umfassende Studie durchgeführt. Seit 1984 sind genügend Tatsachen bekannt, daß man die möglichen Marktentwicklungen in vier Kategorien gruppieren kann:

- stabiler Markt für Nylonfilament,
- sicherer Ersatz von Nylon durch Polyester,
- möglicher Ersatz von Nylon durch Polyester,
- Konkurrenz anderer Fasern gegenüber Nylon oder Rückgang des Marktes.

Die quantitativen Antworten auf diese Fragen haben für den Faserproduzenten, der sowohl Nylon als auch Polyester herstellt, sehr große Technologie- und Investitionskonsequenzen.

Eine der entscheidenden Einsichten aus dieser Studie ist die Tatsache, daß man sich vor einem globalen Urteil hüten muß. Allein für den Bereich der Bekleidungstextilien (d. h. ohne Heimtextilien und ohne technische Textilien) wurden für 80 Artikelgruppen differenzierte Argumente erarbeitet. Jetzt, zwei Jahre später, sieht man, daß sich diese Verschiebungen weitgehend, wie erwartet, abgespielt haben. Den Weiterverarbeitern, die in manchem Fall bei diesen oft Hals- über-Kopf-Umstellungen etliches Lehrgeld zahlten, sind die Argumente wieder klarer bewußt geworden. Für die große Menge der einzelnen Artikel gibt es gute Gründe, warum sie heute aus der einen oder der anderen Faser gemacht werden. Es handelt sich um sehr komplexe Gesamturteile, die auch konkrete Umstände des Weiterverarbeiters und der Warenverteilung umfassen. So können durchaus einzelne unserer Kunden zu verschiedenen Urteilen kommen; selten liegen Welten zwischen der einen oder der andern Lösung. Der Gampreis ab Werk ist nur eines von vielen Argumenten; das haben viele Verarbeiter einsehen müssen, die in kritikloser Begeisterung zu Polyester übergegangen waren. Auch in Brasilien, wo angesichts der bescheideneren Kaufkraft der Bevölkerung tiefstmöglicher Preis ein wichtiges Argument ist, sind verschiedene Artikel (z. B. Trainer, Unterwäsche) nach einem Polyester-Intermezzo wieder auf Nylon 66 zurückgekommen. Es sind also Ausnahmen, wenn die Antwort so klar lautet wie bei den Feinstrümpfen: Mit Nylon 66 kann man feine und feinfibrillige, d. h. sehr transparente Strümpfe, machen, wie sie heute gewünscht werden, Strümpfe, die immer noch eine gute mechanische Festigkeit haben, scheuerbeständig sind, die weich sind und auch nach dem Waschen hochelastisch bleiben. Nylon 6 kann da nicht mehr ganz mithalten, Polyester schon gar nicht. Oder als anderes Beispiel: Sportbekleidung, wie Anorak und ähnliches: Bei Polyester läßt sich das Problem der Anschmutzung durch ölige Substanzen („Fettkragen“) nach wie vor nicht befriedigend lösen. Die Liste der gewichtigen positiven Nylon 66-Eigenschaften liefert also für die einzelnen Artikel ein gezieltes Argumentarium (Tab. 8). (Für technische Textilien ist in einem ähnlichen Rückblick auf 25 Jahre „Wettrennen: Nylon gegen Polyester“ ein amerikanischer Autor zu analogen Schlüssen gekommen.)¹

Tabelle 8: Einsatzgründe für Nylon 66 in den verschiedenen Anwendungssparten

| Artikel | mechanische Eigenschaften | | | | | | | | | | Sorptionseigenschaften | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------|---------------|-------|--------|------------------|------------------|------------------------|--------------------|----------------------|---|-------------------------|--------------|----------|-----------------|
| | hohe Festigkeit | knitterbeständig | scheuerbeständig | gute Elastizität | elastisch | hochelastisch | weich | Serame | Abrasionswirkung | knitterbeständig | niedrige Temperatur | einfach zu färben, | hohe Scheuerbrillanz | wenig schmutzempfindlich/leicht zu reinigen | Beschichtung haftet gut | antistatisch | ausdauer | niedrige Dichte |
| Anorak | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sportshoes | x | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Futterstoff, Hosensackfutter | x | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Gymnastikdress | x | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Lingerie: Unterröcke | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pisientücher | | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| schlafrockhüllen | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parabänder | x | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Fallschirmstoffe | x | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Selbststoffe | x | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Regenschirmstoffe | x | | | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Kofferstoffe | x | | | x | | | | | | | | | | | | | | |

Oft konnte eine Faser eine andere verdrängen, weil zuerst die an und für sich geeignetere Faser schlecht eingesetzt wurde: ungeeigneter Titer, falsche Stoffkonstruktion, falsche Artikelkonstruktion, überrissene Werbeversprechungen. Das „Zurück-zur-Naturfaser“ gehört auch in dieses Kapitel: Wenn man beispielsweise mit Polyester in der Form 5 dtex pro Fibrille gegen Baumwolle in typischen Baumwollartikeln antritt, ist klar, welches Urteil der Konsument fällen wird.

Wir sind der Überzeugung, daß aus dieser Vielfalt von Gründen Nylon 66 eine sehr gesunde Zukunft im Bereich der Textilien hat (zusätzlich zu den ebenso gewichtigen Nylon-Märkten Teppiche und technische Artikel, wie Reifencord, Förderbänder usw.). Diese Zuversicht wird verstärkt durch die Annahme, daß zumindest zyklisch bei den modischen Textilien glänzende Fasern gesucht werden als Kontrast zur Baumwolle und daß die überaus eifrig reisenden Zeitgenossen sich wieder vermehrt auf den Wert der wasch- und pflegeleichten Synthetica-Bekleidung besinnen.

Denken in „textilen Systemen“: in wessen Kopf?

Ist das eben Gesagte eine naive, kritiklose Lobeshymne auf Nylon 66? Klingt nostalgisch der Enthusiasmus der fünfziger und sechziger Jahre an? Überhaupt nicht, auch wenn es zugegebenermaßen Spaß macht, aus Anlaß einer solchen Jubiläumsveranstaltung damalige Urteile nachzulesen, und wenn man sich verdutzt fragt, wer denn eigentlich recht hat: jene, die damals begeistert waren, endlich mehr Nylon kaufen zu dürfen, oder jene, die heute in der *Natur* das alleinige Heil sehen? Nein, zu viele der heutigen Bekleidungstextilien sind nicht so perfekt, wie sie von der Faser her sein könnten. Das sollten wir selber sehen und uns offen eingestehen.

Es gibt aber Alternativen: Sollen wir warten, bis uns Konsumentenorganisationen sagen, was zu machen ist? Nein. Wozu haben wir professionelle Marketingabteilungen! Wozu verfügen wir alle über etwas so Kostbares wie Beobachtungsvermögen und gesunden Menschenverstand! Oder sollen wir warten, bis uns staatliche Organe vorschreiben, was textile Qualität ist? Um Himmels Willen nein!

Es gibt auch hier keine simplen Antworten; werden solche angeboten, so darf man ruhig annehmen, daß sie falsch sind. Auch die im Titel gestellte Frage ist zu simpel. Es gibt nicht einen einzelnen Kopf, bei dem in der Aufgabe des Optimierens so komplexer Systeme wie Bekleidungstextilien alles zusammenläuft und mit Kompetenz entschieden wird. Die Antwort kennen offensichtlich auch jene Anbieter nicht, die sich an den Konsumenten wenden und dabei nur zwei Verkaufsargumente kennen: *billiger* und *chic*. Die Crux besteht darin, daß bei den komplexen Systemen mit vielen variierbaren Parametern dann mit Bestimmtheit keine optimale Lösung gefunden wird, wenn zu viele Parameter konstant gehalten werden (aus dem begreiflichen Bemühen, die Anzahl der Versuche in Grenzen zu halten). Das leuchtet jedermann ein, aber bei genauem Hinsehen sind sehr viele Evaluierungen neuer Produkte an solchen Umständen gescheitert. Als weiteres grundlegendes Problem kommt hinzu, daß nie ein für allemal eine abschließende Antwort gegeben werden kann, wenn sich in komplexen Systemen die Einzelkomponenten, zeitlich nicht aufeinander abgestimmt, weiterentwickeln: Von Zeit zu Zeit muß man die Beurteilung neu überprüfen.

Diese Art „Hausaufgaben“ scheinen nicht überaus populär zu sein. Wir waren beim Erarbeiten der oben genannten Studien erstaunt, wie selten man uns quantifizierte Antworten über die Bedeutung einzelner Eigenschaften, also über deren Wert geben konnte.

Letztes Jahr hat hier Kleinhain² einen interessanten Ansatz vorgetragen, von dem man nur hoffen kann, daß ihn mittlerweile viele für ihren Bereich vertieft und konkretisiert haben. Ähnliches hat sich Schenk³ überlegt, der die Dringlichkeit dieser Überlegungen im Titel seiner Ar-

beit sehr schön ausdrückt: Kritische Betrachtung der Zukunftschancen der Textilveredlungsindustrie.

Wie also kann die Antwort lauten? Nur so: Wer in der Faser- und Textilindustrie langfristig als Unternehmen gesund überleben will, muß über seinen eigenen Verantwortungsbereich und die saisonalen Zielsetzungen hinaus die Wettbewerbsfähigkeit guter Produkte im Auge haben, von Produkten, welche dem intelligenten Konsumenten in seinen wechselnden Ansprüchen das günstigste Preis-Leistungs-Verhältnis bieten.

Wenn wir diese Unvoreingenommenheit und dieses Engagement nicht bieten, wenn wir uns nicht zu echten Optimierungen für Gesamtsysteme durchringen, dann werden das bald Produzenten aus Taiwan und Korea an unserer Stelle tun. Beispiele aus anderen Branchen sprechen eine mehr als deutliche Sprache. Aber die Zielsetzungen sind gut: Nylon 66 ist ein hervorragendes Produkt, und die Faserproduzenten werden es weiterhin pflegen. Markenprogramme, wie Tactel (ICI), Supplex (Du Pont) oder Leader (Viscosuisse), zeigen, daß bei den Faserproduzenten Einsicht, Wille und Kraft vorhanden sind, dieses Systemdenken tatkräftig zu fördern.

Diskussion:

Riggert: Wie betrachten Sie die Zukunft von Polyamid 66-Cord?

Krieger: Kurz gesagt, optimistisch. Wenn ich die Frage etwas breiter stelle, d. h., in Gummi-Anwendungen mitbetrachtet, dann wurde heute früh schon eine ähnliche Frage gestellt und sie wurde auch aus meiner Sicht ganz richtig beantwortet: Man muß das regional recht unterschiedlich beurteilen. Beispielsweise Brasilien mit wesentlich anderen Straßenverhältnissen ist ein ganz anderer Fall als Westeuropa mit vorwiegend Autobahnen. Ich bin der Meinung, daß Polyamid 66-Spitzenqualitäten für den industriellen Einsatz eine sehr gute Zukunft haben. Daß konventionelles Polyamid 66 Mühe haben wird, ist eine andere Sache.

Wernerfelt: Sie haben von der Konkurrenz aus dem Fernen Osten gesprochen. Ich stimme da mit Ihnen überein, aber seit der Devaluation des Dollars ist es doch so, daß 1 Kilo Polyamidgarn in Korea ein Viertel des Preises in den Vereinigten Staaten hat. Ist das wirklich haltbar?

Krieger: Ich glaube, daß der Ölpreis und der Dollarkurs zum Teil jenseits rationaler Argumente liegen und daß in dieser Hinsicht die ökonomische Welt nicht im Gleichgewicht ist. Der heutige Zustand wird sicher nicht der Zustand in fünf Jahren sein, die Ölpreissenkungen und deren Auswirkung auf die Kaufkraft öllexportierender Länder, die Konsequenzen auf der Rohstoffseite und für die Investitionen sind in keiner Weise abzusehen. Daher kann ich zu dieser Frage kein fundiertes Urteil abgeben. Das ist außerhalb jeder überschaubaren Situation.

Riggert: Bei technischen Polyestergeräten sind sehr schrumpfarme Typen auf dem Markt, die kontinuierlich hergestellt werden. Wie sieht diese Situation bei Polyamid 66 aus? Was ist der 160° C-Luftschumpf?

Krieger: Ich kann Ihnen keine Zahl geben. Für die heutigen Nylon 66-Typen ist der Schumpf höher als bei Polyester.

Als Produzent von Polyamid 66 und Polyester will ich natürlich auch nicht Polyamid 66 dem Polyester gleichsetzen. Die Fragen ergeben sich aus den konkreten Anwendungsbereichen. Welche Eigenschaft ist für eine bestimmte Anwendung und Weiterverarbeitung besonders geeignet? Ich glaube auch, daß die Frage des Schrumpfwertes viel zu lange und zu isoliert betrachtet worden ist und daß man sich zu wenig Gedanken über die auftretenden Schrumpfkkräfte gemacht hat. Die glücklicherweise unter genormten Meßbedingungen festgestellten Werte sind für sehr viele praktische Problemstellungen irreführend, weil in der Praxis völlig andere Heizgeschwindigkeiten oder andere Vorspannungen vorliegen, wodurch effektiver Schrumpf und effektive Schrumpfspannung sehr verschieden sein können von jenen Werten, die man unter Normbedingungen erhielt. In diesem Sinn kann ich Ihnen keine präzise Antwort geben.

Benisek: Wie betrachten Sie die Zukunft von Polyamid 66 für den Teppicheinsatz und für Möbelbezugsstoffe?

Krieger: Der amerikanische Teppichmarkt ist nach wie vor „booming“, riesengroß, dynamisch und gesund, während in Europa fast das Gegenteil gilt. In Brasilien war der Teppichmarkt zuerst sehr klein, aber plötzlich gelangte er in eine Expansionsphase; in Japan ist die Zukunft nicht ganz klar. Primär stellt sich also die Frage: Wie sieht man die Zukunft des Teppichmarktes in verschiedenen geographischen Bereichen? Diese Antwort wäre wieder ein Beispiel für meine These: Man muß sich vor Globalurteilen hüten, wenn man die Marktchancen voll ausschöpfen will.

Mach: Sie haben nur Polyamid und Polyester dargestellt. Heißt das, daß Polypropylen keine Konkurrenz für Polyamid 66 oder Polyamid 6 darstellt?

Krieger: Natürlich bildet es eine begrenzte Konkurrenz, aber die Eigenschaften sind so verschieden (Schmelzpunkt, Färbbarkeit, Kriechfestigkeit usw.), daß sicher keine generelle Antwort gegeben werden kann.

Polypropylenfasern – Fortschritte und Lösungen

Dipl.-Chem. H. Schneider, Dr. G. Hofinger,
Chemie Linz AG, Linz, Austria

Die PP-Faser ist im Gegensatz zu anderen Synthesefasern aus unpolaren Kohlenwasserstoffketten aufgebaut. Dieser Aufbau vermittelt der Faser besondere Eigenschaften. Durch Forschung und Entwicklung auf den Gebieten: PP-Faserpolymere, Herstellungstechnologien, Faserstruktur, Nachbehandlung, Additive, wurden in den letzten zehn Jahren vorteilhafte Eigenschaften optimiert, wie geringe Anschmutzung, geringe elektrostatische Aufladung, geringe Wasserabsorption bei gutem Wassertransport. Bei weniger vorteilhaften Eigenschaften, wie Licht- und UV-Stabilität, Wiedererholung, Anfärbbarkeit, hydrophobe Oberfläche, Schrumpfverhalten, Wärmestabilität, KD-Verhalten, wurden bedeutende Fortschritte erzielt und hervorragende Lösungen gefunden. Über den Einfluß der Faserstruktur, Fortschritte und Lösungen bei Faserpolymeren, Herstellungstechnologien und den daraus resultierenden Fasereigenschaften wird berichtet.

PP-Fibers are composed of non polar hydro-carbon chains.

Some of the special properties of PP-fibres are caused by the above mentioned structure.

Due to research and developments in the last ten years in the fields of PP polymers for fibres, production techniques, fibre structures, after treatments and additives, the positive properties like good antisoiling, low static loading, low water-absorbtion while maintaining good water transportation were improved.

Other properties like UV-stability, resilience, dyeability, hydrophobic surface, shrinkage, thermal stability, stress behaviour, were also considerable improved and excellent solutions can be offered.

This paper will deal with the influence of the fibre structure, new development polymers and production techniques on the fibre properties.

Von den industriell in großen Mengen hergestellten Synthesefasern ist die Polypropylenfaser (PP-Faser) die jüngste Entwicklung. Es liegt aber fast 20 Jahre zurück, daß in Dornbirn zum ersten Mal ausführlich über diese Faser berichtet wurde¹. Inzwischen nimmt die PP-Faser unter den Synthesefasern mit ca. 12 % Verbrauch in Westeuropa den vierten Platz ein.

Die PP-Faser ist im Gegensatz zu anderen Synthesefasern aus unpolaren Kohlenwasserstoffketten aufgebaut. Die Ketten bilden eine Helix, bei denen die Methyl-Gruppen jeder Kette radial nach außen weisen. Durch die Verzahnung mit den Nachbarketten können relativ hohe E-Module erzielt werden, trotz der um 15 % verkürzten kristallographischen Faserperiode (durch die trans-gauche Anordnung der Helix). Die Faserfestigkeit entsteht durch Van der Waals-Kräfte und durch seitliche Verzahnung. Die Bildung von Wasserstoffbrücken, wie bei Polyamidfasern (PA), oder eine Dipol- bzw. π -Elektronenwechselwirkung, wie bei den Polyesterfasern (PES), ist bei den PP-Fasern nicht möglich. Der Aufbau vermittelt der PP-Faser besondere Eigenschaften.

Von der Formel der theoretischen E-Module ausgehend,

$$E = \frac{b \cos \theta}{A_m} \left[\frac{\cos^2 \theta}{4 k_1} + \frac{b^2 \sin^2 \theta}{4 k_2} \right]^{-1}$$

b – Eindungslänge

θ – Komplementärwinkel

k_1, k_2 . . . Kraftkonstanten
der Felder

$$\theta = \frac{180-\tau}{2}$$

τ – Valenzwinkel

A_m – molekularer Durchmesser

errechnet sich für Polypropylenfasern ein Wert von
 $E = 50 \text{ GPa} = 5500 \text{ cN/tex}$.

Dieser Wert ergibt eine theoretische Maximalfestigkeit für PP-Fasern bei 10 % Dehnung von 550 cN/tex:

$$(\tau = E \cdot \varepsilon)$$

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

Durch Entwicklungen auf dem Gebiete der Polymeren und der Spinntechnologie sind zur Zeit bei Pilotanlagen Ergebnisse von 140 cN/tex² und auf industriellen Anlagen Werte zwischen 70 – 80 cN/tex erreichbar³.

– Niedrige Verarbeitungstemperaturen

Bei Polymeren mit niedrigerem Molekulargewicht:

MFI (2,16/230) = 75 pro 10 min,

$M_w = 173000$

und einer relativ breiten Molekulargewichtsverteilung

$$\frac{M_w}{M_n} = 4,7$$

kann man PP zu Fasern von 1,2 bis 3,8 dtex bei 180 – 200° C Schmelzetemperatur verspinnen⁴. Die Fasereigenschaften liegen im üblichen Rahmen:

Reißfestigkeit = 23 – 40 cN/tex,

Dehnung = ca. 100 %.

Diese Verarbeitungstemperaturen ermöglichen den Einsatz von neuen Additiven, die bei hoher Wärmebeanspruchung zerstört würden. Die üblichen Verarbeitungstemperaturen von Polypropylen zu Fasern von 220 – 280° C erlauben den Einsatz von weniger wärmestabilen Additiven:

– konstante Eigenschaften im naßen und trockenen Zustand,

– sehr hohe Säure- und Laugenbeständigkeit,

– hohe Abriebsfestigkeit (Verschleißverhalten).

Die Abriebsfestigkeit der PP-Fasern steht in direktem Verhältnis zu ihren Fähigkeiten, Energie bei einer gewissen Verformung zu absorbieren⁵. Die Abriebsfestigkeit steigt mit dem Molekulargewicht, der Kristallinität der Faser und dem Absinken der Spinnorientierung.

Je höher die Doppelbrechung bei einer Faser ist, umso niedriger ist die Abriebsfestigkeit. Diese Eigenschaft wird natürlich auch von den angewandten Präparationen beeinflusst:

– Niedrige elektrostatische Aufladung im Vergleich zu anderen Synthesefasern (Tab. 1).

– Geringe Anschmutzung und leichte Reinigung

Durch die chemische Konstitution der Faser ergibt sich eine geringe elektrostatische Aufladung, dadurch wird der Staub nicht angezogen. Andere Anschmutzungen normaler Art geschehen nur oberflächlich (durch den unpolaren Aufbau) oder durch die Kapillarität des Garnes. Dadurch ist die Anschmutzung leicht zu entfernen⁵. Der Aufbau aus unpolaren Kohlenwasserstoffketten führt auch zu einigen weniger vorteilhaften Eigenschaften:

Tabelle 1: Elektrostatische Aufladung bei Begeh- und Reibversuchen bei u = 50 %

| Teppichrohstoff | Gummisohle | | Gummisohle | | Ledersohle mit Gummiumrandung | |
|-----------------|------------|--------------|------------|--------------|-------------------------------|--------------|
| | Gehen Volt | Reibung Volt | Gehen Volt | Reibung Volt | Gehen Volt | Reibung Volt |
| Polypropylen | 89 | -645 | 55 | -290 | 171 | -655 |
| Polypropylen | -49 | -760 | -202 | -405 | 228 | -900 |
| Polyamid | -1395 | 1350 | 1660 | 430 | -2380 | 1500 |
| Wolle | -59 | 1500 | -200 | 970 | -109 | 930 |
| Acryl | 119 | 400 | 99 | 350 | 21 | 105 |
| Polyester | -720 | 1400 | -952 | 605 | -1450 | 1415 |
| Polyamid | -916 | 1000 | -1130 | 450 | -1980 | 1150 |

- *Niedriger Schmelzpunkt* - er liegt bei 167° C.

- *Wiedererholung* - ist noch immer eine weniger vorteilhafte Eigenschaft, die durch konstruktive Elemente im Endprodukt ausgeglichen werden muß⁶. Diese Eigenschaft kann aber auch durch die richtige Wahl der Herstellungsparameter verbessert werden (Abb. 1).

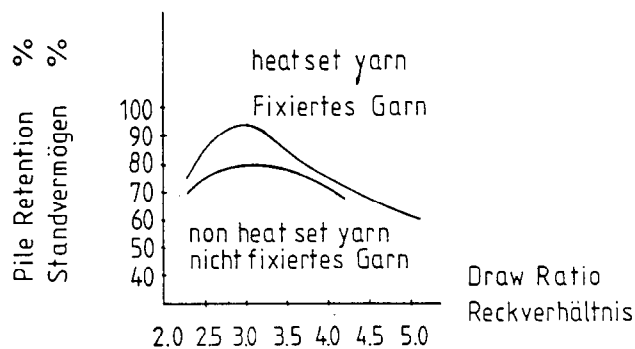


Abb. 1: Standvermögen von fixierten PP-Garnen

- *Anfärbbarkeit*: Die gute chemische Beständigkeit und geringe Anschmutzung gehen auf Kosten der Anfärbbarkeit. Durch die chemische „Neutralität“ der PP-Faser wird die Badfärbung sehr erschwert. Obwohl schon seit über 15 Jahren immer wieder in der Flotte anfärbbare PP-Fasern angekündigt wurden, ist bis heute bei keiner der industrielle Durchbrüche gelungen.

In letzter Zeit gibt es aber erfolgversprechende Entwicklungen auf diesem Gebiet.

- *Für die Anfärbung mit sauren Farbstoffen*: durch Beimischung, vor dem Spinnprozeß eines Copolymerens Äthylen mit N, N-dimethyl-aminoäthyl-methacrylat, gemeinsam mit einem Aminoderivat der Stearinsäure und Natriumstearat⁷. Diese Entwicklung ist technisch vielversprechend, scheitert aber zur Zeit am ökonomischen Faktor.

- *Für Dispersionsfarbstoffe eine Beimischung von PET zu PP*⁸.

Auf diese Mischung werde ich noch bei Polymerblends zurückkommen.

Für die Herstellung von PP-Fasern ist eine beträchtliche Anzahl von Verfahren entwickelt worden, die sich wesentlich voneinander unterscheiden und dementsprechend PP-Fasern mit unterschiedlichen Eigenschaften für eine breite Palette von Anwendungsgebieten produzieren können. Nachdem die meisten Verfahren als bekannt vorausgesetzt werden können, sind in Tabelle 2 die wesentlichen Merkmale dieser Verfahren aufgelistet.

Tabelle 2: Verfahren zur Herstellung von Fasern aus PP

| Endprodukt | Verfahren | Stufen | Abzugsgeschwindigkeit m.min ⁻¹ | Verstreckgeschwindigkeit m.min ⁻¹ |
|---|----------------------------------|--------|---|--|
| 1. Stapelfaser | 1.1. Kurzspinnverfahren | 1 | 20-60 | 60-200 |
| | 1.2. Konventionell | 2 | 1500 | 100-300 |
| | 1.3. Schnellspinnen | 2 | 2500-3000 | 100-300 |
| | 1.4. Modifiziertes BCF Verfahren | 1 | 800 | 2500 |
| 2. Fäden für techn. und textile Anwendungen | 2.1. Schnellspinnen | 2 | 3500 | 700 |
| | 2.2. Verf. für glatte Fäden | 1 | 1000 | 3000 |
| | 2.3. Verf. für hochfeste Fäden | 2 | 600 | zweistufig |
| 3. BCF für Bodenbeläge | 3.1. Spinn-Streck-Texturierung | 1 | 800 | 2500 |
| | 3.2. Schnellspinnen | 2 | 2500 | 2500 |
| Spinnvliesverfahren | 4.1. Schmelzspinnen | 1 | 2500-8000 | - |
| | 4.2. Blas-Spinnen | 1 | - | - |

Entsprechend dieser Vielzahl von Verfahren ist auch das Kraft-Dehnungsverhalten der PP-Fasern sehr unterschiedlich (Abb. 2).

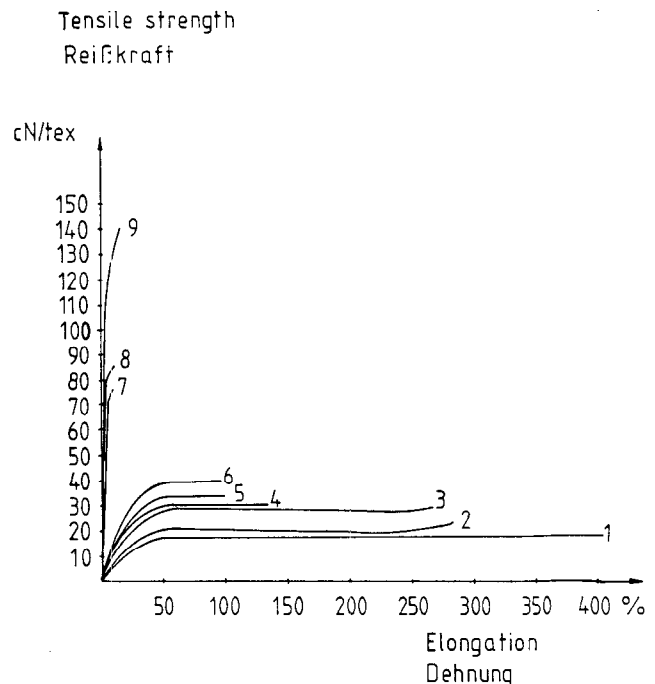


Abb. 2: KD-Diagramm

Um eine optimale Verspinnbarkeit bei einer ausreichenden Produktivität zu erreichen und dabei die gewünschten Eigenschaften zu erzielen, wurden PP-Polymere mit unterschiedlichem Molekulargewicht und unterschiedlicher Molekulargewichtsverteilung entwickelt. Für die Charakterisierung des Molekulargewichtes verwendet man den MFI, für die Molekulargewichtsverteilung das Verhältnis Mw/Mn.

Der prinzipielle Einfluß dieser beiden Größen auf eine der Fasereigenschaften ist in Abbildung 3 und Abbildung 4 gezeigt.

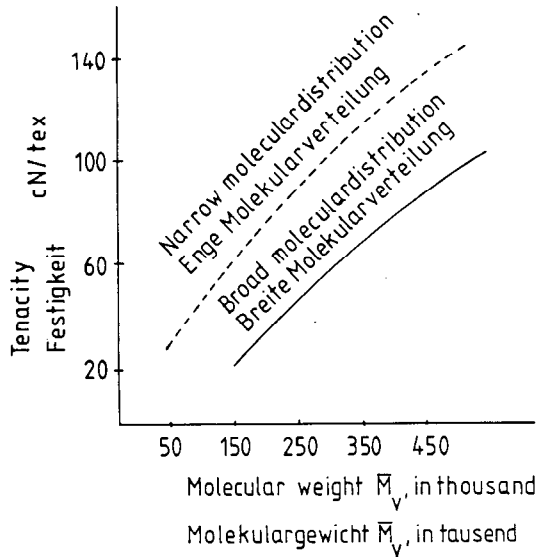


Abb. 3: Die Festigkeit in Abhängigkeit von der Molekulargewichtsverteilung

PP-Polymer A
MFi(216/230) = 18.7
 $\frac{M_w}{M_n} = 4.9$

Tensile strength
Reißkraft

PP-Polymer B
MFi(216/230) = 29.0
 $\frac{M_w}{M_n} = 4.5$

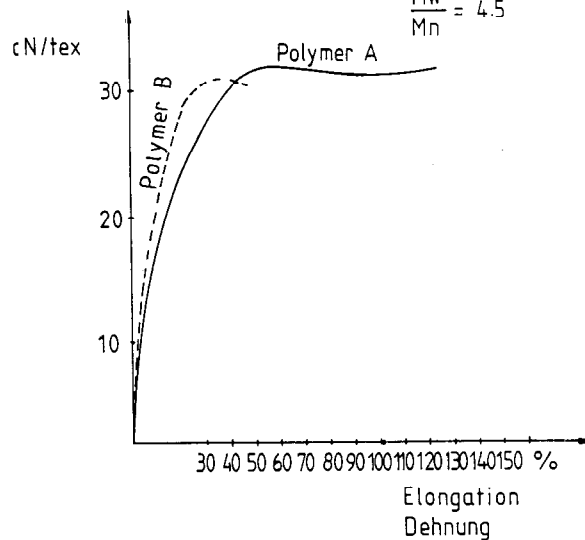


Abb. 5: Der Einfluß des Polymeren auf die Fasereigenschaft

Auch geringfügige Änderungen im Verfahren bei Verarbeitung ein und desselben Polymeren beeinflussen die Fasereigenschaften bedeutend (Abb. 6). Die Tendenzen dieser Beeinflussungen zeigen die Abbildungen 7 und 8 auf⁹⁾. Das ermöglicht es den Fasertechnologen, PP-Fasern „nach Maß“ herzustellen.

Tenacity
Festigkeit

Elongation at break %
Dehnung %

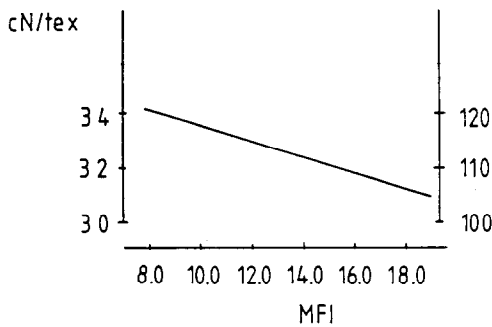


Abb. 4: Der Einfluß des MFI auf Fasereigenschaft

Aber auch schon relativ kleine Änderungen im Polymeren können beträchtlichen Einfluß auf die Fasereigenschaften haben (Abb. 5).

Dieser bedeutende Einfluß ist nur dann erklärlich, wenn die Morphologie der PP-Faser etwas näher betrachtet wird. Sie besteht aus kristallinen und nichtkristallinen Teilen. Der kristalline Teil besteht wahrscheinlich aus gefalteten Einzelkristallen, während der nichtkristalline Teil aus tie-Molekülen, die die kristallinen Zonen miteinander verbinden, nichtkristallisierbaren Komponenten und Unreinheiten, die während der Kristallisation ausgeschieden wurden, besteht¹⁰⁾. Jede Störung kann die Fasereigenschaften wesentlich beeinflussen.

Tensile strength
Reißkraft

PP-Polymer
MFi(216/230) = 21.0
 $\frac{M_w}{M_n} = 4.5$

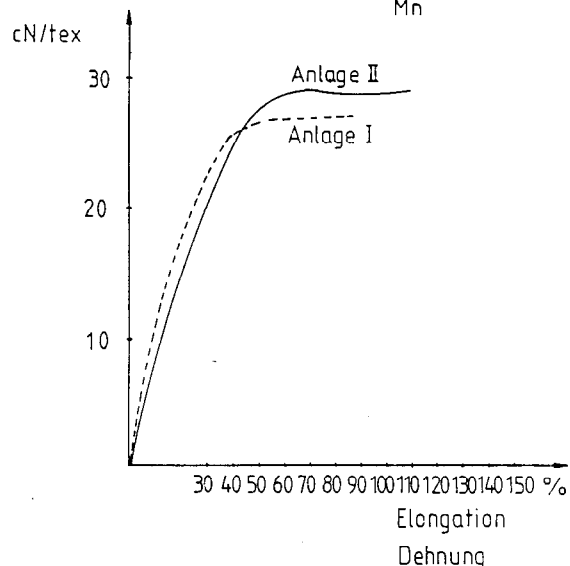


Abb. 6: Der Einfluß der Verarbeitung eines Polymeren auf die Fasereigenschaft

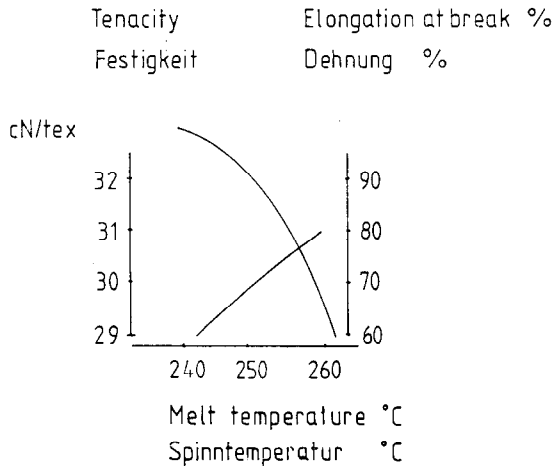


Abb. 7: Der Einfluß der Spinnntemperatur auf die Festigkeit und Dehnung

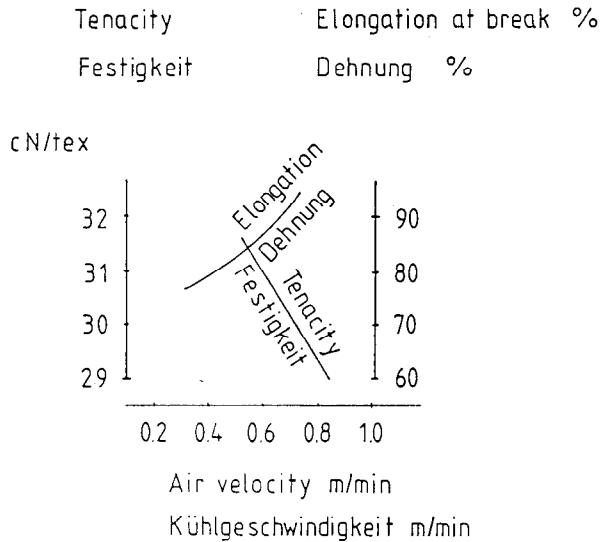


Abb. 8: Der Einfluß der Luftgeschwindigkeit auf die Festigkeit und Dehnung

Die PP-Fasereigenschaften können bewußt durch Eingriffe in die Morphologie der Fasern über *Polymerblends* beeinflusst werden.

Um eine PP-Faser mit einem hohen Schrumpfung zu produzieren, müssen mehrere Bedingungen erfüllt werden:

- die Kristallinität so niedrig wie möglich zu halten,
- die Orientierung so hoch wie möglich zu erreichen.

Dazu gelangt man normalerweise durch eine hohe Verstreckung bei niedriger Temperatur.

Eine verbesserte Produktionsmethode wurde erarbeitet, indem man dem isotaktischen PP andere Polymere beimischt, um einen niedrigeren Kristallinitätsgrad zu erhalten. Dafür eignen sich Polymere, die den Kristallinitätsgrad herabsetzen.

Es können verwendet werden:

- ataktisches Polypropylen,
- Polystyrol,
- anorganische Verbindungen, welche sich in den kristallinen Zonen festsetzen können¹¹⁻¹³ oder Polyäthylen (Abb. 9).

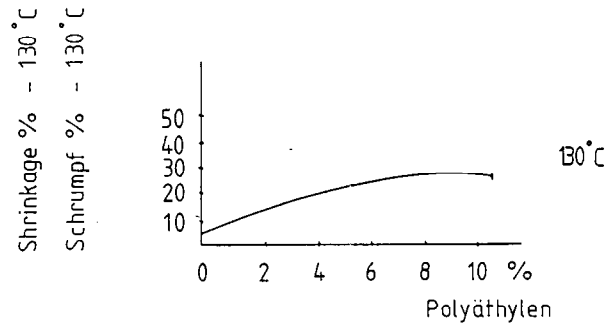


Abb. 9: Der Schrumpfung von Polypropylenfasern

Auch andere Eigenschaften können über *Polymerblends* geändert werden wie etwa die Anfärbung, die schon angesprochen worden ist⁹, durch *Polymerblends* PP-Polyester.

Durch Zumischung von Polyester zu Polypropylen wird die Faserfestigkeit herabgesetzt. Bei eigenen Versuchen konnte im Gegensatz zu Literaturangaben kein Einfluß des Prozentgehaltes festgestellt werden (Abb. 10).

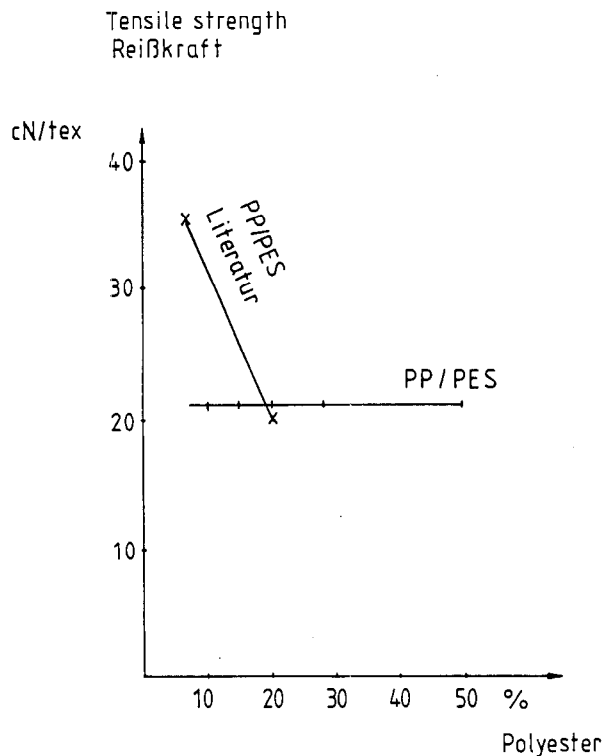


Abb. 10: Der Einfluß von Polyesterzumischung auf die Fasereigenschaften (Vergleich: Literatur - eigene Ergebnisse)

Die Konzentration der Polyestermischung hat aber einen bedeutenden Einfluß auf die Spleißneigung der PP-Fasern.

Bedeutende Fortschritte wurden auf dem Gebiete der Wärme-, Verarbeitungs- und UV-Stabilisierung von PP-Fasern erreicht.

Dieses war durch die Entwicklung von neuen hochmolekularen UV-Stabilisatoren vom Typ HALS (Hindered Amine Light Stabiliser) möglich.

Die Entwicklung neuer hochmolekularer phenolischer Antioxidantien sowohl zur thermischen Langzeitstabilisierung als auch von Verarbeitungstabilisatoren auf Phos-

phit-Basis haben zur bedeutenden Verbesserung der Stabilisierung von PP-Fasern beigetragen.

Unter Verwendung von solchen Stabilisatoren konnten bei Einsatz von ausgesuchten Pigmenten Stabilisierungskombinationen gefunden werden, die höchste Ansprüche im Outdoor-Bereich bei Geotextilien als auch im Automobilbereich befriedigen können.

Geotextilien

Die Forderung nach UV-Stabilität ist kein bloßes Wettbewerbsargument mehr. Geotextilien sind heute mehr als nur Produkte, die „ohnehin vergraben werden“.

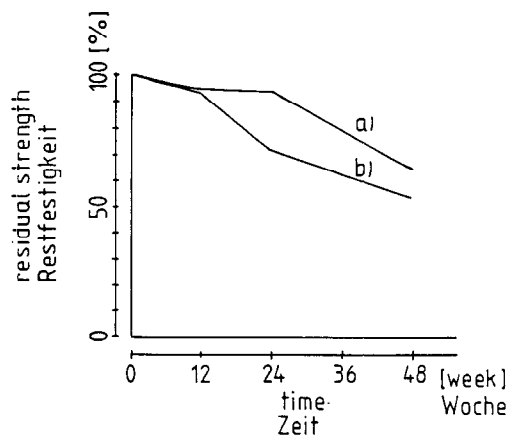
An einigen Beispielen sei das näher erläutert:

- Wasserbau: Bei Uferbefestigungen ist es unvermeidlich, daß bei wechselndem Wasserstand immer wieder in den Zwischenräumen jeder Steinschüttung Vliesteile direktem Sonnenlicht ausgesetzt werden.
- Bau von Fahrdämmen und Böschungsaufschüttung: Die für Befestigungen (Polsterdämme) oder Abdeckungen eingesetzten Geotextilien sind an der Böschungsoberfläche direkter Lichteinwirkung ausgesetzt, die durch Begrünung oder durch Besprühen mit Bitumen nur teilweise ausgeschaltet werden kann.

Aber auch die Sonnenbestrahlung beim „normalen“ Einbau von Geotextilien ist nicht zu unterschätzen. Es ist sicher durch entsprechende Maßnahmen und Instruktionen vermeidbar, daß Geotextilien auf der Baustelle ausgerollt und wochenlang offen liegengelassen werden. In Gegenden mit extremen Klimabedingungen kann aber auch schon ein

ne kürzere Exponierung bei nicht entsprechend stabilen Produkten zu Schädigungen führen.

Freibewitterungsversuche in Steyr/Oberösterreich (Abb. 11)¹⁴ und in Nord-Australien – das mit einer Einstrahlung von über 200 kly pro Jahr (kcal/cm²/Jahr) und Oberflächentemperaturen, die über 100° C reichen, zu den härtesten Testgebieten der Welt gezählt werden kann, härter als Arizona oder Florida – zeigten die Wirkungsweise der kombinierten UV-Thermostabilisierung (Abb. 12)¹⁵.



Weathering of Polypropylen Geotextiles in Australia :
a) in Rocklea (Brisbane)
b) in Claredale (Townsville)

Bewitterung von Polypropylen Geotextilien in Australien :
a) in Rocklea (Brisbane)
b) in Claredale (Townsville)

Abb. 12: Bewitterung von Polypropylen-Geotextilien in Australien:

a) in Rocklea (Brisbane)
b) in Claredale (Townsville)

Das Ergebnis kann als äußerst positiv gewertet werden.

Die Morphologie der Faser, die auch von den Herstellungsbedingungen beeinflusst wird, hat einen bedeutenden Einfluß auf die UV-Beständigkeit (Tab. 3)¹⁶.

Tabelle 3: Halbwertszeit von unterschiedlich verreckten Multifilamenten

| Reckverhältnis | Feinheit | Halbwertszeit der Reißfestigkeit | |
|----------------|----------|----------------------------------|----------|
| | | ohne UV-Stab. | UV-Stab. |
| | dtex | Stunden | Stunden |
| 1 : 2 | 17 | 430 | 1680 |
| 1 : 5 | 17 | 560 | 2450 |

Dieser Einfluß ist so gewichtig, daß er sogar den Einfluß der Faserfeinheit und den Einfluß der Pigmente auf die UV-Stabilität überdeckt (Tab. 4).

Tabelle 4: Halbwertszeit pigmentierter Multifilamente

| Reckverhältnis | Feinheit | Halbwertszeit der Reißfestigkeit | | |
|----------------|----------|----------------------------------|---------|---------|
| | | unpigmentiert | gelb | braun |
| | dtex | Stunden | Stunden | Stunden |
| unverreckt | 52 | 1700 | 950 | 1900 |
| 1 : 2 | 26 | 1850 | 1060 | 2150 |
| 1 : 3 | 17 | 2160 | 1120 | 2450 |
| 1 : 4 | 13 | 2350 | 1240 | 2580 |
| 1 : 5 | 10 | 2500 | 1280 | 2700 |

Besondere Anforderungen werden an die PP-Faser beim Einsatz im Automobilbereich gestellt.

Nach DIN 75 202 werden die Fasern unter folgenden Bedingungen geprüft:

- Xenotest 450,
- Schwarztafeltemperatur 80° C,
- 4 IR/3 Fensterglasfilter,
- Proberaumtemperatur 45° C,
- Belichtungsdauer bis zur Typenfärbung 7 (ca. 150 Stunden).

- Polyestervlies ----Polyester nonwoven
- Polypropylenvlies (thermo u. uv. stab.) — Polypropylen nonwoven (thermo and UV. stable)
- Polypropylenvlies (U.V. stab.) ----Polypropylen nonwoven (U.V. stable)

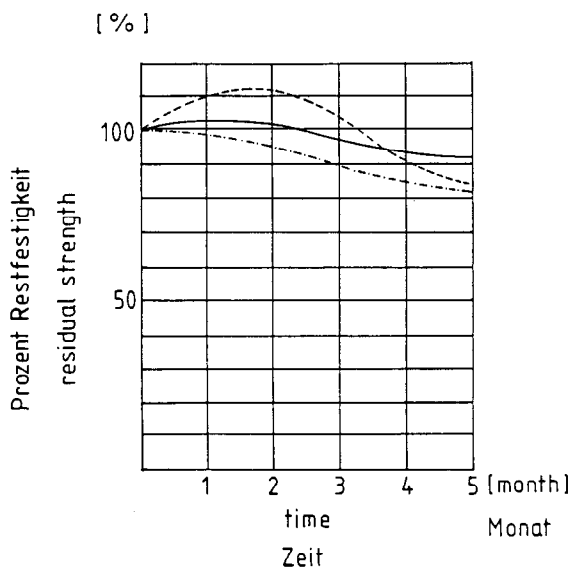


Abb. 11: Freibewitterungsversuche von Vliesen

Bei dieser Anordnung werden folgende Temperaturen erreicht:

| | |
|------------------------------------|--------------|
| Innenraum | 55° C |
| Schwarztafeltemperatur | 80° C |
| max. Temperatur hinter UV-Filter | 80° C |
| max. Temperatur hinter IR-Filter | 90 – 100° C |
| max. Temperatur hinter Fensterglas | 170 – 180° C |

Die maximale Temperatur stellt sich nach ca. 2 bis 3 Minuten Stillstand ein.

Während des Laufes im Xenotest erreicht man folgende Temperaturen:

| | |
|--------------------------------|--------------|
| Teppichoberfläche | 110 – 120° C |
| In der Probe (nach 21 Stunden) | 130 – 140° C |

Diese Temperaturen können nur mit der Isolationsfähigkeit und mit dem damit entstehenden Wärmestau erklärt werden¹⁷. Bei solchen Beanspruchungen kommt es zu Faserverschmelzungen.

Zur Zeit laufen Untersuchungen, um die Schwarztafeltemperaturen mit isoliertem Schwarztafelthermometer zu messen. Ohne die Ergebnisse vorwegnehmen zu wollen, ergeben sich bei den eigenen Messungen Temperaturunterschiede von 20 – 30° C.

Diese Temperaturen nähern sich der Realität. Messungen, die von uns durchgeführt wurden, ergaben in Ägypten nach 4 Stunden folgende Werte:

| | |
|----------------------------|---------|
| Außentemperatur (Schatten) | + 28° C |
| Außentemperatur | + 35° C |
| Innenraum (PKW) | + 48° C |
| Hutablage (PKW) | + 88° C |
| Unter dem PKW-Himmel | + 50° C |
| Außenblech | + 60° C |

Es wurden PP-Fasern entwickelt, die diesen Beanspruchungen standhalten; mit entsprechendem UV und entsprechender Thermostabilisierung, wie die Type Asota L 12.

Eine große Rolle spielt dabei die Auswahl der Pigmente. Darüber wurde aber schon so oft berichtet, daß ich diese Einflüsse als bekannt voraussetzen kann.

Zusammenfassung

- Es wurden bei der Entwicklung von Faserrohstoffen und der Entwicklung von Fasertechnologien für PP-Fasern bedeutende Fortschritte erzielt.
 - Geringe Änderungen im Polymeren können bedeutende Änderungen in den Fasereigenschaften hervorrufen.
 - Die Polymerblends mit Polypropylen ermöglichen es, über ihren Einfluß auf die Fasermorphologie „maßgeschneiderte“ PP-Fasern zu erzeugen.
 - Bei der UV-Beständigkeit wurden hervorragende Lösungen gefunden, die besonders bei der Automobilindustrie und bei Geotextilien hohe Anforderungen erfüllen.
- Es gibt erfolversprechende Ansätze bei der anfärbbaren PP-Faser.

Literatur

- 1) Natta, G., Compostella, M.; Lenzinger Ber. 24, 18 – 25 (1967)
- 2) US-Pat. 3 664 782 Phillips Pet. (1969)
- 3) Schäfer, K.; 24. Internat. Chemiefasertagung Dornbirn (1985)
- 4) Nemoz, G., Loubinoux, D., Prost, C., u. a.; 24. Internat. Chemiefasertagung Dornbirn (1985)
- 5) Ahmed, M.; Textile Science and Technology-Polypropylene Fibers and Technology, Elsevier Scientific Publishing Comp., Amsterdam, Oxford, New York (1982) I. S. B. N. – 444-42090-8
- 6) Supanz, P.; 24. Internat. Chemiefasertagung, Dornbirn (1985)
- 7) Ohmae, T.; 24. Internat. Chemiefasertagung, Dornbirn (1985)
- 8) Xi-Xia, I., Xi-ren, W., Shou-Zhong, F.; 24. Internat. Chemiefasertagung, Dornbirn (1985)
- 9) Mc. Ilhagger, R.; Sec. Internat. Conf. Polypropylen Fibres and Textiles, York (1979)
- 10) Samuels, R. J.; J. Polym. Sci., Part. C, Nr. 20, PP 253 – 284 (1967)
- 11) Molkova, G. N., Filbert, D. V. u. a.; Khim. Volokna 2, 20 (1971)
- 12) Molkova, G. N., Filbert, D. V., u. a.; Khim. Volokna 3, 19 (1973)
- 13) Judge, A., Nebe, J.; Sec. Internat. Conf. Polypropylene Fibres and Textiles, York 23.1 – 23.12 (1979)
- 14) Hüttner, G., Schneider, H.; AVR 1,6, 1982
- 15) Schneider, H.; Conf. on Geotextiles, 1. Premier Conference 1985 Singapore, 60 – 75
- 16) Schneider, H., Hüttner, G.; 3. Internat. Conf. Polypropylene Fibres and Textiles, York 6.1 – 6.7 (1983)
- 17) Schneider, H., Supanz, P.; Intercarpets 1981

Diskussion

Riggert: Beim Schnellspinnen von Polypropylen zeigt die Erfahrung, daß man den Spinnrohstoff besser anpassen muß. Ich denke hier an das Mw/Mn-Verhältnis und an den MFI-Wert. Können Sie hierzu etwas über den Stand der Technik sagen? Ich beziehe mich hierbei auf Spinngeschwindigkeit über 3000 m/min.

Schneider: Es sind zur Zeit Technologien bekannt, nach denen 10 000 t/Jahr verarbeitet werden könnten. Mit diesen erreicht man rund um 3000 m/min. Für diese wurden Polymere mit einer relativ engen Molekulargewichtsverteilung um 3,2 – 3,5 entwickelt. Hier spielen aber auch verschiedene Additive eine Rolle. Nach unserer Erfahrung ergibt ein Polymeres, das einen Schmelzindex von 18 hat, gemessen bei einer Belastung von 1,16 kg bei 230° C, optimale Ergebnisse. Durch einen Einfluß auf die Kristallitbildung oder die Orientierung könnte man wahrscheinlich noch bessere Eigenschaften erzielen als jetzt; in diese Richtung gehen Arbeiten, aber diese sind noch nicht abgeschlossen. Man müßte eine sehr mikrokristalline Struktur gleich nach der ersten Kühlzone erreichen und dadurch die Verstretchbarkeit und die Orientierung der Faser begünstigen; daran wird gearbeitet.

Diezel: Sie haben über die Polymerblends berichtet und in Ihrem Dia Nr. 12 war kein besonderer Einfluß auf die Festigkeit festzustellen. Bei der industriellen Fertigung gibt es auch noch andere interessante Eigenschaften, die man unter einen „guten oder schlechten Lauf“ zusammenfaßt. Könnten Sie etwas sagen, wie diese Polymerblends oder die Beimischung von anderen Produkten die Verarbeitbarkeit positiv oder negativ beeinflussen?

Schneider: Die zwei Polymerblends Polyäthylen und Polyester, von denen ich hier sprach, verhalten sich komplett entgegengesetzt. Bei Polyäthylen erzielt man sehr leicht eine kleine Verbesserung (niemand weiß so genau wie Sie, wie sehr es darauf ankommt), die dann bei der Verarbeitung schon eine große Rolle spielt, sodaß es etwas besser verarbeitet ist. Bei Polyester dagegen braucht man ein sehr ausgefeiltes Know-how, um es überhaupt verspinnen zu können. Wenn aber jemand glaubt, es genügt, ein Polypropylen und ein Polyester zu mischen, und das läuft dann schon prima über die Maschine, der wird sich sehr täuschen. Man braucht ein entsprechendes Know-how, um diese Mischung über die Maschine zu bekommen, vor allem aber, um eine gewisse Produktivität zu erzielen.

Polypropylene Fibres – Commercial Effects and Applications

Ing. P. Lattanzi, Dr. P. Olivieri, Moplefan S. p. A., Terni, Italien

In this paper the main applications of polypropylene fibre are described. Emphasis is given to the fact that continuous expansion is due to its gradually becoming established in specific fields of application, particularly suited to its characteristics in terms of both fibre response in the conversion cycles and the properties of the articles obtained.

Among the numerous sectors, special attention is given to textile floor coverings, apparel, technical applications and thermal bonded nonwovens.

As far as new fibres are concerned, industry has developed shrinkable types of staple fibre for floor coverings and selected more suitable structures of BCF, while some producers have started to manufacture fine denier continuous filament yarns for apparel, especially for sportswear, on the basis of the success obtained with the staple; further developments are expected in the geotextile sector and special industrial applications; as to geotextiles the positive experience in the USA with PP staple nonwovens could be transferred to Europe where at present mainly PP spunbonded nonwovens are used.

The problem of obtaining a dyeable polypropylene fibre is still unsolved. Even though the solutions proposed so far are in some cases interesting, they do not seem to have a relevant commercial value in the short or medium term.

This situation is apparently motivating for the fibre producers, but it is also a bit dangerous because a proliferation of plants has resulted, partially due to the active contribution of the machinery makers. This could turn into a deterioration for the PP market, at least in the less specialized application areas.

The risk of this 'plant-proliferation' is the presence of a non qualified fibre on the market due to the substantial difficulty in obtaining a quality product despite the relatively easy first approach to PP melt spinning.

This could be detrimental to the PP image on the market. On the other hand, the development of qualified fibre types with a high quality level can lead to further expansion.

Der Vortrag befaßt sich mit den Anwendungen von PP-Fasern und weist darauf hin, daß ihre zunehmende Verbreitung darauf zurückzuführen ist, daß sie sich nach und nach in bestimmten Anwendungsgebieten durchsetzen, für die sie auf Grund ihrer Eigenschaften besonders geeignet sind.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen unter anderem textile Bodenbeläge, bei denen BCF-Garn aus Polypropylen für Tuffing-Teppiche neben Polyamid-BCF-Garnen bereits eine bedeutende Rolle spielen, aber auch PP-Stapelfasern, die auf dem Nadelfilzsektor zu den am häufigsten verwendeten Fasern geworden sind. Sie werden auch bevorzugt bei thermisch verfestigten Vliesen eingesetzt, bei denen die PP-Fasern neben einer Reihe von günstigen allgemeinen Eigenschaften Besonderheiten aufweisen, die sie für diese Herstellungstechniken besonders geeignet machen.

Was neue Fasern betrifft, so arbeitet die Industrie weiter an der Entwicklung von schrumpffähigen Stapelfasern für Bodenbeläge sowie an der Auswahl besonders günstiger BCF-Strukturen, während einige Hersteller auf Grund des Erfolges der Stapelfasern die Produktion von feintitigen Endlosfasergarnen für Kleidung, vor allem Sportbekleidung, aufgenommen haben. Weitere Entwicklungen sind auf dem Gebiet der Geotextilien zu erwarten, die sich auch in Europa durchsetzen könnten, wo gegenwärtig in erster Linie Spinnvliese Verwendung finden.

Ein ungelöstes Problem bleibt die Entwicklung färbbarer PP-Fasern: Die bisher vorgeschlagenen Lösungen sind zwar in einigen Fällen interessant, dürften sich aber kurz- bzw. mittelfristig kommerziell kaum durchsetzen.

So motivierend diese Situation für den Faserhersteller auch sein mag, birgt sie jedoch andererseits gewisse Gefahren, da sie teilweise auch auf Grund der Aktivität der Maschinenhersteller zur Schaffung vieler neuer Anlagen geführt hat, was zu einem Verfall des PP-Marktes, zumindest für weniger spezialisierte Produkte, führen könnte. Die Gefahr liegt darin, daß durch die Vermehrung der Anlagen Überkapazitäten für die Produktion von Fasern minderer Qualität entstehen, da ihre Erzeugung mit Hilfe des Schmelzspinnverfahrens relativ einfach, die Herstellung von Qualitätsprodukten jedoch mit größeren Schwierigkeiten verbunden ist. Dies könnte dem Image der PP-Faser abträglich sein. Wenn es jedoch gelänge, Spezialfasern hoher Qualität herzustellen, wäre eine Expansion auf diesem Gebiet durchaus begrüßenswert. Neben der Einführung von geeigneten Produktionstechniken ist auch die Auswahl funktionsgerechter Polymertypen von besonderer Wichtigkeit. Deshalb kommt auch dem Polymerhersteller bei der Abstimmung der Harzeigenschaften auf die angestrebten Charakteristika des Endprodukts eine wesentliche Rolle zu.

Introduction

Untill now polypropylene fibre has enjoyed a steady expansion which, as many market signs indicate, will continue.

Though coming fourth in terms of total tonnage, after polyester, polyamide and polyacrylonitrile, polypropylene fibre ranks first in some application sectors where it represents the leading fibre in terms of both conversion into finished articles and product properties.

In the various sectors successes have come regularly, one after the other, following the typical pattern of promising products for which a new boom largely compensates for the decreasing demand caused by the maturity of an existing application, so that the total quantity still grows.

Moreover it is interesting to note that polypropylene fibre plays an important role in conversion technologies which have led or are leading the evolution of some textile sectors, as is the case with needlepunching, tufting and thermal bonding.

The latter technology, in particular, thanks to polypropylene has received a decided impulse which has led to the designing of very wide, high speed, very precise calenders equipped with finely patterned rolls.

World production of polypropylene fibre in 1984 was about 600.000 tons (staple + continuous filament)¹ which approaches 10 % of the total polymer production.

In the same year Western European production was 240.000 tons; the annual growth rate in the period 1980 – 1984 was 14 % for staple and 24 % for continuous filament.²

No other fiber had such a dramatic growth rate as polypropylene in this period. Figure 1 shows the production forecast for PP fibres. PP spunbonded has also been indicated.³

This situation is apparently motivating for the fibre producer, but it is also a bit dangerous because a proliferation of plants has resulted, due partially to the active contribution of the machinery makers. This could turn into a deterioration for the PP market, at least in the less specialized applications areas.

The risk of this 'plant proliferation' is the presence of a non qualified fibre on the market due to the substantial difficulty in obtaining a quality product despite the relatively easy first approach to PP melt spinning.

This could be detrimental to the PP image on the market.

On the other hand significant research is being continuously carried out by some qualified producers so that, at present, a wide range of products is available which prove satisfactory in numerous application fields.

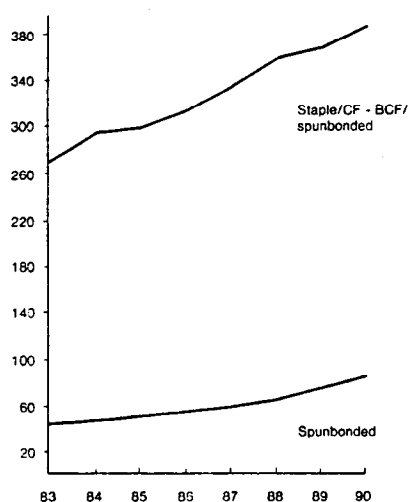


Fig. 1: Forecast: Production of PP fibre and spunbonded in Western Europe

The product range of Moplefan is particularly diversified and it can cover almost the entire spectrum of applications in both staple and continuous filament.

In the following we would like to make a survey of the main applications, highlighting the rewarding features associated with use of polypropylene fibre.

Table 1 lists the main properties of the fibre. Most of them are inherent to the fibre nature, some can be imparted or improved through carefully designed fibre tailoring both selecting special additives and adopting suitable production engineering.

Table 1: Polypropylene fibre main properties

POLYPROPYLENE FIBRE . . .

1. IS LIGHT
2. DOES NOT ABSORB WATER
3. HAS LOW THERMAL CONDUCTIVITY
4. HAS VERY LOW CHEMICAL AFFINITY
5. HAS FAST COLOURS
6. HAS HIGH ABRASION RESISTANCE
7. HAS LOW STATIC BUILD UP
8. HAS VERY GOOD LIGHT STABILITY
9. RESISTS CHEMICAL AGENTS
10. IS THERMO-BONDABLE
11. DOES NOT CAUSE ALLERGY OR SKIN IRRITATION

Table 2 lists the main applications and table 3 shows how the various fields of application take advantage of the characteristics of the fibre.

Table 2: Polypropylene fibre main applications

1. APPAREL
2. UPHOLSTERY
3. WALL COVERINGS
4. FLOOR COVERINGS
5. HYGIENE-MEDICAL
6. CAR INDUSTRY
7. TECHNICAL APPLICATIONS
8. GEOTEXTILES
9. SUBSTRATES FOR COATING

Table 3: Polypropylene fibre

| MAIN PROPERTIES | MAIN APPLICATIONS | | | | | | | | |
|---|-------------------|------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------|------------------------|-------------|------------------------|
| | APPAREL | UPHOLSTERY | WALL COVERINGS | FLOOR COVERINGS | HYGIENE - MEDICAL | CAR INDUSTRY | TECHNICAL APPLICATIONS | GEOTEXTILES | SUBSTRATES FOR COATING |
| IS LIGHT | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| DOES NOT ABSORB WATER | x | | | x | x/o | | x | x | |
| HAS LOW THERMAL CONDUCTIVITY | x | | x | x | | | | | |
| HAS VERY LOW CHEMICAL AFFINITY | x | x | x | x | | x | | | |
| HAS FAST COLOURS | x | x | x | x | | x/o | | | |
| HAS HIGH ABRASION RESISTANCE | x | x | | x/o | | x | | | x |
| HAS LOW STATIC BUILD UP | | | | x/o | | | | | |
| HAS VERY GOOD LIGHT STABILITY | | x | x | x | | x/o | | | |
| STANDS CHEMICAL AGENTS | x | | | | | | o | x | |
| IS THERMO-BONDABLE | | | x | | o | x | x | | |
| DOES NOT CAUSE ALLERGY OR SKIN IRRITATION | x/o | | | | x/o | | | | |

x = important o = essential

Textile Floorcoverings

Textile floorcoverings constitute the end-use where polypropylene fibre first found a very successful application, and it is still the most important outlet, in terms of overall volume (over 120.000 tons in Western Europe in 1985 – staple and continuous filament as face fibre).

Some of the inherent characteristics of the fibre, such as its very high resistance to abrasion and its ability not to absorb water and to allow dirt to be removed very easily, are in fact particularly favourable to this application.

This, together with the good results obtained by fibre manufacturers in developing new products, – more and more in line with users needs – and by carpet makers in constructing finished products geared to fulfill market requirements, has helped to promote a further increase in consumption in a sector where recently growth has been slow and in some cases even a reduction of volumes has been experienced.

For a long time polypropylene staple has been the most widely used fibre in needle-punched carpets (Western European consumption was over 50,000 tons in 1985) and is now well established in the tufted carpet sector, especially in 100 % applications, though blends with other fibres are growing significantly.

Among needle-punched carpets particular products for outdoor applications, normally used for sports and leisure surfaces, for automotive applications, where specific types of fibres with a very high resistance to U. V. radiations or to the combined action of U. V. and heat are necessary, should be mentioned.

Polypropylene BCF, in turn, has acquired an important market share in the tufted carpet sector, side by side with polyamide BCF, and in the woven carpet sector.

Table 4 shows the Western European production of carpets, divided into tufted, needle-punched and woven constructions.⁴

Table 5 shows the breakdown into the different fibres used in tufted carpets.⁵

The recent evolution in production technology, both for staple fibre and BCF, has also helped in sustaining this growth.

The availability on the market of compact units for fibre production, generally consisting of a reduced number of production steps, and, therefore, giving better productivity, as well as the development of 'air entangling'

systems, which help in obtaining more styling versatility and production flexibility, has made it possible for some carpet manufacturers to build up an integrated process, including fibre production, with undeniable positive effects on the production cost structure.

All this has induced great expansion expectation, even greater than the market could grant, and this constitutes a possible threat to an otherwise interesting situation.

Table 4: Production of textile floorcoverings in Western Europe (Million square meters)

| | '81 | '82 | '83 | '84 | '85 | '86* | '87* |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TUFTED | 502.7 | 483.0 | 522.1 | 540.9 | 551.7 | 525.9 | 531.1 |
| NEEDLE-PUNCHED | 133.1 | 124.7 | 137.2 | 144.9 | 155.1 | 157.6 | 159.6 |
| WOVEN | 81.0 | 75.6 | 83.7 | 89.0 | 85.6 | 84.3 | 85.1 |
| | 730.5 | 683.3 | 743.0 | 774.8 | 792.4 | 767.8 | 775.8 |

Source: INTERCONTUFT, Product and Market Survey of Textile Floorcovering 1984/86.
*Forecast.

Table 5: Fibres and yarns of tufted carpets in Western Europe (Million square meters)

| | 1984 | 1985 |
|---------------------------------|-------|-------|
| TOTAL PRODUCTION TUFTED CARPETS | 516.1 | 526.5 |
| STAPLE | 225.2 | 225.5 |
| Nylon | 109.9 | 112.1 |
| Acrylic | 19.4 | 16.0 |
| Polyester | 12.7 | 15.7 |
| Polypropylene | 33.9 | 35.3 |
| Wool | 43.0 | 40.5 |
| FILAMENT | 290.9 | 301.0 |
| Nylon | 243.3 | 244.4 |
| Polypropylene | 47.6 | 56.6 |

Source: INTERCONTUFT, Product and Market Survey of Textile Floorcovering, 1984.

In particular, when market demand tends to grow less rapidly than supply (Tab. 4), there is a strong tendency to reduce costs and prices, even reducing quality levels, in order to keep certain sales volumes.

Even though such a policy may bring some advantages in the short term, it is certainly not rewarding in the long run, since it tends to destroy the image that a wise production and application policy has obtained.

Besides the presence of fibre having insufficient characteristics on the market, the product image may also be damaged by the excessive impoverishment of carpet construction.

In fact it is well known that only by having a sufficient pile density it is possible to obtain carpets which can retain their original appearance for a sufficiently long period of time.

The influence of construction on carpet behaviour is well depicted by the graph shown in figure 2 where the classification of some commercial carpets is recorded. The carpets were produced of PP staple (tufted, cut pile); the classification which compares favourably with practical tests and market feed back, was based on laboratory tests.

It can be noted that only a dense, low pile construction is suitable for heavy traffic, while the majority of the constructions fall in the medium traffic area.

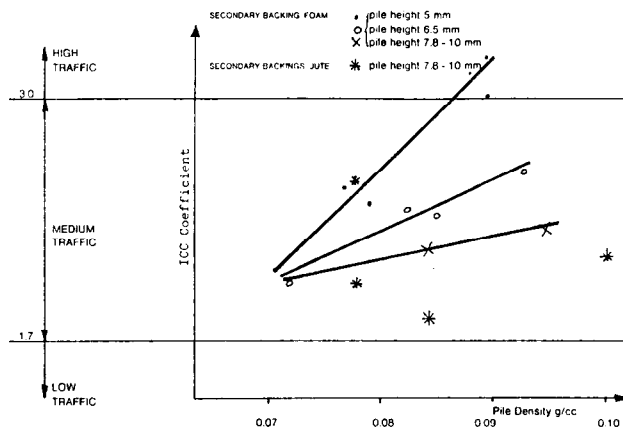


Fig. 2: Carpet classification versus pile density

It is interesting to note how the calculated values for various structures follow different paths in relation to the pile height and the effect of the density decreases as the pile height increases.⁶

As far as BCF is concerned fine gauge, low loop pile, high density structures are suitable for use in heavy traffic areas, even with wheel chairs; structures which are more open, with a higher pile, produced in a wide range of gauges, easily meet specific international standards for medium and heavy traffic.

On the other hand it has to be considered that it is not the reduced life span of an article that can improve sales in terms of quantities, since this tends, on the contrary, to yield to a possible emargination of the product, due to the degradation of its image on the market.

As far as new products are concerned, some fibre producers have gone forward with the development of shrinkable types of staple fibre. With the exception of a new type recently introduced on the market, these fibres find a successful application in low traffic areas (constructions using twisted heat set yarns).

As to BCF, coarse denier yarns are proposed, to stimulate the creativity of the carpet producers in an area which, traditionally slow moving in terms of styles, seems now ready to accept richer constructions, as is already happening in the U. S. A.

With regard to dyeable fibres, while nickel-modified fibres are available for printing, the solutions proposed so far to obtain a polypropylene fibre dyeable with the traditional systems (acid and disperse dyestuffs), do not seem to have a relevant commercial value in the short or medium-term, either due to the relatively high cost of the additive involved or to the still insufficient results obtainable in terms of colour fastness. Nevertheless in some cases the results are interesting.

Apparel

Apparel also is one of the market sectors where polypropylene fibre first stepped in.

PP fibre consumption in apparel, though not as massive as in floorcoverings, is nevertheless significant.

Reasons for using polypropylene fibre are:

- lightness, which results in high bulk/weight ratio and consequently high warmth to weight factor moisture regain practically nil and wicking properties which mean no water retention in contact with the skin
- high abrasion resistance
- easy washing and rapid drying,
- chemical resistance,
- colour fastness. rapid drying,
- chemical resistance,
- colour fastness.

Thanks to these properties, Meraklon has achieved a significant penetration in the manufacture of knitted underwear, knitted outerwear, hosiery, work clothes, pyjamas, sportswear.

Applications which should bring about the best opportunities of growth are thermalwear and sportswear, the latter especially, due to the increasing popularity of sports and leisure activities.

The interest in polypropylene fibre for this sector derives from some positive properties of the fibre itself which make it a fundamental partner of other fibres, mainly natural, for the production of special items.

This contribution is given in both intimate blends and in double face articles; these latter are the best items to exploit the valid properties of the component fibres.⁷

New developments include the use of fine denier continuous filament yarns which have been recently put on the market and allow the production of lighter and more open fabrics.

The growth in these fields as well as in others to come, will depend not only on the fibre properties but also on the research effort which will be made. Polypropylene is a young fibre compared with its competitors and it is reasonable to predict a high rate of technological development.

Industrial Uses

Among industrial uses filtration media, substrates for coating and geotextiles are the most interesting.

Filtration

Polypropylene fibre is ideal for industrial filtration, a highly specialized sector, because it is not affected by most chemical agents – acids, bases, inorganic and organic chemicals.

The requirements of industrial wet process and dry dust collection filter media are commonly met by a wide range of woven or needled fabrics.

The problems of high flow rates are effectively solved with the adoption of needled products thanks to their homogeneous structure. This is especially true in dry filtration.

Fabric density can be regulated through needling and the needle type; fabric density and surface type can be varied by means of suitable calendaring; in particular, a smooth surface can make the discharge of filtered cakes easier.

Where mechanical strength is an asset in the filtration media, then of course the woven fabrics have the advantage.

For this sector Moplefan has developed special types, in addition to the standard ones, which are particularly suited to resist the action of strong oxidizing agents and hot air.

Coating

Polypropylene nonwoven substrates are used for various coatings; the required density can be achieved through needling or, if necessary, by a later thermal treatment under controlled shrinkage.

Geotextiles

Other than on the U. S. A. market, where a positive experience has been based on PP staple nonwovens, the European market is mainly oriented towards the use of spunbonded. As a matter of fact spunbonded and needle-punched staple fabrics are complementary products and should not be regarded as competitive products, as spunbonded is more suitable whenever mechanical properties are required, whereas staple based products should be chosen whenever homogeneous filtration and high adaptability to the ground profile are necessary.

Thermal Bonded Coverstocks

Last came thermal bonded coverstocks which are at present the fastest growing application area for PP fibres.

Thermal bonding is industrially applied through two major processes: calender bonding and through air bonding; the former is the most widely used.

Calender bonding has received increasing attention over the last decade for the production of coverstock for hygiene and sanitary applications and is gaining a fast growing share of the market.

The reasons for the great success of calender bonding are well known: compactness of the equipment, less capital investment, less energy involved and no environmental pollution in comparison with traditional resin bonding lines.

The activity of machinery producers has been quite extensive so that at present 4.0 m wide lines are available, equipped with calenders which guarantee very precise temperature and pressure control; production speed can reach 120 m/min; speeds of 80 – 110 m/min are widely adopted.

The success of calender bonding is closely linked with the use of polypropylene fibre which, as by now widely accepted, is the king fibre for this technology because of both the simplicity of the transformation process (due to its relatively low melting point) and of the performances of the articles produced (dryness, softness, toughness, no skin sensitization or irritation, no linting).

Total estimated capacity of PP thermal bonding in Western Europe (based on 20 g/sq.m) in 1986 is about 50.000 tons and production approaches capacity.

The application fields are numerous and extremely interesting; one of the most important in terms of the tonnage involved and the rapid evolution of the range of finished articles is undoubtedly that of hygiene and sanitary applications for which Moplefan has developed a family of fibres which is well known to the market and well established by the major European manufacturers.

Meraklon fibres for calender bonding give the coverstock the required toughness, softness, strike through and re-wet.

Toughness to assure a good processability on the conversion machines, softness, strike through and re-wet to guarantee good behaviour in contact with delicate parts of the skin; in addition the fibre is fully approved regarding skin sensitization and irritation.

In addition to the good performances mentioned, which are summarized in table 6, the fibre has the correct morphology and fibre-to-fibre and fibre-to-metal friction coefficient to be processable at high speed on the existing equipment.

Table 6: Properties of coverstocks produced from Meraklon*

| | |
|---|-------------|
| Strength, N/5 cm | |
| C.D. | 7 – 11 |
| M.D. | 24 – 47 |
| Elongation at break, % | |
| C.D. | 62 – 80 |
| M.D. | 25 – 31 |
| Total Energy Absorption (T.E.A.), Joule/sq.m. | |
| C.D. | 65 – 105 |
| M.D. | 100 – 175 |
| Strike Through, s | 3 – 4 |
| Re-wet, g | 0.08 – 0.10 |
| Softness | very good |

C.D. = cross direction
M.D. = machine direction

Bonding is expressed as C.D. strength in N/5 cm.

* On industrial lines at a calendaring speed between 90 and 110 m/min. (coverstock weight: 20 – 22 g/sq. m)

In the following we shall like to briefly deal with the bonding mechanism.

Bonding has been studied via scanning electron microscopy at three magnification levels to get information on a wide area of the coverstock, on a single bonded spot and on a group of fibres inside the bonded area.

The scanning electron micrograph (Fig. 3) shows a general view of a bonded coverstock produced with Meraklon: the bonding spots are well shaped with defined boundaries.



Fig. 3: General view of a bonded coverstock produced from a PP fibre specially designed for thermal bonding (25 x)

A closer view of a single bonded spot (Fig. 4) shows that the good definition of the bonded area is due to a complete deformation of the single fibres which flatten and provide wide fibre-to-fibre contact areas still keeping their fibre character along all the bond area.

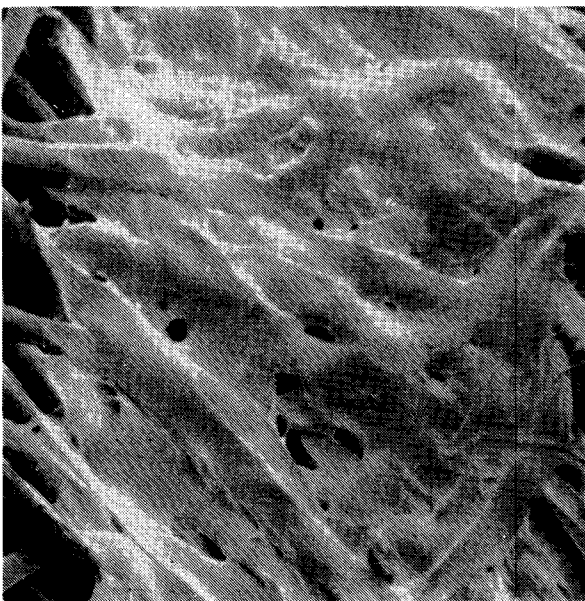


Fig. 4: Bonded spot of the coverstock shown in micrograph of figure 3 (220 x)

Examining the cross-section of a single bond area, it is possible to see that only the external fibres take part in the bonding (Fig. 5).



Fig. 5: Cross-section of a bond area (650 x)

This is in accordance with what has been theoretically calculated on the temperature distribution across the thickness of the bond area:⁸ figure 6 shows that the residence time of the coverstock in the calender slit which is necessary to bring the inner layers of the coverstock to a temperature in between the roll surface temperatures is far higher than the residence time experienced in practice; under the conditions adopted the residence time is 5×10^{-3} s while the time necessary which has been calculated is 6×10^{-2} s.

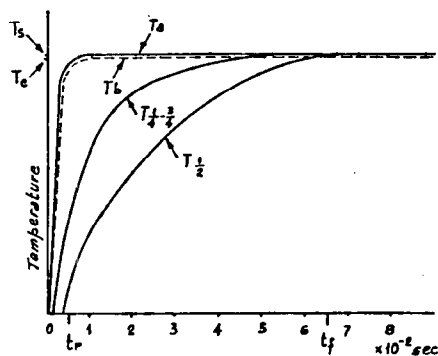


Fig. 6: Temperature distribution across the nonwoven thickness vs time

where:

- T_s = surface temperature of the smooth roll
- T_a = surface temperature of the embossed roll
- T_b = temperature of 'a' side of the nonwoven
- T_b = temperature of 'b' side of the nonwoven
- $T_{1/4} - 3/4$ = temperature of layers at 1/4 and 3/4 of nonwoven thickness
- $T_{1/2}$ = temperature of layer at 1/2 of nonwoven thickness
- t_r = residence time in the slit at which the temperature of all the inner layers of the coverstock are in between the roll surface temperature
- t_f = actual residence time in the slit

Figure 5 shows that bonding is provided by the polymer of the superficial layers which is at a temperature close to that of the roll surface and can therefore flow under the mechanical impact exerted by the single pattern element of the embossed roll.

This phenomenon is well illustrated in Figure 7 where the superficial flowing of the polymer and its 'diffusion' from one fibre surface to the contiguous one with the subsequent formation of a continuous 'connecting structure' is evident.



Fig. 7: Bonded fibres at the edge of the bonded spot (550 x)

For this it is necessary that the fibre-to-fibre contact time in temperature under pressure is higher than the molecular diffusion time of the polymer involved at the operating temperature, as required by the actual theories on the polymer rheology.⁹

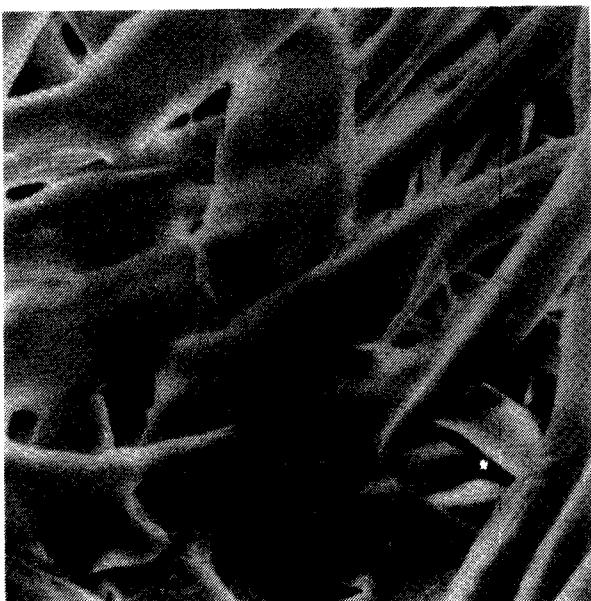


Fig. 8: Bonded fibres of the coverstock shown in micrograph of figure 3 (550 x)

All the aforesaid is well described by figure 8 where the flattened fibres bonded by the superficial layers of the polymer are very evident.

On the contrary, fibres not suitable for thermal bonding (Fig. 9), though showing the signs of the mechanical action exerted by the embossed roll, are not uniformly deformed thus providing limited contact areas and have partly recovered from the impact stress applied; as a consequence the superficial polymer has not been able to flow and diffuse among the contiguous fibres.



Fig. 9: Bonded spot of a coverstock from a PP fibre not suitable for thermal bonding (220 x)

Therefore the bonding ability of a fibre is strictly linked with its mechanical and structural properties.

Figure 10 shows the DSC curve of the fibre examined; the DSC curve on the corresponding coverstock is almost equal to that of the component fibre; the DSC curve of the bond spot is similar to that of the component fibre but differs for a marked reduction of the first peak (Fig. 11).

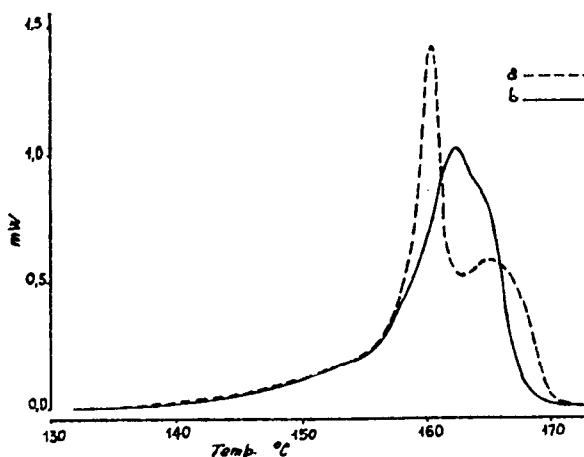


Fig. 10: DSC curves of spun (b) and drawn (a) PP fibres

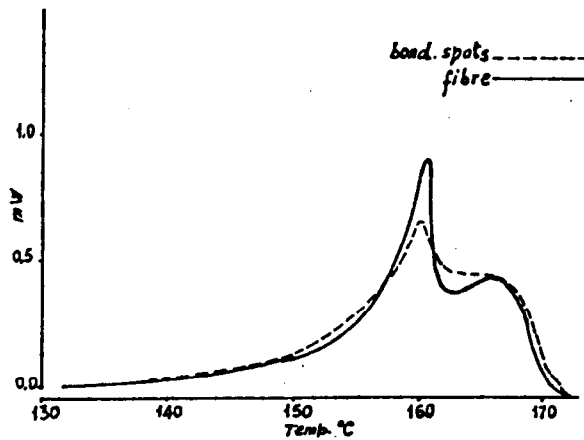


Fig. 11: DSC curves of PP fibre and of the bonded spots

The same reduction of the peak down to its complete disappearance is caused by a compression on the fibre at 130 – 140° C, which makes the fibre stick, whereas a thermal treatment at a temperature $\geq 145^\circ$ C, without any mechanical action, produces in the fibre an increase of this peak and its gradual shifting towards higher temperatures (Fig. 12)

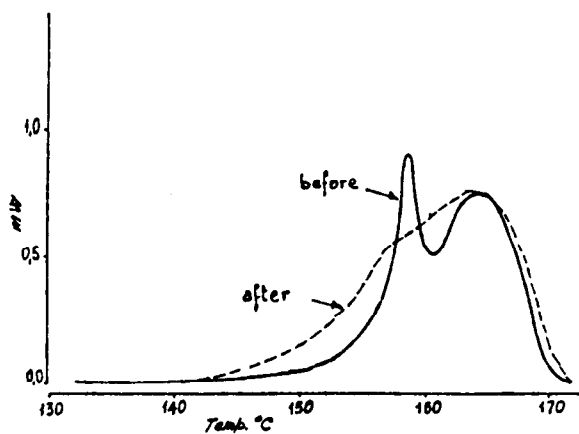


Fig. 12: DSC curves of PP fibre before and after sticking compression at 135° C

In other words the main effect in calendering is not due to the exposure to temperature but to the impulsive mechanical action the fibre is exposed to at a certain temperature; the latter being necessary to bring the polymer in flowing and molecular diffusion conditions under the mechanical action exerted.

Areas for new developments are the medical sector and the market for semi-durable and durable products.

Thermal bonded polypropylene nonwovens have already stepped into the medical sector; the main advantages are: no linting, no skin sensitization, no toxicity, no sticking to the wounds.

For surgical packs a two or three layer product has been developed where polypropylene constitutes the outer layer(s) and has the function of letting blood and secretions pass through to the absorbent pad.

Surgical bandages have also been developed which can be given elasticity by a special mechanical process applied in the finishing step.

Entering the semi-durable and durable products market will probably require more time.

Hand, drape and texture of medium weight nonwovens (40 – 60 g/sq.m) make them interesting for possible developments in the areas of sheeting, home furnishings, wall coverings, car interiors; 100 % polypropylene and blends with viscose are being studied.

To conclude, on the basis of what has just been said, a promising picture emerges for the future of PP fibre.

To make this a reality, contributions must come both from the setting up of suitable production technologies and also from resin tailoring by producers who must select the right polymer type as a function of the properties required.

References:

- 1) Chemiefasern/Text.Ind. 152, 3/85
- 2) Helberg, J.; 'Production and Properties of Polypropylene Fibres'; 24. International Man-Made Fibres Congress, Dornbirn, September 1985
- 3) Navone, M., Clementini, L.: 'Polypropylene Polymers and Fibres for the Nonwoven Industry. Economic Projections and Developments'; Edana's 1985 Milan Nonwoven Symposium
- 4) B. ten Hoevel; Intercontuft 1984/1986 Product and Market Survey of Textile Floorcoverings
- 5) as above, 1986
- 6) Olivieri, P., Navone, M., Lattanzi, P.; 'Polypropylene Fibres in Household Textiles', Third International Conference; 'Polypropylene Fibres and Textiles' 4 – 6 October 1983, University of York, UK
- 7) Olivieri, P., Hardman, T.; 'Polypropylene Fibres in Apparel – Present Situation and Prospects', 24. International Man-Made Fibres Congress, Dornbirn, September 1985
- 8) De Angelis, V., Di Gioacchino, T., Olivieri, P.; 'Hot Calendered Polypropylene Nonwoven Fabrics', Second International Conference; 'Polypropylene Fibres and Textiles', 26 – 28 September 1979, University of York, UK
- 9) Marrucci, G.; AIM Polymer Processing, V Convegno Scuola Gargnano (Italy) 23 – 27 May 1985, 11.

Diskussion

Lund: Do you have any examples where perhaps the branded manufacturer like Courtaulds could move downstream, perhaps in the thermally bonded medical area which you touched upon, to give your products an up-market advantage.

You know it is the ease of access to simple polypropylene spinning technology that makes me ask this question.

The difficult bits here is to make good products, that sell on their merits rather than supply because they are cheap.

Lattanzi: We have seen that it is almost possible to spin polypropylene in any garage but if it comes to marketable products the situation is different especially in the thermally bonded non-woven sector. This is not an easy application area, with its specific requirements.

To have a good final product, first of all you must have a sophisticated fibre to start with, having the specific properties we have seen before.

Then it comes to the finished product manufacturer, with its technology and expertise.

The combined contributions of both fibre producer and finished product manufacturer will be particularly necessary to obtain success in the new development areas, such as the medical sector, with surgical packs and surgical bandages.

Textilverarbeitung von Folienfäden aus Polyolefinfäden

Y. S. Kowal, A. E. Mikuschew, Prof. Dr. A. S. Tschegolja, Sojuschimwolokno, Moskau, UdSSR

In der vorliegenden Arbeit werden Probleme der Verarbeitung von Polyolefin- und insbesondere Polypropylenfolienfäden zu Seilerwaren und technischen Geweben behandelt.

Die Hauptparameter von Bindegarnen, die für die automatische Knotenbildung bestimmt sind, werden angegeben, und die Bedingungen der Knotenbildung werden analysiert. Die Hauptanforderungen an die Zwirnmachines werden formuliert, Bedingungen der Fadendrehung und der Herstellung von handelsüblichen hülsenlosen Aufmachungen werden untersucht.

Ein Webereiverfahren mit Folienbändchen wird analysiert. Die Ermittlung von Bestandteilen des Nutzfaktors der Fadenfestigkeit im Gewebe, die die Ungleichmäßigkeit der Festigkeits- und Elastizitätswerte von Folienbändchen sowie den Einfluß des Webereiverfahrens und der Gewebestruktur berücksichtigen, wird angegeben. Textilphysikalische Gewebeeigenschaften werden aufgeführt.

The report deals with the problems of polyolefine, polypropylene in particular, yarn processing into ropes and cords and also into technical fabrics.

Main features of the strings used for automatic knotting are given along with analysis of the knotformation conditions. Main requirements for twisting machines are formulated, conditions of yarn twisting and cartridge free package formation are studied.

A technological process of film yarn weaving is analysed. The calculation of coefficient components for yarn strength usage in fabrics is given taking into account irregularities of strength and elasticity of film yarns, the influence of the weaving process and fabric structure. In addition physical and mechanical fabric properties are given.

1. Einleitung

Die Polyolefinfolienfäden, insbesondere Polypropylenfolienfäden, haben in der letzten Zeit eine breite Anwendung in der Technik und bei Heimtextilien gefunden. Das hängt nicht nur von den billigen Rohstoffen ab, aus denen Polyolefine hergestellt werden, sondern auch von ihren ökonomischen, technologischen und qualitativen Parametern, in denen sie solchen Fadentypen wie Naturfäden und den meisten chemischen Faserstoffen überlegen sind. Ihre spezifischen Eigenschaften, d. h. Beständigkeit gegen Wasser, aggressive Medien und Mikroorganismen, auch niedrige spezifische Dichte, ermöglichen ihren breiten Einsatz in technischen Einsatzgebieten als Seil- und Schnurprodukte, aber auch als Gewebe.

Betrachten wir einige Aspekte der Verarbeitung von Polyolefinfolienfäden, im Folgenden Folienfäden genannt, im Vergleich zu Zwirnen und Geweben.

2. Zwirnen von Folienfäden

Eine große Menge von Folienfäden wird zur Herstellung von Seilen, Schnüren und Bindfäden, die zum Umbinden von Heu und Stroh in der Landwirtschaft verwendet werden, angewandt. Die wichtigsten Parameter solcher Er-

zeugnisse sind unserer Meinung nach absolute Festigkeit, Knotenfestigkeit und Dehnung. Nachstehend sind die wichtigsten Anforderungen an den Zwirnprozeß sowie Möglichkeiten ihrer Erfüllung mit einer neu entwickelten Zwirnmachine genannt.

2. 1. Festigkeit von Folienfäden in Abhängigkeit vom Zwirngrad

Während des Abbruches eines Folienfadens, der infolge eines ungleichmäßigen Abreißens einzelner Elemente (Fibrillen) entsteht, wird die resultierende Festigkeit wesentlich kleiner im Vergleich mit der Istfestigkeit der einzelnen Elemente dieses Fadens. Durch das Zwirnen des Fadens gelingt es, auf Kosten von Reibungskräften zwischen einzelnen Fadenelementen den Bruchprozeß gleichmäßiger zu machen und die resultierende Fadenfestigkeit zu erhöhen. Aus den Zusammenhängen der Festigkeit eines Folienfadens und des Zwirngrades bei unterschiedlichen Fadenzugkräften, die in Abbildung 1 dargestellt sind, ist ersichtlich, daß es zweckmäßig ist, das Zwirnen zum Erreichen maximaler Festigkeiten bei relativ niedrigen Fadenspannungen durchzuführen.

Die Zwirngradwerte sind dabei aus einem kritischen Bereich auszuwählen. Für einen Bindfaden von 2000 tex beispielsweise beträgt der Zwirngrad 30 bis 40 Windungen/m.

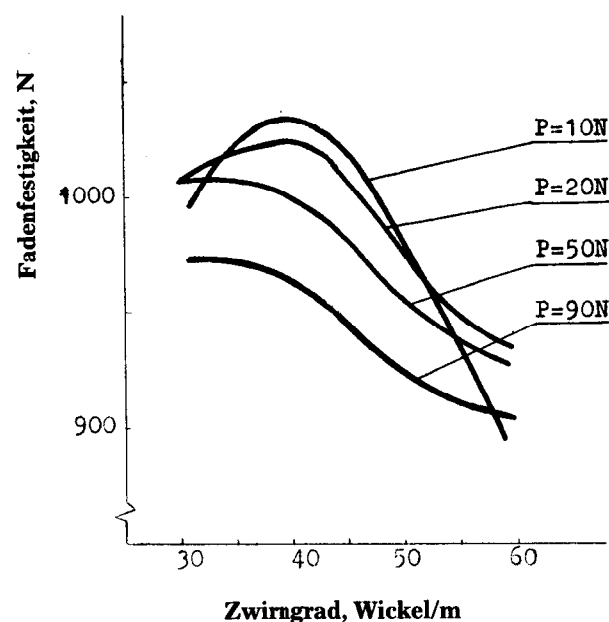


Abb. 1: Abhängigkeit der Fadenfestigkeit vom Zwirngrad bei unterschiedlichen Fadenzugkräften

2. 2. Festigkeit von Zwirnfäden in Abhängigkeit vom Fibrillierungsgrad

Es ist bekannt, daß orientierte Folienfäden aus Polypropylen eine Neigung zur Fibrillierung, d. h. Aufspaltung in ihrer Längsachse zeigen. Diese Neigung wächst mit Erhöhung des Orientierungsgrades in der Längsrichtung an. Dabei erfolgen möglicherweise Selbstaufspaltung des Fadens an der Fadenführer-Leitgarnitur, Aufteilung des Fadens in einige Teile in Querrichtung, Entstehen von Abschlagern und Absprengern beim Aufspulen und wesentliche Komplikationen bei der nachfolgenden Verarbeitung.

Zur Verhinderung dieser Tatsache wird der Faden einer zwangsläufigen Fibrillierung unterworfen. Demzufolge wird der Faden weicher und bekommt einen besseren Griff.

In Abbildung 2 ist eine Abhängigkeit der Festigkeit eines Zwirnfadens vom Fibrillierungsgrad angegeben. Die Fi-

brillierung erfolgt erzwungen mechanisch mit einer Nadelwalze. Eine Strichlinie gibt die Festigkeit des Zwirfadens ohne erzwungene Fibrillierung an. Der Fibrillierungsgrad wird nach der Formel bestimmt:

$$\eta = \frac{(V_{\text{Fibrille}} - V_{\text{Faden}}) \cdot \alpha \cdot n}{2 \pi V_{\text{Faden}}}$$

wobei V_{Fibrille} – die Umlaufgeschwindigkeit des Fibrillators,
 V_{Faden} – die lineare Fadengeschwindigkeit,
 α – der Fadenumschlagwinkel des Fibrillators,
 n – die Nadelanzahl am Kreisumfang des Fibrillators

sind.

Die untere Kurve zeigt den Abfall der Festigkeit mit Erhöhung des Fibrillierungsgrades.

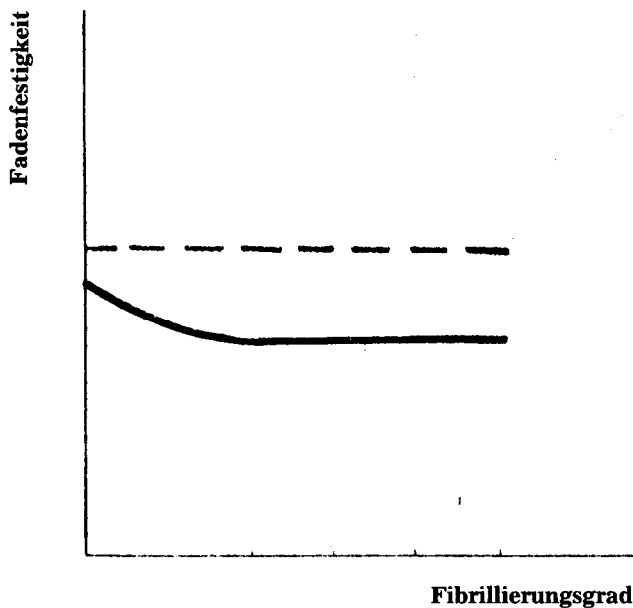


Abb. 2: Festigkeit des Zwirfadens in Abhängigkeit vom Fibrillierungsgrad

Falls die lineare Geschwindigkeit der Nadelwalze mit jener der Fadengeschwindigkeit gleich ist, ist die Festigkeit des Zwirfadens ohne zwangsläufige Fibrillierung etwas höher als die Festigkeit eines Fadens mit dem Fibrillierungsgrad gleich Null. Wie schon früher betont wurde, liegen bei weiterer Verarbeitung solcher Fäden Schwierigkeiten vor.

Somit ist die Auswahl eines Fibrillierungsgrades je nach dem vorgegebenen Parameterkomplex möglich. Die maximalen Festigkeitswerte erreicht man aber durch Zwirnen ohne erzwungene Fibrillierung. Einer starken Fibrillierung werden vorzugsweise Folienfäden für Heimtextilien unterworfen. Sie haben geringe Härte und weichen Griff. Die Festigkeit spielt für diese Fäden keine bedeutende Rolle.

2. 3. Knotenfestigkeit eines Fadens in Abhängigkeit vom Zwirngrad

Die Knotenfestigkeit ist ein wesentlicher Parameter des Fadens, der als Bindfaden eingesetzt wird. Die Knotenbildung erfolgt mit speziellen Bindevorrichtungen, unter denen die Apparate von Systemen „Deering“ und „Cormick“ am meisten verwendet werden. Entsprechende Benennungen bekamen auch die Knoten, die mit diesen Apparaten gebildet wurden. Es ist zu betonen, daß die Knoten der Typen „Deering“ und „Cormick“ unterschiedliche Festigkeitswerte aufweisen. Der Knoten vom Typ „Deering“ ist aber nicht fest genug, deshalb bestimmt man gewöhnlich in der

Praxis die Knotenfestigkeit des Systems „Deering“, das den meisten bekannt ist. Die Knotenfestigkeit des 2. Systems wird durch Multiplikation auf den bekannten Faktor $k = 1,25$ bestimmt.

Durch die Analyse der Funktionsweise einer Bindevorrichtung wurde festgestellt, daß der Faden im Knotenbildungsprozess einen Falschdraht erhält, dessen Werte sich je nach der konstruktiven Gestaltung des gesamten Mechanismus unterscheiden; der Knoten selbst fixiert einen Teil des Falschdrahtes.

Daraus folgt, daß den maximalen Festigkeitswerten des Fadens mit Knoten und ohne Knoten unterschiedliche Zwirngradwerte entsprechen.

Die Kurve 1 in Abbildung 3 zeigt eine Änderung der Reißfestigkeit eines Fadens, die Kurven 2 und 3 aber eine Änderung der Knotenfestigkeit in Abhängigkeit vom Zwirngrad. Es ist deutlich zu sehen, daß die maximalen Festigkeitswerte in Zwirngradwerten nicht übereinstimmen. Wenn man aber die Knotenbildungsbedingungen verändert, so ist die Verschiebung des maximalen Knotenfestigkeitswertes gemäß dem Zwirngrad möglich. Je nach den vorgegebenen Reiß- und Knotenfestigkeiten eines Fadens ist es möglich, den Zwirngrad unter Berücksichtigung von spezifischen Einsatzbedingungen des Fadens zu optimieren.

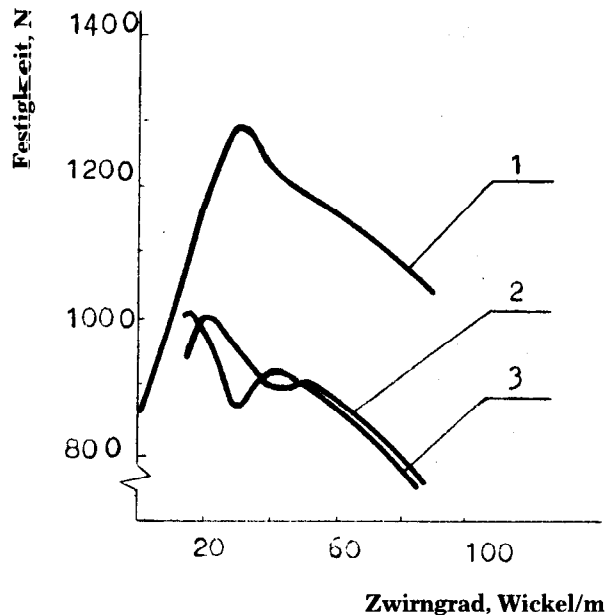


Abb. 3: Knotenfestigkeit des Fadens in Abhängigkeit vom Zwirngrad

2. 4. Konstruktive Besonderheiten einer modernen Zwirnmaschine

Die Hauptanforderungen, die an moderne Zwirnmaschinen gestellt werden, sind folgende:

- Die optimale Fadenspannung im Zwirnballon gewährleistet eine optimale Kombination von Fadeneigenschaften.
- Die konstante Fadenspannung im Zwirnballon gewährleistet eine gleiche Qualität in der Fadenlänge.
- Der gleichmäßige Abzug des Fadens von der Einlaufspule sieht eine konstante Fadenspannung vor, was positiv auf die Stabilisierung des Zwirnfadenballons wirkt.
- Die Staubbildung während der Folienfadenverarbeitung muß minimal sein. Das führt zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen des Personals, zum sicheren Maschinenbetrieb, zur Verminderung der Brand- und Explosionsgefahr, aber auch zur Erhöhung der Qualität des Zwirfadens.

- Die Regelung der Fadenspannung beim Aufspulen ist zu sichern, damit die Möglichkeit besteht, eine optimale Spannung je nach Fadenfeinheit und vorgegebener Spulenqualität zum sicheren Transport einzustellen.
- Die Andruckkraft der Andrückrolle an den Spulenkörper muß regelbar sein.
- Die Bedienung der Maschine muß einfach sein, d. h., Anlegen der Maschine und Spulenwechsel dürfen nur wenig Zeit in Anspruch nehmen, damit der Zeitaufwand zur Bedienung der Maschine möglichst gering ist. (An die Einlaufspulen brauchen keine besondere Anforderungen gestellt werden.)
- Der Schallpegel beim Maschinenbetrieb muß möglichst minimal sein.
- Der Platzbedarf für die Maschine ist wegen der Produktionsflächen möglichst klein zu halten.
- Die Maschine muß betriebssicher und wartungsfreundlich sein sowie einen geringen Ersatzteilverrat haben.

Aus der Praxis geht hervor, daß diese Hauptanforderungen durch den Einsatz von Doppeldrahtspindeln an der Zwirnmachine gut erfüllt werden.

Die Erfüllung der Anforderungen, die an eine Zwirnmachine gestellt werden, wurde durch die Entwicklung einer vertikalen Doppeldrahtspindel zum Zwirnen eines Fadens mit einer Geschwindigkeit bis zu 6000 Wickel/min gewährleistet. Während der Entwicklungsarbeiten wurden die optimalen geometrischen Maße von Zwirn- und Fadenspeicherscheiben der Spindel herausgestellt, die eine hohe Fadenspannungskonstanz im Zwirnballon bei relativ niedrigerer Gesamtspannung ermöglichen (Abb. 4). Dementsprechend entfällt die Notwendigkeit des Einsatzes eines Fadenspannungsreglers für den Abzug des Fadens von der Einlaufspule. Die guten Ergebnisse wurden bei der Verwendung von hülsenlosen Einlaufspulen, die von innen her abgezogen werden, erhalten. Bei dem Abzugsprozeß ist die Fadenabzugsspannung wesentlich stabiler und die Fadenspannung in der Zwirnzone gleichmäßiger.

Ein Einfluß von Defekten, wie z. B. Abschläger, Ansprenger und Unebenheiten, auf den Zwirnprozeß und die Qualität des fertigen Fadens ist ausgeschlossen.

Die konstruktive Gestaltung der Spindel ist einfach und leicht zugänglich zur Bedienung.

Die Konstanzhaltung der Zwirnschwingung ermöglicht es, die Fadenballonform genau einzuhalten und einen Kontakt des Zwirnfadenballons mit Maschinenteilen auszuschließen. Auf diese Weise wurde die PP-Staubmenge verkleinert, und es wurden bessere Arbeitsbedingungen geschaffen.

Anhand der Ergebnisse einer ganzen Reihe von Arbeiten¹⁻³ zu Strukturuntersuchung von Präzisionsspulen gelang es, optimale Bedingungen des Aufspulens von feinen Zwirnfäden festzustellen. Als Kriterien der Spulenqualität wurden Wickeldichte, Beibehaltung von textil-physikalischen Werten im Faden, Spulenformbeständigkeit bei erhöhter Schwingung und Einwirkung von sehr hohen Radialkräften ausgewählt.

Für einen Bindfaden mit einer Feinheit von 1000 tex und höher ist eine Präzisionseinlegung von Fadenwindungen in Lagen und eine geschlossene Aufwicklung von feineren Bindfäden zu empfehlen (Abb. 5).

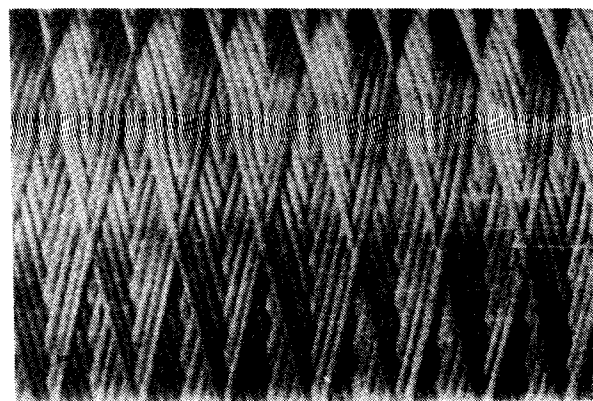
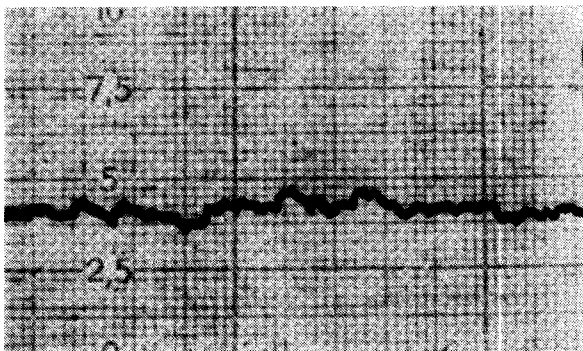
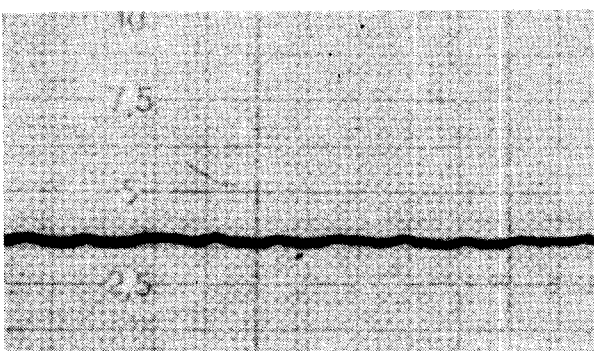


Abb. 5: Geschlossene Aufwicklung von Feinbindfäden



Die Einlaufspule wird von außen abgezogen



Die Einlaufspule wird von innen abgezogen

Abb. 4: Fadenzugkräfte im Zwirnprozeß

Zur Verhinderung der Zerstörung von inneren Lagen von verkaufsfertigen hülsenlosen Spulen, die von innen abgezogen werden, hat die Richtung der Fadenwindungsverziehung beim Aufspulen eine grundsätzliche Bedeutung.

Die optimalen Abzugsbedingungen werden beim Fadenwindungseinlegen gegen den Fadenführerweg, d. h. bei der Berechnung des Übergangsfaktors eines Aufwickelorgans nach der Formel gewährleistet:

$$C_n = \frac{(A_o A_1 + 1)}{A_1}$$

anstatt

$$C_n = \frac{(A_o A_1 - 1)}{A_1}$$

wobei A_o – Aufwickelteilung,
 A_1 – Windungsanzahl in einer Aufwickelteilung sind.

Die unterschiedlichen Abzugsbedingungen sind in Abbildung 6 dargestellt.

Die entwickelten Aufwickelstrukturen für verschiedene Fadenfeinheiten gewährleistete eine hohe Qualität der vollen Spulen. Die Aufwickeldichte beträgt dabei 70 % von der Dichte des Ausgangsmaterials.

Die Abnahme von vollen Spulen erfolgt mit einer speziellen Vorrichtung, die mit einem pneumatischen Antrieb versehen ist (Tab. 1).

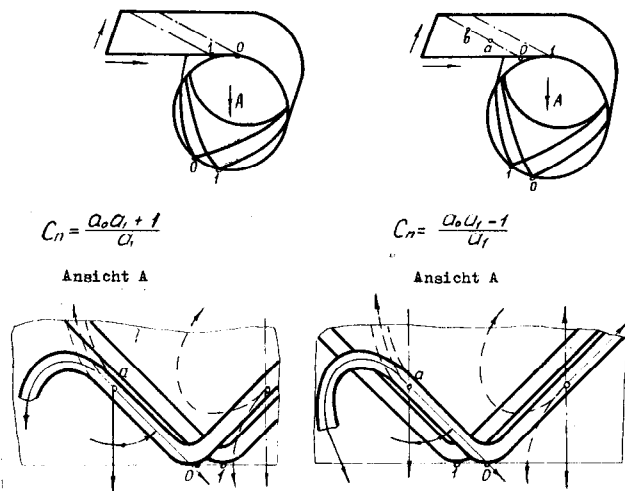


Abb. 6: Abzug einer inneren Lage

Tabelle 1: Technische Daten einer Zwirnmachine

| | |
|---|-------------|
| Fadenfeinheit, in tex | 2000 – 6000 |
| Zwirngeschwindigkeit, W/min | 6000 |
| Lineare Fadengeschwindigkeit, m/min | 170 |
| Abmessungen der Einlaufspule: | |
| Außen-D. max mm | 250 |
| Innen-D. min mm | 100 |
| Spulenhöhe, mm | 250 |
| Abmessungen der fertigen Spule: | |
| Außen-D. max mm | 270 |
| Spulenhöhe, mm | 250 |
| Gewicht einer Einlaufspule und einer fertigen Spule (PP), in kg | 7 |

3. Weben von PP-Folienfäden

Ein wichtiges Einsatzgebiet für Folienfäden stellt der Websektor dar. Die Gewebe aus Polyolefinfolienfäden haben eine breite Anwendung in der Produktion von Säcken, weichen Containern, Überzügen, Planen usw. gefunden. Für den wichtigsten Parameter von Geweben für technische Einsatzgebiete halten wir nach wie vor die Festigkeitswerte. Daraufhin wurden Verfahren zur Herstellung von Folienfäden und ihrer Verarbeitung an Webstühlen, die Erhaltung der Eigenschaften von Folienfäden in Fertigwaren und die dazu beitragenden Faktoren analysiert.

Zur Analyse der Festigkeitswerte von Geweben und zur Optimierung von Verfahren zur Herstellung und weiteren Verarbeitung von Folienfäden an Webstühlen wurde die bekannte Gleichung der Gewebefestigkeit:

$$P_{gew} = P_{mittl} \cdot N \cdot K_{FA}$$

unter Aufteilung des Festigkeitsausnutzungsindex K_{FA} auf die Bestandteile angewandt:

$$K_{FA} = K_Q \cdot K_W \cdot K_U$$

Der Faktor K_Q bewertet die Qualität des Ausgangsfadens:

$$K_Q = \sqrt{\frac{(P_{Ausg})_{max}}{N \cdot P_{mittl}} \cdot \frac{(P_{FG})_{max}}{N \cdot P_{FG}}}$$

Vom Faktor

$$K_W = \sqrt{\frac{P_{FG}}{P_{mittl}} \cdot \frac{(P_{FG})_{max}}{(P_{Ausg})_{max}}}$$

wird die Fähigkeit der Fäden bestimmt, ob sie der mechanischen Einwirkung im Webprozeß widerstehen können.

Sein Kehrwert ist der Einwirkungsgrad des Webprozesses auf die Fadeneigenschaften im Gewebe.

Der Wert

$$K_U = \frac{P_{gew}}{P_{FG}}$$

berücksichtigt die ungleichmäßige Fadenbelastung beim Bruch eines Gewebebändchens und charakterisiert den Einfluß der Gewebestruktur auf seine absolute Festigkeit. Ein Gewebebändchen von 5 cm Breite enthält „n“-Fäden.

P_{mittl} ; P_{FG} – mittlerer Festigkeitswert eines Ausgangsfadens und eines aus dem Gewebe herausgenommenen Fadens.

P_{gew} – Reißkraft eines Gewebebändchens, 5 cm breit.

$(P_{Ausg})_{max}$; $(P_{FG})_{max}$ – maximale Belastungssumme „n“ für Ausgangsfäden und „n“ für die aus dem Gewebe herausgenommenen Fäden.

Das physikalische Wesen der oben angeführten Größen sieht man in Abbildung 7, in dem die Kurven 1 und 2 eine Abhängigkeit der Belastungssumme „n“ für Ausgangsfäden und „n“ für die Gewebefäden und deren Dehnungswerte zeigen; die Kurve 3 aber zeigt die Kraftdehnungsabhängigkeit für Gewebebändchen aus „n“-Fäden.

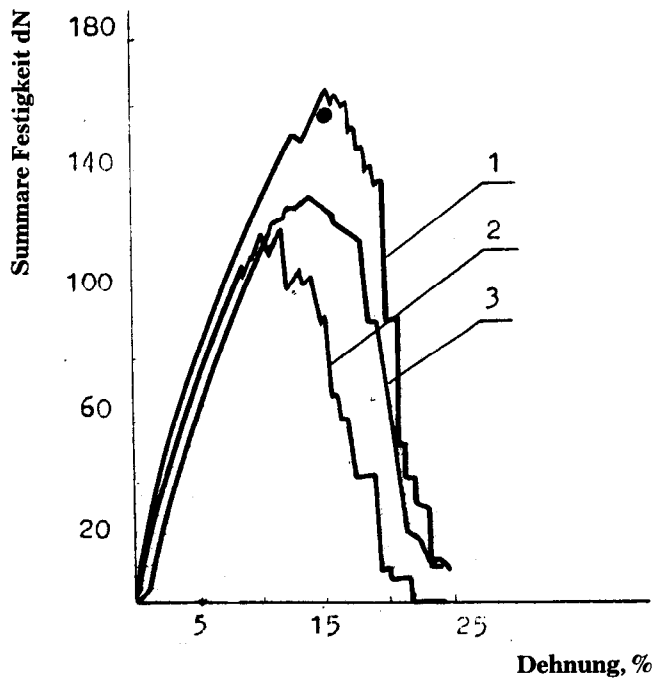


Abb. 7: Kraftdehnungsdiagramm für „n“-Fadenanzahl

Durch die Punkte sind die Produkte von „n“-Fadenanzahl und mittleren Reißkräften von Ausgangsfäden und Gewebefäden bei entsprechenden mittleren Dehnungswerten bezeichnet.

Die Faktorgröße schwankt in den Bereichen

$K_Q = 0,75-0,95$; $K_W = 0,6-0,9$; $K_U = 0,95-1,2$, wobei K_W und K_U gewöhnlich ihre maximalen Werte nicht gleichzeitig erreichen.

Die Untersuchung der Veränderung der angegebenen Faktoren, ihre Zusammenhänge mit Technologien zur Herstellung und Verarbeitung von Fäden ermöglichen es, sowohl Ausgangsfadeneigenschaften als auch Technologien zur Geweberstellung zu optimieren.

Für Gewebe mit flacher Anordnung von Folienfäden kann

der Fadenfestigkeitsausnutzungsfaktor den Wert bis zu 0,8 erreichen.

Die textil-physikalischen Eigenschaften von serienmäßig produzierten Geweben sind in der Tabelle 2 enthalten.

Tabelle 2: Textil-physikalische Parameter von Geweben

| | |
|------------------------|------------|
| Reißkraft N/5 cm | |
| - Kette | 900 - 1100 |
| - Schuß | 650 - 1100 |
| Reißdehnung, in % | |
| - Kette | 10 - 11 |
| - Schuß | 11 - 12 |
| Oberflächendichte, g/m | 95 - 120 |

Die Großproduktion von Geweben aus Folienfäden erfolgt an konventionellen Webstühlen in zwei Konzeptionen:

- mit vorher durchgeführten Schären an Webstühlen STB 250 und STB 330;
- an Webstühlen STB 175 mit Spulenhaltern.

Die technischen Daten der Webstühle STB 175, STB 250 und STB 330 sind aus der Tabelle 3 abzulesen.

Tabelle 3: Technische Daten von Webstühlen

| Parameter eines Webstuhles | STB 175 | STB 250 | STB 330 |
|---|----------|----------|----------|
| Einlegebreite, cm | 175 | 250 | 330 |
| Umdrehungszahl der Hauptwelle, max. U/min | 280 | 240 | 200 |
| Anzahl der Schußeintragvorrichtungen, in Stück | 12 | 12 | 18 |
| Gewebedichte im Schuß, Faden/10 cm | 30 - 750 | 30 - 750 | 30 - 750 |
| Maximaler Gewebewikeldurchmesser an der Warenwalze, in mm | 1200 | 1200 | 1200 |
| Installierte Leistung, kW | 1,7 | 2,2 | 2,2 |

Diskussion

Kowal: Bei schwerem Titer, etwa 10 000 tex, ist mit 4000 Umdrehungen pro Minute schon eine Grenze erreicht, aber bei feineren Titern wird es weitergehen.

Polyacrylnitrilfasern und ihre Modifikationen

Dr. A. N o g a j, Bayer AG, Dormagen, Bundesrepublik Deutschland

Die chemische Struktur von Polymeren ist ausschlaggebend für einige wichtige Fasereigenschaften. Fasern aus 100 % PAN sind für technische Einsatzgebiete besonders geeignet. Die Inkorporation von neutralen oder sauren Copolymeren ermöglicht es, PAN-Fasern mit basischen Farbstoffen zu färben.

Verschiedene Färbegeschwindigkeiten können so festgelegt werden. Durch den Einsatz von basischen Copolymeren ist es möglich, PAN-Fasern mit sauren Farbstoffen zu färben. Modifizierungen, die die Farbstoffaufnahme beeinflussen, ermöglichen es, spezielle Farbeffekte im Garn oder im Endprodukt zu erhalten. Werden chlorhaltige Monomere eingebaut, so erhält man schwerbrennbare Modifikationen. *Physikalische* Modifizierungen werden verwendet, um poröse Fasern zu erhalten, die einen kompakten Mantel aufweisen und imstande sind, große Mengen von Wasser aufzunehmen. Fasern mit sehr feinen Titern zeigen einen hohen Glanz und einen weichen Griff sowie gute Adhäsion.

Neue PAN-Modifikationen könnten sein: hochfeste Fasern, Ionenaustauschfasern sowie Fasern von Polymerblends.

The *chemical* structure of the polymer governs some of the important properties of the fibres.

Fibres of 100 % PAC are particularly suitable for technical applications. The incorporation of neutral or acid comonomers make it possible to dye PAC fibres with basic dyestuffs. Different dyeing rates can also be set. By incorporation of basic comonomers it is possible to dye PAC fibres with acid dyes. Such dye-related modifications allow special colour effects in the yarn and in the finished article. The incorporation of monomers containing chlorine yields modifications with outstanding flame retardance.

Physical modifications can be used to create a porous fibre with a compact sheath capable of absorbing large volumes of water. Ultra-fine titers have a good lustre, a soft handle and good adhesion.

New PAC modifications could be: high-tenacity fibres, ion-exchange fibres and fibres of polymer blends.

Im Jahre 1984 waren von den 15,6 Mio. t Chemiefasern 2,3 Mio. t Polyacrylnitril (PAC)-Fasern, das sind rund 15 %.

Von den Modifikationen der PAC-Fasern werden diejenigen erläutert, die in Tabelle 1 stehen.

Tabelle 1: Modifikationen von Polyacrylnitrilfasern

| |
|----------------------------|
| Technische Fasern |
| Färbemodifikationen |
| Schwerbrennbare Fasern |
| Wasserabsorbierende Fasern |
| Feinsttiter |
| Zukünftige Entwicklungen? |
| Hochfeste Fasern |
| Ionenaustauscher-Fasern |
| Polymermischungen |

Bei der Entwicklung von Modifikationen tut man gut daran, die Eigenschaften zu optimieren, für die das Produkt besonders geeignet ist, für die es sozusagen Erbanlagen mitbringt. Es soll versucht werden, bei der Beschreibung der Acrylmodifikationen zu zeigen, wie dieser Gesichtspunkt bei der Entwicklung berücksichtigt worden ist.

In Abbildung 1 (T) ist schematisch die chemische Struktur einer Faser aus 100 % Acrylnitril dargestellt. Die Linien symbolisieren die orientierten hochmolekularen, kettenförmigen Makromoleküle. Für dieses Produkt, das für den technischen Einsatz konzipiert ist, macht man das Molekulargewicht möglichst groß. Je höher das Molekulargewicht, umso besser die Festigkeit. Die kleinen Kreise am Ende der Ketten sind die Endgruppen. Sie stammen von dem Katalysator, der bei der Herstellung des Polymeren verwendet wird. Es sind saure Gruppen, Sulfogruppen ($-SO_3H$) und Sulfatgruppen ($-O-SO_3H$).

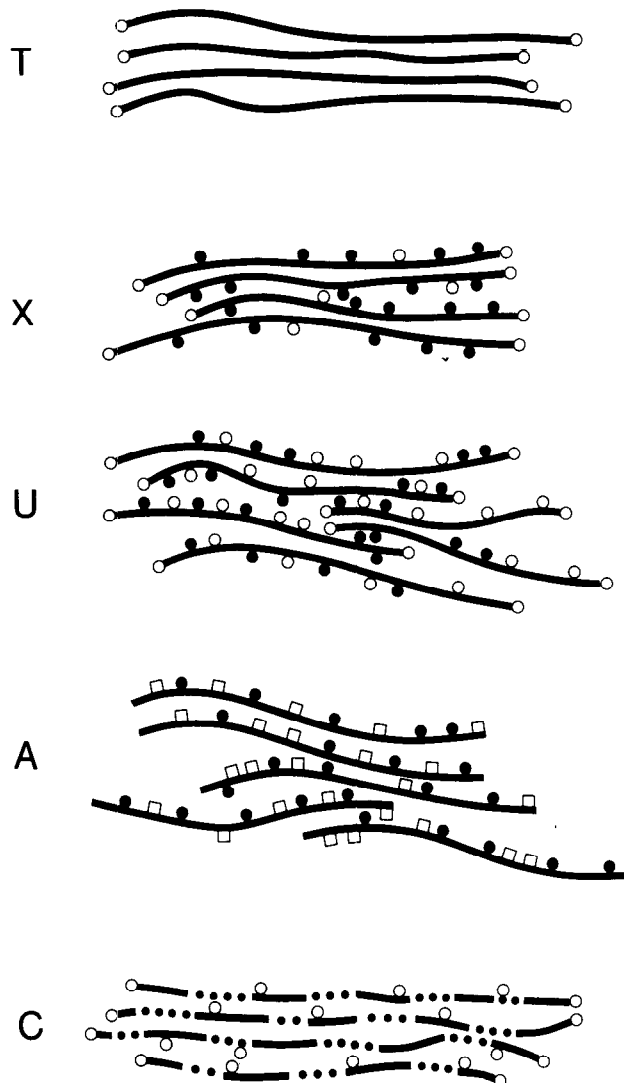


Abb. 1: Polymerisatmodifikationen

Diese Endgruppen sind grundsätzlich in der Lage, basische Farbstoffe zu binden, d. h. Farbstoffe, deren farbgebendes Ion ein Kation ist. In einer Faser aus 100 % Acrylnitril bilden die Molekülketten jedoch (infolge Dipol-Dipol-Wirkungen der Nitrilgruppen) so enge Bindungen aneinander aus, daß Farbstoffe bei Kochtemperatur nicht in die Faser eindringen können. Die Faser ist also nicht färbbar.

Diese Eigenschaft, die sie für eine textile Faser ungeeignet macht, macht sie aber für bestimmte technische Zwecke geeignet. Feuchtigkeit, Wasser, auch Säuren, können in das Gefüge der Faser nicht eindringen. Die Nitrilgruppen des Polyacrylnitrils sind sozusagen mit sich selbst beschäftigt und werden nicht hydrolytisch angegriffen.

Die Tabelle 2 enthält die wichtigsten technologischen Eigenschaften einer solchen technischen Acrylfaser aus 100 % Acrylnitril.

Tabelle 2: Physikalische Eigenschaften von Dralon® T-Spinnfasern und -Filamentgarnen

| | Dralon® T-Spinnfasern | Dralon® T-Filamentgarn |
|--|-----------------------|------------------------|
| Feinheitsfestigkeit (cN/tex) | 27–31 | 37–42 |
| Relative Naßfestigkeit (%) | 85–95 | 90 |
| Höchstzugkraft-Dehnung, trocken (%) | 30–35 | 17–22 |
| Höchstzugkraft-Dehnung, naß (%) | 30–35 | 17–22 |
| Feuchtigkeitsaufnahme im Normklima 23° C, 65 % relat. Luftfeuchtigkeit (%) | 1–2 | 1–2 |
| Spezifisches Gewicht (g/cm ³) | 1,17 | 1,17 |
| Temperaturbeständigkeit bei Dauereinwirkung (° C) | 140 | 140 |
| | feucht und trocken | feucht und trocken |

Man sieht die niedrige Feuchteaufnahme unter Normbedingungen. Die geringe Feuchteaufnahme ist auch die Ursache für die hohe relative Naßfestigkeit und die praktisch nicht geänderte Höchstzugkraftdehnung im nassen Zustand. Das geringe Quellvermögen sorgt dafür, daß Flächengebilde aus der Faser in feuchter Atmosphäre ihre Luftdurchlässigkeit behalten. Die Faser ist leicht. Die Dichte liegt bei 1,17 g/cm³. Sie ist temperaturbeständig bis 140° C.

All diese Eigenschaften machen die Faser besonders geeignet für Filtergewebe.¹ In Form von Filterschläuchen und Filtertaschen wird sie für die Trockenfiltration eingesetzt, z. B. in der Flugascheabscheidung in kohlegefeuerten Kraftwerken. Filtertücher werden in der Naßfiltration eingesetzt, z. B. in der chemischen Industrie oder Mineralölindustrie. Ein besonderes Einsatzgebiet sind die Trockenfilze in Papiermaschinen, die aus den Papierbahnen das nicht mehr abpreßbare Wasser aufnehmen. In diesen Maschinen bewähren sich die technischen Fasern aus 100 % Acrylnitril unter den ständig wechselnden Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen.

Filamente aus technischen PAC-Fasern sind ein gutes Ausgangsmaterial für hochfeste Kohlenstofffasern.

Textile Fasern müssen färbbar sein. Das erreicht man bei Polyacrylnitrilfasern durch Copolymerisation, d. h. durch den Einbau weichmachender Moleküle und farbstoffbindender Moleküle in die kettenförmigen Makromoleküle. Als weichmachende Moleküle werden 5 bis 10 % Acrylsäuremethyl-ester, Methacrylsäuremethyl-ester oder Vinylacetat eingebaut, als farbstoffbindende Moleküle werden saure Comonomere, wie Methallylsulfonat oder Styrolsulfonsäure, einpolymerisiert.

Die weichmachenden Moleküle sind in der Abbildung 1 (X) als schwarze Punkte gekennzeichnet, die farbstoffbindenden Moleküle als kleine Kreise wie die Endgruppen; sie haben ja dieselbe Funktion. Diese einpolymerisierten Moleküle stören den festen Zusammenhalt der Polyacrylnitrilketten. Sie lockern das Strukturgefüge auf. Die Einfrier-temperatur, bei der die Kettenmoleküle gegeneinander be-

weglich werden, wird erniedrigt. Basische Farbstoffe können jetzt ungehindert bei Kochtemperatur aus dem Färbbad in die Faser eindiffundieren.

Nach diesem Muster werden fast alle Acrylfasern auf der Welt hergestellt.

Die Färbung ist ja bei Textilien so wichtig, weil schöne Farben den Käufer anziehen. Auf der anderen Seite ist die Methode der Copolymerisation gerade bei Acrylnitrilfasern hervorragend geeignet, Modifikationen mit interessanten Färbereigenschaften zu konstruieren. Das soll an zwei Beispielen gezeigt werden.

1. Beispiel:

Der schematischen Darstellung der Struktur in Abbildung 1 (U) entnimmt man, daß die Zahl der farbstoffbindenden Gruppen deutlich erhöht ist. Darauf und auf dem insgesamt höheren Comonomergehalt, der die Polymerstruktur noch weiter lockert, beruhen die Eigenschaften dieser Faser.

Die Zahl der farbstoffbindenden Gruppen ist drei- bis viermal so groß wie bei einer normalen Acrylfaser. Die Färbegeschwindigkeit ist vier- bis fünfmal so hoch.

Die Abbildung 2 zeigt die Baderschöpfung bei einer solchen Type als Funktion der Färbtemperatur.

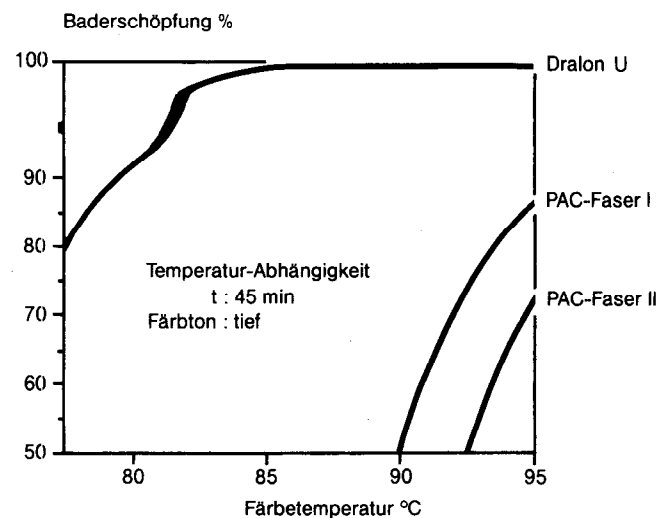


Abb. 2: Schnellziehende Type U

Hier wurde mit einer Farbstoffmenge, die für einen tiefen Farbton nötig ist, 45 Minuten lang bei verschiedenen Temperaturen gefärbt. Zwei herkömmliche Acrylfasern sind hier als I und II bezeichnet. Die Faser I zeigt bei 90° C nach 45 Minuten eine Baderschöpfung von 50 %. Bei der Faser II muß die Färbtemperatur noch etwas höher liegen als 90° C, um in 45 Minuten zu einer Baderschöpfung von 50 % zu kommen. Auch bei 95° C wird das Bad nicht erschöpft. Demgegenüber sieht man bei der schnellziehenden Type, mit U bezeichnet, daß schon unter 80° C eine Baderschöpfung von 80 % erreicht wird und daß bei 85° C in der vorgegebenen Färbezeit eine vollständige Baderschöpfung erreicht wird.

Die Farbstoffe migrieren auf einer solchen Faser besonders gut, und die Farbstoff-Fixierzeiten sind deutlich reduziert.

Die Anwendungen einer schnell ziehenden Faser beruhen auf dem Differential-dyeing-Effekt, der bei gemeinsamer Färbung mit einer herkömmlichen Faser auftritt. Mit homogenen oder auch mit inhomogenen Mischungen von Fasern oder auch Vorgarnen lassen sich Effektgarnen herstellen, z. B. Melangen, Noppen- und Flammengarnen. Aus Garnkombinationen ergeben sich Zwirne mit Multicolor-effekten. Auch im Gewebe kann eine Musterung erfolgen. Die Abbildung 3 zeigt Differential-dyeing an einbadig gefärbten Garnen.

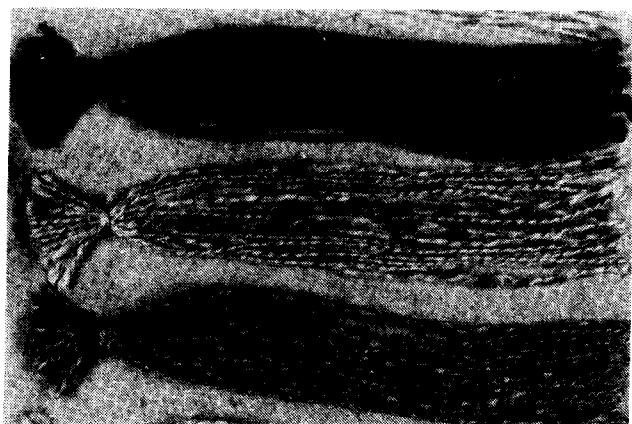


Abb. 3: Differential-dyeing X/U

Eine andere Färbemodifikation ist in der schematischen Abbildung 1 (A) dargestellt. Dieses Bild enthält keine kleinen Kreise. Die Type enthält keine sauren Gruppen. Die eckigen Kästchen symbolisieren hier basische Gruppen. Die Faser ist also anfärbbar mit sauren Farbstoffen, d. h. mit Farbstoffen, deren farbgebendes Ion ein Anion ist, was bedeutet, daß auch an den Enden der Ketten keine sauren Gruppen vorhanden sind. Das Polymere wird mit einem anderen Katalysator polymerisiert, so daß auch diese sauren Endgruppen nicht entstehen können. Diese würden nämlich mit den basischen, anfärbbaren Gruppen reagieren und so Plätze besetzen, die für die Ionen des Farbstoffes gedacht sind. Saure Endgruppen dürfen aber auch nicht vorhanden sein, weil die Faser eine absolute Reservierung gegenüber basischen Farbstoffen zeigen soll.

Garne aus sauer anfärbbaren Acrylfasern werden nämlich zusammen mit Garnen aus basisch anfärbbaren Acrylfasern verarbeitet und in der Strickware gefärbt. Die Färbung der beiden Typen erfolgt aus ein- und demselben Färbegrad, das dann sowohl saure als auch basische Farbstoffe enthält. Auf diese Weise lassen sich vielfältige und interessante Farbeffekte erzielen: 2-Farben-Effekte oder Ton-in-Ton-Effekte. Möchte man die Kombination Weiß/Farbe, so färbt man mit Säurefarbstoffen allein, denen gegenüber ein herkömmliches Acrylgarn Reservierung zeigt. Ein solches Beispiel aus einer Musterkarte ist in Abbildung 4 abgebildet.

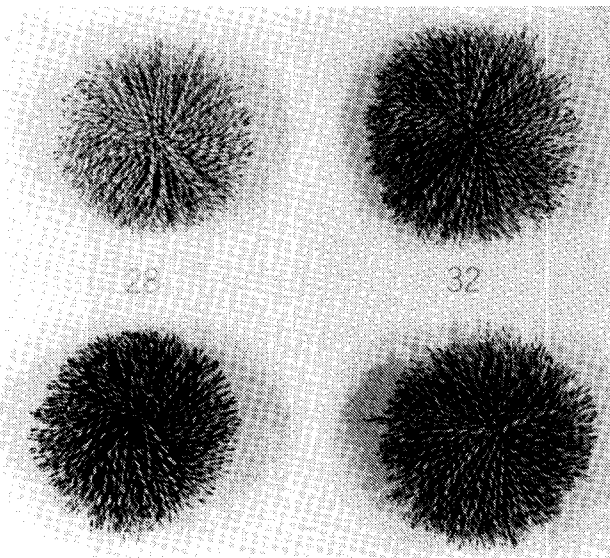


Abb. 4: Differential-dyeing X/A

Die in Abbildung 1 (C) abgebildete Struktur ist keine Färbemodifikation. Es ist die Struktur einer Modacrylfaser, die schwerbrennbar ist. Modacrylfasern haben definitionsgemäß mehr als 15 % Comonomere. In dem Namen *Modacrylfaser* ist die beträchtliche chemische Modifizierung schon ausgedrückt. Modacrylfasern, die schwerbrennbar sein sollen, enthalten 40 % Vinylidenchlorid, eine Verbindung, die Chlor enthält. In diesem Bild ist dieser Bestandteil durch die punktierten Abschnitte in der Kette symbolisiert. Die Zahl der farbaffinen Gruppen ist größer als bei üblichen Acrylfasern, weil ihre Zugänglichkeit durch die großen Chloratome erschwert ist.

Das Brennverhalten der Textilien hängt nicht nur von der eingesetzten Faser ab, sondern wird auch wesentlich durch die Warenkonstruktion, das Flächengewicht, die angewandten Ausrüstungsverfahren, von der Kombination mit anderen Materialien und von den Einsatzbedingungen beeinflusst. Es wurden in vielen Einsatzgebieten Erfahrungen gesammelt (z. B. Bodenbeläge, Möbel- und Bezugsstoffe).

Ein besonders schönes Einsatzgebiet ist die Verwendung als Grannenhaar in Pelzen aus synthetischen Fasern.

Durch die Herstellung eines groben Titers mit bändchenförmigem Querschnitt (Abb. 5), durch den das Licht gerichtet reflektiert wird, tragen diese Fasern zu der Schönheit des Pelzes bei. Durch ihre Schwerbrennbarkeit wird das Abbrennen der Grannen, zwischen denen sich besonders viel Luft befindet, verhindert.



Abb. 5: Dralon C®, 44 dtex

Die bisher beschriebenen Modifikationen waren chemische Modifikationen des Polymerisates. Die Eigenschaften der Fasern werden durch die chemische Struktur des Faserrohstoffes bedingt.

Im Folgenden behandeln wir zwei physikalische Fasermodifikationen. Für die physikalischen Modifikationen von Acrylfasern ist wichtig, daß sie aus Lösungen hergestellt werden. Dieses Verfahrensmerkmal gehört auch zu jenen Erbanlagen, die die Acrylfaser für bestimmte Modifikationen besonders geeignet machen.

Lösungen lassen sich leichter handhaben als Schmelzen: sowohl die Arbeitstemperaturen als auch die Viskositäten liegen niedriger. Der letzte Punkt macht es leicht, der Lösung andere Stoffe zuzusetzen. Bei Schmelzen ist die Viskosität eine eindeutige Funktion von Molekulargewicht und Temperatur. Bei Lösungen kommt die Konzentration als weiterer Freiheitsgrad hinzu.

Die Abbildung 6 zeigt die elektronenmikroskopische Aufnahme einer Faser mit einem kompakten Mantel und einem porösen Inneren²⁻³. Dieser poröse Raum kann bis zu 40 % des Fasergewichtes an Wasser aufnehmen. Der kompakte Mantel garantiert die problemlose textile Verarbeitung der Faser. Er enthält feine Kanäle, durch die Wasser ins Innere gesaugt wird. Auch die inneren Poren sind durch feine Kanäle miteinander verbunden.



Abb. 6: Dunova®

Die wichtigsten Eigenschaften für den Tragekomfort eines Kleidungsstückes sind der Aufbau des Garnes, die Konstruktion des Textils und der Zuschnitt des Kleidungsstückes. Diese Faktoren sind hier erweitert durch eine Faser mit innerer Kapillarstruktur. Die Faser hat die Fähigkeit, Wasser von schwitzender Haut aufzunehmen. Sie kann viel Wasser aufnehmen, ohne sich naß anzufühlen. Sie quillt nicht: Ventilation und Wasserdurchlässigkeit im Textil werden also nicht durch Quellung behindert. Die Faser gehört mit ihrer Dichte von $0,9 \text{ g/cm}^3$ zu den leichtesten Fasern.

All diese Eigenschaften machen die Faser dort besonders interessant, wo geschwitzt wird.

Eine andere Modifikation zeichnet sich durch ihren feinen Titer aus: eine Acryl-Feinstfaser von $0,6 \text{ dtex}$ ⁴; zehntausend Meter wiegen $0,6 \text{ g}$. Die Einzelfaser ist auf schwarzem Samt kaum sichtbar. Der kritische Punkt bei der Herstellung liegt im Spinnprozeß. Optimale Spinnlösungen sind notwendig, um so feine Titer spinnen zu können.

Die Abbildung 7 zeigt elektronenmikroskopische Aufnahmen von Acrylfasern, links Feinsttiter mit rundem bzw. bohnenförmigem Querschnitt, rechts zum Vergleich einen Titer $1,3 \text{ dtex}$ mit dem hantelförmigen Querschnitt, wie er

für trockengesponnene Acrylfasern im allgemeinen üblich ist. Sie sehen, daß die Oberfläche der Fasern von rechts nach links glatter wird und die Längsriefen mehr parallel verlaufen. Die unterschiedlichen Querschnitte werden durch Variation der Herstellbedingungen möglich. – Die Fasern haben aufgrund der glatten Oberfläche einen hohen Glanz, aufgrund ihrer Feinheit sind sie für Artikel mit weichem Griff geeignet. Außerdem eignen sie sich besonders für Effektgarne.

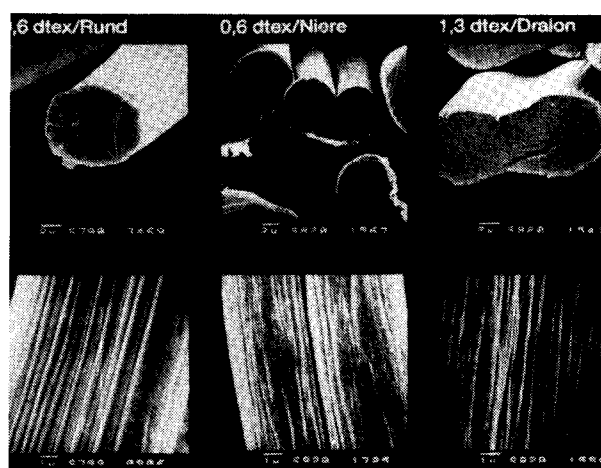


Abb. 7: Feinsttiter

Die Abbildung 8 zeigt Bezugsstoffe, in denen eine Feinstfaser von $0,6 \text{ dtex}$ zur Herstellung von Noppengarnen verwendet wurde. Dabei wird bei der Garnherstellung die hohe Faserhaftung der Feinstfasern ausgenutzt. Sie erkennen verschiedenartig geformte Noppen, die dem Stoff einen rustikalen Charakter geben.

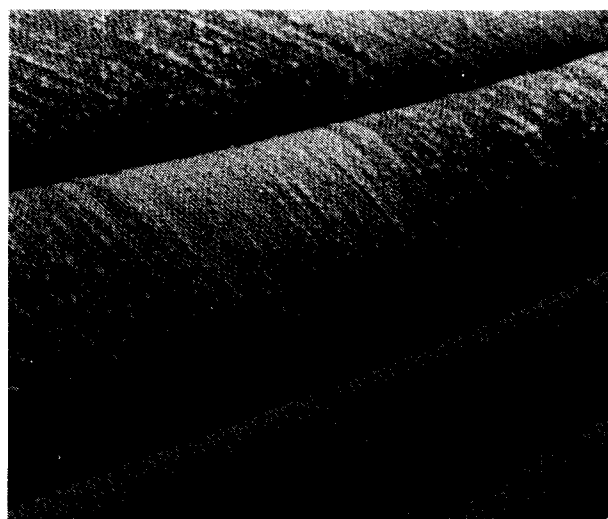


Abb. 8: Effektgarn mit X 160

Welche Modifikationen der Acrylfasern sind in Zukunft zu erwarten?

Es scheint, daß es bei allen Fasern vor allem technische Einsatzgebiete sind, für die neue Modifikationen eine große Chance haben. Besonders die Entwicklung der faserverstärkten Verbundwerkstoffe schreitet voran und verlangt nach Fasern hoher Festigkeit. Auch auf Basis von Polyacrylnitril scheint es möglich zu sein, zu hochfesten Fasern zu kommen.

Die Tabelle 3 läßt erkennen, wo die Entwicklung steht. In der ersten Spalte stehen die hohe Festigkeit und der hohe E-Modul eines Aramids. Für eine textile PAC-Faser sind solche Werte nicht nötig. Sie liegen eine Zehnerpotenz niedriger. Für technische Zwecke hat man die Festigkeit und den Modul schon angehoben. Bei einem Versuch⁵, bei dem ein höheres Molekulargewicht eingesetzt wird und bei dem konventionelle Nachbehandlungsverfahren optimiert sind, sind Festigkeit und Modul noch einmal angehoben.

Tabelle 3: Festigkeit und Modul von Polyacrylnitrilfasern (Vergleich mit Aramid); cN/dtex

| | Aramid | Dralon® | Dralon®T | Versuch | EP 0 144 983 |
|----------------|--------|---------|----------|----------|-------------------|
| Festigkeit | 24,4 | 2,50 | 3,34 | 6,2 | 15,25 |
| E-Modul | 1080 | 30-50 | 95-100 | 170 | 186 |
| MW | | 170000 | 210000 | 540000 | 1300000 |
| Zusammensetzg. | | Copol. | 100% PAC | 100% PAC | 4 % MA |
| Bemerkungen | | | | | ZnCl ₂ |

Bei weiterer Erhöhung des Molekulargewichts werden unter bestimmten Bedingungen noch deutlich höhere Festigkeiten erreicht. In dem hier beispielhaft zitierten Patent werden der Spinnlösung noch Zink-Ionen zugesetzt⁶. Dadurch wird die Parallellisierung der Molekülketten bei der Verstreckung gefördert. Um das Polymere mit dem hohen Molekulargewicht besser verarbeitbar zu machen, werden ihm 4 % Comonomeres einpolymerisiert.

Es kann gelingen, die Festigkeit weiter zu steigern, es kann gelingen, den Modul zu steigern. In dem Spektrum von Hochleistungsfasern können auch Fasern aus PAC ihren Platz finden, sei es als Verstärkungsfasern oder auch als Ausgangsmaterial für Kohlenstofffasern.

Eine andere Thema sind Ionenaustauscher auf PAC-Basis. Veröffentlichungen dazu gibt es vor allem in russischen Zeitschriften. Ab 1982 haben wir mehr als 30 Veröffentlichungen zu dem Thema gefunden.

Vielleicht liegt der Anfang dieser Entwicklungen in dem Wunsch, Faserabfälle zu veredeln⁷. Die Tabelle 4 zeigt stichwortartig, wie solche Ionenaustauscher-Fasern gemacht werden, welche Eigenschaften sie haben oder haben können und wo sie eingesetzt werden.

Tabelle 4: Ionenaustauscher aus PAC-Fasern

| |
|--|
| Wie gemacht? |
| Umsetzung mit Hydroxylamin |
| Umsetzung mit Hydrazin |
| Hydrolyse mit NaOH |
| Pfropfung auf PAC-Fasern |
| Copolymerisation |
| Welche Eigenschaften? |
| Große Oberfläche |
| In Längsrichtung besonders fest selektiv |
| Elektrisch leitend |
| Katalytisch wirksam |
| Verbesserte Wärmebeständigkeit |
| Verbesserte Flammbeständigkeit |
| Wo eingesetzt? |
| (Rück-)Gewinnung seltener Metalle |
| Beseitigung von Schwermetallen |

Die Schritte zur Herstellung von Ionenaustauscher-Fasern lassen sich auch kombinieren. Dadurch, z. B. durch teilweise Verseifung mit NaOH und Umsetzung mit Hydrazin, las-

sen sich Austauscher erhalten, die Metallionen sowohl durch Ionenbindung als auch komplex zu binden vermögen. Die Kapazität und Selektivität der Austauschfasern lassen sich dabei durch die Reaktionsbedingungen, durch Konzentrationen, Zeit und Temperatur beeinflussen⁸.

Was Fasern als Austauscher interessant macht, ist ihre große Oberfläche. Dadurch wird der Austausch schnell. In Fällen, in denen eine besondere mechanische Festigkeit des Austauschers erwünscht ist, könnte man sich die Faserfestigkeit zunutze machen.

Die Untersuchungen und Anwendungen befassen sich mit dem selektiven Austausch seltener Metalle, wie Ruthenium⁹, Osmium¹⁰, Uran¹¹, mit der Abwasserreinigung durch Aufnahme von Cadmium oder Zink. In einem Beispiel wird ein Faseraustauscher als zweiter nachgeschalteter Austauscher zur Entfernung von Zinkionen aus Industrieabwässern eingesetzt¹². Die Aufnahmefähigkeit für Metalle, vor allem für Kupfer, sucht man zur Entwicklung neuer Eigenschaften zu nutzen. So wird von einer Faser berichtet, die durch Umsetzung mit Hydrazin hergestellt und nach Kupferaufnahme einen LOI-Wert von 34 haben soll¹³. Andere interessante Eigenschaften sind elektrische Leitfähigkeit oder katalytische Funktionen.

In Zukunft kann die Bedeutung der faserförmigen Austauscher zunehmen.

Ein anderes Gebiet, auf dem die Faserhersteller noch fündig werden können, ist das Gebiet der Polymermischungen.

Viele Veröffentlichungen, viele Vorträge befassen sich unter verschiedenen Blickwinkeln mit diesem Thema. Für die Eigenschaften von solchen Mischungen ist es wichtig, ob die Mischungen verträglich oder unverträglich sind. Sind sie unverträglich, so ist es wichtig, wie die Morphologie der Mischung und wie die Haftung der beiden Phasen aneinander ist.

Welche Eigenschaften bisher bei Fasern das Ziel von Polymermischungen waren, hat H e r s h zusammengestellt¹⁴.

Hingewiesen sei besonders auf:

- Verbesserung von Griff und Glanz (seidenähnlich),
- Erhöhung der Wasserabsorption,
- Ionenaustauscher-Fasern, Hohlfasern,
- Verbesserung der mechanischen Eigenschaft in naß-heißem Zustand.

Auch bei PAC werden Polymermischungen seit langem untersucht. Schon 1956 wurden Fasern aus PAC und Celluloseacetat, aus PAC und Cellulose und PAC und Seide untersucht.

Eine im Handel befindliche Faser besteht aus PAC und Casein. In den siebziger Jahren gab es Experimente mit Mischungen von PAC und Polyethylenimin zur Erzeugung von Ionenaustauscher-Fasern, von PAC und Collagen mit dem Ergebnis guter Feuchteabsorption und guter Antistatik, von PAC und Polycarbonat zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften im heißnassen Zustand.

In der Literatur von 1983 - 1985 finden sich Arbeiten über Mischungen von PAC mit Polyethylen¹⁵, mit Poly-p-benzamid¹⁶, mit Cellulose und Cellulosederivaten¹⁷, mit Blockcopolätherester¹⁸ und mit Polyvinylchlorid¹⁹.

In etwa dem gleichen Zeitraum fanden wir 22 Patente, die sich mit Polymermischungen des PAC befassen.

Das Ziel dieser Patente ist in den meisten Fällen eine erhöhte Wasserabsorption. Andere betreffen verbesserte Anfärbbarkeit, antibakterielle Fasern, wollähnliche Fasern, erhöhte Festigkeit, Hohlfasern und Fasern für lederartige Stoffe.

Neun der Patente befassen sich mit Mischungen des PAC mit Celluloseacetat oder Cellulose. Fünfzehn der Patente kommen aus Japan (Tab. 5).

Tabelle 5: 22 Patente über Polymermischungen mit PAC (1982-86)

| | Wasserabsorption | andere | Summe |
|--------|------------------|--------|-------|
| Japan | 11 | 4 | 15 |
| USA | 1 | 1 | 2 |
| Europa | 3 | 2 | 5 |
| | 15 | 7 | 22 |

Sicher hofft man immer, auf einen synergistischen Effekt zu stoßen, daß die Mischung zweier Polymerer mehr als die Summe der Teile ergäbe. Man kann auch auf Eigenschaften prüfen, die weniger für den Endverbraucher wichtig sind, sondern eher für den Faserverarbeiter von Vorteil sind oder für den Faserhersteller selbst. Aktivitäten auf diesem Gebiet könnten fruchtbar sein.

Literatur:

- 1) Kniep, E.; *Chemiefasern/Text.Ind.*, 32/84, 449 – 450 (1982)
- 2) Körner, W., Blankenstein, G., Dorsch, P., Reinehr, U.; *Chemiefasern/Text. Ind.*; 29/81, 452 – 462 (1979)
- 3) Klee, R. J., Bleise, G.; *Chemiefasern/Text.Ind.*; 34/86, 256 – 260 (1984)
- 4) Reinehr, U., Häfner, G., Nogaj, A.; *Chemiefasern/Text. Ind.*; 35/87, 588 – 592 (1985)
- 5) Bayer AG, nicht veröffentlicht

Diskussion

Berger: Mich würde interessieren, wo Sie bei den feinen Fasern und den feinen Titern die technische Grenze sehen. Meiner Meinung nach wird sie ungefähr bei 0,2, 0,4 dtex liegen; dann sind aber diese Materialien schon lappig, nehmen eine große Menge Farbstoff auf und sind für bestimmte Einsatzbereiche nicht mehr zu verwenden, das heißt vielleicht sogar nicht mehr für Textilien.

Nogaj: Da würde ich Ihnen rechtgeben, ich glaube auch, daß die Herstellung von Fasern bis 0,1 nach konventionellen Verfahren zwar technisch möglich ist, aber mit feinerem Titer immer teurer wird. Bei Fasern, deren Titer um eine oder zwei Zehnerpotenzen niedriger liegt, müssen andere Verfahren zur Herstellung angewendet werden, beispielsweise ein Splitten von Folien oder ein Fibrillieren von Fasern oder der Weg über Bifilarfasern und Mehrkomponentenfasern. Was den weiteren Einsatz betrifft, scheint uns eine Faser im Bereich von 0,6 – 0,8 dtex für die genannten Anwendungen optimal zu sein.

Berger: Die Zukunftsentwicklungen, die Mischungen, die Sie in Ihrem letzten Dia dargestellt haben, sind ja ein sehr interessantes Gebiet, vor allem Mischungen aus Polyacrylnitril und Cellulose, die aus einem gemeinsamen Lösungsmittel erhalten werden können. In den Patenten sind ja immer nur ganz bestimmte Lösungsmittel, die wir kennen, beispielsweise Hexa-Methylphosphorsäuretriamid oder N-methylmorpholin-N-oxid, mit verschiedenen Salzen erwähnt. Sind Ihnen auch noch andere Systeme aus der Patentliteratur bekannt geworden?

Nogaj: Ich weiß nur, daß man häufig ganz gerne in Kauf nimmt, keine vollständige Lösung zu erzielen, das heißt, daß trübe Lösungen vorliegen, die gerade noch verspinnbar sind, zum Beispiel auch Dimethylformamid. Aber spezielle Lösungsmittel, die Polyacrylnitril und Cellulose zusammen lösen, kenne ich nicht. Modifikationen an den Polymeren können allerdings die gemeinsame Löslichkeit bewirken.

- 6) Stamicarbon, B. V.; EP 0 144 983, veröffentlicht: 19. 06. 1985
- 7) Ananowa, T. A., Kazakovic, J. E., Gubarov, V. B., Ivanova, G. V.; *Zhurnal Prikladwi Khimii* 55, 1365 – 1367, (1982) 6
- 8) Mulearakhshine, G. M., Volf, L. A., Krasnova, E. J., Klimenko, I. B., Skchipan, G. G.; *Zhurnal Prikladwi Khimii* 1983 (56), 7, 1506 – 1509
- 9) Simanova, S. A., u. a.; *Zhurnal Prikladwi Khimii* 1984 (57), 12, 2665 – 2669
- 10) Simanova, S. A., u. a.; *ibido* 1984 (57), 11, 2464 – 2470
- 11) JA. 58 205 543 v. 25. 05. 82/30. 11. 83 (89359), 3 (Japan Atomic Energy Res.)
- 12) Zverev, M. P., Romanowa, T. A., Volkow, L. A., Zhakarov, N. N., Egorov, K. K.; *Khimicheskie Volokna*, 6, 16 – 17, Nov. – Dez. 1984
- 13) Karaivanowa S., Dimow, K., Badav, A.; zitiert nach *Chemical Abstracts*, 1983, 98, No. 26, abstract 217043
- 14) Hersh, S. P., 'Handbook of Fiber Science and Technology'; vol. III Part. A, Edited by M. Lewin and J. Preston, Marcel-Dekker-Inc., New York, 1985
- 15) Mikailov, M., Jlieva, I., Bogdanov, B.; *Acta Polymerica*, 1985/01, vol. 36, 1, 43 – 47
- 16) Bianchi, E., Ciferri, A., Comio, G., Marsano, E., Tealdi, A.; *Macromolecules* 17 (1984) 8, 1526 – 1531
- 17) Bil'dyukerich, T. D., u. a.; *Zhurnal Brikladnoi Khimii* 57 (1984) 5, 1190 – 1191
- 18) Albrecht, W., u. a.; *Acta Polymerica* 35 (1984), 5, 410 – 414
- 19) Sagatova, M. Sh., u. a.; *Khimii-Volokna* 1984, 2, 44 – 45

Meckel: Sie haben in Ihrer letzten Tabelle die Erhöhung der Wasseraufnahmefähigkeit in den Vordergrund gestellt. Am Anfang hatten Sie gesagt, daß Sie im Bereich der technischen Fasern den größten Einsatzbereich sehen. Wo glauben Sie also nun, daß in der Zukunft die Haupteinsatzgebiete für modifizierte Polyacrylnitrilfasern liegen werden?

Nogaj: Modifikationen sind meiner Meinung nach immer Fasern, die für spezielle Einsatzzwecke gezüchtet werden. So habe ich sie in diesem Vortrag aufgefaßt. Sie sind nicht Schwarzbrot und keine Commodities. Jede Modifikation hat ihren speziellen Einsatzbereich. Die wasseraufnehmenden Fasern, so glauben wir, haben bei Kleidung überall dort eine Chance, wo geschwitz wird. In der Zukunft werden aber Modifikatoren besonders auf dem technischen Sektor Bedeutung erlangen.

Meckel: Könnten Sie das etwas spezifizieren? Meinen Sie auch die schwerbrennbaren Materialien?

Nogaj: Schwerbrennbarkeit ist bei Acrylnitril über das Maß der Modacryle nicht in Sicht. Über die Ionenaustauscherfasern und die Polymermischungen hinaus gibt es sicher noch Fasern, die, wie Asbest, Zementverbundstoffe, Laminat und dgl., nützlich sein werden. Aber eine echte Prognose kann ich dafür nicht geben.

Yilmaz: Would you tell us something about the production problems of the waterabsorbing polymer? Are there any drying problems or spinning problems, etc.?

Nogaj: Ich gehe von dem Typ aus, der bei uns im Haus produziert wird. Es ist aus der Patentliteratur bekannt, daß man der Spinnlösung einen Stoff beimischt, der im Spinnloch nicht verdunstet wird, sondern im Zuge der Nachbehandlung ausgewaschen wird.

Dadurch entstehen Faserporen. Dieser Prozeß ist technisch problemlos. Er beinhaltet aber höhere Kosten für die Produktion, weil man einen zusätzlichen Stoff in den Produktionsgang einbringt. Auch die Weiterverarbeitung dieser Faser bereitet keine Probleme. Die Probleme treten in der

Anwendung der Faser auf, die aber darauf beruhen, daß die Faser im allgemeinen einen sehr feinen Titer hat, beispielsweise bei 1,1 dtex. Die Probleme, die dabei entstehen, sind die Probleme einer feintitrigen Faser überhaupt.

Yilmaz: You mean yarn spinning by processing?

Nogaj: Die Verarbeitungsprobleme beruhen auf dem sehr feinen Titer von 1,1 dtex. Ansonst garantiert bei einer Faser mit einem porösen Inneren, umgeben mit einem kompakten Mantel, der kompakte Mantel für eine einwandfreie Verarbeitung.

The logo for Trevira, featuring the word "TREVIRA" in a bold, serif font inside a dark rectangular box.

AUSTRIA FASERWERKE Gesellschaft m.b.H.
A-4860 Lenzing

Herstellung und Vertrieb von Polyester-Stapelfasern sowie -Konverterkabeln und -Konverterzügen



The Properties and Performance of a New Flame Resistant Polyacrylate Fibre

Dr. P. J. Akers, R. A. Chapman, Courtaulds Research, Coventry, Großbritannien

The fibre is produced from a copolymer of acrylic acid and acrylamide cross-linked by zinc ions. It is resistant to flames with an LOI of 40-45 compared to modacrylics and aramids at 30 - 35. Because of its inorganic, cross-linked nature the fibre does not shrink or melt in a flame. The main products of combustion are carbon dioxide and water with negligible amounts of toxic gases: the level of smoke generation is also very low.

The tenacity is 12 - 15 cN/tex with an extensibility of 20 - 30 % and an initial modulus of 350 cN/tex/100 % extension. These tensile properties are sufficient to allow processing into a range of non-woven fabrics or for stretch breaking into yarns for knitting or weaving.

The fibre exhibits a very high resistance to heat, UV light and acid and alkalis. It is also hydrophilic with a moisture regain of 12 % and imbibition of 48 % which is similar to cotton.

The natural colour of the product is pale pink which can be over-dyed with disperse dyes to a range of medium to dark shades during the fibre production process. The producer dyed shades generally have a light fastness of 3 - 4 to 5 which is adequate for the current applications of the fibre. The fibre as supplied cannot be dyed with disperse dyes. It does, however, have an affinity for basic dyes but careful selection of dyestuffs is required to achieve adequate light fastness.

The specific physical properties of the fibre make it very attractive for a wide range of high performance applications including:

- non-woven flame barrier fabric in upholstery;
- fire blankets;
- hot gas filtration;
- protective clothing.

Die Faser wird aus einem mit Zinkionen vernetzten Acrylsäure/Acrylamidcopolymer hergestellt. Sie ist flammwidrig und besitzt einen LOI von 40 - 45 gegenüber Modacrylfasern und Aramiden mit einem LOI im Bereich 30 - 35. Wegen ihrer anorganisch vernetzten Art schrumpft oder schmilzt die Faser nicht in einer Flamme. Die Hauptverbrennungsprodukte sind Kohlendioxid und Wasser mit vernachlässigbaren Mengen toxischer Gase: die Rauchbildung ist ebenfalls sehr gering.

Die Reißfestigkeit beträgt 12 - 15 cN/tex bei 20 - 30 % Dehnung und einem Anfangsmodul von 350 cN/tex/100 % Dehnung. Diese Festigkeitseigenschaften sind ausreichend zur Verarbeitung zu verschiedenen Vliesstoffen und zu Strick- oder Webgarnen durch Vordehnen und Reißen.

Die Faser besitzt sehr hohe Beständigkeit gegen Wärme, UV-Licht sowie Säuren und Alkalien. Ferner ist sie hydrophil mit 12 % Feuchtigkeitsaufnahme und 48 % Saugvermögen, ähnlich wie Baumwolle.

Die natürliche Färbung des Produkts ist schwach rosa und kann mit Dispersionsfarbstoffen während dem Faserherstellungsverfahren mit einer Reihe mittlerer bis dunkler Farbtöne überfärbt werden. Die vom Hersteller gefärbten Töne besitzen im allgemeinen eine Lichtechtheit von 3 - 4 bis 5, was für die gegenwärtigen Anwendungen der Faser ausreicht. Die ausgelieferte Faser kann nicht mit Dispersionsfarbstoffen gefärbt werden, besitzt aber eine Affinität für basische Farbstoffe, doch ist zur Erzielung genügender Lichtechtheiten eine sorgfältige Auswahl der Farbstoffe erforderlich.

Die speziellen physikalischen Eigenschaften der Faser machen sie sehr geeignet für einen weiten Bereich von Hochleistungsanwendungen; dazu gehören:

- Vliesstoff als Flammensperre in Polsterware
- Feuerlöschdecken
- Filtration heißer Gase
- Schutzkleidung.

Introduction

The development of fibres which are resistant to flames, have good mechanical properties and economic production costs, has received considerable attention in the past and continues to do so. From these studies, a range of high performance, synthetic fibres, mostly based on aromatic polymers, are now commercially available, each of which find applications in specific markets. They each, however, have certain deficiencies, such as smoke emission, inability to be coloured and high production cost, which limit their range of applications. The other alternative is to use inorganic fibres, such as glass, alumina etc. These fibres have an excellent performance in flames but do not have adequate mechanical properties, except for very limited applications and are often very expensive.

In this paper we present the properties and applications of a new fibre, developed by Courtaulds Research and recently launched by the Flame Retardant Textiles Group of Courtaulds Fibres Ltd. under the tradename Inidex. The fibre is quite different in concept to other high performance, synthetic fibres in that its chemistry is based on an aliphatic polymer chain, which is cross-linked via inorganic complexes. This approach enables outstandingly high performance standards, with respect to flame resistance and smoke emission, to be achieved, whilst retaining acceptable fibre properties.

Properties

The chemical structure of the fibre is based on a copolymer of acrylic acid and acrylamide, the molar ratio being approximately 2:1. A proportion of these carboxylic acid groups are cross-linked by zinc ions. Typical fibre properties are as follows (Tab. 1):

Table 1: Inidex fibre properties

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| Tenacity | 12 - 15 cN/tex |
| Extension | 20 - 30 % |
| Initial Modulus | 350 cN/tex/100 % ext. |
| Shrinkage (boiling water) | 0 % |
| Density | 1.50 g/cc |

Due to its highly cross-linked chemical structure, Inidex is insoluble in all types of solvents and its tensile properties are hardly affected by them. It also exhibits good resistance to acid and alkali as illustrated in figure 1, the tenacity being only slightly affected by 1M hydrochloric acid and 1M sodium hydroxide solutions at 70° C after 400 hours. Stability to light degradation is also outstanding (Fig. 2) with only a loss of about 10 % in tenacity after exposure to UV light for 20 days.

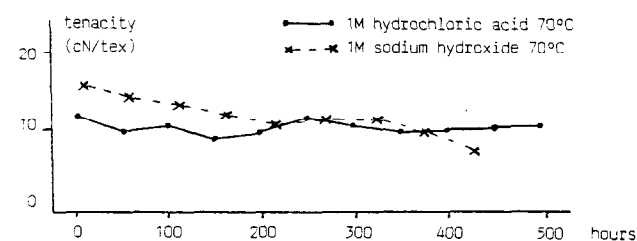


Fig. 1: Acid and alkali resistance

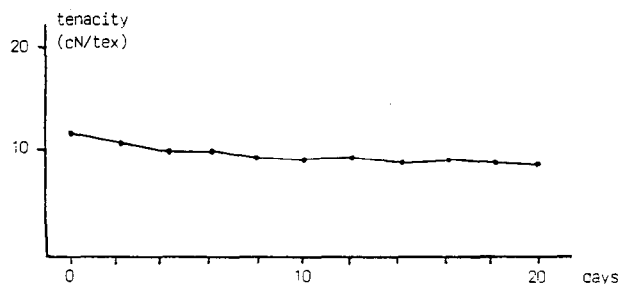


Fig. 2: UV resistance

exceptionally high at 43 % and in the NBS smoke cabinet test, the smoke evolved is only just measurable. The main products of combustion are carbon dioxide and water.

Unusually for a synthetic fibre, Inidex is hydrophilic exhibiting a moisture regain of 12 % at 65 % RH/20° C and a water imbibition of 48 %. This level of moisture uptake is similar to cotton.

The natural colour of the fibre is pale pink. It can be readily dyed with basic dyes to medium and dark shades, without affecting flame resistance. This technique for introducing colour is not recommended, however, except for applications having a low requirement for light fastness (Tab. 2).

The effect of dry heat on the tensile properties is depicted in figure 3, which shows the effect of holding the fibre at temperatures from 100° C to 200° C for 24 hours. The tenacity is not reduced significantly up to 200° C but extensibility falls more rapidly, especially above 160° C.

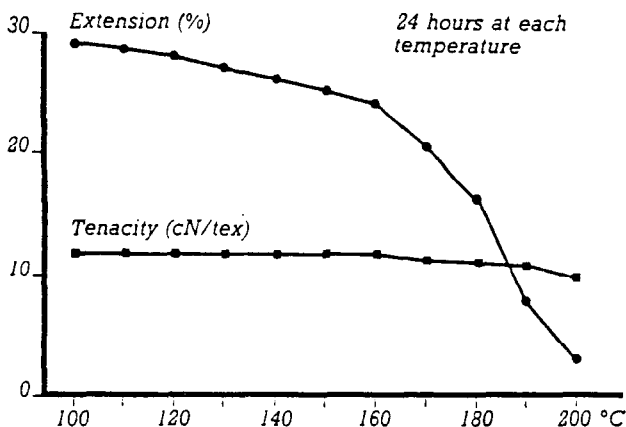


Fig. 3: Effect of dry heat

Table 2: Light fastness of basic dyed fibre (2 % dye)

| | |
|-----------------------------|-----|
| Astrazone Golden Yellow GI | 4-5 |
| Maxilon Red BL | 3-4 |
| Maxilon Blue GRL | 1 |
| Basacryl Red GL | 3-4 |
| Sandocryl Yellow Brown BRLN | 4 |
| Basacryl Blue GGL | 1 |

Although the final product does not have an affinity for disperse dyes, they can be introduced into the fibre during production, after the spinning stage.

As shown in table 3, generally better light fastness is achieved than with basic dyes.

Table 3: Light fastness of disperse dyed fibre (2 % dye)

| | |
|---------------------|-----|
| Serisol Red 3B | 5 |
| Serilene Blue 2GL | 5 |
| Serilene Pink RFL | 4 |
| Dispersol Yellow AG | 4 |
| Serisol Yellow GGL | 3-4 |
| Serisol Violet RGL | 3 |
| Dispersol Blue BR | 3-4 |
| Dispersol Black BT | 3-4 |

Applications

The properties exhibited by Inidex are compared to other commercially available flame resistant fibres in table 4. These properties make the fibre suitable for a wide range of applications. The fibre's physical properties are quite adequate for processing into non-woven fabrics. It is also possible to process it into yarns via conventional routes although care must be taken at each stage.

Table 4: Property comparison of commercially available flame resistant fibres

| | Polyacrylate | Zirpro-Wool | Aramid | Polybenzimidazole | Oxidised Acrylic | Phenolic | Chlorofibre | Polyamideimide |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|--|----------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| LOI (%) | 43 | 30 | 32 | 38 | 50-55 | 30 | 37 | 31 |
| Moisture Regain (%) | 12 | 12 | 4 | 15 | 10 | 6 | 2 | 4 |
| Smoke Obscuration (NBS test) (%) | < 1 | 92 | 5 | 8 | | | 8 | |
| Colour | Pink | White | Yellow | Gold | Black | Gold | White | |
| Thermal Resistance | Non-melting No afterglow | Non-melting Shrinks | Softens at 450° C and shrinks Afterglow Degrades at 370° C | Decomposes at 550° C | Non-melting Afterglow | Non-melting Low shrinkage | Softens and shrinks above 100° C | Non-melting Afterglow < 10 s |

The high resistance to naked flames without melting makes Inidex highly suitable for use in *Fire Blankets*. The fibre can be readily processed into non-woven blankets which pass the British Standard 6575:1985 test. This test requires the blanket to extinguish a fire in a tray containing three litres of burning aliphatic hydrocarbon (boiling point less than 88° C) in under three minutes while remaining whole.

The high resistance to flames, in combination with extremely low smoke and toxic fume evolution, suggests important applications in *furnishings* for buildings, cars, trains, aeroplanes etc. In table 5 the results are given for a range of tests on non-woven fabrics relevant to these applications. In all cases the fabrics pass the tests exhibiting no flaming, melting or afterglow.

Table 5: Flammability test results

CAA Spec. No. 8 USAD

Sample: 500 g/m² needlefelt.

Result: 'No melting, flaming, debris or afterglow.'

NFP 92 503 France

Sample: 250 g/m² non-woven.

Result: 'Classification: M1. No burning at points of ignition. No propagation of flame or flaming debris.'

BS 5438/5867 UK

Sample: Non-woven.

Result: 'No hole, flame, flaming debris or afterglow. Suitable for use in private dwellings, hospitals and fire escape routes.'

FMVSS 302 USA

Sample: Non-woven.

Result: Pass. Did not ignite and flame did not propagate.

The high chemical resistance and moisture absorption, together with fire resistance, are an ideal combination of properties for use in *protective clothing*. In this application, it is most appropriate to use the fibre in blends with other flame retardant textile fibres such as FR polyester or modacrylic. These fibres improve the processability and final fabric properties. At a level of 50 % in a blend, Inidex still confers excellent flame resistance as shown in table 6 which gives the results of the BS 3119 test on a blend with Teklan modacrylic fibre.

Table 6: BS 3119 flammability tests

| Fabric Wt. (g/m ²) | Distance Charred (ins.) | Duration of Flaming (sec.) | Afterglow (sec.) |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| 100 | 0.82 | 0 | 0 |
| 120 | 0.85 | 0 | 0 |
| 150 | 0.73 | 0 | 0 |

Other applications include *hot gas filtration*, particularly where resistance to sparks and acid fumes are required, *acoustic insulation*, *wall coverings*, *friction composites*, as a replacement for asbestos, *liquid filtration*, where high chemical resistance is required and *cleaning pads*, requiring resistance to heat.

In order to satisfy particular property requirements for these applications, the fibre is produced in 3.7, 4.5 and 5.4 dtex cut to the required staple length. Higher fibre dtex up to 20 can also be produced if required. The frictional properties can be altered for various processing routes by the application of suitable processing aids during manufacture.

Conclusions

Inidex represents a major step forward in the quest for high performance synthetic fibres, with general fibre properties and production costs compatible with a wide range of general applications. Its major strengths are:

- High resistance to flame without burning, melting or afterglow and low shrinkage.
- Low emission of smoke and fumes on application of a flame.
- Resistance to a wide range of chemicals, including acids and alkalis and to UV light.
- High moisture regain.

Diskussion

Truckmüller: Are there intentions to generate more strength?

Akers: The fibre strength is adequate for the current applications. We are developing fibres with improved tensile properties but these will not be available for one to two years.

Gehrmann: Mich hätten die Waschttemperaturen interessiert, die erreicht werden können.

Akers: In one of the slides I showed the shrinkage of the fibres in boiling water, and you see, it was less than 1 %. Up to that temperature you will have no problems related to the stability of the fabrics or any effects on the fibre properties. What you should be careful about, however, is the wash-fastness of certain dyestuffs, especially if the fibre has been dyed with dispersed dyes. In this case we recommend washing temperatures which are used for polyester; up to 50° C. So it is the dye-fastness that is the concern more than the fibre property. The flame-resistance is not effected by washing procedures.

Brightman: Your people have told us, that this fibre cannot be supplied in the future in tow form. Is there any particular reason for that; our interest is in flocking.

Akers: At the moment it is not available in tow-form. I would say it will depend on the demand. All the current applications require the fibre in staple-form and that is how we have been supplying it. We may decide in the future to supply tow, if the demand is high enough.

Development of Statistical Modelling in the Optimisation of Leacril Open-End Spinning

Dr. Ing. G. Doria, G. C. Sala, Dr. E. Trevisan, Montefibre Porto Marghera, Italien

The optimization of the working conditions for Leacril acrylic fibre on open-end-spinning through the use of statistic-mathematic models has been carried out. An experimental design of two independent variables has been applied:

$$\begin{aligned}x_1 &= \text{rotor speed} \\x_2 &= \text{twist coefficient AM}\end{aligned}$$

Fitting the data with a 2nd order polynomial complete in all its terms and using a backward calculation procedure, the statistically insignificant terms at a given probability level have been eliminated, thus obtaining very simple models easy to handle and easily interpreted by graphs expressed through contour levels of the dependent variables. The results which have been obtained from the two experiments with rotors of 40mm und 46mm diameter show that:

- At a yarn break level of 100 (number for 1000 units per hour) acceptable by automatic piecing-up machines, we have, in extreme but still possible conditions, a production rate (Nm 40) of 105 m/min. with 40mm diameter rotors and of 100 m/min. with 46 mm rotors.
- At the same production levels, the 46mm diameter rotors give a higher yarn breaking length with respect to the 40mm, lower elongation at break, lower hairiness and higher shrinkage, not taking into consideration the problem of power consumption.
- Comparing the two experimental designs, similar models for hairiness, shrinkage, Uster unevenness and, roughly, for elongation are obtained. Substantially different models for yarn breaks and breaking length were found.

Mit Hilfe statistisch-mathematischer Modelle wurden die Arbeitsbedingungen für die Herstellung von Leacril Acrylfasern nach dem OE-Spinnverfahren optimiert.

Wir wandten eine Versuchsanordnung mit zwei unabhängigen Variablen an:

$$\begin{aligned}x_1 &= \text{Rotordrehzahl} \\x_2 &= \text{Garndrehungskoeffizient}\end{aligned}$$

Durch Anpassung der Daten mit Hilfe eines in allen Termen vollständigen Polynoms zweiter Art und unter Verwendung eines Rückrechnungsverfahrens konnten die auf einem bestimmten Wahrscheinlichkeitsniveau nicht signifikanten Terme eliminiert werden. Auf diese Weise erhielten wir sehr einfache Modelle, die sich leicht anwenden und graphisch durch die Randkurvenverläufe der abhängigen Variablen interpretieren ließen.

Die Ergebnisse von zwei mit Rotoren von 40 bzw. 46 mm Durchmesser durchgeführten Versuchen zeigen, daß

- bei einem Garnbruchniveau von 100 (Anzahl für 1000 Einheiten pro Stunde), das für automatische Garnendemaschinen annehmbar ist, unter extremen, aber immer noch möglichen Bedingungen, bei 40 mm-Rotoren eine Produktionsgeschwindigkeit (Nm 40) von 105 m/min bzw. bei 46 mm-Rotoren von 100 m/min erzielt werden kann,
- bei gleicher Produktionsgeschwindigkeit die 46 mm-Rotoren im Vergleich zu den 40 mm-Rotoren zu höherer Reißfestigkeit, niedrigerer Reißdehnung, geringerer Haarigkeit und höherem Schrumpfungsführen, wobei das Problem des Energieverbrauchs unberücksichtigt bleibt.
- Vergleicht man die beiden Versuchsanordnungen, so erhält man für Haarigkeit, Uster-Wert und Schrumpfung sowie im großen und ganzen auch für die Dehnung ähnliche Modelle, während sich die Modelle in Bezug auf die Zahl der Garnbrüche und die Reißfestigkeit wesentlich unterscheiden.

A) Introduction

The application of various experimental designs to the optimization of different processes through the investigation of the response obtained on varying the same independent variables, is frequently used also for the advantages supplied by the automatic calculation. Some aspects of this technique should be taken into account, which, if neglected, could lead to erroneous results. Generally, after the planning of the experiments, tests are carried out wherefrom certain discrete values of the dependent variables are related to certain values of the independent variables. Subsequently a fitting of the dependent variables is attempted through a polynomial of a proper order using the wellknown method of the least squares.

A response surface is thus obtained, the shape of which is a function of the data and varies also with the number of term and the order of the polynomial selected.

Particular reference is made to similar work effected in an attempt to optimize the open-end-spinning conditions of various fibres^{1,2}, namely acrylic fibre^{3,4}. The use of a polynomial whatever would be improper in relation to the investigation of the statistic-mathematic model closest to the physical aspect of the phenomenon, since some terms could result inconsistent and subsequently their introduction would be arbitrary.

In the research of these models, it would be preferable to develop a calculation method allowing to find a fitting polynomial with physically consistent terms. From a statistical point of view, it is necessary to consider only the corresponding coefficients which, in their final form, differ from zero at the previously defined probability level.

The methods⁵ are known as Stepwise, Forward, Backward, etc., according to the calculation procedures. In this work the optimization of the open-end-spinning conditions of the acrylic fibre, the Backward procedure is used.

B) Description of the Method

Notwithstanding previous references on the subject we prefer to illustrate, at least in its main lines, the statistic-mathematic problem before describing the experimental work. The present work refers to an experiment with two independent variables. After selecting a proper experimental field, a second order polynomial with two independent variables appears adequate for a satisfactory fitting, i. e. the variance connected to the lack of fit of the equation interpolating the experimental points should not be significantly different from the error mean square (compared by F test). If this does not occur, it will be possible to use a polynomial of the same order by restricting the experimental field.

A complete second order model could be of the following type:

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \varepsilon$$

the coefficients of which are estimated with the following fitting function:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2 \quad (1)$$

Through a suitable transformation it becomes a linear function in all its terms, and the fitting equation is carried out with the usual least square method.

The design matrix is:

$$D = \begin{vmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} \\ \dots & \dots \\ x_{m,1} & x_{m,2} \end{vmatrix} \quad (2)$$

Each row of this matrix consists of a test condition at the determined level x_{i1} and x_{i2} in correspondence of which a y_i response is obtained. By conveniently enlarging matrix (2) in conformity with the transformation making equation (1) linear, a matrix X is obtained allowing the polynomial to be

fitted. The B vector corresponding to the estimated coefficients of the polynomial, is given by:

$$B = (\bar{X} X)^{-1} \bar{X} Y \quad (3)$$

where \bar{X} is the transpose of X, $(\bar{X} X)^{-1}$ is the inverse matrix of $\bar{X} X$ and Y is the response vector.

At the end of this type of process, some coefficients estimated from B result important in relation to the phenomenon, while others do not significantly differ from zero in a statistical sense. In order to establish the significance of the coefficients, the use of a test appears necessary to allow the discrimination at the prefixed probability level.

In this work, the significance of the coefficients has been determined through t-test applied to the determined coefficient against zero. After the calculations indicated by (3), the t_K values of the coefficients have been evaluated. After establishing a threshold value t, the lowest value among the various t_K is selected. If its value is lower than the threshold level, the corresponding coefficient is eliminated from the polynomial and the process is repeated until a polynomial with a still satisfactory fit is found, where all the coefficients of the constituent terms have $t_K > t$. This is a brief description of the Backward procedure used to obtain the following results.

If the independent variables are not actually orthogonal, but still have a certain degree of statistical dependence, the problem becomes complicated with respect to the automatic calculation. The elimination of a coefficient involves the modification of the coefficients correlated to it and thus the process (3) must be repeated over and over again. To this purpose we think it useful to report a very effective method for the elimination of coefficients not significantly different from zero (see Appendix).

The method is substantially derived from the Stepwise procedure reported in⁶ and slightly modified. If it is foreseen to start the Backward process from a full second order polynomial (with intercept) the experimental points shall be at least equal to the coefficient to be estimated (there included b_0 constant). It is recommended to choose a sufficiently high number of experimental points to evaluate also errors and the lack of fit.

Very effective experimental designs for interpolations with second order polynomials are described in^{7,8}. These are defined as rotatable central compound designs and, for two independent variables, the different combinations x_{i1} and x_{i2} set themselves at the vertices of simple figures such as pentagon, hexagon and octagon (with some central points). In order to clarify this, see figure 1 which refers to the octagonal design used in this experiment. The values of the coordinates are coded through a linear transformation of the different levels of the experimental variables, as it is explained later on.

This plan is formed by four combinations of a factorial 2^2 , by 4 combinations in star form and by some replicas in the centre according to the following table 1:

The X matrix contains the dummy x_0 variable associated to the intercept; the $x_1 x_2$ term is also defined as interaction. This matrix as shown in table 1, is not completely orthogonal, since the quadratic terms are partially correlated. The orthogonality is obtained with 8 replicas in the centre, but the independent experiments would be expensive and then very expensive.

If Δ indicates the actual variation of the independent variable, corresponding to a coded unit, and C the central value of the actual independent variable, the transformation formula from actual values to coded values, reported in table 1, will be:

$$x = \frac{x' - C}{\Delta} \quad (4)$$

which allows the scale the experimental values.

| | | Matrix X | | | | | |
|-----------|-------|-------------|-------------|---------|---------|-----------|----------|
| | | Matrix D | | x_1^2 | x_2^2 | $x_1 x_2$ | y |
| x_0 | x_1 | x_2 | | | | | |
| Factorial | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | y_1 |
| | 1 | +1 | -1 | 1 | 1 | -1 | y_2 |
| | 1 | -1 | +1 | 1 | 1 | -1 | y_3 |
| | 1 | +1 | +1 | 1 | 1 | 1 | y_4 |
| Star | 1 | $-\sqrt{2}$ | 0 | 2 | 0 | 0 | y_5 |
| | 1 | $+\sqrt{2}$ | 0 | 2 | 0 | 0 | y_6 |
| | 1 | 0 | $-\sqrt{2}$ | 0 | 2 | 0 | y_7 |
| | 1 | 0 | $+\sqrt{2}$ | 0 | 2 | 0 | y_8 |
| Replicas | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | y_9 |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | y_{10} |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | y_{11} |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | y_{12} |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | y_{13} |

Table 1

The calculation of the regression preferably employs the coded values in order to permit a direct comparison of the estimated coefficients.

For the choice of optimum conditions relative to the determined dependent variable, contour lines obtained by computer graphics can be employed: in this case it is preferable to scale the x_1, x_2 axes with the actual value of the experiment to facilitate reading and data interpretation.

C) Results of Two Experiments on Open End with 40mm and 46mm Diameter Rotors

Using open-end acrylic fibre produced by Montefibre, 1,7 dtex, bright, 40mm nominal cut length, two sets of tests on spintester Süessen open-end with rotors of 40mm and 46mm diameters have been carried out.

Both have been conducted using the previously described plan at two variables:

- x_1 = Rotor speed (rpm)
- x_2 = Twist coefficient AM (Twists/m (Nm)^{2/3})

In terms of coded values through (4) the conditions for x_1, x_2 are (Tab. 2):

Table 2: Experimental Design-46mm Diameter Rotors

| Coded val. | x | -1,41 | -1 | 0 | +1 | +1,41 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fior speed (rpm) | x'_1 | 44.700 | 48.000 | 56.000 | 64.000 | 67.300 |
| Twist coeff. AM | x'_2 | 48,5 | 52 | 60,5 | 69 | 72,5 |

Being impossible to obtain a better approximation, the lowest level of x'_1 has been modified to 44.000 rpm and the highest to 68.000 rpm. The calculation has been made with the actual values (Tab. 3).

Table 3: Experimental Design-40mm Diameter Rotors

| Coded val. | x | -1,41 | -1 | 0 | +1 | +1,41 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fior speed (rpm) | x'_1 | 61.500 | 64.000 | 70.000 | 76.000 | 78.500 |
| Twist coeff. AM | x'_2 | 52,7 | 55 | 60,5 | 66,0 | 68,3 |

Also in this case the highest rotor speeds have been modified to 62.000 and 78.000 rpm, respectively.

The other most important constant conditions for the experiments were:

- Incoming sliver Nm 0,28
- Outcoming yarn Nm 40
- Opening roller OS21 6.500 rpm

Each spinning test lasted approximately 21 hours to get a reasonably high number of total yarn breaks, to be considered significant in view of the few spinning units used.

In first approximation the absolute values for yarn breaks cannot be compared with those of other machines, but the general trend of the parameters versus x_1 and x_2 can supply interesting indications.

To this purpose the dependent variables examined in both experiments are listed here below:

- y_1 = Square root of yarn breaks (Per 1000 R/h)
- y_2 = Yarn breaking length (Km)
- y_3 = Elongation at break (%)
- y_4 = Uster unevenness (%)
- y_5 = Square root of neps/Km
- y_6 = Yarn shrinkage (%)
- y_7 = Yarn hairiness (hair/m; $L \geq 2\text{mm}$)

Some of the parameters have not been elaborated using their actual values but the square root of their values, as it is explained later on.

Tables 6 and 7 show the values of the polynomial coefficients with $t > 2.36$. The choice of a constant threshold value t is somewhat arbitrary and could therefore be criticized since the elimination of coefficients causes a change in the degree of freedom of the residue. A variation is consequently made in the t table value with which it can be compared. The calculation is thus very simplified. But the most important fact is that the selected value should supply a polynomial with a sufficient number of terms for a satisfactory goodness of fit to the experimental points. The value 2.36 has been taken from Student's t Table corresponding to the degrees of freedom associated to the fitting of a complete polynomial with a probability of 95 % (two tails test).

Some of the dependent variables have been, as already said, properly transformed with the effect of stabilizing the variance in the experimental field and to obtain a more efficient interpolation. A random variable with a Poisson distribution characterized by the following condition: mean = variance, must be transformed by means of the square root of the experimental values (see ref. 9). This generally involves an appreciable rise in the coefficient correlation with respect to that given by the regression on the actual values.

In this case a Poisson distribution was assumed for yarn breaks and for neps/Km; the transformation already described was then applied to these variables.

The results obtained are listed in tables 4 and 5:

Table 4: Rotor \varnothing 46 mm

| X1 | X2 | X1' | X2' | | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
|-------|-------|-----------------|------|------------------|---------------------------------------|------------------|----------|---------|------------------------------|-----------|------------------------------------|
| | | ROTOR SPEED rpm | AM | YARN PROD. m/min | $\sqrt{\text{BREAKS (per 1000 R/h)}}$ | BREAK. LENGTH Km | ELONG. % | USTER % | $\sqrt{\text{NEPS (n°/Km)}}$ | SHRINK. % | HAIRINESS $L \geq 2\text{mm}$ n°/m |
| -1 | -1 | 48000 | 52,0 | 79 | 4,0 | 11,3 | 19,4 | 10,6 | 1,7 | 2,9 | 33 |
| +1 | -1 | 64000 | 52,0 | 105 | 15,2 | 10,7 | 15,9 | 11,3 | 2,4 | 4,7 | 29 |
| -1 | +1 | 48000 | 69,0 | 59 | 2,8 | 12,2 | 20,6 | 10,5 | 1,0 | 3,6 | 31 |
| 1 | 1 | 64000 | 69,0 | 79 | 10,5 | 11,0 | 16,4 | 11,7 | 3,2 | 4,8 | 26 |
| -1.50 | 0 | 44000 | 60,5 | 62 | 2,8 | 12,0 | 21,2 | 10,5 | 1,0 | 3,2 | 33 |
| +1.50 | 0 | 68000 | 60,5 | 96 | 19,9 | 10,8 | 17,5 | 11,5 | 3,3 | 5,0 | 27 |
| 0 | -1.41 | 56000 | 48,5 | 99 | 7,9 | 10,7 | 19,6 | 11,1 | 3,5 | 3,0 | 33 |
| 0 | +1.41 | 56000 | 72,5 | 66 | 0 | 11,3 | 19,4 | 11,0 | 1,4 | 4,0 | 31 |
| 0 | 0 | 56000 | 60,5 | 79 | 2,8 | 11,5 | 18,5 | 11,1 | 2,0 | 4,1 | 30 |
| 0 | 0 | 56000 | 60,5 | 79 | 0 | 11,3 | 18,8 | 10,9 | 3,0 | 3,4 | 30 |
| 0 | 0 | 56000 | 60,5 | 79 | 4,0 | 11,8 | 20,0 | 11,1 | 2,8 | 3,4 | 32 |
| 0 | 0 | 56000 | 60,5 | 79 | 4,0 | 11,4 | 18,9 | 11,1 | 2,2 | 4,1 | 31 |
| 0 | 0 | 56000 | 60,5 | 79 | 0 | 11,3 | 20,1 | 10,8 | 2,6 | 3,4 | 30 |

Table 5: Rotor \varnothing 40 mm

| X1 | X2 | X1' | X2' | | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
|-------|-------|-----------------|------|------------------|---------------------------------------|------------------|----------|---------|------------------------------|-----------|------------------------------------|
| | | ROTOR SPEED rpm | AM | YARN PROD. m/min | $\sqrt{\text{BREAKS (per 1000 R/h)}}$ | BREAK. LENGTH Km | ELONG. % | USTER % | $\sqrt{\text{NEPS (n°/Km)}}$ | SHRINK. % | HAIRINESS $L \geq 2\text{mm}$ n°/m |
| -1 | -1 | 64000 | 55,0 | 98 | 8,4 | 10,1 | 18,8 | 11,1 | 4,6 | 2,2 | 41 |
| +1 | -1 | 76000 | 55,0 | 117 | 14,6 | 10,0 | 17,0 | 11,4 | 6,6 | 3,4 | 39 |
| -1 | +1 | 64000 | 66,0 | 82 | 0 | 10,6 | 20,2 | 11,1 | 4,7 | 2,9 | 37 |
| +1 | +1 | 76000 | 66,0 | 97 | 9,7 | 10,0 | 16,7 | 12,0 | 7,1 | 5,0 | 33 |
| -1.33 | 0 | 62000 | 60,5 | 86 | 6,9 | 10,7 | 20,3 | 11,0 | 6,0 | 3,0 | 40 |
| +1.33 | 0 | 78000 | 60,5 | 108 | 16,7 | 9,8 | 15,5 | 11,9 | 7,1 | 4,7 | 33 |
| 0 | -1.41 | 70000 | 52,7 | 111 | 13,5 | 10,1 | 19,0 | 11,4 | 4,4 | 2,6 | 39 |
| 0 | +1.41 | 70000 | 68,3 | 87 | 6,3 | 10,0 | 18,2 | 11,5 | 3,5 | 3,9 | 33 |
| 0 | 0 | 70000 | 60,5 | 97 | 9,0 | 9,8 | 17,9 | 11,2 | 4,9 | 3,5 | 37 |
| 0 | 0 | 70000 | 60,5 | 97 | 8,9 | 9,9 | 17,7 | 11,4 | 5,1 | 3,1 | 34 |
| 0 | 0 | 70000 | 60,5 | 97 | 6,8 | 10,3 | 17,0 | 11,1 | 3,7 | 3,1 | 35 |
| 0 | 0 | 70000 | 60,5 | 97 | 7,5 | 9,8 | 17,2 | 11,3 | 4,9 | 3,2 | 36 |
| 0 | 0 | 70000 | 60,5 | 97 | 7,9 | 10,0 | 17,3 | 11,4 | 4,5 | 3,2 | 35 |

Table 6: Significant coefficients – rotor \varnothing 46mm

| | y ₁ √BREAKS (1000 R/n) ^{1/2} | y ₂ B. L. Km | y ₃ ELONG. % | y ₄ USTER % | y ₅ √NEPS (n°/Km) ^{1/2} | y ₆ SHRINK. % | y ₇ HAIRINESS n°/m |
|-------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| \bar{y} | 5,68 | 11,3 | 18,9 | 11,0 | 2,31 | 3,8 | 30,4 |
| b ₀ | 2,865 | 11,457 | 18,946 | 11,015 | 2,315 | 3,652 | 30,462 |
| b ₁ | 5,386 | -0,437 | -1,617 | 0,414 | 0,769 | 0,693 | -2,186 |
| b ₂ | -2,134 | 0,256 | - | - | - | 0,277 | -0,979 |
| b ₁₁ | 4,583 | - | - | - | - | 0,265 | - |
| b ₂₂ | - | -0,204 | - | - | - | - | - |
| b ₁₂ | - | - | - | 0,125 | - | - | - |
| Ms. residual (d. f.) | 3,79 (9) | 0,033 (9) | 0,75 (11) | 0,014 (10) | 0,36 (11) | 0,093 (9) | 1,13 (10) |
| Ms. error (d. f.) | 4,13 (4) | 0,043 (4) | 0,54 (4) | 0,02 (4) | 0,17 (4) | 0,147 (4) | 0,80 (4) |
| Ms. lack of fit (d. f.) | 3,52 (5) | 0,025 (5) | 0,874 (7) | 0,01 (6) | 0,47 (7) | 0,05 (5) | 1,35 (6) |
| SS Total | 451,1 | 2,64 | 29,17 | 1,57 | 8,73 | 5,79 | 57,23 |
| r | 0,96 | 0,93 | 0,83 | 0,95 | 0,72 | 0,91 | 0,88 |

Table 7: Significant coefficients – rotor \varnothing 40 mm

| | y ₁ √BREAKS (1000 R/n) ^{1/2} | y ₂ B. L. Km | y ₃ ELONG. % | y ₄ USTER % | y ₅ √NEPS (n°/Km) ^{1/2} | y ₆ SHRINK. % | y ₇ HAIRINESS n°/m |
|-------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| \bar{y} | 8,93 | 10,0 | 17,9 | 11,3 | 5,15 | 3,3 | 36,3 |
| b ₀ | 8,938 | 9,996 | 17,574 | 11,369 | 4,461 | 3,20 | 36,308 |
| b ₁ | 3,720 | -0,247 | -1,511 | 0,309 | 0,755 | 0,713 | -1,988 |
| b ₂ | -2,936 | - | - | - | - | 0,517 | -2,310 |
| b ₁₁ | - | 0,145 | - | - | 1,129 | 0,257 | - |
| b ₂₂ | - | - | 0,543 | - | - | - | - |
| b ₁₂ | - | - | - | - | - | 0,225 | - |
| Ms. residual (d. f.) | 0,33 (10) | 0,03 (10) | 0,25 (10) | 0,03 (11) | 0,35 (10) | 0,03 (8) | 1,58 (10) |
| Ms. error (d. f.) | 0,87 (4) | 0,04 (4) | 0,13 (4) | 0,01 (4) | 0,29 (4) | 0,05 (4) | 1,3 (4) |
| Ms. lack of fit (d. f.) | 4,85 (6) | 0,03 (6) | 0,32 (6) | 0,03 (7) | 0,39 (6) | 0,03 (4) | 2,2 (6) |
| SS Total | 212,290 | 0,996 | 22,896 | 1,087 | 17,153 | 7,247 | 92,769 |
| r | 0,91 | 0,78 | 0,93 | 0,82 | 0,88 | 0,98 | 0,89 |

Figures 1/10 illustrate the shapes of the level curves for all the examined responses except Uster % and nepcs/Km, which present a small variation over the experimental field.

The results are explained here below:

a) Breaks for 1000 R/h (Fig. 2 and 3)

The figures show the level curves with the actual value of the breaks obtained (the calculation has been made by the square root of these values). For the \varnothing 46mm rotors (Fig. 1) both the linear and the quadratic coefficients of their speed are significant. In the case of twist only the linear coefficient is significant. The latter term scarcely affects the dependent variables. The dotted straight lines correspond to constant levels of yarn production rates. If the machine is supplied with an automatic piecing up device, a break level of about 100 can be accepted, and, for instance, a production rate of 100 m/min (Nm 40) is compatible with a rotor speed of 61000 rpm and AM = 51. If the production rate is reduced to 85 m/min all the conditions are acceptable up to a maximum of 62000 rpm and AM = 62. Low rotor speeds and low twists are obviously more favourable conditions.

Examining figure 2 (Rotor \varnothing 40mm) it appears that only linear coefficients of the two independent variables are present.

From comparison with figure 1, the influence of the rotor speed appears smaller and the contribution of the latter is about the same as for twist. In this case we can obtain 100

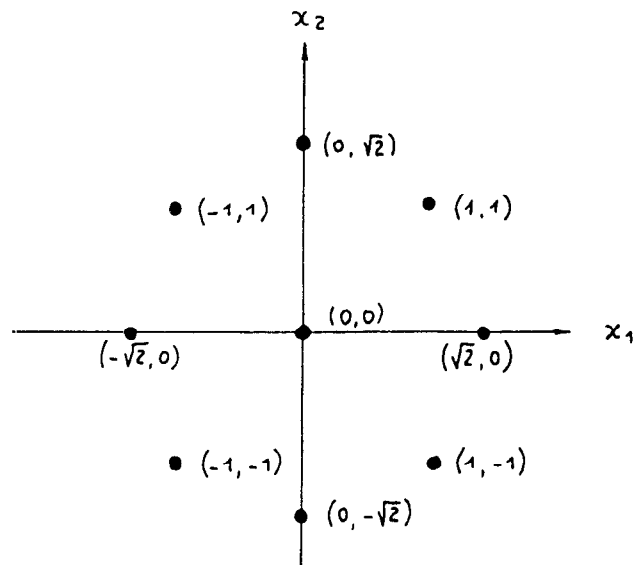


Fig. 1: Octagonal design

breaks for 1000 R/h even using production rates of 105 m/min, AM = 53 and rotor speeds of about 66000 rpm. For a production rate of 100 m/min there is a wider spectrum of conditions up to a maximum of 75000 rpm.

In general, for these parameters, not taking into account energy consumptions, the rotors with $\varnothing 40\text{mm}$ present a slight advantage over rotors with $\varnothing 46\text{mm}$ due to a smaller influence of the rotor speed on the yarn breaks in the first case.

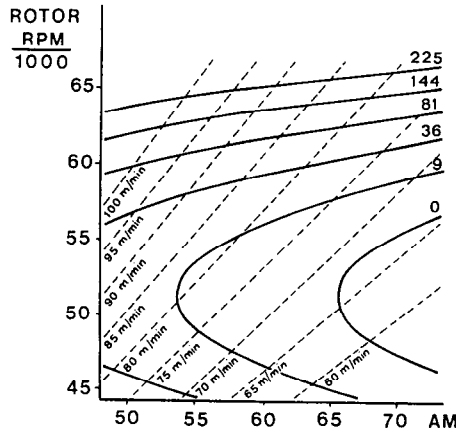


FIG. 2

$\varnothing 46\text{mm}$

$b_0 - 2.865$
 $b_1 - 5.386$
 $b_2 - -2.134$
 $b_{11} - 4.583$

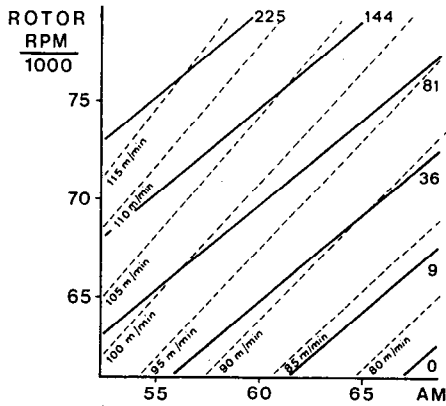


FIG. 3

$\varnothing 40\text{mm}$

$b_0 - 8.938$
 $b_1 - 3.720$
 $b_2 - -2.936$

Fig. 2 and 3: Yarn breaks: x 1000 R/h

b) Yarn Breaking Length (Fig. 4 and 5)

With $\varnothing 40\text{mm}$ rotors an average yarn breaking length of 1.3 Km., lower than with $\varnothing 46\text{mm}$ rotors, is obtained.

In the case of the latter, three coefficients result significant, but the most important effect is given by the rotor speed, which causes variation in breaking length of 1.5 Km. in the experimental field. In the case of the $\varnothing 40\text{mm}$ rotors, there is a definite decrease of the values with respect to the previous ones, but also a strong modification of the contours takes place since the parameter becomes practically independent of the twist.

c) Elongation at Break (Fig. 6 and 7)

The experimental designs of the $\varnothing 40\text{mm}$ rotors present two significant coefficients; the twist coefficient is the quadratic term; in both figures it is practically only the linear coefficient of the rotor speed which appreciably affects the phenomenon, absorbing almost all the variation of the dependent variables under examination.

d) Uster % and Neps/Km

The best results for both parameters are obtained with $\varnothing 46\text{mm}$ rotors. Namely, Uster evenness % varies little in both experimental designs.

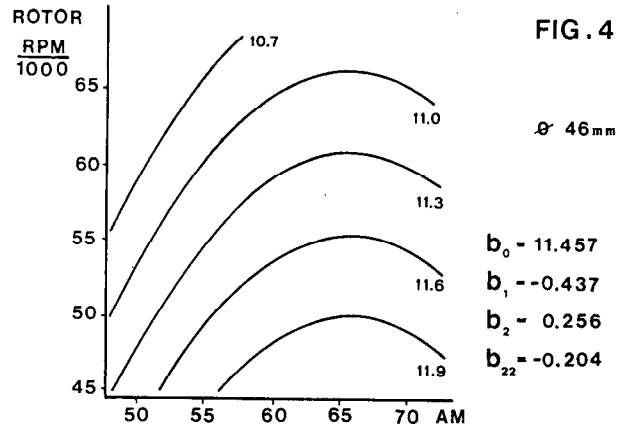


FIG. 4

$\varnothing 46\text{mm}$

$b_0 - 11.457$
 $b_1 - -0.437$
 $b_2 - 0.256$
 $b_{22} - -0.204$

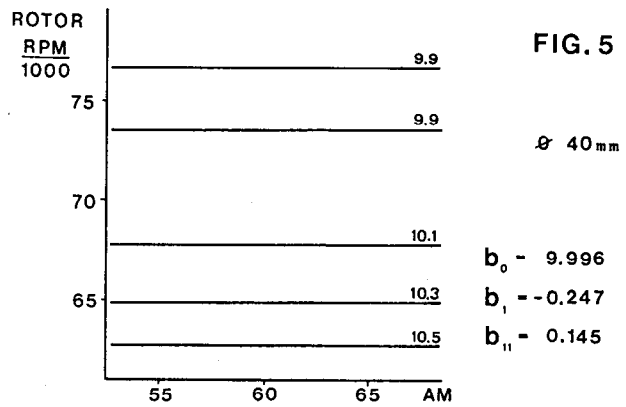


FIG. 5

$\varnothing 40\text{mm}$

$b_0 - 9.996$
 $b_1 - -0.247$
 $b_{11} - 0.145$

Fig. 4 and 5: Yarn breaking: length Km

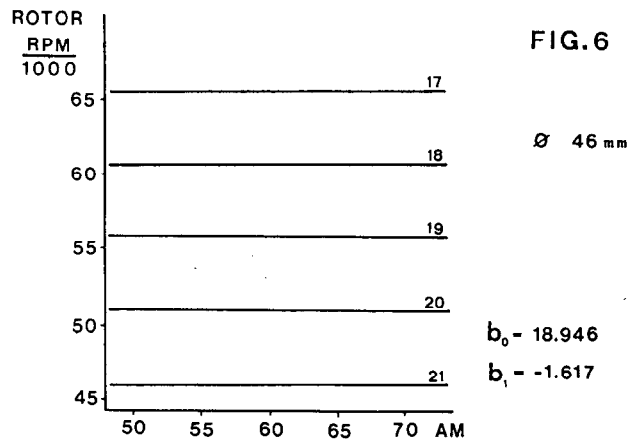


FIG. 6

$\varnothing 46\text{mm}$

$b_0 - 18.946$
 $b_1 - -1.617$

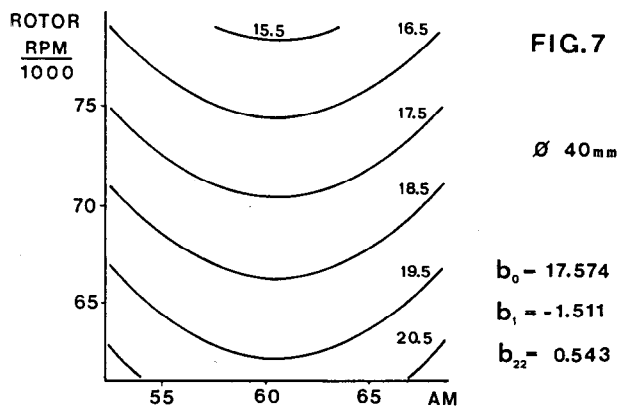


FIG. 7

$\varnothing 40\text{mm}$

$b_0 - 17.574$
 $b_1 - -1.511$
 $b_{22} - 0.543$

Fig. 6 and 7: Yarn: elongation (%)

e) Yarn Shrinkage (Fig. 8 and 9)

Both experimental designs present practically the same model, being significant and all positive the first three coefficients b_1, b_2, b_{11} .

In the case of $\varnothing 40\text{mm}$ rotors the interaction b_{12} is significant but its value is small with respect to the others.

For these two experimental designs we have contours arranged in a similar way. This parameter appreciably increases with the rotor speed and, to a lower extent with the twist.

On the average, the shrinkage results somewhat higher for $\varnothing 46\text{mm}$ rotors.

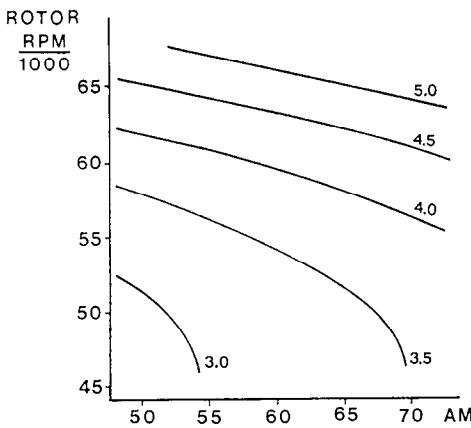


FIG. 8

$\varnothing 46\text{ mm}$

$$\begin{aligned} b_0 &= 3.652 \\ b_1 &= 0.693 \\ b_2 &= 0.277 \\ b_{11} &= 0.265 \end{aligned}$$

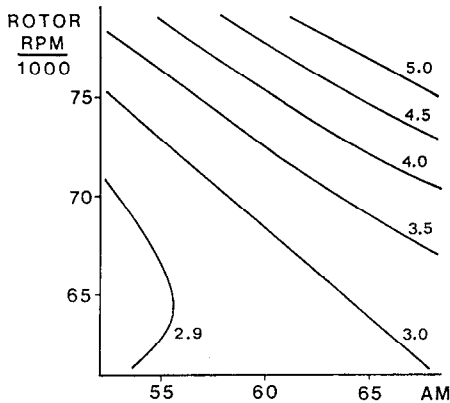


FIG. 9

$\varnothing 40\text{ mm}$

$$\begin{aligned} b_0 &= 3.200 \\ b_1 &= 0.713 \\ b_2 &= 0.517 \\ b_{11} &= 0.275 \\ b_{12} &= 0.225 \end{aligned}$$

Fig. 8 and 9: Yarn: shrinkage (%)

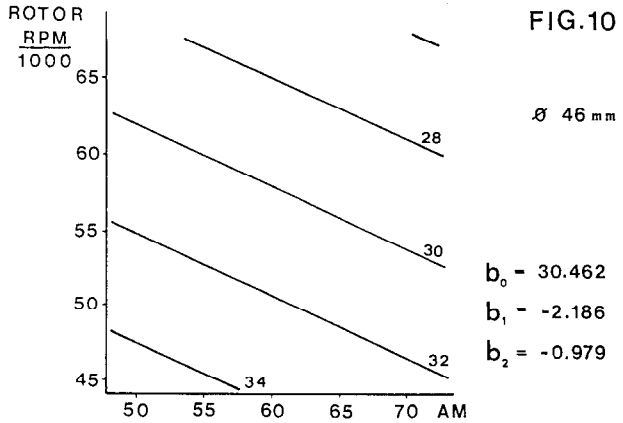


FIG. 10

$\varnothing 46\text{ mm}$

$$\begin{aligned} b_0 &= 30.462 \\ b_1 &= -2.186 \\ b_2 &= -0.979 \end{aligned}$$

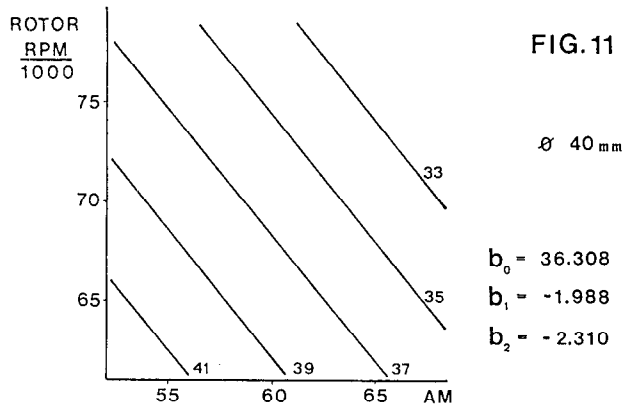


FIG. 11

$\varnothing 40\text{ mm}$

$$\begin{aligned} b_0 &= 36.308 \\ b_1 &= -1.988 \\ b_2 &= -2.310 \end{aligned}$$

Fig. 10 and 11: Yarn: hairiness N°/M

The two examined rotors permit under severe conditions (100 yarn breaks per 1000 R/h acceptable in machines supplied with automatic piecing up devices) slightly different production rates (105 m/min for $\varnothing 40\text{ mm}$ rotors and 100 m/min for $\varnothing 46\text{ mm}$ rotors). Apart from the problem of energy consumptions, it has been found that the yarn break length is higher for $\varnothing 46\text{ mm}$ rotors at a given production rate. The $\varnothing 40\text{ mm}$ rotors on their side give smaller shrinkage, higher elongation at break and a higher hairiness. Comparing the two experimental designs, we obtain similar models for hairiness, shrinkage and Uster evenness %, and roughly for elongation at break. The models substantially differ for yarn breaks and breaking length.

Appendix

General Description of the Backward Method.

Let us calculate the matrix of the data reported in table 1 (with linear transformation of the variables of the type $x_0 = z_0, x_1 = z_1 \dots, x_1 x_2 = z_5 \dots$) separating the vectors corresponding to all the independent variables and the dependent variable under examination, except the vector of x_0 variable. The calculation of the regression will be specified later on.

These vectors form a new matrix made up by m rows of data and by $(n + 1)$ columns, where the $(n + 1)_{th}$ is the y vector.

It is then possible to obtain the following elements:

$$a_{ij} = \sum_t^m (z_{ti} - \bar{z}_{0i})(z_{tj} - \bar{z}_{0j}) \quad (1)$$

$$a_{n+1,j} = \sum_t^m (y_t - \bar{y})(z_{tj} - \bar{z}_{0j}) \quad (2)$$

$$a_{i,n-1} = \sum_t^m (z_{ti} - \bar{z}_{0i})(y_t - \bar{y}) \quad (3)$$

$$a_{n+1,n+1} = \sum_t^m (y_t - \bar{y})^2 \quad (4)$$

$$(i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n)$$

f) Yarn Hairiness (Fig. 10 and 11)

The hairiness has been determined with the Shirley hairiness meter at a distance of 2mm from the yarn axis. Again in this case the calculation brought to a similar model for both rotors. The linear coefficient of the rotor speeds and twists with negative signs appear significant.

The increased speed and twist reduce the hairiness. The hairiness of open end-yarns is generally lower than the corresponding ring yarns; for 46mm rotors even lower values with respect to $\varnothing 40\text{mm}$ rotors are observed.

d) Conclusions

The application of the Backward method to the regression, involves an appreciable reduction of the terms starting from a complete second order fitting polynomial, still ensuring a statistically satisfactory goodness of fit to the experimental points. The resulting models always show an empiric character, but are easily handled.

The contours result therefore simplified and their interpretation is more sticking to the facts.

and consequently to build a square matrix, symmetric with respect to the main diagonal, and of the $(n + 1)$ order:

$$\begin{array}{cccccc}
 a_{1,1} & \dots & a_{1,i} & \dots & a_{1,j} & \dots & a_{1,n} & a_{1,n+1} \\
 a_{2,1} & \dots & a_{2,i} & \dots & a_{2,j} & \dots & a_{2,n} & a_{2,n+1} \\
 \dots & & \dots & & \dots & & \dots & \dots \\
 a_{i,1} & \dots & a_{i,i} & \dots & a_{i,j} & \dots & a_{i,n} & a_{i,n+1} \\
 \dots & & \dots & & \dots & & \dots & \dots \\
 a_{j,1} & \dots & a_{j,i} & \dots & a_{j,j} & \dots & a_{j,n} & a_{j,n+1} \\
 \dots & & \dots & & \dots & & \dots & \dots \\
 a_{n,1} & a_{n,i} & a_{n,j} & a_{n,n} & & & & a_{n,n+1} \\
 \dots & & & & & & & \dots \\
 a_{n+1,1} & a_{n+1,i} & a_{n+1,j} & a_{n+1,n} & & & & a_{n+1,n+1}
 \end{array} \tag{5}$$

Once selected any a_{KK} element of the main diagonal (pivot), except the $a_{n+1,n+1}$ element, the transformations later on described are carried out.

On the a_{KK} element:

$$a'_{KK} = \frac{1}{a_{KK}} \tag{6}$$

In the row to which a_{KK} belongs:

$$a'_{Ki} = \frac{a_{Ki}}{a_{KK}} \tag{7}$$

In the column to which a_{KK} belongs:

$$a'_{iK} = - \frac{a_{iK}}{a_{KK}} \tag{8}$$

On all the remaining elements:

$$a'_{ij} = a_{ij} - \frac{a_{iK} a_{Kj}}{a_{KK}} \tag{9}$$

After the first transformation a matrix made up by the a'_{ij} elements is obtained which directly supplies the first coefficient of the polynomial b_k . This coefficient is the element $a'_{K,n+1}$, that is:

$$a'_{K,n+1} = b_K \tag{10}$$

The symmetric element $a'_{n+1,K}$ has a $-b_K$ value because of the sign imposed by (8).
If:

$$a'_{K,n+1} \cdot a'_{n+1,K} < 0 \tag{11}$$

The k_{th} term is introduced in the regression with coefficient b_K .

The $a_{n+1,n+1}$ term represents the sum of total squares $SST = \sum_1^m (y_t - \bar{y})^2$ while the variance removed from b_K coefficient (1 degree of freedom) is given by:

$$SSC_K = \frac{a_{K,n+1} a_{n+1,K}}{a_{KK}} \tag{12}$$

calculated on the elements before the above described transformation. The residual sum of squares SSR is obtained from:

$$SSR = SST - SSC_K \tag{13}$$

$m - 2$ degrees of freedom are associated to this residue, so the residual mean square, after the introduction of a term, becomes:

$$VR = SSR / m - 2 \tag{14}$$

The standard error of the b_K coefficient is as known:

$$s_K = \sqrt{VR a'_{KK}} \tag{15}$$

and the t value connected to this coefficient is:

$$t_K = b_K / \sqrt{VR \cdot a'_{KK}} \tag{16}$$

Repeating transformation (6), (7), (9) in the 'pivot' elements (i. e. the diagonal elements, except $a_{n+1,n+1}$) corresponding to the kk ($kk = 1, 1 \dots n, n$) positions in subsequent n steps, all the coefficients corresponding to the last element in each row of the matrix, are thus introduced, exactly the same way as the b_k coefficient had been previously introduced. At each step the matrix is transformed, and as concerns the automatic calculations, the presence of the coefficient is always indicated by the sign of eq. (11).

Prior to each transformation, calculation (12) is effected. Then the corresponding variance removed from the last coefficient introduced, is subtracted in value and sign from residue (13). Let be r the coefficients introduced after the r -th transformation, then the degrees of freedom of the residue in (14) will be $m - 1 - r$.

At each step, the values given by (15) and (16) for each of the r coefficient inserted up to that step, are calculated.

The constant or intercept of the polynomial at the r step is given by:

$$b_o = \bar{y} - \sum_1^m b_K \bar{z}_K \tag{17}$$

At the end of the process all the terms of the complete fitting polynomial are known. Setting a t threshold value, it is necessary, in the subsequent steps, to remove, one by one, all the coefficients which have a $t_K < t$ threshold value starting from the lowest t_K . The elimination process takes place on the matrix previously transformed repeating subsequent transformations equal to (6), (7), (8), (9). The elimination of the non meaningful coefficients with respect to the preset t threshold value is indicated by the fact that (11) acquires positive values. Here again, before effecting the transformation, (12) is calculated but the resulting value is negative still due to (11), so the sum of the squares relating to the coefficient is added to the last residue calculated by (13).

The calculation sequence for t_K value is like the one previously described. At this stage of the process, a polynomial containing term significantly different from zero is obtained, at the preset t threshold value. On the whole, the procedure adopted to introduce the coefficients into the regression is the same used to remove them; their presence is evidenced by the sign of (11).

In a calculation program it is important to dispose of a correlation coefficient matrix allowing a quick check of the degree of mutual orthogonality of the variables. Furthermore, it is important to check the size of terms a_{KK} in order to avoid the system degeneration, when an independent variable is approximately a linear combination of other variables.

Literature:

- 1) Barella, A., Vigo, J. P., Tura, J. M., Esperon, H. O.; J. T. I., N° 7/8, p. 253 - 260 (1976)
- 2) Barella, A., Vigo, J. P., Tura, J. M., Esperon, H. O.; J. T. I., N° 10, p. 325 - 333 (1976)
- 3) Barella, A., Vigo, J. P.; J. T. I., N° 9, p. 263 - 271 (1977)
- 4) Manich, A. M., Barella, A., Vigo, J. P.; J. T. I., N° 3, p. 121 - 140 (1981)
- 5) Buzzi Ferraris, G.: *Analisi ed identificazione dei modelli*; Edited by CLUP, Milano, 1975, Cap. 2°, p. 37 - 134.

- 6) Effroymsen, M. A.: Mathematical Methods for Digital Computers; Edited by A. Rolston and H. S. Wilf; J. Wiley and Sons – New York, London, 1962 – Part V, N° 17, p. 191 – 203.
- 7) Box, G. E. P., Hunter, J. S.; Ann. Math. Stat., N° 28, p. 195 – 241 (1957)
- 8) Hunter, J. S.; Industrial Quality Control, February 1959, p. 6 – 14
- 9) Brownlee, K. A.; Statistical Theory and Methodology in Science and Engineering; I. Wiley and Sons; New York, London, 2nd Edition, 1967; Chapter 2, p. 144 – 146.

KORROSIONSSCHUTZ W. HÖHNEL KG.



neu:

**Jetzt auch Pulverkunststoff-
beschichtungen
im Flammstutzverfahren**

A—4021 LINZ/DONAU, BISCHOFSTRASSE 5
Tel. 0732/72606 Serie, FS 02 1469
Postfach 202, Telegrammadresse: Höhnel KG.
Korrosionsschutzwerk: Linz, Zamenhofstr. 41

Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von modifizierten PAC-Faserstoffen

Prof. Dr. W. Berger, Technische Universität Dresden, DDR, Dipl.-Chem. E. Peter, Dr. rer. nat. Siegfried Hartig, Dr. rer. nat. Joachim Aurich, VEB Chemiefaserwerk „Friedrich Engels“, Premnitz, DDR

Ausgehend von internationalen Trendbetrachtungen, werden die grundsätzlichen Möglichkeiten der chemischen Modifizierung von Polyacrylnitrilfaserstoffen vorgestellt und die repräsentativen Eigenschaften dieser modifizierten Produkte gezeigt.

Die Erfahrungen der Chemiefaserindustrie der DDR auf diesem Gebiet sind vielfältig und wurden in letzter Zeit, besonders auf dem Gebiet der Herstellung schwerentflammbarer Acrylfasern, erweitert. Diese Problematik wurde zum einen durch die Koppelung einer Polymer- und Spinnlösungsmodifizierung gelöst, z. B. durch Copolymerisation mit Vinylidenchlorid, zum anderen ist durch Hydrazinolyse oder Umsatz mit Hydroxylamin an der Nitrilgruppe ein Metallchelatlaserstoff herstellbar, der ebenfalls Flammschutzeffekte zeigt und zur Herstellung kleintonnagiger Spezialprodukte geeignet ist. Diese Modifizierungsvarianten mit ihren technologischen Problemen werden diskutiert und die erhaltenen textilchemischen und -physikalischen Kennwerte genannt, ebenso die Einsatzmöglichkeiten dieser Produkte.

Starting from international trends the basics of the chemical modification of poly(acrylo-nitrile) synthetics are presented and the properties of modified products are considered.

The synthetic fibre industries of the GDR accumulated various experiences in this field. Recently, the activities have been extended to flame-retardant acrylics. This has been attained with both the modification of the polymer e. g. by copolymerization with vinylidene-chloride and by the reaction of hydrazine and hydroxylamine with the nitrilic group to get products, which are flame-retardant.

The various kinds of modifications and the related technologies are discussed. The textil-chemical and textil-physical properties of the products and the utilization of the modified synthetics are considered.

1. Einleitung

Die Weltproduktion von Polyacrylnitril (PAN)-Faserstoffen wird für 1985 mit ca. 2,4 Mio. t angegeben.¹ Ihr Produktionsanteil beträgt nach wie vor nahezu 20 % der Synthesefaserstoffe. Verstärkt hat sich der Trend, durch physikalische und chemische Methoden modifizierte Typen herzustellen, die den Einsatzbereich der Polyacrylnitrilfaserstoffe wesentlich erweitern. Es sei an dieser Stelle auf einige wesentliche Entwicklungstendenzen im Weltmaßstab hingewiesen.³

- Herstellung von Kohlenstofffasern durch gezielte Pyrolyse. Die Produkte werden je nach angewandter Produktionstechnologie als leitfähige Fasern zur permanenten Antistatikausrüstung, als Hochleistungsfasern für die Luft- und Raumfahrt sowie für schnell bewegte Teile im Maschinenbau, aber auch in der Sportgeräteindustrie als Armierungsmaterial und zur Substitution von Asbest eingesetzt. Ihr Produktionsvolumen hat schon den Kilotonnen-Maßstab in der Weltjahresproduktion erreicht, ist weiter im Steigen begriffen und damit ein typisches Beispiel der Hochveredelung von Massenpolymeren.

- Modifizierung der Polyacrylnitrilfasern zur Verminderung der Entflammbarkeit durch Copolymerisation mit halogen- und phosphorhaltigen Comonomeren sowie polymeranaloge Umsetzungen an der Nitrilgruppe. Darüber wird im weiteren noch zu berichten sein.
- Eigenschaftsveränderungen durch Modifizierung der Faserstruktur zur Hohl- oder Porösfaser mit ganz neuen Eigenschaften, wie hohem Wasserrückhaltevermögen, Transporterscheinungen u. a. m., oder aber mit ausgewählten Querschnittsformen, wie die japanische RX-21-Faser² zur Erzeugung naturfaserähnlicher Eigenschaften.

Damit sind nur beispielhaft Modifizierungsmethoden genannt, die sich in ihrer Zahl und den Produktanwendungsmöglichkeiten ständig vergrößern.

Die DDR kann auf dem Gebiet der Polyacrylnitril-Faserstoffforschung auf eine gute, mehr als dreißigjährige Tradition zurückblicken. Eine Vielzahl theoretischer und praxisorientierter Arbeiten führten zu eigenen Verfahren und Technologien. Zur Zeit werden in der DDR die Polyacrylnitril-Faserstoffkapazitäten erheblich erweitert, so daß nach Abschluß der gegenwärtig laufenden Vorhaben eine Prokopffproduktion von etwa 4 kg/a erreicht wird. Technologische Basis dieser Erweiterung ist die kontinuierliche Lösungspolymerisation in Dimethylformamid, gekoppelt mit bedienungsarmen Hochleistungsbandstrahlen mit Tagesleistungen von anfangs 40 t. Die qualitätsorientierte Gesamttechnologie nach eigenem Know-how ist hochautomatisiert und wird über ein modernes Informationsverarbeitungssystem gesteuert und überwacht. Die auf höchste Qualität und Typkonstanz orientierte Gesamtkonzeption, die auch das Anpassen relevanter Fasereigenschaften an bestimmte Verarbeitungsverfahren einschließt, ist die eine Seite unserer Strategie. Andererseits ist heute jeder große Polyacrylnitrilfaserproduzent, und das gilt insbesondere für die europäischen Länder, gezwungen, neben der Palette von Standardsortimenten auch modifizierte Polyacrylnitrilfasern bis hin zu kleintonnagigen Spezialfasern anzubieten. Gerade bei Polyacrylnitrilfasern sind die praktischen Möglichkeiten zur Modifizierung weitaus größer und leichter realisierbar als bei allen anderen Faserstoffen. Erwähnt seien nur die Vielzahl der einsetzbaren Comonomeren, Polymermischungen und Additive oder die zahlreichen physikalischen Modifizierungsvarianten, wie Art der Polymerisation, der Faden- oder Strukturbildung, aber auch die Möglichkeiten zur Durchführung polymeranaloger Umsetzungen am Polymeren oder am Faden.^{4,5}

2. Modifizierungsmöglichkeiten

Modifizierte Polyacrylnitrilfasern sind in ihrem Aufbau, ihren Strukturen und Eigenschaften veränderte oder abgewandelte Polyacrylnitrilfasern des Standardtypes. Sie sind in der Regel Spezialsortimente für bestimmte Einsatzgebiete oder Verarbeitungstechnologien, die für den Faserproduzenten in vielen Fällen zusätzliche technische und wirtschaftliche Aufwendungen bedeuten. Die Gründe und Zielgrößen für die Modifizierung von Polyacrylnitrilfasern sind, was natürlich auch für andere Fasertypen gilt, folgende:

- Beseitigung oder Verminderung vorhandener Mängel der Standardsortimente,
- Ausbildung neuer Eigenschaften, um die Fasern neuen Verarbeitungstechnologien anzupassen oder neue Einsatzgebiete zu erschließen,
- Verbesserung des Tragekomforts und der Repräsentationsgüte unter Berücksichtigung modischer Aspekte und schließlich auch
- volkswirtschaftliche Beweggründe (Schwerentflammbarkeit, Asbestsubstitution).

Die Abbildung 1 gibt einen allgemeinen Überblick über die praktischen Möglichkeiten der Polyacrylnitrilfasermodifizierung, wobei einige repräsentative Eigenschaften der Finalprodukte aufgeführt sind. Zur Abrundung sind hier auch extreme Modifizierungsvarianten genannt, z. B. thermooxidative Polyacrylnitrilfasern und daraus hergestellte

Kohlenstoffasern oder alkalisch verseifte Polyacrylnitrilfasern, bei denen allerdings die makromolekulare Struktur und chemische Zusammensetzung bereits erheblich gegenüber dem Basispolymeren oder der Basisfaser verändert ist. Im Folgenden sollen einige Beispiele aus Abbildung 1 näher vorgestellt werden, wobei in diesem Vortrag eine Konzentration im Hinblick auf schwerentflammbare Polyacrylnitrilfasern erfolgen soll.

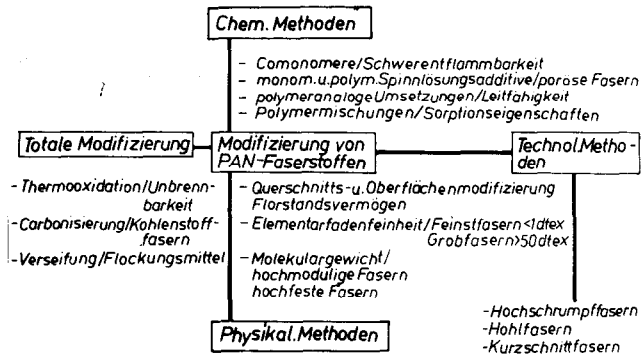


Abb. 1: Modifizierungsmöglichkeiten von Polyacrylnitrilfaserstoffen

3. Schwerentflammbare Polyacrylnitrilfasern

In Abbildung 2 sind prinzipielle Möglichkeiten zur Herstellung von schwerentflammbaren Polyacrylnitrilfaserstoffen aufgezeigt. Drei Hauptbearbeitungsrichtungen können hierbei diskutiert werden:

- Polymermodifizierung,
- Spinnlösungsmodifizierung und
- Flammfestausrüstung.

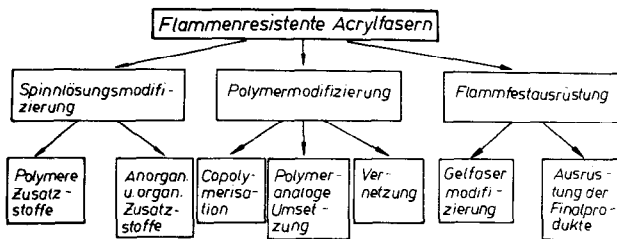


Abb. 2: Möglichkeiten zur Herstellung schwerentflammbarer Polyacrylnitrilfaserstoffe

Um vorteilhafte Faserstoffeigenschaften sowie hohe Flammschutzeffekte zu erreichen, ist eine Kopplung zwischen Polymer- und Spinnlösungsmodifizierung zweckmäßig.

Permanente Flammschutzeffekte werden mit Sicherheit am einfachsten durch den Einsatz von Copolymeren des Acrylnitrils mit halogenhaltigen Comonomeren erreicht. Aus praktischer Sicht kommen hierfür heute nur Vinylchlorid, Vinylidenchlorid, Vinylbromid sowie bromierte modifizierte Acrylester in Frage. Die praktische technische Anwendung ist abhängig von den gewählten verfahrenstechnischen Prämissen und spezifisch wirtschaftlichen Gegebenheiten.

Für die Spinnlösungsmodifizierung werden durch die anzustrebende notwendige Permanenz der gewünschten

Flammschutzeffekte Grenzen gesetzt. Die Löslichkeit der Modifizierungskomponenten in den Fäll-, Reck- und Waschbädern während der Faserherstellung ist zu beachten. Sie grenzt die Auswahl möglicher Modifizierungskomponenten ebenfalls ein.

Eine interessante Arbeitsrichtung stellt die Vernetzung der Polymeren dar. Während die Copolymerisation mit halogenhaltigen Monomeren zu Polymeren führt, die im Brandfall Pyrolysegase mit einer geringen Zündfähigkeit entwickeln, soll die Vernetzung das Entstehen zündfähiger Pyrolysegase bei thermischer Belastung weitestgehend einschränken. Für Polyacrylnitrilfasern muß jedoch angenommen werden, daß dieser Weg nur in Kombination mit anderen Maßnahmen, wie z. B. gleichzeitiger Anwendung von halogenmodifizierten Polymeren, praktische Bedeutung erlangen könnte.

Die Flammfestausrüstung beim Chemiefaserhersteller bzw. am Finalprodukt in der Textilindustrie ist für Polyacrylnitrilfasern bisher nicht gelöst. Zum Erreichen akzeptabler Flammschutzeffekte sind sehr hohe Auflagehöhen erforderlich. Eine ausreichende Fixierung, die für die Permanenz der Ausrüstung erforderlich ist, ist bisher nicht gelungen. Darüber hinaus werden wesentliche koloristische und mechanische Fasereigenschaften negativ beeinflusst.

Aus dieser kurzen Einschätzung der einzelnen Modifizierungsvarianten resultiert, daß gegenwärtig die Polymermodifizierung, gegebenenfalls gekoppelt mit einer Spinnlösungsmodifizierung, als vorteilhaftester Weg zur Darstellung von schwerentflammbaren Polyacrylnitril- bzw. Modacrylfasern anzusehen ist. Für die Entwicklung der Wolpryla-se-Faser wurde deshalb auch diese Modifizierungsvariante gewählt.

Gezielte Untersuchungen führten dabei zu dem Ergebnis, daß von den kommerziell verfügbaren halogenhaltigen Comonomeren Vinylidenchlorid (VDC) die günstigsten kinetischen Parameter für eine homogene Lösungspolymerisation in Dimethylformamid besitzt. Der ausreichend hohe Siedepunkt des Comonomeren erlaubt gleichzeitig die Durchführung der Polymerisation unter Normalbedingungen, d. h. die Anwendung eines drucklosen Polymerisationssystems.⁶

Die besonders hohe Löslichkeit des ACN-VDC-Copolymeren in Dimethylformamid ermöglicht nicht nur die Anwendung hoher Monomerkonzentrationen, sondern gleichzeitig den Zusatz von Nichtlösern zum Polymerisationssystem. Im Ergebnis dieser Untersuchungen wurde gefunden, daß im Lösungsmittelgemisch Dimethylformamid/H₂O unter den Bedingungen einer homogenen Lösungspolymerisation ACN/VDC-Copolymere mit hohem Molekulargewicht gebildet werden.

Gleichzeitig mit der angestrebten Erhöhung der Molekulargewichte wurden bei Anwendung von H₂O/DMF-Gemischen zur Lösungspolymerisation von ACN-VDC-Copolymeren die erforderlichen Systembedingungen geschaffen, die den Einsatz von konventionellen farbauffinen Comonomeren in ausreichender Konzentration ermöglichte. Dabei war zu berücksichtigen, daß im Vergleich zu üblichen Acrylnitrilcopolymeren für ACN/VDC-Copolymere wesentlich erhöhte Konzentrationen an farbauffinen Comonomeren erforderlich sind, um in etwa zu Polyacrylnitrilfasern vergleichbare Färbegeschwindigkeiten und strukturell befriedigende Modacrylfasern zu erhalten.

Zur Zeit werden zwei Grundtypen Wolpryla-se mit differenzierten Brennbarkeitseigenschaften produziert. Als Maßstab für das eingestellte Flammschutzverhalten wird auf den Sauerstoffgrenzindex nach Fenimore und Martin⁷ verwiesen. Die Abhängigkeit des Sauerstoffgrenzindexes vom Vinylidenchloridanteil im Copolymeren zeigt die Abbildung 3.

Aus unserer Sicht ist es nicht zweckmäßig, den Sauerstoffgrenzwert auf größer als 28 % durch Wahl eines über 40 % liegenden Vinylidenchloridanteils im Copolymeren zu steigern. Eine weitere Erhöhung des Vinylidenchloridanteils vergrößert die thermische Instabilität des Faserstoffs und

bedingt Korrosionsprobleme. Die Bildung von Salzsäure in Abhängigkeit von den thermischen Belastungsbedingungen zeigt die Tabelle 1.

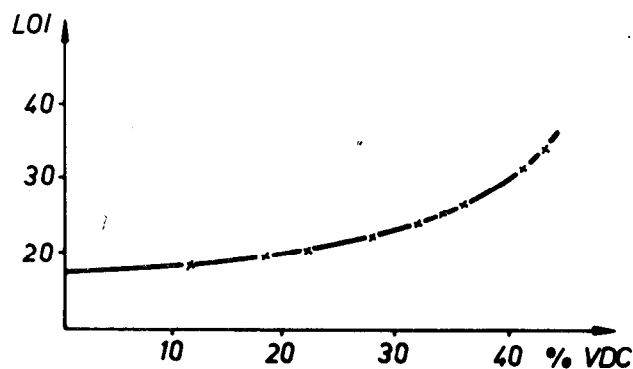


Abb. 3: Abhängigkeit des LOI-Wertes vom VDC-Gehalt

Tabelle 1: HCl-Abspaltung am Fasermaterial

| Probe | Zeit für d. Abspaltung von 0,1 mAq/g Faser in Minuten | Masseverlust 1 Prozent | Masseverlust 2 Prozent |
|---------------------------------|---|------------------------|------------------------|
| WOLPRYLA-se-Faser stabilisierte | 33 | 1,5 | 25 |
| WOLPRYLA-se-Faser | 95 | - | 25 |
| Vergleichsfaser 1 | 25 | 21 | 36 |
| Vergleichsfaser 2 | 18 | 32 | 30 |
| Vergleichsfaser 3 | 43 | 10 | 36 |

Masseverlust 1: nach 90 Minuten bei isothermer Belastung von 160°C

Masseverlust 2: Gesamtmasseverlust bei kontinuierlicher Temperatursteigerung auf 300°C, Aufheizgeschwindigkeit 2°C/Minute

Prüfgerät: Thermoanalyser 2

Prüfatmosfera: Luft

Es wird deutlich, daß bei der Entwicklung von ACN/VDC-Copolymerfaserstoffen die Korrosivität des Faserstoffs das praktisch realisierbare Brennbarkeitsniveau limitiert. Modacrylfasern mit Sauerstoffgrenzindexwerten größer als 28 % können jedoch unter Ausnutzung von synergistischen Effekten hergestellt werden. International hat sich dafür der Einsatz von Antimonverbindungen bewährt. Die erreichbaren Effekte in Abhängigkeit von der Antimontrioxidkonzentration bei Modacrylfasern mit ca. 30 % Vinylidenchloridanteil zeigt Abbildung 4. Aus unserer Sicht sind Einsatzkonzentrationen von 1 – 2 % Sb_2O_3 bzw. Sb_2O_5 akzeptabel.

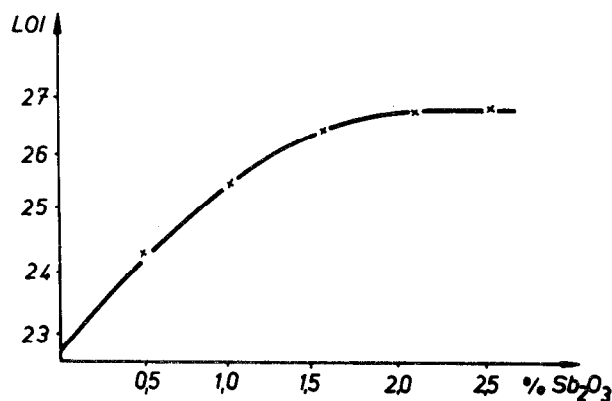


Abb. 4: Abhängigkeit d. LOI-Wertes vom Sb_2O_3 -Gehalt

Versuche mit kolloidalen Antimonverbindungen verliefen bisher unbefriedigend. Durch die Naßspinntechnologie werden ca. 50 % der eingesetzten kolloidalen Antimonverbindungen in der Faserbandstraße ausgewaschen.

Unter Anwendung vorstehend skizzierter Abhängigkeiten werden bei uns verschiedene Wolpryla-se-Spezialsortimente hergestellt. Die Erzeugnispalette reicht vom Wolltyp über verschiedene Grobtypen bis zum Synthesehaar mit einer Feinheit von 4,6 tex.

Alle Wolpryla-se-Sortimente werden weiß oder produktionsgefärbt ausgeliefert. Strukturell sind sie so eingestellt, daß ein Relustrieren nicht erforderlich ist. In ihren textilphysikalischen Kennwerten und im Färbeverhalten sind sie weitgehend mit den Wolpryle-65-Faserstoffen vergleichbar.

Für Spielwarenplüsch beispielsweise liegt der Sauerstoffgrenzindex bei 24 %, bei Heimtextilien und ähnlichen Einsatzgebieten bei 27 – 28 %.

Allen Modacrylfasern haftet jedoch als Mangel ihre geringe thermische Stabilität an. Bei Temperatureinwirkung wird Salzsäure abgespalten und die Thermoplastizität des Erzeugnisses erhöht. Letztere Eigenschaft führt dabei u. a. zu dem Ergebnis, daß der Einsatz von Wolpryla-se-Fasern, z. B. für Hitzeschutzkleidung, nur unter speziellen Bedingungen möglich ist. Für spezielle Gefährdungen, z. B. gegenüber Kohlenstaubexplosionen, garantieren Modacryl-Schutzanzüge keinen ausreichenden Schutz.

Im Zusammenhang mit dem Anwendungsgebiet für bestimmte Asbestergebnisse entstand darüber hinaus der Zwang, neue Wege zur Herstellung von schwerentflammbar und möglichst thermisch formstabilen Polyacrylnitrilfaserstoffen zu finden. In einer Experimentalstudie untersuchten wir deshalb das Eigenschaftsbild und die verfahrenstechnischen Bedingungen zur Herstellung von Chelatfaserstoffen.

4. Metallchelatifaserstoffe

Metallchelatifaserstoffe auf Basis von Polyacrylnitril sind in den zurückliegenden Jahren verschiedentlich für Ionenaustauschreaktionen empfohlen worden. Wir interessieren uns mehr für die erreichbaren Flammschutzeffekte, die notwendigen verfahrenstechnischen Prämissen und die erreichbaren textilphysikalischen Eigenschaften.

Allgemein ist bekannt, daß die Umsetzung von Polyacrylnitrilfasern mit beispielsweise Hydrazin, Hydroxylamin und vergleichbaren Verbindungen zu Strukturen mit komplexbildenden Eigenschaften führt. Durch weitere Umsetzung mit Metallsalzlösungen werden sowohl farblose als auch intensiv gefärbte polymere Metallchelat erhalten. Das technische Regime der bekannten Lösungen ist im wesentlichen durch eine diskontinuierliche Arbeitsweise gekennzeichnet. Angaben über eine kontinuierliche Modifizierung und Komplexierung sind relativ selten.

Unter dem Aspekt einer kontinuierlichen Versuchsausführung gehen wir vom Hydroxylamin aus. Im Vergleich zum Hydrazin wird dabei eine höhere Reaktivität der Nitrilgruppen beobachtet. Allgemein ist für die polymeranaloge Umsetzung zu beachten, daß sich mit steigendem Modifizierungsgrad wesentliche textilphysikalische Kennwerte der Fasern verschlechtern. Zur Sicherung einer ausreichenden Faserfestigkeit dürfen deshalb nur ca. 20 – 25 % der Nitrilgruppen mit Hydroxylamin umgesetzt werden.

Für eine kontinuierliche Hydroxylaminmodifizierung wählen wir Geschwindigkeiten zwischen 2 und 12 m/s und Verweilzeiten im Modifizierungsbad zwischen 100 und 500 Sekunden. Als Modifizierungsmittel wurde eine wäßrige Hydroxylaminlösung eingesetzt. Der unter kontinuierlichen Arbeitsbedingungen erreichte Umsetzungsgrad der Nitrilgruppen betrug 8 – 11 %. Nach einer Komplexierung mit $CuSO_4$ wird ein Sauerstoffgrenzindex von ca. 30 % er-

reicht. Die Untersuchungsergebnisse erlauben folgende Aussagen:

- Durch Umsetzung mit Hydroxylamin, Hydrazin bzw. ähnlichen Verbindungen sind bekanntermaßen komplexierungsfähige Strukturen auch unter kontinuierlichen Arbeitsbedingungen erreichbar. Die notwendigen Reaktionszeiten sind jedoch nicht paßfähig für die in Faserbandstraßen im allgemeinen vorliegenden Arbeitsschwindigkeiten.
- Von allen getesteten Metallen zeigt Kupfer den bisher größten Effekt in bezug auf eine Brennminde rung. Es werden LOI-Werte bis maximal 32 % beobachtet. Dieses Niveau ist allerdings technisch einfacher durch Anwendung von Modacrylfasern zu erreichen.
- Die textilphysikalischen Kennwerte der komplexierten Fasern liegen deutlich unter dem Niveau der eingesetzten Ausgangsfasern. Darüber hinaus sind die Chelatfasern nur in einem begrenzten pH-Wert-Bereich stabil. Chelatfaserstoffe sind mehr oder weniger gefärbt.
- Ein Arbeiten mit Schwermetallen erfordert eine aufwendige Rückgewinnung der Metallsalze aus den Bädern. Die dafür erforderlichen Kosten stehen in keinem vernünftigen Verhältnis zum erreichten Effekt.
- Aus toxikologischer Sicht ist ein Arbeiten mit Hydrazin oder Hydroxylamin in der Faserbandstraße abzulehnen. Vorstehende Aussagen lassen erkennen, daß polymeranaloge Umsetzungen mit Hydrazin oder Hydroxylamin nur unter diskontinuierlichen Arbeitsbedingungen vertretbar sind. Dabei können sowohl Fasern als auch Fertigerzeugnisse modifiziert werden. Für ausgewählte Einsatzfälle werden praktische Einsatzmöglichkeiten für Metallchelatifaserstoffe anerkannt.

Polymeranaloge Umsetzungen an konventionellen Polyacrylnitrilfaserstoffen, -garnen oder -flächengebilden betrachten wir als praktikable Lösung zur Herstellung kleintonnagiger Spezialsortimente. Diese Arbeitsrichtung ermöglicht beispielsweise die Herstellung von unbrennbaren, thermisch auch bei hohen Temperaturen formstabilen Faserstoffen. Dies gelingt durch Umsetzung von Polyacrylnitrilfasern mit Schwefelverbindungen in alkalischen Medien.⁸ Diese - allerdings schwarzen - Fasern lassen sich problemlos zu Garnen, Vliesen, Bändern usw. verarbeiten und sind ein brauchbares Substitut für ausgewählte Asbesteinsatzgebiete. Die Tabelle 2 zeigt den Vergleich einiger Fasereigenschaften mit den bisher auf dem Markt befindlichen thermostabilen Acrylfasern, die durch Thermooxidation hergestellt werden.

Tabelle 2: Vergleich einiger Eigenschaften der polymeranalog umgesetzten Versuchsfasern mit thermooxidierten Versuchsfasern

| | | Thermooxidier te Fasern | nach polymeranalog er Um setzung |
|---------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Festigkeit | mN/tex | 150-200 | 170-200 |
| E-Modul | mN/tex | 5000-7800 | 7500 |
| Dehnung | | 10-21 | > 20 |
| Dichte | g/cm ³ | 1,35-1,4 | 1,38-1,48 |
| LOI | % O ₂ | 50-55 | > 50 |
| Feinheitsbereich | tex | | 0,2-1,7 |
| Entkräuselung | % | | > 14 |
| Kräuselungsbe ständigkeit | % | | 50 |

Wir sind zur Zeit dabei, die Einsatzmöglichkeiten für diese interessante Entwicklungsrichtung abzustecken.

Aufmachungsformen und Einsatzgebiete der eingesetzten Polyacrylnitrilfaserstoffe:

Aufmachungsformen:

- Garne
- Schnüre
- Bänder
- Schläuche
- Gewebe
- Weichstoffpackungen
- Vliese

Einsatzgebiete:

- Isolation
- Hitzeschutzkleidung
- Dichtungsmaterialien
- Feuerlöschdecken
- Planen
- Heizkissen
- Wärmedecken
- Interliner
- flexible elektrische Erzeugnisse nach Metallisieren

Zusammenfassung

Ausgehend von internationalen Trendbetrachtungen werden die grundsätzlichen Möglichkeiten der chemischen Modifizierung von Polyacrylnitrilfaserstoffen vorgestellt und die repräsentativen Eigenschaften dieser modifizierten Produkte gezeigt.

Die Erfahrungen der Chemiefaserindustrie der DDR auf diesem Gebiet sind vielfältig und wurden in letzter Zeit besonders auf dem Gebiet der Herstellung schwerentflammbarer Acrylfasern erweitert. Diese Problematik wurde einmal durch eine Kopplung von Polymer- und Spinnlösungsmodifizierung gelöst, z. B. durch Copolymerisation mit Vinylidenchlorid, zum anderen ist durch Hydrazinolyse oder Umsatz mit Hydroxylamin an der Nitrilgruppe ein Metallchelatifaserstoff herstellbar, der ebenfalls Flamm schutzefekte zeigt und zur Herstellung kleintonnagiger Spezialprodukte geeignet ist. Diese Modifizierungsvarianten mit ihren technologischen Problemen werden diskutiert und die erhaltenen textilchemischen und -physikalischen Kennwerte genannt, ebenso die Einsatzmöglichkeiten dieser Produkte.

Literatur

- 1) Chemiefasern/Text.Ind. Vol 36/88, 3, 151 (1986)
- 2) Japan Textile News, Osaka 361, 73 (1984)
- 3) Berger, W., Flath, H. J.; Textiltechnik 30, 12, 744 - 749 (1980)
- 4) Dohrn, W., Hartig, S., Peter, E.; Lenzinger Ber. 39, 34 - 41 (1975)
- 5) Peter, E., Hartig, S., Sigmund, G.; Textiltechnik 27, 84 - 88 (1977)
- 6) Aurich, J., Sommer, E., Peter, E.; DD-PS-59936 v. 31. 10. 1966
- 7) Sauerstoffgrenzindex nach Fenimore und Martin; J. Modern Plastics 44, No 3, 141 (1966)
- 8) Seidel, E., Aurich, J., Ebeling, H., Berger, W.; DD 227 169; DD 227 168; WP D 06M/274 528 I

Diskussion

Herlinger: Ich glaube, irgendwelche Komponenten zum Flammenschutz zu verwenden, die zu korrosiven und toxischen Gasen führen, das ist von vornherein ein Irrweg. Das gleiche gilt, langfristige gesehen, auch von Antimonoxid in Pulverform. Sie wissen ja, daß es unter den Krebsverdächti-

gen Stoffen eingereicht wird, d. h., ich halte es nicht für richtig, die halogenhaltigen Komponenten als schwerentflammbare Materialien einzusetzen. Im Brandfall haben Sie in jedem Fall mit HCl, HBr und ähnlichem zu rechnen, und es verbrennen weniger Leute als an Gasen ersticken. Eine weitere wichtige Frage wäre bei den Vinylidenchloridcopolymeren die Entstehung von Acrylnitril und von Blausäure im Brandfall bzw. bei höherer thermischer Belastung.

Berger: Ihre erste Bemerkung ist generell eine richtige Aussage, auch wir teilen diesen Standpunkt. Wir sind aber mit dem Vinylidenchlorid bei 40 % in einem Zusammensetzungsbereich, der nicht zu einem Anwendungsverbot von diesen Copolymeren geführt hat. Bei dieser Reaktion tritt ja zunächst eine Vernetzung und damit eine Verminderung bzw. ein Unterbinden der Blausäurefreisetzung bei der Pyrolyse ein. Das ist ein Vorteil für dieses System mit Vinylidenchlorid.

Herlinger: Wir haben sehr viele Polyacrylpolymeren auf ihre Blausäureentwicklung untersucht und gefunden, daß es nur eine Möglichkeit gibt, die Blausäureentwicklung stark herabzudrücken, d. h. die Verwendung von Acrylsäure in Gegenwart von Zinksalzen. Auch bei Polyacrylnitril ist dabei die Blausäureentwicklung fast Null, während sie hingegen unter normalen Pyrolysebedingungen bei ca. 8 % liegt. Herr Meckel, Sie werden doch auch sagen, daß 8 % Blausäure aus einem textilen Faserstoff aus Sicherheitsgründen schon einen recht bedenklichen Wert darstellt.

Meckel: Herr Herlinger, wir wissen, daß die Prozentsätze

für die Blausäureentwicklung ganz stark von den Verbrennungsbedingungen abhängen, das heißt, sie sind von Brand zu Brand verschieden. Vinylidenchlorid und Vinylchlorid als Copolymere werden ja in sehr großen Mengen heute verwendet, und das, was Sie sagen, ist sicher sehr richtig. Wir sollen aber bei all diesen Dingen auch bedenken, daß, wenn man solche Empfehlungen für alle möglichen Einsatzgebiete macht, wir in den nächsten Jahren auch auf dem Textilgebiet stärker mit Fragen der Entsorgung unserer Produkte konfrontiert werden. Es kümmert sich mancher heute schon um andere Produkte (in kleineren Mengen), die auch nicht weniger harmlos sind. Auch daran müßte man langfristig denken.

Herr Berger, Sie haben im Anschluß an die Behandlung von Garnen und Geweben diese Schwefelverbindungen erwähnt. Ist es eine Methode, die sich auch für geringe Mengen in Geweben oder Garnen eignet?

Berger: Sie können diese Modifizierung sowohl an Geweben vornehmen, aber Sie können auf diese Art und Weise auch eine Flocke modifizieren, wobei sich diese Flocke dann textil verarbeiten läßt. Der einfachste Weg ist die Gewebemodifizierung.

Meckel: Haben Sie keine Probleme mit Restsubstanzen, Hautirritation, Geruchsbelästigung und ähnlichem?

Berger: Das Problem Geruch existiert. Durch den notwendigen und nachfolgenden Waschprozeß werden die Umsetzungsprodukte, wie z. B. das H_2S , entfernt. Es handelt sich dabei um erste Untersuchungsergebnisse, die der weiteren Bearbeitung, Prüfung und Bewährung bedürfen.

Gelgefärbtes PAC-Konverterband für die Baumwollspinnerei

Dr. G. Druzbaczky, G. Tólos, Magyar Visszasagyár, Nyergesújfalu
 Dr. F. Geleji, Országos, Műszaki Fejlesztési Bizottság, Budapest, Ungarn

Um die Wirtschaftlichkeit der Produktion zu erhöhen, war sowohl die Chemiefaser- als auch die Textilindustrie immer bestrebt, Verfahrensschritte zu vereinfachen oder zu umgehen. Eine dieser Möglichkeiten stellt der Einbau des Färbeprozesses in die Faserherstellung dar. Im Falle der PAC-Fasern kann dies durch Einfärbung der Spinnlösung oder durch die sogenannte Gelfärbung gelöst werden.

Bei der Gelfärbung wird die Tatsache ausgenutzt, daß die frisch gesponnenen Fasern das Fällbad in einem gequollenen, sogenannten Gelzustand verlassen. Da sie in diesem Zustand die Farbstoffe sehr rasch aufnehmen, kann die Färbung on-line, in der Spinnstraße, erfolgen.

Die auf diese Weise erhaltenen gefärbten Spinnkabel können nach der Trocknung und Nachbehandlung entweder zur Stapelfaser geschneitten, aber auch durch Reißkonvertoren zum Spinnband weiterverarbeitet werden.

Die Anwendung eines PAC-Konverterbandes in der Baumwollindustrie ist zur Zeit mengenmäßig noch von geringer Bedeutung. Bei der Herstellung von 100 % PAC-Garnen für den Trikotage- oder Websektor ist aber die Einsparung der Arbeitsgänge Öffnen und Kardieren interessant. Man kann das Konverterband nach dem Strecken wie üblich verarbeiten.

Da der Öffner und die Karde auf diesem Wege umgangen werden, ergibt sich die Möglichkeit, nicht nur rohweißes, sondern auch gefärbtes Material zu verarbeiten, ohne diese Maschinen zu verschmutzen.

Durch die Kombination der Gelfärbung und die Konvertierung von PAC-Fasern kann die Chemiefaserindustrie der Baumwollspinnerei eine neue, wirtschaftliche und flexible Verfahrensweise ermöglichen.

In order to enhance the economy of man-made fibers and textiles there were always efforts to unite or eliminate processing steps of the production. One of the possibilities is the integration of the dyeing process into the spinning process. Acrylic fibers can be dyed either in the spinning dope or by the so-called gel-dyeing.

At gel-dyeing the as-spun fibers leave the coagulating bath in a swollen, e. g. gel-state. In this state the fibers take up dyestuffs very rapidly, so that the dyeing can be on line with the fibre spinning.

The dyed tows produced in this way need the usual drying and finishing steps and may be cut to staple or converted into tops afterwards.

The application of PAC tops in the cotton spinning is still of moderate importance. In the production of 100 % PAC yarns for knitting or weaving, however, the elimination of opening and carding is of interest. The acrylic top can directly be processed by stretching and the subsequent usual operations. The elimination of the opening and carding machines can be utilized by processing not only natural white but even coloured tow without contamination of these machines.

By the combination of gel-dyeing and tow-to-top conversion of acrylic fibers the man-made fibers industry may provide an economic and flexible new way of manufacturing yarns for cotton spinning.

Um die Wirtschaftlichkeit der Produktion erhöhen zu können, waren wir bestrebt, die Verfahrensschritte sowohl in der Chemiefaser- als auch in der Textilindustrie zu vereinfachen bzw. zu umgehen. Die Abbildung 1 gibt einen Überblick aller Verfahrensschritte jenes langen Prozesses, in dem, von Polyakrylnitrillösungen ausgehend, die gefärbten Fertigwaren der Baumwollindustrie hergestellt werden können.

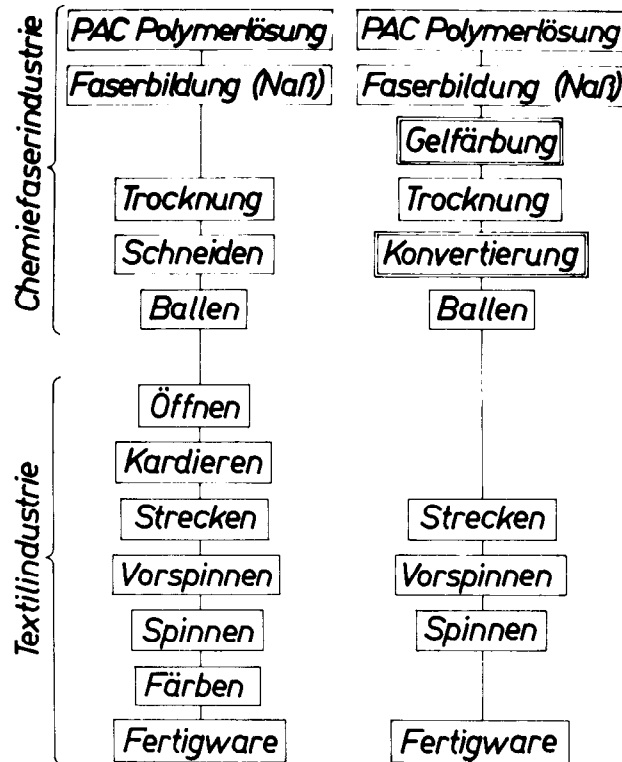


Abb. 1: Verfahrensschritte

Die linke Kolonne der Abbildung zeigt den Prozeß, der als traditionell bezeichnet und im Falle der Akrylfaserproduktion rationalisiert bzw. verkürzt werden kann. Durch die Umsetzung der Färbung von der Textilindustrie in die Chemiefaserproduktion, durch Umgehung des Öffnens und des Kardierens durch eine Reißkonvertierung können sowohl technische als auch wirtschaftliche Vorteile erreicht werden.

In diesem Vortrag wird über Überlegungen und Versuche berichtet, die mit der Absicht ausgeführt wurden, diese Vorteile auch der Baumwollindustrie zugänglich zu machen.

Als erstes stellte sich die Frage, welches Färbeverfahren in den Spinnprozeß eingebaut werden soll:

- Die Massenfärbung mit Pigmenten hat sich in unserem Falle wegen der Kostenprobleme und der Spinn Schwierigkeiten als ungeeignet erwiesen.
- Die Massenfärbung mit kationischen Farbstoffen war nur bedingt einzusetzen, da die meisten Farbstoffe eine zu starke Verfärbung der Fäll- und Waschbäder verursachten.
- Die Wahl fiel auf die Gelfärbung, wo die Vorteile und die zu lösenden Schwierigkeiten das beste Verhältnis ergaben.

In Abbildung 2 zeigen wir ein Schema der Herstellung von PAC-Fasern mittels Lösungspolymerisations- und Naßspinnverfahrens.

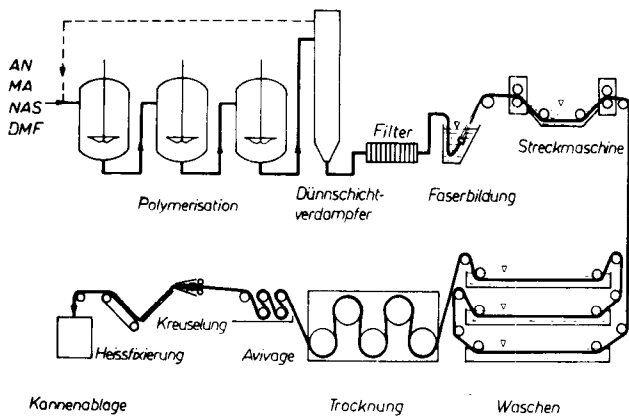


Abb. 2: Schema der PAC-Faserherstellung

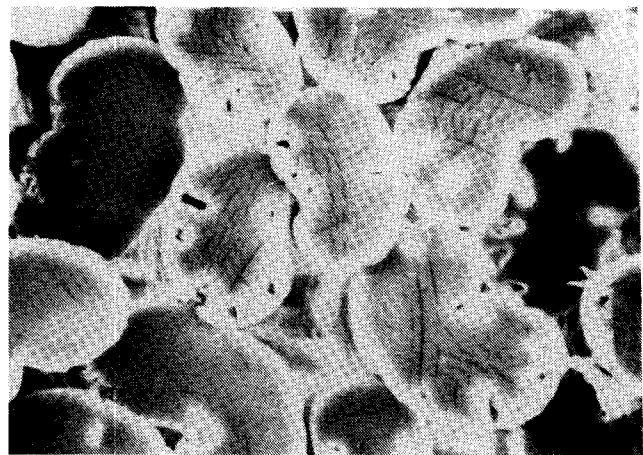


Abb. 5: PA-Fasern: heißfixiert

Die Struktur der Fasern ändert sich während des Prozesses wesentlich: Die nassen, frischgesponnenen und verstreckten Fasern weisen eine feinporöse Struktur auf; nach der Heißtrocknung sind aber die Fasern schon kompakter (Abb. 3 – 5).



Abb. 3: PAC-Fasern: frisch gesponnen

In dem nassen sogenannten *Gelzustand* können die Fasern die Farbstoffe viel schneller aufnehmen als nach der Trocknung. Diese Erscheinung ermöglicht es überhaupt, die Färbung innerhalb der Faserspinnstraße durchzuführen, da bei den üblichen Spinnengeschwindigkeiten von etwa 60 m/min und vernünftigen Färbeladungen von etwa 10 m für die Farbstoffaufnahme nur Sekunden zur Verfügung stehen.

Die rapide Farbstoffaufnahme bringt ein spezielles Problem mit sich. Bei den konventionellen, diskontinuierlichen Färbeverfahren ist die Geschwindigkeit der Reaktion der einzelnen Farbstoffkomponenten der Flotte von untergeordneter Bedeutung. Wegen der extrem kurzen Verweilzeit in der Gelfärbung sind aber die Aufziehgeschwindigkeiten der Farbstoffe äußerst wichtig. Flotten mit mehreren Farbstoffkomponenten müssen so zusammengestellt werden, daß die Einzelkomponenten praktisch gleich schnell aufziehen, sonst wird die Flotte Ausfärbungen liefern, die sich mit der Zeit verändern. In Zusammenarbeit mit namhaften Farbstoffproduzenten wurden Methoden entwickelt, nach denen die Farbstoffe klassifiziert und für die praktischen Rezepturen Farbstoffe der gleichen Klasse eingesetzt werden.

Die Gelfärbung wird apparativ nach dem Waschvorgang in die Spinnstraße eingebaut. Das Schaltschema zeigt die Abbildung 6.

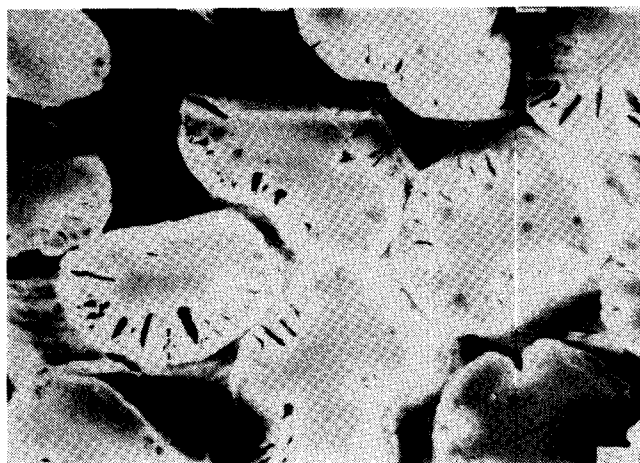


Abb. 4: PAC-Fasern: verstreckt

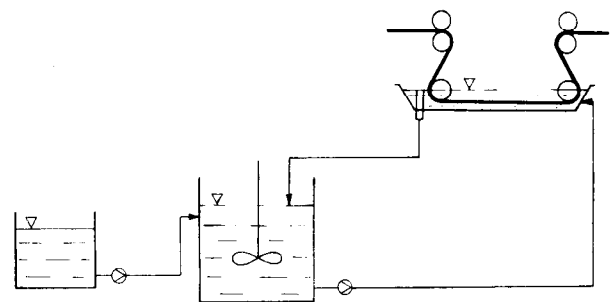


Abb. 6: Gelfärbung

Das Spinnbad soll im Kreislauf gehalten und das Farbstoffkonzentration genau zudosiert werden. Bei richtiger Rezeptur stellt sich in kurzer Zeit ein stationärer Zustand ein, man erhält eine beständige Färbeladkonzentration und ein gleichmäßig konstant gefärbtes Kabel.

Durch Integration der Färbung in die Spinnstraße ergeben sich folgende Vorteile:

- gleichmäßige Farben in großen Partien,
- eine Faser- und Kabelqualität, die der des ungefärbten Kabels entspricht (d. h. keine Beschädigungen durch wiederholte Hitze und mechanische Einwirkungen der üblichen Färbeprozesse und dadurch eine sehr gute Eignung zur weiteren Verarbeitung auf Reißkonvertern),
- umweltfreundliche Technologie durch einen extrem niedrigeren Farbstoffverlust und ohne Hilfschemikalien.

Das erhaltene gefärbte Spinnkabel kann entweder zu Stapelfasern geschnitten oder auf Reißkonvertern zum Spinnbad weiterverarbeitet werden.

Bei unseren Versuchen haben wir aus dem Kabel auf zwei Wegen Garne hergestellt und sodann den Aufwand und die Garneigenschaften verglichen.

Das Schneiden und die Herstellung der Ballen wurde im Chemiefaserbetrieb mit üblichen Maschinen durchgeführt. Den Spinnplan für das Garn aus der Stapelfaser zeigt die Tabelle 1:

Tabelle 1: Spinnplan für PAC-Garn aus Stapelfasern

| Ausgangsmaterial: 100 % PAC, 1,7 dtex, 40 mm Stapelfaser | | | | | | |
|--|-------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------------|
| Maschine | Feinheit ein ktex | Anzahl Vorlagebänder Doublierung | Streckverhältnis 1:... | Feinheit aus ktex | Geschwindigkeit m/min | Tourenzahl min ⁻¹ |
| Öffner | | | | | | |
| Karde | | | | 4,7 | 80 | |
| Strecke I. | 4,7 | 6 | 6,3 | 4,5 | 235 | |
| Strecke II. | 4,5 | 6 | 6,3 | 4,3 | 215 | |
| Flyer | 4,3 | 1 | 8,6 | 0,5 | 25,4 | 30 |
| Ring-spinnen | 0,5 | 1 | 25,0 | 20tex | 16,0 | 600 |

Man sieht, daß traditionelle Arbeitsgänge angewendet wurden, wobei der Öffner und die Karde nach der Verarbeitung von gefärbtem Material sehr sorgfältig und daher aufwendig zu reinigen sind. Wenn nachher wieder zur rohweißen Fasern zurückgegangen wird, besteht trotzdem die Gefahr, daß versteckte färbige Faserreste sich ablösen und große Mengen der Ware verschmutzen.

Es ist auch bemerkenswert, daß für eine entsprechende Garnungleichmäßigkeit zwei Streckpassagen notwendig sind.

Der andere Weg der Verarbeitung des gefärbten PAC-Kabels führte durch Reißkonvertieren erstmals bis zum Spinnbad.

Arbeitsgänge beim Kurzreißern von PAC-Kabeln:

- Langstapelreißen - Seydel Type 671
- Kurzstapelreißen - Duranit R 5
- Dampfbehandlung - Autoklav (Lagarde)
- Strecken - Duranit R 6
- Bumps-Bildung
- Ballen

Eine wichtige Eigenschaft des kurzgerissenen Bandes stellt die Verteilung der Stapellänge dar. Das Ergebnis unserer Analysen zeigt die Abbildung 7.

Durch den Kurzreißvorgang ergibt sich eine enge Längenverteilung, die sich auf die Verarbeitbarkeit wesentlich auswirkt.

Will man den HB-Effekt bei diesen Garnen ausnützen, so muß beachtet werden, daß die fixierten und die schrumpfenden Komponenten beim Spinnen die gleiche Faserlänge aufweisen müssen. Die zu fixierende Faser muß daher mit etwa 20 - 25 % länger gerissen werden, um nach der Dampfbehandlung mit der schrumpfenden, unbehandelten Faser ohne Probleme verarbeitet werden zu können.

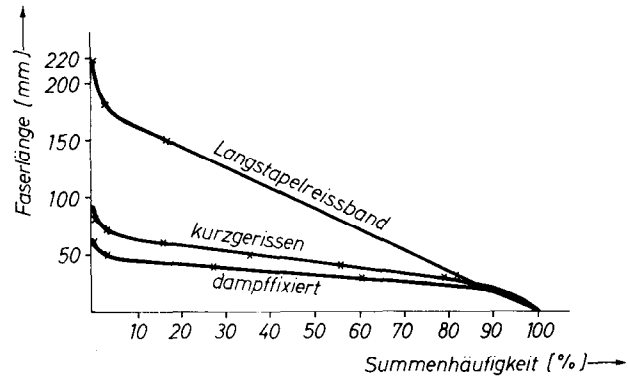


Abb. 7: Stapeldiagramm von Reißbändern

Bei einer Einstellung der nominellen Stapellänge von 40 mm werden die längsten Fasern 60 mm nicht überschritten. Der Anteil von Fasern, kürzer als 20 mm, liegt unter 10 %.

Die Tabelle 2 zeigt den Spinnplan für das Garn aus einem Kurzreißband.

Tabelle 2: Spinnplan für PAC-Garn aus Kurzreißband

| Ausgangsmaterial: 100 % PAC, 1,7 dtex, Kurzreißband | | | | | | |
|---|-------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------------|
| Maschine | Feinheit ein ktex | Anzahl Vorlagebänder Doublierung | Streckverhältnis 1:... | Feinheit aus ktex | Geschwindigkeit m/min | Tourenzahl min ⁻¹ |
| Strecke | 4,1 | 6 | 6,2 | 4 | 235 | |
| Flyer | 4 | 1 | 10 | 0,4 | 30 | |
| Ring-spinnen | 0,4 | 1 | 20 | 20tex | 16 | 600 |

Durch die sehr gute Gleichmäßigkeit des Bandes reicht eine Streckpassage aus, und man kann gleich an die Flyer weiterfahren. Natürlich besteht hier die Möglichkeit, beim Strecken Fasern mit anderer Farbe oder aus anderem Material beizumischen und dadurch modifizierte Garne herzustellen.

In der Tabelle 3 sind die Eigenschaften jener Garne aufgeführt, die aus einem gefärbten PAC-Kabel nach unterschiedlichen Verfahren produziert wurden.

Tabelle 3: Garneigenschaften

| Eigenschaft | 100 % PAC, 1,7 dtex, gelgefärbt | |
|----------------------------|---------------------------------|--------------|
| | Stapelfaser | Kurzreißband |
| Feinheit (tex) | 20,8 | 19,27 |
| Reißkraft (N) | 3,2 | 3,3 |
| Reißfestigkeit (cN/tex) | 15,4 | 17,1 |
| Reißdehnung (%) | 32,1 | 32,9 |
| Drehung (m ⁻¹) | 850,1 | 797,1 |
| Uster (%) | 12,0 | 11,3 |
| Dünnstellen pro 1000 m | 35 | 15 |
| Dickstellen pro 1000 m | 42 | 15 |
| Nissen pro 1000 m | 30 | 6 |

Aus den Angaben ergibt sich, daß die Eigenschaften im wesentlichen ähnlich sind, wobei im Falle des Kurzreißbandes deutlich weniger Fehlerstellen sind.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Herstellung und Anwendung von einem gelgefärbten Konverterband folgende Vorteile bringt:

- gleichmäßige Farben in großen Partien,
- umweltfreundliche Färbetechnologie,
- Umgehung der Öffner und der Karde, was ein bequemes Spinnen von gefärbten Garnen ermöglicht,
- Variationsmöglichkeiten in der Garnherstellung: HB, Effekt oder Farbmischungen.

Diskussion

Schmidt (Faserwerke Lingen): Sie haben einerseits auf die ökologischen Vorteile hingewiesen, die sich durch die Verlagerung der Färbung zum Faserproduzenten ergeben. Sie haben erwähnt, daß sich durch die Einsparung von Verarbeitungsschritten in der Textilindustrie Vorteile ergeben. Sie haben aber auch angedeutet, daß ein erheblicher Reinigungsaufwand auf der Seite der Produzenten beim Übergang von Farbe zu Farbe zu finden ist. Sie haben ein Stichwort gegeben: Einheitlichkeit bei großen Farbpartien. Dazu die Frage: Wo sehen Sie das Optimum einer Spinnpartie, bei großen Farbpartien aus der Sicht des Faserproduzenten und aus der Sicht der Textilindustrie?

Druzbaczky: Ich will nur nicht, daß ich mißverstanden werde. Die Reinigungsprobleme, die ich ansprach, bezogen sich auf solche, die in der Spinnerei an der Karde beim Öff-

ner auftreten, wenn gefärbte Stapelfasern verarbeitet werden. Reinigungsarbeiten in der Chemiefaserindustrie bei Farbwechsel sind natürlich notwendig, aber durch die Gestaltung der Anlage in den Griff zu bekommen. Man kann dabei bis unter eine Tonne Losgröße pro Farbe heruntergehen. Da ist man nicht so elastisch wie bei kleinen Partien in der Textilindustrie, aber ich glaube doch elastisch genug, um einen bestimmten Marktanteil mit solchen Produkten beliefern zu können.

Die optimale Losgröße beim Spinner wird davon abhängen, welches Produkt eingestellt wird. Aus unseren Erfahrungen ist die Größenordnung von einer Tonne eine akzeptable Größe. Es gibt aber auch größere Partien, wo die Kunden mehr als zehn Tonnen pro Farbe bestellen. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist ja, daß auch diese Mengen kontinuierlich gefärbt und in der gleichen Farbe produziert werden können, das heißt, daß keine Differenzen zwischen einzelnen Chargen auftreten.

Edelhauser (Firma Seidl): Ich freue mich, daß Sie dieses aktuelle Thema aufgegriffen haben. Es wird ja im Moment in vielen Ländern diskutiert, und wir machen selbst auch Versuche, die zwar noch nicht abgeschlossen sind, aber bereits die ersten Ergebnisse an Rotorgarnen zeigen. Mich würde jetzt interessieren, wie die Reaktion der Textilindustrie in Ungarn ist.

Druzbaczky: Bei uns gibt es Firmen, die mit der Einführung dieses Produktes angefangen haben. Ehrlich gesagt sind wir aber noch am Anfang.

Chlorofibre – Progress and Future in Solvent Spinning of an Amorphous Polymer

J. M e n a u l t, Rhovyl Co., Tronville-en Barrois, Frankreich

Chlorofibres hold a low cristallinity conjugated with a high dipole moment and a chemical composition with a low hydrogen content. The basic properties induce some important specific advantages in the thermal comfort end-uses, flame retardancy and chemical resistance.

This weak cristallinity associated with a low softening temperature brings certain limits in term of processability and wash and wear.

At the time being, chlorofibres received important improvements in order to reduce processability limits, and pave the way to future progress.

The fibre orientation has been increased strongly and is likely to increase more by new ways of solution.

The disadvantages of low cristallinity level can be overcome with the production of a matrix-fibril fibre.

The microscopic morphology of the fibre surface can be easily modified through the spinning process in order to meet new requirements of end-uses.

Certain chemical functions can be created on the fibre surface in order to give new specific properties that can extend end-uses such as thermal comfort, dimensional stability, flame-retardancy at high thermic flux based on „the char yield rules“.

Polychloridfasern weisen eine sehr geringe Kristallinität und ein sehr hohes Dipolmoment auf. Sie enthalten außerdem besonders wenig Wasserstoff.

Diese Grundeigenschaften bieten bestimmte Vorteile, wie z. B. auf den Gebieten des thermischen Komforts, der Schwerentflammbarkeit und der Chemikalienbeständigkeit.

Die schwache Kristallinität und der niedrige Erweichungspunkt verursachen jedoch gewisse Einschränkungen in der Verarbeitung und im Gebrauch. Jedoch sind die Polychloridfasern dauernd verbessert worden und besitzen heute noch beachtliche Zukunftsmöglichkeiten. Durch eine neuartige Lösetechnik konnte die Molekularanordnung in der Faser erheblich verbessert werden.

Die mikroskopische Beschaffenheit der Faseroberfläche kann durch das Spinnverfahren so eingestellt werden, daß verschiedene Anwendungsmöglichkeiten gegeben und beachtliche spezifische Eigenschaften erzielt werden.

So ist es möglich, die Oberfläche mit Chemikalien zu benetzen. Man kann also eine Erweiterung der Anwendung erwarten, besonders auf den Gebieten: Komfort, thermische Beständigkeit und Schwerbrennbarkeit (im Falle einer hohen und wechselnden Wärmebelastung).

Chlorofibre, is the descriptive name that is used to identify a family of fibres in which vinyl chloride or vinylidene chloride account at least 50 % by weight of the fibre composition.

Meanwhile in U. S. A. the descriptive name is Vinyon and the vinyl chlorid account at least 85 % by weight of the fibre composition.

Our purpose intends to describe the present situation of these fibres and to underline the possible progress when they are processed from an homopolymer of vinyl chloride.

The basic chemicals involved with these polymers are ethylene and chlorine. Ethylene is at first chlorinated into 1 – 2 dichlorethane and this compound gives, after pyrolysis, vinyl chloride.

It can be converted to vinyl chloride polymer through a vinyl polymerisation, either in bulk, suspension, emulsion or solution process. Generally speaking the bulk-process is preferred.

The resulting polymer is a very common one and the world production is about 8.000.000 metric tons a year.

It is interesting to note that the polymer is directly fibre-forming and certain processes can use a standard polymer. This fact, conjugated with the low energy content required for the production makes it a cheap polymer (Tab. 1).

Table 1: Comparison of energy content of polymers

| | Energy content G. joule per metric ton |
|---------------------|---|
| PVC Polymer | 69 |
| Polypropylene | 85 |
| Polyacrylonitrile | 102 |
| Polyamid 66 | 125 |
| Polyester (ex. TPA) | 154 |

The homopolymer of vinyl chloride has a number of basic and specific properties interesting for the end-users of the fibre. Table 2 sums up these properties, which we consider as essential in terms of fibre performance.

Table 2: Polymer properties of PVC

| POLYMER PROPERTIES | FIBRE CHARACTERISTICS |
|-------------------------|---|
| 1. Low cristallinity | 1.1. Thermal conductivity 1.2. Diffusibility of heat 1.3. Acoustic properties 1.4. Shrinkability |
| 2. Chemical composition | 2.1. Low flammability 2.2. Chemical resistance |
| 3. High dipole moment | 3.1. Dielectric properties 3.2. Triboelectric properties |
| 4. Low water regain | 4.1. Properties 1 and 3 non affected by moisture. |

These properties and characteristics induces the end uses as shown in table 3.

Table 3: Outstanding end-uses of chlorofibre

| COMFORT | FLAME-RETARDANCY | PROCESSABILITY |
|---|---|---|
| Thermal comfort Sensorial comfort Flame-retardancy | No ignitability No flame spread Ablatives properties Acoustic properties | Thermomolding H. F. welding Shrinkage level |
| Next-to-skin clothes – Underwear – Nightwear – Sportwear | Furnishing: Wallcovering Upholstery Bedding Drape curtain | Nonwoven (in general) Nonwoven (in automotive) |
| Protective wear | Stage drape | |

Usually, polymerised at 40° C – 60° C, PVC is hardly crystalline. It is atactic with about 49 % atactic triads, 34 %

syndiotactic triads, and 17 % isotactic triads, and its maximum crystallinity is roughly 10 %.

This low crystallinity content is conjugated with a glass transition temperature of 85° C. Therefore, properties of PVC are quite different from other semi-crystalline fibre-forming polymers, such as polyamids or polyester.

Various attempts have been made in order to increase both crystallinity and glass transition temperature, either through an anionic polymerisation process at low temperature producing stereospecific polymers or through a copolymerisation with comonomers such as acrylonitrile, vinylidene chloride, etc... The increase of so-produced crystallinity induces strong secondary alterations of properties, either in down-stream process or in product performances and in every case in economics of production.

Thermal properties such as thermal conductivity, specific heat, diffusibility of heat, thermal relaxation time of amorphous or low crystalline polymers are principally different in terms of level and variations with process parameters are smaller than with semi-crystalline polymers such as polypropylene, ... etc.

The thermal conductivity of amorphous polymers, such as PVC, is both low and relatively independent of orientation. Figure 1 shows a comparison of the conductivity of PVC, polyethylene and polypropylene versus the draw ratio.

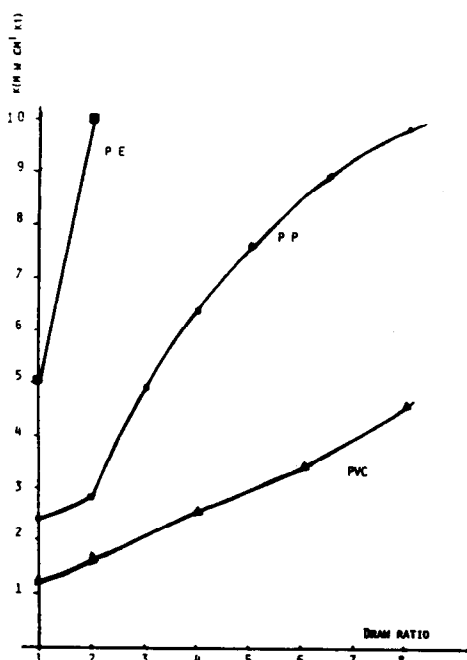


Fig. 1: Thermal conductivity versus of the draw ratio

In the same way the specific heat of PVC is about two times lower than of other fibre-forming polymers (Tab. 4).

Table 4: Specific heat of PVC

| POLYMER | SPECIFIC HEAT |
|---------|---------------------|
| .PVC | cal/gr°C 0.2-0.3 |
| .PP | 0.5-0.6 |
| .PA 6 | 0.6 |

Therefore the related diffusibility of heat of PVC shows a low level and the thermal relaxation time is high. These two properties, which are the reason for the feeling of warmth when touching a chlorofibre fabric, are important in terms of comfort (Tab. 5).

Table 5: Diffusibility of heat of PVC

| POLYMER | DIFFUSIBILITY OF HEAT |
|---------|------------------------------------|
| | cm ² /s 10 ³ |
| .PVC | 370 |
| .PE | 700 |
| .PP | 580 |

1. New Chlorofibre for Comfort

The polymer outlines basic characteristics of the fibre and the polymer processing has to optimize these properties and reduces partly or cancels disadvantages which could be a counterpart. Processing PVC into fibres causes some problems. As the melting point is close to the decomposition temperature; melt spinning is unlikely to work. PVC must be converted into fibres via a solution either using a wet process or a dry process. The choice of solvent and spinning process is important; as a matter of fact this choice is essential in terms of potential fibre properties.

The use of a dry spinning process with a very low boiling point solvent is the best way to maximize polymer properties.

Polymer beads or particles hold a complex structure as shown in figure 2.

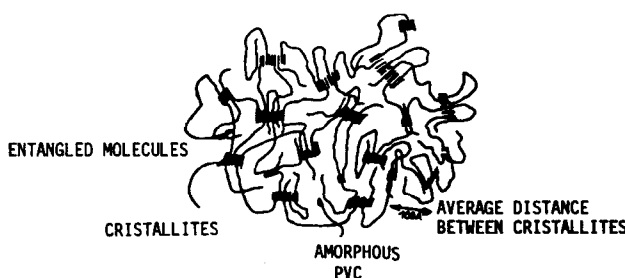


Fig. 2: PVC-beads

Generally speaking, the solvent disperses amorphous parts and keeps crystalline zones intact. Therefore, concentrated solutions present a high non-Newtonian viscosity and the resulting fibre shows a structure similar to the initial polymer beads giving a low orientation potential as shown with optical and scanning electronic microscopy (Fig. 3).

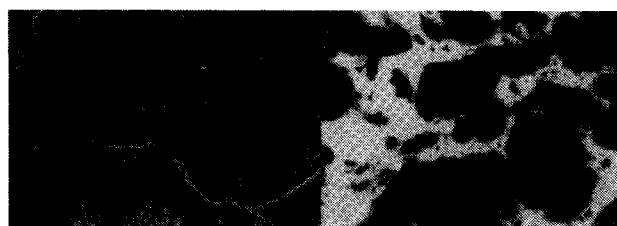


Fig. 3: a) Optical microscopy x 400 of standard PVC-fibre
b) Electronic microscopy x 15000 of standard PVC-fibre

Therefore, fine deniers are unlikely to be produced and mechanical properties are rather poor, but the thermal

characteristics, such as thermal resistance and thermal comfort have a strong appeal, especially with next-to-skin apparel end-uses in mind.

One up dated fibre with the code-name L9 originates in the production of a new type of solution, whereby the microcrystalline part of the polymer beads is completely destroyed and dispersed. Therefore, rheological or flow properties of this solution are genuinely new. For example, the viscosity is lower of two orders of magnitude. Consequently, the fibre structure is new and the size of the particles of the polymer identified with a scanning electronic microscopy is finer and closer to molecules size (Fig. 4).

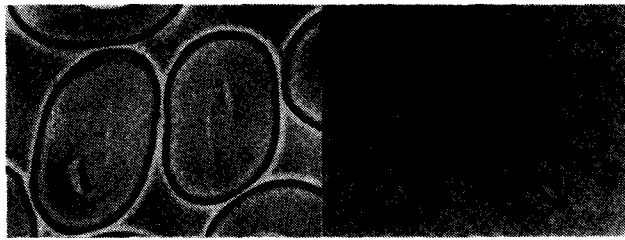


Fig. 4: a) Optical microscopy x 400 of L9-PVC fibre
b) Electronic microscopy x 15000 of L9-PVC fibre

Consequently a greater orientation can be realized and finer deniers are possible. Therefore mechanical properties are also improved as shown in table 6.

Table 6: Mechanical and textile properties

| | L9 | Standard PVC-fibre | Gain (%) |
|-----------------------------------|------|--------------------|----------|
| Modulus CN/tex | 105 | 85 | 24 |
| Resistance at break CN/tex | 22 | 16 | 38 |
| Elongation at break % | 85 | 105 | - |
| Shrinkage at 98° C (water) % | 0 | 0 | 0 |
| Flex abrasion resistance (cycles) | 2600 | 1600 | 62 |
| Knot resistance at break CN/tex | 2,1 | 1,5 | 40 |
| Knot elongation at break % | 89 | 98 | - |

These fibres can be processed with various spinning systems in pure or in blends with others synthetic or natural fibres. Metric counts as fine as 60 (English cotton count 35) can be produced on cotton or worsted systems.

Mechanical properties of spun yarn are given in table 7.

Table 7: Mechanical and textile properties

| | | |
|-------------------------------|------|----|
| . Metric count | 50 | 60 |
| . English count | 29 | 35 |
| . Resistance at break CN/Text | 11,5 | 10 |
| . Elongation at break (%) | 42 | 35 |
| . U (%) | 11,5 | 13 |

In order to boost values of properties involved in comfort; these fibres are tailored with a special shape illustrated in figure 5 a and compared with figure 5 b of melt-spun fibres.

Consequently the specific surface of L9 can reach 2500 m²/kg or more and match natural fibres such as wool and silk.

Such a surface increases the contact with air and the thickness of air boundary layers involved in heat exchanges by convection. This point is important, because the thermal resistance of air is impaired by convection.

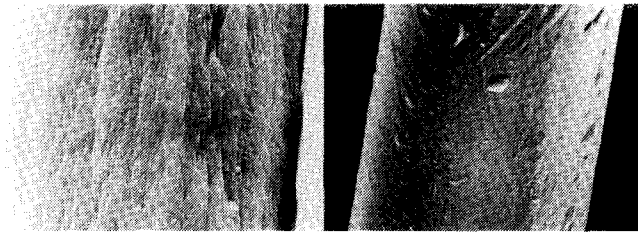


Fig. 5: Comparison of the surface shape of
a) Chlorofibre and
b) Polypropylene

Table 8 shows the thermal resistance of air networks in different size and with different speeds of air and underline the influence of the enclosing networks.

Table 8: Specific thermal resistance

| | m ² C W ⁻¹ CM ⁻¹ |
|--|---|
| . Diatomic enclosed air | 0,286 |
| . Air enclosed in finest meshed network | 0,286 |
| . Air enclosed in network with mesh 2 x 7 cm | 0,177 |
| . Moving air at 15 cm/s | 0,124 |
| . Moving air at 1 m/s | 0,062 |

Thus L9 fibre in terms of sensorial comfort measured with the thermal impression meter as described by the Shirley Institute, underlined by subjective measurements, has the best rating and the warmest feeling (Tab. 9).

Table 9: Thermal impression meter

| | |
|---|-----|
| PVC Rib | 350 |
| Polypropylene Rib | 495 |
| PES Rib | 505 |
| Wool Rib | 540 |
| Cotton Rib | 550 |
| The lowest figure gives the warmest feeling | |

Following the thermal resistance of knitted goods made of Chlorofibre L9 is very high and gives advantages on other fibres in the same fabric construction and end-use as shown in table 10.

Table 10: Specific thermal resistance

| | AT 33° C RH 85 % Pressure 0,07 g/cm ² m ² °C W ⁻¹ CM ⁻¹ |
|--------------|---|
| . PVC | 0,22 |
| . WOOL | 0,19 |
| . PES | 0,15 |
| . PES/COTTON | 0,14 |
| . PP | 0,15 |
| . COTTON | 0,125 |

The strong submicroscopic surface roughness without internal pores enhances the wetting properties and does not modify the moisture regain as shown in figure 6 giving isotherm sorption versus relative humidity.

With a next-to-skin garment, there is nearly always steady or unsteady steam transfer. The low steam sorption of chlorofiber L9 avoids to build this transfer through an evaporation-condensation process in pores of the fibre and keeps the rate of drying at high level.

Therefore, the thermal resistance of L9 garments is independent of water transfer or of relative humidity (Fig. 7).

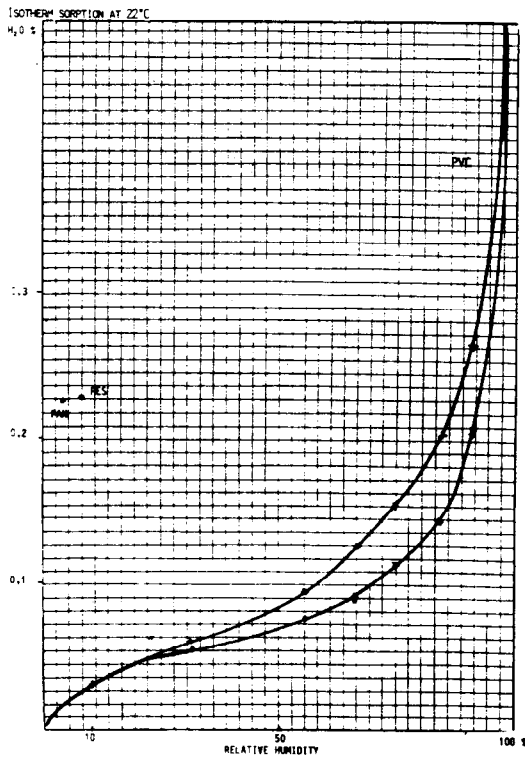


Fig. 6: Isotherm sorption versus relative humidity

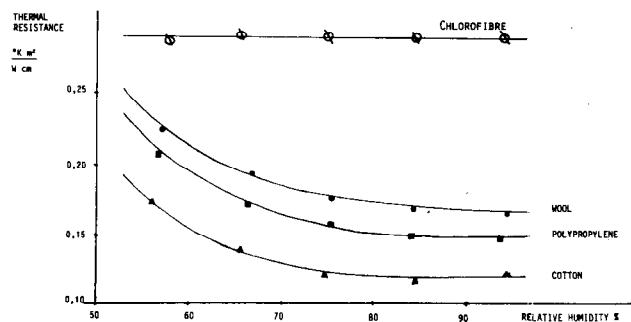


Fig. 7: Thermal resistance of various fibers versus relative humidity

The above features are important for the next-to-skin apparel end-use and with sedentary activity.

In winter weather, the apparel set and especially underwear is chosen and designed to avoid a cold or a cool-feel at average ambient temperatures; according to temperature differences between warm indoor and cold outdoor and also considering intermediate temperatures, the human thermoregulation system constantly fluctuates between two types of heat transfer:

TRANSFER OF DRY HEAT TO TRANSFER OF DRY HEAT + TRANSFER OF EVAPORATIVE HEAT

For the sake of this complex process the required characteristics of underwear are:

- low diffusibility of heat in order to appease big and sudden temperature variations to which the outer wear has been exposed
- constant thermal resistance of next-to-skin garment with water vapor transfer
- only a small content of water kept in the next-to-skin garment, to avoid pore condensation and the so related increase of heat diffusibility

In case of winter temperatures and of a more intensive activity, the same properties are more strongly required, with a liquid sweat production, the thermal resistance of a next-to-skin garment ought to show the smallest possible decrease and the fastest recovery of the initial thermal resistance.

Having a wicking effect via capillary force with a low moisture regain and without bound water, L9 Chlorofibre recovers easily its initial thermal resistance avoiding the so-called post-chill-effect.

Table 11 and 12 illustrate this characteristic.

Table 11: Variation of thermal resistance with sweat content

| | SWEAT CONTENT | THERMAL RESISTANCE VARIATION (%) |
|------------------|---------------|----------------------------------|
| COTTON | 75 % | - 350 % |
| PVC-COTTON 50/50 | 30 % | - 230 % |
| PVC | 18 % | - 95 % |

Table 12: Thermal resistance recovery

| | Time to recover 70 % of initial thermal resistance (min) |
|------------|--|
| COTTON | 25 |
| PVC/COTTON | 15 |
| PVC/WOOL | 10 |
| PVC | 4 |

When the next-to-skin garment is also an outerwear such as a sweatshirt or sportwear item, a new type of exchange appears; convection and radiation exchange combined with evaporative heat transfer, more seldom, with dry heat transfer alone.

In case of spring or fall weather, with very energetic activity, the rate of sweat can become important, but on an averaged time, the rate of sweat of the skin is always smaller than the rate of wicking and the rate of drying of chlorofibre.

But, in certain extreme conditions, it may appear an impulse of sweat that the underwear or shirt ought to wipe in order to avoid the skin wetted with sweat drops. There are two ways to adapt the chlorofibre in this case:

- 1) Use of blends with a fibre having a capillary condensation in accordance with Kelvin equation.

The ratio of blending must be chosen in accordance with the end use in order to obtain a wiping up effect without decreasing the thermal resistance (Tab. 13):

Table 13: Blend ratios in accordance with wiping and thermal resistance

| Blend ratio | Wiping | Thermal resistance AT 33° C, RH 85, m² °C W⁻¹ CM⁻¹ |
|--------------------------|-----------|--|
| 100 % Chlorofibre | no | 0.22 |
| 90/10 Chlorofibre cotton | yes | 0.20 |
| 80/20 Chlorofibre cotton | excellent | 0.19 |
| 70/30 Chlorofibre cotton | excellent | 0.175 |

- 2) Use of surface-modified chlorofibre by, for example, light dehydrochlorination or low temperature plasma treatment.

In the table 14, we sum up the comfort properties we intend to enhance with new chlorofibres.

Table 14: Enhanced comfort properties

| Comfort properties | Physic phenomena involved |
|---|--|
| High thermal resistance | Low conductivity, large specific surface; no porous structure |
| Constant thermal Resistance with sweat transfer | Low water regain No porous structure |
| Water transfer High rate of evaporation of sweat | Surface roughness Large specific surface no porous structure |
| Warm feeling | Low conductivity, low heat diffusibility |
| No lag between evaporative heat loss and sweat production | Low water regain High rate of evaporation |

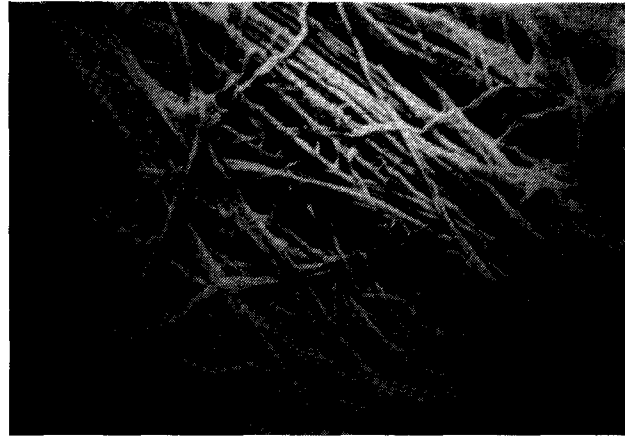


Fig. 8: Structure of matrix-fibril fibre (Electronic microscopy x 15000)

2. Chlorofibre as flame retardand product

Chlorofibre, with its high chlorine content is highly flame retardant of permanent nature.

The crystallinity level of the homopolymer fibre gives spun yarn that has a low temperature of shrinkage and a low creep.

For the furnishing end-use we consider these disadvantages as a limiting matter of development.

The fibre could be modified either using a stereopolymer, but it is not easy to process and too expensive for the market. Using copolymers such as vinyl chloride and acrylonitrile raises the price of the fibre and reduces the retardancy too much.

An interesting and promising way in order to obtain a good compromise between flame retardancy and processability consists in using a blend of polymers. The second polymer has to be a polymer with a high glass transition temperature or a high crystallinity level.

The use of a compatible polymer and an uniform blend needs a great amount of this second polymer. Therefore the basic fibre properties, especially flame retardancy, are modified.

A more promising way consists in making a structured blend of polymer with phase separation.

The conditions to obtain such a fibre are:

- Choice of two fibre-forming polymers
- Solubility of both polymers in the same solvent
- Compatibility of the both polymers in solution
- Controlled incompatibility of both polymers in solid state
- intermingled polymer chains between the both polymers
- Phase separation under shearing stress in the spinneret
- Dry spinning with differential drying rate of the two polymers.

The structural properties of the fibres are:

- *Structure matrix fibrils*
Matrix is vinyl chloride polymer
Fibrils are of the second polymer with high heat dimensional stability
- *Fibrils diameter*
Fibrils diameters are from 400 nm to 1200 nm
- *Fibrils lenght*
The average fibril lenght is greater than 10 µ m; continous fibrils as shown in figure 8 may be found.

The figure 9 shows an electronic microscopic cross-section of a matrix-fibril fibre in accordance with the above descriptions.

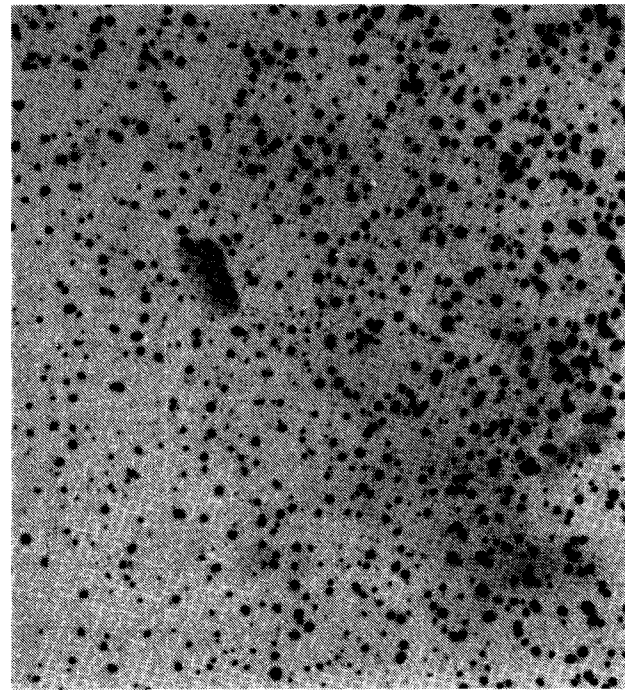


Fig. 9: Cross-section of matrix-fibril fibre (Electronic microscopy x 15000)

The figure 10 shows the variation of the dynamic modulus with temperature for different ratios of the polymers.

In order to upgrade the flame retardancy, we need to choose a non-flammable second polymer with a higher glass transition temperature than PVC.

These fabrics made of PVC matrix-fibrils are characterized by a very low flammability of a permanent nature. This low flammability obtained without any treatments is due to the polymer nature. Moreover this low flammability is improved with temperature as show LOI-measurements of table 15.

This low specific flammability in combination with no melting (no droplet) makes this property relatively independent of fabric structure parameters. Very important is the fact that the low flammability is not much modified with fabric weight as shown in table 16.

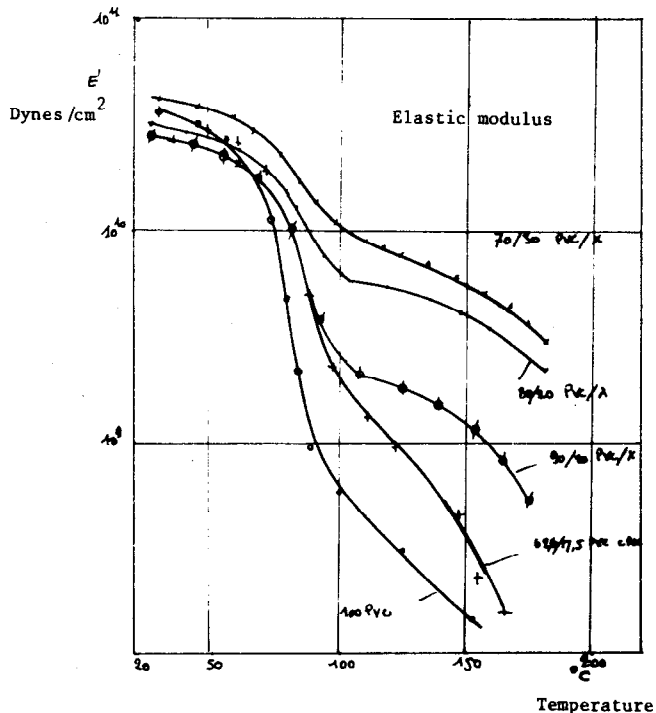


Fig. 10: Dynamic modul versus temperature for different matrix-fibril fibres

Table 15:

| Fibres | Weight g/m ² | LOI (%) AT Temperature of | |
|------------------|----------------------------|------------------------------|--------|
| | | 50° C | 150° C |
| 100 % PVC | 51 | 46 | 49 |
| 100 % PVC | 315 | 46 | 51 |
| 100 % FR PES | 58 | 27 | 22 |
| 100 % FR PES | 231 | 27 | 22 |
| 100 % MODACRYLIC | 126 | 28 | 25 |
| 100 % MODACRYLIC | 171 | 25 | 22 |

Table 16: Flammability of fabrics of different weight

| Weight g/m ² | Vertical test | | Horizontal test | |
|----------------------------|---|---|-----------------|--|
| | Minimum time to ignition Method ISO/DIS 6940 | Minimum radiant power to ignition W/cm ² , time 12 s. | LOI (%) | Ignition with electric burner Method ISO/TR 5657 |
| 51 | no flame spreading | 4,4 | 46 | no flame spreading |
| 74 | no flame spreading | 5,2 | 45 | no flame spreading |
| 84 | no flame spreading | 5,4 | 49 | no flame spreading |
| 258 | no flame spreading | 5,2 | 45 | no flame spreading |
| 315 | no flame spreading | 5,0 | 46 | no flame spreading |
| 525 | no flame spreading | 5,0 | 41 | no flame spreading |

New chlorofibres can be blended with non-melting fibres within a certain range without losing its low flammability as shown in table 17.

Table 17: Fibre blends according to French standard G 07 113

| Fibres and fibre blends | Destroyed surface in cm ² |
|---|--------------------------------------|
| PURE PVC | 18 |
| FR PES | 22 |
| PURE PVC + GLASS SEAM | 36 |
| FR PES + GLASS SEAM | 194 |
| PURE PVC + COTTON SEAM | 30 |
| FR PES + COTTON SEAM | 170 |
| PVC + 15 % OTHER FIBRES (wool, cotton, etc.) | 30 |
| FR PES + 15 % OTHER FIBRES (wool, cotton, etc.) | 320-490 |
| PURE ACRYLIC | 560 |

In every day life by lack of knowledge or experience, or by chance, a flame retardant fabric could be next to a flammable fabric such as cotton or acrylic fabrics. In these conditions the PVC fabric does not ignite and does not spread the flame, which is not the case with the majority of other FR fibres (Tab. 18).

Table 18: Flammability of FR fabrics in assembly with flammable fabric

(Method ISO/TR 5658 Electric Burner)

| conjugated with | PVC fabric | FR PES fabric |
|--|--|------------------------------|
| - polyamid/viscose 93 g/m ² | 91 g/m ² does not ignite | 50 g/m ² burns |
| - cotton 182 g/m ² | does not ignite | burns |
| - acrylic 118 g/m ² | does not ignite | burns |

A lot of words have been said on PVC toxicity. We need to consider and examine what happens in a real fire. We made a great number of experiments of full-scale fires with various types of measurements including biological toxicity assessments.

These experiments show without any doubt the results given in table 19.

Table 19: Assessment of fire development risk full-scale fire

30 m² room -
Set of seats (PU with class interliner)
Fire source : paper cushion
Standard UIC 5642 OR

| Fabric cover | Weigh loss (%) | Thermic flux Watt/cm ² | Ceiling temperature (° C) | Smoke max. density |
|-----------------------------|----------------------|---|---------------------------------|-----------------------|
| PVC 387 g/m ² | 0,01 | 0,04 | 42 | 0,05 |
| FR PES 393 g/m ² | 35 | 1,97 | 267 | 3 |

Before flash over and fully developed fire chlorofibre fabrics reduce the risks of fire development and the resulting toxicity of fumes strongly.

The table 20 gives the results obtained in a full-scale fire simulation with a set of railway seats; the burning source was a paper cushion according to the standard U. I. C. These results show that the toxicity of PVC is lower than of FR PES; as a matter of fact, FR PES is more flammable and generates a larger quantity of carbon monoxid which reacts with blood, producing carboxyhemoglobin and interrupting the oxygenation metabolism of blood.

Table 20: Assessment of toxicity

Full-scale fire
30 m³ room
Set of railway seats (PU + glass interliner)
Fire source paper cushion
Standard UIC 5642 OR

| Fabric cover | CO ² % | CO ppm | HCN ppm | HCl ppm |
|-----------------------------|----------------------|-----------|------------|------------|
| PVC 387 g/m ² | 0,3 | 400 | 0 | 25 |
| FR PES 393 g/m ² | 29 | 3200 | 400 | 0 |

3. Chlorofibre and protective work-wear

New PVC fibres are an interesting way for protective workwear with three specific end-use areas.

- Chemical protective workwear: made from PVC fabric has an extremely good resistance to chemicals especially acids and alkalis. The possibility to make very tight fabrics with shrinkage properties and low water regain, allows to produce protective, comfortable workwear without coating.
- Contamination protective workwear: Under certain conditions for example working with pesticides, or in nuclear power plants, especially PWR, standard workwear easily picks up dust and contaminates. After washing decontamination is poor, so each workwear has to be checked before being used again.

Fabrics made from matrix-fibril fibres can be tailored for this end use. They present low contamination and a total decontamination after standard washing as shown in table 21.

Table 21: Radioactive contamination with cobalt 60, cesium 134 and cesium 137 analysed with spectrometer

| Treatment | Garment fabric | | |
|---|----------------|------------------|--------------|
| | 100 % PVC | Cotton Polyester | 100 % Cotton |
| 1st contamination | 100 | 112 | 136 |
| After 10 (contaminations and washes) | 5.8 | 14.5 | 78 |
| After 10 (contaminations and washes) + 5 extra washes | 3,0 | 8,3 | 38 |

- Protective flame-retardant and heat-resistant workwear: In blends with thermostable fibres such as preox, aromatic polyamid, polyamide-imid, new PVC fibres provide protective workwear with a good level of performances (Tab. 22) and ratio of performances to price.

Table 22: Protective flame-retardant and heat-resistant workwear

| Test | Aramid A | Aramid B | Blend 70 % PVC 30 % Aramid | Blend 70 % PVC 30 % Preox | Blend Aramid 50 % FR Viscose 50 % |
|---------------------------------|-------------------------|----------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| | IGNITION Temperature °C | 242 | 670 | 640 | 680 |
| IGNITION flux W/cm ² | | 4,14 | 6,36 | 6,36 | 3,82 |
| BREAK OPEN TEST time sec. | 900 | 216 | 255 | no break open | 105 |
| PAIN SENSATION time sec. | 40 | 42 | 46 | 37 | 34 |
| 2nd DEGREE BURN time sec. | 86 | 81 | 87 | 77 | 75 |

Diskussion

Riggert: As you mentioned already, PVC-fibres are made of an atactic polymer. What are the chances for developing a syndiotactic isotactic polymere?

Menault: The solubility of these polymers is poor, only high boiling point solvents are suitable. For this reason, dehydrochlorination appears and the dry spinning process cannot be used. The use of a wet spinning process is uneasy, as the hydrophobic nature of the polymer gives troubles with coagulation.

In addition, the cost of production of these stereopolymers is too high for the market.

NN: You have mentioned a copolymer of vinyl chloride. Is the toxicity of combustion products affected in this case?

Menault: I did not mention a copolymer, but a blend of PVC and another polymer in order to form a matrix fibril structure. In this case the second polymer is chosen so that the high level of flame-retardancy is enhanced and the risk of toxicity of fumes is very small.

Diolen-Filamentgarne für die fortschrittliche Verarbeitung und modische Vielfalt in der Weberei

Dipl.-Ing. Josef Buberl, Wuppertal, Bundesrepublik Deutschland

Die modernen Hochleistungswebmaschinen zur Verarbeitung von Polyesterfilamentgarnen haben zu Modernisierungsinvestitionen bei verschiedenen Chemiefaserproduzenten geführt. Zielsetzung dieser Maßnahmen ist es, kostengünstig zu fertigen und der Textilindustrie leistungsfähige, rationell verarbeitbare und qualitativ hochwertige Garne anzubieten. Es wird auf die Auswirkungen der Modernisierungsinvestitionen auf die Webkettherstellung, wie Zettelgatter bzw. Gatterschichten, eingegangen.

Dabei stellt sich die wichtige Frage, wie sich die modische Vielfalt in der Weberei noch verwirklichen läßt. Westeuropa ist ein modischer Markt, so daß neue Gewebbilder neben den Stapelartikeln ständig gefragt sind. Die Zusammenarbeit der Chemiefaserlieferanten mit den Weiterverarbeitern der Zwirnerei, Weberei und Ausrüstung über die Ländergrenzen hinweg ermöglicht die Realisierung der modischen Vielfalt.

Advanced high-performance weaving machines for processing polyester filament yarns have prompted modernization investments by a number of man-made fibre producers. The purpose of these measures is to cut production cost and to offer the textile industry high-quality yarns that can efficiently be processed. The effects of modernization investments on warp preparation, including warping creels and creel sizing facilities are described.

An important question arising in this context is how variety and fashion can be realized in the weaving sector. Western Europe is a fashion-oriented market calling for ever new fabric styles in addition to the basics. A wide variety of high fashion fabrics can be offered as a result of close cooperation across the borders between man-made fibre producers and twistors, weavers and finishers.

1. Einleitung

Fortschrittliche Verarbeitung und modische Vielfalt in der Weberei in einem Referat zu kombinieren, das ist eine Herausforderung für den Vortragenden. Rationell effektiv und gleichzeitig flexibel zu agieren, ist eine der Stärken der westeuropäischen Textilindustrie. Die hohen Innovationseffekte in der Chemiefaser- und der Textilmaschinenindustrie leisten dabei einen wichtigen Beitrag. Der Trend der letzten Jahre, in neue, moderne Hochleistungsmaschinen zu investieren, hält nach wie vor an. Die daraus resultierenden Forderungen des Marktes an die Garne hat die Chemiefaserindustrie als Zielsetzung für die Entwicklungsarbeit erkannt und hat diese Herausforderung angenommen. Natürlich dürfen die Kosten für

- die Garnherstellung beim Chemiefaserproduzenten,
- die Weiterverarbeitung in der Kettvorbereitung und
- die Verarbeitung in der Weberei

dabei nicht außer Kontrolle geraten, sonst ist die Konkurrenzfähigkeit zum Wettbewerb, zu den Importangeboten und sogar die Exportmöglichkeit gefährdet oder unmöglich.

Enka ist mit der westeuropäischen Textil- und Verarbeitungsindustrie eng verbunden. Unsere Modernisierungen und Neuentwicklungen sind mit beeinflusst durch die Leistungsfähigkeit der Textilindustrie.

Die Zielsetzung unserer Modernisierungs- und Entwicklungsarbeit ist, die Textilindustrie mit

- rationell verarbeitbaren,
- qualitativ hochwertigen und
- endartikelgerechten

Garnen zu beliefern. Selbstverständlich müssen auch wir dabei mit der technischen Entwicklung Schritt halten.

Das hat zu einer Reihe von Modernisierungsinvestitionen geführt. Die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die Webkettherstellung und die Weberei sollen in diesem Referat dargelegt werden. Dabei soll auch die Frage beantwortet werden, wie sich die modische Vielfalt unter diesen Bedingungen verwirklichen läßt. Westeuropa ist ein modischer Markt, so daß neue Gewebbilder neben den Stapelartikeln ständig gefragt sind. Die Möglichkeiten, die im Bereich der Mode gestellten Ansprüche zu realisieren, sind zahlreich, wenn Chemiefaser-Lieferanten und Weiterverarbeiter, wie Zwirnerei, Weberei und Ausrüstung, eng zusammenarbeiten.

Marktanteile von Polyesterfilamentgarnen in Westeuropa

Zunächst einige Marktzahlen, die die Bedeutung der Polyesterfilamentgarne in der Weberei in Westeuropa veranschaulichen.

Die Abbildung 1 zeigt zunächst die Entwicklung des Anteils der Polyesterfasern am Gesamtfaserverbrauch von Chemiefasern in Westeuropa in den letzten 25 Jahren. Die Polyesterfasern haben ihren Anteil von 5% im Jahr 1960 auf 29% im Jahr 1985 gesteigert.

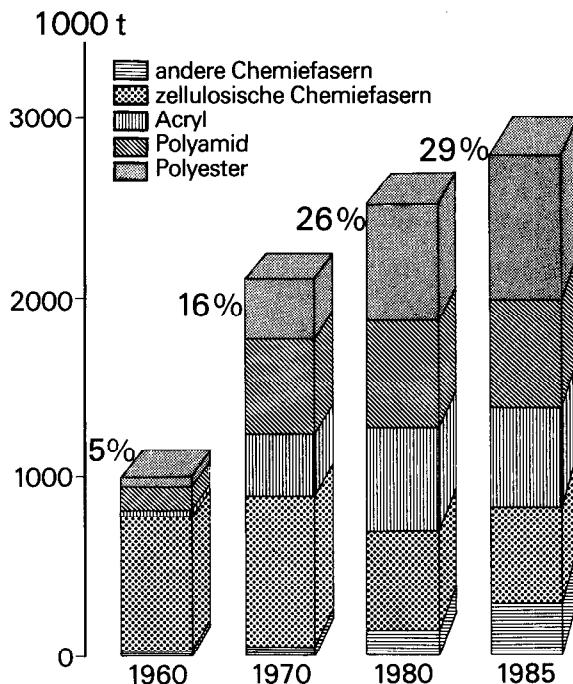







Abb. 1: Entwicklung des Chemiefaserverbrauchs in Westeuropa von 1960 - 1985

Betrachtet man den Chemiefaserverbrauch in den westeuropäischen Webereien 1985, ist der Anteil der Polyesterfasern mit 40% noch höher (Abb. 2).

Diese 40% Polyesterfasern entsprechen 396 000 Tonnen.

-  andere Chemiefasern
-  zellulose Chemiefasern
-  Acryl
-  Polyamid
-  Polyester

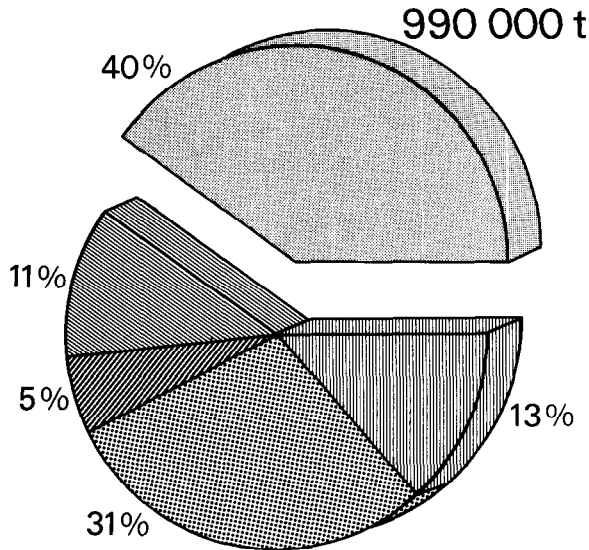


Abb. 2: Chemiefaserverbrauch der Webereien in Westeuropa 1985

Diese Zahlen machen deutlich, daß es sich lohnt, Polyesterfilamentgarne für die Weberei näher zu betrachten. Nun kann man die Meinung vertreten, daß drei Jahrzehnte nach der Markteinführung von Polyester alles entwickelt ist, was zu entwickeln war. Wir sind aber davon überzeugt, daß es sich selbst für ein so etabliertes Produkt wie die Polyesterfilamentgarne lohnt, Entwicklung zu betreiben. Dabei sehen wir als Schwerpunkte:

- Entwicklungen zur Kostenreduzierung beim Verarbeiter,
- Steigerung des Qualitätsniveaus für bestehende Produkte und
- Entwicklung modifizierter Produkte.

2. Diolen-Filamentgarne für fortschrittliche Verarbeitung in der Weberei

Was versteht man unter „fortschrittlicher Verarbeitung in der Weberei?“ Hier werden die Meinungen sicher weit auseinandergehen. Um diese Frage beantworten zu können, ist es notwendig, die Webereibetriebe zunächst nach Struktur und Produktionsprogramm zu gruppieren, und zwar in sogenannte Stapelweber und modisch orientierte Weber.

Die Stapelweber verarbeiten Polyesterfilamentgarne für die Bereiche: Futter, Oberbekleidung, Berufsbekleidung, Sport- und Freizeitartikel sowie semitechnische Gewebe.

Diese Weber würden gern mit zwei bis vier Kettgarnfeinheiten und möglichst mit einer einzigen Standardkettfadenzahl auskommen. Erst dadurch kann eine rationelle, kostengünstige Webkettfertigung und Verarbeitung in der Weberei erreicht werden. Das bedeutet eine optimale Auslastung der vorhandenen Webkettvorbereitungsmaschinen, eine geringe Lagerhaltung und geringen Personaleinsatz. Durch verschiedene Schußgarne und eine entsprechende Endausrüstung wird dann eine gewisse Vielfalt erreicht. Der Stapelweber verlangt also ein gleichbleibend hohes Qualitätsniveau und optimale Verarbeitung der Garne. Der modische Weber hat die gleichen Forderungen, erwartet aber außerdem hohe Flexibilität der Garneigenschaften und -aufmachungen, um die modischen Aspekte den jeweiligen Markttrends entsprechend berücksichtigen zu können. Die Forderungen nach fortschrittlicher Verarbeitung der Garne einerseits und hoher Flexibilität in der

Anpassung an Modetrends andererseits können sich dabei manchmal konträr gegenüberstehen. Die Zusammenarbeit der Chemiefaserlieferanten mit den Weiterverarbeitern der Zwirnerei, Weberei und Ausrüstung über Ländergrenzen hinweg ermöglicht die Realisierung der modischen Vielfalt.

Die Chemiefaserindustrie bietet den Webern heute Garntypen und -aufmachungen, die mit dem Fortschritt der Verarbeitungstechniken Schritt halten.

2. 1. Spulenformate und -gewichte für Polyesterfilamentgarne

Was hat uns als Hersteller veranlaßt, für einige Teilbereiche der Textilindustrie in neue Aufmachungseinheiten zu investieren? Die wesentlichen Gründe sind:

- der Kostendruck von innen und außen,
- der Trend zu modernen Hochleistungs-Webkettvorbereitungsmaschinen und Hochleistungswebmaschinen,
- erhöhte Anforderungen an die Verarbeitungseigenschaften der Garne für diese Hochleistungsmaschinen,
- die Forderung nach hoher Qualitätskonstanz für Verarbeitung und Artikel,
- die Konzentration auf wenige Garnfeinheiten.

Ich möchte mich hier auf die Aufmachungen von *glatten, ungedrehten Polyesterfilamentgarnen* konzentrieren.

Der Stapelweber wird aus Kostengründen glattes, ungedrehtes Polyesterfilamentgarn bevorzugen. Beim Chemiefaserproduzenten werden diese Garne mit modernen Aufwindeinrichtungen auf zylindrische Kreuzspulen gewickelt. Die Verarbeitungssicherheit der Garne sowohl in der Chemiefaserproduktion als auch in den Textilbetrieben wird mit beeinflußt durch das Vertangeln der Filamente beim Spinnprozeß. Die Gewichte der zylindrischen Kreuzspulen liegen bei 6,5 bis 15 kg und können bis zu 24 kg reichen. Die Durchmesser der Garnpakete betragen je nach Länge der Hülse zwischen 190 und 430 mm (Abb. 3 u. 4).

Bei diesen Spulengewichten und -abmessungen stellt sich die Frage: Wie sind diese Spulen zu handhaben? Eine manuelle Handhabung ist schwierig. Zwischenzeitlich haben sich verschiedene Firmen mit dem Bau von Manipulatoren beschäftigt. Diese Geräte sind sowohl in der Chemiefaserherstellung als auch in der Webkettvorbereitung im Einsatz. Mit Sicherheit werden in Zukunft weitere Verbesserungen dieser Hilfsgeräte erfolgen.

Bei den beschriebenen Gewichten von zylindrischen Kreuzspulen ergeben sich je nach Titer und Spulengewicht wesentlich größere Lauflängen als bei Kopsen. Die Abbildungen 5 und 6 verdeutlichen dies am Beispiel einer 15 kg schweren zylindrischen Kreuzspule im Vergleich zum 2,6 kg-Kops.

Die Konsequenzen der größeren Spulengewichte und -abmessungen werden später bei der Behandlung der Themen „Entwicklungen der Webkettvorbereitung und Weberei“

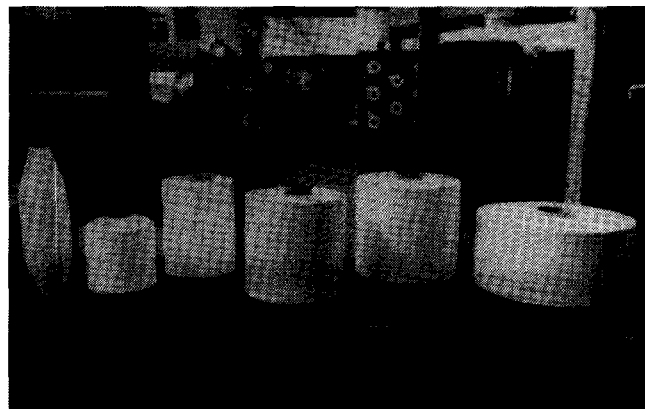


Abb. 3: Verschiedene zylindrische Kreuzspulen im Vergleich zum Kops

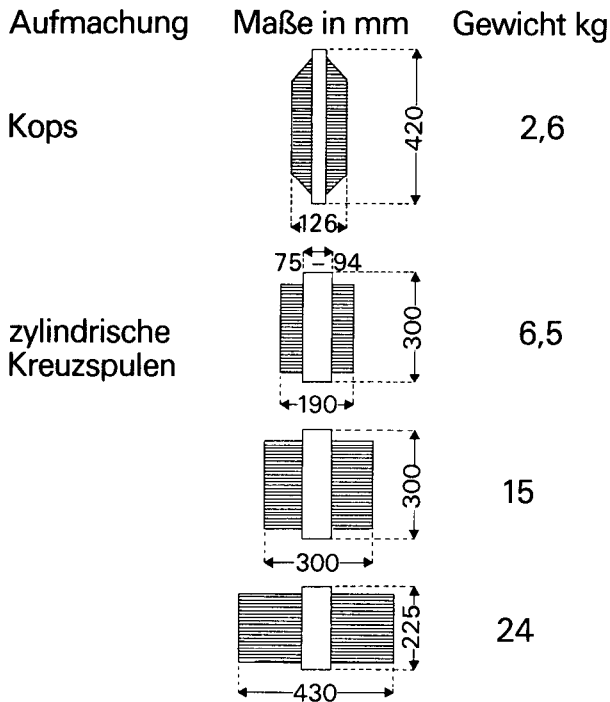


Abb. 4: Abmessungen und Gewichte für die Aufmachung von glatten Diolen-Filamentgarnen

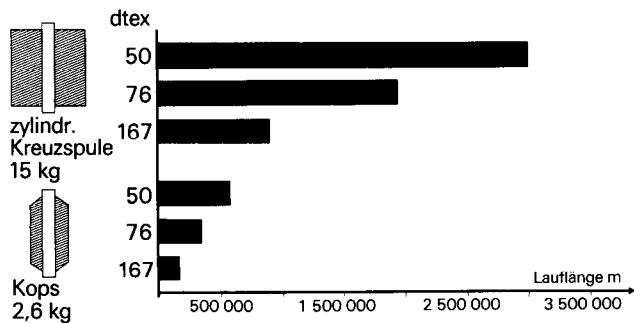


Abb. 5: Theoretische Lauflängen in Abhängigkeit vom Titer

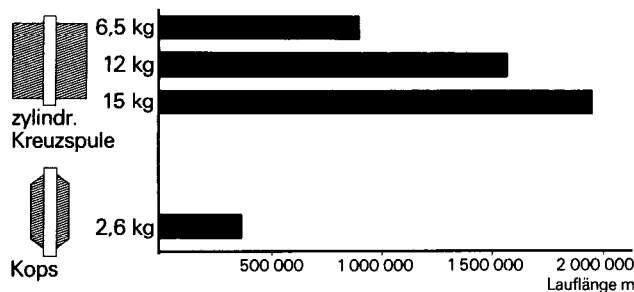


Abb. 6: Theoretische Lauflängen in Abhängigkeit vom Spulengewicht bei Titer 76 dtex

noch ausführlicher diskutiert. Vor allem bieten die zylindrischen Kreuzspulen für glatte Polyesterfilamentgarne neben der Lauflänge auch qualitative Vorteile, wie z. B.

- lange Laufzeiten,
- geringere Rüstzeiten,
- knotenfreie bzw. knotenarme Artikel,
- höhere Verarbeitungsgeschwindigkeiten,
- bessere Farbgleichmäßigkeit.

2. 2. Fortschrittliche Verarbeitung von Diolen-Filamentgarnen in Webereivorbereitung und Weberei

Die maschinellen Entwicklungen in der Webereivorbereitung und Weberei wurden in den letzten Jahren von zwei Zielen zur Kosteneinsparung geprägt:

- Erhöhung der Maschinenleistung,
- Verbesserung der Verarbeitungssicherheit der Garne.

Webkettvorbereitung

Es sollen nicht alle Kettvorbereitungsverfahren behandelt werden, sondern ich möchte vielmehr unsere Vorstellungen auf diesem Gebiet beschreiben.

Für die modernen und zukünftigen zylindrischen Spulenformate ist der Platzbedarf für die Ablaufgatter beim Zetteln oder Gatterschichten enorm. Entscheidend für die Verarbeitung von zylindrischen Kreuzspulen mit hohem Spulengewicht und -durchmesser ist die Gattergestaltung gekoppelt mit der Gatterbestückung. Je nach Platzangebot in der Ketherstellung bieten sich folgende Möglichkeiten zur Gatterbestückung an:

- Bestücken von Wagengattern: Das geschieht zweckmäßigerweise an einem separaten Arbeitsplatz. Bei der Taktarbeitsweise werden die leeren gegen die vollen Wagen ausgetauscht und die Fäden wieder angeknötet.
- Drehrahmengatter bieten sich dort an, wo die Möglichkeit besteht, mit einem Hubwagen zu arbeiten. Dann können während des Zetteln oder Schlichtens die leeren gegen die vollen Spulen ausgetauscht und aufgesteckt werden.
- Magazingatter sind bei standardisierten Fadenzahlen nicht erforderlich. Der Platzbedarf wäre enorm groß. Nur wenn die Fadenzahlen häufig gewechselt oder verschiedene Garnfeinheiten verwendet werden, ist es sinnvoll, einen Teil der Ablaufstellen als Magazinpositionen auszurüsten, um die kleineren Spulen mitzuarbeiten.

Um beim Einsatz von zylindrischen Kreuzspulen die Gatterlänge zu begrenzen, ist eine zwei- bis vierzeilige Gatteranordnung sinnvoll. Konsequenz daraus ist, daß nur Ablaufgatter mit Wechselwagen oder Drehrahmengatter in Frage kommen.

Die Ablaufgatter sollten mit modernen Fadenbremsen, wie z. B. Kompensationsfadenbremsen, ausgestattet sein. Bei Gatterlängen bis zu 50 m sind moderne Fadenbremsen für eine gleichmäßige Fadenspannung erforderlich. Das ist unabhängig davon, ob man Zetteln oder Gatterschichten will.

Die Materialmenge im Ablaufgatter beträgt bei 15 kg Gewicht der zylindrischen Kreuzspulen und 1000 Fäden 15 Tonnen. Drehrahmengatter müssen besonders stabil sein, weil man noch einmal eine gewisse Materialmenge von den neuen Spulen dazurechnen muß. Der Materialeinsatz in der Kettvorbereitung ist also beträchtlich und nur für eine Standardproduktion gerechtfertigt (Abb. 7).

Beim Schären/Zetteln ermöglichen die zylindrischen Kreuzspulen mit Gewichten von 15 kg lange Laufzeiten und entsprechend geringere Rüstzeiten. Bei einer mittleren Schärgeschwindigkeit von 800 m/min, einem Spulengewicht von 15 kg und 24 Stundenbetrieb ergeben sich die in Abbildung 8 dargestellten Laufzeiten im Vergleich zum 2,6 kg Kops.

Das Gatterschichten oder das Schichten von Zettelbaum zu Schlichtbaum wird je nach Fadenzahl und Titer in Geschwindigkeitsbereichen von 250 bis 450 m/min praktiziert. Die mittlere Geschwindigkeit beim Gatterschichten liegt etwa bei 300 bis 350 m/min. Daraus ergeben sich für 15 kg schwere zylindrische Kreuzspulen die in Abbildung 9 dargestellten Laufzeiten im 24 Stundenbetrieb.

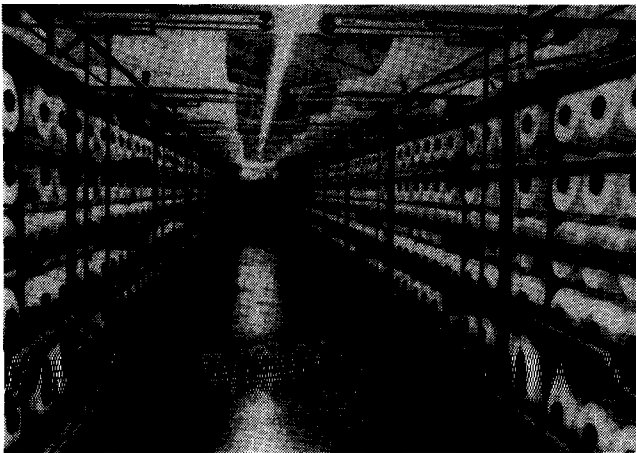
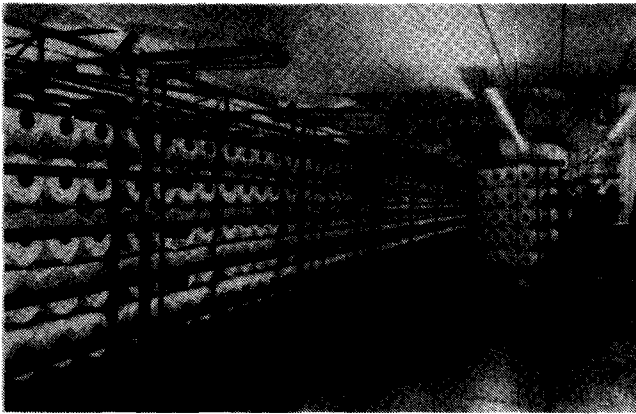


Abb. 7: Ablaufgatter mit zylindrischen Kreuzspulen

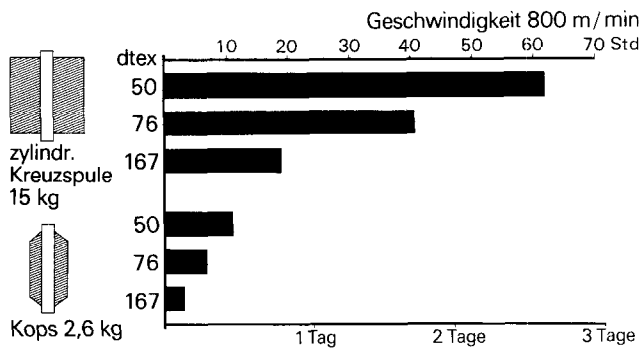


Abb. 8: Theoretische Laufzeit von zylindrischen Kreuzspulen beim Zetteln

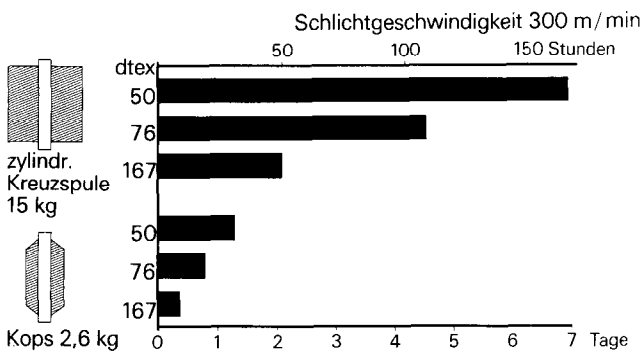


Abb. 9: Theoretische Laufzeit von zylindrischen Kreuzspulen in der Schlichterei

Bei der Berechnung der Laufzeiten wurde der Nutzeffekt nicht berücksichtigt, was in der Praxis selbstverständlich geschehen muß.

Die zylindrischen Großraumspulen bieten große Vorteile für die modernen Hochleistungsmaschinen, sie machen die hohe Leistung sogar erst möglich. Für einen mittelständischen Weber sind die Materialmengen bei der Gatterbestückung zweifellos sehr groß. Hier bietet sich die Chance des Zusammenschlusses mehrerer Weber an, oder die Ketten werden bei einem Chemiefaserlieferanten direkt bestellt, bei dem die Voraussetzungen zwangsläufig erfüllt sind.

Schlichten von Polyesterfilamentgarnketten

Mit den bereits genannten Schlichtgeschwindigkeiten von 250 bis 450 m/min befinden wir uns bereits im Bereich des sogenannten Schnellschlichtens. Für die Verarbeitung der Polyesterfilamentgarne auf modernen leistungsorientierten Webmaschinen müssen zwei wesentliche Bedingungen erfüllt werden:

- Das Schlichten mit Vortrocknern: Hierbei wird jeder Faden, vom Baum oder Gatter kommend, mit ausreichendem Abstand zum Nachbarfaden durch die Maschine geführt. Dadurch entsteht ein den Faden umschließender unbeschädigter Schlichtefilm. Dieses Verfahren ist aus qualitativen Gesichtspunkten für Polyesterfilamentgarn gegenüber dem Assemblierschlichten vorzuziehen.

- Verwendung von elastischen, fadenhaftenden, abriebfreien Schlichtemitteln sind eine weitere Voraussetzung. Geeignete Schlichtemittel sind im Markt vorhanden, wenn auch noch Optimierungen am Produkt selbst erforderlich sind.

Diolen-Filamentgarne für den Schuß Einsatz

Diolen-Filamentgarne für den Schuß Einsatz

Die modernen Webmaschinen haben die Anforderungen auch an die Schußgarne verändert. Die einseitige Schußeintragstechnik der modernen Webmaschinen hat Einfluß auf die Gleichmäßigkeit des Warenbildes. Daraus ergeben sich entsprechende Anforderungen an das Garn. Bei den Düsenwebsystemen ist neben der Luftfreundlichkeit die Ablaufsicherheit bei hohen Schußeintragungsgeschwindigkeiten wichtig.

Ungedrehte Glattgarne werden für den textilen Bereich nur vereinzelt für spezielle Artikel als Schußgarn verwendet. Dagegen ist es für semitechnische Artikel üblich, ungedrehte Garne einzusetzen. Man darf jedoch nicht verkennen, daß bei höheren Schußeintragungsgeschwindigkeiten von über 800 m/min bei den schützenlosen Websystemen von der Spule kommende Ablaufstörungen auftreten können.

Dem könnte durch die Abänderung der Spulenformate zu Lasten des Gewichtes und damit der Laufzeit begegnet werden. Eine Lösung für die Zukunft liegt sicher darin, daß an den modernen Hochleistungswebmaschinen doppelte Schußeinrichtungen eine Selbstverständlichkeit werden.

3. Polyesterfilamentgarne – leistungsfähig und flexibel in der Mode

Der westeuropäische Textilmarkt ist ein modisch orientierter Markt. Darin haben sowohl die Stapelweber als auch die überwiegend modeorientierten Weber ihren Platz. Für beide Bereiche sind die Polyesterfilamentgarne attraktive und flexible Marktpartner.

In diesem Teil meines Vortrages möchte ich schwerpunktmäßig auf den Bereich modisch orientierter seidiger Gewebe und exklusiver seidiger Gewebe eingehen.

3. 1. Modisch orientierte seidige Crêpe-Gewebe aus speziellen Diolen-Filamentgarne

Wir befassen uns seit etwa fünf Jahren mit der Entwicklung von seidenähnlichen, hochwertigen Crêpe-Geweben aus Polyesterfilamentgarne. Heute können wir behaupten, daß diese neuen Gewebequalitäten eine sehr erfolgreiche Entwicklung geworden sind.

Der Warenausfall der hochwertigen krepptigen Gewebe aus Polyesterfilamentgarnen hängt ganz entscheidend von der Abstimmung der einzusetzenden Garne auf die Gewebegestaltung und die Ausrüstung ab. Wird nur einer der erarbeiteten Erfahrungswerte nicht eingehalten, so wird der Fertigartikel bereits als „anders“ beurteilt. Die Auswahl des geeigneten Garnstypes hat dabei eine so entscheidende Bedeutung für Optik, Griff und Fall, daß auf einige Eigenschaften und Besonderheiten bei der Verarbeitung der Polyesterfilamentgarne in exklusiven seidenähnlichen Geweben hingewiesen werden muß.

Für diese Gewebetypen gibt es zum Beispiel:

- 50 dtex f36 gl pr und mt pr gedreht bzw. ungedreht,
- 76 dtex f72 gl rd ungedreht,
- 100 dtex f72 mt pr ungedreht,
- 100 dtex f60 gl rd ungedreht.

Diese Garne wurden gewählt, weil man mit diesen Filamentzahlen und Filamentquerschnitten den besten seidigen Gewebecharakter erzielen kann. Ebenso entscheidend für den Warenausfall ist die Kettichte. Hinzu kommt, daß bei der Kettherstellung für die spätere Ausrüstung der Ware ein gewisser Schrumpf der Garne erhalten bleiben soll. Deshalb müssen die Garne nach dem Einzelbaum-Schlichtverfahren geschlichtet werden. Damit wird gewährleistet, daß bei den hohen Kettfadendichten auch auf schnelllaufenden Webmaschinen Verarbeitungssicherheit besteht. Die Kettfadenzahlen und die Besonderheiten bei der Webkettherstellung setzen viel Erfahrung voraus. Die Weber wären gut beraten, wenn sie die Webketten für die Herstellung von seidigen Geweben beim Chemiefaserlieferanten bestellen würden, man sollte das Lehrgeld nicht zweimal bezahlen. Ein weiterer wichtiger, den Warenausfall beeinflussender Faktor ist die spätere Alkalisierung in der Ausrüstung. Dabei werden teilweise bis zu 25 % der Faser-substanz abgeschält. Dadurch wird die Filamentoberfläche verändert, und es ergibt sich der gewünschte seidenähnliche Griff, die entsprechende Optik und der von der Seide gewohnte Fall.

Das Kettgarn und die Webkettherstellung sind wichtige Voraussetzungen für die große Vielfalt der seidigen Gewebetypen. Ebenso entscheidend ist aber auch das Schußmaterial. Neben der Garnfeinheit ist auch hier die Filamentanzahl, der Filamentquerschnitt und die aufgebrachte Garn Drehung ausschlaggebend für den Warenausfall. Durch die verschiedenen Verfahren zur Herstellung des Schußmaterials ergeben sich außerdem unterschiedliche Garnstypen wie:

- glatte Polyesterfilamentgarne, gedreht und texturiert,
- glatte Polyesterfilamentgarne, gedreht,
- glatte Polyesterfilamentgarne, hochgedreht, schrumpfarm,
- texturierte Polyesterfilamentgarne, anschließend hochgedreht.

Die Abbildung 10 zeigt Längsansichten einiger Schußgarnvarianten.

Die modische Vielfalt für das große Gebiet der seidigen Gewebe wird also erst durch das Schußgarn ganz erschlossen. Realisierbar wird sie nur durch eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Chemiefaserhersteller, den kreativen Zwirnern, den modischen Webern und den Veredlern der Ware.

Die Reproduzierbarkeit einer bestimmten seidigen krepptigen Gewebequalität in größeren Metragen läßt sich dann am sichersten gewährleisten, wenn sich der Kett- oder Schußgarnlieferant, der Weber und der Ausrüster an die einmal festgelegten artikelspezifischen Gegebenheiten hält. Ich bin der Auffassung, daß es dadurch möglich wird, modische seidige sowie krepptige Gewebe in konstanter Qualität wirtschaftlich auch in Europa zu fertigen.

Wir als Chemiefaserhersteller haben uns darüber hinaus gefragt, welche neuen Impulse wir dem Markt noch geben könnten. Wir denken auch dabei an exklusive seidige Gewebetypen. Sicherlich stellt sich die Frage, ob solche Gewebe dann auch kostengünstig herzustellen sind. Wir sagen

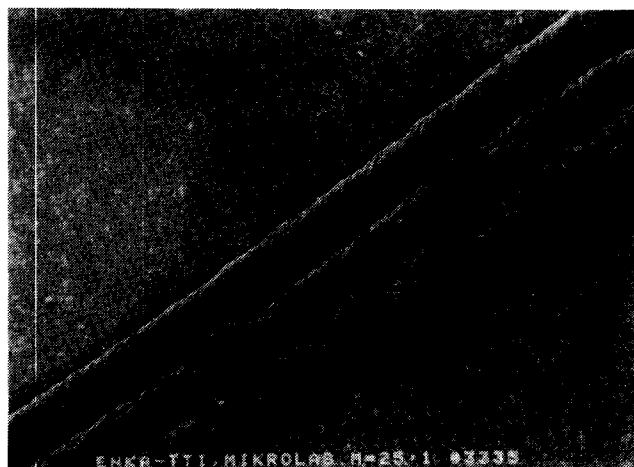


Abb. 10: Schußgarnvarianten

ja, wenn wir weiterhin eine vertrauliche Zusammenarbeit wie in der Vergangenheit praktizieren können. Ob damit auch die Quantitäten für eine wirtschaftliche Produktion erreicht werden können, möchte ich zur Zeit noch offen lassen. Trotzdem möchte ich den Versuch unternehmen, solche neuen Gewebeentwicklungen zu beschreiben. Zwei Beispiele dafür sind:

- Glatte Polyesterfilamentgarne mit unterschiedlichem Schrumpf der Filamente, sogenannte BC-Garne: Diese Garne sind bevorzugt für die Kette vorgesehen, aber auch für den Schuß einsetzbar. Die Vielfalt der Artikel wird auch hier durch das große Angebot der unterschiedlichsten Schußgarnvarianten erzielt.
- Glatte Polyesterfilamentgarne mit Einzelfilamenttitern von 0,8 bis 1,4 dtex und in einer weiteren Gruppe mit Einzelfilamenttitern unter 0,8 dtex: Diese Garne werden vor allem ungedreht oder gedreht in der Kette eingesetzt.

Damit wollen wir keine Ablösung der bekannten seidigen krepptigen Gewebe betreiben, sondern wir wollen vielmehr eine weitere Gruppe exklusiver seidiger Gewebetypen schaffen. Ob damit teilweise die Alkalisierung der Gewebe entfallen kann, möchte ich zur Zeit noch in Frage stellen.

Schlußbetrachtung

Es sollte aufgezeigt werden, welche technologische Entwicklung sich besonders in der Herstellung von glatten Polyesterfilamentgarnen vollzogen hat und wie sie noch weiter fortschreiten wird. Dies hat Konsequenzen für die Webkettherstellung und die Verarbeitung in der Weberei. Die Anforderungen an eine wirtschaftliche Fertigung von Geweben auf Hochleistungsmaschinen können mit diesen Garnen erfüllt werden. Uns ist dabei bewußt, daß diese technische Weiterentwicklung je nach Betriebsgröße Schwierigkeiten schaffen kann. Deshalb haben wir als Chemiefaserhersteller entsprechende Lösungen anzubieten.

Die Vielfalt der modischen Möglichkeiten soll dadurch nicht eingeschränkt werden. Es muß dabei jedoch akzeptiert werden, daß gewisse Neuentwicklungen, z. B. seidige Gewebe aus Polyesterfilamentgarnen, nur durch eine enge Zusammenarbeit aller daran beteiligten Partner reproduzierbar realisiert werden können. Dazu müssen wir unsere europäischen Möglichkeiten nutzen, wie beispielsweise unsere Leistungsfähigkeit und Marktnähe. Dies dient der Textilindustrie, der Bekleidungsindustrie und dem Verbraucher.

Basisch anfärbbare und hochschrumpfende PES-Fasern – Herstellung und Anwendung

Dr. Sc. Ing. B. Piller, Wirkereiforschungsinstitut, Brno, Dr.-Ing. V. L a c k o, Forschungsinstitut für Chemiefasern, Svit (CSSR)

Auf dem Gebiet modifizierter Polyesterfasern konnte in den letzten Jahren eine stürmische Entwicklung verzeichnet werden. Laut Weltstatistiken entfielen in den siebziger Jahren von sämtlichen Typen modifizierter Fasern ganze 33 % auf Modifikationen von Polyesterfasern. Es gibt eine ganze Reihe von Verfahren, nach denen Polyesterfasern physikalisch oder chemisch modifiziert werden können. Es handelt sich insbesondere um die Herstellung von pillingarmen, leicht anfärbbaren Polyesterfasern mit unterschiedlichem Schrumpf. Anwendung finden Modifikationen, die zu Flammfestigkeit, Pillingresistenz und zur Herabsetzung der elektrostatischen Ladung und des Anschmutzvermögens führen.

In der CSSR wird eine Reihe modifizierter Polyesterfasern verarbeitet. Kommerziell konnten sich folgende zwei Fasertypen durchsetzen:

1. *Schrumpfbare Fasern*: diese werden durch Modifizierung mit Isophthalsäure erzeugt (Velana S)
2. *Basisch anfärbbare Fasern*: diese werden durch Modifizierung mit einem Natriumsalz einer 5-Sulfoisophthalsäure erzeugt (Tesil 31).

Mit Forschungsarbeiten zur Modifizierung von Polyesterfasern mit Isophthalsäure wurde bereits im Jahre 1955 begonnen. Die so modifizierte Faser wird in größerem Umfang unter der Handelsbezeichnung Velana seit 1960 erzeugt. Im gleichen Jahre wurde auch die Produktion von Tesil 31 betriebsmäßig getestet.

Zur Herstellung von Bauschgarne werden Kombinationen von nichtschrumpfenden und schrumpfbaren Polyesterfasern verwendet. In der CSSR sind Mischungen von 60 % Velana N (nichtschrumpfende Komponente) und 40 % Velana S (schrumpfbare Komponente) üblich. Für den Einsatz in der Maschenwarenindustrie werden auch Mischungen von 40 % Velana S und 60 % Tesil 31 hergestellt. Diese Mischung ist unter der Bezeichnung Velana-Brillant bekannt.

Hochbauschgarne aus Copolyesterfasern finden insbesondere in der Maschenwarenindustrie für gewisse Arten von Sportsocken, Säuglingsartikeln und Sportbekleidung Anwendung. Schrumpfbare Copolyesterfasern, die Hochbauschgarne enthalten, werden in den Erzeugnissen mit Naturfasern, insbesondere mit Wolle kombiniert, wobei es zahlreiche Kombinationen schrumpfbarer Copolyesterfasern mit Wolle gibt.

Es ist bekannt, daß durch eine gezielte Modifikation von Polyesterfasern Eigenschaften erreicht werden können, die verschiedenen Wünschen entsprechen. Es muß jedoch auch gesagt werden, daß es keine „ideale“ Modifikation gibt. Eine jede Vervollkommnung auf der einen Seite führt nämlich zu einer gewissen Beeinträchtigung mancher Eigenschaften auf der anderen Seite. Mit Rücksicht auf diese Tatsache muß die Textilindustrie auf geeignete Weise modifizierte Fasern so nutzen, daß die gewünschte Qualität der textilen Flächen gewährleistet wird. Dazu schaffen modifizierte Copolyesterfasern des Typs Velana S und Tesil 31 gute Voraussetzungen.

In recent years modified polyester fibres have undergone a stormy development. According to world statistics, in the seventies polyester fibres constituted 33 % of all modified fibres. There exist numerous ways how to obtain modified polyester fibres, either by means of physical or by chemical modification. What is meant is the preparation of polyester fibres with reduced pilling performance, improved dyeability and modified shrinkage. The most required modifications are aimed at flame-resistance, pill-resistance, antistatic properties and soil-resistance.

1. *High-shrinkage fibres*: produced by modification using isophthalic acid (Velana S),
 2. *Cationic-dyeable fibres*: produced by modification using sodium salt of 5-sulpho-isophthalic acid (Tesil 31).
- The research of the PES fibres modified by isophthalic acid was started in 1955. This fibre has been produced in a higher amount under the name Velana since the year 1960. In the same year the production of the Tesil 31 fibre was tested in trial operation.

To produce high-bulk yarns a combination of non-shrinking and high-shrinking PES fibres is used. In Czechoslovakia blends of 60 % Velana N (non-shrinking component) and 40 % Velana S (high-shrinkage component) are produced. Blends of 40 % Velana S and 60 % of Tesil 31 are used for knitting. This blend is known under the designation Velana-Brillant.

The high-bulk yarns made of copolyester fibres are used in the knitting industry for the production of certain types of sports socks, baby-wear and sportswear. The high-bulk yarns containing shrinkable copolyester fibres are combined with natural fibres, especially with wool, in final products. There exist numerous combinations of the high-shrinkage copolyester fibres with wool fibres.

It has been recognized that by purposeful modification of PES fibres many desirable fibre properties can be obtained. However, it should be noted that no „ideal“ modification exists. Every improvement achieved on the one hand is accompanied by deterioration of certain properties, on the other hand. Therefore, the textile industry has to utilize modified fibres in a proper way so that the required fabric quality could be attained. The modified copolyester fibres Velana S and Tesil 31 make good pre-conditions for that.

1. Einleitung

Auf dem Gebiet der Modifizierung von Polyesterfasern konnte in den letzten Jahren eine stürmische Entwicklung verzeichnet werden. Laut Weltstatistiken entfielen in den siebziger Jahren ganze 33 % der Gesamtproduktion modifizierter Synthefasern auf modifizierte Polyesterfasern. Es gibt eine ganze Reihe sowohl physikalischer als auch chemischer Modifizierungen von Polyesterfasern.

In der CSSR wurde mit der Forschung von Polyesterfasern, die mit Isophthalsäure modifiziert werden, bereits im Jahre 1955 begonnen. Die auf diese Art und Weise modifizierte Faser wird seit dem Jahre 1960 im Konzernunternehmen Silon, Planá nad Lužnicí unter der Handelsbezeichnung Velana produziert. Es handelt sich um eine Fasertyp mit hohem Schrumpfvermögen. Im gleichen Jahr wurde auch die industrielle Produktion einer weiteren modifizierten Polyesterfasertyp, und zwar die Faser Tesil 31, getestet. In diesem Falle handelt es sich um eine mit Natriumsalz der 5-Sulfoisophthalsäure modifizierte Faser, bei der mit der Modifizierung die Anfärbbarkeit der Faser mit basischen Farbstoffen und Dispersionsfarbstoffen sowie die Reduzierung der Pillingneigung angestrebt wurde. Im Jahre 1985 wurden in der CSSR 23 % aller produzierten Polyesterfasern in modifizierter Form erzeugt. Hochschrumpfende Fasern haben am Gesamtproduktionsvolumen der modifizierten Fasern einen Anteil von 5 %.

Die Forschung und Entwicklung modifizierter Polyesterfasern wird fortgesetzt, so z. B. bei mit Kochtemperatur *carrierlos* färbbaren Polyesterfasern (Tesil 62).

Bei jeder Fasermodifizierung besteht das Grundproblem darin, daß es kein ideales Modifizierungsverfahren gibt, das sämtliche negative Eigenschaften der Fasern eliminiert, gleichzeitig jedoch alle ihre positiven Eigenschaften nicht verändert. Daher gibt es zahlreiche Modifizierungsarten, die nur für ein gewisses Anwendungsgebiet geeignet sind.

Unter dem Begriff *Modifizierung* wird in diesem Vortrag die absichtliche Veränderung der Zusammensetzung oder Struktur verstanden, die zu einer Verbesserung mancher Eigenschaften der Polyesterfasern (z. B. höheres Schrumpfvermögen, Anfärbbarkeit mit basischen und Dispersionsfarbstoffen) führt. Die Modifizierung von Polyesterfasern zwecks Steigerung des Schrumpfvermögens

und zwecks Anfärbarkeit mit kationischen Farbstoffen wurde bereits in zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben.¹⁻⁶

2. Modifizierung von PES-Fasern zwecks Steigerung des Schrumpfvormögens

2. 1. Das Schrumpfen kann als eine irreversible Reduzierung der Faserlänge (ausgedrückt in Prozent) definiert werden. Allgemein kann behauptet werden, daß das Schrumpfvormogen der Faser im Prinzip in ihrer physikalischen Struktur beruht. Experimentell konnte nachgewiesen werden, daß sich isotrope Polymere durch Aufheizung in ihrer Länge nicht verändern. Anisotrope Polymere werden hingegen durch Wärmeeinwirkung kürzer, wobei bekannt ist, daß den Polymeren ihr anisotroper Charakter in erster Linie während des Streckprozesses verliehen wird. Die Entropie des Systems verringert sich, und die Spannung der Molekülketten erhöht sich. Es steigt ebenso die Intensität der intramolekularen Bindungen. Die Größe und die Mechanismen des Schrumpfungprozesses sind Funktion der Polymerstreckbarkeit.

Im Hinblick auf ihre textiltechnologische Anwendung werden als Schrumpffasern diejenigen betrachtet, die bei einer höheren Temperatur einen Schrumpfwert von 20 bis 50 % aufweisen. Das Schrumpfen der Fasern erfolgt durch Einwirkung erhöhter Temperatur in Luft, Wasser, Dampf, evtl. in einem anderen Medium. Die durch den Schrumpfungsvorgang ausgelösten Strukturveränderungen sind auf Relaxation der in den orientierten amorphen Bereichen der Fasern vorhandenen Spannungen zurückzuführen. Eine

hochschrumpfende Faser muß daher einen geringeren kristallinen Anteil aufweisen, damit durch Einwirkung erhöhter Temperatur ein Relaxationsprozeß ausgelöst werden kann.

Die zur Anwendung kommenden Comonomeren sollen also die Kristallisationstemperatur erhöhen, damit bei gleichen Bedingungen der Faserherstellung der Kristallisationsprozeß langsamer vor sich geht. Zu den das Schrumpfvormogen beeinflussenden Faktoren gehört somit der Anteil des Comonomeren und der Streckungsgrad.

Die für das Schrumpfen nötige Energie wird als Schrumpfungsbauarbeit und die beim Schrumpfen entstehende Spannung als Schrumpfungsspannung und Schrumpfungskraft bezeichnet^{7,8}.

Die modifizierte Polyesterfaser Velana ist eine mit Iso-phthalsäure modifizierte Faser. Als Modifizierungskomponente dient Dimethylisophthalat.

Velana S

Chemisch modifizierte Polyesterstapelfasern, die über ein hohes Schrumpfvormogen und eine bessere Anfärbarkeit mit Dispersionsfarbstoffen verfügen, sind gegenüber Einwirkung von Licht, Witterungseinflüssen und in Chemikalien und Alkalien bei Raumtemperatur beständig. In Mischungen mit nichtschrumpfenden Fasern (Velana S und Tesil 31, Wolle u. ä.) besteht daher die Möglichkeit der Herstellung von Hochbauschgarnen, insbesondere für die Strick- und Wirkwarenindustrie. Sie gewährleisten eine hohe Knitterresistenz, Maßbeständigkeit und Gebrauchstüchtigkeit im Fertigartikel⁹⁻¹¹. Velana S-Fasern und die aus ihnen erzeugten Garne sind durch eine hohe Schrumpfungskraft und ein hohes Bauschvermögen gekennzeichnet (Abb. 1, 2, 3).

Velana N

Diese Polyesterstapelfasertypen werden durch Thermofixierung der Faser Velana S erzeugt und als nichtschrumpfende Komponente bei der Herstellung von Hochbauschgarnen verwendet.

Im Laufe der Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Modifizierung von Polyäthylenterephthalatfasern mit Iso-phthalsäure wurde Folgendes festgestellt:

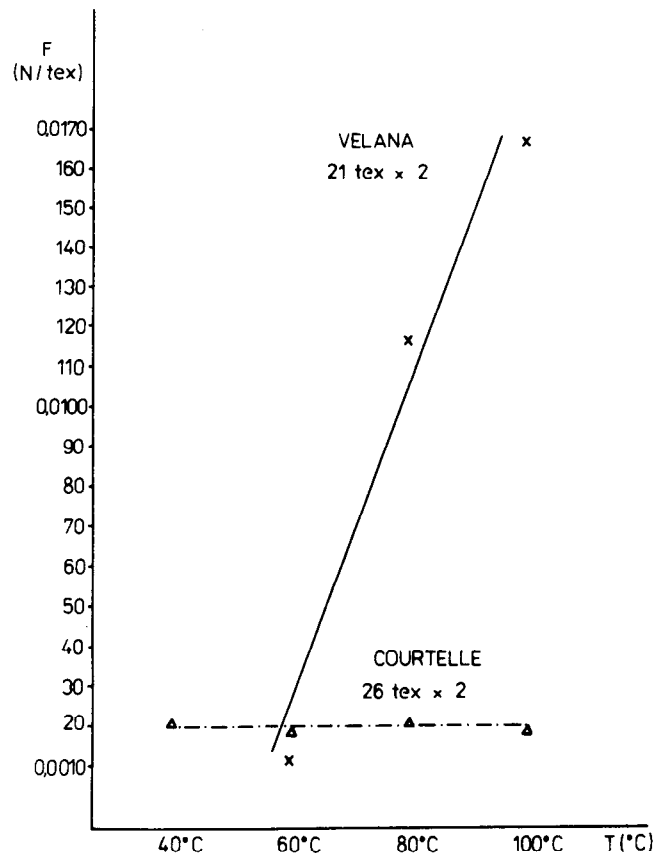


Abb. 1: Schrumpfungskraft von Velana und Courtele-Hochbauschgarnen

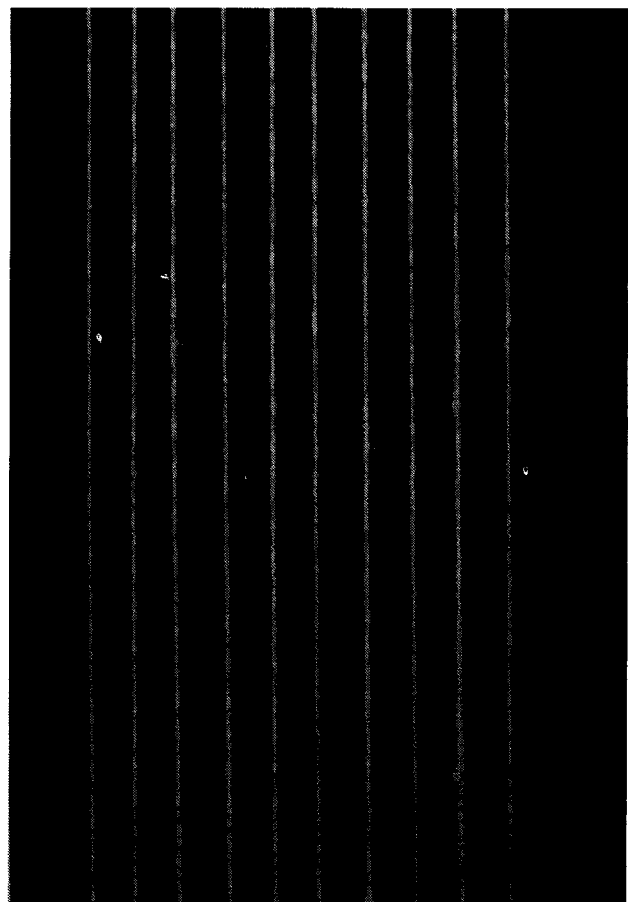


Abb. 2: Velana-Garn 21 tex x 2 vor dem Bauschen

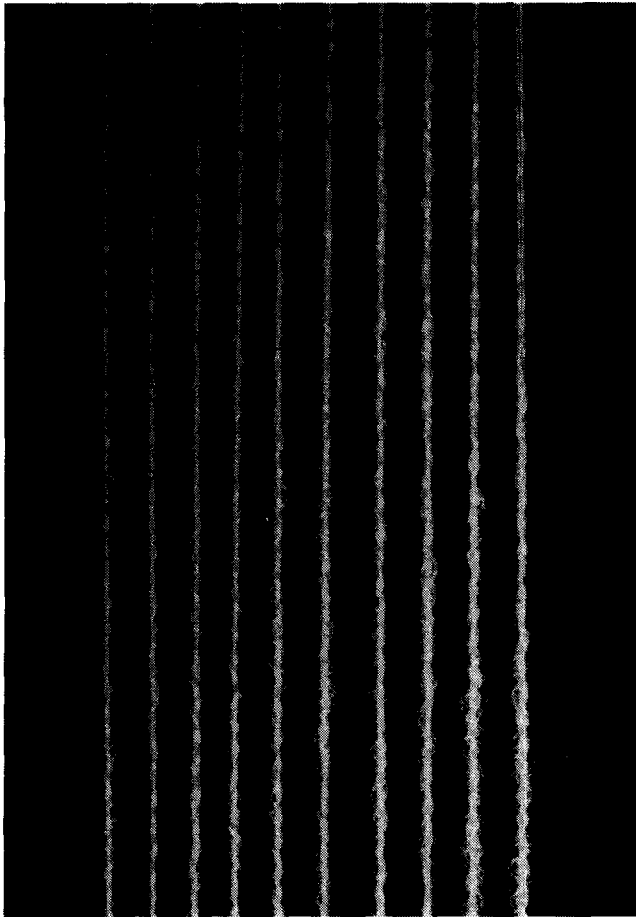


Abb. 3: Velana-Garn 21 tex x 2 nach dem Bauschen

Physikalisch-mechanische Werte der Velana-Faser

| Velana S | Velana N | | | |
|-------------------|-----------------|--|--|--|
| 2,8 dtex/57,75 mm | 3,3 dtex/65 mm | | | |
| 3,6 dtex/57,75 mm | 4,4 dtex/85 mm | | | |
| 4,7 dtex/110 mm | 5,6 dtex/110 mm | | | |
| 5,6 dtex/110 mm | 6,7 dtex/100 mm | | | |

| Velana S | | | | |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Faserfeinheit (dtex) | 2,8 | 3,6 | 4,7 | 5,6 |
| Abweichung (%) | ± 8 | ± 8 | ± 8 | ± 8 |
| Reißfestigkeit (cN/dtex) | 3,7-4,9 | 3,7-4,9 | 3,5-4,6 | 3,5-4,6 |
| Reißdehnung (in %) max. | 55 | 55 | 55 | 55 |
| Bogenanzahl/cm | 3-8 | 3-6 | 3-6 | 3-6 |
| Kochschrumpf (%) | 23-29 | 19-23 | 19-23 | 19-23 |

| Velana N | | | | |
|--------------------------|---------|-----|---------|-----|
| Faserfeinheit (dtex) | 3,3 | 4,4 | 5,6 | 6,7 |
| Abweichung (%) | ± 8 | ± 8 | ± 8 | ± 8 |
| Reißfestigkeit (cN/dtex) | 2,8-3,7 | | 2,6-3,5 | |
| Reißdehnung (in %) max. | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Bogenanzahl/cm | 3-6 | 3-6 | 3-6 | 3-6 |
| Kochschrumpf (%) | 1 | 1 | 1 | 1 |

Durch Erhöhung des Isophthalsäuregehalts als Copolyesterifikationskomponente kann das Schrumpfvermögen der Faser beliebig gesteigert werden. Bei einem 30%igen Gehalt an Isophthalsäure ist es gelungen, eine Faser herzustellen, die einen Schrumpfwert von 92 % aufweist. Dies ist das theoretisch höchstmögliche Schrumpfvermögen.

Neben der Modifizierungskomponente kann das Schrumpfvermögen der Faser auch durch Variierung der Prozeßparameter beim Strecken und Thermofixieren beeinflusst werden.

Es wurde festgestellt, daß das Schrumpfverhalten selbst beim Bauschen durch Relaxation der Fasern nicht entscheidend ist. Der Bauschprozeß, insbesondere aber das resultierende Bauschvermögen, wird jedoch wesentlich von den Schrumpfkräften der modifizierten Faser beeinflusst. Eine Erhöhung des Isophthalsäuregehalts bis auf 10 % hat zwar eine höhere Schrumpfkräften zur Folge, bei einem höheren Gehalt der Modifizierungskomponente sinken jedoch die Schrumpfkräften ab.

Die physikalisch-mechanischen Eigenschaften der hochschrumpfbaren Velana-Faser bewegen sich annähernd auf dem gleichen Niveau wie die einer nichtmodifizierten Polyesterfaser. Die Schmelztemperatur industriell erzeugter Velana S-Fasern beträgt ca. 238° C. Copolymere mit einem hohen Isophthalsäuregehalt können als thermoplastische Kleber eingesetzt werden.

2. 2. Färben von Velana S-Fasern

Bei Fasern des Typs Velana S erfolgt während der thermischen Behandlung eine Desorientierung der Molekülketten in den amorphen Faserbereichen, was in einer besseren Anfärbbarkeit zum Ausdruck kommt. Das Sorptionsverhalten ausgeschumpfter Fasern kommt dem carrierlosen färbbaren Fasern nahe. Wurden beide Komponenten – die schrumpfbare und die nichtschrumpfende – auf gleiche Weise chemisch modifiziert, ist ihr koloristisches Verhalten ähnlich und ihr Färben bereitet keine größeren Schwierigkeiten. Während des Färbens muß jedoch eine minimale Spannung des Materials gewährleistet werden.

Ein besonderes Problem stellt das Färben unter Bedingungen dar, die die Schrumpffähigkeit der Fasern nicht beeinträchtigen sollten, z. B. das Färben von Schrumpffasern in der Flocke oder im Kammzug, d. h. vor dem Bauschen. Damit das Schrumpfvermögen dieser Fasern beibehalten bleibt, ist es notwendig bei wesentlich niedrigerer Färbetemperatur, d. h. bei einer Temperatur bis hin in den Bereich der Glasumwandlungstemperatur, zu färben. Um die Diffusion des Farbstoffes in die Faser zu beschleunigen, werden üblicherweise Carrier eingesetzt. Die Färbetemperatur und Färbezeit wie auch die Carriermenge muß jeweils mit Rücksicht auf die möglich geringste Schrumpfung der Fasern im Färbebad optimiert werden. Die Schrumpfung selbst ist von der Konzentration und Art des verwendeten Carriers abhängig. Üblicherweise wird eine höhere Schrumpfung bei Anwendung wirksamerer Carrier erzielt (Abb. 4).

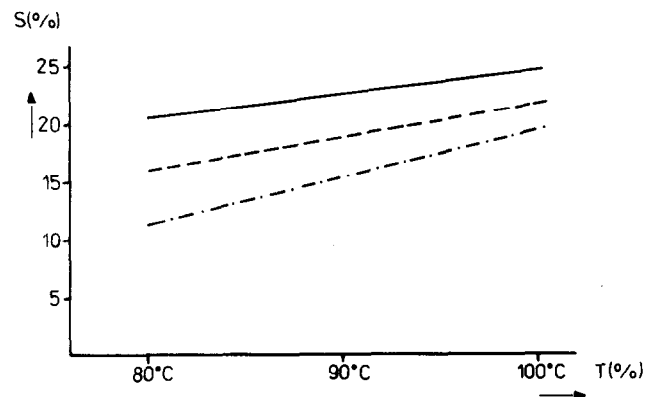


Abb. 4: Einfluß des Carriers auf das Schrumpfen eines Velana-Garnes
 — 6g/l
 - - - 3g/l
 - · - H₂O

Die Abbildung 4 zeigt den Einfluß des Carriers und der Carrierkonzentration auf die Schrumpfung von Velana-Garnen in Abhängigkeit von der Temperatur des Mediums (Wasser), in dem die Schrumpfung erfolgt. Als Carrier wurde ein Methylsalizylat enthaltendes Produkt verwendet¹². Das Färben von Hochschrumpffasern Velana S in der Flocke mit Dispersionsfarbstoffen bei einer Temperatur des Färbebadetes von 60° C hat Vor- und Nachteile.

Die gefärbten Schrumpffasern werden dann mit gefärbten nichtschrumpfenden Fasern versponnen und durch Dämpfen gebauscht. Das Dämpfen kann zugleich auch zur Fixierung der Farbstoffe auf den Fasern dienen. Dies ist ein wirtschaftlich günstiges Verfahren zur Herstellung von Copolyesterhochbauschgarnen, mit dem bei bestimmten Maschenwarensorten zufriedenstellende Resultate erzielt werden. Ähnlich können Hochschrumpffasern auch im Spinnband für die Konverterverarbeitung gefärbt werden.

Der überwiegende Teil des Farbstoffes sammelt sich jedoch beim Färben bei niedrigen Temperaturen auf der Faseroberfläche und in den verhältnismäßig dünnen unter der Oberfläche liegenden Schichten an. Eine bessere Durchfärbung des Materials wird erst beim Bauschen der gefärbten Garne erzielt, wenn eine weitere Diffusion des Farbstoffes in das Faserinnere erfolgt ist, was in einer gewissen Farbtonänderung und geringeren Brillanz der Färbung zum Vorschein kommt. Als Nachteil ist auch die geringere Farbstoffausbeute in einer nur 60° C warmen Färbeflotte zu erwähnen.

2. 3. Hochschrumpf-Polyesterfilamentgarne

Hochschrumpfbare Polyesterfilamentgarne wurden im Chemiefaser-Forschungsinstitut und im Wirkereiforschungsinstitut bereits vor zehn Jahren entwickelt, und zwar für das Hybrifil-Düsentexturierverfahren¹³. Es handelt sich um ein luftblastexturiertes Polyesterfilamentgarn, in dem ein Teil der Filamente ein hohes Schrumpfvormögen aufweist. Es können so spinnfaserähnliche Hochbauschtexturiergarne erzeugt werden. Zwecks Steigerung des Schrumpfvormögens von Polyesterfilamentgarnen kann eine chemische Modifizierung mit Isophthalsäure verwendet werden, als vorteilhafter erwies sich jedoch eine physikalische Modifizierung. Hierbei handelt es sich um das Strecken einer schnellgesponnenen POY-Polyesterfaser.

Durch Veränderung der Temperatur beim Strecken kann das Schrumpfvormögen in einem weiten Bereich variiert werden. Die so hergestellten Filamentgarne wurden in der Maschenwareindustrie zur Herstellung modischer Bekleidungsartikel und Sportbekleidung mit Erfolg getestet, und zwar insbesondere in Systemmischungen mit Baumwolle und Wolle. Eine Serienproduktion wurde jedoch nicht aufgenommen, da die notwendige Maschineneinrichtung nicht vorhanden war. Es handelt sich nämlich um Maschinen, deren Konstruktion dem Luftblasverfahren angepaßt wurde.

Hochschrumpf-Polyesterfilamentgarne fanden in einem beschränkten Maße in Geweben Anwendung, bei denen Kreppeffekte erzielt werden sollten.

2. 4. Andere Fasermodifikationen zwecks Steigerung der Faserschrumpfung

In der Forschung befaßten wir uns weiterhin mit einer kombinierten Fasermodifizierung, und zwar mit zwei Copolyesterkomponenten. Als interessant erwies sich die gleichzeitige Copolyesterifikation mit Isophthalsäure und einem Natriumsalz der 5-Sulphoisophthalsäure. Das bedeutet, daß die Isophthalsäure in dieser Kombination ein hohes Schrumpfvormögen gewährleistet, während das Natriumsalz der Sulphoisophthalsäure die koloristischen Eigenschaften der Faser verbessert und die Pillingneigung reduziert. Es wird darüber hinaus auch eine Affinität zu basischen Farbstoffen erreicht.

Es wurden drei Anwendungsmöglichkeiten von auf diese Art und Weise modifizierten Polyesterfasern getestet, wobei Folgendes festgestellt wurde:

- Die Fasern eignen sich als Hochschrumpffasern zur Herstellung von Hochbauschgarnen.
- Nach der Thermofixierung erhält man pillingarme Fasern, die jedoch in dieser Hinsicht, was die Schrumpfbarekeit und Pillingresistenz anbelangt, mit anderen Fasern wirtschaftlich nicht konkurrieren können.
- Die thermofixierten Fasern können als solche Fasern betrachtet werden, die bei Kochtemperatur carrierlos gefärbt werden können.

Zwecks Erzielung hochschrumpfbare Fasern befaßten wir uns neben der chemischen Modifizierung auch mit der Problematik der physikalischen Modifizierung. Ein höheres Schrumpfvormögen kann durch Strecken bei niedriger Temperatur evtl. durch Kaltstrecken erzielt werden. Der größte Nachteil dieses Verfahrens liegt jedoch in den niedrigen Werten der Schrumpfkraft. Eine weitere Variante ist das sog. Zweistufenstrecken, bei dem in der ersten Stufe auf ein Streckverhältnis von ca. 2 heißgestreckt und die Faser anschließend kalt nachgestreckt wird. Auf diese Weise kann zwar ein hohes Schrumpfvormögen (65 bis 70 %) erzielt werden, jedoch mit dem Nachteil, daß je höher der Schrumpfwert liegt, um so geringer die Schrumpfkraften sind. Es handelt sich somit um kein effektives Verfahren zur Erhöhung der Schrumpfwerte.

3. Textil-technologische Anwendungsmöglichkeiten hochschrumpfbare Velana-Fasern

3. 1. Velana-Hochschrumpffasern in Mischung mit Synthefasern

- Ein 40 % Velana S- und 60 % Velana N - Fasern enthaltendes Hochbauschgarn eignet sich insbesondere für die Maschenwareindustrie.
- Die Mischung 40 % Velana S und 60 % Tesil 31 ergibt Hochbauschgarne, die unter der Bezeichnung Velana-Brillant erzeugt werden. Sie zeichnen sich durch eine geringere Pillingneigung aus, ergeben eine bessere Brillanz der Farbtöne, haben einen angenehmen weichen Griff und eine reduzierte Brennbarkeit. Velana S-Fasern enthaltende Garne werden überwiegend für die Maschenwareindustrie produziert. Hochbauschgarne Velana-Brillant werden in Mengen von 300 bis 400 Tonnen jährlich erzeugt und vorwiegend zur Herstellung von Babyartikeln und Socken verwendet (Abb. 5 u. 6). Zur Zeit werden Garne produziert, die 40 % Velana S und 60 % Tesil 22 enthalten.

3. 2. Hochschrumpffasern Velana in Mischung mit Naturfasern

Velana-Hochschrumpffasern können mit tierischen Naturfasern gemischt und nach dem Relaxationsverfahren zu voluminösen Garnen gebauscht werden. Sie können entweder nach dem Streich- oder nach dem Kammgarnverfahren erzeugt werden. Die Zusammensetzung des Streichgarnes Lambsvela 84 tex und 56 tex ist die folgende: 40 % Wolle, 45 % Velana N und 15 % Velana S. Die Garne eignen sich sehr gut für gestrickte Oberbekleidungsartikel. Gebauscht wird mit Dampf im Fertigartikel. Die Ware hat einen angenehmen wolligen Griff.

3.3. Mischgarne des Typs Akrylana¹⁴

Velana-Hochschrumpffasern können in Mischung mit nichtschrumpfenden PAC-Fasern, evtl. in Kombination mit tierischen Naturfasern, verarbeitet werden. Als typischer Repräsentant von Hochbauschgarnen Akrylana ist die Mischung zu erwähnen, die 40 % Velana S und 60 % stabilisierte PAC-Fasern enthält.

Zweck der Forschung und Entwicklung war die Erzielung günstigerer Eigenschaften als bei den bisher erzeugten Hochbauschgarnen aus 100 % PAC-Fasern des Standardtyps.

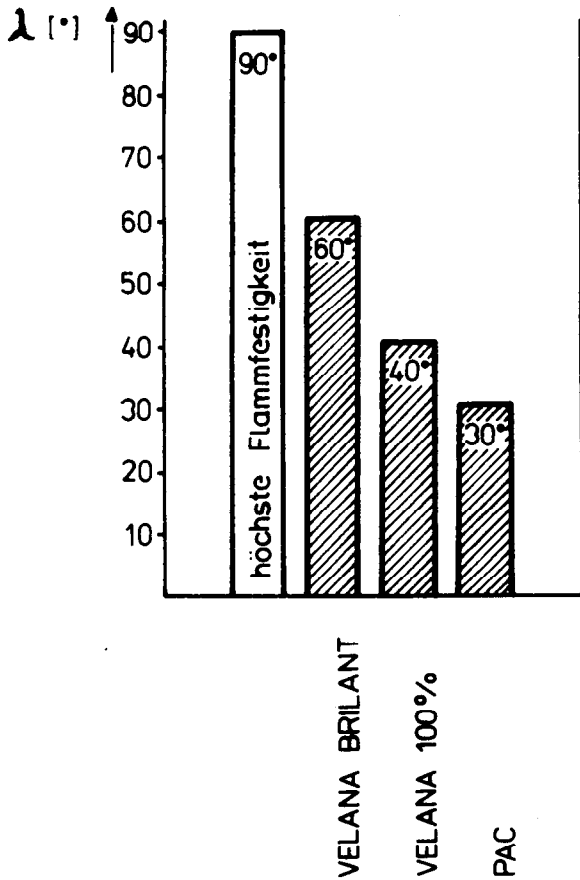


Abb. 5: Brennbarkeit von aus synthetischen Fasern hergestellten Garnen λ = minim. Brennwinkel

Die Technologie der Erzeugung von Akrylana-Hochbauschgarnen beruht in einer Kombination des Kammgarn- und Konverterverfahrens. Die Polyesterspinnfaser Velana S wird nach dem Kammgarnverfahren, das PAC-Spinnband auf einem Konverter verarbeitet. Die beiden Komponenten werden in den Mischpassagen und auf der Strecke vermischt.

Velana S-Fasern werden bei einer Temperatur von 60° C in der Flocke gefärbt, um ein vorzeitiges Schrumpfen der Fasern zu verhindern. Es wird in Färbeapparaten mit ausgewählten Dispersionsfarbstoffen bei Anwendung des Carriers Spolana X einheimischer Provenienz gefärbt. Das Bauschen erfolgt kontinuierlich bei 100° C.

Ein anderes Verfahren sieht das Ausspinnen eines Rohgarnes vor, das nach dem Zwirnen zu Strähnen umgewickelt wird. Das Garn wird bei Kochtemperatur in einem Wasserbad im Färbeapparat gebauscht (sog. Schockverfahren). Die physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Bauschgarnes Akrylana 34 tex x 2, kommen sehr denen des Bauschgarnes aus 100 % Velana-Fasern oder aus 100 % Wolpryla-PAC-Fasern, 34 tex x 2, nahe. Bei Akrylana-Garnen werden jedoch höhere Reißfestigkeits- und Reißdehnungswerte erzielt, und das Garn selbst ist voluminöser. Darüber hinaus werden auch günstige Werte des Reibungskoeffizienten des Garnes erzielt. Garne aus 100 % Wolpryla-Fasern enthalten weniger Nissen und Verunreinigungen.

Eigenschaften von aus Akrylana-Hochbauschgarnen hergestellten Maschenwaren

Maschenwaren, die aus einem Mischgarn Velana S/PAC – 40/60 % hergestellt sind, kommen in ihrer Optik Maschenwaren aus reinen Akrylgarnen nahe. Die Oberflächenbeschaffenheit der Maschenware und der aus ihnen erzeugten Fertigerzeugnisse wird durch die Akrylkomponente günstig beeinflusst. Die Polyesterfasern, die sich vorwiegend im Garninneren befinden, gewährleisten eine gute Stabilität der Innenstruktur. Die verhältnismäßig hohe Reißfestigkeit und der niedrige Reibungskoeffizient des Garnes gewährleisten günstige Laufeigenschaften sowohl auf Spul als auch auf Strickmaschinen. Für die Fertigerzeugnisse sind ein günstiges Bauschvermögen und ein voller, weicher Griff kennzeichnend. Ferner sind auch die hervorragende Formstabilität, Pillingresistenz, Scheuerfestigkeit und das gute Rückerholungsvermögen zu erwähnen. Die Farbtöne sind brillant, die Farbbechtheiten gut.

Akrylana-Hochbauschgarne eignen sich für Herren-, Damen-, Knabepullover u. ä. Artikel. Diese sind pflegeleicht, können entweder gewaschen oder chemisch gereinigt werden.

Eine interessante Entwicklungsrichtung stellt die Dreikomponentenkombination Velana S, nichtschrumpfende PAC-Faser und Wolle dar. Als Naturfaserkomponente kann Schurwolle, Mohair, Kaninhaar, Angorawolle u. ä. verwendet werden.

Hierzu einige Beispiele:

- 30 % tierische Fasern (Wolle, Mohair u. ä.)
55 % PAC-Fasern, stabilisiert, gefärbt
15 % Velana S
- 30 % australische Wolle
20 % Velana S, roh
30 % Tesil 33, gefärbt
20 % PAC-Stapelfasern, stabilisiert, gefärbt
- 40 % Wolle (evtl. in Mischung mit Mohair)
15 % Velana S, roh
45 % PAC-Faser (evtl. in Mischung gefärbt, roh und mit unterschiedlichen Einzeltitern)
(Abb. 7)
- 35 % Wolle (evtl. in Mischung mit verschiedenen Wolltypen, einschließlich Mohair)
50 % PAC-Fasern, gefärbt
15 % Velana S

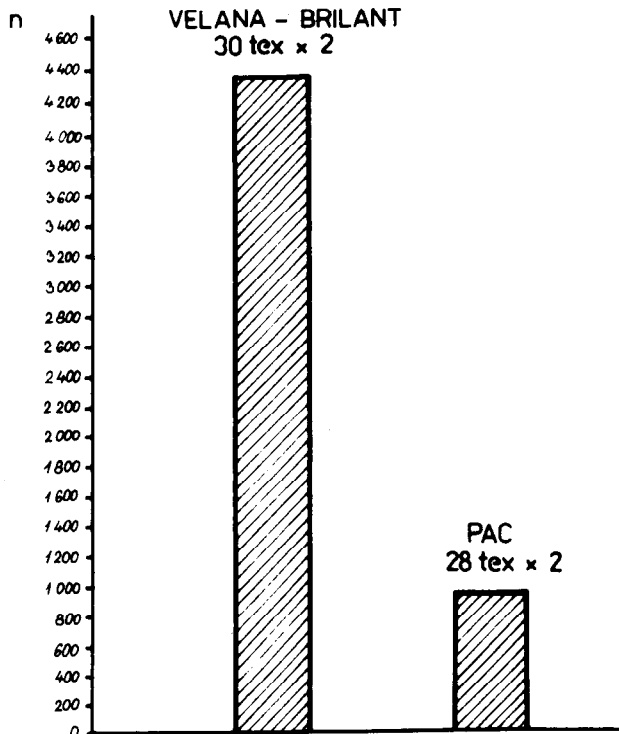


Abb. 6: Scheuerfestigkeit glatter Maschenwaren bis zum Durchscheuern

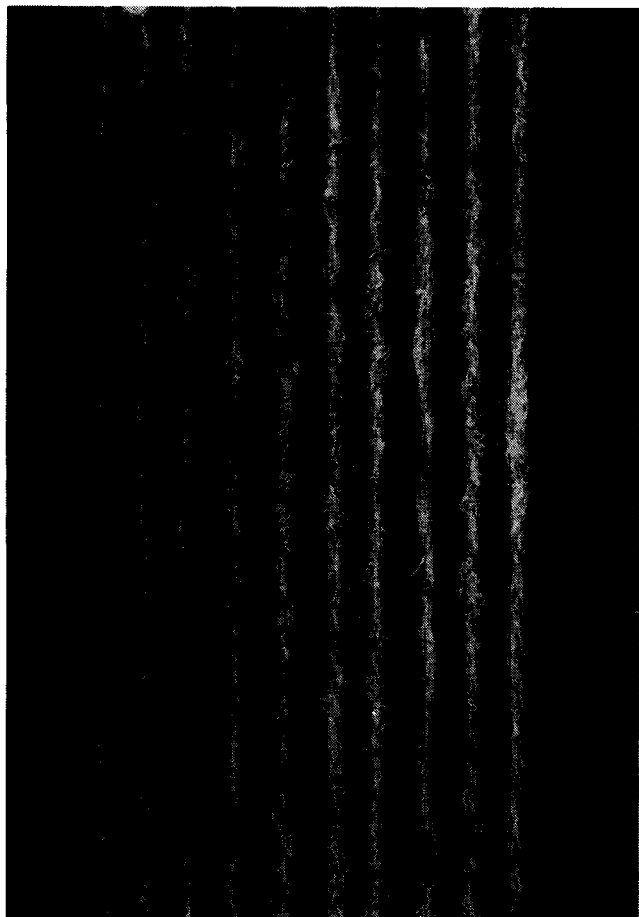


Abb. 7: Velana-Schrumpffasern enthaltendes Novela-Garn

Sämtliche kombinierte Garne, die erwähnt wurden, werden im Garn gebauscht, am vorteilhaftesten kontinuierlich auf Maschinen des Typs Hacoba HB. Artikel, die aus Mischgarnen des Typs Akrylana mit einer Wollkomponente hergestellt sind, verfügen über eine gute Maßbeständigkeit, günstige bekleidungsphysiologische Eigenschaften, gute Farbechtheiten und eine hohe Pillingresistenz; darüber hinaus haben sie einen angenehmen wolligen Griff und sind pflegeleicht, können leicht gewaschen werden und trocknen rasch.

Alle erwähnten kombinierten Mehrkomponentengarne werden nach dem Streichgarnverfahren zu Garnen im Feinheitsbereich 62 tex x 2, 64 tex x 2 und 65 tex x 2 gesponnen. Aus ihnen wird das folgende Artikelsortiment erzeugt: Sportbekleidung, modische Bekleidungsartikel, Kinderbekleidung und Strumpftartikel.

3. 4. Texo-Vela-Verfahren

Nach diesem Verfahren können Maschenwaren mit ausgeprägten Reliefmustern erzeugt werden. Nach den bekannten Strickverfahren werden durch Kombination von Rechts-/Rechts- und Rechts-/Links-Maschenreihen, die nach einem vorgegebenen Muster gegenseitig verbunden sind, Reliefeffekte erzielt. Die Höhe des Reliefmusters ist einerseits von dem Längenunterschied der Maschenschlingen, andererseits von der Anzahl der Rechts-/Links-Maschen bzw. -Reihen im Verhältnis zu den Rechts-/Rechts-Maschenreihen abhängig. Die Herstellung von Mustern dieser Art reduziert natürlich die Leistung der Strickmaschine. Nach der Texo-Vela-Technologie werden reliefgemusterte Maschenwaren mindestens aus zwei Fadensystemen, die sich im Schrumpffvermögen und üblicherweise auch in ihrer Farbstoffaffinität unterscheiden, hergestellt.

Ein Fadensystem besteht aus nicht-schrumpfenden bzw. niedrigschrumpfenden Garnen, die das Reliefmuster auf der rechten Wareseite bilden. Es werden in erster Reihe texturierte synthetische Filamentgarne eingesetzt, z. B. Helanca-Set, Trevira 2000, Diolen-Loft, Slotera Set-Garn, Chemlon Set-Garn u. ä. Im zweiten Fadensystem werden hochschrumpfbare Garne verwendet, am häufigsten Spinnfasergarne. Neben Copolyesterfasern, z. B. Velana, können auch Garne eingesetzt werden, die Schrumpffasern enthalten, z. B. PAC-Fasern. Diese bilden die Grundware.

Nach Herstellung des gewünschten Musters wird die Maschenware ausgeschumpft und gebauscht, und zwar in kochendem Wasser, mit Dampf oder mit Heißluft. Durch Ausschumpfung des Garnes, das den Grund der Maschenware bildet, gelangt das Reliefmuster, das vom texturierten Filamentgarn gebildet wird, an die Warenoberfläche. Nach dem Bauschen und Ausschumpfen der Maschenware folgen die weiteren Ausrüstungsprozesse, bestehend im Färben, Weichmachen und Thermofixieren¹⁵ (Abb. 8).



Abb. 8: Nach dem Texovela-Verfahren hergestellte Maschenware

3. 5. ARA-Texturé-Technologie

In diesem Falle handelt es sich um die Herstellung von Arachne-Nähwirkstoffen mit ausgeprägten Reliefmustern. Die Faserschicht (das Faservlies) wird mechanisch verfestigt, d. h. durch Nähwirken mit Anwendung von zwei Kettfadensystemen, wobei ein jedes Fadensystem in eine selbständige Legeschiene eingezogen wird. Das erste Fadensystem enthält Bindefäden, am häufigsten aus einem PA-Filamentgarn, das nicht schrumpft bzw. nur ein minimales Schrumpffvermögen aufweist. Das zweite Fadensystem

stem ist in der zweiten Legeschiene eingezogen und enthält Schrumpfgarne aus Velana, Rhovyl u. ä. mit einem Schrumpfwert zwischen 30 bis 50 %¹⁶.

3. 6. Hochschrumpf-Copolyesterfasern enthaltende Vliesstoffe

Hochschrumpffasern werden in Vliesstoffen mit dem Ziel eingesetzt, das Vlies zu verfestigen und somit eine Verdichtung des Vliesstoffes zu gewährleisten. Es werden Hochschrumpffasern (30 % Schrumpfung und mehr) und Fasern mit verhältnismäßig niedrigeren Schrumpfkraften im Vergleich zu Fasern, die zur Herstellung von Hochbauschgarnen eingesetzt werden, verwendet. Das Schrumpfverhalten ist von der Faserfeinheit und -länge abhängig. Eine geringere Vliesdichte wird beim Einsatz gröberer Garne erzielt, gleichzeitig ergibt dies jedoch Erzeugnisse von einer weniger gleichmäßigen Struktur. Vliesstoffe größerer Dichte können durch Anwendung feinerer Fasern hergestellt werden. Der Schrumpfeffekt ist von der Verteilung der Fasern im Faservlies abhängig. Ein isotropes Faservlies gewährleistet Vliesstoffe größerer Dichte, während ein anisotropes Vlies (hergestellt auf Krempeln) ein Vlies gleicher Dichte ergibt, wobei jedoch die Dichte des Vliesstoffes nach dem Ausschumpfen um 20 % niedriger liegt. Der höchste Schrumpfeffekt wird bei einer schockartigen Einwirkung maximaler Temperaturen erreicht (sog. Schockschrumpfen). Im Falle hochschrumpfbare Copolyesterfasern wird das Schrumpfverhalten wesentlich vom Medium, in dem geschrumpft wird (Wasser, Dampf, Luft), beeinflusst. Im Wollforschungsinstitut¹⁷ wurden zwei Filterarten aus Nadelfilzen für die industrielle Filtration von Abgasen entwickelt. Der aus einem Vliesstoff hergestellte Filterstoff enthält Velana S – Hochschrumpffasern 2,8 dtex/57 mm. Die Schrumpffaser bewirkt das Ausschumpfen des textilen Flächengebildes um 12 bis 40 % (flächenmäßig). Dadurch wird die Struktur der Textilfläche wesentlich verdichtet und das Filtriervermögen gesteigert.

Für Schlauchfilter mit mechanischer Staubbeseitigung durch Abklopfen wurde das Produkt Finet VF 58/V mit einem gewebten Unterlagsstoff entwickelt. Für Beutelfilter, die geringeren mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt werden, wurde der Artikel Fitevig PES 700 ohne Unterlagsstoff entwickelt (Abb. 9, 9a, 10, 10a).

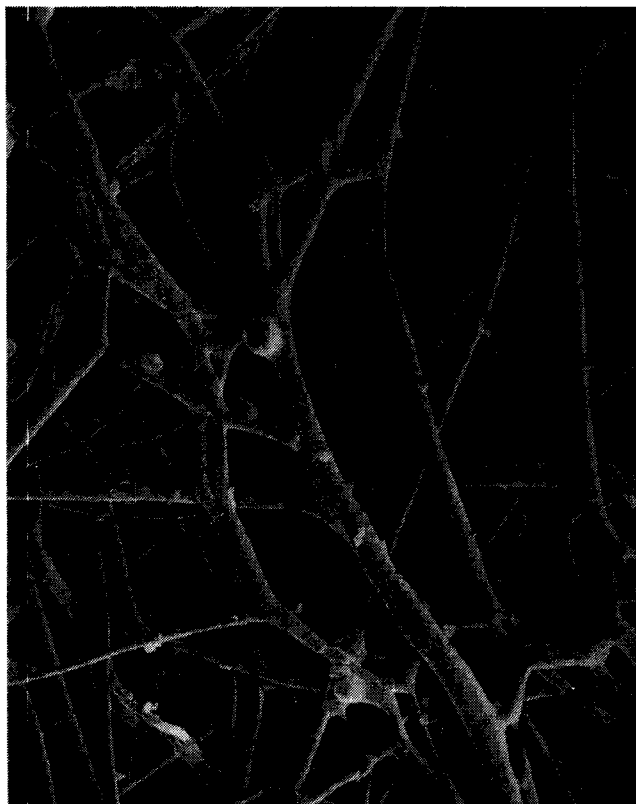


Abb. 9: Vliesstoff Finet VF 58/V für Filtrationszwecke – Warenoberfläche (Rasterelektronenmikroskop – 150fache Vergrößerung)

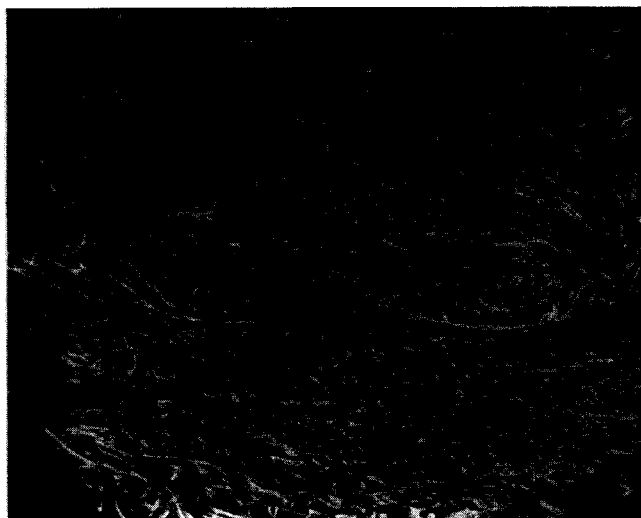


Abb. 9a: Vliesstoff Finet VF 58/V für Filtrationszwecke – Querschnitt (Rasterelektronenmikroskop 52fache Vergrößerung)

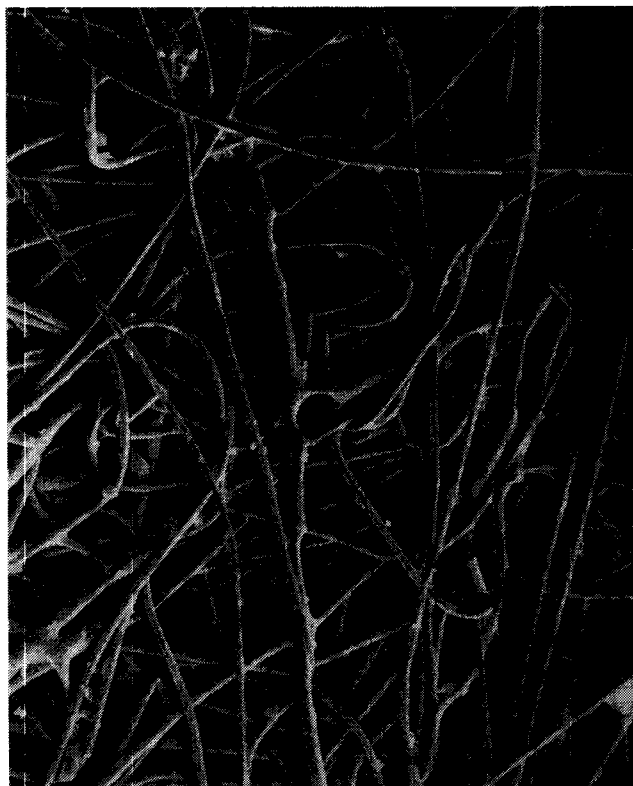


Abb. 10: Vliesstoff Fitevig PES 700/X für Filtrationszwecke – Warenoberfläche (Rasterelektronenmikroskop 150fache Vergrößerung)

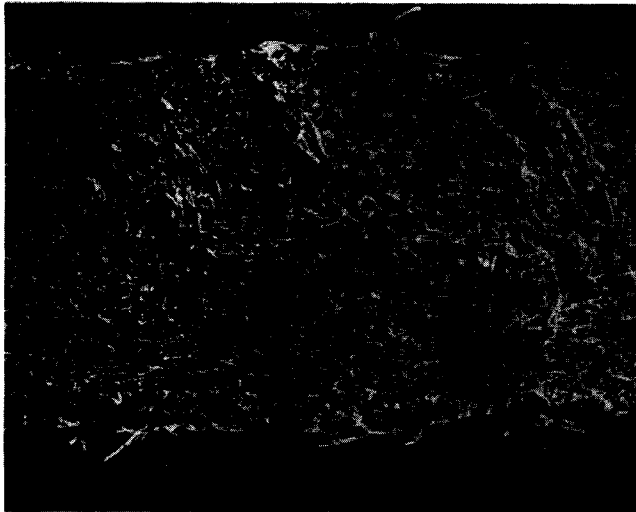


Abb. 10a: Vliesstoff Fitevig PES 700/X für Filtrationszwecke – Querschnitt (Rasterelektronenmikroskop 50fache Vergrößerung)

3. 7. Reliefgemusterte Aracolor-Tapisserien aus Vliesstoffen

Bekannt sind Tapisserien aus Vliesstoffen, die nach dem Nähwirkverfahren, Nadelfilzverfahren oder Thermobondingverfahren hergestellt werden.

Bei Anwendung der erwähnten Verfahrensvarianten können mit Hilfe eines herkömmlichen Materials keinesfalls Tapisserien mit ausgeprägten Reliefmustern erzeugt werden. Reliefmuster sind hingegen durch Verarbeitung von Hochschrumpffasern, z. B. Velana S, zu erreichen. Hochschrumpffasern werden vorwiegend in die Grundschrift des Faservlieses, manchmal aber auch in einen gewissen Teil des für die Musterung bestimmten Materials verarbeitet. Die Tapisserie wird nach der Verfestigung (durch Nadelfilzen, Nähwirken u. ä) gedämpft, um ein Schrumpfen der Fasern auszulösen: Dem wohlbekanntem Mechanismus entsprechend, gelangen bestimmte Musterkompositionen an die Oberfläche der Tapisserie und bilden hier ein Reliefmuster. Dieser Effekt ist bei Vliesstofftapisserien durch kein anderes technologisches Verfahren zu erreichen (Abb. 11).

3. 8. Polyester-Schrumpffasern enthaltende Strickpelze

Als dauerndes Problem bleibt bei der Herstellung von Pelzimitaten die feste Verankerung des Faserflors im Grund des Strickpelzes. Zu diesem Zweck wird häufig Latex oder ein anderer Binder verwendet, der mit einer Rakel auf die Grundware aufgetragen wird. Die Verankerung des Faserflors ist zwar zufriedenstellend, das Verfahren selbst erhöht jedoch die Warenmasse und Steifigkeit des Strickpelzes und ist darüber hinaus mit einem hohen Energiebedarf verbunden.

Durch die Anwendung eines Polyester-Schrumpfgarnes im Grund des Strickpelzes und durch anschließendes Schrumpfen kann eine sehr gute Verankerung des Faserflors erzielt werden. Geschrumpft werden mit Heißluft, Dampf oder in Wasser bei Kochtemperatur. Auf den Zusatz von Latex kann verzichtet werden. Der Strickpelz ist wesentlich leichter, weicher und geschmeidiger, er ist stabil und schrumpft nicht. Es wird eine Copolyester-Schrumpffaser der Feinheit 3,3 dtex und mit der Schnittlänge 35 mm verwendet. Der Schrumpfwert in Wasser bei Kochtemperatur beträgt 50 bis 55 %. Das Garn hat die Feinheit 30 tex und eine Dehnung von 20 % und 662 Drehungen/m¹⁹.

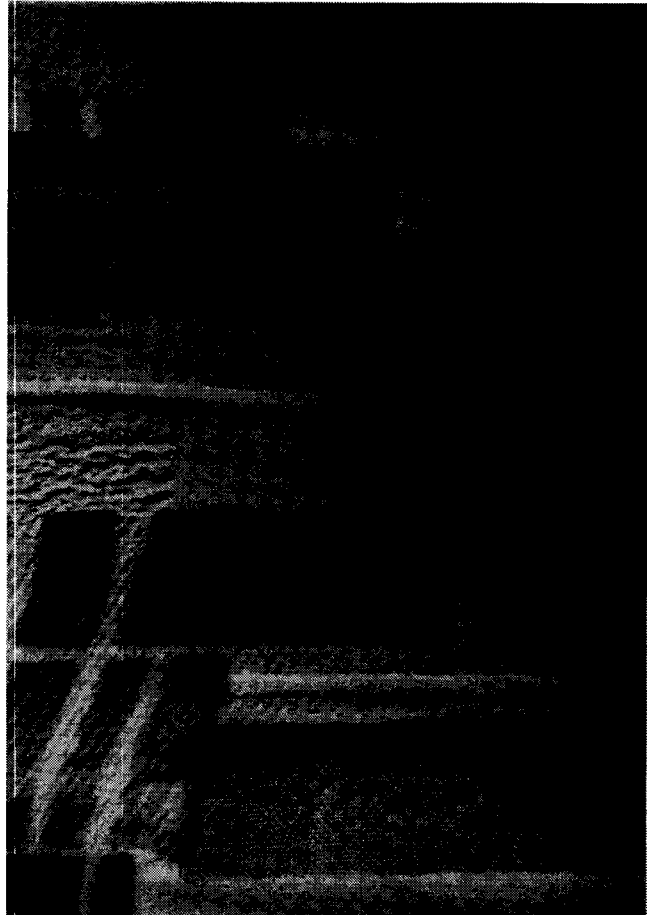


Abb. 11: Vliesstoff-Tapisserie Aracolor

3. 9. Grundprinzip des Konstruierens von Hochschrumpf-Copolyesterfasern Velana enthaltenden Maschenwaren

Für das Ausspinnen werden üblicherweise Hochschrumpffasern mit feineren Titern und größerer Schnittlänge als für die beigemischte nichtschrumpfende Komponente gewählt. Die Unterschiede werden nach dem Bauschen des Garnes, d. h. nach dem Ausschrumpfen der Hochschrumpfkomponekte, ausgeglichen. Da Velana-Fasern im Vergleich zu nichtmodifizierten Fasern geringere Reißfestigkeits- und Biegefestigkeitswerte aufweisen, sind die Verarbeitungsbedingungen ähnlich wie bei pillarmen Polyesterfasern. Die im Vergleich zu nichtmodifizierten Fasern niedrigere Schmelztemperatur erfordert, daß der Verarbeitung außerordentliche Aufmerksamkeit gewidmet wird, insbesondere dort, wo eine Gefahr des Faseranschmelzens besteht. Die Garndrehungen werden niedriger gewählt, damit sie ein genügendes Bauschen des Garnes gestatten.

Was die gewünschte Voluminösität der Maschenware anbelangt, wird für die vor dem Strickprozeß gebauschten (ausgeschrumpften) Garne eine Spindrehung $\alpha_m = 39$ und eine Zwirndrehung $\alpha_m = 35$ empfohlen. Bei Rohgarnen, die erst in der Maschenware gebauscht werden, erwiesen sich etwas niedrigere Zwirndrehungen als vorteilhaft, da diese ein Kringeln des Garnes und einen Schräglauf der Maschenware eliminieren. Durch das Ausschrumpfen des Garnes wird die in tex ausgedrückte Feinheit um ca. 20 % und das spezifische Volumen um ca. 30 % erhöht. Der größte Bauscheffekt wird bei Mischungen erzielt, die 40 % Hochschrumpffasern enthalten. Für Maschenwaren eignen sich am besten die nach dem Kammgarnverfahren hergestellten Zwirne (21 tex, 28 tex, 30 tex) und eventuell

Streichgarne (50 tex, 56 tex) aus einer Mischung von Polyester-Hochschrumpffasern mit pillarmen Polyesterfasern, PAC-Fasern und Wolle.

Eine sehr wichtige Voraussetzung für die Herstellung hochwertiger Maschenwaren ist die Bestimmung der richtigen Maschendichte. Bei der Verarbeitung von Bauschgarne muß daher ihr größeres Volumen berücksichtigt werden. Für nichtausgeschrumpfte Garne kann die richtige Maschendichte am besten durch eine vorherige Schrumpfung eines Mustern festgelegt werden. Aus nichtausgeschrumpften Garnen werden Oberbekleidungsartikel (Ausschrumpfen in der Maschenware) auf Flachstrickmaschinen hergestellt. Die Auswahl der anwendbaren Bindungsarten ist im Vergleich zur Herstellung von Maschenwaren aus nichtgeschrumpften (d. h. glatten) Garnen wesentlich eingeschränkt.

4. Modifizierte anionisch anfärbare Polyesterfasern

Anionisch modifizierte Polyesterfasern repräsentieren eine sehr weitverbreitete Art der Polyesterfasermodifizierung.

Es ist bekannt, daß sich die Molekülketten des Polyethylenterephthalats fast neutral verhalten. Nur einige Endgruppen sind Carboxylgruppen (COOH). Mit Rücksicht auf die geringe Acidität dieser Gruppen und die kompakte Struktur sind die Fasern jedoch nicht mit kationischen Farbstoffen anfärbbar. Die mit diesen Farbstoffen anfärbaren Fasern können nur durch Modifizierung mit einem geeigneten Monomeren hergestellt werden, das eine stark saure Gruppe enthält. Am besten geeignet ist eine Sulphogruppe, obwohl auch eine Gruppe, die einen Phosphorsäureester enthält, in Frage kommen kann. Durch Zusatz von 2 bis 3 % eines geeigneten Salzes (Natrium- oder Kaliumsalz) eines sulphonierten Monomeren (herkömmliche Dicarboxylsäure) während des Polykondensationsprozesses können kationisch anfärbare Fasern hergestellt werden. Als Modifizierungskomponenten eignen sich beispielsweise auch einige aliphatische oder aliphatisch-aromatische ternäre Amino- und Benzimidazol-derivate. Die auf diese Weise modifizierten Fasern sind anionisch anfärbbar. Ein Nachteil besteht darin, daß die Faser gelb verfärbt wird. Die Lichtechtheiten kationischer Farbstoffe sind jedoch im Vergleich zu Farbestechtheiten, die bei Acrylfasern erreicht werden können, niedriger.

Tesil 31, Tesil 32, Tesil 33 und Tesil 34 sind Polyesterfasern, die mit einem Dimethyl-Natriumsalz der 5-Sulphoisophthalsäure modifiziert wurden.

Die Eigenschaften der Sulphosäure und ihr Einfluß auf die Polyesterfaser wurde im Chemiefaserforschungsinstitut in Svit eingehend untersucht, wobei folgende Feststellungen gemacht wurden:

- Die Anwesenheit der Sulphogruppe erhöht wesentlich die Schmelzviskosität des Polymeren, wodurch der Verlauf des Spinn- und Streckprozesses begünstigt wird.
- Die Herabsetzung der relativen Molekularmasse hat eine wesentliche Reduzierung der Pillingneigung zur Folge.
- Die aufgelockerte Struktur der amorphen Faserbereiche kommt durch eine beschleunigte Diffusion der Farbstoffe, durch Elektrolyte und andere Penetrierungsmittel zum Vorschein. Darauf ist auch die Bildung von Oligomeren zurückzuführen.
- Neben der Anfärbbarkeit mit kationischen Farbstoffen wird auch die Anfärbbarkeit der Fasern mit Dispersionsfarbstoffen positiv beeinflusst.
- Die Anwesenheit der Sulphogruppe trägt zur reduzierten Brennbarkeit der Faser bei (Abb. 5).
- Infolge von Nebenreaktionen entsteht eine große Menge an Diethylenglykol, was sich auf die Fasereigenschaften negativ auswirkt.
- Die Fasern weisen eine geringe chemische Beständigkeit auf, insbesondere bei höheren Temperaturen in alkalischem Milieu. Der größte Nachteil anionisch modifizierter Polyesterfasern beruht in ihrer höheren Neigung zum

hydrolytischen Abbau, z. B. in heißen Färbefloten. Die hydrolytischen Prozesse müssen durch Zusatz von neutralen Elektrolyten, z. B. Na_2SO_4 „geregelt“ werden.

- Kaliumsalze, die die Sulphogruppe neutralisieren, verzögern den Polykondensationsprozeß und insbesondere die Nebenreaktionen; die übrigen Auswirkungen unterscheiden sich nicht wesentlich von denen der Natriumsalze. Ammoniumsalze heben den Polykondensationsprozeß auf, Salze zweiwertiger Metalle führen zu einer Vernetzung der Polyesterfasern, was häufig den Polykondensationsprozeß bremst.

Was die Bildung von Oligomeren anbelangt, ist bekannt, daß der Oligomeregehalt durch eine jede chemische Modifizierung erhöht wird. Es ist interessant, daß auch in einer mit Natriumsalz der 5-Sulphoisophthalsäure modifizierten Faser das zyklische Trimer überwiegt. Oligomere, die eine Sulphogruppe enthalten, gibt es nur sehr wenige. Zum Unterschied von Polyesterfasern treten hier auch lineare Oligomere mit Carboxylendgruppen auf²⁰.

4. 1. Modifizierte Polyesterfaser Tesil 31 und Tesil 32

Diese Fasern sind durch eine reduzierte Pillingneigung und bessere Anfärbbarkeit gekennzeichnet. Ferner weisen die Fasern eine Kräuselung auf, sind thermisch stabilisiert und antistatisch ausgerüstet.

Tesil 31 wird diskontinuierlich in Form von Stapelfasern erzeugt, während Tesil 32 kontinuierlich in Form von Reiß- und Schneidkabeln hergestellt wird.

Infolge der chemischen Modifizierung weisen diese Fasern eine geringere Beständigkeit in Chemikalien auf als nicht-modifizierte Polyesterfasern, z. B. Tesil 12. Bei ihrer Verarbeitung muß diesen Eigenschaften Rechnung getragen werden.

Ein Vorteil der modifizierten Faser Tesil 31 und Tesil 32 beruht in der Möglichkeit des Färbens bzw. Bedruckens mit basischen Farbstoffen. Es werden sehr brillante Farbtöne erzielt. Die meisten kationischen Farbstoffe sind in heißem Wasser nach dem Anteigen mit Essigsäure löslich. Beim Färben erfolgt eine Diffusion der kationischen Farbstoffe in die Faser und ihre Immobilisierung auf den zugänglichen Sulphogruppen. Es gilt, daß die Summe der Konzentration an Farbstoffkationen und Natriumionen der Konzentration der Sulphogruppen gleich ist. Für den Farbstoff ist jedoch nur der Teil der Sulphogruppen zugänglich, der sich in den niedrig orientierten Bereichen der amorphen Phase befindet.

Zum Unterschied von Dispersionsfarbstoffen ziehen kationische Farbstoffe auf anionisch modifizierte Fasern fast vollkommen bis zum Erreichen des Sättigungsbereiches auf. Das bedeutet, daß sie sämtliche frei zugängliche Sulphogruppen, eventuell auch Carboxylgruppen, besetzen. Ein Hinweis für die Annäherung an den Sättigungsgrad ist das abrupte Festhalten des Farbstoffes im Färbegrad. Im Gegenteil zu den PAC-Fasern besteht bei anionisch modifizierten Polyesterfasern ein wesentlicher Unterschied zwischen den in der Praxis erzielten und den Gleichgewichtssättigungswerten. Von wesentlicher Bedeutung sind natürlich auch die Temperatur, der Zusatz des Carriers und weitere Faktoren, die die Diffusion des Farbstoffes in die Faser beeinflussen. Ein weiteres Merkmal des Ionenaustauschmechanismus beim Färben beruht darin, daß die Diffusionsgeschwindigkeit von der Farbstoffkonzentration des Färbegades fast unabhängig ist; dies bezieht sich insbesondere auf die ersten Phasen des Färbeprozesses²¹.

Die Färbegeschwindigkeit nimmt mit der Temperatur nicht so sprunghaft zu wie bei PAC-Fasern. Darüber hinaus wird der Färbeprozess durch Zusatz eines neutralen Elektrolyten gewissermaßen verzögert. Im Vergleich zum Färben mit Dispersionsfarbstoffen verkompliziert das Färben mit kationischen Farbstoffen wesentlich das Problem der gegenseitigen Kombinierbarkeit der Farbstoffe. Bereits im Falle sehr heller Farbtöne, d. h. weit unter dem Sätti-

gungswert, ziehen einige Farbstoffe bevorzugt auf die Faser auf und blockieren mehr oder weniger das Aufziehen anderer Farbstoffe, und dies trotz identischer Ausziehkurven einzelner Farbstoffe. Um den gewünschten Farbton gewährleisten zu können, müssen demnach solche Farbstoffkombinationen gewählt werden, bei denen sich die einzelnen Farbstoffe gegenseitig nicht blockieren können.

Die wichtigsten Vorteile der Anwendung kationischer Farbstoffe gegenüber Dispersionsfarbstoffen sind die folgenden²²:

- bessere Farbstoffausbeute und somit geringere Abwasserbelastung,
- Sublimierbarkeit der Färbungen und hohe NaBechtheiten, auch bei erhöhten Temperaturen,
- bessere Farbstoffausgiebigkeit und somit niedrigerer Preis.

Es wird angegeben, daß beim Übergang von Dispersionsfarbstoffen zu kationischen Farbstoffen im Falle tiefster Farbtöne Einsparungen bis zu 50 % erzielt werden können. Andererseits ist jedoch eine Reihe weiterer Probleme zu überwinden, und zwar insbesondere folgende:

- es müssen Farbstoffe entsprechend ihren Kombinationsnummern gewählt werden,
- reduziertes Migrationsvermögen und somit auch ein erhöhtes Risiko der unegaligen Färbung, insbesondere bei Temperaturen über 90° C,
- Herabsetzung der Lichtechtheiten um ein bis zwei Noten im Vergleich zu den beim Färben von Acrylfasern mit den gleichen Farbstoffen erzielbaren Lichtechtheiten.

Mit Rücksicht auf ihre Kombinierbarkeit und Lichtechtheiten ist die Auswahl kationischer Farbstoffe genügend eingeschränkt.

Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen werden kationische Farbstoffe, insbesondere für das Färben auf sehr tiefe Farbtöne, eingesetzt (in Fällen, in denen mit Rücksicht auf die Farbstoffausbeute und -ausgiebigkeit die größten ökologischen und ökonomischen Vorteile erreicht werden). Dabei ist es wichtig, daß auch in diesen Fällen womöglich nur zwei Farbstoffe kombiniert werden. Das Färben mit drei Farbstoffarten ist nur für das carrierlose HT-Färben vorteilhaft. Es können aber auch kationische Farbstoffe erfolgreich zur Erzielung von Multicoloreffekten (Differential-Dyeing) bei Mischungen nichtmodifizierter Polyesterfasern und modifizierter Polyesterfasern genutzt werden.

Für das Färben anionisch modifizierter Polyesterfasern werden in der Praxis folgende drei typische Verfahren verwendet:

- Färben bei Kochtemperatur, 60 bis 90 Minuten, mit Zusatz von 3 g/l Carrier,
- HT-Färben bei 105 bis 110° C, 60 bis 90 Minuten, mit Zusatz von 1 bis 2 g/l Carrier,
- HT-Färben bei 115 bis 120° C, 60 bis 90 Minuten, ohne Carrier.

In sämtlichen Fällen beginnt das Färben bei 60° C. Diese Temperatur wird während 20 bis 45 Minuten auf die höchste Färbetemperatur erhöht. Das carrierlose HT-Färbeverfahren ist im Hinblick auf die erzielbaren höchsten Lichtechtheiten am besten geeignet, birgt jedoch in sich ein größeres Risiko der Faserbeschädigung.

Für das Färben mit Dispersionsfarbstoffen eignen sich die herkömmlichen ausgewählten Farbstoffgruppen, die für Polyesterfaser bestimmt sind. Sie können sowohl nach dem HT-Färbeverfahren als auch nach dem Thermosol-Färbeverfahren bei Temperaturen, die um 10 bis 15° C niedriger liegen als beim Färben mit Tesil 12, bei Kochtemperatur mit Zusatz eines Carriers oder im Falle heller und mittlerer Farbtöne auch bei Kochtemperatur carrierlos eingesetzt werden. Beim Färben von Geweben oder Maschenwaren, die aus Garnkombinationen oder Mischgarnen aus Tesil 12 und Tesil 31 hergestellt sind, kann vorteilhaft das Differential-Dyeing-Verfahren Anwendung finden (Bicolorefekte bei Kombination basischer Farbstoffe und Dispersionsfarbstoffe).

Tesil 31 wird in den folgenden Feinheiten und Schnittlängen produziert:

- 3,1 dtex/57 mm,
- 4,4 dtex/38, 65, 85, 110 mm,
- 6,6 dtex/38, 85, 100 mm,
- 11 dtex/38, 85, 100 mm.

Physikalisch-mechanische Werte von Tesil 31-Fasern

| | | | | |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Faserfeinheit (dtex) | 3,1 | 4,4 | 6,7 | 11 |
| Abweichung (%) | ± 8 | ± 8 | ± 8 | ± 8 |
| Reißfestigkeit (cN/dtex) | 3,1-3,8 | 2,7-3,4 | 2,7-3,4 | 2,5-3,1 |
| Reißdehnung max. (%) | 62 | 62 | 62 | 62 |
| Kochschrumpf max. (%) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Bogenanzahl/cm | 3-8 | 3-6 | 3-6 | 3-6 |

Das Tesil 32-Spinnkabel wird in den Feinheiten 4,4 dtex x 61 Ktex für die Verarbeitung auf Schneid- und Reißkonvertern erzeugt.

Physikalisch-mechanische Werte von Tesil 32-Fasern

| | Reißkabel | Schneidkabel |
|--------------------------|-----------|--------------|
| Faserfeinheit (dtex) | 4,4 | 4,4 |
| Abweichung (%) | ± 8 | ± 8 |
| Reißfestigkeit (cN/dtex) | 2,7-3,4 | min 2,6 |
| Reißdehnung max. (%) | 45 | 52 |
| Bogenanzahl/cm | 3-6 | 3-6 |
| Kochschrumpf max. (%) | 1 | 1 |

Tesil 31 und Tesil 32 eignen sich zur Herstellung wollartiger Streichgarne, die zu Geweben lockerer Struktur verarbeitet werden. Dies geschieht dann, wenn eine geringere Pillingneigung, ein weicher Griff, eine bessere Anfärbbarkeit und die Erzielung brillanter Farbtöne gewünscht werden. Das heißt, daß es sich um buntgewebte und stückgefärbte Gewebe aus wollartigen Streichgarnen handelt, die für Herrenanzüge, Damenkleider, Kostüm- und Mantelstoffe, Möbelstoffe usw. bestimmt sind.

Im Sortiment von Geweben, die aus Kammgarnen hergestellt werden, finden diese im Falle der Verarbeitung als Einfachgarne zu Geweben lockerer Bindungen Anwendung, ferner auch in Florgeweben und überall dort, wo brillantere Farbtöne gewünscht werden (stückgefärbte Damenkleiderstoffe, Gewebe für das Bedrucken usw.).

Zur Herstellung von Maschenwaren eignen sich in erster Linie Kammgarne aus Mischungen von Wolle und Zellwolle für Herren-, Damen- und Kinder-Oberbekleidung. Die Erzeugnisse sind durch eine hervorragende Maßbeständigkeit und ebensolchen Trage- und Pflegekomfort gekennzeichnet.

Für die Herstellung naß- und trockengesponnener leinenartiger Garne eignen sich Fasern der Feinheit 4,4 dtex. Die aus ihnen hergestellten Garne finden in Anzug- und Kostümstoffen, Kleiderstoffen, Dekorationsstoffen und Maschenwaren Anwendung.

4. 2. Modifizierte Polyesterfasern Tesil 33 und Tesil 34

Bei der Herstellung dieser Faserarten wird ein höherer Anteil der Modifizierungskomponente als bei Tesil 31 und Tesil 32 verwendet. Die Fasern sind gekräuselt und thermofixiert, antistatisch ausgerüstet und mit einem auswaschbaren Avivagemittel versehen.

Tesil 33 wird diskontinuierlich in Form von Stapelfasern erzeugt, während Tesil 34 in Form von Spinnkabeln für Schneid- und Reißkonverter zur Verfügung steht.

Infolge einer intensiveren chemischen Modifizierung weisen diese Fasern eine geringere Beständigkeit gegenüber Chemikalien auf als die nichtmodifizierte Polyesterfasern Tesil 12. Auch bei dieser Faserart müssen diese Eigenschaften bei der Verarbeitung berücksichtigt werden.

Ein Vorteil der Fasern besteht darin, daß sie mit basischen Farbstoffen auf sehr brillante Farbtöne gefärbt und bedruckt werden können. Für das Färben mit Dispersions-

farbstoffen eignen sich die herkömmlichen Farbstoffgruppen ausgewählter Handelsmarken, die für Polyesterfasern bestimmt sind. Sie können nach dem HT- und Thermosol-Verfahren bei Temperaturen angewendet werden, die um 10 bis 15° C niedriger liegen als beim Färben von Tesil 12. Ferner kommt auch das Färben bei Kochtemperatur bzw. im Falle von hellen und mittleren Farbtönen auch das carrierlose Färben bei Kochtemperatur in Frage. Beim Färben von Geweben oder Maschenwaren, für deren Herstellung Garnkombinationen oder Mischungen von Tesil 12 und Tesil 33 verwendet wurden, kann auch das Differential-Dyeing (d. h. Färben auf Bicoloreffekte durch Kombination von basischen Farbstoffen und Dispersionsfarbstoffen) vorteilhaft verwendet werden.

Tesil 33 und Tesil 34 eignen sich insbesondere in den Fällen, in denen ihre reduzierte Pillingneigung, ihr angenehmer Griff, ihre bessere Anfärbbarkeit und die Möglichkeit der Erzielung brillanter Farbtöne genutzt werden können. Sie finden insbesondere bei der Herstellung wollartiger Gewebe, in Maschenwaren aus Streichgarnen, in Geweben aus Einfachgarnen oder in lose eingestellten Geweben Anwendung.

Zusammenfassung

- Modifizierte Polyester-Hochschrumpffasern Velana S können nicht nur bei der Herstellung von Hochbauschgarnen Anwendung finden, sondern auch bei der Erzeugung spezieller textiler Flächegebilde, insbesondere reliefmusterter.
- Ganz besonders eignen sich Hochschrumpf-Polyesterfasern für technische Textilien (z. B. Filter u. ä.).
- Bisher ungenutzt sind Mischgarne aus Hochschrumpf-Polyesterfasern, PAC-Fasern und Wolle geblieben, die sehr interessant sind.
- Den größten Anteil chemisch modifizierter Polyesterfasern repräsentieren Fasern, die mit einem Natriumsalz der 5-Sulphoisophthalsäure modifiziert worden sind (Fasern des Typs Tesil 31, 32). Durch die Fasermodifizierung wird nicht nur die Anfärbbarkeit mit basischen Farbstoffen und Dispersionsfarbstoffen erzielt, sondern auch ihre Pillingneigung reduziert.

Literatur

- 1) Albrecht, W., Knepe, P. E.; *Chemiefasern* 6, 440 – 449 (1969)
- 2) Piller, B.: Application of High Voluminous Copolyester Fibres in the Knitting Industry; Vortrag anlässlich des 16. IFKT-Kongresses in New York, 1971
- 3) Albrecht, W.; *Chemiefasern* 10, 746 (1968)
- 4) Jakob, F.: Polyesterfasern der zweiten Generation; Vortrag anlässlich des 10. Internationalen Chemiefaserkongresses, Dornbirn 1971
- 5) Lacko, V.: Herstellung und Eigenschaften von PES-Fasern; ALFA-Bratislava, 1968
Lacko, V.: Ausgewählte Probleme der Herstellung von Polyesterfasern zweiter Generation; Vortrag anlässlich der Chemiefasertagung, České Budějovice 1972
Lacko, V., Ružička, J.: Neue Erkenntnisse bezüglich der Reaktivität der Sulphogruppe in modifizierten Polyesterfasern; Vortrag anlässlich der 12. Chemiefasertagung, České Budějovice, 1976
- 6) Militký, J., et al.: Modifizierte Polyesterfasern; SNTL Praha, 1984
- 7) Piller, B.: Kräfteverhältnisse und Voluminosität von Garnen, die aus der Copolyesterfaser Velana erzeugt wurden; *Věda a výzkum v textilním průmyslu – Forschungsberichte VIII*, 1967; Ministerium der Konsumgüterindustrie CSSR
- 8) Blažej, A., Šutá, Š.: Eigenschaften von Textilfasern; ALFA Bratislava, 1983
- 9) Piller, B., et al.: Synthetische Fasern: Herstellung und Verarbeitung von texturierten Filamentgarnen; SNTL Praha, 1967
- 10) Piller, B.: Kontinuierliche Verfahren zum Bauschen von Synthesegarnen für die Maschenwarenindustrie; Vortrag anlässlich des 18. IFKT-Kongresses, Mailand, 1973
- 11) Piller, B.: The Effect of Textured Yarns on Processing Technology; Piller et al.: Bulked Yarns-Production, Processing and Applications; SNTL Praha u. Textile Trade Press, Manchester 1973, Kap. 8, S. 346 – 405.
- 12) Suchánek, J.: Informativní přehled VUP 1/2, 13 (1972)
- 13) Piller, B.; *Melliand Textilber.* 8, 319 – 325 (1980)
- 14) Kramoliš, V., et al.: Konstruktion und Anwendung von Strickgarnen, die Hochschrumpf-Polyesterfasern enthalten; Vortrag anlässlich des Kongresses „Chemiefasern, ihre Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten“, Fibrichem 1983, S. 111, Bratislava
- 15) Piller, B.; *Melliand Textilber.* 8, 618 – 627 (1975)
- 16) Piller, B.; *Věda a výzkum v textilním průmyslu*, Band 14., 27 – 53 (1973)
- 17) Mrština, V.: Forschungsbericht, Wollforschungsinstitut Brno, 1986
- 18) CS Pat. 193 830
- 19) *Tekstil. promyšlenost* 3, 57 – 58 (1985)
- 20) Pohorelecký, L.: Identifizierung und Bestimmung von Oligomeren bei einer mit einem Natriumsalz der Isophthalsäure modifizierten Polyesterfaser; Vortrag anlässlich des 12. Chemiefaserkongresses in České Budějovice, 1976, S. VII/1–23
- 21) Kryštufek, J.; Militký, J.; *J. Soc. Dyer. Col.* 96, 117 (1980)
- 22) Militký, J., u. Koll; Modifizierte Polyesterfasern, SNTL Praha, 126, 127 (1984)

Diskussion

Erbacher: Ich möchte der Vollständigkeit halber hinzufügen, daß es ähnliche Fasern, wie Sie sie beschrieben haben, in der Bundesrepublik Deutschland gibt bzw. gegeben hat; das gilt sowohl für die chemisch modifizierten Schrumpffasern als auch für die basisch anfärbbaren und pillingresistenten Fasern. Bei uns sind diese Fasern in der Weberei und in der Strickerei eingesetzt worden. Leider haben sie, obwohl sie sehr interessante Effekte bringen und ermöglichen, nicht die gewünschte Anwendungsbreite gefunden, sodaß sie wieder weitgehend aus dem Produktionsprogramm gestrichen wurden. Welche Vorteile sehen Sie in einem Polyesterhochschrumpfgarn gegenüber einem Polyacrylnitril-Hochschrumpfgarn, das weltweit ein Bestandteil der textilen Fertigung ist?

Piller: Bei uns werden Polyesterhochbauschgarne nur in der Strickerei eingesetzt, aber nicht in der Weberei. Die Vorteile bestehen in der höheren Scheuerfestigkeit gegenüber Polyacrylnitril. Daher werden sie vor allem für den Einsatz in Socken verwendet. Es werden 400 Tonnen Hochbauschgarne pro Jahr erzeugt.

Erbacher: Das Gegenargument, das höhere spezifische Gewicht, spielt in diesem Einsatzgebiet wohl keine Rolle?

Piller: Das höhere spezifische Gewicht gegenüber Polyacrylnitrilfasern wird vollkommen durch die größere Bauschigkeit der aus hochschrumpfbaren Polyesterfasern erzeugten Garne kompensiert.

Guera: Ich erinnere mich, daß vor einigen Jahren Polyesterhochbauschgarne in der Rundstrickerei eingesetzt wurden. Diese wurden nach der Cover-Methode hergestellt, d. h., in Fasergarnform wurde der Schrumpf beim Durchgang durch eine Heißluftkammer entwickelt. Haben Sie dieses Verfahren auch versucht oder entwickeln Sie erst den Schrumpf in Form von Gestriken oder Geweben?

Piller: Am besten wird der Schrumpf im kochenden Wasser ausgelöst. Das verwendet man für das Schrumpfen von Maschenwaren. Wann immer Garne geschrumpft werden,

dann war es kontinuierlich in Dampf auf Hacoba-Maschinen.

Erbacher: Sie haben eine 3er-Mischung angesprochen: Polyester, Polyacrylnitril und Wolle. Den schrumpfenden Teil darin haben Sie mit 15 % angegeben. Glauben Sie nicht, daß hier eine mangelnde Stabilität des Garnes in der Weiterverarbeitung besteht?

Piller: Dieses 3-Komponentengarn wird als Streichgarn verwendet und ist für Sport- und Kinderbekleidung gedacht, und hier entsprechen die Gebrauchseigenschaften durchaus, weil der Wollanteil bei 40 % liegt.

Herstellung und Eigenschaften basisch anfärbarer Bikomponenten – Polyester-filamentgarne

Dr. Lin Qi-lin, Dipl.-Ing. Wang Le-jiang, Dipl.-Ing. Chui She-zun, Forschungszentrum für Synthesefasern der Textil-Akademie Beijing, China

Durch Co-Polykondensation von Sulfoisophthal- oder Sulfoterephthalsäure mit DMT und Ethylenglykol erhält man modifizierte Polyester mit etwa gleicher thermischer Beständigkeit und unterschiedlichem rheologischen Verhalten. Durch gegenseitige Abstimmung des Schmelzverhaltens von zwei verschiedenen Polyestern lassen sich Side-by-side-Bikomponentfasern mit unterschiedlicher Polymerverteilung herstellen.

Derartige Bikomponentfasern zeigen ein interessantes Kräuselungsverhalten. Die ausgebildete Struktur kann bei 190° C fixiert werden.

Gerade von diesem Fasertyp ist ein weiteres Entwicklungspotential zu erwarten.

Die zur Erschließung der Cospun-Garn-Technologie hergestellten texturierten Filamentgarne zeigen in Mischgeweben interessante Differential-dyeing-Effekte. Welcher der beiden Technologien der Vorzug gegeben werden soll, hängt zum einen von Wirtschaftlichkeitsberechnungen ab, zum anderen erkennen wir in den Side-by-side-Bikomponententypen eher die Entwicklungsmöglichkeit für wollähnliche Artikel.

Basic dyeable modified polyesters were prepared by copolycondensation of DMT and ethylene glycol with 5-sulfoisophthalic acid or 2-sulfoterephthalic acid. The differences of their thermal stability are not evident, but their rheological properties are remarkable. By adjusting the melt viscosity of these two copolymers side-by-side bicomponent filaments with sections of different polymer distribution can be spun. Such kinds of fibers show an interesting three-dimensional crimping behaviour.

Basic dyeable polyester and PET can be cospun to yarns and textured to bicomponent textured yarns. The fabrics, made of such yarns show interesting differential dyeing effects.

Which one of these two technologies has more advantages, depends partially on their processing cost. But we recognized, that the side-by-side bicomponent type possesses more prospect for wool-like fabrics.

Durch Modifizierung des Polyethylenterephthalats mit sulfogruppenhaltigen Monomeren, wie z. B. Sulfoisophthalsäure oder Sulfoterephthalsäure, erhält man basisch anfärbbare Polyester.

Über die Vor- und Nachteile dieser Fasern wurde in der Literatur verschiedentlich berichtet.

Auf der Chemiefasertagung in Dornbirn referierte 1972 Berg¹ über die chemische und physikalische Modifizierung von Polyester. Über die Verbesserung der Anfärbbbarkeit von Polyesterfasern wurde auch von Jakob² berichtet.

Obwohl in der Literatur zahlreiche Modifizierungen des Polyethylenterephthalats zu kationisch anfärbbaren Faserpolymeren beschrieben³ sind, kam letztlich nur die Sulfoisophthalsäure, gegebenenfalls in Gegenwart weiterer Modifikatoren wie Adipinsäure⁴, zum Einsatz.

Hieraus resultierten die Handelsprodukte von:

- Dacron -62, -64, -65, -92 (Du Pont),
- Trevira 440 (Hoechst),
- Diolen CX-41, CX-23, CX-100 (Enka),
- Terylene 404 (ICI),

um nur einige zu nennen.

Der Einsatz dieser Fasertypen erfolgte sowohl im Bekleidungs- als auch im Teppichsektor.

Uns interessiert zunächst die Frage, warum technisch nur die Sulfoisophthalsäure eingesetzt wird. Ein Grund könnte die leichtere technische Zugänglichkeit der Sulfoisophthalsäure sein oder auch die unterschiedlichen Eigenschaften der Polymeren.

Zunächst zu den unterschiedlichen chemischen Eigenschaften (Tab. 1)

Tabelle 1: Eigenschaften der Copolymeren

| Probe | Comonomere | | Intrinsic Viskosität (η) | Schmelzpunkt °C | DEG-Gehalt Wt % | COOH-Gehalt eq/10 ⁶ g. |
|-------|------------|----|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| | SI | ST | | | | |
| PET | 0 | 0 | 0,650 | 259-262 | 0,98 | 15,00 |
| PES-I | 2 | 0 | 0,594 | 252-256 | 1,80 | 15,51 |
| PES-T | 0 | 2 | 0,589 | 258-261 | 1,85 | 15,10 |

I = Isophthalsäure,
T = Terephthalsäure,
SI = Sulfoisophthalsäure,
ST = Sulfoterephthalsäure

Die drei untersuchten Polyester weisen die gleichen Carboxylgruppen-Äquivalente auf (ca. 15 Äq/10⁶ g; die Sulfo-gruppen liegen bereits bei der Synthese als Natriumsalz vor, werden also bei der Titration der Carboxylgruppen nicht erfaßt).

Der Diethylenglykolgehalt beträgt bei den beiden modifizierten Polyestern 1,8%, ist also höher als bei Standard-Polyester. Dies und die unterschiedliche Symmetrie der Sulfoisophthalsäure führte zu einem deutlich reduzierten Schmelzpunkt von 252 - 256° C. Bei dem mit Sulfoterephthalsäure modifizierten Polyester wirkt sich der erhöhte DEG-Gehalt im Schmelzverhalten nicht aus. Das Schmelzverhalten wird hier überwiegend von der Symmetrie der vollständigen Para-Verknüpfung der Dicarbonsäure bestimmt.

Die Grenzviskositäten der Polyester im Gemisch von Tetrachloräthan und Phenol (1 : 1 Gewichtsteile) bei 25° C sind bei den beiden modifizierten Polyestern gleich; beim Standard-Polyester etwas höher.

Dieser Vergleich läßt bereits vermuten, daß sich die beiden modifizierten Polyester PES-I und PES-T auch in ihrer Schmelzviskosität, d. h. in der Rheologie der Schmelze, unterscheiden werden.

Der Zusammenhang von Schubspannung und Schergefälle ist für die drei verschiedenen Polyester in Abbildung 1 dargestellt.

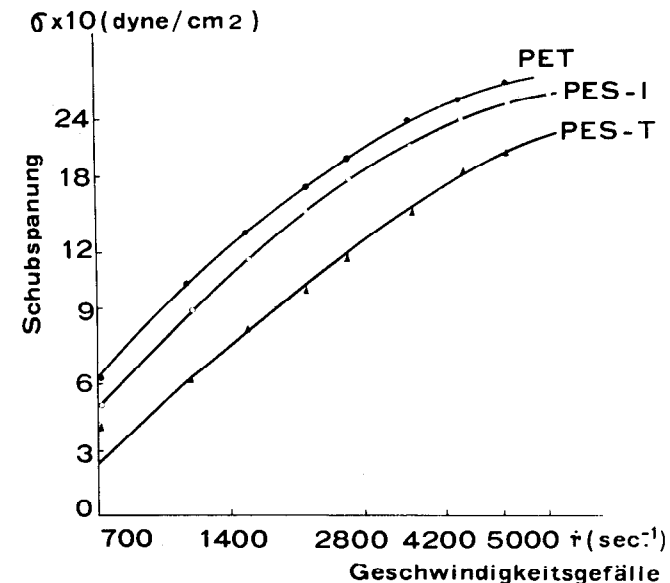


Abb. 1: Vergleich der Fließkurven von PET, PES-I, PES-T

Bei gleichem Schergefälle zeigt der mit Sulfoterephthal-säure modifizierte Polyester die höchste Schubspannung, gefolgt von Sulfoisophthalsäure. Der Standard-Polyester zeigt das bekannte Schmelzverhalten.

Die Abbildung 2 zeigt das thermogravimetrische Verhalten der drei verschiedenen Polyester.

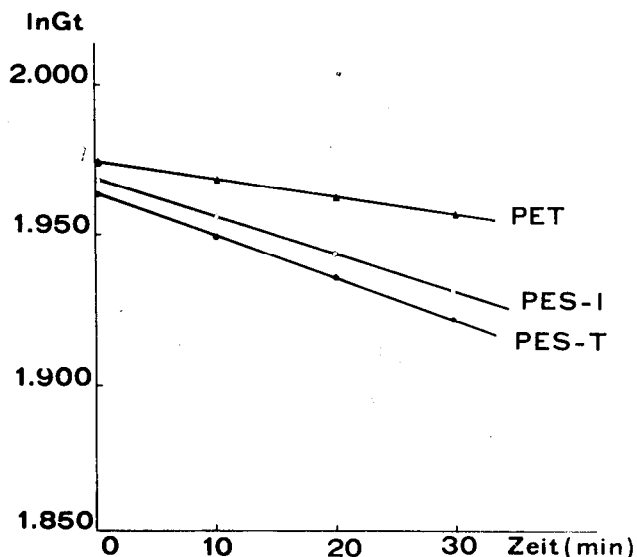


Abb. 2: Vergleich der Thermobeständigkeit der Probe PET, PES-I, PES-T bei 290° C; isothermes Erhitzen unter N₂

Der Masseverlust der Polyesterschmelze beim Abbau folgt einer Gleichung erster Ordnung⁵.

$$K = \ln(G_0 - G_t) / t$$

- G₀ = Gewicht der Probe
- G_t = Gewicht der Probe nach Zeit t
- G_t = G₀ - G
- G = Masseverlust nach Zeit t

Aus der Abbildung ist ersichtlich, daß sich der Abbau der beiden modifizierten Polyester nicht voneinander unterscheidet, die Abbaugeschwindigkeit ist jedoch etwas größer als die des nichtmodifizierten Polyesters. Das ist auf den höheren DEG-Gehalt der beiden modifizierten Polyester zurückzuführen.

Die Abbildung 3 zeigt den Masseverlust der modifizierten Polyester (PES-I) mit verschiedenem DEG-Gehalt bei 290° C (isothermes Erhitzen unter Stickstoff).

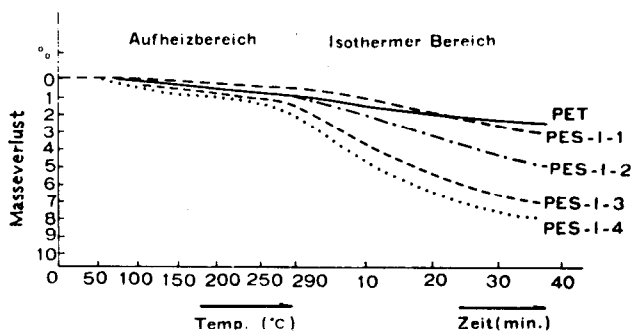


Abb. 3: Masseverlust der modifizierten Polyester (PES-I) mit verschiedenem DEG-Gehalt bei 290° C (isothermes Erhitzen unter N₂)

| Probe | DEG-Gehalt (%) |
|---------|----------------|
| PET | 0,98 |
| PES-I-1 | 0,61 |
| PES-I-2 | 1,8 |
| PES-I-3 | 2,56 |
| PES-I-4 | 3,62 |

Der Abbau des modifizierten Polyesters erfolgt nur in Gegenwart hoher Diethylenglykolgehalte rascher als bei Standard-Polyester. Durch Zugabe von Stabilisatoren bei der Polykondensation kann der DEG-Gehalt auf unter 1 % gesenkt werden. Damit ist die thermische Stabilität beim Spinnen ausreichend.

In unserer weiteren Entwicklungsarbeit strebten wir die Herstellung von sauer modifizierten Bikomponent-Polyesterfasern an.

Zunächst wurde angenommen, daß zur optimalen Herstellung von Bikomponentfasern das Schmelzverhalten der beiden Komponenten möglichst gleich sein sollte. Dies läßt sich durch Zugabe einer dritten Säurekomponente erreichen. Bei Zusatz von 8 % Adipinsäure zu Sulfoisophthalsäure-modifiziertem Polyester erhält man ein rheologisches Verhalten, das dem des Standard-Polyesters entspricht.

Es zeigte sich jedoch, daß ein mit 2 % Sulfoisophthalsäure modifizierter Polyester mit Standard-Polyester zusammen im Verhältnis 1 : 1 zu einer guten Side-by-side-Bikomponentfaser versponnen werden kann.

Die Querschnitte der nach diesem Verfahren hergestellten Bikomponentfasern sind in Abbildung 4 dargestellt. Bei diesen Durchlicht-Aufnahmen von Querschnitten ist der dunkle Teil die Titandioxid-haltige Polyesterkomponente, der helle, transparente Teil ist der modifizierte Polyester.

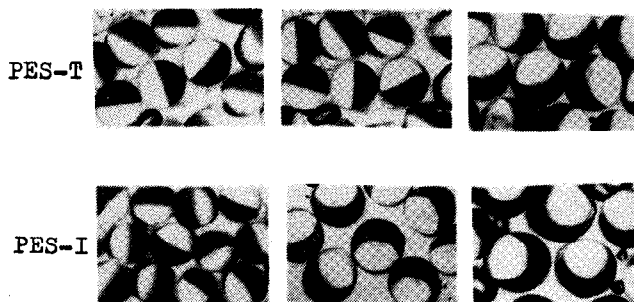


Abb. 4: Querschnitte der Side-by-side-Bikomponentfasern

Die unterschiedliche Schmelzviskosität der PES-I und PES-T Polyester führt zu einer unterschiedlichen Verteilung der Polymeren über den Faserquerschnitt.

Eine gleichmäßige Side-by-side-Anordnung der beiden Komponenten im Fadenquerschnitt wird nur bei gleichen Viskositäten erhalten. Das heißt, bei unterschiedlichen Viskositäten bedeckt die weniger viskose Komponente in einer sichelförmigen Anordnung bevorzugt die Oberfläche.

Kräuselung und Schrumpf

Eine spontane Kräuselung wird bei unterschiedlicher Feuchtigkeitsaufnahme der beiden Komponenten durch die unterschiedliche Quellung erfolgen. Aus Sulfoisophthalsäure modifiziertem Polyester hergestellte Fasern besitzen bekanntlich eine höhere Feuchtigkeitsaufnahme und einen höheren Kochschrumpf. Die dadurch entstehende spontane Kräuselung läßt sich nun in Bikomponentfasern zu einer *polymerinduzierten Texturierung* ausnutzen.

Werden die auf 1 : 3,6 verstreckten Filamente kurz in einem Wasserbad von 100° C behandelt, so erhält man hochbauschige Garne. Eine beständige Fixierung wird bei 190° C erreicht.

Die Kräuselentwicklung ist an den beiden hier gezeigten Proben ersichtlich (Abb. 5).

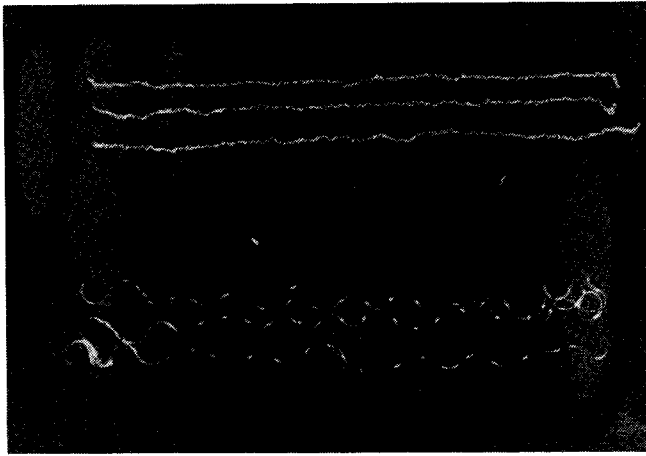


Abb. 5: Fotografie der Side-by-side-Bikomponent-Filamentgarne

Probe 1: das ungekräuselte Garn
 Probe 2: die voll-entwickelte Struktur

Damit lassen sich Garne von wollähnlichem Charakter herstellen.

Hierzu könnte man prinzipiell Fasergarne mit unterschiedlichem Anteil an modifiziertem Polyester mischen.

Eine andere Technologie aber besteht darin, sogenannte Cospun-Fasern herzustellen. Derartige Garne entsprechen den Dacron-Typen 232, 235, 236 von Du Pont, auf denen bei einbadiger Färbung Differential-dyeing-Effekte erzielt werden.

Durch kombinierte Verwendung dieser Garne kann man Gewebe herstellen.

Bei diesem Prozeß werden die Polymeren PET und PES-SI jeweils aus benachbarten Düsenlöchern extrudiert und im Filamentbündel zusammengeführt.

In der Abbildung 6 ist die von uns verwendete Düse gezeigt. Die Zuführung der Polymerschmelzen erfordert eine aufwendige Konstruktion der Düse. Derartige Düsen sind unter anderem in einem japanischen Patent⁹ beschrieben.

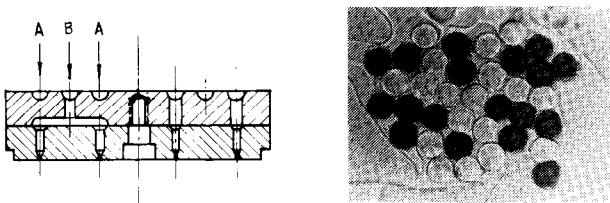


Abb. 6: Düse und Querschnitt des Filamentgarnes

Auch hier muß die Schmelzviskosität der beiden Komponenten möglichst gleich sein; wir haben dies durch eine Reduktion des Molekulargewichts der modifizierten Komponente erreicht.

Die Filamente wurden auf einer FK6T-80 Barmag-Lufttexturiermaschine texturiert und zu Geweben verarbeitet. Man kann so beispielsweise als Schuß ein Cospun-Garn verwenden und als Kette:

- Standard-Polyester,
- Cospun-Garn und
- modifizierte Polyester.

Bei einer Färbung mit basischen Farbstoffen wird nunmehr der Standard-Polyester nicht angefärbt, während die

Färbung auf den modifizierten Garnanteilen je nach Prozentsatz der Sulfogruppen unterschiedlich tief ausfällt (Abb. 7).

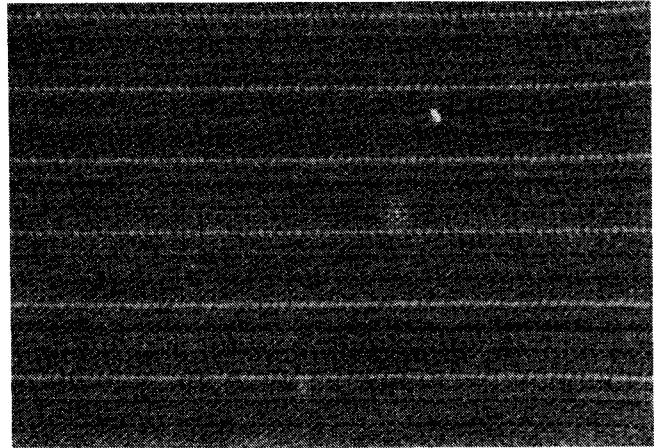


Abb. 7: Stoffmuster

Weitere Farbeffekte lassen sich natürlich durch Kombination von Dispersionsfarbstoffen und kationischen Farbstoffen erzielen.

Bei einer Gewebekonstruktion mit Kette aus Standard-Polyester und Schuß aus modifiziertem Polyester können je nach Farbstoffkombination und Färbebedingungen unterschiedliche Farb- und Struktureffekte erzielt werden.

Die modifizierte Faser hat außerdem eine höhere Affinität zu Dispersionsfarbstoffen, d. h., bei geeigneten Färbebedingungen kann auch mit Dispersionsfarbstoffen ein Differential-dyeing-Effekt erzielt werden.

Farbechtheit:

Die Lichtechtheiten der Färbungen (zum Beispiel mit dem Farbstoff Kayacryl Blue GSL-DE) liegen bei 4 - 5. Die Waschechtheiten liegen z. B. in Kombination mit Baumwolle oder Polyester bei 4 - 5. Die Reibechtheiten der Färbungen haben die Note 4 - 5 (naß oder trocken).

Die mechanischen und die textiltechnologischen Eigenschaften der modifizierten Polyester

Tabelle 2: Eigenschaften der modifizierten Polyester

| Probe | Titer (dtex) | Kapill.-Zahl | Reißfestigkeit (cN/dtex) | Reißdehnung (%) | Kochschrumpf (%) |
|--------|--------------|--------------|--------------------------|-----------------|------------------|
| PET | 127,0 | 36 | 4,1 | 23 | 5,6 |
| PET-SI | 127,2 | 36 | 3,4 | 22,7 | 8,6 |
| PES-SI | 127,7 | 36 | 3,6 | 21,0 | 9,3 |

In Tabelle 2 werden mechanische und textiltechnologische Eigenschaften von modifizierten Polyesterfäden mit den von Homopolyesterfäden verglichen.

Die Reißfestigkeit anionisch modifizierter Polyesterfäden ist im Vergleich zu Fäden aus PET geringer, was mit dem Einfluß der Modifikatoren auf die Struktur bzw. durch die niedrigere Grenzviskosität bei gleicher Schmelzviskosität wie PET zu erklären ist. Die Festigkeitsverluste dieser Größenordnung sind kein wesentlicher Nachteil für den Gebrauchswert. Der etwas erhöhte Kochschrumpf schränkt den Gebrauch der Fäden kaum ein. Die Eigenschaften der beiden modifizierten Polyester stimmen jedoch weitgehend überein.

In der Tabelle 3 werden die Eigenschaften von nichttexturierter bzw. von texturiertem Cospun-Garn gezeigt.

Tabelle 3: Eigenschaften – PES-I/PET-Cospun-Garn

| | untexturiert | texturiert |
|--------------------------|--------------|------------|
| Titer (dtex) | 229 | 230 |
| Kapillarzahl | 72 | 72 |
| Reißfestigkeit (cN/dtex) | 3,1 | 2,2 |
| CV (%) | 3,7 | 3,8 |
| Reißdehnung (%) | 24,5 | 15,45 |
| CV (%) | 7,7 | 5,36 |
| Kochschrumpf (%) | 10,3 | 4,18 |
| Schlingeninstabilität I | | 1,20 |
| Schlingeninstabilität II | | 0,1 |

Zusammenfassung

Durch Copolykondensation von Sulfoisophthal- oder Sulfo-terephthalsäure mit DMT und Ethylenglykol erhält man modifizierte Polyester mit etwa gleicher thermischer Beständigkeit und unterschiedlich rheologischem Verhalten. Durch gegenseitige Abstimmung des Schmelzverhaltens von zwei verschiedenen Polyestern lassen sich Side-by-side-Bikomponentfasern mit unterschiedlicher Polymerverteilung herstellen.

Derartige Bikomponentfasern zeigen ein interessantes Kräuselungsverhalten. Die ausgebildete Struktur kann bei 190° C fixiert werden.

Gerade von diesem Fasertyp erwarten wir ein weiteres Entwicklungspotential.

Die zur Erschließung der Cospun-Garn-Technologie hergestellten texturierten Filamentgarne zeigen in Mischgeweben interessante Differential-dyeing-Effekte. Welcher der beiden Technologien der Vorzug gegeben werden soll, hängt einmal von Wirtschaftlichkeitsberechnungen ab, zum anderen erkennen wir in den Side-by-side-Bikomponenten-Typen mehrere Entwicklungsmöglichkeiten für wollähnliche Artikel.

Literatur

- 1) Berg, H.; Chemiefasern/Text. Ind. 3, 215 (1972)
- 2) Franz Jakob, F.; Chemiefasern/Text. Ind. 5, 386 (1972)
- 3) US Pat. 3.816.520
US Pat. 4.029.638
US Pat. 3.705.878
Ger. Offen 2049015
JP Pat. 54.-29393
JP Pat. 54.-29395
JP Pat. 56.-107014
JP Pat. 56.-107015
- 4) Fischer, P.; Faserforsch. Textiltech. 29, 6, 416 (1977)

5) Zimmermann, H.; Faserforsch. Textiltech. 25, 10, 439 (1976)

6) JP Pat. 53.-8823

Diskussion

Erbacher: Dispers und kationisch anfärbbare Fasern sind als Monotypen bekannt. Neu ist die Tatsache, daß bei der Kombination (als Bikomponentenfaser) eine latente Kräuselung entsteht, die dann durch einen weiteren Prozeß in ein intensiver gekräuselt Garn übergeführt werden kann. Könnten Sie zu dem Prozeß der Schrumpfauslösung einiges erörtern?

Qi-lin: Man hat das Garn bei 100° C in siedendem Wasser behandelt, und dadurch wurde die Kräuselung entwickelt. Anschließend wurde das Garn bei 190° C fixiert.

Erbacher: Das heißt, Sie haben ein 2stufen-Garn, Sie spinnen, verstrecken, dann wird das Garn in Strangform gebracht, im heißen Wasser wird der Schrumpf aufgelöst, und schließlich wird die Kräuselung fixiert.

Qi-lin: In der Produktion muß man das natürlich in einem kontinuierlichen Verfahren machen.

Lenz: Glauben Sie, daß die Gleichmäßigkeit der Kräuselung ausreicht, um bei einer Stückfärbung ein streifenfreies Warenbild zu ergeben? Frühere Versuche mit gekräuselten Bikomponentengarnen zeigten oft eine starke Streifigkeit, die den Einsatz bei hochwertigen Artikeln unmöglich machte. Vielleicht ist hier durch eine differenzielle Anfärbung der beiden Seiten der Filamente ein Ausgleich zu erwarten? Oder es könnte die Streifigkeit natürlich auch verstärkt werden.

Qi-lin: Das ist eine sehr gute Frage, ich habe mich auch damit beschäftigt und habe versucht, bei verschiedenen Temperaturen zu fixieren. Wir sind aber noch in einem relativ frühen Entwicklungsstadium und haben hauptsächlich die Kräuselung dieser Garne eingehend untersucht. Dieses Problem werden wir sicher sehr genau untersuchen, wenn wir sehen, daß beim Einsatz die Eigenschaften nicht ausreichen.

Erbacher: Ich glaube, es ist hier noch etwas zu verfrüht, über solche Details für Einsatzmöglichkeiten zu diskutieren.

Stimmen Sie mir zu, daß der Differential-dyeing-Effekt, den Sie bei den Co-spun-Garnen beschrieben haben, farblich etwas eingeschränkt ist, denn Sie können ja mit der kationischen und dispersen Variante nur additive Färbungen machen?² Das heißt aber, Komplementärfarben könnten Sie hier nicht erreichen.

Qi-lin: Ja, bei dem Färben der Gewebe aus Co-spun-Garnen ist man farblich etwas eingeschränkt. Wenn man beispielsweise Gelb und Blau färbt, dann wird man statt Gelb und Blau verschiedene Schattierungen von Gelb und Grün erhalten.

Reaching New Levels of Comfort and Quality in Terital Fibres

Dr. G. Elefante, F. Giammanco, Montefibre, Milano, Italien

Measurements were carried out of some physical properties related to comfort on light woven Terital® polyester and polyester-cotton fabrics. Samples were tested after standard finishing and after controlled caustic treatment Debaca®.

Results show remarkable improvements of some comfort parameters (such as liquid absorption rate, wicking level, drying rate, thermal conductivity) for Debaca® treated fabrics as compared to non-treated samples.

The fabric structure also confirmed to be an important parameter in assessing comfort properties.

An leichten, gewebten Terital® Polyester- und Polyesterbaumwollgeweben wurden Messungen bezüglich einiger physikalischer Eigenschaften durchgeführt, die sich auf den Tragekomfort dieser Gewebe auswirken. Die Proben wurden nach Normalausrüstung und nach kontrollierter Laugierung mit Debaca® getestet.

Im Vergleich zu den unbehandelten Proben zeigten die Ergebnisse für die mit Debaca behandelten Proben deutliche Verbesserungen einiger Komfortparameter, wie z. B. Flüssigkeitsaufnahme- und Wärmefähigkeit.

Auch die Gewebsstruktur erwies sich als ein für die Bewertung der Komforteigenschaften wesentlicher Parameter.

1. Introduction

Much theoretical and experimental effort has been and is still expended toward a scientific approach to 'comfort' of fabrics or garments. The main objectives of researchers involved in this field are:

- to find a correlation between measureable physical properties of fabrics and/or garments and their 'comfort';
- to define the best fiber combinations and/or fabric patterns to optimize some (or hopefully all) of the parameters determining comfort properties;
- to set priorities among fabric properties depending on end-use.

Our interest in this field is mostly concerned with lightweight polyester fabrics for apparel and particularly with fabrics that were caustic treated by the Debaca® process.

Two groups of fabrics were considered and their properties are reported in table 1: namely fabrics made of 100 % Terital fully drawn continuous filament yarn - and fabrics made of 50 % cotton + 50 % Terital (continuous filament + spun yarn) - 'B' -. In each group sample 2 refers to the untreated fabric whereas sample 3 corresponds to a fabric of the same weight after caustic Debaca treatment. The weight loss was selected to give hand, appearance and draping properties most suitable for the end-use. Sample 1 refers in both groups to a similar fabric made by the corresponding natural fibers (e. g. silk and cotton) and data are to be considered only as a reference.

* Debaca is the trade name for a controlled caustic treatment patented by Montefibre.

Table 1: Sample tested

| SAMPLE N° | COMPOSITION | (PATTERN) | WEIGHT (G/m ²) | WEIGHT LOSS AFT. TREATM. (%) |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------|----------------------------|------------------------------|
| A - CONTINUOUS FILAMENT BASED FABRIC | | | | |
| 1. | 100 % SILK | (SATIN) | 63 | - |
| 2. | 100 % TERITAL | (SATIN) | 81 | - |
| | WARP 33 dtex | 24 fil-300/S | | |
| | WEFT 78 dtex | 36 fil-FTF | | |
| 3. | SAME AS 2. | | 82 | 12 |
| B - SPUN YARN BASED FABRIC | | | | |
| 1. | 100 % COTTON | (PLAIN) | 120 | - |
| | WARP 45 n/cm | | | |
| | WEFT 23 n/cm | | | |
| 2. | 50-50 % COT/TERIT. | (PLAIN) | 140 | - |
| | WARP 2x185 dtex-TERITAL | | | |
| | 480 dtex-Cotton | | | |
| | WEFT 100 dtex-36 fil-TERITAL | | | |
| 3. | SAME AS 2. | | 130 | 25 |

The main purpose of this work is to make a straight comparison of the relevant comfort properties of the same fabric construction, in the untreated and the treated conditions.

It is a known fact that fabric pattern itself plays an important role in determining overall comfort properties (as well as garment manufacture) but this topic will not be discussed here.

2. Measurements

In order to assess the comfort properties of a fabric in all conditions as well as possible a large number of tests are required. Many of these tests though, would give results of little significance once wearing conditions are specified in relation to the type of fabric and/or of garment.

In our case we considered the measurements reported in table 2 as the most representative ones for lightweight fabrics generally used to make next-to-the-skin garments.

Table 2: Measurements

Measurements considered in assessing comfort properties of next-to-skin lightweight terital fabrics with and without caustic Debaca treatment

1. LIQUID ABSORPTION
2. LIQUID WICKING
3. WATER VAPOUR TRANSMISSION
4. WET CLING
5. DRYING RATE AND THRESHOLD OF DAMPNES
6. THERMAL RESISTANCE

Unless otherwise specified all measurements were carried out at temperature of 21° C, 65 % R. H. and air velocity of 2 cm/s.

As already stated identification of samples throughout this paper is as follows:

- Sample 1 - Natural fiber
- Sample 2 - Terital fabric *untreated*
- Sample 3 - Terital fabric *treated*

3. Liquid Absorption and Wicking

The ease with which water (or sweat) wicks through a fabric, or along the plane of a fabric, is of major importance in determining the comfort of a next-to-skin-garment made from this fabric.

Test to assess the influence of Debaca caustic treatment on liquid absorption and wicking of fabrics were carried out under two different conditions:

- *Unlimited supply of liquid:* water was supplied to a fixed point of the fabric continuously at constant flow. Wicking speed was measured under this condition.
- *Limited supply of liquid:* a fixed amount of water is contained in a standard felt (cylindrical, 8 mm diameter x 10 cm length) which is put in contact with the fabric. The fabric will then compete with the felt in absorbing water and the amount of water transferred from the felt to the fabric will depend on the relative absorption properties of fabrics and felt.

Wicking speed for two groups of fabrics were calculated as the slope of the initial part of the curves shown in figure 1, representing the wetted area vs. time under unlimited water supply.

Results obtained are reported in the first column of table 3 for the two groups of the fabrics separately.

By comparing results of samples 2 with those of samples 3 it can be said that the caustic Debaca treatment markedly improves both wicking and absorption properties of fabrics made from Terital polyester continuous filaments. It is interesting to note that water concentration in the wetted area is not affected by the caustic treatment in spite of the increase of both absorption and wicking rates (Tab. 3A).

Even more marked effects can be noticed by applying Debaca treatment to 50 % Terital + 50 % cotton fabrics (Tab. 3B).

Table 3: Liquid absorption and wicking

| SAMPLE | UNLIMITED SUPPLY | | LIMITED SUPPLY | | |
|--------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|---|
| | WICK. SPE. (cm ² /min) | WET AREA (cm ²) | LIQ. ABS. (G) | WET AREA (G/m ²) | CONCEN. (G _{LIQ} /G _{FAB} ×100) |
| 1 | 10,0 | 34 | 0,14 | 38 | 60 |
| 2 | 10,0 | 45 | 0,08 | 17 | 21 |
| 3 | 14,0 | 85 | 0,16 | 18 | 22 |

TABLE 3 A – LIQUID ABSORPTION AND WICKING PROPERTIES OF FABRICS MADE OF TERITAL CONTINUOUS FILAMENTS WITH AND WITHOUT CAUSTIC DEBACA® TREATMENT

| SAMPLE | UNLIMITED SUPPLY | | LIMITED SUPPLY | | |
|--------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|-------------------------------|---|
| | WICK. SPE. (cm ² /min) | WET AREA (cm ²) | LIQ. ABS. (G) | WET AREA (G/cm ²) | CONCEN. (G _{LIQ} /G _{FAB} ×100) |
| 1 | 3,5 | 23 | 0,13 | 56 | 47 |
| 2 | 2,0 | 23 | 0,14 | 62 | 42 |
| 3 | 8,0 | 41 | 0,25 | 61 | 48 |

TABLE 3 B – LIQUID ABSORPTION AND WICKING PROPERTIES OF FABRICS 50 % TERITAL + 50 % COTTON WITH AND WITHOUT DEBACA® CAUSTIC TREATMENT

4. Water Vapour Transmission

It is generally accepted that the ease with which a fabric transmits water vapour (i. e. perspiration) is another factor affecting the comfort of the fabric. This holds particularly

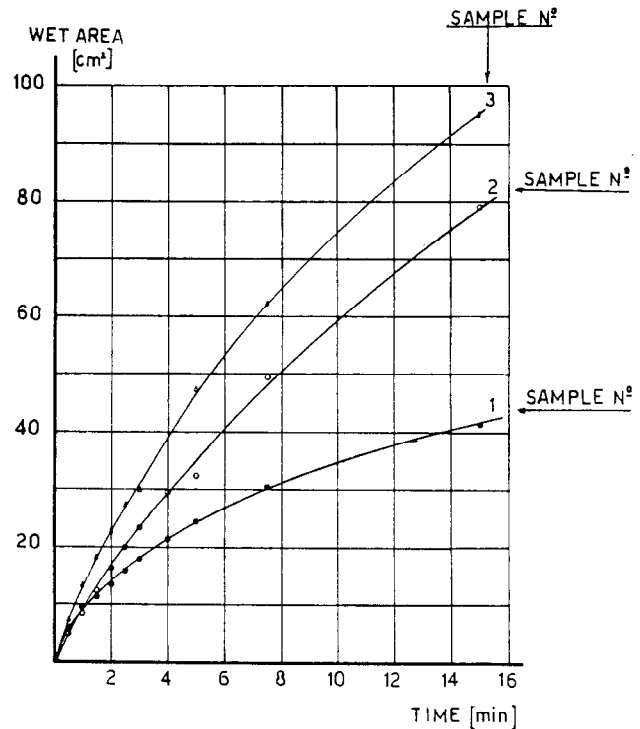


Fig. 1: a) Wicking of water in Terital polyester fabrics; influence of Debaca caustic treatment

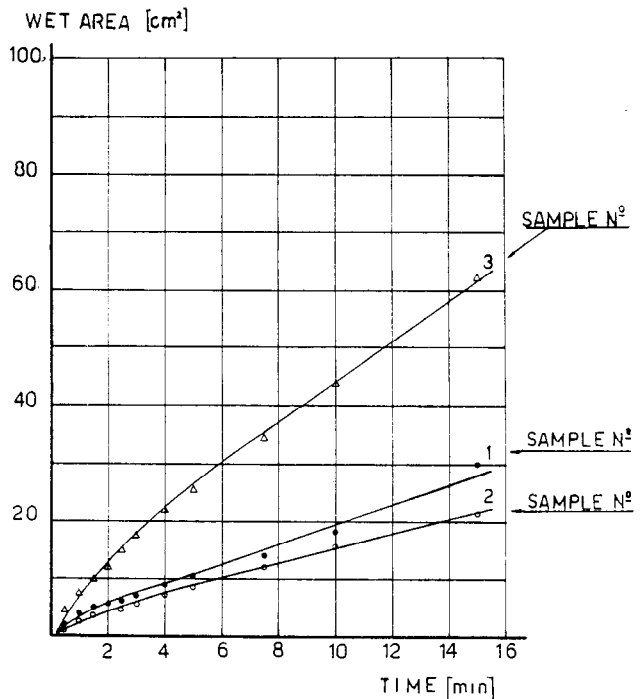


Fig. 1: b) Wicking of water in 50 % Terital + 50 % cotton fabrics; influence of Debaca caustic treatment

true in very cool or warm environments, whereas some uncertainty still remains for the case of small temperature gradients recorded with normal clothing.

Many authors¹⁻⁴ showed that vapour transmission is little influenced by the type of fiber but is very dependent on the type of structure of fabric.

In our case measurements were carried out by determining the amount of water vapour passed through different fabric layers and extrapolating the results so obtained to the case of one single layer. The figures, expressed as equivalent air layer thickness, are shown in the last column of table 4 for the two groups of fabrics. It can be seen that vapour transmission (or rather the resistance to vapour transmission) depends mainly on fabric construction; some slight improvement however can be noticed in the case of Terital/cotton fabrics as a consequence of caustic Debaca treatment.

Table 4: Water vapour transmission properties

| SAMPLE | MOISTURE CONTENT | | EQUIVAL. AIR LAYER THICKNESS mm |
|--------|------------------|-------------|---------------------------------|
| | 21°C 65% RU | 21°C 93% RU | |
| 1 | 8,4 | 21,0 | 0,6 |
| 2 | 1,0 | 1,1 | 0,6 |
| 3 | 1,0 | 1,2 | 0,8 |

TAB. 4 A - 100 % TERITAL POLYESTER FILAMENT FABRIC

| SAMPLE | MOISTURE CONTENT | | EQUIVAL. AIR LAYER THICKNESS mm |
|--------|------------------|-------------|---------------------------------|
| | 21°C 65% RU | 21°C 93% RU | |
| 1 | 7 | 14 | 0,8 |
| 2 | 3 | 6 | 1,5 |
| 3 | 3,5 | 7,5 | 1,0 |

TAB. 4 B - 50 % TERITAL + 50 % COTTON FABRICS

The data reported in the first and second column of table 4, refer to the equilibrium moisture content of the different fabrics, under the two distinct climatic conditions of normal and high relative humidity (65 % R. H. and 93 % respectively).

The figures indicate that the chemical nature of the fiber has the most relevant effect on the moisture equilibrium content, whereas caustic treatment has no influence.

5. Wet Cling

Comfort sensations are undoubtedly related to the amount of moisture^{5,6} at the clothing-skin interface and therefore a build-up of moisture on clothing next to the skin results in a decrease in the comfort level. The overall effect, however, will depend also on the tendency of a fabric to cling at a given moisture content: the higher the tendency the more uncomfortable the fabric.

The clinging tendency of wet fabrics made from 100 % Terital polyester filament and 50 % Terital + 50 % cotton was evaluated by measuring the force required to make a 5 cm strip of wetted fabric slide along a glass sheet. An Instron dynamometer was used as measuring apparatus. Figures of table 5 show that caustic Debaca treatment reduces cling stress and therefore the clinging tendency of wet fabrics. An interesting result is also the higher cling threshold value shown by 100 % Terital continuous filament fabrics.

6. Drying Rate and Threshold of Dampness (TOD)

Drying behavior of fabrics (made from both natural and synthetic fibers) has been studied for many years^{7,8} and almost all studies show that it is basically the same for all fabrics.

The drying curves of fabrics tested in these studies are shown in figure 2A and figure 2B; the Thresholds of Dampness (TOD)-as assessed through a tactile empirical

FABRICS MADE OF 100 % TERITAL CONTINUOUS FILAMENT (SAMPLE 2 AND 3)

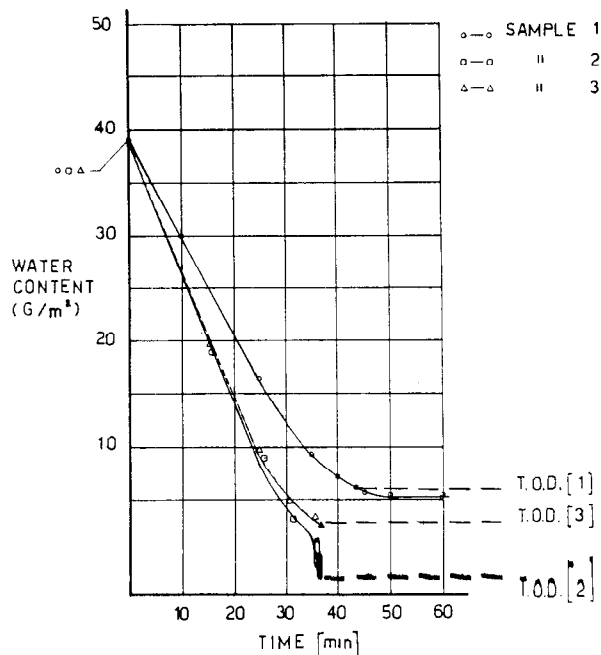


Fig. 1. a) Drying curves and threshold of dampness

50 % TERITAL + 50 % COTTON FABRICS

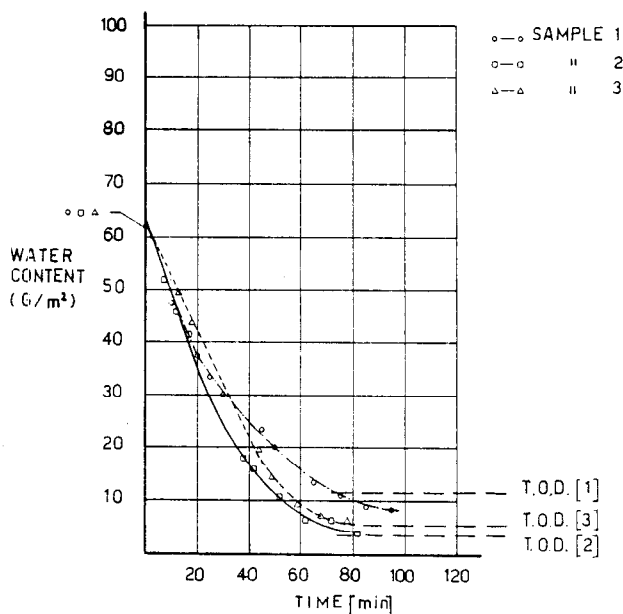


Fig. 2. b) Drying curves and threshold of dampness

test - are also indicated in the same graphs. From these curves the values of table 6 were calculated. Negligible differences were recorded for the speed of drying, calculated as the slope of the linear part of the curves (saturated state).

The point of the curve at which curvilinear drying behaviour occurs (called Critical Water Content – CWC –) is in all cases very close to the threshold of dampness (TOD); from data of table 6 it can be seen that caustic Debaca treatment results in higher TOD values for both groups of fabrics, thus allowing higher water content before the sensation of dampness is perceived.

Table 5: Wet cling

| SAMPLE | CLING FORCE cN | CLING THRESH. % LIQ |
|--------|-------------------|------------------------|
| 1 | 25 | 130 |
| 2 | 18 | 90 |
| 3 | 15 | 104 |

TAB 5A – 100 % TERITAL POLYESTER FILAMENT FABRICS

| SAMPLE | CLING FORCE cN | CLING THRESH. % LIQ |
|--------|-------------------|------------------------|
| 1 | 36 | 50 |
| 2 | 17 | 60 |
| 3 | 13 | 60 |

TAB 5 B – 50 % TERITAL + 50 % COTTON FABRICS

Table 6: Drying rate and threshold of dampness

| SAMPLE | DRYING RATE | | THRESH. OF DAMPNES G/m ² |
|--------|---------------------------|---------------------------|--|
| | H ₂ O % min | G/ m ² · 1' | |
| 1 | 1,43 | 0,93 | 6,3 |
| 2 | 1,48 | 1,17 | 1,8 |
| 3 | 1,50 | 1,22 | 2,8 |

TAB 6 A – 100 % TERITAL CONTINUOUS FILAMENT FABRICS

| SAMPLE | DRYING RATE | | THRESH. OF DAMPNES G/m ² |
|--------|---------------------------|---------------------------|--|
| | H ₂ O % min | G/ m ² · 1' | |
| 1 | 0,77 | 1,10 | 10,3 |
| 2 | 0,82 | 1,21 | 4,0 |
| 3 | 0,92 | 1,00 | 6,5 |

TAB. 6B – 50 % TERITAL + 50 % COTTON FABRICS

7. Thermal Insulation

Suitable thermal insulation properties of a fabric cannot be fixed in a unique way; depending on environmental and/or wearing conditions a fabric must be able to exchange or retain the heat released by the skin to feel comfortable.

In case of light-weight fabrics designed for next-to-skin apparel too high a thermal insulation is likely to give an uncomfortable sensation.

Measurement of the heat transfer coefficient (expressed as Kcal/m.h.° C) of fabrics were carried out by applying a method derived from BS-4745.

The results were as follows

- a) fabrics made from Terital continuous filaments
 - Sample 1 (Kcal/m.h.° C) : 5.0×10^{-2}
 - Sample 2 (Kcal/m.h.° C) : 4.5×10^{-2}
 - Sample 3 (Kcal/m.h.° C) : 4.5×10^{-2}
- b) fabrics made from 50 % Terital + 50 % cotton
 - Sample 1 (Kcal/m.h.° C) : 7.8×10^{-2}
 - Sample 2 (Kcal/m.h.° C) : 6.3×10^{-2}
 - Sample 3 (Kcal/m.h.° C) : 7.0×10^{-2}

and they show that there is no influence on thermal behavior of fabrics with moderate caustic treatment (i.e. 12 % for group a) made from 100 % Terital polyester continuous filament.

A measurable difference could be noticed in case of treated Terital and cotton fabrics giving a higher heat transfer coefficient. A more hydrophilic nature of these fabrics could account for this result in spite of the higher amount of air trapped in the fabrics.

8. Conclusions

Comfort properties of a fabric depend on many factors related to environmental and wearing conditions.

However some physical parameters can be found which are undoubtedly related to comfort.

It has been shown that caustic Debaca treatment of light-weight Terital polyester filament and Terital + cotton fabrics enhances some of these parameters.

Particularly:

- water absorption,
- wicking,
- wet cling and
- thermal conductivity,

are appreciably and positively influenced by Debaca treatment.

Literature:

- 1) Adler, M. M., Walsh, W. K.; Text. Res. J., **54**, 334–343 (1984)
- 2) Fourt, L., Hollies, N. R. S.: 'Clothing Comfort and Function', ch. 6, Marcel Dekker, New York, 1970
- 3) Scheurell, D. M., Bpivak, S. M., Hollies, N. R. S.; Text. Res. J., 394–399 July 1985
- 4) Woodcock, A. H.; Text. Res. J., **32**, 719–723 (1962)
- 5) Mecheels, J.: 'Concomitant Heat and Moisture Transmission Properties of Clothing' (3rd S. I. S.)
- 6) Harper, R. J.; Tex. Res. J., febb. 1976
- 7) Steele, R.; Tex. Res. J., **28**, 136 (1958)
- 8) Fourt, L., Sookne, A. M., Frishman, D., Harris, M.; Text. Res. J., **21**, 26 (1951)

Diskussion

Lenz: Vielen Dank, Herr Dr. Monferrari, daß Sie diesen Vortrag von Dr. Elefante verlesen haben, wir danken ihm herzlich für diese interessanten Ausführungen, die in meinen Augen ein Versuch waren, das subjektive Trageempfinden durch physikalische Meßmethoden zu objektivieren. Es wäre interessant, auch zu hören, wie die Testpersonen, die dieses Gewebe getragen haben, das Trageempfinden einschätzen, um dann zu sehen, wie das mit diesen Messungen korreliert.

Sie haben nicht die Alkalikonzentration angegeben. Ich könnte mir aber vorstellen, daß dabei die Baumwolle nicht unbeeinflusst bleibt. Was geschieht mit der Baumwolle? Bei 8 % beginnt ja schon die Umwandlung von Cellulose I in Cellulose II, wodurch starke Änderungen in den Eigenschaften der Baumwolle eintreten. Ich könnte mir denken, daß das Einfluß auf das positive Trageverhalten nimmt, beispielsweise Saugfähigkeit etc., sodaß man diesen Einfluß nicht außer acht lassen darf.

Bisherige und zukünftige Entwicklung der Schmelzspinnprozesse

Dr. L. Riehl, Zimmer AG, Frankfurt/M., Bundesrepublik Deutschland

Der Vortrag umfaßt im wesentlichen zwei Hauptthemen, nämlich die Entwicklung der Abschmelzorgane und die Entwicklung der Schmelzspinnverfahren selbst. Die Problematik der Abschmelzorgane und des Schmelzspinnens wird diskutiert, und auf die Vorteile des inzwischen teilweise schon realisierten sog. Direktspinnens hingewiesen, wobei man den Schnitzelprozeß völlig eliminiert.

Dabei wird gezeigt, wie die Verbesserung der Spinnverfahren mit der Vervollkommnung der Abschmelzorgane Hand in Hand ging, um bei immer höheren Fadengeschwindigkeiten und höheren Durchsätzen eine immer bessere Fadenqualität zu erreichen. Anhand der Entwicklung der Spinnprozesse bis hin zu den modernen integrierten Prozessen wird dieses Wechselspiel zwischen Polymervoraussetzungen und den Möglichkeiten des Spinnverfahrens aufgezeigt sowie der wesentliche Einfluß der Abschmelzorgane auf diese Polymervoraussetzungen hervorgehoben.

Weiterhin werden die Zukunftsaspekte erörtert, die allein eine weitere Entwicklung der Verfahren möglich machen.

Vergleiche zwischen damals (fünfziger Jahre) und heute machen die gewaltigen Sprünge in der Technologie und in der Wirtschaftlichkeit der Verfahren deutlich.

Schließlich wird der heutige Stand der Technik und Technologie herausgehoben mit Hinweisen auf die zu erwartende Entwicklung im nächsten Jahrzehnt.

The lecture covers two main subjects, the development of melting equipment and the development of the melt spinning process itself. The problems of the melting equipment and of the melt spinning processes will be discussed and attention will be drawn to the advantages of the so-called direct spinning, which is meanwhile already applied and in which the chip spinning process is completely eliminated.

In this connection it will be shown how the improvement of the spinning processes are linked together with the improvement of the melting equipment in order to reach better thread quality at higher thread speed and higher throughput. The development of the spinning processes up to the modern integrated processes demonstrate the relationship between polymer condition and the possibilities of spinning processes as well as emphasizing the essential influence of the melting equipment on the polymer conditions.

The future aspects which alone will enable a further development of the process will also be discussed.

A comparison between the past (1950th) and today show the enormous steps in technology and profitability of the processes.

Furthermore, the present status of technique and technology will be emphasized by mentioning the development to be expected in the next decade.

1. Einleitung

Die vorliegende Abhandlung soll bevorzugt aus europäischer Sicht einen Gesamtüberblick über die Entwicklung der Schmelzspinnprozesse in den letzten 30 Jahren geben und darüber hinaus Aspekte über die zu erwartende Entwicklung im kommenden Jahrzehnt liefern. Dabei werden die gewaltigen Sprünge in der Technik, Technologie und in der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Spinnverfahren deutlich, wie sie sich innerhalb des doch relativ kurzen Zeitraums nicht progressiver entwickeln konnten.

2. Die Zubereitung der Spinnmasse

Zur Herstellung von Spinnmelzen ist man in den vergangenen dreißig Jahren einen konsequenten Weg gegangen, der allerdings in der Anfangszeit sehr beschwerlich war, bis man durch zahlreiche, zum Teil bittere Erfahrungen allmählich die Eigenarten der verschiedenen Polymeren in den Griff bekam. Heute sind sehr zuverlässige Spinnssysteme etabliert mit einem gegenüber damals enormen Kapazitäts- und Rentabilitätsgewinn bei gleichzeitig erheblich verbesserter Qualität.

2.1. Die Abschmelzroste und deren Problematik

Sicher ist es auch für die zukünftige Entwicklung von Interesse, einmal in die Pionierzeit des Schmelzspinnens zurückzublicken.

Zunächst begann es mit den Abschmelzrosten.

2.1.1. Die einfachen Abschmelzroste

Die ersten Schmelzroste bestanden aus einer möglichst großen Heizfläche in Form von Rippen (Abb. 1) oder Schlangen (Abb. 2), die inwendig mit Diphyl Dampf beheizt wurden und an ihren Außenflächen direkten Kontakt zum Polymergranulat hatten. Im Laufe der Zeit wurde bei den verschiedenen Faserproduzenten eine Vielzahl von Rostvarianten erprobt mit unterschiedlicher Rippenzahl und -form (hoch, flach, konisch usw.), mit Rund- und Flachschlangen, zum Teil pyramidenförmig angeordnet, Doppelflachschnagen übereinander angeordnet usw. Jedoch arbeiteten im Prinzip alle Roste gleich. Da direkt über den Rosten die Vorratssilos angeordnet waren, standen die Schnitzel unter einem entsprechenden Säulendruck, mit dem sie auf die Abschmelzfläche gepreßt wurden. Unter eigener Schwerkraft sammelte sich die Schmelze im Sumpf des Rostes an und wurde dann von der Druckpumpe abgezogen. Bis zur Druckpumpe verlief der ganze Vorgang völlig ohne bewegliche Teile.

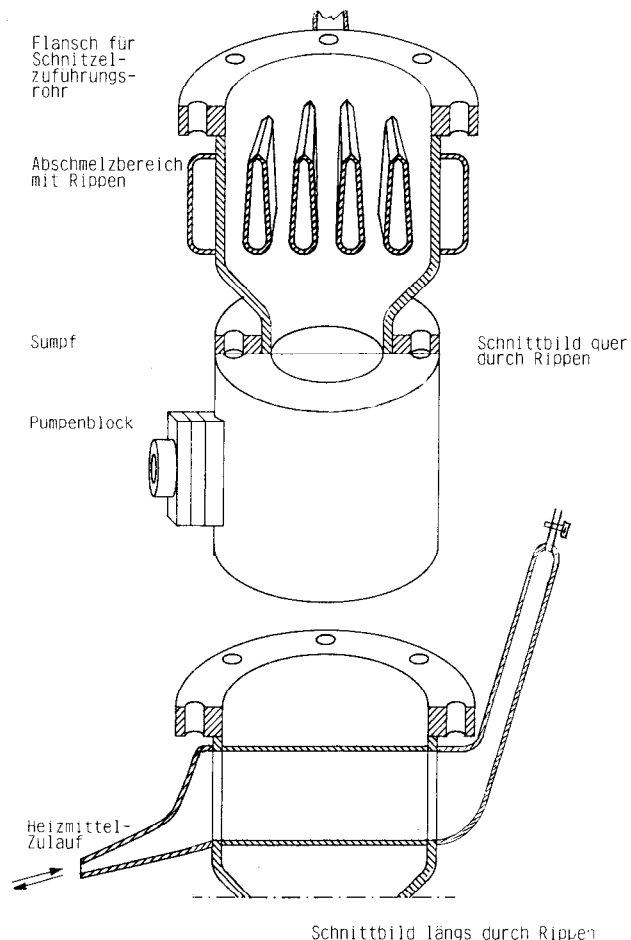
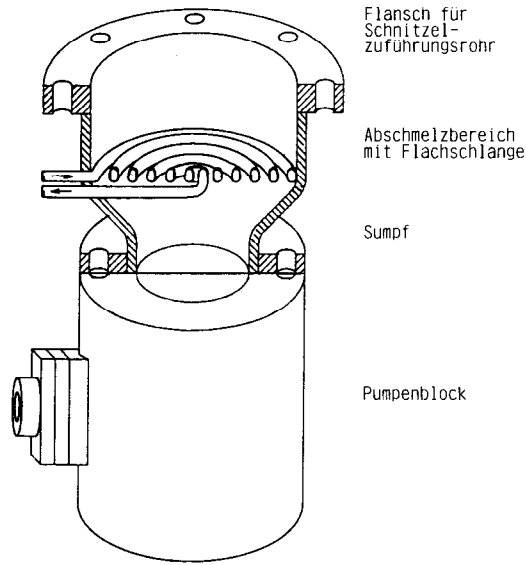


Abb. 1: Runder Rippenrost



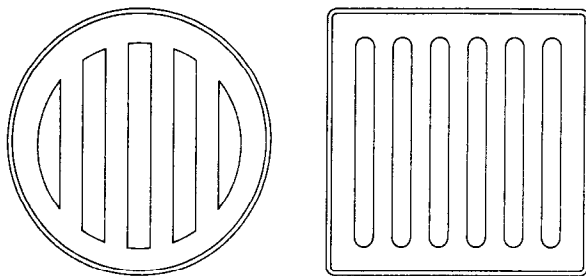
Schnittbild quer durch Schlange

Abb. 2: Flachschiangenrost

Daß unter diesen Bedingungen erhebliche Probleme auftreten mußten, ist nur zu verständlich. Die Schwierigkeiten waren geradezu vorprogrammiert!

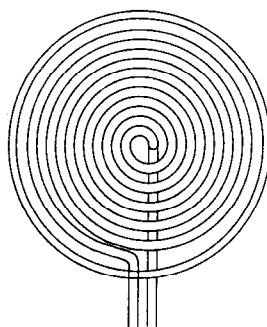
Hier einige der häufigsten Probleme:

- Schwankungen im Anpreßdruck der Schnitzel an die Heizfläche durch unterschiedliches Schnitzelniveau; damit Schwankungen in der Abschmelzgeschwindigkeit,
- Stauungen von Polymergranulat oberhalb der Abschmelzflächen durch Asymmetrien, besonders bei runden Rippenrosten (Abb. 3), was beträchtliche Viskositätsschwankungen zur Folge hatte,



a) runder Rippenrost, symmetrisch, aber mit Engstellen (ENKA)

b) viereckiger Rippenrost symmetrisch, ohne Engstellen (ENKA)



c) Schlangenrost, teilsymmetrisch, mit Engstellen (ENKA)

Abb. 3: Verschiedene Geometrien von Abschmelzflächen

- Störungen im Wärmehaushalt und -gleichgewicht einer ganzen Spinnmaschine durch häufige Rostwechsel als die einzige Maßnahme gegen „zugewachsene Roste“,
- Gasansammlungen im Diphyl-System und damit Heizstörungen,
- Leerlaufen des Sumpfes als Folge obiger Probleme, was zu Fadenunterbrechungen durch blasige Schmelze führte,
- Sauerstoffeinbruch beim diskontinuierlichen Nachfüllen des Granulats und Vergilbung und Vernetzung als Folge.

Das weitaus häufigste und auch gravierendste Problem waren die Granulatstauungen an Engstellen der Roste, besonders bei den damals noch bandgeschnittenen quaderförmigen Polyesterschnitzeln. Diese führten ein gefährliches Eigenleben in Form von Viskositätsabbau und Vernetzung bei Polyamid, Nachkondensation bis zur Unschmelzbarkeit bei Polyester, dazu Vergilbung usw. In den Fäden ergab dies zusammen mit den von der diskontinuierlichen Autoklavenherstellung herrührenden Polymerungleichmäßigkeiten Titterschwankungen, Kapillarbrüche, Gelbscheinigkeit und ähnliches bis hin zu färberischen Schwankungen.

Deshalb hatten auch die Roste meist nur sehr kurze Laufzeiten und waren geradezu Produktionsstätten für Schmelzeinhomogenitäten, so daß Flexe bzw. Masern, Kapillarbrüche, Fadenbrüche und dergleichen an der Tagesordnung waren.

Kapillarungleichmäßigkeiten, wie die in Abbildung 4 gezeigt, fand man zu Hunderten an Flusenmessern und auch immer wieder bei mikroskopischer Untersuchung von gebrochenen Kapillaren und dergleichen. Man konnte sogar das Zuwachsen eines Rostes buchstäblich an der kontinuierlichen Verschlechterung, z. B. der Streckzwirqualität der betreffenden Spinnstelle, erkennen.

Sehr bald hat man daher eingesehen, daß nur eine Granulatbewegung oberhalb der Roste einen weiteren Fortschritt bringen konnte. So entwickelte man die Druckschraubenroste.

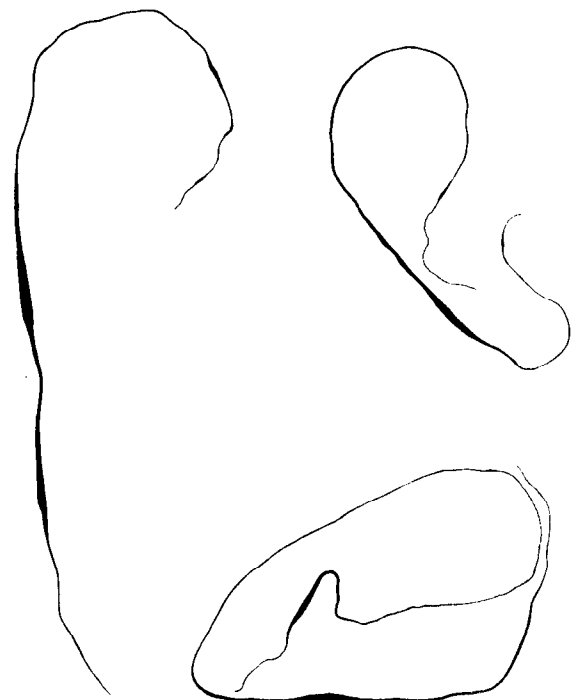


Abb. 4: Starke Titterschwankungen in Polyesterfäden

2.1.2. Die modifizierten Abschmelzroste

Es handelt sich dabei um ähnliche Abschmelzroste wie oben beschrieben, die jedoch das Granulat mittels einer kleinen Druckschraube dem Rost zuführten. Die Druckschraube erhöhte und vergleichmäßigte den Anpreßdruck auf die Abschmelzfläche und verhinderte weitgehend ein Verbacken des Granulats, so daß einerseits der Durchsatz und andererseits die Lebenszeit des Rostes wesentlich anstiegen. Die Abbildung 5 zeigt als Beispiel einen Druckschraubenrost, der als Abschmelzorgan eine stiftbewehrte Silberplatte hatte, die sogenannte *porcupine plate* im Druckschraubenschmelzer (screw pressure melter).

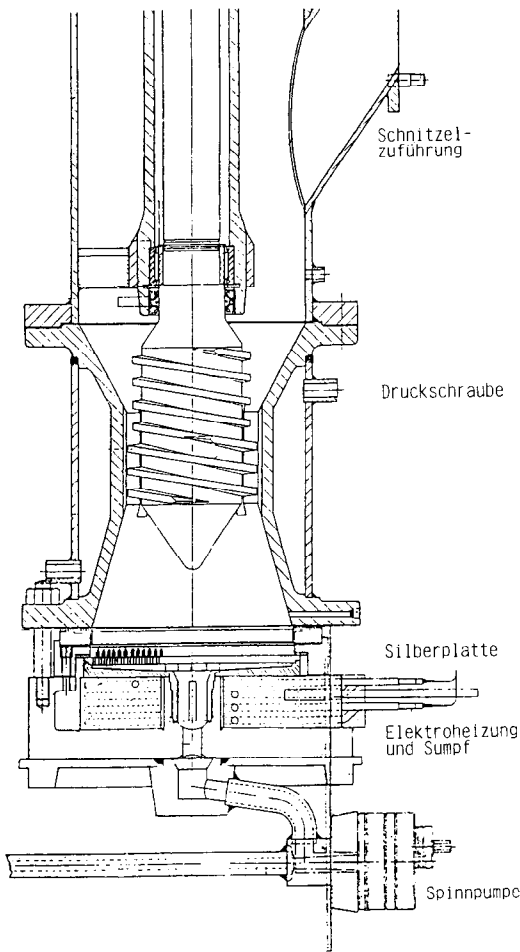


Abb. 5: Druckschraubenschmelzer

nachfolgenden Dosierpumpe war zusätzlich ein konisch spiralförmiger Nacherhitzer nachgeschaltet.

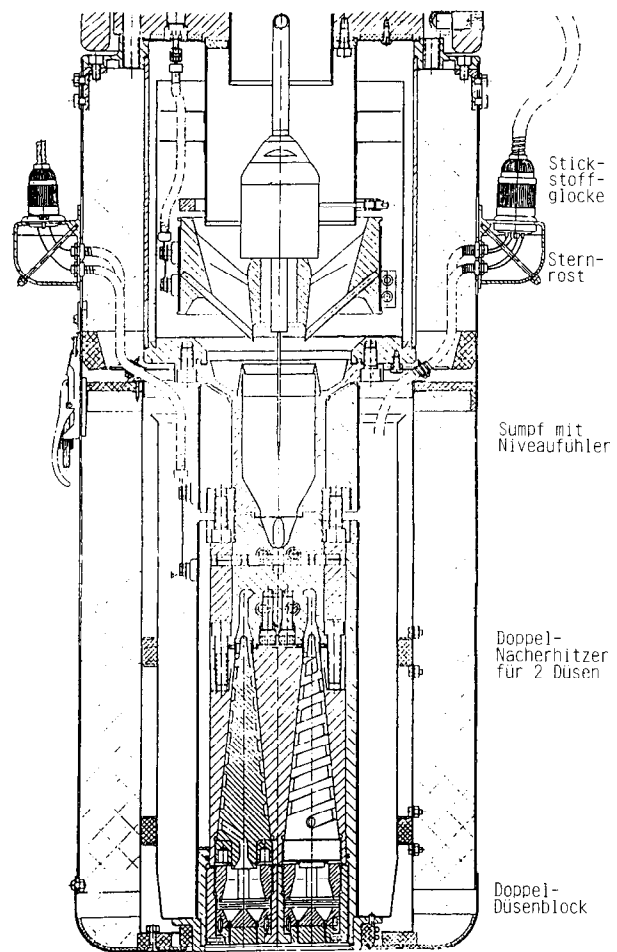


Abb. 6: Sternschmelzer

Trotz dieser Verbesserungen hielten die Abschmelzroste wegen des Nachteils einer starken Limitierung in ihrer Abschmelzkapazität den zunehmenden Rentabilitätsforderungen nach immer höheren Durchsätzen pro Spinnereinheit nicht mehr stand. Einen echten Durchbruch erbrachte erst die Einführung des Extruders als Abschmelzorgan.

2.2. Die Extruder

Extruder sind beheizte Schneckenpressen, die im Unterschied zu den Rosten sowohl als Aufschmelzorgan als auch zur Druckerzeugung in der Schmelze und zu deren Förderung dienen. Ferner übernehmen sie eine vierte, sehr wichtige Funktion, die bei den Rosten völlig fehlt, nämlich die Schmelzhomogenisierung. Weiterhin decken Extruder je nach Bauart und Größe einen sehr breiten Kapazitätsbereich ab und haben durch Verwendung verschiedener Schneckentypen eine hohe Anwendungsvariabilität bei den verschiedenen Polymeren.

Zunächst verwendete man kleine Senkrechtextruder, weil man bei den in der Kunststofftechnik schon angewandten Langextrudern wegen ihrer großen Verweilzeit Bedenken hatte. Eine interessante Version war die Heizschnecke, bei der durch Induktion nur die Schnecke beheizt wurde. Die Länge des Schneckenzyinders betrug nur 30 cm und wurde anstelle des Sternschmelzkopfes mit sonst gleicher Anordnung eingesetzt (Abb. 7). Daneben waren auch Kleinextruder mit elektrischer Außenbeheizung in Gebrauch, die im Prinzip den heutigen Extrudern weitgehend entspra-

Diese Platte wurde von unten elektrisch beheizt, und man hatte durch die runde Platte und die Stiftanordnung anstelle von Rippen oder Schlangen absolute Symmetrie gewahrt und im Aufschmelzbereich durch die Elektroheizung gleichzeitig die Heizmittelprobleme eliminiert. Druckschrauben waren aber auch mit anderen, z. B. den oben erwähnten Rosttypen kombiniert. Diese Druckschraubenroste arbeiteten erheblich zuverlässiger als die klassischen Roste.

Eine andere Entwicklungsrichtung versuchte ebenfalls, unter Wahrung absoluter Symmetrie, aber noch mit Rippen, die jedoch elektrisch beheizt waren, bei zusätzlicher Steuerung des Sumpfniveaus aus der Rostproblematik herauszukommen. Eine gute Lösung dieser Art war der Sternschmelzer (Abb. 6). Bei dieser Konstruktion hatte man die aus einer Aluminiumlegierung bestehenden Heizrippen sternförmig angeordnet und durch Bänder von außen elektrisch beheizt, der Sumpf war mit einem Meßfühler ausgestattet, der das Schmelzeniveau abgriff und zum Konstanthalten des Niveaus die Heizung entsprechend regelte. Der

chen. Extruder dieser Art wurden Anfang der sechziger Jahre erstmals bei Schmelzspinnprozessen großtechnisch, z. B. für Polyamid und Polyethylterephthalat, eingesetzt. (Das war übrigens zur gleichen Zeit, als man sich zum erstenmal in Dornbirn versammelte.) Mehr und mehr verloren von diesem Zeitpunkt an die Roste an Bedeutung. Als man erkannte hatte, daß die längere Verweilzeit kein Problem war, haben sich schließlich – und dies bis auf den heutigen Tag – hauptsächlich die Waagrechtextruder (Abb. 8) als Abschmelzorgane aufgrund ihrer eindeutigen Vorteile gegenüber Rosten durchgesetzt.

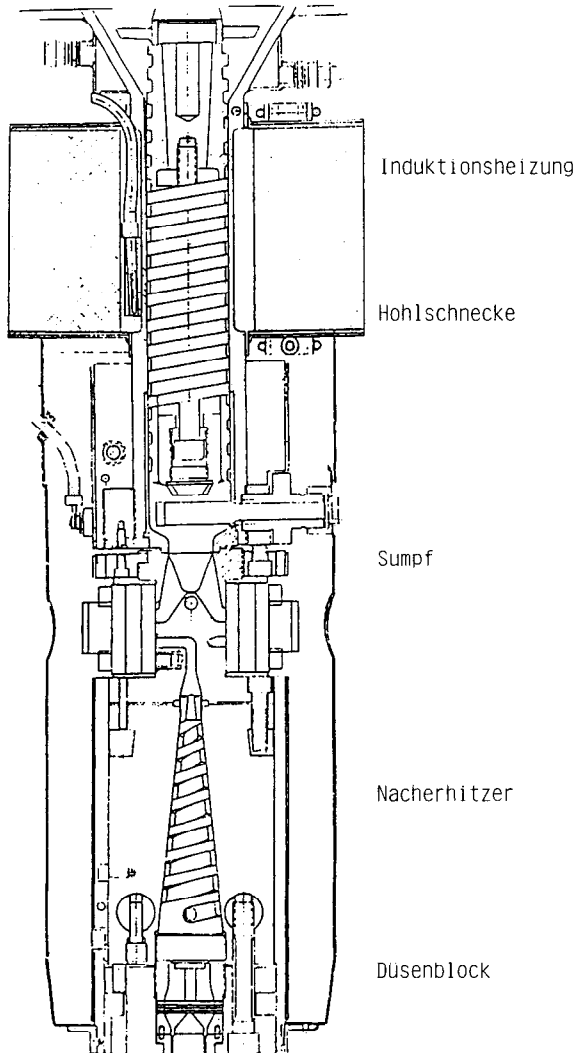


Abb. 7: Kleinstextruder

Wenngleich inzwischen das Extruderspinnen beherrscht wird, so bleiben für den Schnitzelspinnprozeß neben dem Vorteil der größeren Flexibilität doch der Nachteil, daß die Schnitzelherstellung durch die notwendigen Arbeitsstufen (Granulatschneiden, Vorkristallisieren bei PET und Trocknung) ein sehr aufwendiger Arbeitsvorgang ist.

Ferner führt das Verfestigen und Wiederaufschmelzen des Polymeren zu Inhomogenitäten und zu Verschiebungen in den Viskositäts- bzw. Molekulargewichtsverteilungen.

Man war daher lange bemüht, den gesamten Schnitzelprozeß zu umgehen; dies war auch schon deshalb sinnvoll, weil es absurd erscheint, eine absolut homogene Schmelze, die genau die Voraussetzungen für ein gleichmäßiges Verspin-

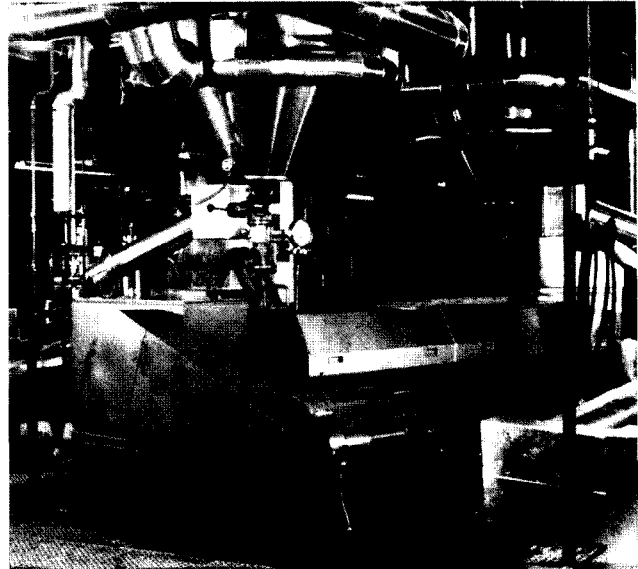


Abb. 8: Blick in eine Extruderanlage

nen hat, zunächst in Granulat zu verwandeln mit allen eben angedeuteten Nachteilen, um dieses schließlich mühsam wieder in eine möglichst homogene, spinnfähige Schmelze rückzuverwandeln. Diese Unlogik war die Haupttriebfeder für die Weiterentwicklung zum Direktspinnen, der einzig sinnvollen Alternative.

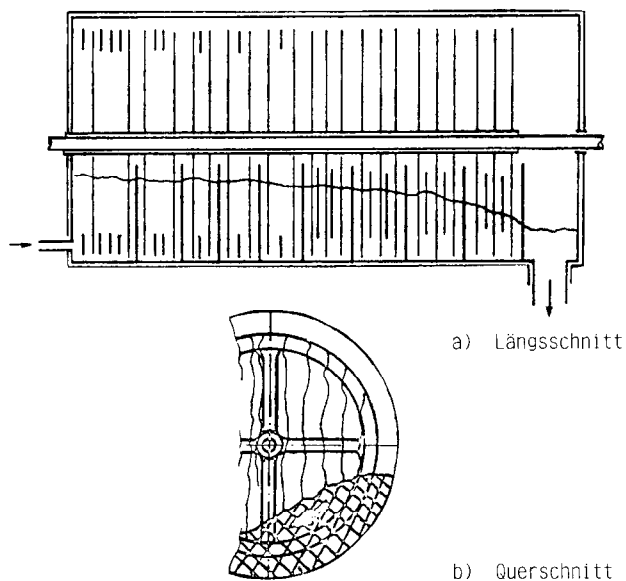
2.3. Das Direktspinnen

Direktspinnen heißt, daß man die in einem Polykondensationsgefäß hergestellte, homogene und spinnfertige Schmelze unter Umgehen des Schnitzelprozesses direkt einer Spinnmaschine zuführt. Für ein reibungsloses Spinnen setzt dies natürlich zuverlässige kontinuierliche Polykondensationsanlagen voraus.

2.3.1. Vorteile des Direktspinnens

Gegenüber dem Schnitzelspinnprozeß hat das Direktspinnverfahren erhebliche Vorteile:

- Bei einem kontinuierlichen Prozeß ist eine weitgehende Automatisierung des Verfahrens möglich, so daß eine sehr hohe Langzeitgleichmäßigkeit des Produkts erzielt wird.
- Durch Verwendung guter Reaktoren mit hoher Homogenisierungswirkung, z. B. der Ringscheibenreaktor (Abb. 9), wird auch auf kleinem Raum die Produktgleichmäßigkeit sehr hoch.
- Somit können auch Nachfolgeprozesse, wie Spinnereien, unmittelbar an kontinuierliche Polymerisationsanlagen ohne Risiko angeschlossen werden.
- Auch hochviskoses Material ist bei Verwendung von Zusatzreaktoren herstellbar.
- Wegen des Wegfalls des Wiederaufschmelzvorgangs entfällt jeglicher unkontrollierter, thermischer, oxidativer und hydrolytischer Abbau des Polymeren.
- Es gibt kein Staubproblem.
- Die Ersparnis an Personal beträgt ca. 20 %.
- Die Investitionskosten sind erheblich niedriger (20 – 30 %), weil der gesamte Schnitzelherstellungsprozeß mit Trocknung, Kristallisation (nur PET) und Schnitzelförderung entfällt und das Gebäude kleiner wird.
- Aus diesem Grund ist auch der Energieverbrauch geringer (10 %).
- Die gesamte Instandhaltung vermindert sich in entsprechender Weise.



c) Foto bei Montage

Abb. 9: Ringscheibenreaktor

2.3.2. Derzeitiger Stand und Zukunftsaspekte

Da man bereits in den fünfziger Jahren Polyamid-6-Polymer-schmelzen kontinuierlich in sogenannten VK-Rohren ohne Schwierigkeiten herstellen konnte, versuchte man auch schon damals, Polyamid-6 in Produktionsanlagen direkt zu spinnen. Jedoch bestand das Problem der Laktam- und Oligomeren-Nachbildung (Extrakt). Durch den hohen Extraktanteil entstanden Spinn- und Färbeprobleme, die nur durch Vakuum-Ausdampfen in einem speziellen Reaktor vor der Spinndüse gelöst werden konnten oder unter Inkaufnahme der Spinnereiprobleme durch eine nachträgliche, aufwendige Extraktion in Wasserbädern (bzw. beides, kombiniert). Das Direktspinnen bei Polyamid-6 hat sich wegen dieser Problematik bis heute noch nicht allgemein durchgesetzt, obwohl es in der Richtung einer konsequenten Weiterentwicklung liegt.

Zur Zeit gibt es VK-Rohre, die bis zu 60 tato produzieren können. Man versucht auch anstelle von bewegungsfreien VK-Rohren, Reaktoren mit bewegten Innenteilen einzusetzen, wie diese schon lange für Polyester mit Erfolg benutzt werden, oder durch Additive die Schmelze zu stabilisieren; es ist jedoch abzuwarten, welche Methode schließlich in der nächsten Zukunft Fuß fassen wird. Sicher ist nur ein kontinuierliches Verfahren, welches ein unproblematisches Direktspinnen zuläßt, zukunftssträftig.

Polyamid-66 läßt sich zwar weitgehend umsetzen, zeigt damit die bei Polyamid-6 beschriebenen Probleme nicht, dagegen ist es sehr viel mehr thermooxidativ anfällig, so daß es sowohl in den Reaktoren als auch in den Schmelzeverteilerleitungen zwischen Reaktor und Spinndüse zu Verletzungen unter Gelbildung und zu Ver crackungen führen kann. Zwar hat man für Spinnanlagen den thermischen Abbau durch besondere Gestaltung der Leitungen in den Griff bekommen, aber man kann im Hinblick auf größere Spinnanlagen die Verweilzeit nicht beliebig vergrößern. Obwohl man inzwischen gute Continue-Polymeranlagen mit Größenordnungen bis 100 tato hat, bereitet ein Direktspinnen im großtechnischen Maßstab, realisiert z. B. bei technischen Garnen, noch Probleme; zumindest muß in bestimmten Abständen eine Totalreinigung der Anlage vorgenommen werden. Um hier weiterzukommen, müßte auch da eine Stabilisierungsmethode gefunden werden, die Ver crackung und Gelbildungen vermeidet. Erst dann können zuverlässige Direktspinnanlagen konzipiert werden.

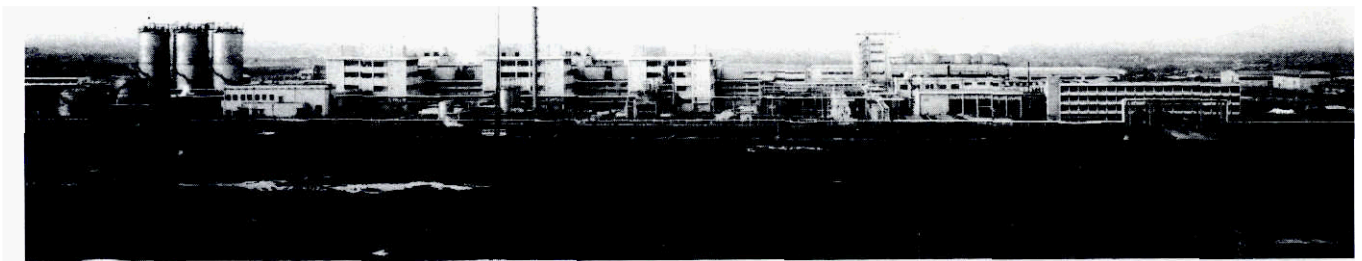
Das am wenigsten problematische Polymere im Sinne einer Direktspinnanlage ist das Polyethylenterephthalat; es zeigt weder die hohe thermische Anfälligkeit noch stören die im Gleichgewichtsprozeß entstehenden wenigen Prozent an Oligomeren beim Spinnen und in der Weiterverarbeitung.

Kurioserweise hatte man gerade beim PET erst relativ spät begonnen, kontinuierliche Polymeranlagen zu bauen (siebziger Jahre), wohl deshalb, weil der Polykondensationsprozeß des PET wesentlich komplizierter ist als der des PA66 und erst recht als die Polymerisation des PA6. Statt dessen kam man mit Direktspinnanlagen wegen der hohen Polymerstabilität viel schneller zum Zuge. So werden heute schon alle Stapelfaseranlagen für PET, zumindest mit Kapazitäten von größer als 20 tato, nach diesem Verfahren erstellt. Mehr und mehr geht man nun auch bei Filamentanlagen und Industriegarnen dazu über, den Direktspinnprozeß anzuwenden. Zum Beispiel haben wir durch unsere Ringscheibenreaktor Pionierarbeit für dieses Gebiet, seit 1962 bei Polyester weltweit bisher für Stapelfaser ca. 25 Anlagen von insgesamt 700 tato nach diesem System erstellt; weitere Großanlagen sind geplant. Selbst die in China weltgrößte Polykondensationsanlage mit einer Kapazität von 1600 tato, ist als Direktspinnanlage für Stapelfaser konzipiert (Abb. 10). Da man allmählich auch gelernt hat, verschiedene Viskositäten aus einer Continue-Straße zu erzeugen, wird das Direktspinnen zunehmend attraktiver. Das Konzept einer Anlage, die sowohl Stapelfaser als auch textiles Filament als auch Industriegarne herstellt, ist in Abbildung 11 gezeigt. Diese Version zeigt, daß man mit solchen Direktspinnanlagen durchaus flexibel sein kann, zumal Kapazitätsbereiche bei PET von 20 – 300 tato pro Polymerstraße heute schon möglich sind; bei Spinnlinienleistungen bis zu 75 tato und Stapelfaserstraßenkapazitäten von 150 tato und mehr.

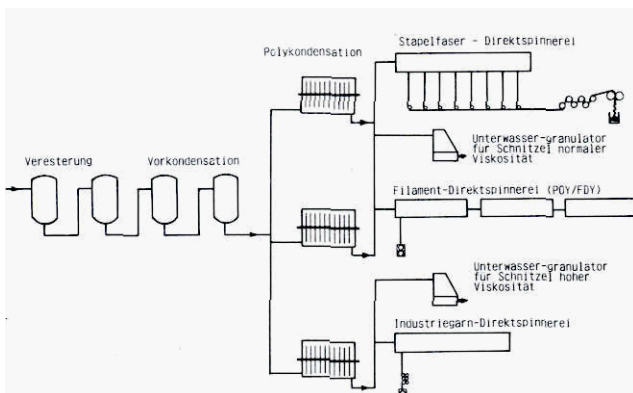
Durch zusätzliche Computerisierung der Anlagen kann das Polymere aus solchen Reaktoren so gleichmäßig erzeugt werden, daß es kaum Veranlassung zu irgendwelchen Stillständen in den Folgeprozessen gibt. Für die nächsten zehn Jahre wird sich daher dieser Trend weiter verstärken, und es wird auch zunehmend für Polyester-Endlos-Anlagen das Direktspinnverfahren angewandt werden. Bei kleineren Anlagen unterhalb von 20 tato wird sicher daneben noch immer der Schnitzelprozeß laufen, besonders da, wo hohe Flexibilität, z. B. für Spezialitäten, gefordert wird. Aber selbst diese Forderung tut dem Direktspinngedanken keinerlei Abbruch, im Gegenteil benötigt man bei Direktspinnanlagen sozusagen ein Notventil in Form eines Schnitzelbypasses. Dieser ist in jeder Direktanlage zum Konstathalten der Durchflußmenge vorgesehen für den Fall, daß doch einmal eine Spinnmaschine ausfällt. Für die entsprechende Zeit wird dann Granulat produziert, das ohne weiteres für Spezialitäten Verwendung finden kann, zumal man es heute durch Feststoffkondensation in der Hand hat, die Viskosität solcher Schnitzel zu variieren und mittels Pigmentextrudern während des Verspinnens mit den verschiedenen Additiven zu versehen.

Erste Ausbaustufe mit 600 tato

Gesamtkapazität: 1.600 tato



Abh. 10: Größte PET-Polykondensationsanlage der Welt in Nanking/Ch



Abh. 11: Fließschema einer variablen PET-Direktspinnerei

Um die Flexibilität der Direktanlagen noch weiter zu erhöhen, muß auch bei diesen Anlagen das Einarbeiten von Additiven, wie Titandioxyd, Antistatika, Farbstoffe und andere, entweder über Seitenextruder oder Bypass mit Doppelschneckenextruder und dergleichen erfolgen, und zwar hinter dem letzten Reaktor; dadurch wird es möglich, in der eigentlichen Polymerisationsanlage nur pigmentfreies Material zu produzieren, um dann nach Belieben jede andere Art von Zusatz einarbeiten zu können, wenn nötig auch in Teilströmen.

Als Konsequenz aus all diesen Überlegungen und abschließend zur Polymerherstellung kann man sicher sagen, daß die Spinnextruder – nach dem Motto, daß schon immer das Bessere des Guten Feind war – in nicht allzu ferner Zukunft das gleiche Schicksal erleiden werden wie ihre Vorgänger, die Roste.

3. Die Schmelzespinnverfahren

Ein ähnlich konsequenter Verlauf wie bei den Abschmelzorganen war auch bei den Spinnverfahren zu beobachten.

3.1. Die klassischen Spinnprozesse

Wenn man sich noch an die ersten Polyamid- und Polyester-spinnmaschinen erinnert mit einem Schnittzelbehälter, einem Rost, einer Düse und einem Aufspulorgan (Abb. 12), so hat man dafür heute höchstens noch ein mitleidiges Lächeln übrig. Damals wurde mit Aufwickelgeschwindigkeiten von einigen 100 bis maximal 1000 m/min gesponnen. Eine Einheit benötigte mehr als einen halben Meter Platz.

Die Durchsatzleistungen waren entsprechend niedrig in einer Größenordnung von 30 – 70 kg pro Düse und Tag. Eine Spinnmaschine hatte bis zu 24 solcher Einheiten und besaß ein gemeinsames Diphylsystem, an das alle Roste und die für das Aufheizen der Pumpen- und Düsenblöcke notwendigen Heizkästen mit einer zusammenhängenden Isolierung angeschlossen waren. In der Folgezeit gab es eine Reihe von Varianten und Weiterentwicklungen. Einen entscheidenden Schritt kam man voran, als aufgrund verbesserter Polymerqualität gewagt werden konnte, auf Mehrfachspulköpfe überzugehen, die rechtwinklig zur Maschinenfront und übereinander angeordnet waren. Da die Abzugsaggregate und nicht der Spinnkopf das raumbestimmende Organ sind, wurde der Platzbedarf pro Düsenkollektiv oder die sogenannte Teilung der Maschine durch diese Änderungen sofort auf einen Bruchteil verringert. So hatte man bereits Ende der fünfziger Jahre Spinnmaschinen, die eine zehn- bis zwölfwache Leistungssteigerung pro Längeneinheit gegenüber den ersten Spinnaggregaten erbrachten: mit bis zu 192 Düsen pro Spinnmaschine und dem Platzbedarf von wenig mehr als für die alten Maschinen mit 24 Düsen; es waren Maschinen mit Viererdüsenkollektiv und rechtwinklig angeordneten Doppelspulköpfen, zum Teil schon in zwei Ebenen. Dazu kam noch eine Steigerung der Spinnengeschwindigkeit auf etwa den doppelten Betrag. Dies ergab Leistungen von 385 – 1150 kg, je nach gesponnenem Titer, gegenüber den ersten Maschinen von nur 45 – 105 kg/m Maschinenlänge.

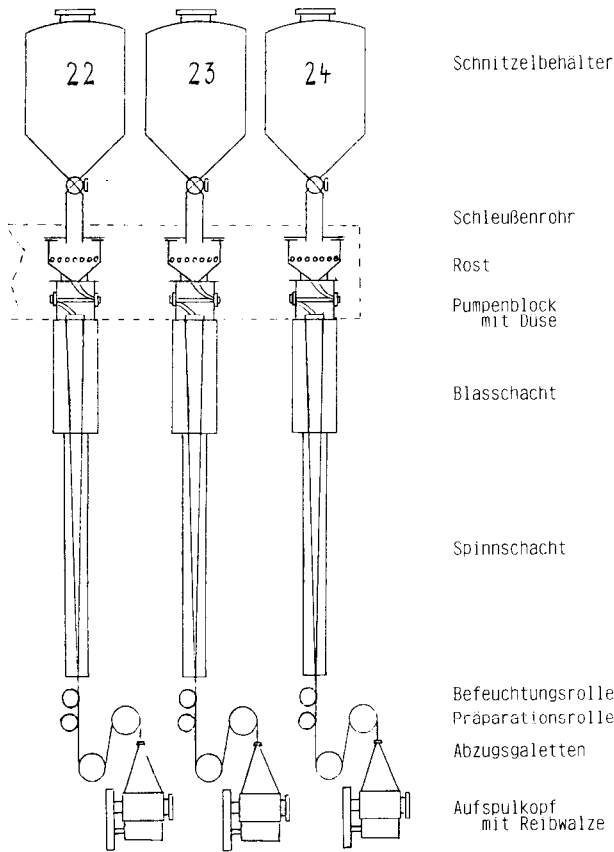


Abb. 12: Klassische Schnitzelspinnmaschine



Abb. 13: Moderne POY-Spinnerei ohne Abzugsgaletten

3.2. Die modifizierten Spinnverfahren

Nachdem die räumlichen Bedingungen an den Spinnmaschinen weitgehend ausgereizt waren, ging man daran, die Maschinenleistungen durch zunehmend höhere Geschwindigkeiten zu vergrößern. Dies war nun möglich, da man die Polymergleichmäßigkeit fortlaufend durch vielerlei Maßnahmen verbessert hatte, so einerseits durch kontinuierliche Prozesse (Polykondensation und Trocknung) und durch Polymerfiltration, andererseits aber auch mit Hilfe der Extruder und durch Verwendung von Leitungssystemen mit absolut gleicher Verweilzeit sowie durch zusätzlichen Einbau von statischen Mixern in die Verteilerleitungen der Spinnmaschinen, bessere Titandioxidverteilung und dergleichen. Weiterhin hatte man die Spinnssicherheit durch Verbesserung des gesamten Spinnsystems (Beheizung, Düsengarnituren, Anblasung, Aufwickelorgane usw.) sowie durch bessere Präparierbedingungen weiter vervollkommenet; nachdem Spulköpfe auf dem Markt waren, die es erlaubten, die Spulspannung gezielt abzubauen, konnte man es auch wagen, das schneller gesponnene Material ohne Abzugsgaletten zu spinnen, indem man den Spulkopf gleichzeitig als Abzugsorgan gebrauchte. Die Abbildung 13 zeigt eine solche moderne POY-Spinnerei, die keine Abzugsgaletten mehr hat.

Aufgrund dieses deutlichen Qualitätssprungs brach in den siebziger Jahren geradezu eine Euphorie im Überbieten von immer höheren Geschwindigkeiten aus. Neue Begriffe, wie MOY (medium oriented yarn) für Material, das bei 2000 m/min abgezogen wurde (PET und PA), POY (preoriented yarn) für Material, das bei 5200 m/min (PA) bzw. 3600 m/min (PET) abgezogen wurde und FOY (fully oriented yarn) für Material, das bei > 6000 m/min abgezogen werden sollte, wurden kreiert, und man glaubte lange Zeit mit genügend hoher Spinnengeschwindigkeit allein zu einem vollorientierten Produkt zu gelangen, das einem klassischen Kopfgarn entsprechen würde. Die Ernüchterung kam, als man erkannt hatte, daß dies nicht geht.

Daraus die Konsequenz ziehend, wurde Anfang der achtziger Jahre das FDY (fully drawn yarn) geboren, ein Material, das bei annähernder POY-Geschwindigkeit zumindest im Falle von PET gesponnen, aber dann nach dem Erstarren des Fadens in einem Zuge über zum Teil beheizten Galetten oder anderen Streckorganen voll verstreckt wird, so daß die Aufwickelgeschwindigkeit, entsprechend dem Reststreckverhältnis, bei ca. 5000 m/min liegt.

Neben dem FDY-Prozeß wurde in den achtziger Jahren eine ganze Reihe anderer integrierter Verfahren entwickelt und zur Produktionsreife gebracht. Schon in den siebziger Jahren hatte man sich bemüht, aufwendige Verfahrensstufen zu umgehen; dies hatte im Strecktexturierungsprozess einen Niederschlag gefunden, wo anstelle des Streckzwirens und des Texturierens der gesamte Vorgang in einem Zuge durchgeführt wird. Dadurch konnte man einen Großteil der riesigen Streckzwirnerien einsparen. Neuerdings hat man das Streck-Schär-Verfahren entwickelt, wobei man, ebenfalls von POY-Spulen ausgehend, wie beim Strecktexturieren diese Spulen über eine Streckeinrichtung direkt auf einen Schärbaum fährt.

Gleichzeitig neben diesen Entwicklungen hat man sich auch für Industriegarne und BCF bemüht, Verfahrensschritte zu eliminieren; so ist für technische Garne das Spinnstreckspulverfahren produktionsreif gemacht worden. Parallel dazu wurde ein geeignetes Schnelltexturierungsverfahren entwickelt, nämlich das Luftblastexturieren, und man kombinierte es mit dem Spinnstrecken zu einem Spinnstrecktexturierungsverfahren. Dies wird heute großtechnisch für das sogenannte BCF-Garn auf dem PA-Teppichsektor bei Abzugsgeschwindigkeiten von ca. 2500 m/min angewandt (Abb. 14).

Auch bei Stapelfaser gab es aufwendige Stufen zu überbrücken; insbesondere ist die Kannenablage von Spinnkabeln ein ähnlich notwendiges Übel wie das Herstellen von Schnitzeln und deren Wiederverspinnen beim Filamentprozeß. Inzwischen gibt es daher zwei Stapelfaserprozesse, bei denen keine Kannenablage mehr nötig ist, nämlich den Langsam-Spinnprozeß, wo man mit Spinnengeschwindigkeiten von nur 60 – 100 m/min direkt in die Faserstrecke geht und dort wie üblich verstreckt. Wesentlich höhere Geschwindigkeiten sind nicht möglich, aber auch nicht notwendig, weil das Stauchkammerverfahren da bereits an seinem oberen Limit angelangt ist. Das Verfahren ist besonders für Polypropylen und gröbere Polyamid- und

Polyestertiter produktionsreif, für Feintiter im Baumwollbereich bedarf es noch weiterer Entwicklung. Der Hauptvorteil dieses Verfahrens, das eine konsequente Weiterentwicklung des klassischen Stapelfaserprozesses ist, ist der, daß man im Endprodukt die für brillante, teure Teppichqualitäten begehrte zweidimensionale Stapelfaser erhält wie beim klassischen Kannenprozeß. Die Leistung ist trotz der niedrigen Spinn- und Streckgeschwindigkeit nicht niedriger, weil man hier aus Düsen mit 30000 und mehr Löchern spinnst gegenüber nur maximal 1500 beim klassischen Kannenprozeß¹.

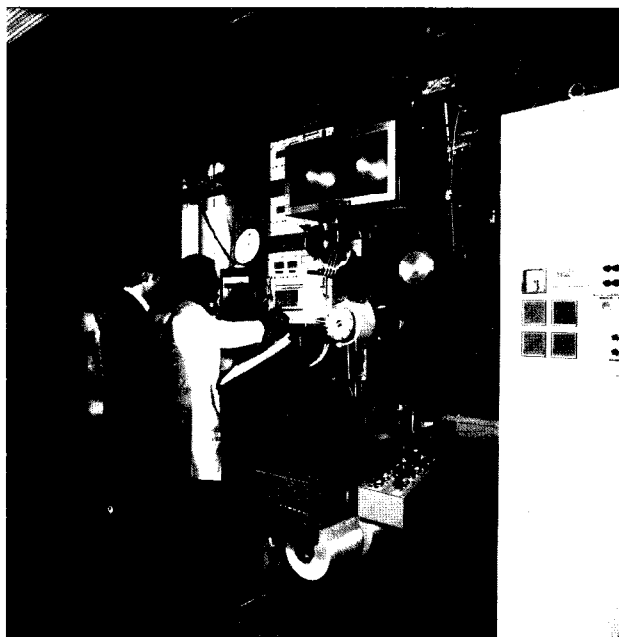


Abb. 14: Spinn-Streck-Texturierprozeß (BCF) Technikumsanlage

Ein zweites Verfahren ist das Schnellspinn-Lufttexturierverfahren, wo man im Prinzip BCF-Garn herstellt, das anstelle eines Aufspulvorganges zu einem Kabel zusammengefaßt und in einer Schnellschneide zu einer Stapelfaser geschnitten wird. Hier erhält man die dreidimensionale luftgekräuselte Faser, die im Warenbild der BCF-Faser entspricht und daher auch in entsprechende Qualitäten geht. Der Hauptvorteil dieser Stapelfaser gegenüber dem endlosen BCF-Garn ist der, daß man infolge der idealen Mischmöglichkeit auch Uniware und Velours ohne färberische Probleme herstellen kann, was beim BCF noch Probleme bereitet. Ferner besteht die Möglichkeit beliebiger Mischverspinnungen. Dieses Verfahren wurde bevorzugt für Polyamid entwickelt.

3.3. Heutige Technologie und zu erwartende Entwicklung

Inzwischen geht man also mehr und mehr auf vollintegrierte Verfahren über, von denen, wie schon erwähnt, die folgenden produktionsreif sind:

- Das Spinn-Streck-Spul-Verfahren (FDY) für Filamente (Polyester und Polyamid)
- Das Spinn-Streck-Spul-Verfahren für Industriegarne (Polyester und Polyamid)
- Das Spinn-Streck-Texturier-Verfahren für BCF-Teppichgarn (Polyamid)
- Das Spinn-Streck-Texturier-Verfahren (Langsamspinnprozeß/Stauchkammerverfahren) für Stapelfasern, ab 3 dtex aufwärts (Polyester, Polyamid, Polypropylen)
- Das Spinn-Streck-Texturier-Verfahren (Schnellspinnprozeß/Lufttexturierverfahren) für Stapelfasern (Polyamid und Polypropylen)

Die Haupttriebfeder für die Entwicklung dieser Prozesse war und ist das Bestreben, aus Effektivitäts- und Qualitätsgründen lästige Zwischenstufen und damit bestehende Probleme zu vermeiden.

So wird auch weiterhin die Integrierung von Prozeßstufen Thema Nr. 1 sein. Dabei wird diese Entwicklung durch eine fortschreitende Automatisierung in den Polymeranlagen, aber auch an den Spinnmaschinen selbst, wesentlich beschleunigt, da diese Maßnahmen zu immer besserer Polymerqualität und Produktionssicherheit führen. Aufgrund der Tatsache, daß Fadenbrüche schon heute selten auftreten und sicher noch ganz eliminiert werden können, geht man dazu über, bei Verwendung von Mehrfachspulköpfen und immer größeren Paketgewichten auch immer mehr Fäden über die gleiche Galette zu schicken. Heute hat man bereits bei textilen Filamenten Paketgewichte von 35 kg und mehr und sieht den 50 kg-Paketen entgegen. Dabei sind Vierfachspulköpfe die Norm und Sechsfachpakete im Kommen. Zwar werden hierdurch die Spulkopffachsen immer länger und die Spulköpfe komplizierter, aber die Maschinenhersteller bewältigen inzwischen auch solche Extreme. Dazu kommt die geforderte hohe Geschwindigkeit, die heute schon bei ≥ 5000 m/min liegt und sicher Ende der achtziger Jahre generell die 6000 m-Grenze erreichen wird.

Da man jedoch auch bei 8000 m/min noch kein vollverstrecktes Material erhält und oberhalb 6000 m/min die Kapazitätsskurven immer mehr abflachen, ist die Tendenz zu Geschwindigkeiten wesentlich über 6000 m/min nicht sehr stark, zumal der Verschleiß und die Kosten solcher Spulköpfe überproportional steigen. Man wird also vermutlich in den nächsten Jahren bei 6000 m/min bleiben; allerdings könnte beim FDY-Prozeß für Polyamid eine Ausnahme insofern bestehen, als da schon POY mit 5000 m/min gesponnen wurde. Würde man diese Geschwindigkeit auch für den FDY-Prozeß aufrechterhalten wollen, hätte man Streck- und Aufspulgeschwindigkeiten von nahezu 8000 m/min nötig, vorausgesetzt, man würde die Verstreckung bei so hoher Geschwindigkeit in den Griff bekommen.

Zusammenfassend sind also folgende Entwicklungen zu erwarten:

- höhere Fädigkeit bei allen Spinnprozessen, d. h. mehr Fadenläufe pro Galette;
- zwangsläufig damit gekoppelt längere Spulköpfe mit mehr Paketen pro Dorn;
- verstärkte Einführung bzw. Entwicklung von elektronisch gesteuerten, achsgetriebenen Wicklern;
- höhere Paketgewichte;
- zunehmende Computerisierung und Automatisierung am gesamten Spinnprozeß einschließlich der Aufwicklung;
- Etablieren der Abzugsgeschwindigkeiten bei 6000 m/min und wenig darüber für die textilen Filamente, allenfalls für den FDY-Prozeß Geschwindigkeiten über 7000 m/min soweit Spulköpfe vorhanden sind. Für BCF und Industriegarne werden ebenfalls höhere Geschwindigkeiten angestrebt werden, jedoch für BCF nicht wesentlich über 3000 m/min, für Industriegarne allerdings auch der 6000 m-Bereich. Bei BCF ist bekanntlich der Luft-Texturierprozeß das Hemmnis für noch höhere Geschwindigkeiten, bei den Industriegarnen die zu erreichende Fixiertemperatur, so daß hier die hohen Geschwindigkeiten zunächst nur für nicht fixierte Typen in Frage kommen. Beim klassischen Stapelfaserprozeß wird man kaum die 2000 m-Grenze überschreiten;
- weiteres Vorantreiben der integrierten Prozesse bei allen Spinnverfahren einschließlich Stapelfasern;
- um auch ein Spinnstrecktexturieren bei Filamenten zu ermöglichen, muß erst ein schnelles Texturierverfahren entwickelt werden das Abzugsgeschwindigkeiten von 5000 m und mehr zuläßt. Mit den bekannten Mitteln scheint dies nicht möglich zu sein, weshalb man hier völlig neue Wege gehen muß.

Was die Kombination all dieser Entwicklungen und ihre Anwendung in der Produktion an weiteren Möglichkeiten bietet, muß abgewartet werden.

4. Zusammenfassung und Ausblick

4.1. Vergleichende Übersichten über die Schmelzspinnprozesse

Abschließend sollen hier anhand ausgewählter Beispiele aus der Entwicklung der Schmelzspinnprozesse seit 1955 einige zukunftsweisende Tabellen und Kurven gezeigt werden.

In Tabelle 1 sind die Entwicklungsstufen der PET-Polymer-Erzeugung von 1955 – 1995 dargestellt, und zwar in 10-Jahres-Schritten. Diese 10-Jahres-Schritte sind nicht willkürlich, sondern bewußt gewählt, weil entscheidende Entwicklungsschritte tatsächlich Zeiträume von ca. zehn Jahren benötigen; selbstverständlich mit gewissen Verschiebungen, bis sie vom Technikumszustand zur technischen Reife gelangen. Dies gilt beinahe weltweit, was im wesentlichen darauf zurückzuführen sein dürfte, daß neue, zukunftsfrüchtige Entwicklungen unmittelbar nach ihrem Bekanntwerden auf Grund des weltweiten Konkurrenzdruckes von vielen Produzenten möglichst schnell nachgestellt werden, wodurch finanzielle und personelle Kapazitäten weitgehend blockiert sind, bis eine neue Entwicklungstendenz bekannt wird. Die Tabelle 2 stellt in entsprechender Weise die Spinnysteme dar, hier als Beispiel den PET-Textilgarnprozeß. Die beiden Tabellen sprechen für sich und brauchen deshalb nicht näher erklärt werden.

Tabelle 1: Entwicklung der PET-Polymererzeugung

| 1955-1965 | 1965-1975 | 1975-1985 | 1985-1995 |
|--|---|--|---|
| Polykondensation (Umesterungsprozess) in kleinen Autoclaven | Polykondensation (Umesterungsprozess) in größeren Autoclaven | Erste kontinuierliche Polykondensation (Veresterung) mit Direktspinnereien bei Stapelfasern und Technischen Garnen | Kontinuierliche Polykondensation mit Direktspinnereien für alle PET-Verfahren |
| Schnittzellerzeugung durch Bändelreiben und Schneiden in quaderförmige Schnittzel (neigte zu Stauungen, nicht rieselfähig) | erste versuche mit Unterwassergranulatoren | Unterwassergranulatoren für Schnittzellerstellung (Textile Filamente) | Schnittzellerzeugung allmählich zurückgehend |
| Trocknung diskontinuierlich in Taumeltrocknern | Erste kontinuierliche Trockner | Kontinuierliche Trocknung direkt über den Extrudern | |
| Förderung zu den Spinnmaschinen in Hännesilos | Förderung durch Riasysteme direkt in die Spinnbunker (Staub- und Abriebsprobleme) | Riasysteme zur Spinnerei im Taktstufverfahren (kein Staub und Abrieb mehr) | |
| Abfüllen per Hand in die Spinnbunker | | | |

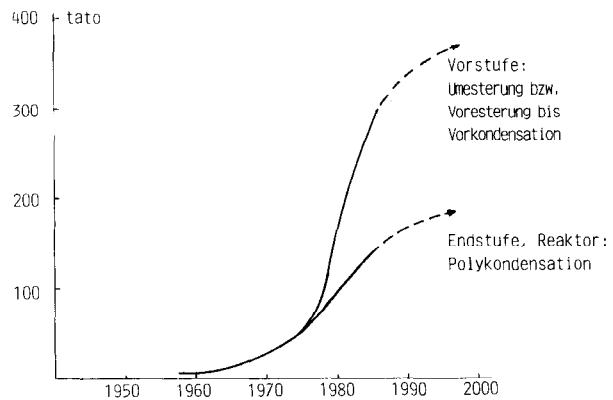
Tabelle 2: Entwicklung der textilen Filamente

| 1955-1965 | 1965-1975 | 1975-1985 | 1985-1995 |
|---|---|--|--|
| Spinnen und Aufspulen 800-1000-1200(PA)/1600(PE)m/min Abzug am Rostspinnmaschinen | POY- und POF-Spinnen von PA und PE bei 2800 bzw. 3200m/min (bei PA mit geheiztem Spinnenschaft) | POY-Spinnen bei 3600-4200 (PE) bzw. 4500-5200m/min(PA) (unbeheizte Schächte) | 6000 m POY-Spinnen bei PA und PE angedreht mit zunehmender Tendenz für Direktspinnen |
| Konditionieren der Spinnspulen | kein konditionieren mehr | | |
| Streckzwirnen der Spinnspulen auf Kopse | Streckzwirnen für Glattgarn und Zwirn auf Kopse | Spinnstrecken (FOY) auf Spulen | Spinnstrecken für Glattgarn (FOY) (>7000 m/min?) oder Streckspulen |
| Texturieren Zwirnen Schären | z.T. schon Strecktexturieren Zwirnen Schären | Strecktexturieren Zwirnen Beginn mit Streckschären | Strecktexturieren Streckhochzwirnen Streckschären |
| Besonderheiten: Düsen/Position 1-4 einfache fahweise zweifädig mit Abzugsgaletten keine Automatik Spulengewichte 1kg-2kg | 4-8 zweifädig z.T. schon ohne Galetten keine Automatik 4-8 kg | 8-16 zwei- bis vierfädig galettenlos bei POY teilautomatisiert 8-12 kg - 35 kg | vier- bis achtfädig galettenlos bei POY zunehmend vollautomatisch 35-50 kg |
| ROSTPERIODE | EXTRUDERPERIODE | POY-PERIODE teilintegriert | PERIODE der Integ. Verfahren vollintegriert |

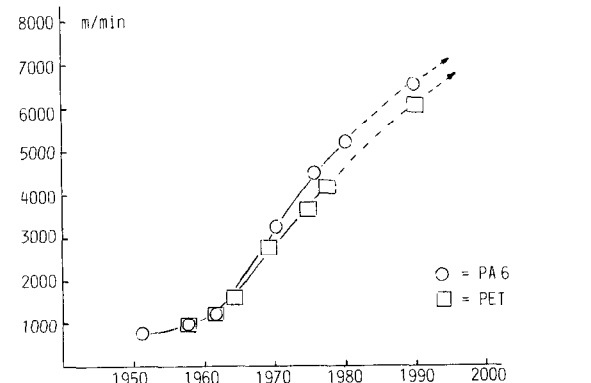
stufenweise Entwicklung durch jeweils neue, leistungsfähigere Maschinen erwarten sollte. Tatsächlich wurden jedoch stets erst die Leistungen der älteren Anlagen aktiviert und durch höhere Geschwindigkeiten, Temperaturen, schnelleren Durchsatz und andere Optimierungsarbeiten über das Kapazitätsniveau der ursprünglichen Auslegung hinaus bis an ihre Grenze ausgenutzt. Erst dann waren neue Maschinen interessant, so daß ein annähernd kontinuierlicher Anstieg erfolgte. Seit 1975 haben wir damit begonnen, die Veresterungs- und Vorkondensationsstufe, die noch entsprechend ausbaufähig war, auf die doppelte Kapazität der Endstufe zu erhöhen, um auch dem Bestreben gerecht zu werden, aus einer Anlage zwei oder mehr verschiedene Spinnverfahren nach dem Direktspinnprinzip zu bedienen, wofür mindestens zwei oder mehr Endreaktoren benötigt werden (vgl. Abb. 11).

Die Gestaltung der Abzugsgeschwindigkeiten bei den Filamentprozessen zeigt ebenfalls einen kontinuierlichen Verlauf (Abb. 15b), und es ist zu erwarten, daß die mittleren Produktionsgeschwindigkeiten auch über 1990 hinaus eine ähnliche Entwicklung nehmen.

Eine Betrachtung der Schmelzspinnprozesse nach ihrer Bedeutung und aufgeschlüsselt nach den dabei verwendeten Polymeren (Abb. 16) zeigt², daß Polyester bei den textilen Garnen mehr als die Hälfte der Produktion bestreitet (51 %), Polyamid dicht dahinter (39 %) mit einem Textilgarnanteil von 64 % der gesamten Endlosproduktion; die übrigen Polymeren sind fast zu vernachlässigen. Bei Industriegarnen (26 %) liegt PA vorne mit 35 % und Polyester an zweiter Stelle mit 18 %; allerdings liegen beide noch hinter Viskosefasern zurück. Bei BCF (ca. 10 %) ist schließlich PA praktisch der einzige Partner neben wenig PP.



a) Durchsatz von PET-Polykondensationsanlagen



b) Entwicklung der Abzugsgeschwindigkeiten bei Textilgarn

Interessant ist auch die Entwicklung der Durchsatzleistungen bei Polyesterautoclaven und Reaktoren (Abb. 15a). Die Kurven sind kontinuierlich dargestellt, obwohl man eine

Abb. 15: Progression bei Schmelzspinnprozessen

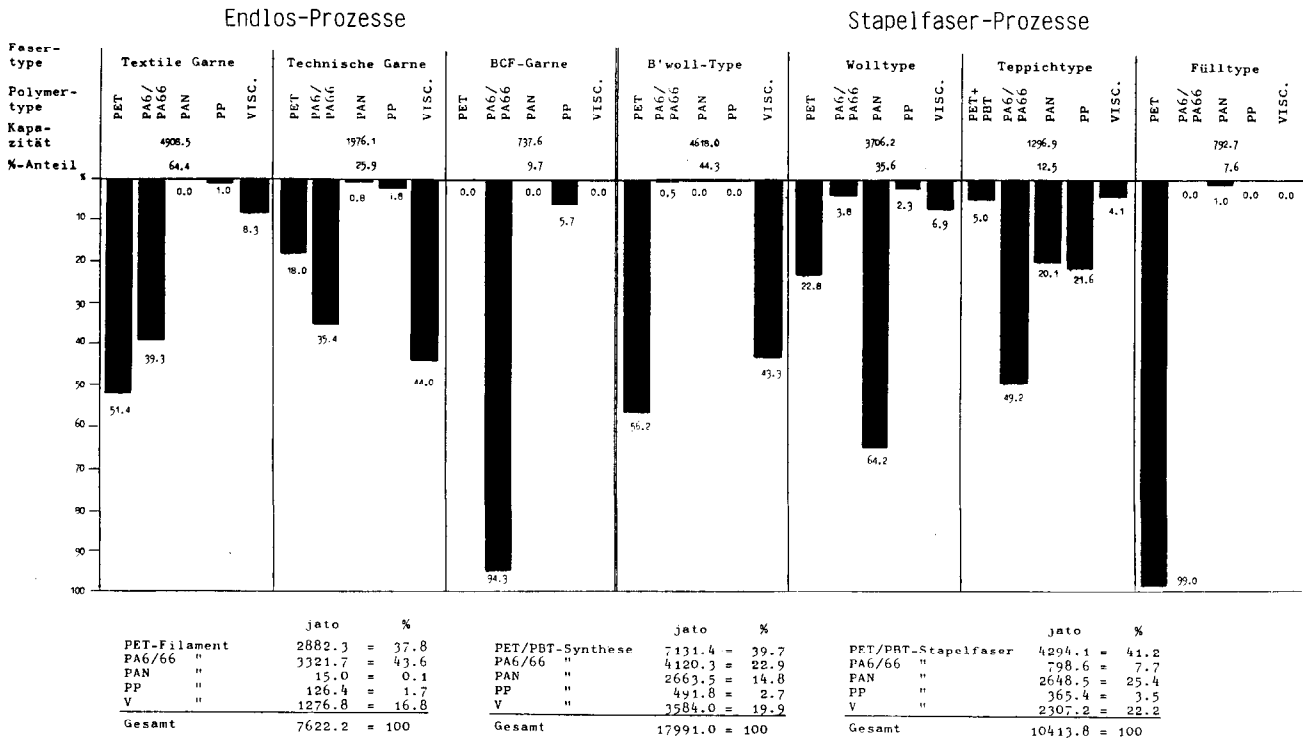


Abb. 16: Synthesefaserkapazitäten, weltweit 1984 (in 1000 jato)

Bei den Stapelfaserprozessen ist der weitaus stärkste Partner wiederum das PET mit insgesamt 41 % der gesamten Stapelfaserproduktion. An zweiter Stelle steht PAN mit 25 % und Viskose mit 22 %. Erst dann kommen die beiden Polyamide mit nur ca. 8 %. Im Gesamtsynthesefaserbild, einschließlich des Polyacrylnitrils und der Cellulose regeneratfasern, ergibt dies also für Polyester den Löwenanteil von fast 40 %, für die Polyamide einen Anteil von immerhin noch 23 %.

Hier wird deutlich: auch in Zukunft dürfte das PET das Hauptzugpferd bleiben, und jede Investition in die Polyester-Schmelze-Spinnprozesse scheint lohnenswert. Bei den Polyamidprozessen gilt zumindest für die Endlosverfahren und für den Teppichstapelfaserbereich das gleiche.

Geht man von einem Weltbevölkerungswachstum aus, wie in Abbildung 17a dargestellt, so läßt eine Prognose bis 1995 für PE, PA und PP eine Entwicklung erwarten, wie sie in den Kurven 17b - 17d dargestellt ist. Prozentual nach verschiedenen Polymeren aufgeschlüsselt, ergibt sich eine Entwicklung, wie in der Abbildung 18a gezeigt; man sieht deutlich den Trend der Ausbreitung des Synthesefaserverbrauchs auf Kosten der Cellulose regeneratfasern, der sich auch noch über 1990 hin auswirken dürfte, bis bei voraussichtlich ca. 10 % eine Stabilisierung eintreten wird (1990). Die Abbildung 18b zeigt die gleiche Entwicklung nochmals nach Faserarten aufgeschlüsselt. Überraschend und für diese Länderbereiche alarmierend ist die Tatsache, daß in Westeuropa und in den USA der Synthesefaserverbrauch prozentual immer weiter zugunsten der ehemaligen Entwicklungsländer zurückfällt (Abb. 18c).

4.2. Ausblick

Sicher bringen die nächsten Jahre weitere interessante Entwicklungen, und es ist jetzt noch nicht voll abzuschätzen, welche Prozesse schließlich über das Jahr 2000 bestehen bleiben. Sicher werden es bevorzugt integrierte Prozesse sein, zumal durch fortschreitende Computerisierung und Automatisierung Ungleichmäßigkeiten und Fehler immer mehr ausgeschlossen werden, die wesentlichste Vor-

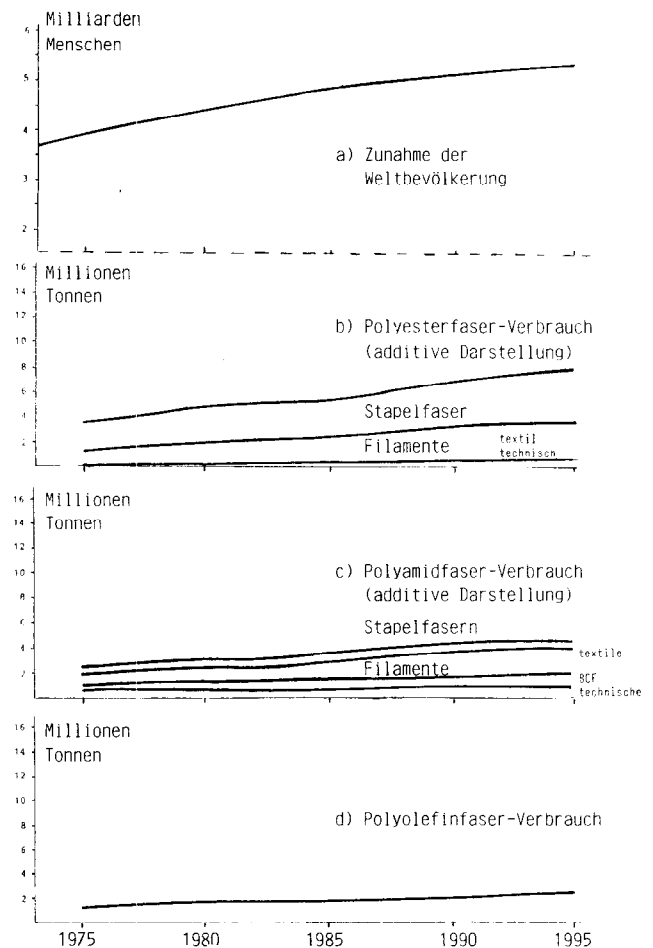


Abb. 17: Weltweite Synthesefaserentwicklung

aussetzung für solche Verfahren. Die großen Polymeren, Polyethylterephthalat und die beiden Polyamide werden weiterhin Marktführer bleiben, Polypropylen wird noch etwas an Boden gewinnen, und zwar in den spezifischen Sektoren, die es zum Teil jetzt schon eingenommen hat.

Angesichts der zuletzt gezeigten Kurven sollten jedoch in den sogenannten Industriestaaten alle Anstrengungen gemacht werden, neue zukunftssträchtige Technologien und Verfahren zu entwickeln, um nicht neben dem prozentualen Rückgang der Produktionskapazitäten auch noch die technologische Führungsrolle an die jungen Industrienationen zu verlieren.

Literatur:

- 1) Riehl, L., Reitter, H.; Chemiefasern Text.Ind., 85, 22 – 29 (1983)
- 2) Die Abbildungen 18 – 20 sind erstellt unter Verwendung von:
 Textile Organon (Informationen)
 Arthur D. Little Inc. (Informationen)
 CIRFS (Informationen)
 Japan Chem. Fibr. Assoc. (Informationen)
 ENKA – Chemiefaserjahr (Informationen)
 Höchst – Presse (Informationen)
 Zimmer AG: eigene Marktforschung
 und alle gängigen Fachzeitschriften

Diskussion

Berger: Sie haben ein Problem ausgelassen: die Schmelzefiltration. Gerade beim Hochgeschwindigkeitsspinnen ist das ein wesentlicher Faktor. Die zweite Frage: Sie sagten, daß der Extruder das Rostspinnen abgelöst hat und daß neue Konzepte dafür existieren. Können Sie dazu etwas sagen?

Riehl: Das neue Konzept ist im Grunde das Direktspinnen, bei dem man gar nicht über Schnitzel geht, sondern, wie ich ausgeführt habe, direkt in Spinnmaschinen einmündet, und das gilt in der Zukunft mit Sicherheit für alle textilen Schmelzspinnprozesse. Zurück zur ersten Frage – das Polymerfiltersystem. Sicher hätte es in den Rahmen hineingepaßt, aber ich habe es nicht erwähnt, weil es unmöglich gewesen wäre, alle zum Thema passenden Fragen in so kurzer Zeit einigermaßen umfassend und erschöpfend zu erörtern. Ich bin darauf bewußt nicht eingegangen. Es ist sicher ein Vorteil, Polymere zu filtrieren, und man hat auch die besten Polymeren dort erhalten, wo man filtriert hat. Es ist ein wesentlicher Faktor (zu dem schon Aufgezählten) hinsichtlich immer besserer Polymergleichmäßigkeit, damit es keine Fehlstellen und keine Störungen geben kann, um direkt in die Folgeprozesse einmünden zu können und um kein Risiko eingehen zu müssen. Das Risiko wird unter anderem auch durch die Polymerfiltration erheblich gemindert.

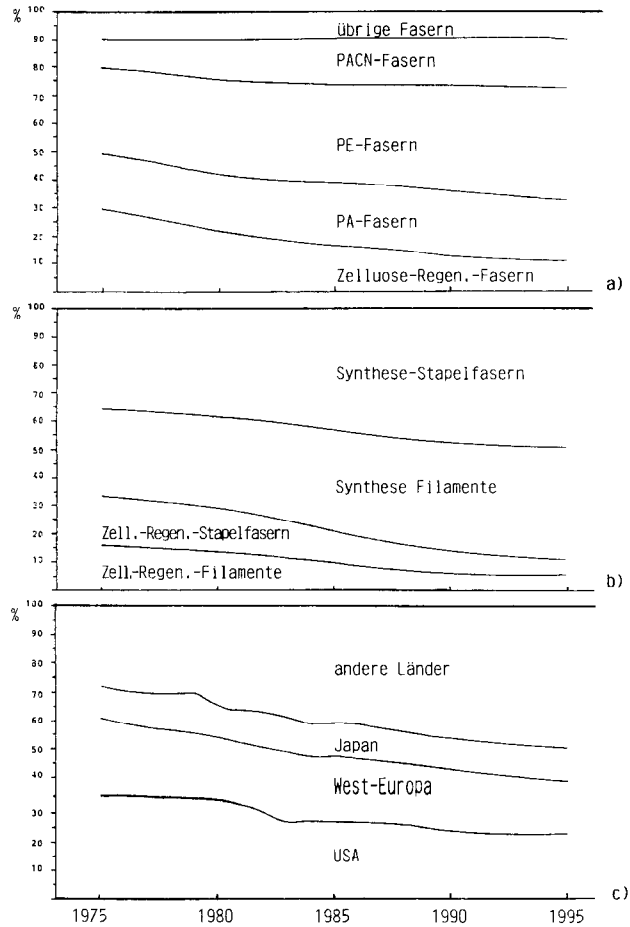


Abb. 18: Welt-Synthese-Faser-Entwicklung (%)

Riggert: Sie nannten zwei Alternativen zur Kannenablage beim Stapelfaserprozeß. Die eine ist realisiert in Kurzspinnanlagen, die andere geht von dem BCF-Prozeß aus. Bei Neuinvestitionen derartiger Anlagen stellt sich die Frage: Wie groß ist der Anteil dieser Alternativen bei Polyester?

Riehl: Diese Entwicklung steht im Moment noch in den Kinderschuhen. Die erste Anlage dieser Art – das langsame Spinnen – ist im Prinzip bei Polypropylen und auch bei Polyamid verwirklicht. Für Polyester hat sich einstweilen noch keine Kunde bereit gefunden, das Risiko einzugehen, denn es ist ein Risiko, das ist selbstverständlich. Irgendwann muß man aber einmal starten, und wir halten das Risiko für tragbar, auch Polyester in dieser Art herzustellen. Der Anteil ist sehr gering, und wir hoffen, daß wir in nächster Zeit einen mutigen Kunden finden werden, der bereit ist, auch einmal so eine Anlage für Polyester zu kaufen.

Maschinentechnische Neuentwicklungen zur Verbesserung der Qualität synthetischer Filamentgarne

Dr. K. H. Bauer, W. Pieper, Barmag AG, Remscheid, Bundesrepublik Deutschland

Die Qualitätsparameter von synthetischen Filamentgarnen werden durch viele Faktoren beeinflusst, wie z. B. die Eigenschaften des Polymers, die Polymeraufschmelz- und Fadenabkühlbedingungen, die Verstreckung und die Aufspulung.

Durch die Entwicklung neuer und hochwertiger Maschinen tragen wir mit dazu bei, daß Filamentgarne für die verschiedensten Einsatzgebiete mit immer weiter verbesserten Eigenschaften rationell hergestellt werden können.

Als Beispiele für solche Neuentwicklungen werden besprochen:

- Spinnkästen von verbesserter Temperaturgleichmäßigkeit zum Spinnen textiler Filamentgarne,
- Anblasungen zum gleichmäßigen Abkühlen von Filamentgarnen unterhalb der Spinndüsen und
- Hochgeschwindigkeitsspulköpfe zum Aufspulen von Filamentgarnen unter besonderer Berücksichtigung der Wicklungsformen.

Spezielle Wicklungsformen, wie z. B. die Stufenpräzisionswicklung, werden angewandt zur Erzielung eines guten Spulenaufbaues und niedriger Fadenspannungsschwankungen bei hohen Abzugsgeschwindigkeiten.

Many parameters influence the quality of synthetic filament yarns, e. g. polymer characteristics, the conditions for melting the polymer and for cooling the yarn, elongation and take-up.

By developing new high-quality machines we contribute to the efficient production of filament yarns with further improved properties, which are tailored to a great variety of applications. The following examples for these new developments will be discussed:

- Spinning heads with an improved temperature uniformity for spinning textile filament yarns,
- quenching for uniform cooling of filament yarns underneath the spinnerettes and,
- high-speed winders for winding filament yarns under special consideration of the winding systems.

Special winding systems such as step precision winding are used to achieve a good package build and uniform and low yarn tension during high-speed unwinding of the package.

1. Einleitung

Der Fachmann weiß, daß es mehrere Faktoren gibt, die alle gleichzeitig die Qualität synthetischer Filamentgarne im Spinnprozess mitbestimmen, und zwar:

- die Qualität und Gleichmäßigkeit des Polymers,
- das Raumklima und die Luftdrücke,
- die Wahl der Maschineneinstellung,
- die sorgfältige Instandhaltung und Bedienung der Maschine und schließlich
- die Maschinen selbst.

In diesem Vortrag werde ich einige neuentwickelte Komponenten von Spinnanlagen für synthetische Filamentgarne vorstellen und gleichzeitig Beispiele für die damit erreichte Qualitätssteigerung hinzufügen.

2. Genereller Aufbau von Spinnanlagen

Zunächst eine Übersicht über die wichtigsten Elemente einer Spinnmaschine (Abb. 1). Der Extruder verarbeitet das gleichmäßig vorgetrocknete Granulat in eine Schmelze, die durch Mischelemente sorgfältig homogenisiert ist und einen sehr konstanten Druck und eine konstante Temperatur aufweist, und dies sowohl bei den höchsten als auch bei den niedrigsten Ausstoßmengen.

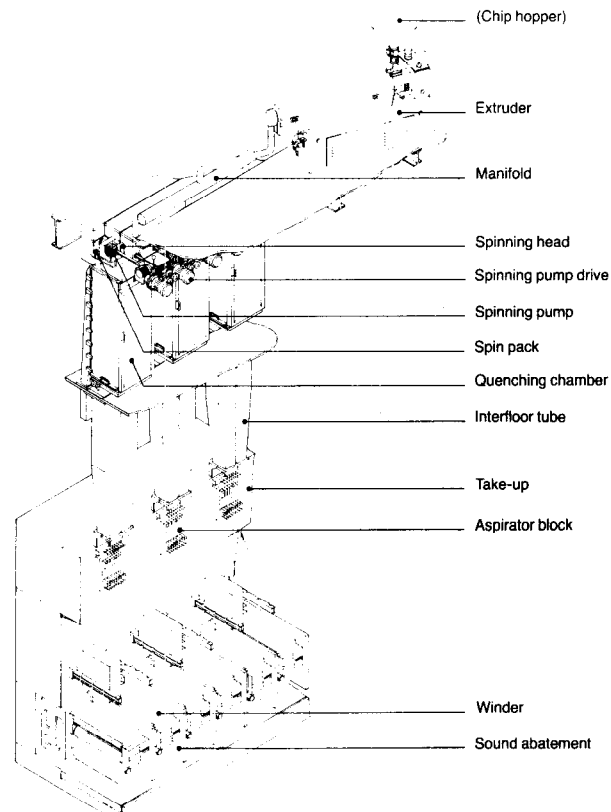


Abb. 1: Spinning machine

Für die Verarbeitung von feuchtem Polyamid-Granulat liefern wir Entgasungsextruder, in denen der Schmelze die Feuchtigkeit unter Vakuum entzogen wird.

Additive, wie gefärbtes Masterbatch, Antistatika oder Stabilisatoren, können in konstanten Verhältnissen eindosiert und in gleichmäßiger, feiner Verteilung eingemischt werden.

Wird das Polymer in Form einer Schmelze direkt von der Polykondensationsanlage zur Spinnmaschine geleitet, so setzen wir große Zahnradpumpen zur Erzeugung des exakten Volumenstromes und Schmelzedruckes ein.

Häufig wird die Schmelze durch großflächige Filter gereinigt und homogenisiert. Schmelzefilter mit zwei großvolumigen Filtereinheiten nennen wir „Non-Stop-Filter“, weil der Schmelzestrom ohne Unterbrechung der Produktion auf die eine oder andere Filtereinheit umgeschaltet werden kann, sodaß eines der beiden Filter jederzeit gereinigt werden kann, während das andere in Betrieb ist.

Die Schmelze fließt dann zum Spinnkasten, wo sie mittels Spinnpumpen durch die Spinndüsen gepreßt wird. Unterhalb der Spinndüsen werden die Filamentgarne durch Luft abgekühlt, während sie, mit oder ohne Galetten, mit konstanter Geschwindigkeit abgezogen werden. Mit Hilfe von Galetten kann eine Nachverstreckung, Schrumpfung oder Wärmebehandlung vorgenommen werden.

Auch andere Aggregate zur Wärmebehandlung der Garne mittels Sattedampf oder Heißluft stehen zur Verfügung. Schließlich werden die Fäden aufgespult. Nach diesem

Überblick möchte ich einige neuentwickelte Aggregate beschreiben, mit denen die Qualität textiler Filamentgarne, sei es POY oder verstrecktes Garn, deutlich verbessert werden kann.

3. Spinnkasten vom Typ SP40 für textile Filamentgarne

Der Spinnkasten vom Typ SP40 wurde, besonders für die Produktion feiner und feinkapillarer Garne, entwickelt. Wegen der besonders guten Temperaturgleichmäßigkeit aller Teile, mit denen die Schmelze in Berührung kommt, und wegen der guten Bedienbarkeit wird er jetzt ganz allgemein mit Erfolg für alle textilen Garne und, mit kleinen Variationen, für technische Garne verwendet.

Warum ist eine gute Temperaturgleichmäßigkeit des Spinnkastens so wichtig? Weil sie z. B. Einfluß auf die Viskosität der Schmelze, den Druck im Düsenpaket und die Struktur des frisch gesponnenen Garnes nimmt (Abb. 2).

gleichmäßig und sehr intensiv, sodaß sich innerhalb des Düsenpaketes keine Zonen mit niedriger Schmelzetemperatur ausbilden können.

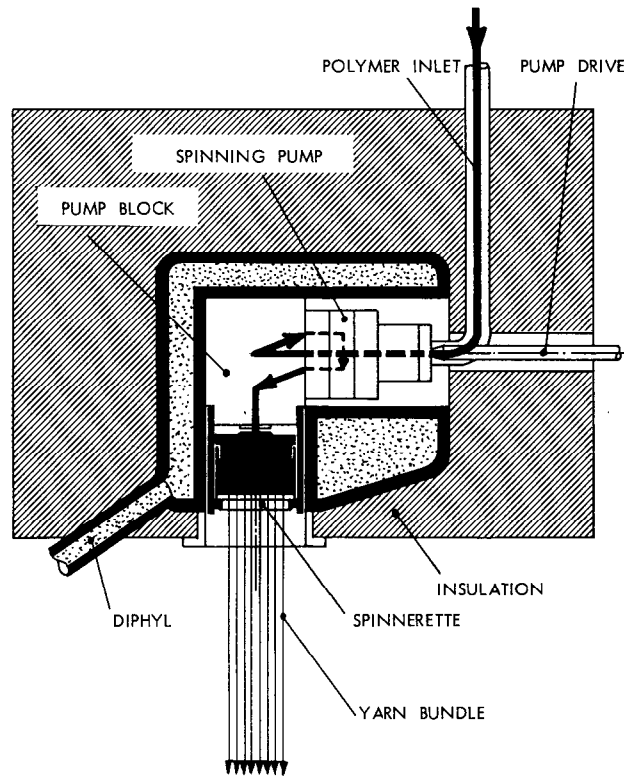


Abb. 3: Spinning-head type SP 40

Dies kommt zum Ausdruck in Abbildung 4, wo die Temperatur von Düsenplatten während des Aufheizens im Spinnkasten über die Zeit aufgetragen wurde. Zwei Düsenpakete wurden vor Beginn des Versuches in einem Ofen auf eine Temperatur von 250° C vorgeheizt und dann in den Spinnkasten eingesetzt. Danach wurde die Temperatur der Düsenplatten jeweils in der Mitte gemessen. Wir sehen, daß sich die Meßstellen dieser Düsenplatten sehr gleichmäßig und rasch erwärmen, obwohl keine Schmelze floß. Die Spinnkastentemperatur, die 294° C betrug, wurde nahezu erreicht.

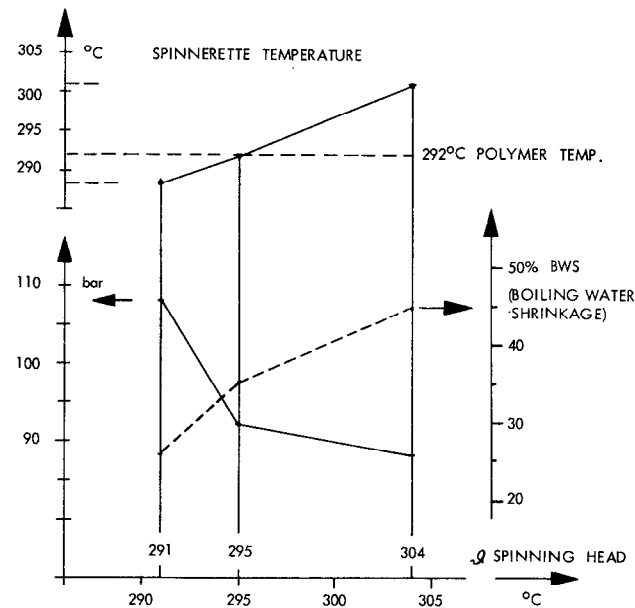


Abb. 2: Effect of spinning-head temperature

Wir sehen beispielsweise, daß bei Erhöhung der Spinnkastentemperatur von 291° C – 300° C der Druck in den Düsenpaketen stark absinkt und der Kochschumpf ansteigt. In der Literatur sind solche Zusammenhänge mehrfach beschrieben worden.

Der Grad der Änderung physikalischer Garndaten ist natürlich zusätzlich abhängig von vielen Parametern, wie Schmelzeviskosität, Durchmesser der Düsenbohrungen usw., worauf hier nicht eingegangen werden kann.

Wie erreichen wir die notwendige gute Temperaturgleichmäßigkeit des Spinnkastens?

Im Querschnittsbild (Abb. 3) sehen wir, daß die Schmelze, aus der Verteilerleitung kommend, der Spinnpumpe zufließt, die in einer gut beheizten Tasche des Spinnkastens angeordnet ist.

Der Antrieb der Pumpe erfolgt im gezeigten Beispiel über eine horizontale Welle, die ihrerseits über einen frequenzgesteuerten Synchronmotor mit Zwischengetriebe angetrieben wird.

Nach Verlassen der Pumpe strömt die Schmelze durch den Pumpenblock und dann zentrisch in das Düsenpaket ein und verteilt sich gleichmäßig auf die Düsenbohrungen. Der Wärmeübergang von der Befestigungsstelle und von der Wand des Spinnkastens in das Düsenpaket ist sehr

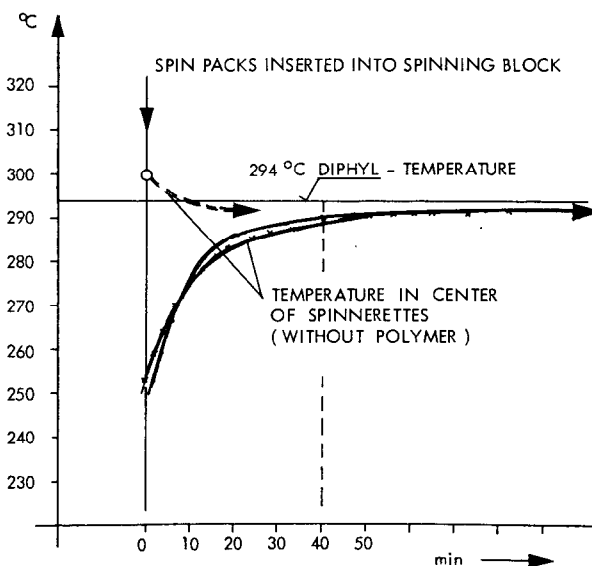


Abb. 4: Heating up of spinnerettes after the installation of spin packs in the spinning block

In der Betriebspraxis würde das Düsenpaket im Vorwärmofen natürlich über die Heizkastentemperatur vorgewärmt, damit unmittelbar nach der Montage mit dem Spinnen begonnen werden kann.

Auch trägt die strömende Schmelze zur Beheizung der Spinddüsen bei. Der Versuch zeigt, wie gut die Beheizung der Düsenplatten von außen erfolgt, was besonders bei kleinen Schmelzedurchsätzen, d. h., beim Spinnen feiner Titer wichtig ist, aber auch beim Spinnen feinkapillarer Fäden, wo die Schmelze nur wenig Wärme zur einzelnen Bohrung antransportiert und nur eine geringe temperaturregelnde Wirkung auf die Düsenbohrung hat.

Nachfolgend noch ein Beispiel aus der Praxis beim Spinnen von Polyester POY dtex 76f32, 3500 m/min, das für bestimmte Betriebsbedingungen, wie Schmelzeviskosität, Spinddüsenausführung usw., gilt:

In einer Spinnerei mit nebeneinanderliegenden, durch eine gemeinsame Diphyllanlage gleichmäßig beheizten Heizkästen vom Typ SP40 mit je 8 Spinddüsen konnten nach dem Aufheizen ohne Schmelzedurchfluß Temperaturen der Düsenplatten von 290°C - 292°C, d. h. $\pm 1^\circ\text{C}$, gemessen werden. Bei einer eingestellten Schmelztemperatur von 292°C, wurden in diesem Fall optimale Spinnbedingungen bezüglich Fadenbruchzahlen, Kapillarbruchzahlen, Fadengleichmäßigkeit usw. erreicht.

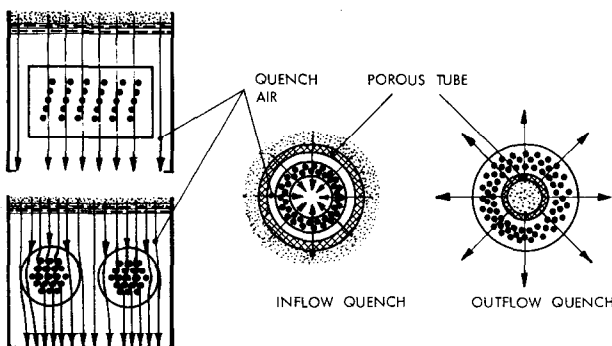
Wurde die Temperatur des Heizkastens auf 288°C bzw. 296°C verändert, so stiegen jeweils die Fadenbruchzahlen. Auch dieses Beispiel unterstreicht die Bedeutung guter Temperaturgleichmäßigkeit der Düsenplatten und die hohe Qualität der hier vorgestellten Spinnkastentype.

4. Die Anblasung

Unterhalb der Düsenbohrungen werden die Filamente durch strömende Luft abgekühlt.

Es kommt vor allem auf räumlich und zeitlich äußerst gleichmäßige Luftströmung an, andernfalls wird die Gleichmäßigkeit der Garne schlechter. Darüber hinaus sollten alle Filamente eines Garnbündels möglichst gleichmäßig behandelt werden.

Je nach der Art der Luftströmung unterscheiden wir (Abb. 5):



CROSS FLOW QUENCH
RECTANGULAR AND
ROUND SPINNERETTES

Abb. 5: Quench systems for synthetic filament yarns

- Querstromanblasung,
- Außen-/Innenanblasung,
- Innen-/Außenanblasung.

Die Querstromanblasung ist die universell angewandte Methode für feine und grobe Titer, für runde und für rechteckige Düsenpakete.

Bei der Außen-/Innenanblasung strömt die Luft von außen radial symmetrisch durch die Filamente hindurch, die

ringförmig angeordnet sein müssen. Mit den Filamenten strömt die Luft dann nach unten ab.

Die Innen-/Außenanblasung wird bei Filamentgarnen von hohen Garnitern und beim Spinnen von Stapelfasern angewandt, weil hier große Luftmengen gleichförmig durch ein Bündel von sehr vielen, dicht angeordneten Filamenten geblasen werden können. Sie verlangt größere Düsendurchmesser und Düsenabstände als die zuerst genannten Methoden. Über die Querstrom- und die Außen-/Innenanblasung möchte ich im Folgenden berichten:

Bei der neuentwickelten Niederdruck-Querstromanblasung, Abbildung 6, strömt Luft von niedrigem Druck (minimal 40 mm Wassersäule) durch den zentralen Versorgungskanal den einzelnen Anblasestellen zu. Ein neuartiges Drosselelement erlaubt eine feinfühligere Luftmengenregelung unter Beibehaltung eines geringen Turbulenzgrades der Luft.

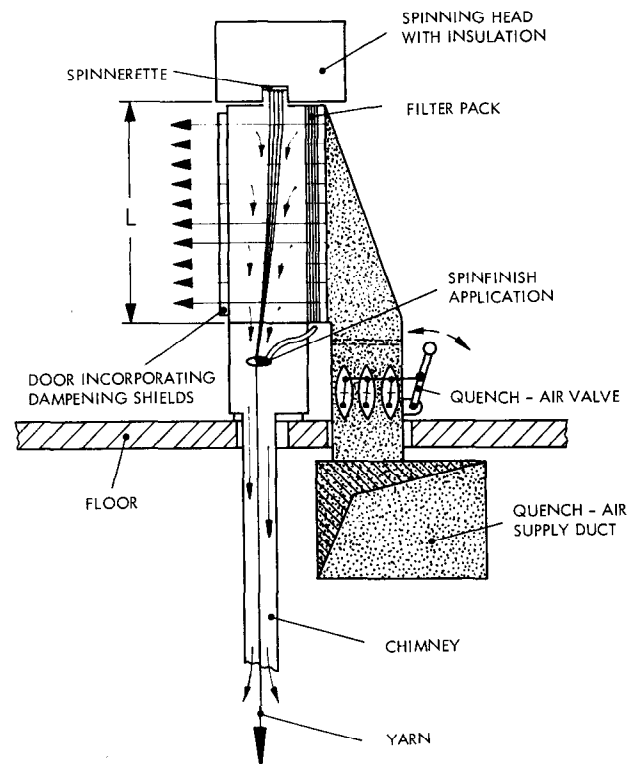


Abb. 6: Crossflow quenching

Durch die Anordnung von Filterpaketen wird erreicht, daß die Luft mit gleichförmiger Geschwindigkeit in den Blaskasten einströmt, um die Filamente zu kühlen.

Vor dem Anblasekasten befindet sich eine Tür mit speziellen Drosselelementen, die das gleichförmige Abströmen der Blasluft gestatten und gleichzeitig das Eindringen von störenden turbulenten Luftströmungen von außen abpuffern.

Eine Anblaselänge L zwischen 1,2 m - 1,5 m ist für textile Filamentgarne ausreichend.

In jeder Fadenanblasung herrscht immer eine turbulente Luftströmung, es ist aber für das Spinnen gleichmäßiger Filamentgarne wichtig, daß der Turbulenzgrad der Luft gering ist, und dies ist bei der beschriebenen Querstromanblasung in besonderem Maße gelungen.

Der systembedingte Nachteil der Querstromanblasung, daß nämlich nicht alle Filamente des Bündels gleichartig angeblasen werden, ist unvermeidlich. In dieser Hinsicht sind Anblasungen mit radialer Luftströmung vorteilhaft.

Bei der Außen-/Innenanblasung (Abb. 7) wird die radiale Luftströmung dadurch erreicht, daß die Kühlluft durch ein

poröses Rohr radial zum Zentrum strömt. Die Luftströmung durchdringt deshalb rasch und gleichmäßig die ringförmig angeordneten Filamente. Damit wird erreicht, daß alle Filamente weitgehend gleichartig und außerdem schnell abgekühlt werden.

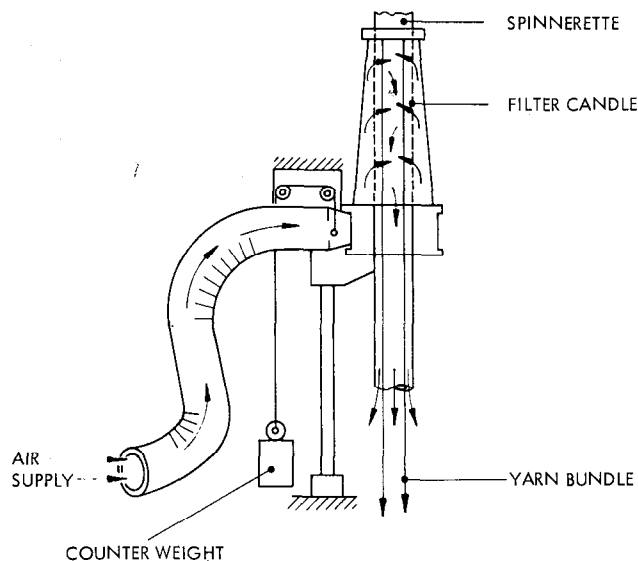


Abb. 7: Circular quench air system (inflow quench)

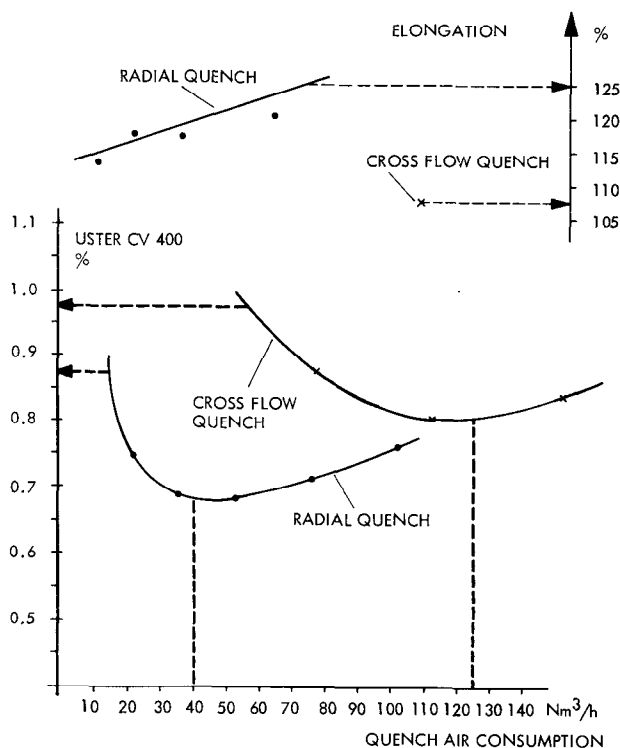


Abb. 8: Polyester POY dtex 76 f 36, 3000 m/min

Es genügt eine Anblaselänge von ca. 40 cm und z. T. wesentlich weniger. Die Außen-/Innenanblasung ist also sehr kurz. Sie ist beweglich an Führungsstangen befestigt und kann zur bequemen Bedienung des Düsenpaketes einfach abgesenkt werden.

Wegen des erhöhten Strömungswiderstandes des porösen Rohres muß im Zuführkanal ein relativ hoher Luftdruck von ca. 80 – 90 mm WS bereitgestellt werden. Die benötigte Luftmenge ist allerdings wesentlich geringer als bei der Querstromanblasung.

Zur Demonstration der Eigenschaften der beschriebenen neuen Anblasesysteme zeigt die Abbildung 8 ein Diagramm, in dem die Ustergleichmäßigkeit von Garnen über der Luftmenge aufgetragen ist.

Wir sehen, daß bei kleinen Luftmengen die Ungleichmäßigkeit zunächst höher ist. Wird die Luftmenge vergrößert, so erreicht die Garnleichmäßigkeit ein Optimum; wird dieses überschritten, so steigt die Ungleichmäßigkeit wieder an.

Standardtiter können mit der neuen Querstromanblasung in einer sehr guten Qualität einwandfrei hergestellt werden.

Mit der Außen-/Innenanblasung können wir bei empfindlichen Filamentgarnen bessere Gleichmäßigkeitswerte als mit der Querstromanblasung erzielen.

Die Bereiche der optimalen Anblasebedingungen sind flach ausgebildet, sodaß auch bei den im praktischen Betrieb unvermeidlichen Schwankungen der Luftdrücke bzw. Luftgeschwindigkeiten noch gute Gleichmäßigkeitswerte erreicht werden.

Die POY-Garne, die mit der Außen-/Innenanblasung abgekühlt wurden, haben, weil sie schneller abgekühlt wurden, eine größere Dehnung als die mit Querstromanblasung abgekühlten.

Versuche haben gezeigt, daß durch die neuentwickelte Außen-/Innenanblasung auch spezielle technische Titer mit hervorragender Gleichmäßigkeit und besonderen Eigenschaften produziert werden können.

5. Stufenpräzisionswicklung

Zum Abschluß möchte ich über die Anwendung der Stufenpräzisionswicklung in Spulköpfen berichten. Zur Erläuterung der Aufwindegeometrie zunächst eine Gegenüberstellung verschiedener Wicklungsarten:

Die Abbildung 9 zeigt zunächst die Fadenablage in einer Spule mit *wilder Wicklung*. Bei kleinen und großen Spulendurchmessern ist der Steigungswinkel α des Garnes konstant. Er wird so gewählt, daß die Spulen nicht ausbauchen und die abgelegten Fadenlagen nicht rutschen.

Auch die Changiergeschwindigkeit v_C ist konstant, abgesehen von der Spiegelstörung, die im allgemeinen zwischen $\pm 0,5$ und ± 4 % eingestellt wird.

Bei konstanter Umfangsgeschwindigkeit der Spule v_U ist auch die Aufspulgeschwindigkeit bzw. Garngeschwindigkeit v_G im wesentlichen konstant.

Stehen Spulendrehzahl und Doppelhubzahl des Changierfadenführers in einem geradzahigen Verhältnis zueinander, wie in der Abbildung dargestellt, so werden mehrere aufeinanderfolgende Fadenlagen übereinandergewickelt, und wir sprechen von einem „Spiegel“ (Abb. 10).

Im genannten Beispiel treten ganzzahlige Spiegel $K = 9$ bis $K = 2$ auf. Störungen beim Spulenaufbau und beim Abziehen des Fadens können die Folge sein.

Durch die periodische Variation der Changiergeschwindigkeit, die „Spiegelstörung“, bekämpft man diese Spiegelbildung.

Neben den geradzahigen Spiegeln treten auch gebrochene Verhältnisse auf, wie $\dots,5$ oder $\dots,25$ oder $\dots,33$ usw., bei welchen in kurzen Abständen Fadenlagen übereinandergewickelt werden.

Eine Abhilfe dagegen kann auch geschaffen werden, indem sprunghaft die Changiergeschwindigkeit geändert wird, sodaß das Windungsverhältnis unkritisch wird. Wir sprechen dann von einer „spiegelfreien, wilden Wicklung“ (ribbon free random wind, abgekürzt RFR).

Sie wird erfolgreich bei großen Spulendurchmessern ein-

gesetzt, wo die kritischen Zonen einen genügend großen Abstand voneinander haben und wo auch gebrochene Spiegel wie ...₂₅ oder ...₅ besonders störend sein können.

Bei kleinen Spulendurchmessern, wo die kritischen Zonen sehr nahe beieinander liegen, gelingt die Anwendung des RFR-Prinzips nicht immer.

Unter Spulbedingungen, wo trotz optimierter Spiegelstörung und RFR noch Schwierigkeiten beim Spulenaufbau und -ablauf auftreten können, werden durch *Stufenpräzisionswicklung* oft erstaunliche Erfolge erzielt. Erinnern wir uns zunächst an die *Präzisionswicklung* (Abb. 11).

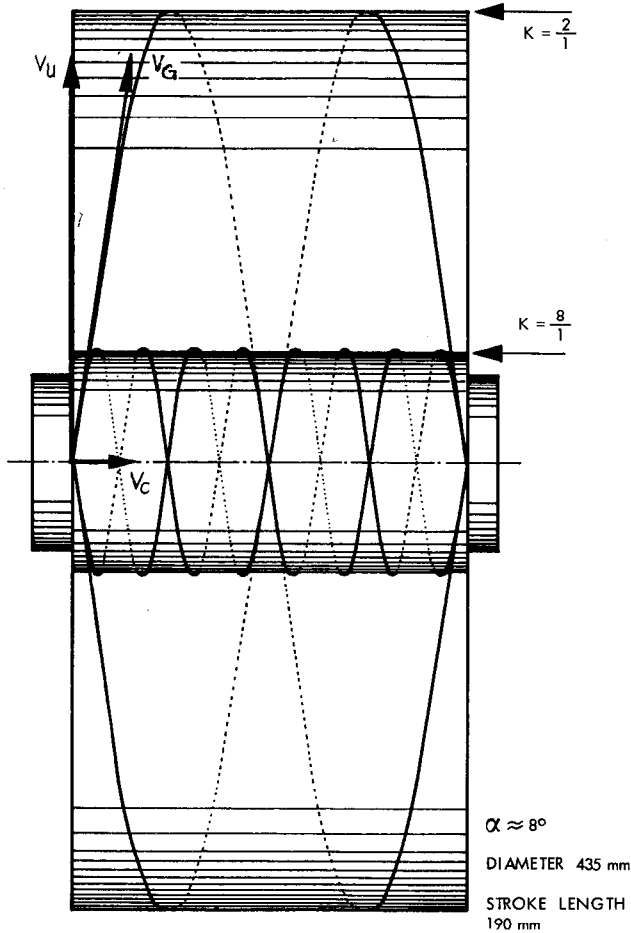


Abb. 9: Random-wound package

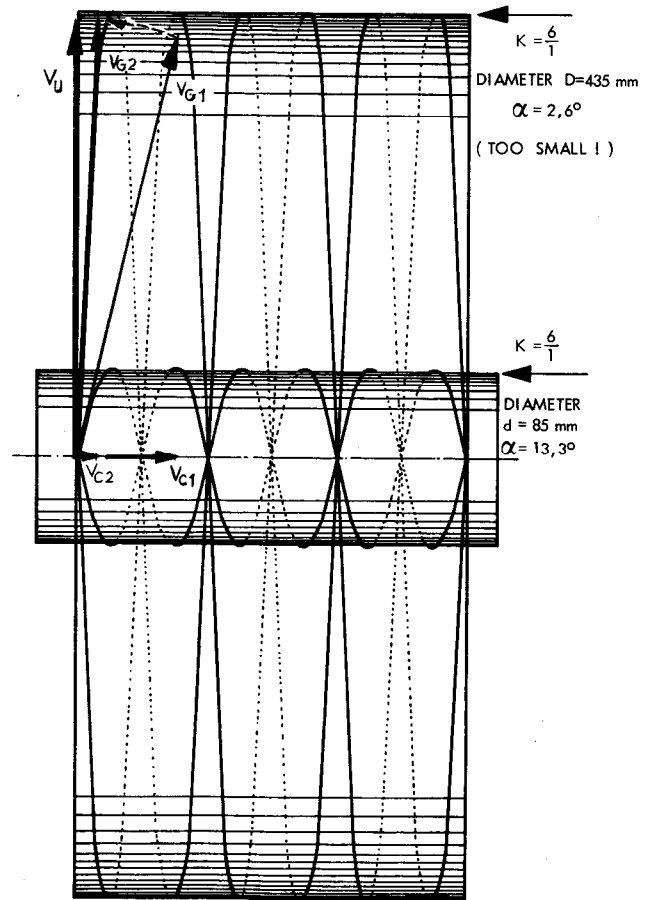


Abb. 11: Precision-wound package

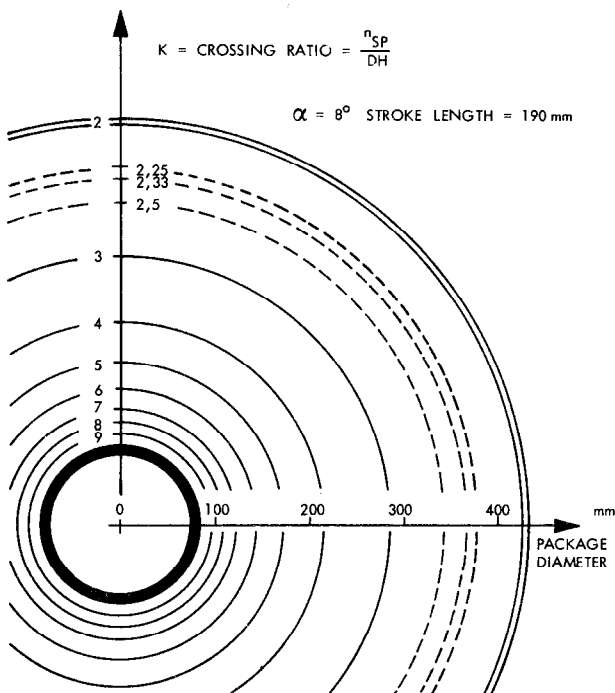


Abb. 10: Random wind - crossing ratios

Spulendrehzahl und Doppelhubzahl stehen hier während der ganzen Spulenreise in einem festen Verhältnis. Dies ist in der Abbildung aus Gründen der Anschaulichkeit für ein ganzzahliges Kreuzungsverhältnis gezeichnet, jedoch wird man praktisch kein solches Verhältnis wählen. Wir wählen im Gegenteil Verhältnisse, bei denen die Umkehrpunkte an den Hubenden sehr gleichmäßig über den Umfang der Spule verteilt sind. Diese Möglichkeit ist ein großer Vorzug der Präzisionswicklung.

Wir sehen, daß während der Spulreise die Changiergeschwindigkeit von V_{c1} nach V_{c2} abnimmt, sodaß bei konstanter Umfangsgeschwindigkeit auch die Garngeschwindigkeit V_G abnimmt. Weil die Aufspulgeschwindigkeit aber konstant bleiben muß, müßte die Spulendrehzahl nachgeregelt werden.

Die sehr unterschiedlichen Fadenablegewinkel würden auch andere Probleme verursachen wie:

- rutschende Fadenlagen bei kleinen Durchmessern wegen des großen Garnkreuzungswinkels;
- Ausbauchen der Stirnseiten bei großen Durchmessern wegen des sehr gering werdenden Kreuzungswinkels. Derart große Spulen, wie in der Abbildung gezeichnet, könnten deshalb praktisch nicht hergestellt werden;
- verkürzte Lebensdauer der Changierfadenführer wegen der hohen Doppelhubzahlen am Beginn der Spulreise.

In der *Stufenpräzisionswicklung* kombinieren wir die Vorteile der wilden Wicklung und der Präzisionswicklung:

- praktisch konstanter Steigungswinkel α des Garnes,
- spiefelfreie Verteilung des Garnes auf dem Spulenumfang (Abb. 12).

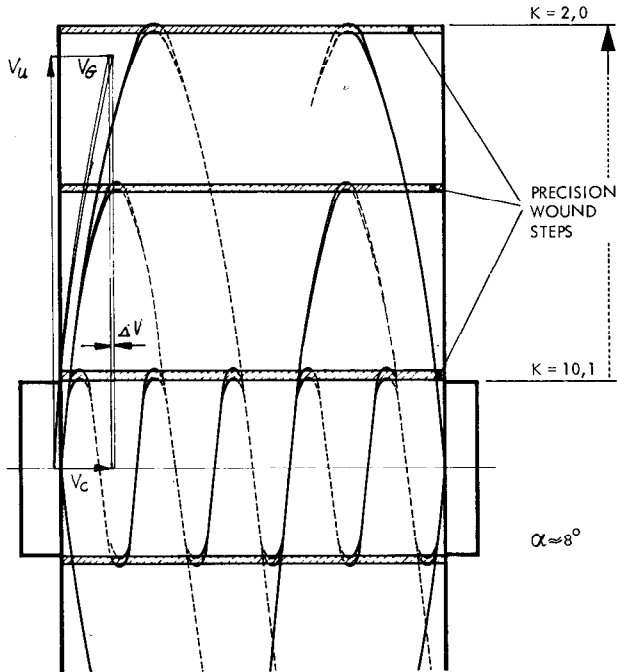


Abb. 12: Step precision wound package

Wir wickeln viele kleine Fadenschichten in Präzisionswicklung und ändern jeweils das Kreuzungsverhältnis, bevor sich der Ablegewinkel α zu stark ändern würde.

Der mittlere Ablegewinkel kann gewählt werden wie bei einer wilden Wicklung und bleibt praktisch konstant.

Die Stufenpräzisionswicklung wird auf Spulköpfen mit Friktionantrieb oder mit Spindeltrieb hergestellt. Die Abbildung 13 zeigt als Beispiel das Prinzipbild eines Schnellspulkopfes, der zur Herstellung einer Stufenpräzisionswicklung geeignet ist.

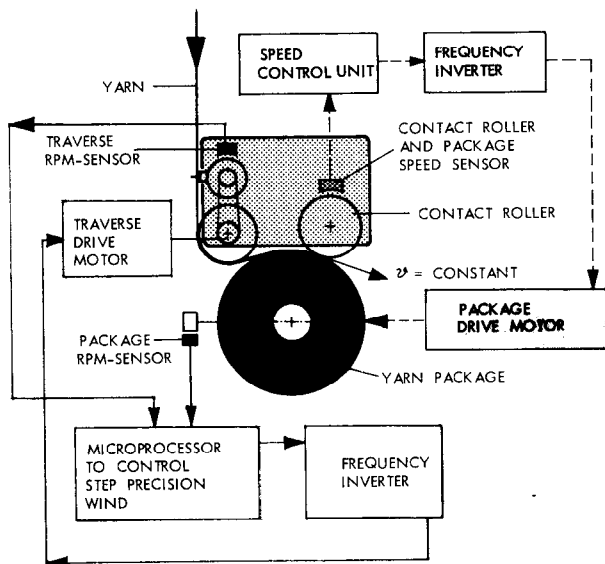


Abb. 13: Hig speed winder drive system for spindle drive with step precision wind

Die Spule wird mit meistens konstanter Umfangsgeschwindigkeit angetrieben. Zur Geschwindigkeitsmessung wird die Drehzahl einer Kontaktwalze eingesetzt.

Die Changiergeschwindigkeit wird sehr exakt derart geregelt, daß in den verschiedenen Durchmesserbereichen der Spule jeweils eine bestimmte Präzisionswicklung erzeugt wird. Die dazu notwendigen genauen Drehzahlverhältnisse werden durch einen Mikroprozessor errechnet, der einen Frequenzumrichter zum Antrieb der Changiereinrichtung regelt.

Welche konkreten Vorteile bringt uns die Stufenpräzisionswicklung?

Beim *Aufspulen* von POY oder glattem Garn in Stufenpräzisionswicklung beobachten wir einen sehr ruhigen Lauf des Spulkopfes und keine Andeutung von rutschenden Lagen, die bei kritischen Fäden oftmals Ursache von Störungen des Spulvorganges sein können.

Wenn wir die Fadenzugkraft beim *Ablauf* von POY-Spulen im Gatter einer Texturiermaschine prüfen, wo die Abzugsgeschwindigkeiten heute noch kleiner als 800 m/min sind, so finden wir im allgemeinen kaum krasse Unterschiede zwischen Spulen mit wilder Wicklung und Spulen mit Präzisionswicklung.

Beim Abziehen mit höheren Geschwindigkeiten zeigen sich zunehmend die Vorteile der Stufenpräzisionswicklung; ebenso bei kritischen Garnen. Dieses können z. B. sein:

- verstreckte Garne mit besonders geringem Reibungskoeffizienten,
- besonders feine oder grobe Garne.

Wir können oft beobachten, daß sich wild gewickelte Spulen unter solchen Bedingungen überhaupt nicht mehr abziehen lassen, weil sich beispielsweise ganze Fadenlagen von der Spulenoberfläche ablösen, während Spulen mit Stufenpräzisionswicklung unter diesen Bedingungen einwandfrei ablaufen.

Zusammenfassung:

Anhand einiger Beispiele wurde dargelegt, daß trotz des hohen technischen Standes, den Spinnanlagen für Filamentgarne heute schon erreicht haben, durch intensive, gezielte Entwicklungsarbeit noch interessante neue Maschinen zur Herstellung von Produkten höherer Qualität entwickelt werden konnten.

Von besonderer Bedeutung sind bei diesen Entwicklungen die in die Spinnanlagen integrierten elektrotechnischen Einrichtungen, wie z. B. die elektrischen Antriebe mit ihren Regelkreisen, die Sensoren zur Überwachung der Maschinenfunktionen, der Spinnbedingungen oder der Fadenqualität und viele andere mehr, die in Form eines Prozeßüberwachungs- und -leitsystems zusammengefaßt werden können.

Die eingangs genannten, vielfältigen Faktoren, die die Qualität der Filamentgarne mitbeeinflussen, können dadurch zunehmend und in ihrer Gesamtheit überwacht und zur Steigerung der Produktqualität beeinflußt werden.

Diskussion

Lenz: Es ist Ihnen gut gelungen, den Zusammenhang zwischen konstruktiven Verbesserungen und der Qualitätserhöhung sehr exakt und eindeutig darzustellen.

Diezel: Sie haben die zwei Abkühlungsverfahren, das Querstrom- und das Radialverfahren, beschrieben und in einer Kurve gezeigt, wie sich das auf den Uster auswirkt. Meine Frage hat zwei Teile:

- Erster Teil: Hier wurde von einem Feinfilament gesprochen. Inwieweit läßt sich das Radialverfahren auch für Fasern einsetzen?

- Zweiter Teil: Wie kann man das Kostenverhältnis bewerten, da man dabei sicher andere Düsen braucht?

Bauer: Bis zu einem Titer von ungefähr 1500 dtex setzen wir die Außen-Innenanblasung ein. Bei noch höheren Titern haben wir mehr Erfahrung mit der Innen-Außenanblasung, und das geht bis zu Titern von 5000 dtex. Hier sind die Bohrungen ringförmig angeordnet, die Düsenplatten sind etwas größer, weil der Innenraum zur Anordnung der Düsenbohrungen nicht genützt werden kann. Bemerkenswert ist, daß die Düsenbohrungen wesentlich enger angeordnet werden können als bei konventioneller Querstromanblasung, sodaß z. B. Lochdichten von ca. 12 Bohrungen pro cm^2 angewandt werden.

Riggert: Sie zeigten eine Querschnittszeichnung Ihres Spinnkastens. Ich konnte nicht erkennen, ob die Spindüsenpakete für textile Filamentgarne von vier oder von zwei Heizflächen seitlich umgeben sind.

Bauer: Sie sind am ganzen Umfang und an der oberen Stirnfläche von Heizflächen umgeben. Sie stecken in eng tolerierten Bohrungen, sodaß wir einen sehr guten Wärmeübergang durch Konvektion und Strahlung erhalten, und das trägt zur Temperaturgleichmäßigkeit bei. Ich könnte vielleicht noch ein letztes Dia zeigen, das ich aus

Termingründen ausgelassen habe und das zeigt, wie eine Stufenpräzisionswicklung auf einem Schnellpulkopf praktisch hergestellt wird.

Lenz: Würden Sie diese Stufenpräzisionswicklung für bestimmte Polymere ganz besonders empfehlen? Es gibt ja Unterschiede in der Spinnspannung von Polypropylen, Polyester und Polyamid. Ist die Stufenpräzisionswicklung für eines dieser Polymere besonders angebracht?

Bauer: Ich würde die Frage der Anwendung der Stufenpräzisionswicklung nicht abhängig machen von der Art des Polymeren, sondern von der Verschiebbarkeit bzw. Haftung der Garne auf der Spule. Bei guter Haftung ist im allgemeinen keine Stufenpräzisionswicklung erforderlich, beispielsweise beim Aufspulen von POY oder texturierten Garnen.

Beim Aufspulen von verstreckten Garnen und wenn, infolge glatter Präparation, ein Rutschen von Fadenlagen während des Aufspulens oder Abziehens nicht vermieden werden kann, d. h., bei besonders schwierigen Spulproblemen kann durch eine Stufenpräzisionswicklung eine Lösung erreicht werden.

New Yarn Winding Process to Reduce the 'Saddle' and 'Bulge' of a Package

Katsumi H a s e g a w a , Engineering Research Laboratories, Toray Industries, Inc. Otsu Shiga, Japan

During the past two decades, high-speed spinning of synthetic filaments has been remarkably developed and a new technology of high-speed melt spinning at a speed of 6000 m/min or more is now gaining considerable attention in this field. However, in order to use the process on an industrial scale, further improvement and development of a high-speed winder is a prerequisite. Especially, more sophisticated methods are needed for winding cylindrical yarn packages with reasonable form stability, which are highly important to prevent undesirable changes in the characteristics of the yarn during the winding process.

The winding process to produce cylindrical packages more or less results in the formation of hard-edges, the so-called 'saddle', at the ends and 'bulges' at the side plates of the resulting packages. The saddle causes periodic variation of yarn properties such as dyeability, elongation, and strength in the direction of yarn length, and the bulge is associated with the unwinding characteristics and stability of the wound-up package. Furthermore, high-speed winding theoretically offers a problem of saddle and bulge formation because of the difficulty to provide the rapid and ideal traverse motion. Thus, a number of attempts have been made to improve yarn distribution at and near the package ends such as by superimposing an axial reciprocation on the primary traverse stroke, by changing the length of traverse stroke cylindrically by mechanical means, or by plural cycle cam traverse. However, these approaches provide only fixed dispersion patterns and, therefore, it is difficult to adjust the patterns to reduce the saddle and bulge formation to an acceptable extent. In the present paper, a unique method developed in our laboratory to provide a variety of distribution patterns is described. Some practical applications of this method to reduce the saddle and bulge formation in the package distribution patterns are also discussed.

In den letzten zwei Jahrzehnten wurden Schnellspinnverfahren für Kunststoffasern in bemerkenswerter Weise weiterentwickelt. Ein neues Hochgeschwindigkeits-Schnellspinnverfahren mit Geschwindigkeiten von 6000 m/min und darüber findet gegenwärtig besondere Beachtung. Die industrielle Nutzung der neuen Technologie erfordert jedoch eine Verbesserung und Weiterentwicklung von Hochleistungs-Wickelmaschinen. Vor allem sind bessere Methoden zur Erzielung von zylindrischen Garnwickelkörpern mit hoher Formstabilität notwendig, um unerwünschte Veränderungen der Garncharakteristika durch den Wickelvorgang zu vermeiden.

Das Wickeln zylindrischer Wickelkörper führt in wechselndem Ausmaß zur Bildung von harten Kanten, also zur sogenannten Sattelbildung an den Enden und zu Aufwölbungen an den Seitenplatten. Die Sattelbildung bewirkt Schwankungen in den Garneigenschaften, wie Färbbarkeit, Dehnung und Zugfestigkeit, in Längsrichtung, die Aufwölbungen beeinflussen die Abwickelcharakteristika und die Stabilität des Wickelkörpers. Das Problem der Sattelbildung und Aufwölbung stellt sich vor allem beim Schnellwickeln, und zwar auf Grund der Schwierigkeit, eine genügend rasche optimale Transversalbewegung zu erzielen. Versuche zur Verbesserung der Garnverteilung an den Wickelkörperenden gehen verschiedene Wege. So versucht man zum Beispiel, die primäre Querbewegung mit einer axialen Hin- und Herbewegung zu überlagern, die Länge des Querhubs mechanisch zu verändern oder eine nockengesteuerte Mehrphasenquerbewegung zu erzielen. Aber auch diese Methoden arbeiten mit fixen Verteilungsmustern, die schwer so einzustellen sind, daß Sattelbildung und Aufwölbung tatsächlich auf ein annehmbares Maß reduziert werden. Der vorliegende Vortrag be-

schreibt eine in unserem Labor entwickelte neue Methode, mit Hilfe derer das Garnverteilungsmuster variiert werden kann, und zeigt einige praktische Anwendungen dieser Methode.

1. Introduction

During the past two decades, filament spinning technology has been remarkably developed and high-speed melt spinning at a speed of 6,000 m/min or more is now gaining a considerable attention. On an industrial basis, however, further improvements and developments are needed to operate the process of this new technology. Especially mechanical technologies for high-speed yarn manufacturing machine as high-speed winder, new winding process and equipments for high quality yarn package, threading equipment, maintenance instrument for high-speed rotating apparatus are prerequisite since, as the winding speed of yarn increases, it becomes more difficult to provide a rapid and ideal traverse motion and to optimize winding tension. Thus, more sophisticated methods should be developed.

Research and development in our laboratory have focused on these aspects to achieve a final goal of constructing an industrial basis high-speed spinning process. The present paper deals with high-speed winding process.

2. 'Saddle' and 'Bulge'

The winding process to produce a cylindrical-bodied package more or less results in the formation of the so-called 'saddle' (hard-edges) at the ends of the package as well as in the formation of the so-called 'bulge' at the both sides of the package.

Saddle formation causes periodic variation in the dyeability of the resulting yarn as shown in figure 1. Other important yarn properties such as elongation and strength to the direction of yarn axis are also affected by the saddle formation. On the other hand, bulge formation causes problems associated with the unwinding characteristic and stability of wound-up package.

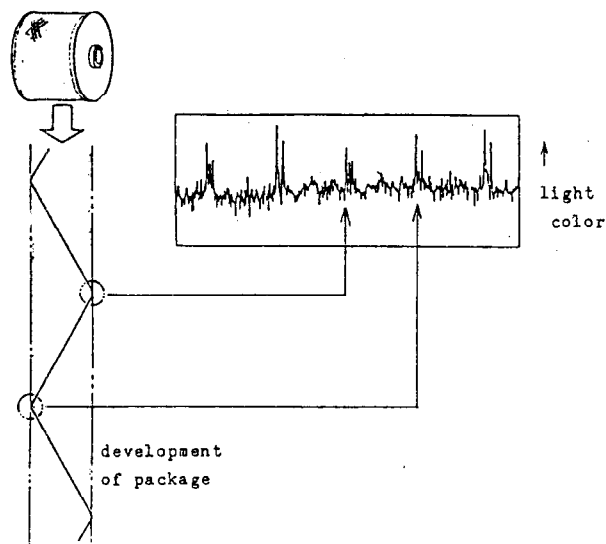


Fig. 1: Periodic variation in the dyeability of yarn caused by the hard-edge effect. Data obtained by FYL analyzer

The amount of the saddle is related to the amount of uncontrolled yarn length between the traverse guide and the contact point of yarn on the package or means of print roller and to the reversal motion pattern of traverse guide

at the traverse end. The uncontrolled yarn length in an actual winder is usually 25 – 50 mm and is an important factor for determining the amount of the saddle formation. The mechanism of hard edge formation at both sides of the package is illustrated in figure 2.¹ The upper part of figure 2 shows the relation between the yarn guide track and yarn path on the package. There is a certain inevitable lag distance between the positions of traverse guide and yarn take-up position. When the traverse guide is at point 1', 2', 3' ... of traverse track, the corresponding positions of the yarn of the package are 1, 2, 3; ... After having reached point 1', the traverse guide starts the reversing motion through the backward track of the traverse cam as shown in the upper part of figure 2. When the traverse guide moves from point 1' to 2', the take-up position of the yarn comes to the intersection of line 1'-1 and line 2''. Likewise, when the traverse guide moves from point 2' to 3', the take-up position of the yarn comes to the intersection of line 2'-2 and line 3''. Using this procedure, a curve can be drawn by connecting thus intersections and the line thus obtained shows the yarn path on the package at the reversing portion of the yarn traverse. The lower part of figure 2 is a replot of each point of the upper part and should illustrate the yarn movement at the uncontrolled yarn length plane toward the end of the traverse (a) and toward the traverse center (b). The contained angle between the line 1'-1 and vertical line in the lower part is almost equal to the helix angle of the package. The distance between points 1' and 1 to the horizontal direction is the lag distance of yarn against the traverse guide location. The lag distance of the yarn is proportional to the uncontrolled yarn length in the winder and the amount of yarn staying at the edge portion of the package is related to the amount of the uncontrolled yarn length.

The important point in this figure is the existence of a region where the directions of the traverse guide movement, for example, position 5' to 7', and the movement of the yarn at the laid down position on the roller, position 5 to 7, are opposite to each other. In such a region, the traverse guide takes its reversing motion towards to the traverse center. However, the yarn on the package still takes its motion towards the package end. After the yarn takes a vertical position to the roller axis in the uncontrolled yarn length plane, the yarn on the package starts its reversing motion to the traverse center.

Most attempts made so far to reduce saddle and bulge formation during the winding process have concentrated on the improvement of yarn distribution at and near the package ends by superimposing an axial reciprocation on the primary traverse stroke, by changing the length of traverse stroke cyclically by mechanical means or by plural cycle cam traverse of which traverse strokes are different² (Fig. 3). However, these approaches provide only limited dispersion patterns.

3. A New Yarn Winding Process and Apparatus to Reduce the Saddle and the Bulge of a Package

3.1. Abstract of the New Winding Process and Apparatus

This is a process for winding yarn onto a cylindrical-bodied package wherein the yarn is traverse wound in layers of helical coils on a bobbin wherein the coils are laid down by the alternate steps of repeatedly traversing the yarn over a full traverse stroke and repeatedly traversing the yarn over a narrower traverse stroke.

During the latter step, the yarn is released from the traverse guide means near the end of the stroke, whereupon it tends to traverse naturally towards a midposition until picking up by the traverse guide means on its return stroke. The release is affected by a yarn release guide which can be moved to a position where the yarn is deflected to a path where it is out of contact with the traverse guide means at a position corresponding to the ends of the narrower traverse stroke³.

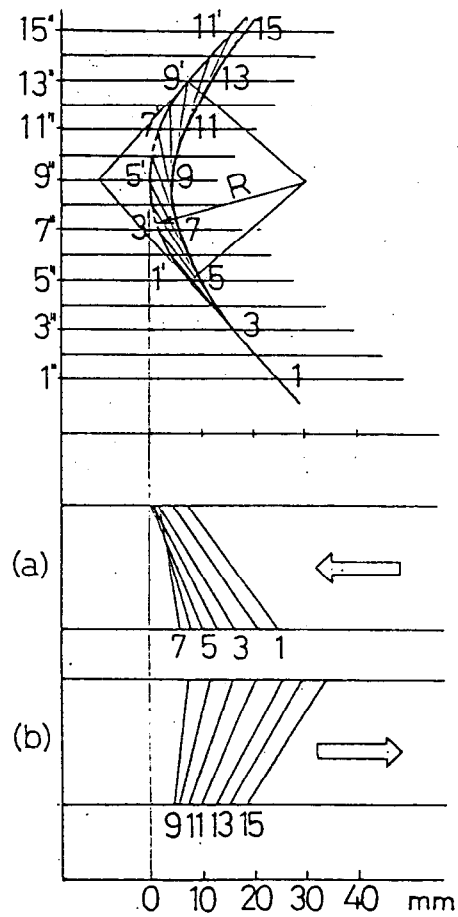


Fig. 2: Relation between the yarn guide track and the yarn path at the uncontrolled yarn length plane. (Top): Top view of the plane illustrating the relation between yarn guide track and yarn path. (Bottom): Front view of the plane illustrating the yarn movement at the uncontrolled yarn length plane

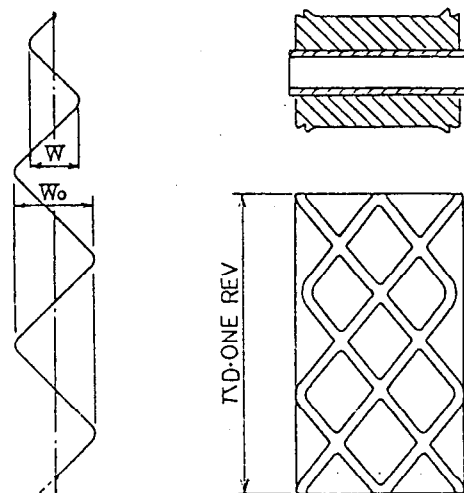


Fig. 3: Plural cycle cam traverse of which traverse strokes are provided in different width in a repeating progression. (Left): The different traverse widths are arranged in an alternate repeating progression throughout the package. (Right top): A cross-section of a package wound with the traverse pattern of the left. (Right bottom): Developed view of a multi-cycle barrel cam of the left pattern given as an example

3.2. Apparatus for Distributing the Traverse Stroke

We have some experience to accidentally observe yarn being released from the traverse guide before the guide reaches to the traverse end (Fig. 4). After the moment of release, the yarn naturally takes its reversing motion towards the traverse center. This is quite interesting in connection with the traverse mechanism and brought a new concept to us.

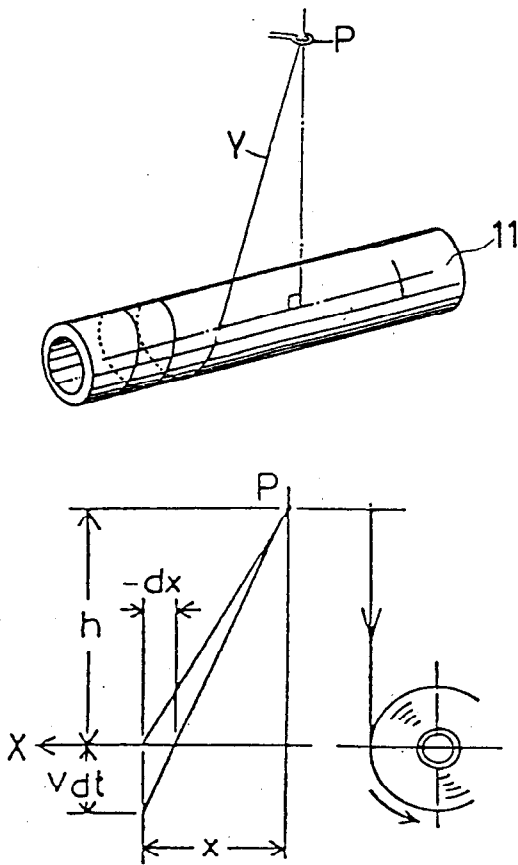


Fig. 4: Natural return of the released yarn from the traverse guide toward the traverse center, winding into the package
 V: Package surface velocity
 X: Distance from the center of traverse width
 h: Distance between guide 'P' and package axis
 t: Time

The returning speed of the released yarn from the released point to the traverse center can be defined by equation (1).

$$\frac{dX}{dt} = -\frac{v}{h} X \quad \dots (1)$$

V = Package surface velocity
 X = Distance from the center of traverse width
 h = Distance between guide 'P' and package axis
 t = Time

From the equation, it is clear that the returning speed decreases as a function of the distance from the released point. The released yarn is, thus, trapped by the traverse guide again and runs following the guide on its return stroke. At the other traverse end, the same thing is observed. As a result of such repeated traversing, the traverse width becomes narrower corresponding to the position of the release guide which interferes with the yarn path into the traverse guide.

Figure 5 illustrates the principle of our new winding process to reduce the saddle formation. The solid line

indicates the yarn path produced by the full guiding traversing stroke, the dotted chain line indicates the yarn path produced by the guiding and releasing traversing stroke. The concavity produced by the full guiding traversing stroke at inner side of the traverse end can be filled up with the yarn wound by the guiding and releasing traversing stroke. Therefore, the difference of the hardness distribution of the package decreases and the tension of yarn wound in the middle portion of the package becomes higher. This increases the stability of the package.

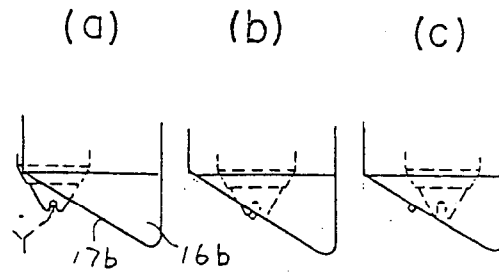


Fig. 5: Graphical expression of reducing the saddle

A couple of mechanisms are mainly applied to a traverse apparatus for high-speed winders. One of the mechanisms requires a very small guide which traverses the yarn reciprocally and a barrel cam therefore. The other employs rotary blades from which the reciprocal yarn traverse motions are turned out.

Figure 6 shows the equipment for the distribution of the traverse stroke to the former. A cam-actuated reciprocating traverse guide 10 is used to lay the yarn Y onto the bobbin 6 in layers of helical coils by means of a print roller 14. Roller 14 can be used as drive roller for surface-drive winding, or the bail-roller for spindle-drive winding. The yarn takes two positions, that is, a solid line Y and a two-dotted chain line at the end of the traverse. As the yarn release guides 16a, 16b shown in figure 6 (b) take the position 16 with a solid line in figure 6 (a), the yarn Y is wound onto the package with a full traverse stroke W₀. However, as the yarn release guides 16a, 16b are shifted with the aid of the air cylinder 13 to the position 16' shown with a dotted chain line in figure 6 (a), the yarn is released from the traverse guide with the aid of the slant edges of the release guides 17a, 17b as illustrated in figure 5. The released yarn then returns naturally to the traverse center with the progress of winding the yarn onto the package (Fig. 5). Therefore, the yarn Y is wound onto the package with a shorter traverse stroke W since the yarn release guides interfere, near the traverse ends, with the yarn Y running into the traverse guide which moves toward the traverse end.

This principle is also successfully applied to the other traverse mechanism which is composed with rotary blades. Figure 7 shows a 'Multi-pede' traverse apparatus.⁴ In the case of multi-pede traverse, the effective traversing zone is divided into three sections, each equipped with its own rotary blade. The yarn is reversed and transferred from section to section by the rotation of the rotary blades with a predetermined phase difference. In each section, there are two blades rotating in opposite directions and set on the same axis, which carry the yarn to the right and to the left. To release yarn from the top of the blade, it is necessary to carry the yarn to the opposite direction of the rotary blade axis. The yarn release guides 27a, 27b are located at both

ends of a center part 26 of wavy guide, whereupon constitute the wavy traverse guide and are able to swing around the axis 28a, 28b as shown in figure 7. When the release guides take the solid line position, the yarn is repeatedly traversed over a full traverse stroke W_0 . When the release guides swing to the two dotted chain line position, the traverse stroke width becomes narrower (W) as shown in figure 8.

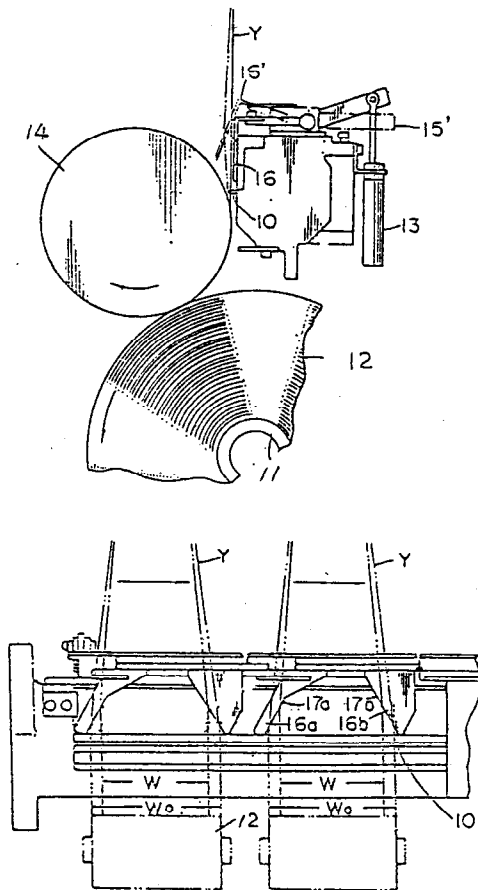


Fig. 6: Barrel cam traverse apparatus with the equipment to reduce the saddle of the yarn package. (Top): Side view. (Bottom): Front view

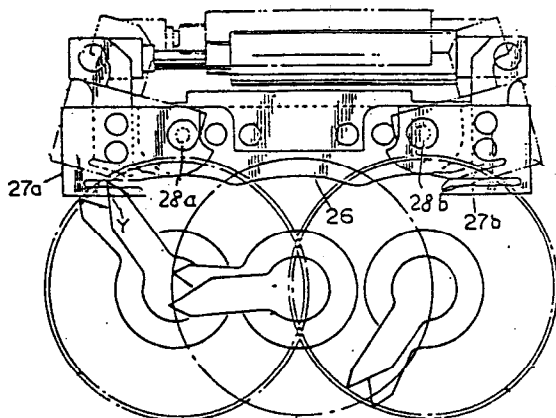


Fig. 7: Multi-pede traverse apparatus with the equipment to reduce the saddle of the yarn package

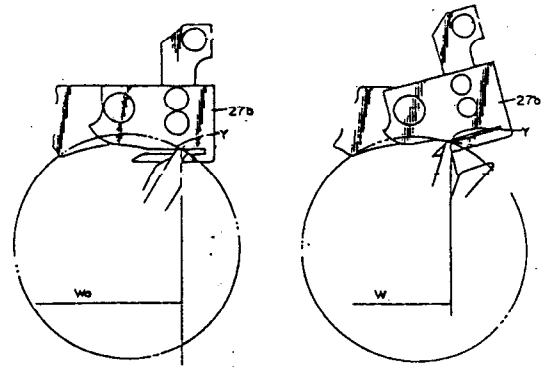


Fig. 8: Relation between release guide position and traverse stroke thereby. (Left): Full traverse stroke. (Right): Narrower traverse stroke

3.3. Yarn Winding Process and Packages Produced Thereby

One of the methods to reduce the saddle of yarn package on an industrial basis is by plural cycle cam traverse that is arranged in alternate repeating progression throughout the package, two or three of full width traverse followed by one subsequent narrower width traverse repeatedly. The ratio of cycles of full traverse strokes to a narrower stroke is fixed on such a small number as 2 or 3 and is due to the small space which is limited to compose the winder compact. According to the test results in our laboratory, to get a reasonable yarn package with less saddle and more stability, it is necessary to fix the ratio from 5 : 1 to 20 : 1. In the case of plural cycle cam traverse, the pattern that a narrower stroke width follows after two or three cycles of full stroke width is cyclically repeated. It is not always necessary to repeat such a short cycle, however. Figure 9 shows a time chart applied to the present apparatus to reduce the saddle of package. This means that the yarn Y, held by the traverse guide, is repeatedly traversed over the full traverse W_0 corresponding to the full width of the yarn package for the time T_1 . The yarn Y, released from the traverse guide at the vicinity of the traverse end, is repeatedly traversed over a stroke W narrower than the full traverse stroke W_0 for the time T_2 . Under the conditions where time T_2 , the ratio of $T_1 : T_2$ and the package helix angle are adjusted to about 1 second, 7 : 1, and 7 degree, respectively, the reasonable formation package can be observed. Figure 10 shows the hardness distribution of yarn packages, the package produced by the application of the new winding process (Top) and the routine package (Bottom). On the narrower stroke winding, it is desirable to disperse the point trapped by the traverse guide, to obtain packages with further flat hardness.

The important thing is that the package formation with less saddle is not time T_2 dependent, but dependent on the ratio of the sum of all times T_1 to the sum of all times T_2 .

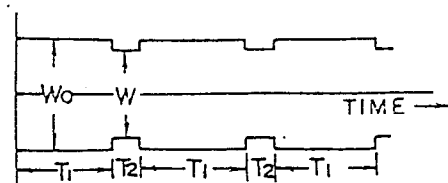


Fig. 9: Sequential time chart applied to the present winding process

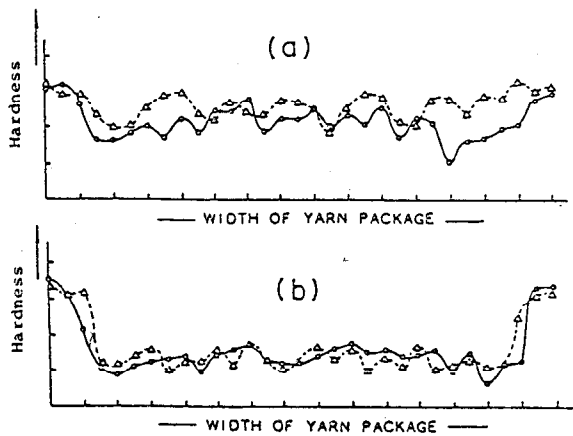


Fig. 10: Hardness distribution of yarn package. (a): By the presented winding process. (b): By routine winding process

Figure 11 shows the results of unwinding a package which is shown in figure 10 (a), with our hand-made package analyzer, that shows the cycle of yarn traverse and enlarged view of the reversal point of the traverse end. The portion 'm' is corresponding to the short traverse stroke W for the time T2 and the portion 'n' is corresponding to the full traverse stroke Wo for the time T1. Figure 12 shows effects of the presented method on the reduction of the bulge and the saddle. Under the conditions of this particular test, the yarn winding tension is chosen larger than reasonable in order to make the effect of the new winding process clearer. In the routine winding process, under the conditions of a low helix angle of the yarn, a package with rather small saddle and remarkably large bulge is obtained and on the contrary, under the conditions of a high helix angle of yarn there results a package with remarkably large saddle and rather small bulge.

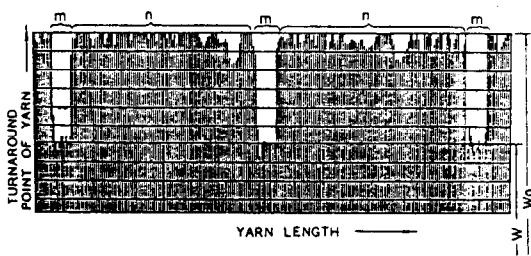


Fig. 11: The cycle of yarn traverse and enlarged view of the reversal point of traverse end

In a series of tests, employing the new winding process, we found that there were remarkably few slip occurrence of yarn on the package during the winding, even though the yarn tension was almost equal between two processes. Therefore in the case of take-up process with a godet roller, it is possible to make the winding yarn tension lower. From these two effects, namely, 1 is the reducing the saddle, 2 is the being capable of winding with lower yarn tension, the package formation results in more reasonable one.

3.4. Estimation of Wound Yarn Properties

Table 1 shows estimated results of yarn packages on the tenacity and elongation, which are wound with the new winding process and the routine winding process. The values in parenthesis are relative ratios of measured values to the corresponding values marked (*) of the yarn in the

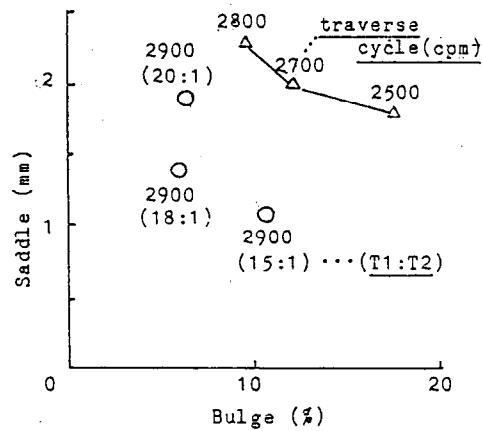


Fig. 12: Comparison of package formation on the saddle and the bulge by routine winding process and the presented winding process

Bulge (%) = $(W_b - W_s) / W_s \times 100$
 Wb: max. bulge width
 Ws: zero bulge width
 Yarn denier: 70D
 Winding yarn tension: 15 - 17 gram
 Traverse stroke (Wo): 115 mm
 (W): 95 mm

outmost layer of the package between both hard edges, which ought to be little damaged. Therefore the value measured for the yarn can be used as controls for the standardization of each measured value. The results suggest that the new winding process could prevent the change of yarn properties due to the saddle, but based on these ratios. There seems to be no significant difference between the two processes. On the other hand, FYL⁵ analysis on the variation of dyeability along the yarn (Fig. 13) clearly indicated that the new winding process would be effective to prevent the change of yarn properties during the winding process, compared with the routine process. To clarify the difference in tenacity and elongation of yarns wound by the two processes it may be necessary to use specimen with a shorter length 10 - 15 mm and to investigate various winding conditions.

Table 1: Estimation of wound yarn properties on tenacity and elongation

| | | (A) | (B) |
|------------------|----------|----------------|-------------------------|
| Most inner layer | Mid part | Tenacity (g/d) | 2.31 (0.94) |
| | | Elongation (%) | 154.3 (1.02) |
| | End part | Tenacity (g/d) | 2.13 (0.87) 2.16 (0.88) |
| | | Elongation (%) | 154.0 (1.02) |
| Outer layer | Mid part | Tenacity (g/d) | 2.46* 2.41* |
| | | Elongation (%) | 151.7* 153.0* |
| | End | Tenacity (g/d) | 2.28 (0.93) 2.26 (0.92) |
| | | Elongation (%) | 150.0 (0.99) |

(A): The present winding process
 (B): Routine winding process
 —: Narrower traverse stroke
 (): Relative ratios of measured values to the corresponding values marked (*)
 135 D - 36 F POY

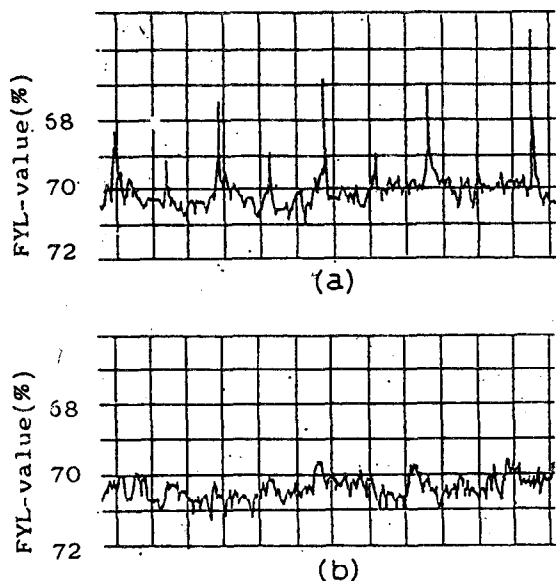


Fig. 13: Comparison on the variation of dyeability along the yarn. (a): By routine winding process. (b): By the presented winding process

It is observed that the unwinding yarn tension of a package which is wound with high helix angle to reduce the saddle and bulge is smaller than the unwinding yarn tension of a package which is wound with the routine process. Regarding the yarn breaking ratio when unwinding yarn from packages, it is expected that the one of a package with less saddle and bulge is much smaller than the one of a package with saddle and bulge. Furthermore, the stability of a package with less saddle and bulge would increase due to the working shrinkage force around the bobbin over the entire width of the package. The results for these problems will be obtained in the near future.

4. Conclusions

- It is found that cyclic and orderly narrower traverse stroke can be obtained by the method that the yarn released from the traverse guide means near the end of the stroke is picked up again by the traverse guide means on the way towards a midposition naturally.
- By applying this system, it is possible to reduce the saddle at the end of the yarn package.
- It is not necessary that the narrower traverse stroke is repeated in a very short cyclic movement. To produce a yarn package with a reduced saddle formation and

reasonable stability, the ratio of the period for full traverse winding to the period for narrower traverse winding is preferably between 5 : 1 to 20 : 1, depending on other conditions. Further, the period for the latter of 1 to 5 seconds is preferable not only for a reasonable package formation, but also for the operation of the equipment.

- Increasing the helix angle of the yarn package, it is possible to reduce the bulge and the saddle due to the hereby presented winding process. Thus, packages with both less saddle and bulge can be readily produced. Especially for fields where severe constant quality, of yarn packages is required this would be the most useful winding process.
- It is not always necessary to use this new winding process to wind regular yarn onto packages. However, for yarn packages to a market requiring severe constant quality or requiring better formation, it is a most useful winding process.
- We have observed that it is effective in preventing the slip occurrences of yarn during the winding.

Literature

- 1) Hasegawa, K.: High-speed Fiber Spinning (A. Ziabicki and H. Kawai, eds), pp. 493-499, John Wiley & Sons, Inc., New York (1985)
- 2) Akers R. L., et al.; U. S. Pat. 3,606,197 (Sep. 20, 1971)
- 3) Hasegawa, K., et al.; E. P. A. 102,849 (Mar. 14, 1984)
- 4) Hasegawa, K., et al.; U. S. Pat. 3,650,485 (Mar. 21, 1972)
- 5) Kitagawa, K.; Fiber Producer, February 1979, pp. 40-48; Yamazaki, C., et al.; U. S. Pat. 3,945,181 (Sep. 19, 1972)

Diskussion

Lenz: Mich würde interessieren, aus welchem Material muß dieser zusätzliche Fadenführer bestehen, damit keine Qualitätsprobleme auftreten, daß eventuell durch Kapillarbeschädigung Verschleiß auftritt, wenn dieser Fadenführer den Faden aus dem Changierfadenführer herauschiebt?

Hasegawa: Das Material ist Keramik. Das ist unabhängig davon, welche Garne hier gefahren werden. The phenomenon that yarn properties on the saddle of the yarn package vary is not related to the material and the state of the traverse guide in the winder. The result shown in figure 13 was obtained by the same winder and therefore the same traverse guide.

An Integrated System for the Evaluation of Textured Polyester

R. N. Armstrong, B. F. Payne, B. J. Bailey, BASF Corporation, Fibers Division, Central R & D, Enka, N. C., USA

The bulk and dye characteristics of textured polyester yarns are two of the most important properties affecting final product uniformity. An integrated system consisting of a Rothschild crimp force tester and a Toray FYL-500 yarn quality analyzing machine run in tandem was developed. This system is capable of rapidly and economically determining both bulk and dye characteristics. When test signals from the equipment are fed to a computer, the system not only grades yarns but also provides information for process monitoring and control.

Die Bausch- und Färbereigenschaften texturierter PES-Garne sind die zwei wichtigsten Merkmale, welche die Einheitlichkeit des fertigen Produktes bestimmen. Ein integriertes System, bestehend aus einem Rothschild-Kräuselungsmesser und einer Toray FYL-500 Anlage, welche die Qualität des Garnes analysiert, ist entwickelt worden. Dieses System ist in der Lage, schnell und rationell Bausch- und Färbereigenschaften zu ermitteln. Mit der Zuführung der Prüfsignale der Einrichtung an eine Datenauswertungsanlage ist nicht allein die Qualität des Garnes festgelegt, sondern es ist damit auch eine Auskunft für die Prozeßüberwachung und Kontrolle geschaffen.

1. Introduction

The bulk and dye characteristics of textured polyester yarns are important yarn attributes. Variations in these characteristics from package to package within a shipment determine the quality of the fabrics produced. Small differences in either bulk or dyeing usually go undetected. However, as the differences increase, so do their effects on fabric quality. Whether the fabric construction is circular knit, warp knit or woven, barre' or streaks caused by either bulk or dye differences or both affect the appearance of the fabric and its fitness for use.

From time to time variations in feed yarns or in point-to-point or machine-to-machine process conditions generate bulk and dye differences. To detect these variations and maintain the desired textured yarn properties, it is important to have adequate process and quality control in place. It is also important to have reliable test methods for optimizing products. This paper describes a system for simultaneously testing both bulk and dye characteristics of textured polyester yarns quickly and economically.

2. Texturing Polyester

The most prevalent method for texturing polyester is the false twist draw texturing process. Partially oriented yarn is metered from supply packages into the draw texturing zone, where it is simultaneously drawn and false twisted while passing over a hot plate. The yarn is then overfed into a temperature controlled oven where texture is set and liveliness adjusted. The heat inputs of both the hot plate and the setting oven induce dramatic morphological changes in the yarn which affect its bulk and dye characteristics. Other texturing machine parameters also affect the bulk and dye characteristics. However, the hot plate and setting oven temperatures yield a good example of variations which might be found during processing and illustrate why it is important to measure both bulk and dye characteristics.

3. Bulk Testing

Skein Method

When subjected to temperatures above the glass transition, textured polyester yarns contract as bulk in the yarn develops. This phenomenon normally occurs as fabrics are dyed and finished. However, it can be measured, and therefore predicted, by exposing skeins of yarn to similar hot, wet conditions while under light loads. This method of bulk testing is described in ASTM Method D-4031.

As one would expect, the effect of texturing temperatures on the bulk properties of textured polyester yarns is quite pronounced. Figures 1 and 2 illustrate the rapid rise in bulk with increasing hot plate temperature for 80/32 friction false twist textured FFT and 170/32 pin textured PT yarns respectively. Conversely, figures 3 and 4 show the effect of increasing setting oven temperature on reducing the bulk level of these same yarns. These changes in the bulk level of textured polyester can be closely measured and monitored using this method of bulk testing. It is, however, quite laborious and time consuming.

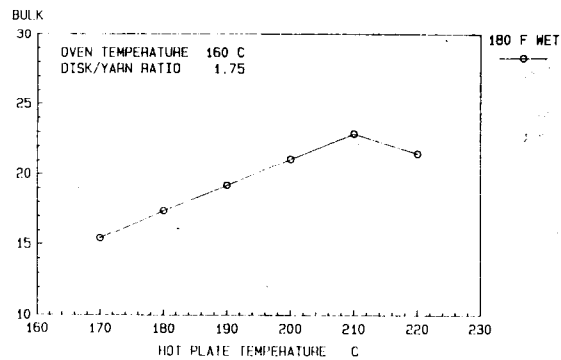


Fig. 1: Bulk vs hot plate temperature, 80/32 FFT PET

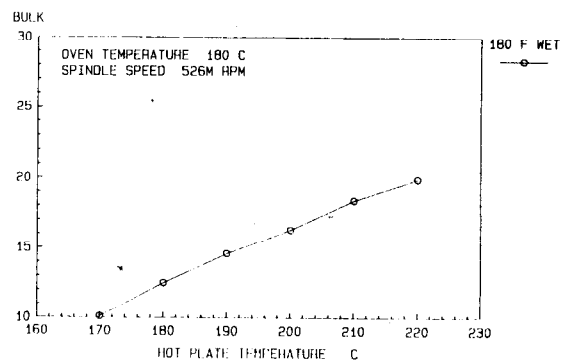


Fig. 2: Bulk vs hot plate temperature, 170/32 PT PET

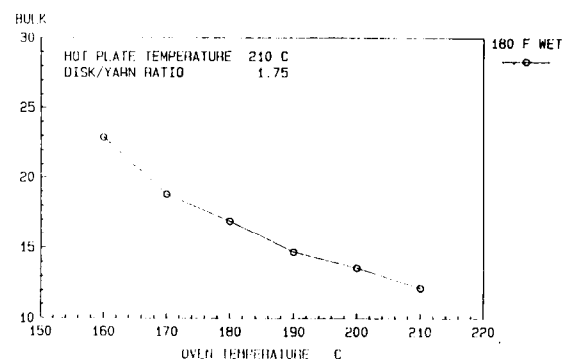


Fig. 3: Bulk vs oven temperature, 80/32 FFT PET

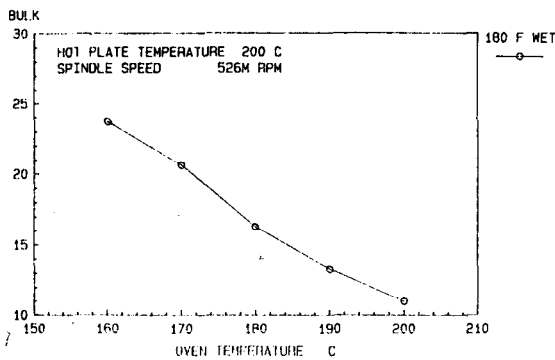


Fig. 4: Bulk vs oven temperature, 170/32 PT PET

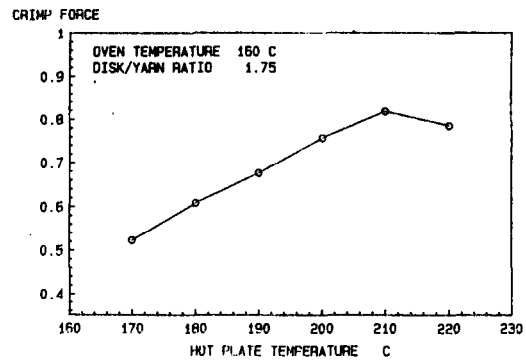


Fig. 5: Crimp force vs hot plate temperature, 80/32 FFT PET

Rothschild R-2080 Continuous Crimp Tester

The Rothschild R-2080 Continuous Crimp Tester is designed to measure the crimp force generated in a slowly running yarn as it is subjected to elevated temperature. Yarn is unwound at 15 meters per minute from a sample package through a set of two hysteresis brakes which increase the tension in the running yarn to the desired pretension level. A constant pretension level is important since variation in pretension will be carried through and directly affect the crimp force reading. The yarn then passes over the input drive roll and into the top of the temperature controlled oven. As the yarn exits the bottom of the oven, it passes around the tension measuring head and back into the oven. Finally the yarn emerges from the top of the oven, passes over the output drive roll and continues to a waste yarn collection system. The speed of the input drive roll can be varied with respect to the output drive roll from 0 % to 12 % overfeed in 2 % increments. The overfeed setting allows the operator to properly scale the reading and eliminate the effects of yarn shrinkage.

Figures 5 and 6 illustrate the ability of the Rothschild R-2080 to measure differences in bulk as differences in the level of crimp force on the 80/32 FFT and 170/32 PT yarns. This behavior is similar to that shown earlier by the skein method for testing bulk. Figures 7 and 8 likewise depict how the bulk level is reduced as the setting oven temperature is raised.

To compare the skein method with the Rothschild R-2080, a correlation was made using the data from the hot plate temperature series and the oven temperature series as well as additional data generated by varying the amount of twist. Figure 9 shows this correlation for the 80/32 FFT yarn, and figure 10 shows the correlation for the 170/32 PT yarn. The correlation coefficients were 0.92 and 0.96 respectively.

4. Dye Testing

Knit-Dye-Photocell Method

Dyeing is a sensitive measure of the history of a yarn and is used as a tool to monitor the process and to find and remove yarns which would cause streaks or barre' in a fabric. This is done by knitting the yarns into tubes along with standards and dyeing them. The knitted yarns are dyed with a dye and procedure which magnify the differences relative to a commercial dyeing. The measurement is made instrumentally with a photocell which measures the light reflectance of each tube section.

Figure 11 shows a sensitive dyeing (Foron Navy S-2GL - C. I. Disperse Blue 79) and other dyeings plotted for dye depth versus different texturing machine hot plate temperatures. It should be noted that higher photocell readings indicate decreased dye depth and that a photocell difference of two is typically visible. When dyeing the 80/32 FFT yarn with Foron Navy and Blue 26 (both atmospheric dyeings with carrier), dye depth decreases with increasing hot plate

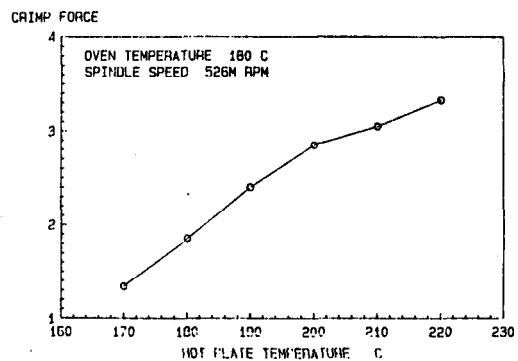


Fig. 6: Crimp force vs hot plate temperature, 170/32 PT PET

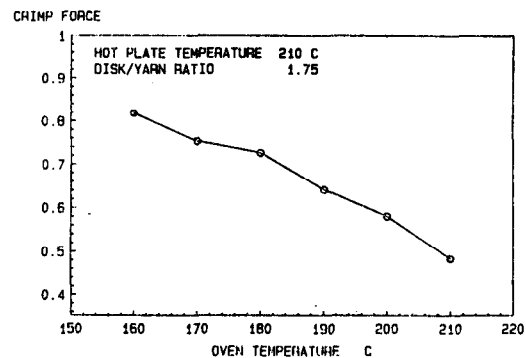


Fig. 7: Crimp force vs oven temperature, 80/32 FFT PET

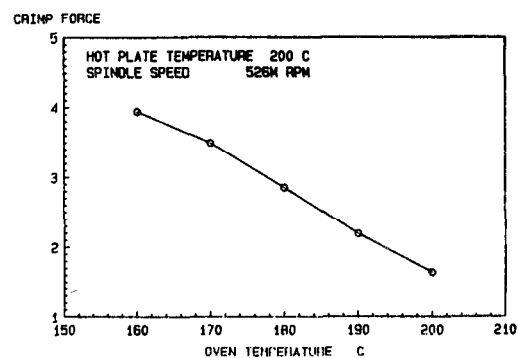


Fig. 8: Crimp force vs oven temperature, 170/32 PT PET

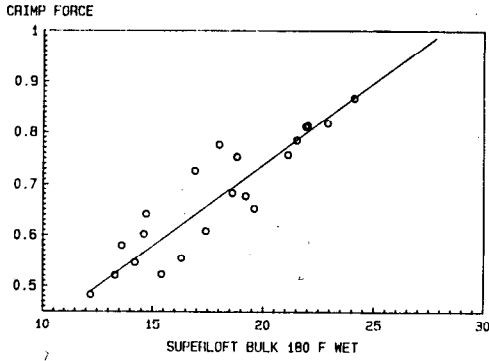


Fig. 9: Correlation crimp force vs bulk, 80/32 FFT polyester

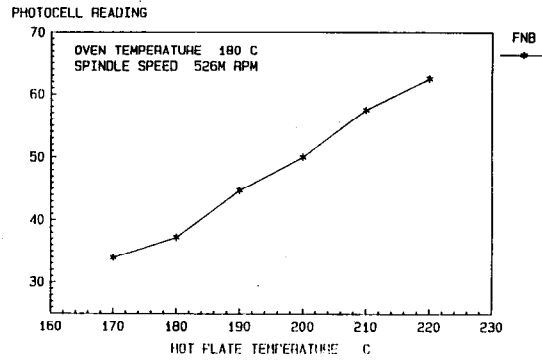


Fig. 12: Dyeing vs hot plate temperature, 170/32 PT PET

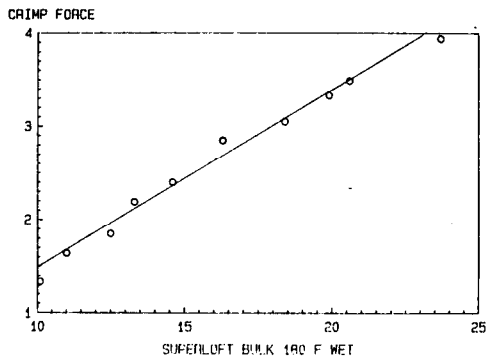


Fig. 10: Correlation crimp force vs bulk, 170/32 PT polyester

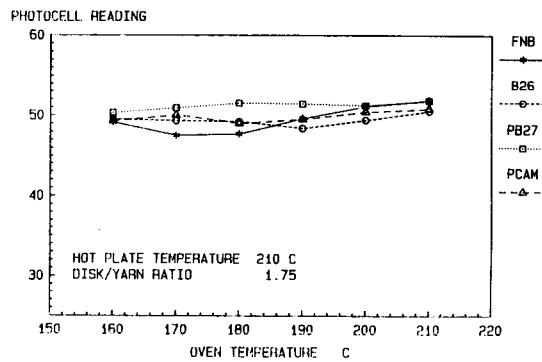


Fig. 13: Dyeing vs oven temperature, 80/32 FFT PET

temperature between 170° C and 210° C and increases slightly between 210° C and 220° C. This reversal, which is also present in the bulk level, is probably due to high heat input into this small denier yarn. The other dyeings, Pressure Blue 27 and Pressure Camel Shade, were dyed at 130° C. Because of its sensitivity, Foron Navy dye is a good choice as a quality-control dye to magnify differences in textured polyester yarns. Figure 12 shows a similar behavior with Foron Navy on 170/32 PT yarn.

Figure 13 shows a plot of dye depths of Foron Navy and other dyeings versus texturing machine oven temperature. As can be seen, variations in oven temperature have little effect on dye depth. Figure 14 shows that this behavior is also true for the 170/32 PT yarn.

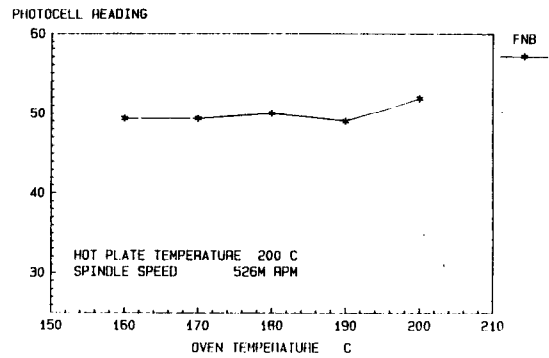


Fig. 14: Dyeing vs oven temperature, 170/32 PT PET

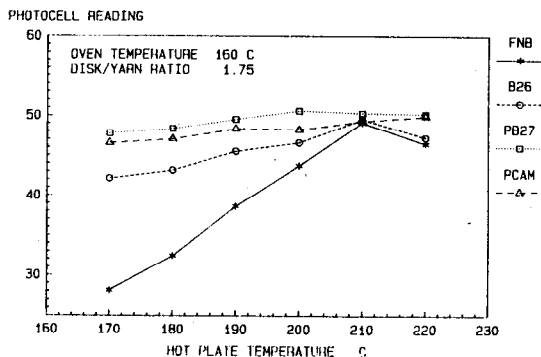


Fig. 11: Dyeing vs hot plate temperature, 80/32 FFT PET

Toray FYL-500 Continuous Dye Testing System

The dye differences of yarns can be measured more quickly and efficiently by using the Toray FYL-500 system rather than the Knit-Dye-Photocell method. The sequence of operation of the Toray FYL-500 system is described as follows.

The Toray Dyeing Unit consists of scour, dye and rinse baths. The yarn passes through the system at 20 meters per minute. The dye used in the dye bath is a specially prepared C. I. Disperse Blue 3 at 5 grams per liter concentration. The residence times in the baths are adjusted by the number of wraps around the rolls in each bath. Table 1 shows typical times and temperatures in the scour, dye and rinse baths. The total time is four and one-half minutes.

Table 1: Typical times and temperatures in the Toray FYL-500 baths

| | Time (min) | Temperature (C) |
|------------|------------|-----------------|
| Scour Bath | 1 | 70 |
| Dye Bath | 3 | 90 |
| Rinse Bath | 0.5 | 80 |

After the yarn is scoured, dyed and rinsed, it is ready for measuring by the Toray Analyzer. False twist is added to eliminate excess water and to present the yarn to the measuring head in a uniform manner. A knot detector signals the microprocessor when one sample is finished and another sample is starting. The measuring head measures the light reflectance of the moving yarn.

The Toray Data Processor collects the signals from the measuring head and calculates a Toray value corresponding to the dye depth and its variance along the length of fiber tested. When notified by the knot detector, the Data Processor calculates and prints sample number, Toray value, variance and sample length.

Figures 15 and 16 are plots of Toray values versus texturing machine hot plate temperatures and show basically the same results as seen earlier for the dye depths of Foron Navy versus hot plate temperatures. The Toray values for the 80/32 FFT yarn increase with increasing hot plate temperatures between 170° C and 210° C and decrease between 210° C and 220° C. The Toray values for the 170/32 PT yarn steadily increase with increasing hot plate temperature.

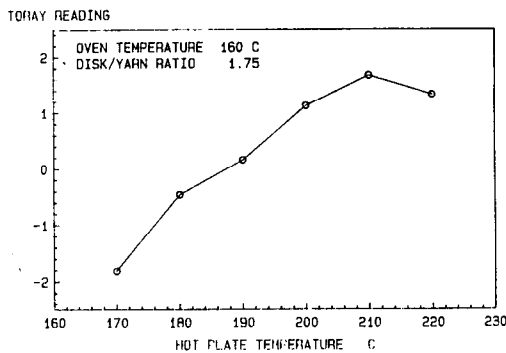


Fig. 15: Toray FYL-500 vs hot plate temperature, 80/32 FFT PET

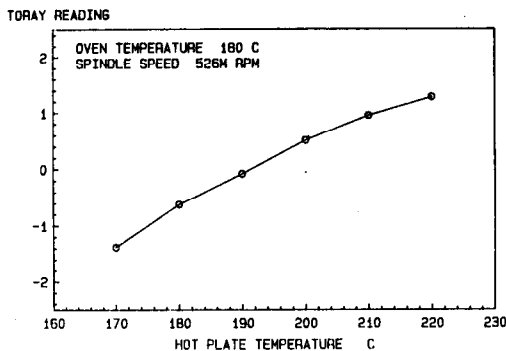


Fig. 16: Toray FYL-500 vs hot plate temperature, 170/32 PT PET

Figures 17 and 18 are plots of Toray values versus texturing machine oven temperatures and show again that variations in oven temperatures have little effect on dye depth. Correlations of Toray values with Foron Navy dyeings are shown in figures 19 and 20 for 80/32 FFT and 170/32 PT yarns respectively. The correlation coefficients are quite good at 0.96 for 80/32 FFT and 0.94 for 170/32 PT.

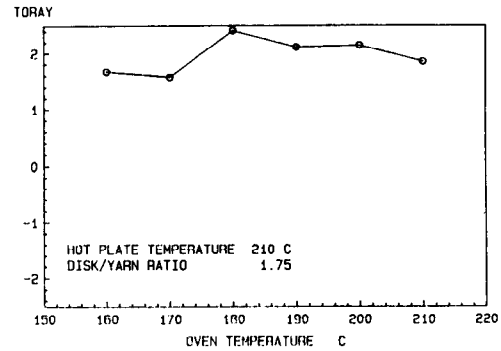


Fig. 17: Toray FYL-500 vs oven temperature, 80/32 FFT PET

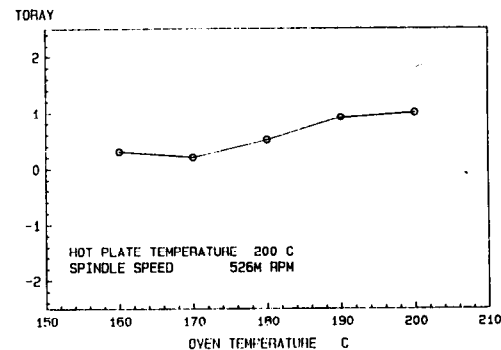


Fig. 18: Toray FYL-500 vs oven temperature, 170/32 PT PET

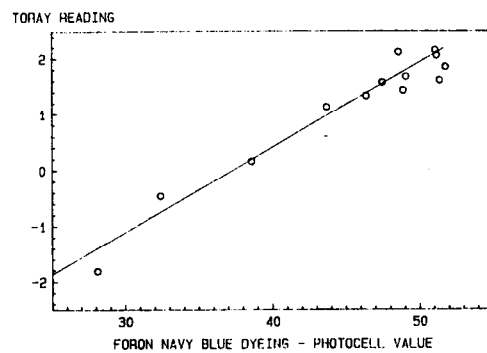


Fig. 19: Correlation FYL-500 vs foron dyeing, 80/32 FFT polyester

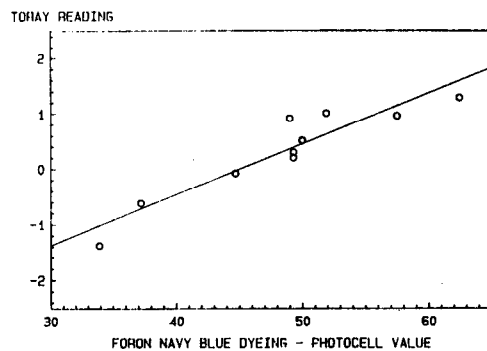


Fig. 20: Correlation FYL-500 vs foron dyeing, 170/32 PT polyester

5. Rothschild R-2080 – Toray FYL-500 Tandem System

Because of potential cost savings, ease of running, use of the same yarn to obtain values for both bulk and dyeing, and the ability to measure both level and variation in the values along the length of yarn tested, it was decided that a combination bulk and dye testing system should be developed. The obvious choice was a system consisting of a Rothschild R-2080 in tandem with a Toray FYL-500. However, there was one question which had to be answered. Would the heat input of the Rothschild oven adversely affect the dye results obtained by the Toray?

To answer this question, samples of 170/32 PT yarn were prepared at various texturing conditions. Identical sample packages were made using the Toray Automatic Yarn Sampling Unit. One package was run directly through the Toray, and the other package was run stepwise first through the Rothschild and then through the Toray. The results of the two tests were correlated, figure 21. The correlation coefficient is 0.97. Conclusion: the temperature of the Rothschild oven does not adversely affect the relative differences between the samples.

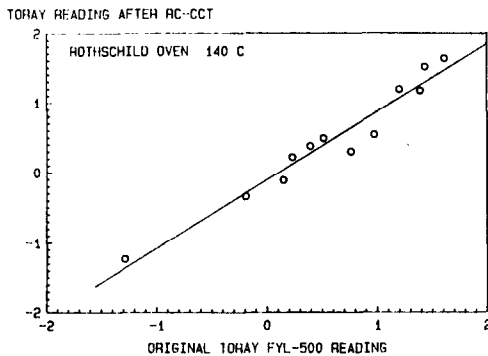


Fig. 21: Effect of Rothschild crimp tester on Toray FYL-500 readings

Extra Hardware

Since the Toray runs at a constant speed of 20 meters per minute, changes had to be made in the Rothschild R-2080. A new motor was installed, and a compensator system was built which varies the speed to compensate for bulk differences and maintain a constant pretension to the Toray. Also, another knot detector was placed on the Rothschild to sense sample changes.

A computer was added to handle the signals coming from both testers plus the two knot detectors and to insure accuracy in proper sample identification. The computer is also required to adjust production samples to mid-product standards, to insure sensitivity of both testing units and to provide additional information for process monitoring, process control and segregation of off-quality yarns.

Standards

The Toray Automatic Yarn Sampling Unit knots together samples of the yarns to be tested along with standards in a predetermined sequence to form a sample package. The standards, by design of the automatic sampler, are about 10 percent longer than the samples to be tested. These standards serve as references and identifiers throughout the sample package. A sample package typically contains 216 yarns plus standards or an entire doff of one texturing machine. The sample packages are placed on the Toray Carousel and tied together for continuous operation of the system.

Proper selection and use of standards is essential to tandem testing. Mid-product standards compensate for variations in testing equipment and operating parameters. Additional standards may also be included which dye light and dark and which have low and high bulk to monitor the sensitivity of both testing units. A marker yarn should be included to confirm sample package separation.

6. Cost Effectiveness of Tandem Testing Dye and Bulk

Volumetric testing for bulk by the skein method costs about 33 U. S. cents per package and is therefore cost prohibitive. The same information can be obtained by using a Rothschild Continuous Crimp Tester for 16 U. S. cents per package. Similarly, dye uptake testing by the conventional knit-dye-photocell method costs about 25 U. S. cents per package. Comparable data may be obtained from a Toray FYL-500 for a cost of 16 U. S. cents per package. The savings of the tandem system eliminates one test. Table 2 summarizes the variable costs for testing based on the methods described and assuming a standard package weight of 8 pounds (3.6 kg). As can be seen, the tandem system is the most cost effective method of testing.

Table 2: Bulk and dye testing costs for various methods (based on an 8 lb standard package weight)

| Test Method | Testing Costs in U. S. cts/lb | |
|---------------------------|-------------------------------|--------------|
| | 100 % Testing | 25 % Testing |
| Bulk: Skein | 4.1 | 1.0 |
| Dye: Knit-Dye-Photocell | 3.1 | 0.8 |
| Combination | 7.2 | 1.8 |
| Bulk: Rothschild | 2.0 | 0.5 |
| Dye: Toray FYL-500 | 2.0 | 0.5 |
| Combination | 4.0 | 1.0 |
| Bulk & Dye: Tandem System | 2.0 | 0.5 |

7. Applications

Since the dye uptake and bulk correlate with hot plate temperature but not with oven setting temperature, it is often possible to isolate drawtexturing problems by proper interpretation of the two values. Defective hot plates, setting ovens, twisting devices or other machine items can be pinpointed and corrections made.

In fact, all pertinent independent process variables can be quantified in terms of bulk and dye data. This makes product optimization an obtainable goal. Bulk and dye averages may be made equal for extruders, spinning points, drawtexturing machines and drawtexturing points by adjustment and fine tuning of process variables. This control will reduce product variance to desirable levels and serve as an external monitor for on-line sensing devices for temperatures, speeds, twist levels, tensions, and other process variables critical to the manufacturing process.

Additional uses can be made of data collected from tandem testing of bulk and dye. Representative of these are:

1. Histogram of total production, figure 22.

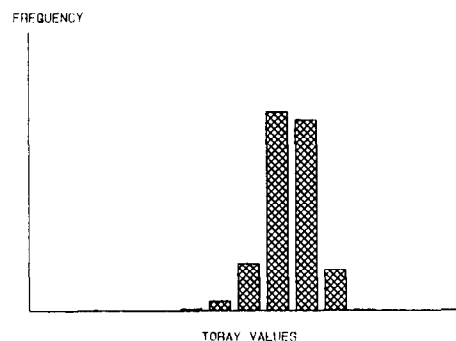


Fig. 22: Histogram of total production – dyeing

2. Plot of daily dyeing average by drawtexturing machine or merge, figure 23.

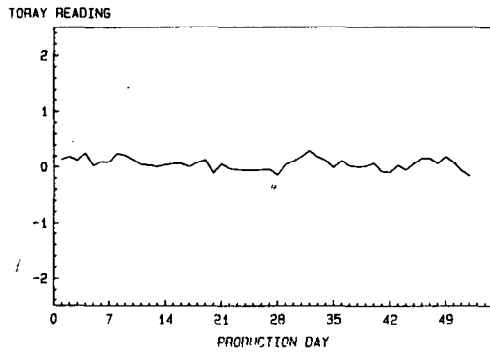


Fig. 23: Control chart: daily dyeing averages

3. Pareto chart of bad texturing points, figure 24.

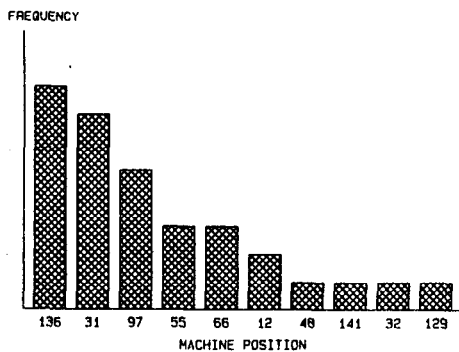


Fig. 24: Pareto chart showing bad positions

4. Isometric views of drawtexturing data with time, figure 25.

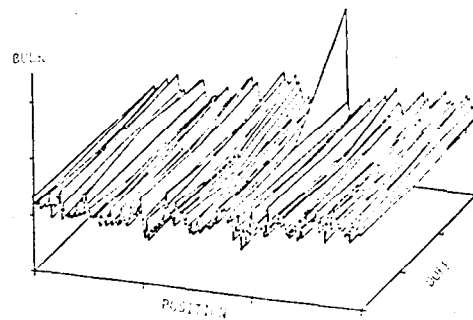
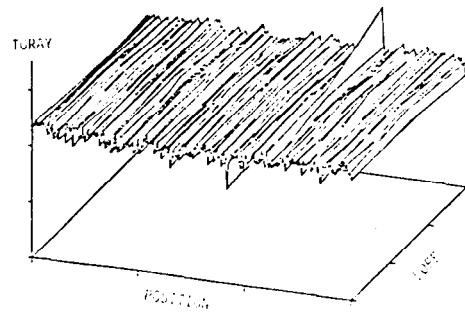


Fig. 25: Isometric views

Diskussion

Lenz: Herzlichen Dank für die Darstellung dieses integrierten Prüfverfahrens, die Dringlichkeit des Barré-Effekts hat uns ja lange verfolgt und viele Reklamationen verursacht. Wir hoffen, daß mit dieser Kontrolle das besser werden wird.

Wie repräsentativ ist die Messung von 90 m für die ganze Spule? Mich interessiert es deshalb, weil gewisse Schwankungen in Bausch und Anfärbetiefe periodisch auftreten. Wenn sie jetzt immer nur den Spulenbeginn messen, kann ja die Periode gerade einmal im Inneren liegen.

Armstrong: Of course, measuring the outside of a package and making small measurements may not represent the entire package. As we have seen (and heard in a presentation and the discussion) just prior to this, there was variation through the package caused either by collapsed winds or something else. Therefore it is important to look through a package from time to time and see just how much variation there is. This may be done by wasting yarn and

periodically measuring it through a package. The speaker just prior to me also showed the effect of the sides of the package and what influence it has to the lightness of dyeing, when the package is too hard on the outside. If you have these problems in your POY and have not overcome them, this then also influences the dye-variation we see here and also influences to a lesser degree the bulk level changes. One must be aware of these problems and strive to eliminate them. Once this is done, this method is highly preferred.

Lenz: Das heißt, es ist daher sehr wichtig, daß Sie eine Optimierung der Spinnmaschine erhalten, die von allen Stellen der Texturiermaschinen gewährleistet ist. Wenn man das wochenlang macht, dann wird man schließlich eine einwandfreie Maschine mit guten Texturierstellen haben. Können Sie auch zwischen Streifigkeit und Barré unterscheiden?

Armstrong: The barré-effect shows up in the dye characteristics whereas the stripiness will show up in variations of the bulk.

Inserentenverzeichnis

| | Seite |
|--|-------|
| Austria Faserwerke Ges.m.b.H., Lenzing | 43 |
| W. Höhnel KG, Korrosionsschutz, Linz | 55 |
| Lenzing AG, Lenzing, Beihefter | 12/13 |
| Sprecher + Schuh Ges.m.b.H., Linz | 47 |
| ICT-Dornbirn 88 | 4 |

*Wir laden nur jene Firmen ein, in dieser Hauszeitschrift zu inserieren,
die wir auf Grund jahrelanger Zusammenarbeit mit unserem Unternehmen unseren
Freunden und Lesern gewissenhaft weiterempfehlen können.*

DIE REDAKTION

25. Internationale Chemiefasertagung

24. — 26. September 1986

PROGRAMM / PROGRAMME

PLENARVERANSTALTUNGEN PLENARY SESSIONS

Dr. K. Neundörfer, Gesamtverband der Textilindustrie in der Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt (D)

Das Nord-Süd-Verhältnis / Konflikt oder Kooperation?
Die Entwicklung der Beziehungen zwischen den Industrieländern und der Dritten Welt
Erfahrungen und Perspektiven
The North-South-relationship / Conflict or cooperation?

The development of relations between the industrialized countries and the Third World
Experiences and perspectives

Drs. J. Hulsebosch, Arnhem (NL)
Grenzzeit der Welt / Wendezeit der westlichen Kultur
A world at its bounds / Western culture in transition

CHEMIEFASERN / MAN-MADE FIBRES

CHEMIEFASERERZEUGER STELLEN IHRE FASERN VOR / MAN-MADE FIBRE PRODUCERS PRESENT THEIR FIBRES

Prof. Dr. W. Albrecht, Wuppertal (D)
25 Jahre Chemiefaserforschung –
Entwicklung und Weg in die Zukunft
25 years of man-made fibre research –
development and outlook

Dr. H. Berg, Königstein/Ts. (D)
Leistungsfähigkeit von Fasern und die dafür verantwortlichen Strukturelemente
The performance of man-made fibres and the relevant structural elements

Dr. Ing. D. Markert, Textilie Unternehmensberatung, Frankfurt (D)
Konsument – Textilhandel – Bekleidungsindustrie
Wünsche und Forderungen an die Textil- und Chemiefaserindustrie
Consumer – textile trade – garment industry
Wishes and demands on the textile- and man-made fibre industry

Viskosefasern / Viscose fibres

Dr. H. Winter, Lenzing AG, Lenzing (A)
Die Bedeutung der Chemiefasern für die europäische Textilindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Viskose- und Modalfasern
Importance of man-made fibres in particular of viscose and HWM-fibres for the European textile industry

A. Serkow, Sojuschimwolokno, Moskau (USSR)
Besonderheiten der Textilien aus HWM-Fasern
Special properties of textiles made of HWM-staple fibres

Dipl.-Ing. I. Pecharowa, CSc., Forschungsinstitut für Chemiefasern, Svit (CSSR)

I. Kollar, R. Simo, Forschungsinstitut für Chemiefasern
M. Jambrich, Technische Hochschule, Bratislava
Fasern aus Cellulose mit unterschiedlichen Querschnitten – Herstellung, Eigenschaften, Einsatz
Cellulose fibres with different cross-sections – production, properties, application

Dr. D. Mach, Lenzing AG, Lenzing (A)
Ing. R. Kampl, Ing. A. Kossina, Lenzing AG
Der Erfolg der Viskose- und Modalfasern aus anwendungstechnischer Sicht
Reasons for the successful application of viscose and modal fibres in textiles

Dr. J. E. Laine, Kemira Oy, Valkeakoski (SF)
M. Sc. E. Haukkovaara, M. Sc. P. Oraviita,
M. Sc. P. Peltola, Kemira Oy
Auswertung von Elektronenstrahl- und Ultrafiltrationsexperimenten in der Viskosefaserherstellung
Experimental evaluation of ultrafiltration and electron-beam irradiation in the manufacturing of viscose-fibres

Dr. H. Faßbender, VIC Viscose Industry Consultants, Beratungsbüro für die Chemiefaserindustrie GmbH, Königswinter (D)
Angewandte Viskosetechnologie im internationalen Vergleich
An international comparison of applied viscose technology

Polyamidfasern / Polyamide fibres

Dr. C. E. Barnes, Barson Corporation, Stamford (USA)
Nylon 4 – Entwicklung und Kommerzialisierung
Nylon 4 – Development and commercialization

Dr. Ing. A. Krieger, Viscosuisse AG, Emmenbrücke (CH)
Nylon-6.6 Filamentgarne: Rückblick auf 25 turbulente Jahre, Ausblick in eine gesunde Zukunft
Nylon-6.6 filament yarn: review of 25 turbulent years – outlook into a sound future

Dr. R. A. Haldon, ICI Fibres, Harrogate (GB)
Chemie- und Naturfasern – Seite an Seite
Man-mades shoulder to shoulder with naturals

PP-Fasern / PP-fibres

Dipl.-Chem. H. Schneider, Chemie Linz AG, Linz (A)
Dr. G. Hofinger, Chemie Linz AG
Polypropylenfasern – Fortschritte und Lösungen
Polypropylene-fibres – progress and solutions

Ing. P. Lattanzi, Moplefan S.p.a., Terni (I)
Dr. P. Olivieri, Moplefan S.p.a.
Polypropylenfasern – kommerzialisierbare Eigenschaften und ihr Einsatz
Polypropylene fibres – commercial effects and application

J. Kowalj, Sojuschimwolokno, Moskau (USSR)
Textile Verarbeitung von Polyolefin-Filmfäden
Textile processing of polyolefin yarn made of split filament

Acryl-Fasern / Acrylic fibres

Dr. A. Nogay, Bayer AG, Dormagen (D)
Polyacrylnitrilfasern und ihre Modifikationen
Polyacrylonitrile fibres and their modifications

Dr. P. J. Akers, Courtaulds Research, Coventry (GB)
Mr. R. A. Chapman, Courtaulds
Eigenschaften und Leistung einer neuen schwerentflammbaren Polyacrylfaser
Properties and performance of a new flame resistant polyacrylate fibre

Dr. Ing. G. Doria, Montefibre, Porto Marghera (I)
Sig. G. C. Sala, Dr. E. Trevisan, Montefibre
Entwicklung von statistischen Modellen für die Optimierung von Leacril OE-Garnen
Development of statistical modelling in the optimisation of leacril open end spinning

Prof. Dr. W. Berger, Technische Universität Dresden (DDR)
Dipl.-Chem. E. Peter, Dr. S. Hartig, Dr. J. Aurich,
VEB Chemiefaserwerk „Friedrich-Engels“, Premnitz
Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von modifizierten PAC-Faserstoffen
Properties and applications of modified acrylic fibres

Dr. G. Druzbaczký, Magyar Viscosagyár, Nyergesújfalú (H)
Dr. F. Geleji, Budapest, G. Talos, Nyergesújfalú
Gelgefärbtes PAC-Konverterband für die Baumwollspinnerei
Gel-dyed PAC top for cotton-spinning

Spezialfasern / Special fibres

J. Menault, Rhovyl Co., Tronville-en-Barrois (F)
Polychlorid-Fasern – Fortschritt und Zukunft der aus Lösung ersponnenen amorphen Polymere
Chloro fibre – progress and future in solvent spinning of an amorphous polymer

Dr. H. Gall, Bayer AG, Dormagen (D)
Aspekte für den Einsatz von Elasthan-Filamentgarn
Aspects of the use of elastane filament yarns

Ir. R. Kirschbaum, DSM Research & Patents, Geleen (NL)
Ir. E. H. M. van Gorp, DSM
Hochfeste/extra-steife Polyethylenfasern
High strength/high modulus polyethylene fibres

Polyesterfasern / Polyester fibres

Dr. E.-A. Albers, Hoechst AG, Bobingen (D)
Neuere Entwicklungen bei Polyester-Spinnfasern – ein Überblick
New developments in polyester staple fibres – a survey

Dipl.-Ing. (FH) J. Buberl, Enka AG, Wuppertal (D)
Polyester-Filamentgarne für fortschrittliche Verarbeitung und modische Vielfalt in der Weberei
PET filament yarns for advanced processing and high styled woven textiles

DrSc. Ing. B. Piller, Werkereiforschungsinstitut Brno (CSSR)
Dipl.-Ing. V. Lacko, Forschungsinstitut für Chemiefasern, Svit
Basisch anfärbbare und hochschrumpfende PES-Fasern – Herstellung und Anwendung
Cationic-dyeable high shrinkage PET fibres – production and application

Dr. Lin Qi-lin, Forschungszentrum für Synthesefasern der Textilakademie Beijing (VR China)
Dipl.-Ing. Wang, Dipl.-Ing. Chui, Forschungszentrum für Synthesefasern
Herstellung und Eigenschaften basisch anfärbarer Bikomponent-PES-Filamentgarne
Production and properties of basic dyeable bicomponent PET filament yarns

Dr. G. Elefante, Montefibre, Milano (I)
F. Giammanco, Montefibre, P. Marghera
Einstellung neuer Niveaus von Komfort und Qualität in polyesterhaltigen Textilien
Reaching new levels of comfort and quality in PET fabrics

Dr. L. Riehl, Zimmer AG, Frankfurt (D)
Bisherige und zukünftige Entwicklung der Schmelz-Spinnprozesse
Development of the melt-spinning processes in past and future

Dr. K. H. Bauer, Barmag – Barmer Maschinenfabrik AG, Remscheid (D), W. Pieper, Barmag AG
Maschinentechnische Neuentwicklungen zur Verbesserung der Qualität synthetischer Filamentgarne
Machine developments to improve the quality of synthetic filament yarns

K. Hasegawa, Toray Industries Inc., Otsu (J)
Neuer Garnaufwindungsprozeß zur Reduktion von „Saddle“ und „Bulge“ in der Spule
New yarn winding process to reduce the "saddle" and "bulge" of the package

R. N. Armstrong, BASF Fibres, Enka (USA)
B. F. Payne, B. J. Bailey, BASF Fibres
Integriertes Verfahren für die Prüfung texturierter Polyestergerne
Integrated system for the evaluation of textured polyester

CHEMIEFASERVERSTÄRKTE KUNSTSTOFFE / COMPOSITES BERICHTE ÜBER DEN FORTSCHRITT / PROGRESS REPORTS

Prof. Dr. Dr. mult. H. F. Mark, Brooklyn (USA)

Prof. Dr. Dr. h. c. H. Batzer, Arlesheim (CH)
Einfluß von wissenschaftlichen Disziplinen auf das Gebiet der Composites
Influence of scientific branches on the field of composites

Dr. D. Nissen, BASF AG, Ludwigshafen (D)
Dr. R. W. Lang, Dr. M. Heym, BASF AG
Polymere Hochleistungsfaserverbunde – Werkstoffe der Zukunft
Advanced composites – structural material of the future

Dipl.-Ing. H. Spitalsky, Verein für Konsumenteninformation, Wien (A)
Das Verhältnis Hersteller / Verbraucher / Versicherer / Prüfer auf dem Gebiet der Verbundstoffe am Beispiel des Skis
Relation between manufacturer / enduser / insurer / tester in the field of composites using skis as an example

Dr. P. Waschiczek, Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft, Wien (A)
Qualitätspolitik und rechtliche Restriktionen
Quality policy and legal restrictions

Neues aus dem Matrix-Bereich / New approaches to the matrix

Dr. H. J. Kock, BASF AG, Ludwigshafen (D)
Flüssig-kristalline Polymere – Neue Werkstoffe mit breitem Anwendungsspektrum
Fluid-crystalline polymers – new material with a wide scope for application

Dr. M. Ballauff, Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz (D)
Prof. Dr. G. Wegner, Max-Planck-Institut für Polymerforschung
Kettensteifheit als Strukturprinzip
Chain stiffness as a structural principle

Dipl.-Ing. S. Kraemer, Institut für Kunststoffverarbeitung, Aachen (D)
Dipl.-Ing. S. Groth, Institut für Kunststoffverarbeitung
PEEK-Kennwertfunktionen zur sicheren Dimensionierung von Bauteilen aus hochtemperaturbeständigen Thermoplasten
PEEK-approximation functions for dimensioning parts of a high temperature engineering thermoplastics

Dr. Ph. S. S. A. McGovern, Northrop Aircraft Division – Northrop Corporation, Hawthorne (USA)
Überblick über Thermoplasten für den Einsatz in Flugzeugen der Luftwaffe
Overview of thermoplastic resins for use in military aircraft

Neue Fasern und Verarbeitungswege / Advanced fibres and processing

Dipl.-Chem. H. Imuro, Teijin Ltd., Düsseldorf (D)
Unterschiede zwischen HM-50 und PPTA-Aramid
Differences between HM-50 and PPTA aramides

M. Hirata, SOFICAR, Paris (F)
J. Matsui, S. Nomura, Y. Ishii, Toray Industries Inc. (J)
Über die Weiterentwicklung von C-Fasern für Composites – Beziehungen zwischen den mechanischen Eigenschaften der C-Fasern und den damit hergestellten Composites
On the development of C-fibres as reinforcement for composites – relation between mechanical properties of C-fibres and those of composites manufactured thereof

Prof. Dr. F. Ko, Drexel University, Philadelphia (USA)
Multiaxial kettengewirkte Textilien für Composites
Multiaxial warpknitted textiles for composites

Dr. D. J. Williams, Courtaulds Research, Coventry (GB)
Vorgefertigte Strickwaren für den Aufbau von Composites
Knitted preforms for composite structures

Faser/Matrix-Grenzschicht / Fibre/Matrix-Interface

Prof. Dr. L. Rebenfeld, Textile Research Institute, Princeton (USA)
Die Grenzschicht zwischen Fasern und Harzen in Composites
The interface between fibres and resins in composites

Dr. J. Cziollek, Enka AG, Wuppertal (D)
Struktur und Oberflächeneigenschaften von Aramid- und Kohlenstofffasern
Structure and surface properties of aramide and carbon fibres

Dr. R. Robinson, Courtaulds Research, Coventry (GB)
D. Wilford, G. Askew, R. Coulthard, HYSOL Div./HYSOL Grafil, Pittsburg (USA)
Ein oberflächenenergetischer Ansatz zur Gewährleistung der C-Faser/Matrix-Adhäsion
A surface energetics approach to carbon fibre/matrix adhesion performance

Dr. W. Scheer, M A N Technologie GmbH, München (D)
Dr. H. Heißler, M A N Technologie GmbH
Chemische und physikalische Charakterisierung von Kohlenstoffaseroberflächen
Chemical and physical characterisation of carbon fibre surfaces

Prof. Dr. M. Rätzsch, Institut für Technologie der Polymere der Akademie der Wissenschaften der DDR, Dresden (DDR)
Dr. H.-J. Jacobasch, Dr. K. Freitag, Institut für Technologie der Polymere der Akademie der Wissenschaften der DDR.
Zum Einfluß der Grenzfläche auf die Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften von Faser- und Füllstoffpolymer-Verbunden
On the influence of the interface on the processing and usage properties of fibre- and filler-polymer-composites

Prüfung und Eignung / Testing and approval

Prof. Dr.-Ing. G. Nonhoff, FH – Aachen (D)
Prüfung von Verbundwerkstoffen
Test of composite materials

Dr.-Ing. G. Niederstadt, Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., Braunschweig-Flughafen (D)
Wärmedehnung und Quellung in Leichtbau-Konstruktionen aus CFK
Thermal and swelling elongations in lightweight constructions out of CFRP

Dr.-techn. O. Seycek, Österreichisches Kunststoffinstitut, Wien (A)
Fehlverhalten von FVK-Teilen – Aufklärung von Versagensfällen
Failure behaviour of structure composites – explanation of failures

Prof. Dr.-techn. K. Moser, Institut für Baustatik und verstärkte Kunststoffe der Universität Innsbruck (A)
Zur Herausgabe der neuen VDI-Richtlinie 2014 „Entwicklung von Bauteilen aus Faser-Kunststoff-Verbunden“
On the issue of the new VDI-guideline 2014 "Development of structural elements made of fibre-plastic-composites"

Neue Anwendungen / New applications

Dipl.-Ing. G. Burkhardt, Institut für Kunststoffverarbeitung, Aachen (D)
Prof. Dr. G. Menges, Dipl.-Ing. E. Neise, Institut für Kunststoffverarbeitung
Verarbeitung von faserverstärkten Kunststoffen mit Industrie-Robotern
Processing of fibre-reinforced plastics using industrial robots

Dipl.-Ing. K. Brunsch, Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, München (D), Dipl.-Ing. (FH) P. Auer, MBB GmbH
Verbundwerkstoffe in Hubschrauber-Neuentwicklungen
Composites in helicopters-new developments

Dipl.-Ing. L. Hamm, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Weissach (D)
Dipl.-Ing. P. Mast, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG
Faserverbundwerkstoffe im Transaxle-Antriebsstrang eines Sportwagens
Fibre-composite-materials in a sport car transaxle drive train

CHEMIEFASERN – ALTERNATIVEN FÜR ASBEST / MAN-MADE FIBRES – ALTERNATIVES FOR ASBESTOS**Forschungsergebnisse und Anregungen / Research results and trends**

Regierungsdirektor Dr. B. Kaufmann, Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Bonn (D)
Tendenzen in der Gesetzgebung bei der Asbestsubstitution
Legislative trends in the field of asbestos replacement

Dr. E. Poeschel, Battelle-Institut e. V., Frankfurt (D)
Alternative Fasern für Asbest in verschiedenen Einsatzbereichen und Produktgruppen
Fibrous materials as alternatives for asbestos for various applications and product groups

Dipl.-Ing. E. Hoffmann, Maschinenbau- und Kleisenindustrie-Berufsgenossenschaft, Düsseldorf (D)
Maßnahmen der Berufsgenossenschaft – Technische und medizinische Prophylaxe
Measures by industrial injury insurance – Technical and medical preventions

Dipl.-Phys. R. König, Battelle-Institut e. V., Frankfurt (D)
Dr. E. Poeschel, Dr. K.-H. Grünthaler, Dr. H. Heide-Weise, Battelle-Institut e. V.
Messung von Arbeitsplatzbelastung durch Faserstäube bei der Substitution von Asbest durch Faserstoffe
Measurement of fibrous dust concentrations at workplaces resulting from the substitution of fibrous materials for asbestos

Zementverstärkung mit Asbestalternativen / Reinforcement of cement by alternatives for asbestos

Dr. J. Studinka, Ametex AG, Niederurnen (CH)
Asbestersatz in der Faserzementindustrie – Stand der Substitution, bisherige Erfahrungen
Replacement of asbestos in the fiber cement industry – State of substitution, experience up to now

Dipl.-Ing. H. J. Miko, Eternit-Werke Ludwig Hatschek AG, Vöcklabruck (A), Dipl. K. Kirchmayr, Eternit-Werke Ludwig Hatschek AG
Wirkungsweise verschiedener Fasertypen im zementgebundenen Verbundwerkstoff
Effects of various fibre types in cement-bonded composite materials

J. Hikasa, Kuraray Co., Ltd., Osaka (J), T. Genba, A. Mizobe, M. Okazaki, Kuraray Co., Ltd.
Substitution von Asbest bei der Zementverstärkung – „Kuralon“ PVA-Fasern, ihre Eigenschaften und Struktur
Replacement of asbestos in reinforced cement products – "Kuralon" PVA fibres, properties, structure

Dr.-Ing. H. Hähne, Hoechst-AG, Kelheim (D)
Hochfeste Acrylfasern für Verbundwerkstoffe
High tenacity acrylic fibres for composites

Zhou Zhijiang, Ministry of Textile Industry, Beijing (VR China)
Hochfeste PVA-Fasern, eine mögliche Alternative für Asbest
High-tenacity PVA fibres, a suitable alternative for asbestos

Dr. D. M. Gale, E. I. Du Pont de Nemours & Company, Wilmington (USA), **A. R. Champion**, **P. G. Riewald**
E. I. Du Pont de Nemours & Company
Zementverstärkung mit Chemiefasern
Cement reinforcement with man-made fibres

Dr. J. D. Crabtree, T & N Materials Research Ltd., Rochdale (GB), Mr. D. V. Badami, T & N Materials Research Ltd.
Überblick über alternative Verstärkungen, Füllungen und Matrices bei der Entwicklung von asbestfreien Produkten
A review of alternative reinforcements, fillers and matrices in the development of non-asbestos products

Spezialfasern / Special fibres

Dr. techn. K. Weinrotter, Lenzing AG, Lenzing (A)
Die thermostabile, schwerentflammbare Polyimidfaser P 84
als Alternative für Asbest
Thermally stable and flame-retardant polyimide fibre P 84 as
asbestos replacement

Dipl.-Ing. W. Wimmer, TU Wien (A)
Thermostabile schwefelhaltige Polyamidimide
Thermally stable sulphur-containing polyamidimides

Dr. G. Vitzthum, Enka AG, Research Obernburg (D)
Dr. H. U. Herwig, Dr. H.-D. Achtsnit, Enka AG
Silica-Faser für Hochtemperaturanwendungen
Silica fibre for high temperature applications

**Alternativen für Asbest in Spezialtextilien und Dichtungen
Alternatives for asbestos in special textiles and seals/gaskets**

Dr. U. Schmidt, Frenzelit-Werke GmbH und Co. KG,
Bad Berneck (D)
Technische Textilien ohne Asbest
Textiles without asbestos for technical applications

Dr. E. M. Sauter, Istag AG, Egliswil (CH)
Chemiefasern in Flachdichtungen
Synthetic fibres in gasket materials

Dipl.-Ing. G. Bauer, Frenzelit-Werke GmbH und Co. KG,
Bad Berneck (D)
Asbestersatz bei Automobildichtungen – von der Neben-
dichtung zum Konstruktionselement
Substitution of asbestos at the automotive gaskets' field – the
way from secondary gasket to design element

**Chemiefasern für Reibbeläge /
Man-mades in friction materials**

Dr. U. Schwartzkopf, Enka AG, Wuppertal (D)
Aramidfasern – eine Alternative für Asbest in Reibbelägen
Aramide fibres – a solution to problems of asbestos replace-
ment in friction materials

Dipl.-Ing. A. Eckert, Rütgers Pagid Reibbelag GmbH, Essen (D)
Neuere Erkenntnisse der Asbestsubstitution in Reibbelägen
Recent development and results in the substitution of asbestos
in friction materials

Dr. H. Böder, Sigrì GmbH, Meitingen (D)
Dr. J. Vogelsang, Sigrì GmbH
Produkte der Carbonfasertechnik substituieren Asbest
Products of carbon fibre technology substitute asbestos

D. Sc. K. Okuda, Kureha Chem. Ind. Co., Ltd., Tokyo (J)
Herstellung, Eigenschaften und Anwendungen von Kohlen-
stofffasern aus Pech
Production, property and application of carbon fibres from
pitch

**Chemiefasern im Hitzeschutz /
Man-mades for heat protection**

Dipl.-Ing. W. Damerau, Enka AG, Wuppertal (D)
Hochfeste Aramidfasern als Alternativen für Asbest in Hitze-
schutzbekleidung
Hightenacity aramide fibres as alternatives for asbestos in
heat-protective clothing

Dr. A. Rook, Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin (D)
Prüfung und Bewertung von persönlicher Schutzausrüstung
Testing and evaluation of personal protective equipment

Dipl.-Ing. H. Peter, Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossen-
schaft, Essen (D)
Erfahrungen mit Hitzeschutzbekleidung in der Eisen- und
Stahlindustrie
Experiences with heat-protective clothing in iron and steel
industry