

Het spinnen van vezels op laboratorium-schaal*

DR. M. M. ZWICK

CENTRAAL LABORATORIUM TNO

Samenvatting

In dit artikel worden enkele methoden voor industriële productie van synthetische vezels schematisch weergegeven en in het kort besproken.

Om deze spinprocessen op een kleinere schaal te kunnen bestuderen, heeft de Spinafdeling van het Centraal Laboratorium TNO een daartoe geschikte apparatuur ontwikkeld, gedeeltelijk volgens eigen ontwerp.

Hiermede kunnen de vezelvormende eigenschappen van nieuwe en gemodificeerde polymeren worden onderzocht en kan de invloed van pigmenten en andere toevoegingen aan bekende grondstoffen voor kunstvezels worden nagegaan.

Om een vezel met een zeer hoog vulstofgehalte te kunnen maken, moest een nieuwe spintechniek worden ontwikkeld.

Het meer fundamentele speurwerk van deze afdeling betreft de invloed van de spinomstandigheden op de eigenschappen van de vervaardigde vezels.

Summary

Spinning methods employed in the industrial production of man-made fibres are discussed and presented schematically. In order to study fibre-making on a reduced scale, the Central Laboratory TNO has assembled in its Spinning Department a variety of equipment for small scale spinning, partly of its own design. Thus first evaluations of the fibre-forming properties of new and modified polymers can be made, and the effect of new additives or pigments upon classical fibre raw materials can be studied.

To produce fibres with unusual properties it was sometimes necessary to resort to unconventional spinning techniques.

More fundamental studies at the said Department deal with the influence of individual operating variables of a spinning process upon the characteristics of the fibres prepared.

Inleiding

Een zeer interessante eigenschap van stoffen bestaande uit onvertakte macromoleculen is, dat er draden van kunnen worden getrokken. Dit verschijnsel ligt ten grondslag aan vele nieuwe ontwikkelingen, die de laatste jaren op textielgebied hebben plaatsgevonden; de vervaardiging van een steeds groter aantal synthetische materialen is daarvan het gevolg. Telkens wanneer een nieuw polymer in een TNO-laboratorium of in de industrie wordt gesynthetiseerd, is het van primair belang dit onder meer op zijn vezelvormende eigenschappen te onderzoeken.

Meer nog dan bij andere verwerkingsmethoden van kunststoffen, is het dagenlang ononderbroken en zeer snel spinnen van een vezel van goede kwaliteit een kunst die een hoge mate van technische vaardigheid en vooral van vakmanschap vereist. Men moet immers aandacht besteden aan een groot aantal details, die uiteindelijk de eigenschappen en het nut van de vezels bepalen. Het is daarom duidelijk dat de fabrikant de „know-how” strikt geheim houdt; te meer daar veel vakmanschap in deze branche met vallen en opstaan is bereikt, mede dank zij kostbare experimenten. De wetenschappelijke benadering is nl. van meer recente datum.

Om tot een reële waardering van de mogelijke vezelvormende eigenschappen van verschillende polymeren te komen, heeft het Kunststoffeninstituut

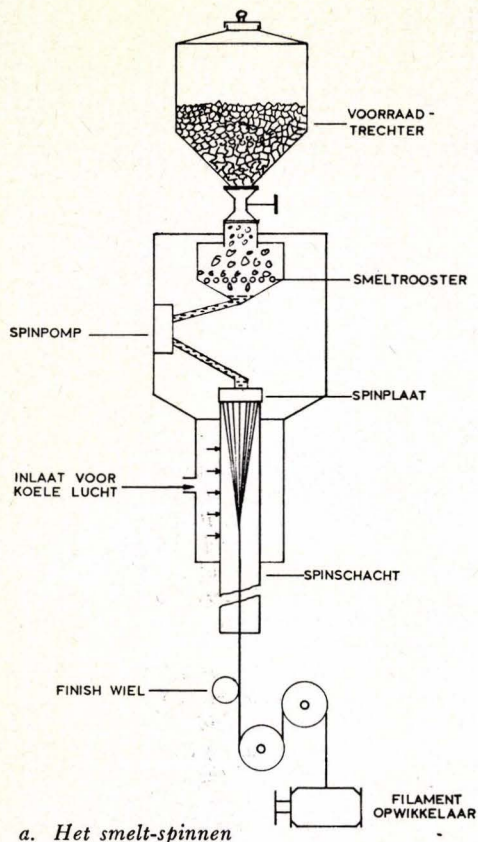
TNO enige jaren geleden het initiatief genomen tot de inrichting van een spinafdeling. Dit instituut had zich tot taak gesteld een geschikte spinapparatuur te ontwikkelen en voorts de noodzakelijke „know-how” te verkrijgen voor de vervaardiging op laboratoriumschaal van synthetische vezels. Door zowel van conventionele als van nieuwe polymeren vezels te spinnen, hoopte men bovendien enige fundamentele kennis op te doen omtrent het proces van het eigenlijke ontstaan van vezels in het algemeen, alsook omtrent de invloed van verschillende spinomstandigheden tijdens de vervaardiging op de eigenschappen van de vezels. Gezien dit meer fundamentele aspect leek het logisch de Spinafdeling bij het Centraal Laboratorium TNO onder te brengen. De hulp van andere TNO-instituten, zoals het Kunststoffeninstituut TNO, het Vezelinstituut TNO en het Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies, wordt echter veelvuldig ingeroepen, zodra zich problemen voordoen die beter in samenwerking met deze instituten kunnen worden opgelost.

Thans beschikt de Spinafdeling van het Centraal Laboratorium TNO over een keur van instrumenten, gedeeltelijk in eigen werkplaats gemaakt, voor het op kleine schaal uitvoeren van spinproeven. Zo kunnen daar nu proeven „in miniatuur” worden verricht, waarbij het mogelijk is met slechts 10 gram een representatieve vezel te verkrijgen.

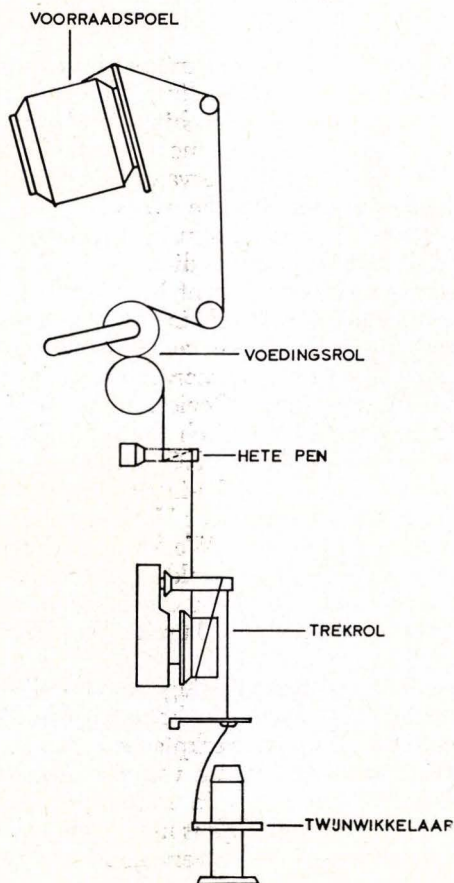
Instrumentarium

De drie spinmethoden, die het meest worden toegepast in de synthetische vezelindustrie, zijn (a) smelt-

* Nederlandse versie, gebaseerd op een publikatie verschenen in: „Chemistry and Industry”, June 1964, No. 23, blz. 953 t/m 960.



a. Het smelt-spinnen



b. Het verstrekken

Fig. 1. Diagram van het vervaardigen van vezels volgens het smelt-spinprocédé.

spinnen, (b) nat-spinnen en (c) droog-spinnen.

Bij het *smelt-spinnen* worden korrels van een polymeer opgesmolten en door een aantal fijne openingen (diameter variërend van 0,2 tot 0,8 mm) van een spinplaat geperst. De dunne draden van plastische massa die uit deze spinplaat komen, worden uitgetrokken vóór zij de kans hebben door afkoeling vast te worden en op roterende spoelen gewikkeld. Het is voor een polymeer dat volgens het smelt-spinprocédé wordt verwerkt dan ook essentieel dat het een uittreksnelheid kan doorstaan, die vele malen hoger is dan zijn uitspuitsnelheid. Alleen dán kan namelijk een zeer fijn filament worden verkregen bij gebruik van betrekkelijk grote openingen in de spinplaat. Om een bruikbare vezel te verkrijgen, moeten smelt-gesponnen filamenten verder worden verstrekt, waarbij de oriëntatie en de sterkte toenemen. In figuur 1 wordt het smelt-spinprocédé schematisch weergegeven. In de praktijk wordt deze methode toegepast voor het vervaardigen van nylon-, polyester- en polypropyleenvezels.

Sinds jaren staat een semi-technische smelt-spinmachine in de spinafdeling opgesteld. De apparatuur loopt over twee verdiepingen, waarvan het onderste gedeelte in figuur 2 is weergegeven.

In het bovenste gedeelte van de machine wordt de smeltroostermethode toegepast. Korrels van het polymeer vallen in een ononderbroken stroom op een elektrisch verwarmd spiraal of rooster, waar ze smelten (zie figuur 3). Op deze wijze wordt de tijd, dat het polymeer is blootgesteld aan hoge temperatuur, beperkt. Nadat de korrels zijn gesmolten, druipet de vloeibare massa in een trechter. Aan het einde van de trechter wordt het materiaal door een tandradpomp gegrepen, daarna door een laagje filters geperst, waarna het de spinplaat bereikt. De spinplaat is een hoogglanzend gepolijste, metalen schijf met een groot aantal nauwkeurig geboorde gaatjes.

Helaas is bij de zo juist beschreven apparatuur tenminste 10 kg polymeer nodig voor één proef; het behoeft geen betoog dat experimentele materialen in het laboratorium zelden in zulke hoeveelheden beschikbaar zijn. Reden waarom tot de ontwikkeling van een miniaturopstelling werd besloten. Deze apparatuur is weergegeven in figuur 5. Zoals eerder vermeld, kan hiermee al een hoeveelheid van slechts

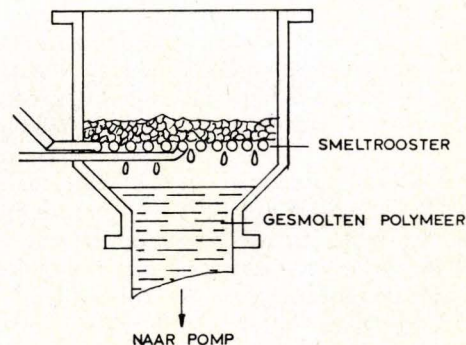


Fig. 3. Diagram van het smeltrooster.

Bij dit systeem wordt de tijd, dat het polymeer wordt blootgesteld aan hoge temperatuur, zo kort mogelijk gehouden.

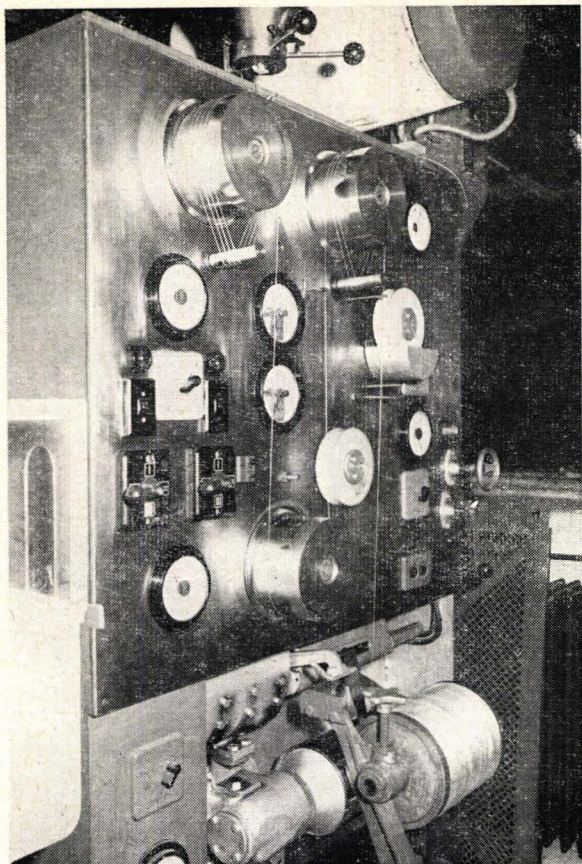


Fig. 2. Onderste gedeelte van de semi-technische smelt-spinmachine. De vezels die het eind van de spinschacht verlaten (bovenaan links) gaan via transportrollen en arrivage-rollen naar de opwikkelapparatuur, rechts onderaan de machine.

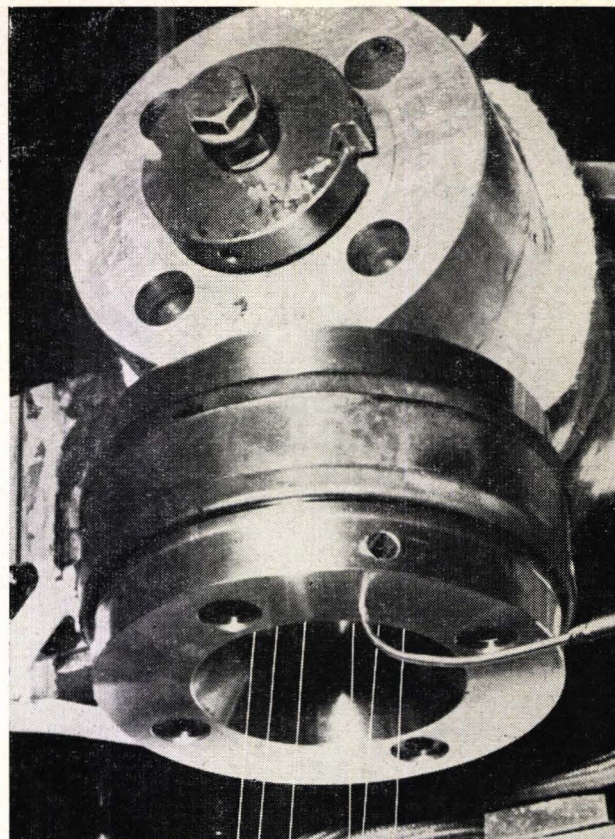


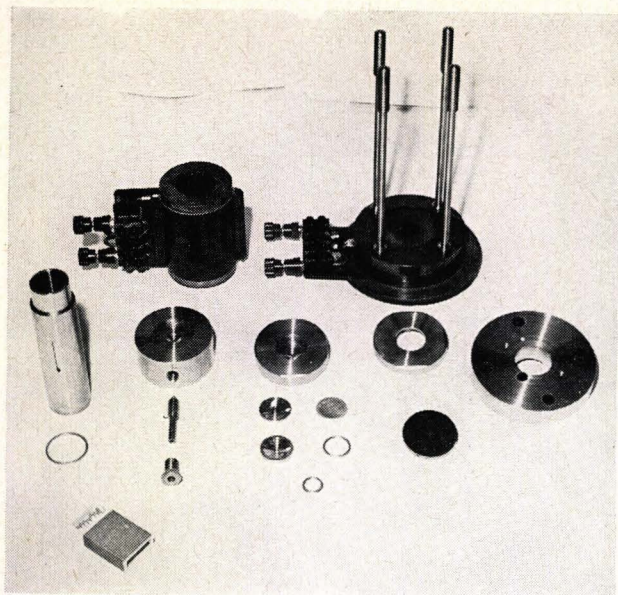
Fig. 4. Spinkop die filamenten van gesmolten polymeer extrudeert.

10 gram polymeer worden versponnen. Het polymeer wordt in de vorm van vooraf gegoten staafjes in een roestvrij stalen cilinder gesmolten en door een spinplaat met één of meer gaatjes gespoten. De uittredende vezels worden op een draaiende trommel gewonden met een continu variabele snelheid tot maximaal 2000 meter per minuut. Om het mogelijk te maken de draad vanaf de spinplaat tot aan de opwikkeltrommel te vervolgen, is de spinschacht van doorzichtig materiaal gemaakt (zie figuur 5d). Voor polymeren, zoals polyacrylonitril, polyvinylalcohol en niet te vergeten cellulose, kan het smelt-spinprocédé niet worden toegepast, daar deze polymeren, wanneer zij aan hoge temperaturen worden blootgesteld, eerder ontleden dan smelten. De twee eerstgenoemde kunnen echter worden opgelost in bepaalde vloeistoffen en vervolgens na uitspuiten tot dunne draden worden gecoaguleerd in een spinbad, waarbij dan vezels worden gevormd. Men noemt dit *nat-spinnen*. De cellulose daarentegen wordt eerst chemisch gemodificeerd voor zij in oplossing gaat. Wanneer reactie met loog en zwavelkoolstof heeft plaatsgevonden, wordt het dan gevormde cellulosexanthogenaat oplosbaar (viscose). Het wordt vervolgens in een coaguleerbade gesponnen, waarbij door de inwerking van zuur de oor-

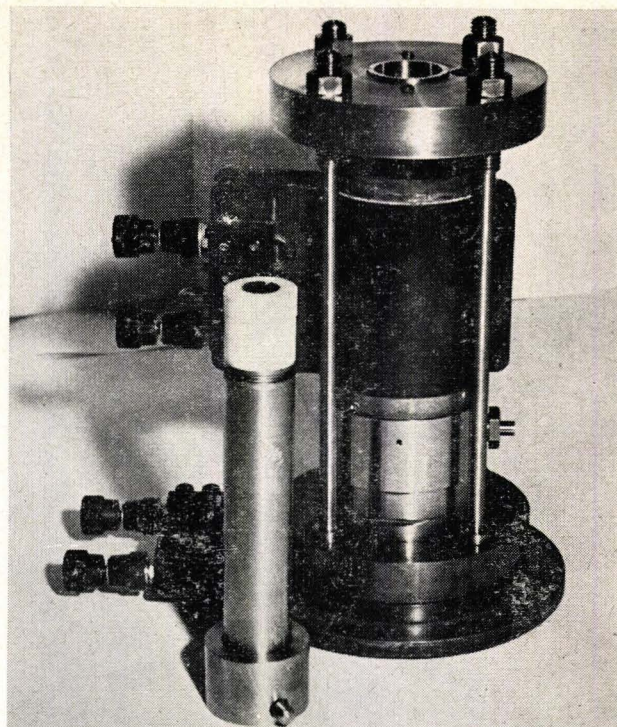
spronkelijke cellulose wordt geregenereerd.

Nat-spinnen is altijd een langzamer proces dan smelt-spinnen, ongeacht het feit, of er al dan niet een chemische reactie bij betrokken is. De vezelvorming via het nat-spinnen wordt beheerst door diffusieprocessen van vloeistoffen en daarom kan de spinsnelheid als regel de 50-100 m/min. niet overschrijden (tegenover 800-1000 m/min. in het geval van smeltspinnen). Het langzamer ontstaan van de vezel maakt het daarentegen mogelijk een groot aantal modificaties in de fijnstructuur van de vezel in te voeren, resulterend in dienovereenkomstige variaties in vezeleigenschappen. Zowel chemische als fysische hulpmiddelen kunnen hiertoe worden gebruikt, b.v. het toevoegen van „modifiers”, het nat-verstrekken, e.d. In figuur 6 worden de verschillende stadia van de produktie van viscosevezels volgens het continu industrie-procédé schematisch weergegeven.

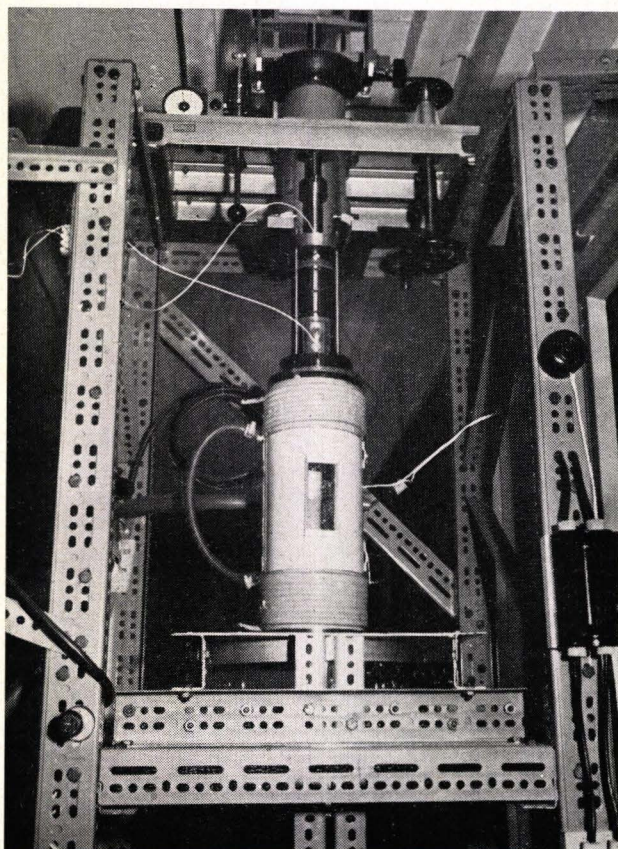
In het laboratorium is het dikwijls gemakkelijker de vezels direct na de regeneratiefase (derde rol van boven in figuur 6) te verzamelen en de nabehandeling apart uit te voeren. In figuur 7 wordt een gedeelte van de laboratorium nat-spinapparatuur weergegeven; hiermee kunnen proeven met 3-5 liter viscose-oplossing worden uitgevoerd. Een speciaal



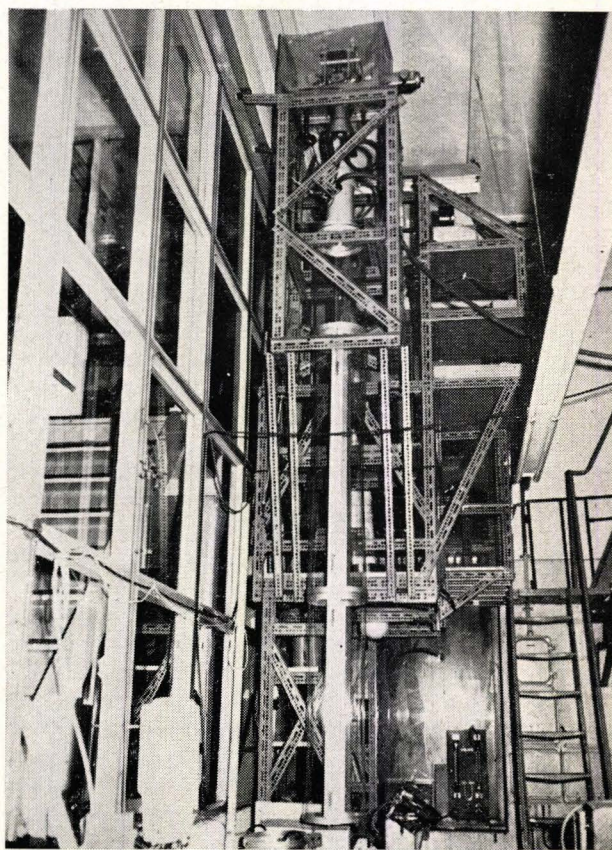
a. Onderdelen van de spuitkop.



b. Spuitkop en plunjer in gemonteerde toestand.



c. Spuitkop gemonteerd onder een zeer gelijkmatig werkende plunjeraandrijving.



d. Totaal aanzicht van de vezel-spuitinrichting met een doorzichtige spinschacht om alle fasen van de vezelvorming te kunnen volgen.

Fig. 5. Laboratorium plunjerapparaat voor het extruderen van vezels. Hiermede kan volgens het smelt-spin-procédé reeds een hoeveelheid van 10 g polymeer tot vezels van constante dikte worden verwerkt.

doseerapparaat kan op de spindop worden gemonteerd, zodat het mogelijk is looggevoelige materialen, b.v. bepaalde bactericiden of colloïdale matteringsmiddelen, aan de viscestroom toe te voegen juist vóórdat de stroom de spindop verlaat en in het zure coaguleerbade terecht komt.

Voor het nat-spinnen van oplossingen tot een volume van 1 liter en een temperatuur tot 100 °C heeft de spinafdeling een zeer flexibele apparatuur ontwikkeld, waarbij men onderdelen als rollen, behandelingsbaden e.d. in iedere gewenste volgorde kan opstellen (zie figuur 8). De hier weergegeven apparatuur is opgesteld voor het spinnen van vezels uit polyvinylalcohol, onder gebruikmaking van achtereenvolgens nat-verstrek- en nat-behandelingstrappen. Dit proces is in figuur 9 nog eens schematisch weergegeven.

Polyvinylalcoholvezels kunnen ook worden gesponnen door een zeer geconcentreerde waterige oplossing te spuiten in een verticale hete schacht, waar het oplosmiddel verdampt, terwijl de droge vezel achterblijft en wordt opgewikkeld (droog-spinnen). Aangezien het oplosmiddel water is, behoeft dit niet te worden teruggewonnen. Tot nu toe is deze vereenvoudigde methode van droog-spinnen de enige geweest, die door de spinafdeling werd toegepast.

In het algemeen is voor het droog-spinnen van vezels terugwinnen van oplosmiddelen wél noodzakelijk. Een schema van het volledige droog-spinprocedé wordt gegeven in figuur 10. Vezels uit respectievelijk cellulose-acetaat, polyacrylonitril en polyvinylchloride worden op deze wijze vervaardigd.

Vrijwel alle synthetische vezels vereisen een extra behandeling door na-verstrekken. Deze varieert van geval tot geval van het koud-verstrekken om een pen tot het verstrekken in verschillende vloeistoffen bij verhoogde temperatuur. De spinafdeling van het Centraal Laboratorium TNO beschikt dan ook over diverse apparaten voor deze behandelingen.

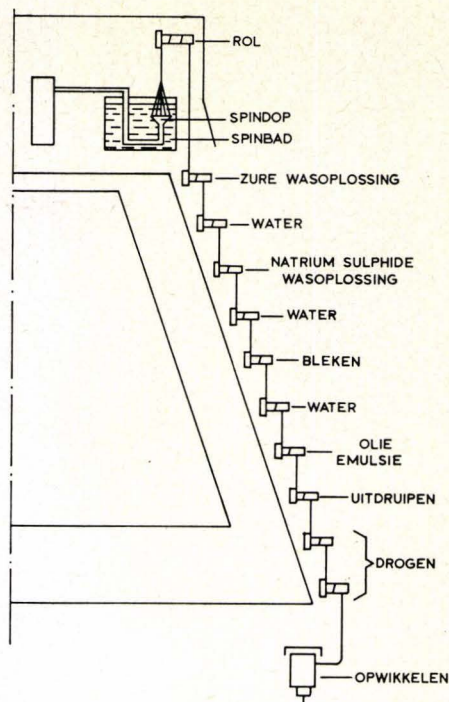


Fig. 6. Het nat-spinnen van viscose rayon. Schematisch overzicht van het continu spinproces voor viscose rayon filamenten, zoals het wordt toegepast in de industrie. De filamenten lopen vanaf het coagulatiebade (bovenaan) naar beneden.

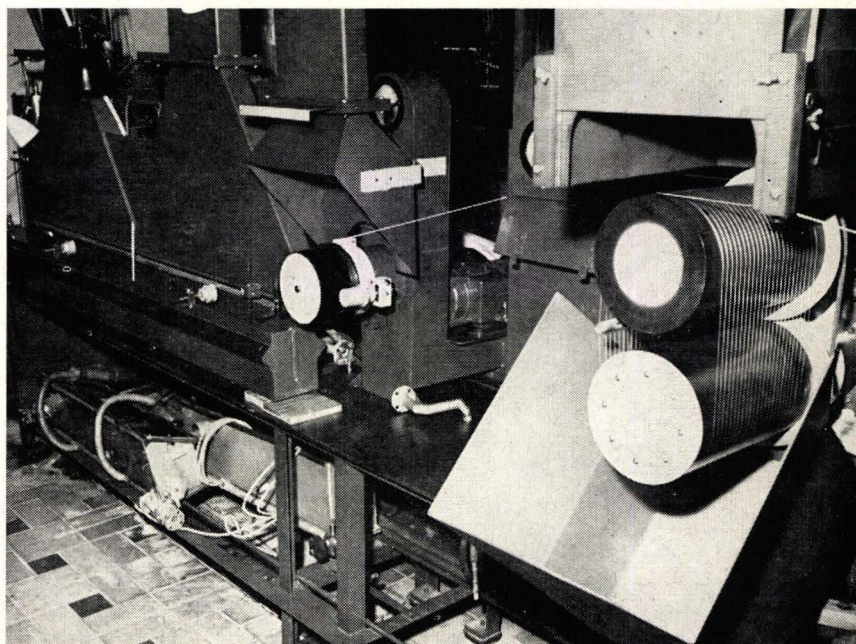


Fig. 7. Gedeeltelijk zij-aanzicht van de laboratorium nat-spinmachine voor viscose.

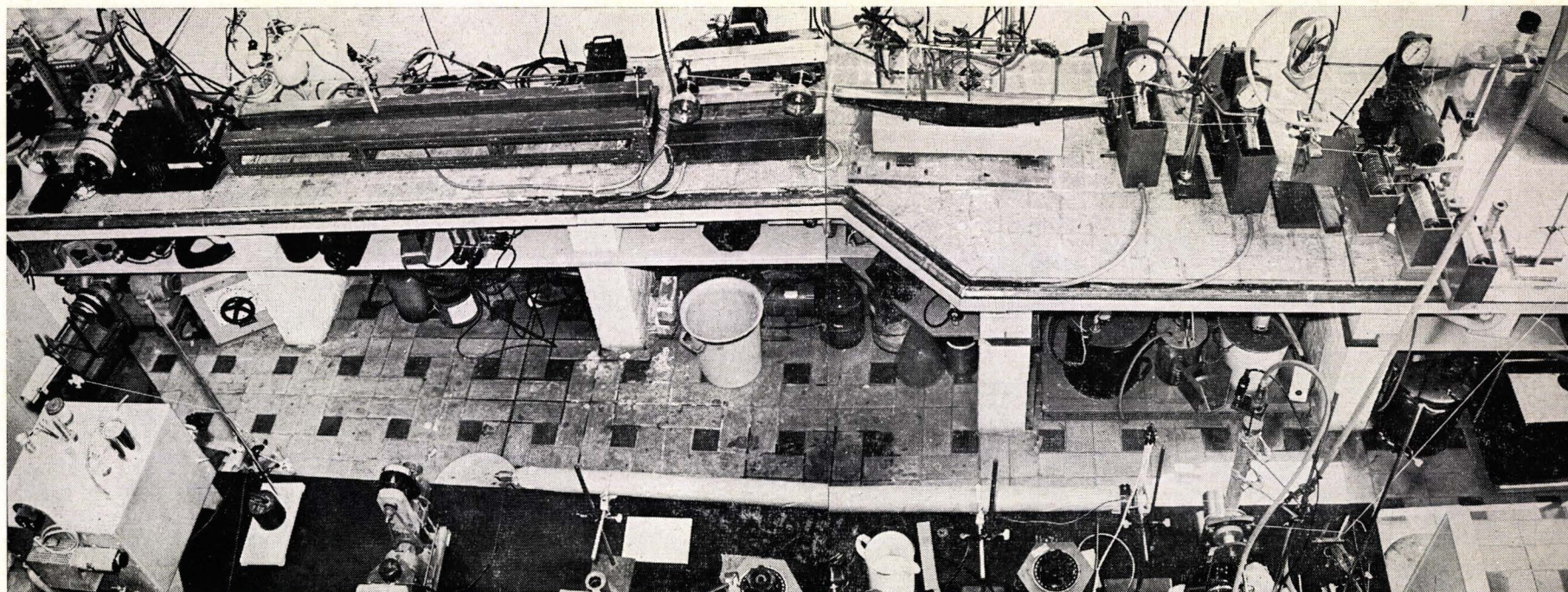


Fig. 8. Spin-apparatuur met flexibele eenheden, opgesteld voor het nat-spinnen van polyvinylalcohol-vezels.

Het nat-spinnen verloopt van links boven naar rechts boven; het heet-verstrekken van rechts onder naar links onder. Zie ook fig. 9.

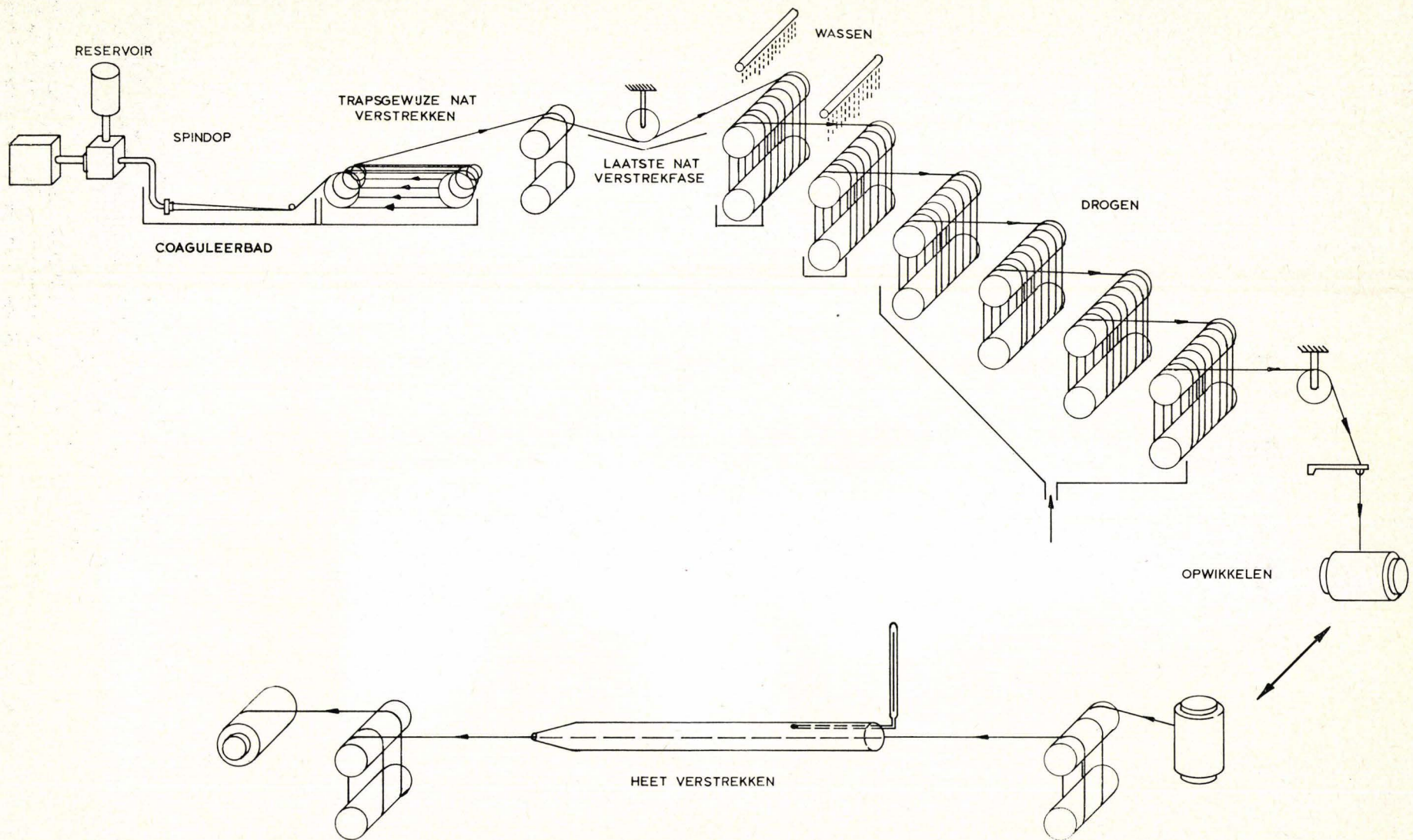


Fig. 9. Schema waarop, beginnende van links boven, de diverse stadia van het vervaardigen van polyvinylalcohol-vezels met grote sterkte en hoge modulus zijn aangegeven. Een hete polyvinylalcohol-oplossing wordt in een zout coaguleerbath versponnen, de vezels worden nat verstrekt (en wel in meerdere trappen door middel van trapsgewijs geconstrueerde verstrekkrollen), vervolgens gespoeld, gedroogd en heet-verstrekt.

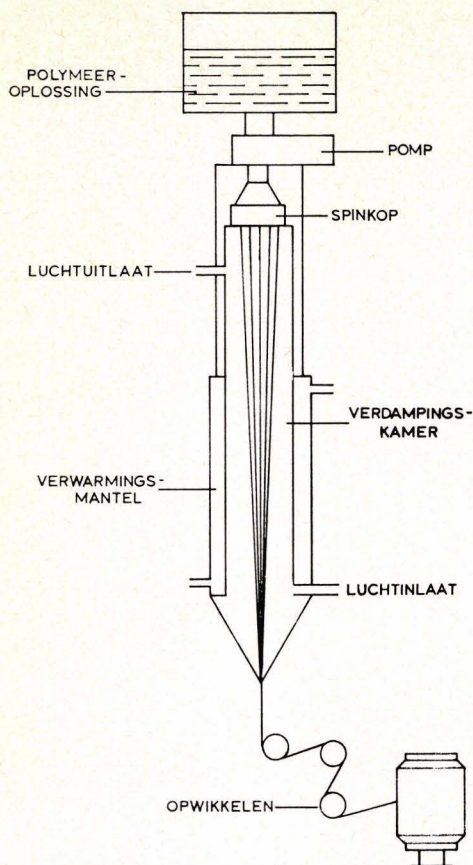


Fig. 10. Het droog-spinproces.
Het proces zoals dat wordt toegepast bij de productie van cellulose-acetaat-vezels.

Toepassingen

De verzoeken die aan de spinafdeling worden gedaan, zijn van velerlei aard. Bij voorbeeld:

a) Verspinbaarheid van nieuwe polymeren

Van een nieuw-bereid polymeer wil men graag informatie hebben over de vezelvormende eigenschappen. Hoewel er geen algemeen aanvaarde definitie is te geven van de term „verspinbaarheid”, denkt men dan intuïtief aan de mogelijkheid om het materiaal tot dunne vezels uit te trekken. Wanneer het materiaal gesmolten kan worden, zal men proberen het door een spindop te persen en voorts nagaan hoeveel maal sneller dan de uitpersersnelheid de vezel verder uitgetrokken kan worden zonder te breken. Hierbij spelen verscheidene factoren, zoals temperatuur, diameter van de spinopeningen, mate van koelen e.d., een rol. Voordat men zich een beeld kan vormen omtrent de inherente vloeieigenschappen van het betreffende polymeer, zal het noodzakelijk zijn naar de optimale omstandigheden te zoeken.

Zo rees, in verband met een op het Organisch Chemisch Instituut TNO gesynthetiseerde serie nieuwe polyurea, de vraag of dit materiaal gesponnen zou kunnen worden volgens het smelt-spinprocédé zonder dat storende thermische degradatie zou optreden. Aan het Centraal Laboratorium TNO werd derhalve gevraagd de beste omstandigheden hiervoor te vinden. Bij een ander, op verzoek van

de industrie verricht onderzoek aan een nieuw polycarbonaat leverde het eigenlijke spinnen geen moeilijkheden op; de problemen kwamen pas tijdens het heet-verstrekken en oriënteren.

Wanneer bij het smelten van een nieuw polymeer ontleding optreedt, moet worden gezocht naar een geschikt oplosmiddel of mengsel van oplosmiddelen en naar een passende samenstelling van het coaguleerbath. Hierbij is een zeer groot aantal combinaties mogelijk; vooral als men bedenkt, dat een kleine hoeveelheid van een toegevoegd hulpmiddel het proces van vezelvorming drastisch kan beïnvloeden, zodat optimalisering in korte tijd bijna onmogelijk lijkt. Een voorbeeld hiervan geeft het werk dat op het gebied van het nat-spinnen van amylose werd gedaan. Het is werkelijk een fascinerende gedachte ook kleding te kunnen maken door uit te gaan van aardappelen en er zijn inderdaad, hier en in andere laboratoria, vezels uit amylose vervaardigd. Helaas was de sterkte van de vezels niet groot genoeg om een verdere ontwikkeling ervan tot een veelbelovende onderneming te maken.

Dit brengt ons op een ander belangrijk punt. Het feit dat een polymeer verspinbaar is, houdt immers nog lang niet in dat de ontstane vezels bruikbare eigenschappen hebben. Bovendien hangt de vraag, of een vezel tegelijkertijd sterk, elastisch, aanverfbaar en vochtadsorberend, slijtvast en kreukherstellend gemaakt kan worden (in deze en nog vele andere eigenschappen is de textielindustrie geïnteresseerd), sterk af van een groot aantal chemische en technologische modificaties. Dit alles vergt jaren van ontwikkeling, maar het valt buiten de aan de Spinafdeling van het Centraal Laboratorium gestelde taak.

b) Vergelijking van materialen

Wanneer men te maken heeft met een polymeer waarvan de vezelvormende eigenschappen bekend zijn, kan men verder gaan dan het eenvoudige, explorerende stadium. Toen dan ook een producent van polyamide-harsen de vezelvormende eigenschappen van een nieuw, experimenteel product wilde vergelijken met die van een goed ingevoerd merk, was het mogelijk hem niet alleen in te lichten over het gedrag van het materiaal tijdens het spinnen, maar ook informatie te verstrekken over de kenmerken van de afgewerkte vezel.

Soms ligt het eigenlijke probleem niet bij het polymeer, maar bij de invloed van bepaalde „additives” op het spinproces of op de vezel. De spinafdeling kreeg bijv. de opdracht de waarde te bepalen van verschillende pigmenten die in polypropreen waren verwerkt. Er werden toen grote verschillen gevonden tussen het ene pigment en het andere, juist wat betreft hun effect op de mechanische eigenschappen van de gesponnen vezels.

Soms ook wil men meer weten over de eigenschappen van de „additives” zelf, bijv. over de stabiliteit en de effectiviteit van een biocide ten opzichte van een ander, indien deze gedurende het spinnen in de viscose zijn verwerkt. Op het ogenblik wordt door de Biologische Afdeling van het Centraal Laboratorium TNO nagegaan, in hoeverre bepaalde biocide-verbindingen een smelt-spinproces kunnen doorstaan.

c) Nieuwe ontwikkelingen

Gestimuleerd door het verzoek, dat enkele jaren geleden van een opdrachtgever werd ontvangen, om een onderzoek naar de vezelvormende eigenschappen van enige experimentele polyvinylalcohol-producten in te stellen, werd in de Spinafdeling, als onderdeel van het eigen „vrije” researchprogramma, begonnen met een vergelijkend onderzoek naar de spineigenschappen van verscheidene polyvinylalcoholen. Deze waren afkomstig uit diverse bronnen en hadden elk een, van elkaar verschillende, moleculaire structuur. De hiervan gesponnen vezels werden door het Vezelinstituut TNO op hun mechanische eigenschappen onderzocht en door de Afdeling Microscopie van het Centraal Laboratorium TNO microscopisch bekeken.

Door de concentraties, zowel van de spinoplossingen als van de coaguleerbaden, te variëren, werden vezels verkregen waarvan de vorm van de dwarse doorsneden als ook de microstructuur verschilden (zie figuur 11). Zoals verwacht, bezaten de ronde vezels met een gelijkmatige opbouw de grootste mechanische sterkte.

Het resultaat van dit onderzoek is dat een polyvinylalcoholvezel kan worden gemaakt met een hogere sterkte en stijfheid dan die van andere bestaande synthetische, organische vezels. Deze stijfheid benadert die van de conventionele glasvezels, terwijl het soortelijk gewicht van het PVA veel lager is dan dat van glas, zodat PVA-vezels geschikt lijken om te worden gebruikt in bepaalde gewapende kunststofconstructies van licht gewicht. Proeven in deze richting gedaan door de Afdeling Gewapende Kunststoffen van het Kunststoffeninstituut TNO bevestigden de juistheid van deze verwachting. Bovendien werd gevonden dat de hechting tussen PVA-vezels en verschillende koudhardende harsen zó goed lijkt, dat ze als wapening kunnen worden gebruikt zonder voorafgaande oppervlakte-behandeling (die in het geval van glasvezels wél nodig is). Soms worden aan een vezel zodanige eisen gesteld dat hij niet volgens een klassieke methode kan worden gesponnen en een wat ongewone methode moet worden gevolgd. Een voorbeeld hiervan is o.a. een vezel met een diameter van 20 micron, die elektrisch geleidend moest worden gemaakt door er meer dan 60 gewichtsprocenten van een speciale soort roet in te verwerken. Een verrassend aspect van de te volgen „omweg”-methode is zeker het feit, dat er zelfs nog vezels kunnen worden vervaardigd, waarbij de diameter van het vulstofdeeltje enige malen groter is dan die van de vezel zelf. Een dergelijk geval wordt gedemonstreerd in figuur 12; hierin zien we ionenwisselaar-deeltjes, die in een polyethyleen-filament zijn opgenomen. Dezelfde techniek kan ook worden toegepast voor het vervaardigen van uiterst dunne vezels, namelijk met een diameter van 5 micron of minder. Dergelijke vezels zijn te dun voor textiel, maar door hun relatief groot specifiek oppervlak zullen ze wellicht geschikt zijn voor filtermaterialen bij aerosol-filtratie.

d) Principes van spinprocessen

Naarmate meer ervaring werd opgedaan met het spinnen van vezels, werd ook steeds meer aandacht

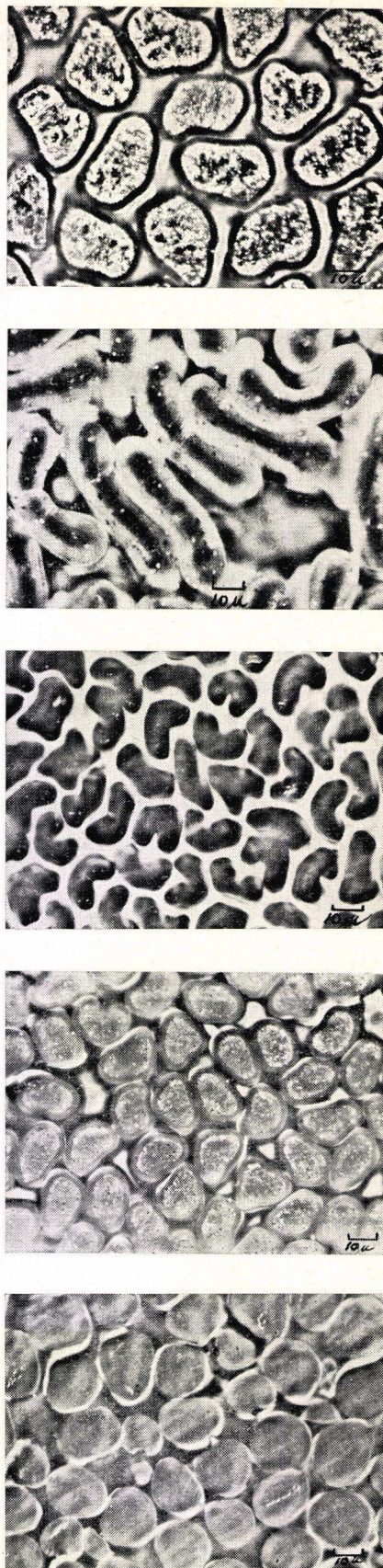


Fig. 11. Dwarse doorsneden van polyvinylalcohol-vezels die werden vervaardigd onder verschillende spinomstandigheden. Ronde vezels met een gelijkmatige structuur vertonen, in alle opzichten, de betere mechanische eigenschappen.

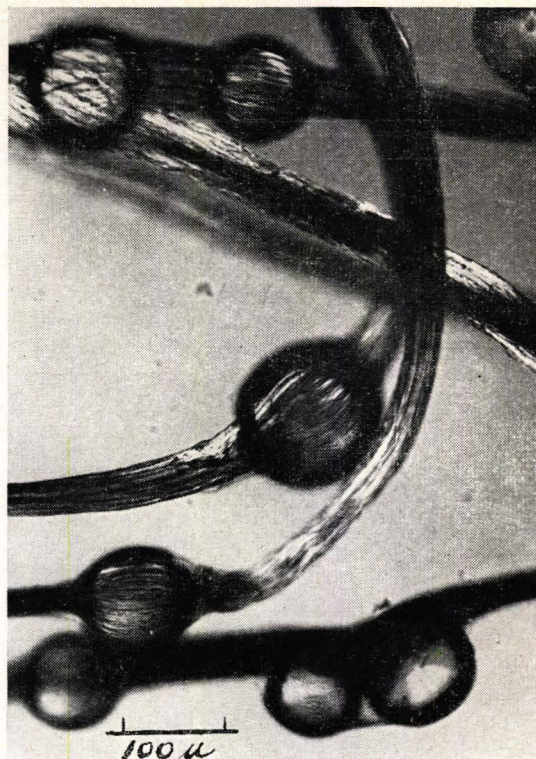
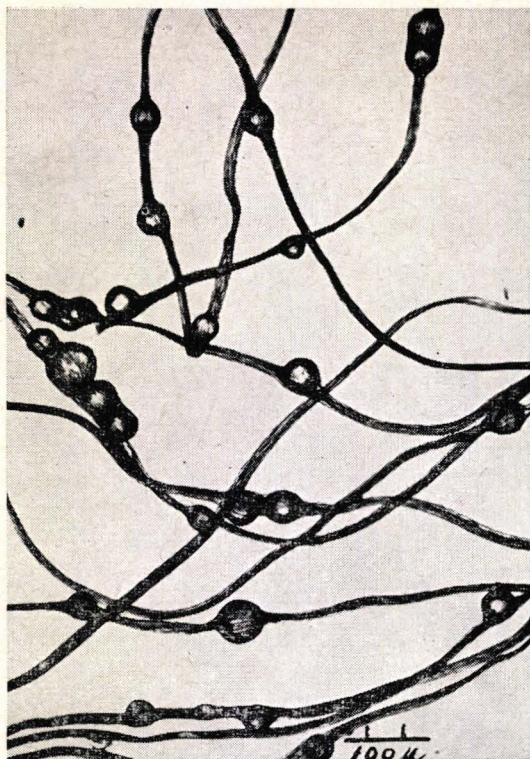


Fig. 12. Filamenten die bolvormige deeltjes ionenwisselaar bevatten met een diameter die enige malen groter is dan die van de vezel zelf, vervaardigd volgens een nieuwe techniek ontwikkeld door de Spinafdeling van het Centraal Laboratorium TNO.

besteed aan het verkrijgen van een beter fundamenteel inzicht in het verband tussen de talrijke factoren, die vezelformatie en vezelstructuur beïnvloeden. Zo konden (bij het reeds eerder genoemde nat-spinnen van polyvinylalcohol) correlaties worden gevonden tussen polymerisatie-omstandigheden en de stereoregulariteit van de uitgangsmaterialen enerzijds en de reologische stabiliteit van de spinoplossingen en het effect hiervan op het verloop van het coagulatieproces anderzijds. Aangevoerd kon worden hoe verschillen in moleculaire structuur en spinomstandigheden van invloed zijn op de bouw in dwarse doorsneden en tevens op de fysische eigenschappen van de vezels [2].

Daar bij het spinnen vele operationele factoren een rol spelen, is het doorgaans noodzakelijk een zeer groot aantal proeven te nemen om te komen tot een werkelijk beeld van de invloed, die iedere afzonderlijke factor uitoefent op de uiterst gevoelige stationaire toestand die bereikt moet worden bij het continu-ontstaan van de vezel. Dat is dan ook de reden dat op dit gebied de praktische „know-how”, verkregen op een semi-empirische manier, nog altijd de meer wetenschappelijke benadering vooruit is. Reden waarom de Spinafdeling tracht vorderingen in beide richtingen te maken.

Slotopmerking

Hoewel het merendeel van de synthetische vezels zijn weg naar de textielindustrie vindt, spelen deze

vezels ook een steeds grotere rol in de meer technische sector. Synthetische vezels treft men tegenwoordig aan in bandenkoord, visnetten, sleeptouwen, transportbanden, filters en vele andere technische hulpmiddelen. Voor elk van deze toepassingen proberen de fabrikanten hun vezels zó te spinnen en te modificeren, dat de voor een specifiek doel meest essentiële eigenschappen naar voren komen. Voor de producenten van bandenkoord kan dit een grote weerstand tegen vermoeidheid zijn, voor die van visnetten een hoge knoopsterkte, voor sleeptouwen een superieure treksterkte, voor transportbanden een hoge slijtweerstand en voor filtermaterialen een chemische resistentie. Tegenwoordig wordt van „taylor-made fibres” gesproken en men bedoelt dan dat dergelijke vezels zijn aangepast aan een bepaald eindgebruik. Het is vanzelfsprekend, dat dit „aanpassen” in eerste instantie de taak is van het researchlaboratorium.

Naast genoemde technische verlangens stelt onze eeuw van de ruimtevaart weer nieuwe eisen. Zo worden de vezelproducenten voor de meest uiteenlopende problemen gesteld: materialen die bestand zijn tegen hoge temperaturen en spanningen, die optreden bij „re-entry” van een ruimteschip; kleding die bescherming biedt tegen radio-actieve straling; opblaasbare satellieten; nieuwe isolatoren; etc. Soortgelijke problemen zullen in de toekomst een steeds grotere uitdaging vormen voor de research op het gebied der synthetische vezels.

Literatuur

- [1] De Spinafdeling van het Kunststoffeninstituut TNO, F. Beek — *Plastica*, 9 (1956) 516.
- [2] Wet spinning of high strength, low elongation polyvinyl alcohol fibres, M. M. Zwick and C. van Bochove — *Textile Research J.* 34, (1964), 417.
- [3] *Fibres from synthetic Polymers*, Rowland Hill (Editor) — Elsevier, Amsterdam, 1953.
- [4] *Man-made Fibre Encyclopedia*, J. J. Press (Editor) — Textile Book Publishers Inc., New-York, 1959.
- [5] *Chemiefasern*, S. A. Rogowin, — VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1960.
- [6] *Chemiefaserkunde — Ein Handbuch von Glanzstoff*, S. Stockburger — Econ. Verlag GmbH, Düsseldorf, 1961.
- [7] *Textile Chemistry Vol. 1. The Chemistry of Fibres*, R. H. Peters — Elsevier, Amsterdam, 1963.
- [8] *Synthetische Fasern aus Polyamiden — Technologie und Chemie*, H. Klare, E. Fritsche und V. Gröbe — Akademie-Verlag, Berlin, 1963.