

Kunststoffen en gewapende kunststoffen

1. Inleiding

Als doelstelling is gekozen, het geven van een globaal inzicht in kunststoffen voor de ontwerper en gebruiker van transportleidingen. De geïnteresseerde in de chemische samenstelling en opbouw van kunststoffen zij verwezen naar de uitvoerige literatuur op dit gebied.

2. Indeling van de kunststoffen

Als definitie van kunststoffen, ook plastics genoemd, is eens gesteld:

Plastics zijn synthetische macromoleculaire



IR. J. F. GEHRELS
technisch adviseur
Wavin Ontwikkeling BV
Hardenberg

stoffen, die door plastische vormgeving hun materiaalfunctie verkrijgen.

Naar hun gedrag kunnen de te bespreken kunststoffen in twee groepen worden onderscheiden:

A. Thermoplasten

Deze kunststoffen kunnen te allen tijde door verwarming weer zacht en vervormbaar worden gemaakt met behoud van de oorspronkelijke eigenschappen. Tot deze groep behoren polyvinylchloride (PVC) en polyetheen, ook wel polyethyleen genoemd (PE).

B. Thermoharders

Deze kunststoffen kunnen door verwarming niet weer zacht en vervormbaar worden gemaakt, maar ontleden vóór het smeltpunt is bereikt.

Uit deze groep komen onverzadigde polyester (UP), epoxy (EP) en vinylester, alle met glas gewapend in aanmerking.

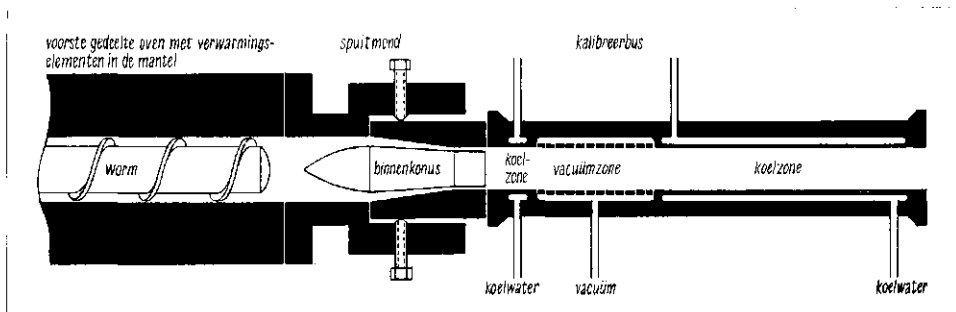
3. Polyvinylchloride (PVC)

a. Vervaardiging

De grondstof PVC wordt in poedervorm door de petrochemische industrie geleverd. Dit poeder wordt gemengd met toeslagstoffen om de verwerking mogelijk te maken en het eindproduct van een kleur te voorzien.

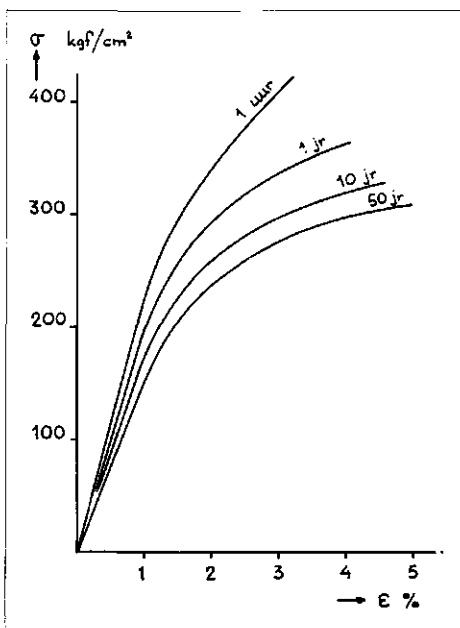
De vormgeving van het produkt geschiedt in hoofdzaak door extruderen of spuitgieten. Bij het extruderen wordt de grondstof met de vereiste temperaturen en druk door een opening geperst en daarna afgekoeld.

De vorm van de opening bepaalt de vorm van het produkt. Het fabricageproces

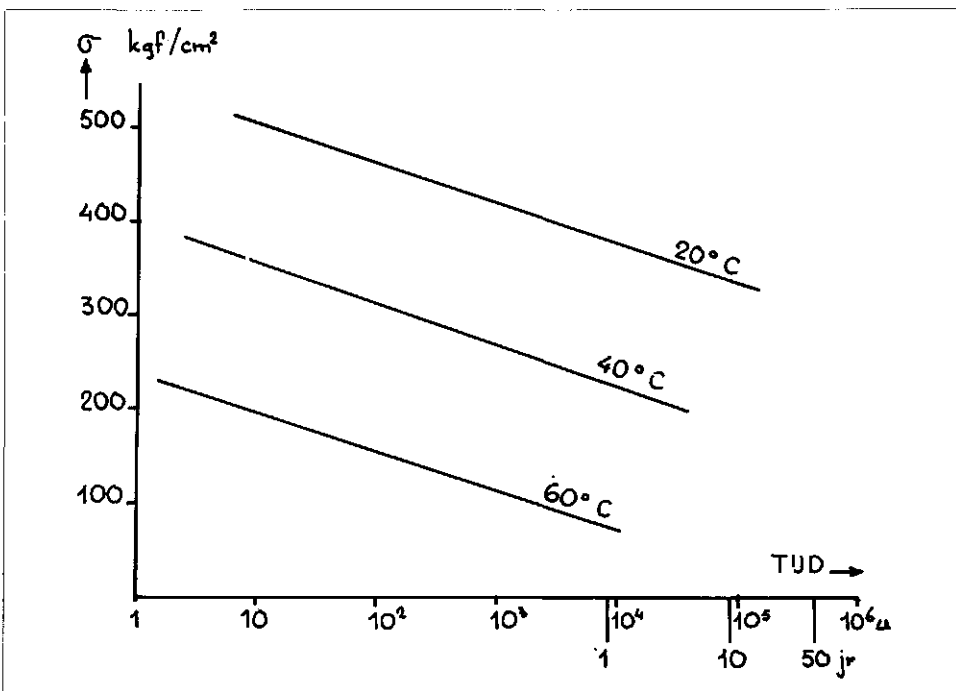


Afb. 1 - Schema extruder.

Afb. 2 - Spanning-tek diagram PVC.



Afb. 3 - Spanning-tijd diagram PVC bij verschillende temperaturen.



verloopt continu. Buizen worden aldus door extruderen vervaardigd (afb. 1). Hoewel de standaardlengte 10 meter bedraagt, wordt de maximale lengte in feite door de transportmogelijkheden bepaald (tot 200 meter).

Bij het spuitgieten wordt de warme kunststof in een vorm gespoten en daarna afgekoeld. Dit proces verloopt diskontinu. Hulpstukken of fittingen voor buisleidingen kunnen volgens dit laatste proces worden verkregen.

Sommige hulpstukken kunnen ook worden vervaardigd door geëxtrudeerde buis te verwarmen en met een mal de gewenste vorm te geven.

b. Mechanische eigenschappen

De mechanische eigenschappen van thermoplasten zijn sterk temperatuur- en tijdafhankelijk.

Een tweetal grafieken maken dit voor PVC duidelijk (afb. 2 en 3).

Voor waterleidingbuizen dient de levensduur op ten minste 50 jaar te worden gesteld. Een veiligheidscoëfficiënt van tenminste 2 geeft bij 50 jaar en $t = 20^\circ\text{C}$ een toelaatbare wandspanning van 125 kg/cm^2 .

Uit afb. 2 is af te leiden, dat de elasticiteitsmodulus (E) ook tijdsafhankelijk is,

$$\text{immers } E = \frac{\sigma}{\varepsilon}.$$

De gevolgen hiervan zijn merkbaar bij het proefpersen van PVC-leidingen.

Afb. 4 brengt voor een bepaalde buisklasse en een bepaalde begindruk het drukverloop in beeld in een zekere tijdsperiode.

De tijden t_0 worden bepaald door de tijd, die nodig is om de leiding op de vereiste proefdruk te brengen.

In afb. 4 is geen rekening gehouden met in de leiding aanwezige lucht, zettingen van de leiding onder invloed van het opvoeren van de druk en eventuele zettingen van de afstempeling van de eindkappen op de leiding.

Het verdient sterk aanbeveling om het op druk brengen van de leiding langzaam te doen in enige drukstappen.

De hiervoor genoemde storende factoren zullen, indien het op druk brengen van de leiding bijv. 2 uur duurt, grotendeels zijn geëlimineerd.

Door de betrekkelijk lage elasticiteitsmodulus van PVC, initieel ca. 30.000 kg/cm^2 en na 50 jaar ca. 15.000 kg/cm^2 zullen drukstoten als gevolg van bijv. openen en sluiten van afsluiters in PVC-leidingen zeer gering blijven.

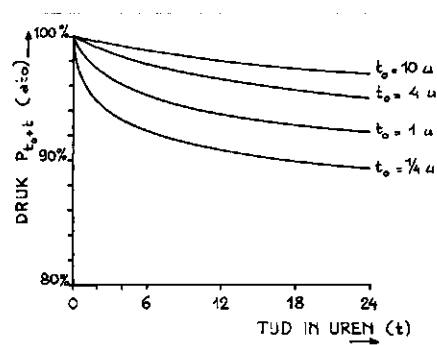
Een minder prettige eigenschap van PVC is de afname van de slagsterkte bij lagere temperaturen. Voorzichtigheid bij de aanleg en het transport bij temperaturen omstreeks het vriespunt is geboden. Dat dit nadeel van PVC overigens maar betrekkelijk is, blijkt uit het feit, dat Zweedse aannemers bij voorkeur watertransportleidingen in de lange winter aanleggen, omdat zij de korte zomer gebruiken voor wegeaanleg.

Ook in Noord Zweden worden voor deze transportleidingen veelvuldig PVC-buizen gebruikt. Een ander voorbeeld is in Nederland te vinden.

In Overijssel is de oeverbescherming langs een scheepvaartkanaal over enige kilometers gekonstrueerd uit vertikaal geplaatste PVC-buizen. Ondanks het feit, dat 's winters het ijs ten behoeve van de scheepvaart gebroken wordt, is na een 6-tal winters nog geen enkele buis beschadigd.

c. Chemische bestendigheid

In het algemeen is te stellen, dat PVC uitstekend bestand is tegen de aantasting



Afb. 4 - Drukverloop bij proefpersen PVC-leiding.

door normaal drinkwater en de in Nederland voorkomende grondsoorten. Bij de aanleg van leidingen in bijzondere omstandigheden, zoals bijvoorbeeld op industrieterreinen, is het gewenst om na te gaan of eventueel voorkomend lekwater uit chemische installaties PVC zou kunnen aantasten. Uitvoerige gegevens hierover zijn opgenomen in de Duitse DIN 16929.

In geval van twijfel is contact hierover met de buizenfabrikant aan te bevelen, waarbij zonodig een laboratoriumonderzoek kan plaatsvinden.

d. Fysische eigenschappen

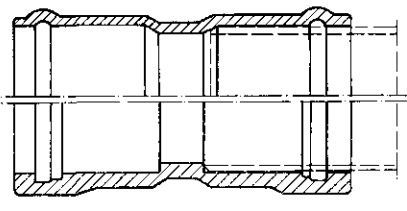
Voor de waterleidingtechniek is vermeldenswaard, dat het soortelijk gewicht van PVC 1,4 bedraagt en de lineaire uitzettingscoëfficiënt 6×10^{-5} ($0,06\text{ mm/m}^\circ\text{C}$).

e. Verbindingsstechnieken

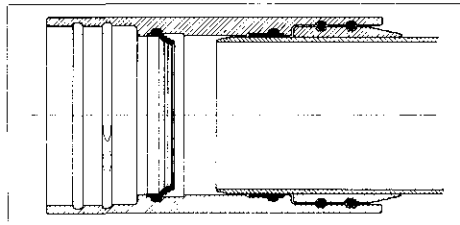
In Nederland worden vrijwel uitsluitend dubbele steekmoffen gebruikt om met de buizen een leiding te konstrueren.

Afhankelijk van het fabrikaat en de diameter zijn deze vervaardigd in het extrusie- of spuitproces (afb. 5).

Afb. 5 - Dubbele steekmof.



Afb. 6 - Trekvastste dubbele steekmof.



De afdichting geschiedt met O-ringen of manchetten van SBR (Styreen Butadien Rubber). Voor bijzondere toepassingen zijn ook andere rubbersoorten verkrijgbaar.

Indien het gewenst is om een leiding te voorzien van trekvaste verbindingen kan gekozen worden tussen trekvaste steekmoffen en lijmverbindingen (afb. 6).

De trekvaste steekmof heeft het voordeel boven een lijmverbinding dat de functies trekvastheid en afdichting onafhankelijk van elkaar zijn. Tevens is het maken van een goede verbinding met trekvaste steekmoffen veel minder afhankelijk van weersomstandigheden en vakmanschap dan het maken van een lijmverbinding.

Vanzelfsprekend is in het PVC-buizenprogramma van elke fabrikant een groot assortiment in bijzondere hulpstukken, zoals bochten, T-stukken, overschuifmoffen, overgangstukken op andere materialen en andere diameters.

f. Aanboren

Het aanboren van PVC-buizen levert, mits vakkundig uitgevoerd, geen speciale problemen op. Vanzelfsprekend dient het gereedschap geschikt te zijn voor PVC. Het frezen van gaten verdient voorkeur boven het boren. De voedingsdruk op de boor bij het doorboren van het laatste wandgedeelte dient zo gering mogelijk te zijn.

g. Axiale buiging

Axiale vervormingen kunnen in PVC-leidingen uitstekend worden opgenomen. Er zijn geen gevallen bekend, waar door grondzettingen schade is ontstaan door buigingen in de buis. Het voordeel van deze eigenschap is, dat flauwe bogen in het tracé met rechte buizen kunnen worden gelegd. Als minimum straal van deze bogen is in het algemeen 150 maal de buisdiameter aan te houden.

h. Hydraulische eigenschappen

De voor het bepalen van de stromingsweerstand in leidingen belangrijke wandruwheid is van PVC-buizen bijzonder gering en wel op de grens van die voor hydraulische gladde- en hydraulische ruwe buizen. Voor de praktijk kan voor de wandruwheid van het buizenmateriaal een k-waarde van $0,05\text{ mm}$ worden aangehouden.

4. Polyetheen, PE

a. Vervaardiging

De fabricage van PE-buis geschiedt analoog aan die van PVC-buizen door extruderen. Handelslengtes zijn 10 en 20 m. Ook hier wordt de maximale te leveren lengte weer door de transportmogelijkheden

bepaald. Interessant is, dat tot een diameter van 160 mm, de buizen direkt na het extruderen in een aanzienlijke lengte op een haspel kunnen worden gewikkeld. Deze lengte is afhankelijk van buisklasse en buisdiameter (afb. 7).

b. Mechanische eigenschappen

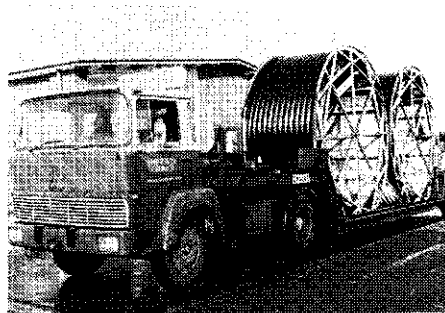
Bij PE is onderscheid te maken in hardpolyetheen (HPE) en zachtpolyetheen (ZPE). Naar het fabricageproces van de grondstoffen wordt HPE ook lagedruk-PE en ZPE hogedruk-PE genoemd. Deze aanduidingen zijn bijzonder misleidend, aangezien bij gelijke diameter en wanddikte de toelaatbare inwendige druk in HPE-buizen ca. 2 x zo hoog ligt als die in ZPE-buizen. Ter voorkoming van misverstand is het daarom aan te bevelen om uitsluitend te spreken van HPE en ZPE.

ZPE wordt uitsluitend in kleine diameters gebruikt (tot ca. 60 mm). In het kader van het onderhavige onderwerp wordt daarom uitsluitend HPE besproken.

In 2 grafieken is het tijd- en temperatuurafhankelijke gedrag van HPE te lezen (afb. 8 en 9).

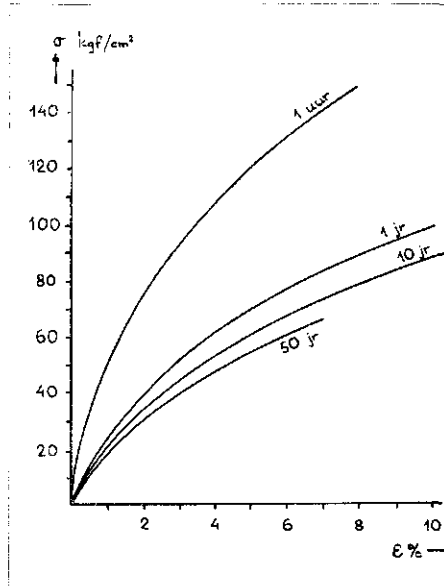
Voor toepassing in de waterleiding wordt, bij een levensduur van tenminste 50 jaar en een temperatuur van maximaal 20 °C, een veiligheidscoëfficiënt van 1,3 toegepast, waardoor de toelaatbare wandspanning onder genoemde voorwaarden 50 kg/cm² bedraagt (voor ZPE 25 kg/cm²).

Het opmerkelijke verschil tussen HPE en PVC is, dat bij HPE in het $\sigma - \epsilon$ diagram

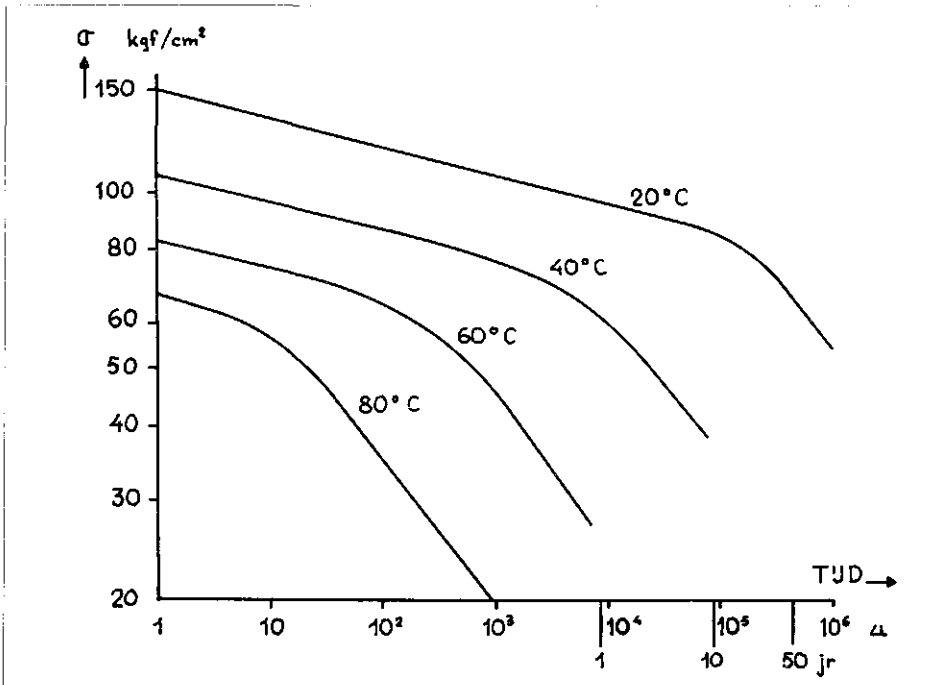


Afb. 7 - Transport van HPE-buizen op haspel.

Afb. 8 - Spanning-rek diagram HPE.



Afb. 9 - Spanning-tijd diagram HPE.



de lijnen vanuit de oorsprong reeds gebogen zijn, dat wil zeggen, dat de elasticiteitsmodulus voor HPE, behalve van tijd en temperatuur ook afhankelijk is van de spanning.

Het drukverloop bij het afpersen van HPE-leidingen geeft een analoog beeld te zien als bij PVC. Diagrammen hiervoor zijn in voorbereiding.

Aangezien de elasticiteitsmodulus van HPE in orde van grootte tussen 1500 en 9000 kg/cm² zal liggen, geldt ook hier, en nog sterker dan bij PVC, dat drukstoten slechts geringe waarden zullen bereiken. De slagsterkte van HPE ligt bijzonder hoog en geeft ook bij lage temperaturen geen problemen.

c. Chemische bestendigheid

Voor de chemische bestendigheid van HPE, die in het algemeen nog iets hoger ligt dan die voor PVC, wordt weer verwezen naar DIN 16929. De toepassing van dit materiaal als anticorrosiebescherming bij andere buismaterialen spreekt overigens voor zichzelf.

d. Fysische eigenschappen

Het soortelijk gewicht van HPE bedraagt ca. 0,96 en de lineaire uitzettingscoëfficiënt 15 à 20 x 10⁻⁵. (0,15 à 0,20 mm/m °C).

e. Verbindings technieken

Voor niet op trek belaste verbindingen kunnen steekmoffen worden toegepast. Deze zijn uit dikwandige HPE-buis vervaardigd. De afdichting kan met manchetten uit nitrilrubber geschieden.

Tot een diameter van 160 mm zijn ook trekvastste steekmoffen verkrijgbaar in verschillende typen. Voor deze toepassing worden de buiseinden van groeven voorzien. Voor grotere diameters is stuiklassen de aangewezen verbindingmethode. Door het Nederlands Instituut voor Lastechniek zijn voorschriften opgesteld voor het toepassen van deze methode.

Ook in HPE zijn hulpstukken als bochten, T-stukken, verloopstukken enz. verkrijgbaar.

f. Aanboren

Voor het aanboren bestaan aanboortoestellen, die, mits vakkundig gebruikt, geen bijzondere problemen opleveren.

g. Axiale buigingen

De axiale buiging die HPE-buizen kunnen ondergaan is bijzonder groot. Het best wordt dit gedemonstreerd door het ophaspelen van de kleinere diameters. Vanzelfsprekend kunnen ook aanzienlijke grondzettingen zonder bezwaar worden gevolgd. Deze grote flexibiliteit heeft aanleiding gegeven tot het ontwikkelen van speciale legmethoden. Enkele aannemers, gespeciali-

seerd in het leggen van leidingen, beschikken over apparatuur, waarmee HPE-leidingen tot op grote diepte, bijvoorbeeld 4 à 6 m, kunnen worden ingespoten, wanneer waterlopen moeten worden gekruist. Een methode in opkomst voor landleidingen is de zogenaamde molmethode, waarbij lange lengten buis, vanuit een gegraven put, zonder sleuf op de vereiste lengte door de grond worden getrokken.

h. Hydraulische eigenschappen

Ook voor HPE-buizen is de waarde van de wandruwheid (k) op 0,05 mm te stellen.

5. Met glas gewapende thermoharders

Glasversterkte thermoharders bestaan uit tenminste 2 elementen, namelijk de hars — hetzij van een polyester-, epoxy- of vinyl-estertype — en de wapening, het glas. De sterkte ontleent de buis aan het glas, terwijl de hars dient om de glaselementen onderling te verbinden en het glas te beschermen. Het glas kan aanwezig zijn in de vorm van continue draden of als vezels van beperkte lengte.

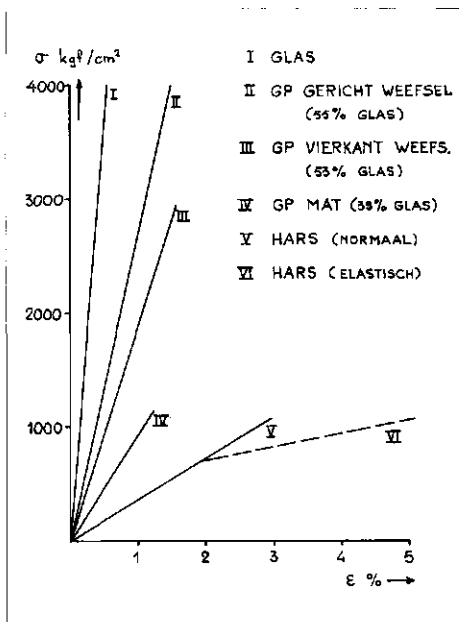
Naast buizen uit een volle wand van hetzelfde patroon zijn ook zogenaamde sandwichbuizen verkrijgbaar. Bij dit type is tussen een binnen- en buitenbuis een laag van andere samenstelling aangebracht. De bedoeling is om voor een lagere prijs een buis met dezelfde stijfheid te verkrijgen.

a. Vervaardiging

Voor de vervaardiging van buizen moet allereerst het wikkelpatroon worden genoemd. Hierbij wordt op een draaiende stalen cilinder, met een diameter gelijk aan de vereiste buisdiameter, een band gewikkeld, bestaande uit parallel lopende glasdraden. Deze glasdraden hebben een dikte van 5 à 10 mikron. Door de glasfabrikanten wordt een aantal van deze glasdraden samengesteld tot een bundel, roving genoemd, van een bepaald gewicht per strekkende meter.

De rovings worden vóór het wikkelen geïmpregneerd met hars. De richting, waarin de glasdraden uiteindelijk moeten lopen kan men vooraf bepalen en vastleggen in de zogenaamde wikkelhoek.

Omdat buizen zowel tangentieel als axiaal een bepaalde sterkte moeten hebben, zullen de glasdraden in beide richtingen een krachtcomponent moeten kunnen leveren. Er bestaan 2 wikkelsystemen om dit te verwezenlijken: er kunnen draden afzonderlijk in beide richtingen worden aangebracht óf de draden kunnen onder een hoek worden gewikkeld, wat een kruispatroon tot resultaat heeft. Bij een andere methode worden kort-



Afb. 10 - Spanningsrek diagram voor glas, enkele soorten gewapend polyester en hars.

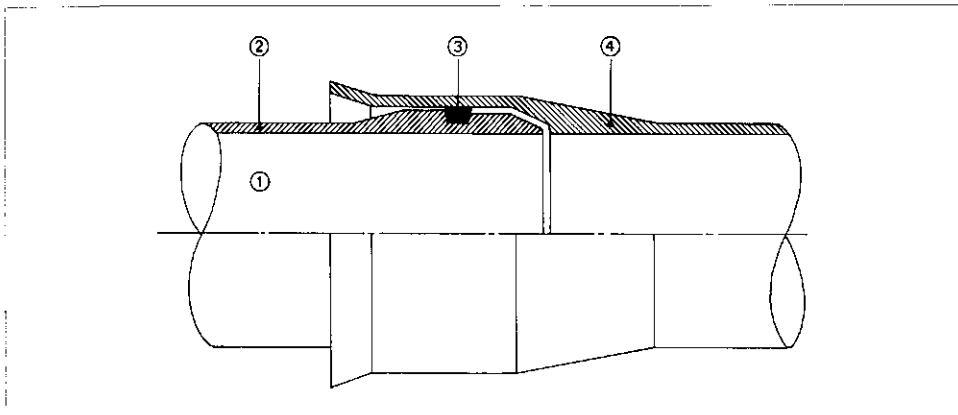
gesneden glasdraden met hars geïmpregneerd en vervolgens op een draaiende kern gebracht. De glaselementjes krijgen dan geen voorkeuroriëntatie. Voor grotere diameters kan het hiervoor beschreven mengsel ook in een draaiende mal worden gebracht. Bij dit centrifugaal gietproces worden de glaselementjes wel enigszins georiënteerd. Als laatste, slechts weinig meer toegepaste methode, dient nog vermeld te worden het handlamineren. Hierbij kunnen in hars gedrenkte weefsels worden gebruikt, waarbij de draden een gewenste oriëntatie hebben of een glasvezelmat zonder georiënteerde glasdraadjes.

b. Mechanische eigenschappen

De mechanische eigenschappen van de glas-harskonstrukties worden bepaald door de eigenschappen van de afzonderlijke componenten. Bij het voorgaande is er reeds op gewezen, dat de meer of mindere oriëntatie van het glas een belangrijk element is. Vanzelfsprekend is ook het glasgehalte

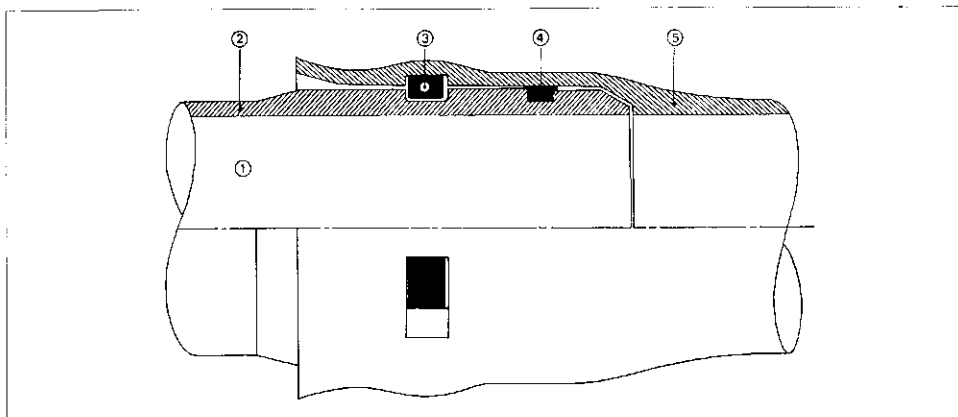
Afb. 11 - Spie-mof verbinding.

1. buis
2. verdikt spie-eind
3. rubberring
4. aangevormd mof-eind



Afb. 12 - Trekvastе spie-mof verbinding.

1. buis
2. verdikt spie-eind
3. kunststof spie
4. rubberring
5. aangevormd mof-eind



van de combinatie van invloed op het mechanisch gedrag. In het algemeen zal het glasgehalte 30 à 70 gewichtsprocenten bedragen. Door de vele variatiemogelijkheden als harssoort, glasgehalte en bij wikkelbuizen de wikkelhoek, zal voor enigszins belangrijke buisprojecten steeds de konstruktie van de buis aangepast kunnen worden aan de specifieke eisen van het betreffende projekt.

Een indruk van de mechanische eigenschappen geeft het spanningsrek-diagram. Behalve zuivere trek- en druksterkte van de componenten afzonderlijk, is de onderlinge hechtsterkte van wezenlijk belang. Ook deze kunststoffen vertonen een tijdsafhankelijk gedrag. Voor wikkelhoeken van 60° en een glaspercentage van 65 à 70 % kunnen de volgende indikaties worden gegeven voor de elasticiteitsmodulus en toelaatbare spanning, in tangentiële zin.

(E_i = E initieel; E_e = E na 50 jaar)

	E_i kg/cm ²	E_e kg/cm ²	σ kg/cm ²
Polyester	250.000	130.000	375
Epoxy	220.000	200.000	500
Vinylester	220.000	200.000	500

De genoemde mechanische eigenschappen blijven tot hoge temperatuur behouden.

c. Chemische bestendigheid

Deze is, ook bij hoge temperaturen, bijzonder groot. Afhankelijk van temperatuur en te transporteren media kan de juiste harssoort gekozen worden.

d. Fysische eigenschappen

Het soortelijk gewicht is afhankelijk van het glasgehalte, maar is globaal te stellen op 1,8 à 1,9. De lineaire uitzettingscoëfficiënt kan worden aangehouden op 1,5 à 2 x 10⁻⁵. (0,015 à 0,020 mm/m °C).

e. Verbindings technieken

Naast mogelijkheden voor losse dubbele steekmoffen met rol- respectievelijk glijverbindingen onder toepassing van diverse O-ringen of manchetten, geeft het wikkelprocédé uitstekende mogelijkheden om elke buis te voorzien van mofeind en spie-eind (afb. 11).

Voor het trekvast maken zijn weer verbindingen ontworpen, waarbij losse spieën, van bijvoorbeeld PVC, kunnen worden ingestoken (afb. 12).

De te gebruiken rubbersoort kan in overleg worden bepaald al naar de gebruiksomstandigheden.

De te gebruiken rubbersoort kan, al naar de gebruiksomstandigheden, in overleg worden bepaald.

Een andere mogelijkheid voor een trekvast verbinding ligt in een met de hand gemaakte lamineerverbinding. Een bezwaar hiervan is, dat deze zeer zorgvuldig moet geschieden, waarbij men erg afhankelijk is van de weersgesteldheid.

Hulpstukken kunnen worden samengesteld uit onderdelen, die door wikkelen zijn vervaardigd. Deze onderdelen worden dan met de hand aan elkaar gelamineerd, terwijl de buizen ook van flenzen kunnen worden voorzien.

Literatuur

1. Schouten, dr. A. E. en Vegt, dr. ir. A. K. van der, *Plastics*, Prisma Compendia nr. 36, 1971.
 2. Wildschut, prof. dr. ir. A. J., *Kunststoffen en rubbers*, NV Uitgeverij Argus, Amsterdam, 1967.
 3. Klinkers, J. G. en Boorn, A. F. G. van den, *Het bewerken van kunststoffen*, De Technische Uitgeverij H. Stam, Haarlem, 1966.
 4. Huisman, prof. ir. L., *Stromingsweerstand in leidingen*, mededeling nr. 14 van het KIWA, 1969.
 5. DIN 16929.
 6. KIWA publikaties.
Keuringseisen:
nr. 48 Waterleidingbuizen van polyethen (1972).
nr. 49 Waterleidingbuizen van HPVC (1972).
nr. 53 Dubbele moffen met rubberafdichtingen voor waterleidingbuizen van HPVC (1966).
nr. 63 Zadels en dienstkranen van HPVC voor waterleidingbuizen van kunststof (1968).
nr. 71 Trekvast dubbele moffen voor HPVC waterleidingbuizen (1972).
- Mededelingen van de Commissie Kunststofpijpen voor water.
- nr. 6 De toepassing van leidingen van plastic voor het transport van drinkwater (1964).
 - nr. 8 Verbindingen in hoofdleidingen van HPVC (1965).
 - nr. 9 Invloed van de wijze van verwarmen en afkoelen op de mechanische eigenschappen van waterleidingbuizen van ongeplasticiseerd PVC (1965).
 - nr. 10 Verbinding voor buizen van zacht en hard polyethen (1968).

