

2 SEP 1970

Splijtvezels voor textiel

**J. H. M. Albers en J. A. Duiser, Centraal
Laboratorium TNO, Delft**

SPLIJTVEZELS VOOR TEXTIEL

Inleiding

Ruim een jaar geleden is in dit blad, in een uitgebreid artikel, aandacht besteed aan splijtvezels¹⁾. Uitvoerig werd ingegaan op de fabricageproblemen en de toepassingsmogelijkheden van splijtvezels uit polypropreen. Inmiddels is bekend, dat de wereldproductie van splijtvezels in 1969 de 200.000 ton overschreden heeft en dat een jaarlijkse produktietoename van 25 % wordt verwacht. Het is dan ook begrijpelijk dat voor de vervaardiging van splijtvezels grote belangstelling aan de dag wordt gelegd. Uit de literatuur blijkt dat op veel plaatsen wordt gezocht naar technieken ter verbreding van het toepassingsgebied van splijtvezels²⁾. Hierbij wordt vooral gedacht aan de textielsector. Pogingen in deze richting zullen kans van slagen hebben indien:

1. fijner gefibrilleerd kan worden;
2. fibrillatietechnieken kunnen worden toegepast op polymeren met voor textiel gunstige eigenschappen;
3. de economische voordelen t.o.v. conventionele spinmethoden overtuigend genoeg zijn.

Velen achten de kans klein, dat binnen afzienbare tijd aan bovenstaande voorwaarden kan worden voldaan. Toch menen wij, dat er voldoende motieven zijn om de ontwikkelingen nauwkeurig te volgen en er zo mogelijk aan bij te dragen. In dit verband geven wij aanvullende informatie betreffende een aantal technische en economische aspecten die bij het maken van splijtvezels van belang zijn.

Technische aspecten

De breukspanning van een ongeoriënteerde folie is in alle richtingen even groot. Tengevolge van een oriëntatie door een éénassige verstrekkingsneemt de sterkte in de verstrekkingsrichting toe en loodrecht hierop af. Dit verschil in sterkte kan zo groot worden, dat men met behulp van een mechanische ingreep de folie in de verstrekkings-

SUMMARY

This article outlines some technical and economical aspects of split fibre manufacture. Since there is a growing interest to evaluate these fibres for application in the textile field, special attention is paid to some techniques of stretching and fibrillating. The different methods of transport and heating, as well as their influence on film properties, are briefly reviewed. As, of all fibrillation methods, controlled fibrillation appears to be the most important, the mechanism of this special type of splitting has been studied. Therefore, a new needle roll producing a very fine fibrillate has been developed. Finally, cost estimates of split fibre production are given.

richting kan splijten (fibrilleren). Hierop berust het maken van splijtvezels. In de praktijk bestaat het proces uit de navolgende stappen: extruderen van folie – verstrekken – temperen – fibrilleren – snijden – wikkelen – twisten – textureren. Soms worden een of meer stappen overgeslagen. Hier zal voornamelijk het verstrekken en het fibrilleren worden besproken.

Het verstrekken

De oriëntatie die nodig is om folies uit polypropreen of polyetheen (hd) splijtbaar te maken, kan gemakkelijk worden bereikt. Een verstrekkingsverhouding van 1 : 6 is reeds voldoende, hoewel dikwijls hogere verstrekkingsgraden worden toegepast. Waarschijnlijk kunnen veel meer polymeren splijtbaar gemaakt worden. Gegevens hierover komen voornamelijk uit Japan. Het Polymer Processing Research Institute Ltd., Tokio, beweert dat ook polyester, polyamide, polyvinylalcohol, polyacrylonitril en polyvinylchloride gefibrilleerd kunnen

worden ³⁾. In tabel 1 worden de verstrekcondities van enkele polymeren gegeven ⁴⁾.

TABEL 1.

Polymeer	Verstrek-temperatuur (°C)	Verstrek-verhouding
Polyetheen (hd)	95—100	1 : 15
Polypropeen	100—145	1 : 10
Nylon	100—150	1 : 6
Polyester	80— 90	1 : 4

Uit eigen ervaring is bekend, dat polyester voldoende splijtbaar gemaakt kan worden, maar dat hiervoor speciale verstrekcondities nodig zijn. De folies, die door verstrekking worden georiënteerd, kunnen gemaakt zijn door vlakextrusie of door blaasextrusie. De blaasextrusie heeft economische voordelen, o.a. doordat geen randen behoeven te worden weggesneden. Bovendien is de verwerking van materiaal met een hoog molecuulgewicht bij deze methode mogelijk ²⁾ ⁵⁾. Toch wordt dikwijls de voorkeur gegeven aan vlakextrusie omdat bij dit proces de temperatuur, die zo belangrijk is voor de structuur, en de dikte van de folie beter in de hand kan worden gehouden ⁶⁾. De dikke randen, die bij deze wijze van extruderen ontstaan, maken het regelmatig verstrekken moeilijk en zijn dikwijls minder goed fibrilleerbaar. Soms echter worden deze randen als een voordeel gezien, omdat zij de breedtevermindering van de folie tijdens het verstrekken over verwarmde oppervlakken tegengaan ⁷⁾, zodat voornamelijk uit de dikte verstrekt wordt. Voor beide methoden geldt, dat aan de zuiverheid van het materiaal hoge eisen gesteld moeten worden, omdat verontreinigingen in de folie veelal breuk veroorzaken tijdens het verstrekproces. Zeker vijftien fabrikanten ⁸⁾ ⁹⁾ leveren apparatuur voor het extruderen en verstrekken van folies. In grote trekken kan men twee manieren onderscheiden, waarmee de folie op de gewenste verstrektemperatuur wordt gebracht. Dikwijls past men een systeem toe, waarbij de folie geleid wordt door een warmeluchtoven waarin de verstrekking plaats vindt; even vaak wordt gebruik gemaakt van met olie verwarmde rollen.

Voor laboratoriumdoeleinden wordt door Plasticizers een apparaat in de handel gebracht waarbij verstrekt wordt over een stilstaande verwarmde plaat. Ons is gebleken dat deze methode uitstekend voldoet; met name kan de contractie in de breedterichting beperkt worden. Deze breedtecontractie, die een nadeel is indien een fijn en soepel fibrillaat wordt nagestreefd, treedt vooral op in een met lucht verwarmde ruimte. Behalve door verstrekking over een hete plaat kan men

de contractie beperken door gebruik te maken van drukrollen ¹¹⁾ of door de verstrekzone zeer kort te maken met behulp van twee dicht bij elkaar geplaatste rollen (Brückner e.a.). Ook met een systeem van een aantal, al dan niet aangedreven, verwarmde rollen (Automatik, Kampf en Pakleppa) wordt hetzelfde effect bereikt. Bij deze methode zou bovendien de gelijkmatigheid van temperatuur en daarmee ook de regelmatigheid van de verstrekking beter zijn dan bij verstrekking in hete lucht.

Op laboratoriumschaal worden ook de mogelijkheden van infraroodverwarming ¹⁰⁾ onderzocht. Speciaal als het warmtetransport in de folie slecht is (b.v. bij dikke of geschuimde folies) kan men op deze methode aangewezen zijn. De temperatuurbeheersing is hierbij echter een moeilijk punt. Uitgangsmateriaal en verstrekcondities hebben grote invloed op de mechanische eigenschappen van de verstrekte folie. In tabel 2 is voor polypropeenefolie schematisch weergegeven hoe deze factoren de eigenschappen beïnvloeden. De gegevens zijn ten dele ontleend aan het werk van Gouw ¹²⁾ en van Coen en Danielli ¹³⁾.

TABEL 2.

	sterkte	rek	stijfheid	krimp	splijtbaarheid
molecuulgewicht ↗	↗	↗	↗		↗
afschriktemperatuur ↗	↘				↗
verstrektemperatuur ↗	↗	↗	↘	↘	↗
verstrekkingsgraad ↗	↗	↘	↗	↗	↗
verstrek-snelheid ↗	↘	↗	→	↗	↗
tijd en temperatuur van temperen ↗	↗	↗	↗	↘	↗

Het temperen

Bij vrijwel alle apparatuur die in de handel is, bestaat de mogelijkheid om de verstrekte folie (bandjes of garens) in spanningsloze toestand te onderwerpen aan een warmtebehandeling. Dit temperen (stabiliseren of heat setting) heeft tot doel de krimp van het produkt bij een eventuele temperatuursverhoging binnen zekere grenzen te houden.

Het snijden

Voor het verkrijgen van garen met een gewenste titer is het noodzakelijk de folie te snijden. Men kan dit doen vóór of na het verstrekken of zelfs

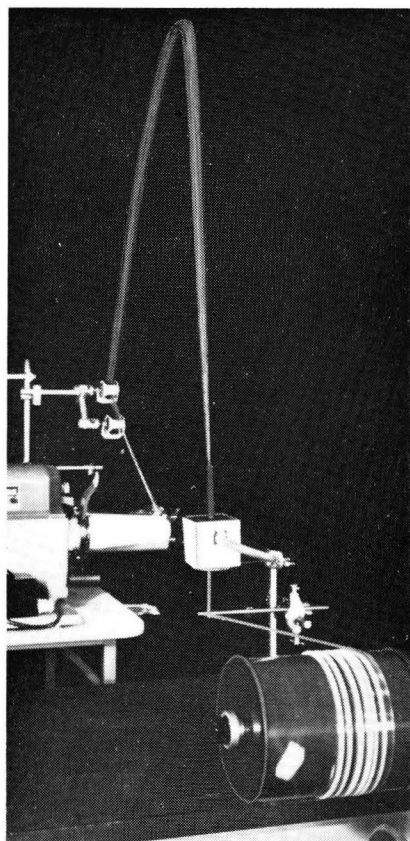


Fig. 1a.
Fibrilleren door middel van blazen.

na het fibrilleren. Het snijden vóór het verstrekken verloopt in het algemeen met de minste moeilijkheden en geeft bovendien de meest gelijkmatige breedte. Een nadeel is, dat de randen van ieder bandje na het verstrekken iets dikker en meestal minder goed fibrilleerbaar zijn ¹¹⁾. Als een gelijkmatige en/of zeer fijne fibrillering wordt nagestreefd is het daarom raadzaam te snijden na het verstrekken.

Het fibrilleren

Bij het bespreken van het verstrekproces is reeds gezegd dat toenemende verstrekking gepaard gaat met toenemende slijtbaarheid. In een aantal gevallen is een grote slijtbaarheid niet gewenst (geweven zakken, tapijtruggen etc.). In andere gevallen daarentegen zal men streven naar een zo fijn mogelijk slijtingsprodukt (textiel). Daarom is een goede methode om de slijtbaarheid te karakteriseren zeer nuttig. Er bestaat wel enige correlatie tussen de slijtbaarheid en de oriëntatie zoals die wordt uitgedrukt door de dubbele breking ¹¹⁾, maar een gevoelige maatstaf is dit niet. Beter voldoet de bepaling van de zogenaam-

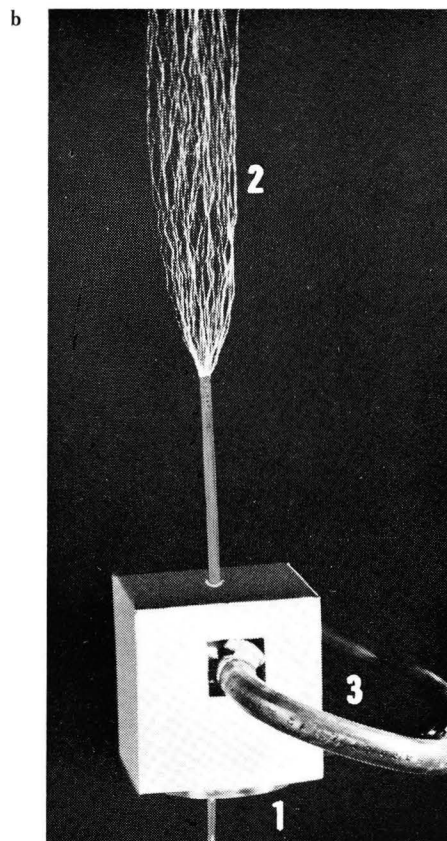


Fig. 1b. (detail uit fig. 1a).
1. aanvoer verstrekte band
2. fibrillaat
3. aanvoer perslucht

de slijtindex, volgens een methode ontwikkeld door Showa Denko ⁴⁾. De slijtbaarheid wordt ook wel bepaald met breuk- en scheurproeven ¹³⁾. De resultaten van de verschillende methoden stemmen niet altijd overeen. In het algemeen lijkt het ons verstandig die methode te kiezen waarbij het slijtingsmechanisme overeenstemt met dat van de fibrillering in de praktijk.

Bij het Centraal Laboratorium TNO is een eigen methode ontwikkeld om de slijtbaarheid te waarden. Deze is met bovengenoemde methoden vergeleken, waarbij vooral een goede overeenkomst met de slijtindex is geconstateerd. Omdat het ontstaan van de slijtbaarheid het gevolg moet zijn van structuurveranderingen tijdens het verstrekproces hebben wij deze veranderingen gevolgd met verschillende fysische methoden: dubbele breking, dichtheid, infrarooddichroïsme, D.S.C., rasterelektronenmicroscopie (Stereoscan). Hierdoor denken wij meer inzicht te verkrijgen in het technologische begrip slijtbaarheid. Dit onderzoek is nog niet geheel afgesloten en zal te zijner tijd worden gepubliceerd.

De slijtbaarheid van een folie wordt bepaald

door het polymeer, het type folie en de verstrekcondities. Door het toevoegen van andere polymeren kan deze eigenschap ten gunste of ten ongunste worden beïnvloed ¹⁴). Zoals reeds eerder opgemerkt, zijn polyolefinen tot goed splijtbaar materiaal te verstrekken. Blaasfolie is in dit opzicht beter dan vlakfolie, waarschijnlijk ten gevolge van een zekere biaxiale verstreking bij de blaasextrusie ¹⁵). In de laatste kolom van tabel 2 is de invloed van een aantal verstrekcondities op de splijtbaarheid ondergebracht.

De splijting kan op vele manieren teweeggebracht worden.

In sommige gevallen zijn de plaatsen van de scheuren niet voorgeschreven ¹¹), zoals bij wrijven met rubber banden, zandstralen, twisten en blazen. De vele octrooiliteratuur ¹⁶) bewijst dat aan deze methoden veel aandacht is besteed. Het is ons echter niet bekend, of tot op heden een van deze methoden, met uitzondering van het twisten, op commerciële schaal wordt toegepast. Op laboratoriumschaal is bij ons geëxperimenteerd met blazen (fig. 1a, 1b). Het blijkt, dat op deze wijze een fijne fibrillering kan worden bereikt (fig. 12). In andere gevallen worden de plaatsen van de scheuren wel voorgeschreven. Dit geldt b.v. voor het Barfilexproces, waarin men door een geprofileerde spleet extrudeert, zodat in de folie groeven ontstaan die na het verstreken in scheuren overgaan ⁹) ²⁵).

In de praktijk wordt de fibrillering meestal uitgevoerd met een roterende naaldwals. De omtrekssnelheid van deze met stalen naalden bezette cylinder (v_n) is altijd groter dan de snelheid waarmee de folie wordt voortbewogen (v_f). Afgezien van een eventuele vóórsplijting wordt de lengte van iedere kras bepaald door de verhouding v_n/v_f en de lengte van het raakvlak. Laatstge-

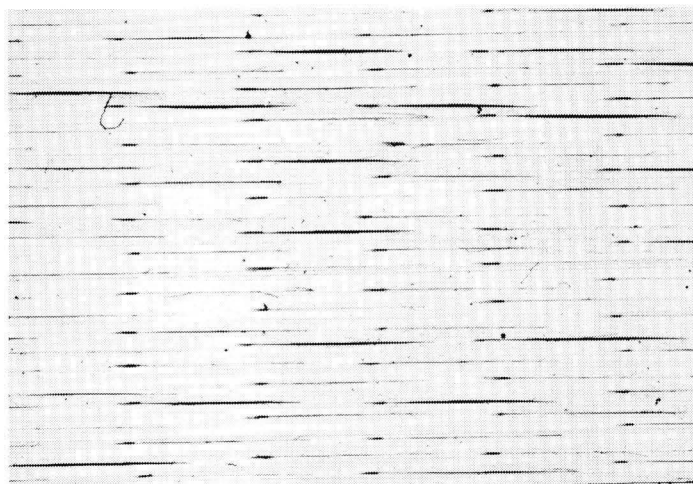


Fig. 2.
Inslagpatroon van de naalden op een verstrekte folie (vergroting 10 x), $v_n/v_f = 1,5$; naalden versprongen.

Fig. 3.
Inslagpatroon van de naalden op een verstrekte folie (vergroting 10 x), $v_n/v_f = 1,5$; naalden achter elkaar.

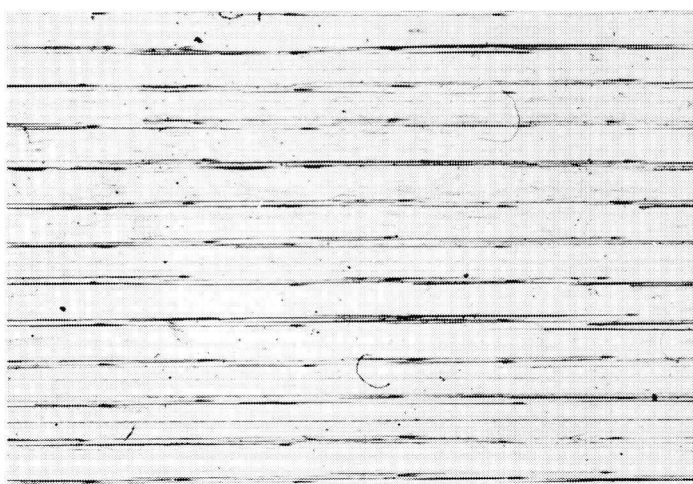


Fig. 4.
Inslagpatroon van de naalden op een verstrekte folie (vergroting 10 x), $v_n/v_f = 1,5$; film iets gerekt in dwarsrichting.



Fig. 5.
Inslagpatroon van de naalden op een verstrekte folie
(vergroting 10 x), $v_n/v_f = 1,5$; film in dwarsrichting iets
meer gerekt dan in fig. 4.

noemde lengte is de limietwaarde van de kras, die benaderd wordt als v_n/v_f zeer groot wordt ¹⁷⁾ ¹⁸⁾. Als de naald de folie raakt moet eerst een scheur geïnitieerd worden. Voor deze initiatie is meer energie nodig dan voor het doorzetten van een reeds gevormde scheur. Het verschil in locale deformatie bij de inslag en bij de voortzetting van de scheur is te zien in fig. 2. Suggereert deze foto dat de scheurranden na de inslag glad zijn, „Stereoscan”-opnamen tonen aan dat deze randen wel degelijk een structuur bezitten, die bij zeer veel verstrekte materialen fibrillair is (fig. 7, 8 en 9).

De fijnheid van de fibrillering d.w.z. de gemid-

delde afstand tussen twee naburige scheuren wordt in eerste instantie bepaald door de afstand tussen twee naburige naalden. Bij toename van de verhouding v_n/v_f zullen de inslagen, ontstaan door opeenvolgende rijen naalden, steeds dichter achter elkaar komen te liggen, waardoor de scheuren elkaar gaan overlappen (fig. 3). Het blijkt, dat in goed georiënteerde folies de scheuren geen neiging hebben in reeds gevormde scheuren uit te lopen (fig. 3 en 4). Dit betekent, dat ook bij hoge snelheden van de naaldwals t.o.v. die van de folie een netwerk wordt gevormd. De structuur van dit netwerk zal o.a. afhangen van de plaatsing der naalden. Kennelijk is door de fabrikanten geprobeerd de naaldwalsen zo te construeren, dat de inslagen van een rij naalden steeds midden tussen de scheuren van de voorafgaande rij komen. In dit geval zullen „boomstammen” (brede banden) worden gevormd die half zo breed zijn als de onderlinge afstand tussen twee naburige naalden (fig. 2). Het is ons gebleken, dat men in deze opzet niet altijd is geslaagd. Bij de door ons onderzochte naaldwalsen staan de naalden over grote gedeelten vrijwel achter elkaar (fig. 3). In dat geval ontstaan boomstammen die ongeveer even breed zijn als de afstand tussen twee naburige naalden. Voor beide gevallen geldt, dat een aantal naalden vrijwel achter elkaar staan en daardoor oorzaak zijn van fijne „zijtakken” die de boomstammen verbinden (fig. 4). De netwerkstructuur komt duidelijker tot uitdrukking bij een zijwaartse uitrekking van de gefibrilleerde folie, waarbij stammen en takken kantelen (fig. 5).

De boomstammen verdwijnen pas bij zeer hoge waarden van v_n/v_f ; hierbij ontstaan echter veel losse fibrillen (fig. 6).

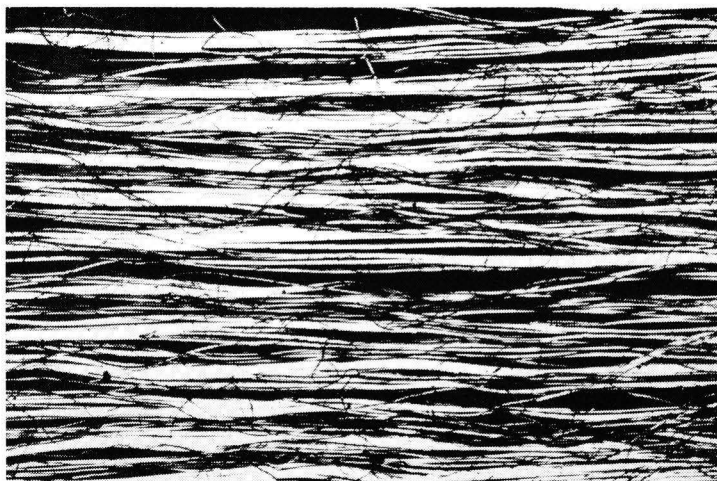


Fig. 6.
Inslagpatroon van de naalden op een
verstrekte folie (vergroting 10 x),
 $v_n/v_f = 5$.

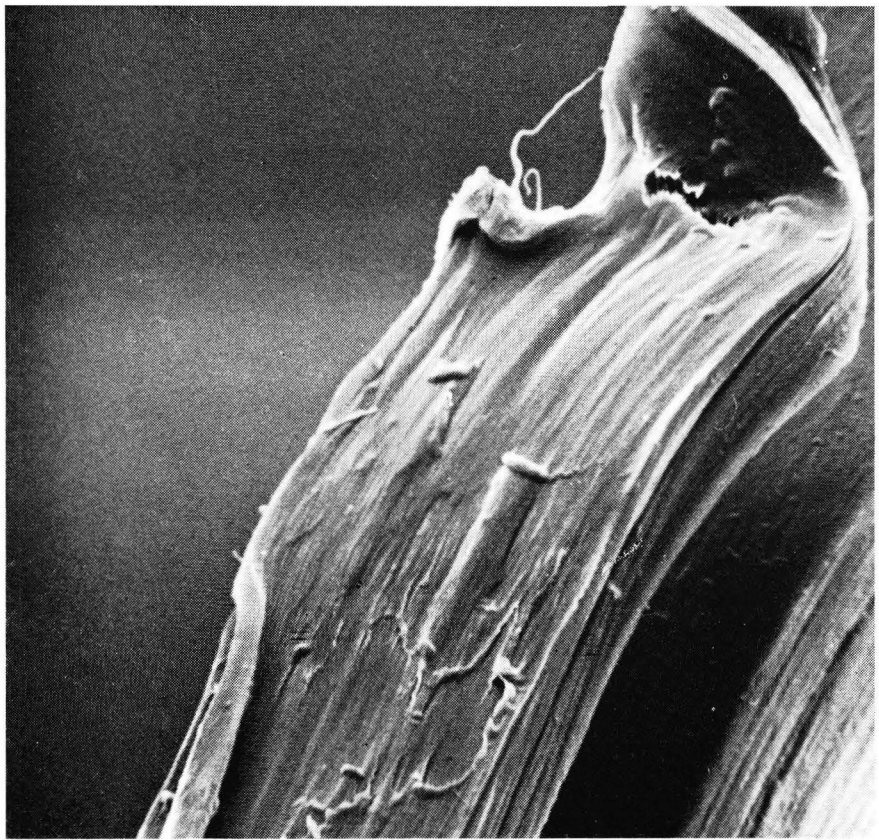
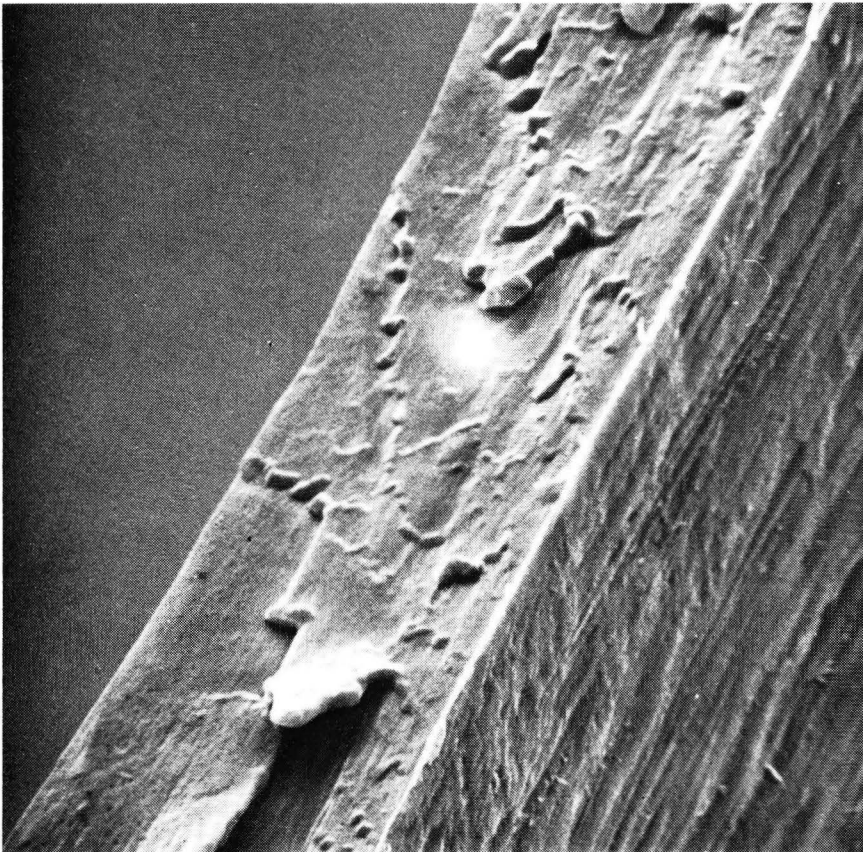


Fig. 7.
„Stereoscan”-opnamen van splijtingsvlak (vergroting 2200 x).

Fig. 8.
„Stereoscan”-opnamen van splijtingsvlak (vergroting 2200 x).



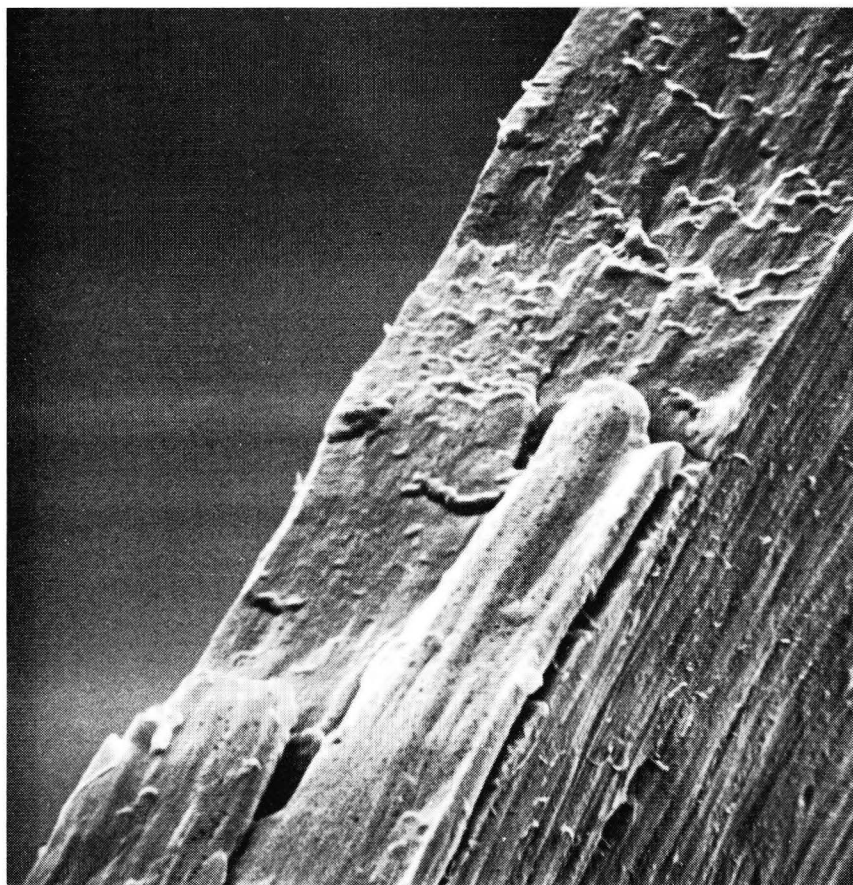


Fig. 9.
„Stereoscan“-opnamen van splijtingsvlak (vergroting 2200 x).

Van commerciële splijtgarens is bekend, dat de gemiddelde breedte van de fibrillen ligt tussen 200 en 400 μm ¹¹). In ontwikkeling is de productie van een aantal fibrillaten, waarvan deze breedte ongeveer 100 μm bedraagt. Met onze blaasmethode wordt een nog wat fijner produkt verkregen. Het fijnste fibrillaat tot op heden bekend werd gemaakt uit verstrekte schuimfolie¹⁹).

Wanneer men een zeer fijn produkt wenst kan men dit bereiken of door de naalden zeer nauwkeurig te plaatsen of door de afstanden tussen naburige naalden zeer klein te maken. Beide oplossingen geven veel technische problemen. Bij het Centraal Laboratorium TNO is voor laatstgenoemde methode gekozen en is een naaldwals ontwikkeld waarmee een zeer fijne en gelijkmatige fibrillering wordt gerealiseerd ($\pm 25 \mu\text{m}$).

Hierbij is opvallend dat losse uiteinden nagenoeg niet voorkomen en dat bovendien de voor textieltoepassing zo ongewenste plasticglans ontbreekt.

Een en ander wordt geïllustreerd in fig. 10, 11

en 12. De methode waarop deze naaldwals is gemaakt biedt mogelijkheden tot verdere verfijning.

Economische aspecten

Tot op heden worden geen splijtvezels voor fijnere textiel op de markt aangeboden. Wel zijn er enige gegevens over grove textielgarens (b.v. voor tapijtpool). In de V.S. worden twee typen tapijtgarens op commerciële schaal gemaakt (o.a. door Chevron)²⁰); activiteiten op semi-commerciële schaal vinden o.a. plaats in Engeland (Plasticizers) en in Duitsland (Barmag)¹¹). De kosten van verwerking afkomstig uit verschillende bronnen lopen nogal uiteen:

Plasticizers f 1,55 – f 3,70 per kg²¹),
Reifenhäuser f 0,75 – f 1,00 per kg²²),
een en ander afhankelijk van het type garen.

Naar onze mening, die gedeeld wordt door een relatie uit de Nederlandse industrie, zijn laatstgenoemde cijfers voor dikke garens reëel.

Door ons is een globale kostenberekening voor twee typen splijtgarens gemaakt, nl. voor een

tapijtgaren van 400 tex en voor een textielgaren van 20 tex. Hierbij moet men met betrekking tot de fijnheid van fibrillering aan het textielgaren hogere eisen stellen. Verondersteld is dat de gewenste fijnheid kan worden verkregen door fibrillering van verstrekte folies met een dikte van resp. 30 μm voor tapijtgarens en 15 μm voor textielgarens. In overeenstemming met gegevens uit de literatuur ²²⁾ ²³⁾ wordt voor beide gevallen een foliebreedte van 40 cm en een opwikkelnelheid van 150 m/min aangenomen. Tevens wordt uitgegaan van een continudienst van drie ploegen met in totaal 5000 productie-uren per jaar. De resultaten zijn opgenomen in tabel 3.

TABEL 3.

Garentiter	400 tex	20 tex
extruderopbrengst (kg/uur)	100	50
productie (ton/jaar)	500	250
aantal garens	27	270
breedte garen (cm)	1,5	0,15
hulpkrachten	1	3
<i>Investering:</i>		
apparatuur (excl. wikkelen)	f 300.000,—	f 300.000,—
opwikkelaars (à f 1.000,—)	f 27.000,—	f 270.000,—
totaal	f 327.000,—	f 570.000,—
<i>Jaarlijkse kosten:</i>		
afschrijving (20 %)	f 105.000,—	f 182.000,—
rente (12 %)		
huisvesting en energie		
arbeidskosten	f 45.000,—	f 135.000,—
totaal	f 190.000,—	f 367.000,—
overhead (50 %)	f 95.000,—	f 183.000,—
totaal	f 285.000,—	f 550.000,—
productiekosten per kg	f 0,57	f 2,20

Vergelijken we de cijfers van de twee typen garens dan blijkt, dat het wikkelen voor een groot deel prijsbepalend is. Indien uit het fijn gefibrilleerde materiaal stapelvezels worden gemaakt (b.v. voor non-wovens) zal de prijs zeker lager uitkomen. Zulke stapelvezels kunnen direct uit de gefibrilleerde folie worden gemaakt door een „stretch-break” proces ¹⁷⁾.

Overeenkomstige fabricagekosten voor het smeltspinnen zijn moeilijk verkrijgbaar. Onze enige informatie dienaangaande komt van een machinefabrikant, die meedeelt dat filamentgaren uit

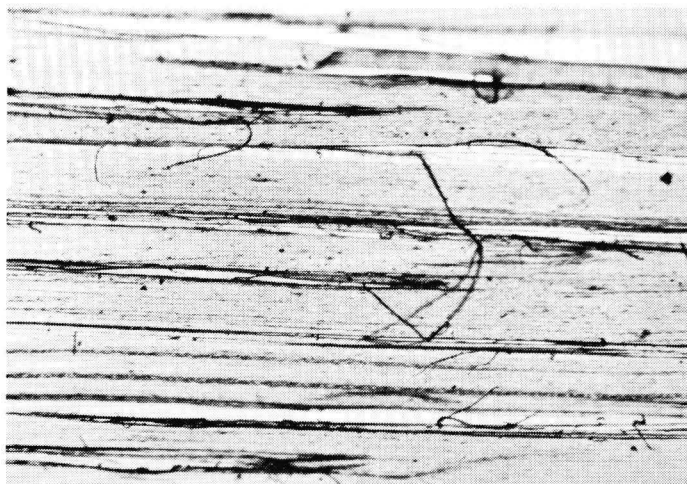


Fig. 10.
Splijtvezels gemaakt met commerciële naaldwals
(vergroting 21 x).

Fig. 11.
Splijtvezels gemaakt met TNO-naaldwals
(vergroting 21 x),

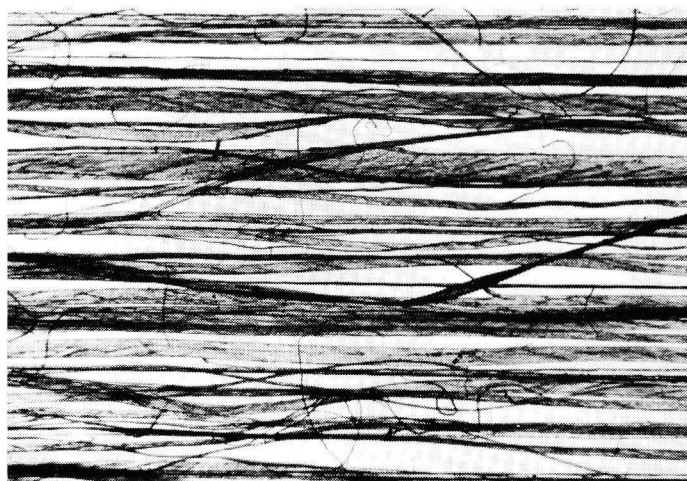


Fig. 12.
Splijtvezels gemaakt volgens blaasmethode
(vergroting 21 x).

nylon (8 tex) voor f 3,65 kan worden gemaakt. Berekeningen gemaakt in Japan geven als uitkomst dat de produktiekosten van getextureerd splijtgaren 20 % lager zullen liggen dan van een vergelijkbaar filamentgaren³⁾. Een definitieve conclusie is op dit moment nog niet mogelijk.

Conclusies

1. Uit de literatuur blijkt, dat bij zowel de polymerproducenten als de machinebouwers en de vezelverwerkers een groeiende belangstelling voor splijtvezels bestaat.
2. Naast de produktie van grof gefibrilleerd materiaal vindt reeds op kleine schaal fabricage van fijner gefibrilleerde tapijtgarens plaats.
3. Een verdere doorbraak naar de fijne textiel zal afhangen van de ontwikkeling van verstreken- en fibrilleringstechnieken, voor polyester, nylon enz. Op dit gebied worden reeds vorderingen gemaakt.
4. Indien deze opzet slaagt, zullen de economische voordelen de doorbraak versnellen.

Dankbetuiging

Van de vele collegae, die ons met raad en daad hebben bijgestaan noemen wij met name drs. P. T. A. Klaase, die de TNO-naaldwals heeft ontwikkeld.

Literatuur

1. G. Schuur; *Plastica* **22**, (1969), 1.
2. J. E. Ford; *Chem. and Ind.* (19 oct. 1968), 1417.
3. Anon.; *Textile Month* (maart 1968), 102.
4. Y. Hori; *Jap. Plastics* (juli 1967), 13.
5. Anon.; *Mod. Plastics* (juni 1968), 122.
6. K. Kawata; *Jap. Plastics Age* **7**, (1969), 9.
7. J. B. Mauro en J. J. Levitzky in „The Science and Technology of Polymer Films” (O. J. Sweeting, Ed.), vol. I, 472.
8. H. Holtappels; *Z. ges. Textilindustrie* **70**, (1968), 161.
9. H. Peuker; *Z. ges. Textilindustrie* **71**, (1969), 10.
10. Mitsubishi Petrochemical Co., Ltd.; *Jap. Plastics Age* **7**, (1969), 9.
11. P. C. Condit en G. B. Johnson; *Mod. Text. Mag.* (1969), 23.
12. L. H. Gouw en W. H. Skoroszewski; *Conf. „Textiles from film”*, (Manchester 1968).
13. A. Coen en E. Danielli; *Materie plastiche ed elastomerie* **35**, (1969), 5.
14. D. Moorwessel en G. Pilz; *Kunststoffe* **59**, (1969), 539.
15. J. E. Ford; *Textile Month* (dec. 1968), 79.
16. B. D. Berkman; *Mod. Text. Mag.* (sept. 1968), 28.
17. S. McMeekin, J. N. Ruddell, H. A. C. Todd; *Conf. „Textiles from film”*, (Manchester 1968).
18. M. Nozawa; *Jap. Plastics Age* **7**, (1969), 37.
19. P. Volans en P. D. Changani in „Studies in modern yarn production” (Papers of the 53rd Ann. Conf. of the Textile Institute, 1968), 1.
20. J. L. Darragh en G. B. Johnson; *Mod. Text. Mag.* (sept. 1968), 24.
21. Anon.; *Textile Month* (oct. 1968), 59.
22. Reifenhäuser KG; *Plastics, Paint and Rubber* (nov./dec. 1969), 82.
23. D. C. Hossack; *Text. Inst. and Ind.* (oct. 1968), 274.