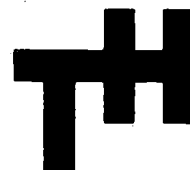


RAPPORT No.

SSL 93

ARCHIEF



# LABORATORIUM VOOR SCHEEPSCONSTRUCTIES

TECHNISCHE HOGESCHOOL – DELFT

## INVLOED VAN DE VELDVERHOUDING OP DE TREKSTERKTE VAN POLYESTER PROEFPLATEN

door

H. J. DE RUITER

oktober 1964

In de conclusies van rapport No. 92 van het Laboratorium voor Scheepsconstructies van de Technische Hogeschool te Delft werd opgemerkt dat een onderzoek zou moeten worden ingesteld naar de juiste afmetingen van de gewapende polyester proefstaaf ten behoeve van trekproeven.

In het voorliggende rapport zal hier enige aandacht aan worden geschonken. De daaruit bepaalde afmetingen van de proefstaaf geeft aanleiding tot een hernieuwd onderzoek naar de sterkte en elasticiteits modulus van met glasvezels gewapend polyester waarbij deze vezels een hoek maken variërend van  $0^{\circ}$  -  $90^{\circ}$  met de trekrichting.

## §2

## OMSCHRIJVING VAN HET ONDERZOEK.

De opbouw van de geleverde polyester proefplaten bestond uit 4 lagen unidirectionaal weefsel à  $400 \text{ gr/m}^2$ . De glaslagen werden om en om diagonaal gelegd. Het glaspercentage, dat bepaald werd door verassing, was 42%.

De proefomstandigheden waarbij dit onderzoek plaats vond waren:

temperatuur :  $\pm 20^{\circ}\text{C}$   
relatieve vochtigheid :  $\pm 65\%$   
proefplaat : droog  
reksnelheid : 90 sec. per 1% rek.

Fig.1 geeft de vorm van de proefstaaf, waarvan de hoogte  $h$  constant was voor alle staven en de breedte  $b$  gevarieerd werd.

Voor het bepalen van de gewenste afmetingen van de proefstaaf is de breukspanning bepaald als functie van de breedte. De breedte  $b$  van de diverse proefstaven was resp: 5, 10, 15, 20, 30, en 40 cm. De hoek die de glasvezels maakten met de richting van de kracht bedroeg  $45^{\circ}$ . De proefstaven ter bepaling van de treksterkte en elasticiteitsmodulus hadden een breedte  $b$  van 43 cm.

Onderzocht zijn twee series proefstaven.

\* zie brief van het materieel onderhoofd van de hoofdafdeling materieel dd. 28-12-1962 nr. 637633/635809

Eén serie werd zonder meer getrokken, terwijl de tweede serie aan beide zijden van de proefstaaf voorzien was van rekstrookjes.

De richting waaronder de proefstaven uit de plaat waren gehaald zijn evenals de gegevens van de Philips rekstrookjes vermeld in tabel I.

Over dat gedeelte van de staaf dat ingeklemd was, waren aan weerszijden, zowel boven als onder stukjes karton geplakt om een goede inklemming te verzekeren.

### § 3 BESCHRIJVING VAN DE GEBRUIKTE APPARATUUR.

#### Mechanisch:

Ook bij deze proef werd gebruik gemaakt van de 100 Tons Amsler pulsator. Aangezien de grootste inspanbreedte van deze machine 100 mm. is, moest gebruik worden gemaakt van een hulpstuk.

Indien dit hulpstuk in de machine is ingebouwd is er, maar weinig van zichtbaar. Derhalve is voor de duidelijkheid een foto gemaakt van een proefplaat ingeklemd in het hulpstuk, doch niet bevestigd in de machine (zie fig. 2).

#### Electrisch:

Hiervoor wordt verwezen naar § 3 van rapport no. 92.

### § 4 RESULTATEN.

Tabel II geeft de resultaten van de beproeving van de proefstaven met constante hoogte en oplopende breedte. In fig. 3 zijn deze resultaten uitgezet als functie van de gemeten treksterkte en de hoogte/breedte verhouding. Bij de verhouding  $h/b=3$ , is behalve een open cirkel ook een dichte cirkel als meetpunt aangegeven. Dit is het gemiddelde van de vijf waarden van de proefstaaf onder  $45^{\circ}$  zoals die gemeten zijn bij het volgende onderzoek en waarvan de resultaten vermeld zijn in tabel III. Fig. 4 geeft het breukvlak weer van een proefstaaf waarbij de uitgeoefende kracht en de glasvezels een hoek van  $45^{\circ}$  met elkaar maken.

Het valt op dat de meeste vezels kapot getrokken zijn en dat een rechthoekig driehoek praktisch niet beschadigd is, alleen hier en daar wat gedelamineerd.

In de tabellen II en III zijn de volgende symbolen gebruikt:

$P_B$ ;  $b$ ;  $\alpha$ ;  $c$ ;  $w$ .

$\alpha$ ,  $b$ ,  $c$  en  $w$  zijn te vinden in fig. 1.  $P_B$  gemeten is de gemeten breuklast bij een bepaalde proefstaaf.  $\sigma_B$  gemeten is de treksterkte die bepaald is door de gemeten breuklast te delen door het totale doorsnee oppervlak, en stelt dus de gemiddelde treksterkte van de proefstaaf voor.

De maat  $c$  heeft betrekking op het aantal niet, doorlopende vezels,  $c = h \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$ , en voor dit gedeelte van de doorsnede geldt niet de treksterkte van hars + glas, doch alleen van die van hars. Derhalve zal de breuklast gecorrigeerd moeten worden.

De formule  $P_B$  doorlopend =  $P_B$  gemeten -  $2 t (c-a) 600$ , geeft de waarde voor de breuklast die betrekking heeft op het gedeelte met doorlopende vezels.  $2 t (c-a)$  is het oppervlak en  $600$  is de treksterkte in  $\text{kg/cm}^2$  van de hars.

Behalve dat de breuklast wordt gecorrigeerd moet ook het doorsnede oppervlak gecorrigeerd worden. In plaats van de breedte  $b$  wordt nu de breedte  $w$  genomen, omdat deze maat betrekking heeft op de doorlopende vezels.

Wordt dan uiteindelijk  $\sigma_B$  doorlopend berekend dan is dit de maat voor de juiste treksterkte van het laminaat voor grote velden.

Tenslotte wordt opgemerkt dat bij zeer grote  $b/h$  verhouding deze correctie praktisch geen zin meer heeft omdat dan de correcties binnen de meetnauwkeurigheid vallen. Uit fig. 3 valt verder nog af te leiden dat  $P_{\text{gemeten}} = P_{\text{gecorrigeerd}} + P_{\text{rand}}$

Door deze formule enigszins om te werken volgt hieruit  $\sigma_g = \sigma_c - \frac{1}{\psi} (\sigma_c - \sigma_r)$ .

De met behulp van deze formule berekende lijn is in de figuur gestippeld weergegeven. Er is bij de berekening van uitgegaan dat  $\sigma_c = 1660 \text{ kg/cm}^2$  (horizontale lijn) en  $\sigma_r = 600 \text{ kg/cm}^2$  (breuksterkte van de hars).

Bij de verhouding  $\psi = b/h$  wordt nog opgemerkt dat  $h$  niet te klein moet worden gekozen om storende invloeden te voorkomen.

In het polair diagram (fig. 5) zijn de gevonden resultaten uitgezet. Het valt direct op dat de treksterkte in elke willekeurige richting groter is dan die bij  $0^\circ$ .

De elasticiteits modulus is echter overal kleiner dan bij  $0^\circ$ , en vertoont wat karakter betreft veel overeenkomst met die van fig. 8 uit rapport 92.

## § 5. CONCLUSIE

Fig. 3 geeft aan dat bij grote  $h/b$  verhouding een correctie op de gemeten treksterkte voor grote plaatvelen niet meer nodig is. Uit fig. 5 blijkt dat de treksterkte in elke willekeurige richting groter is dan die bij  $0^\circ$ . Dit is in overeenstemming met de theorie.

Er wordt nog op gewezen dat de inklemming van de plaatranden zodanig was dat dwarscontractie ter plaatse van deze inklemming verhinderd werd.

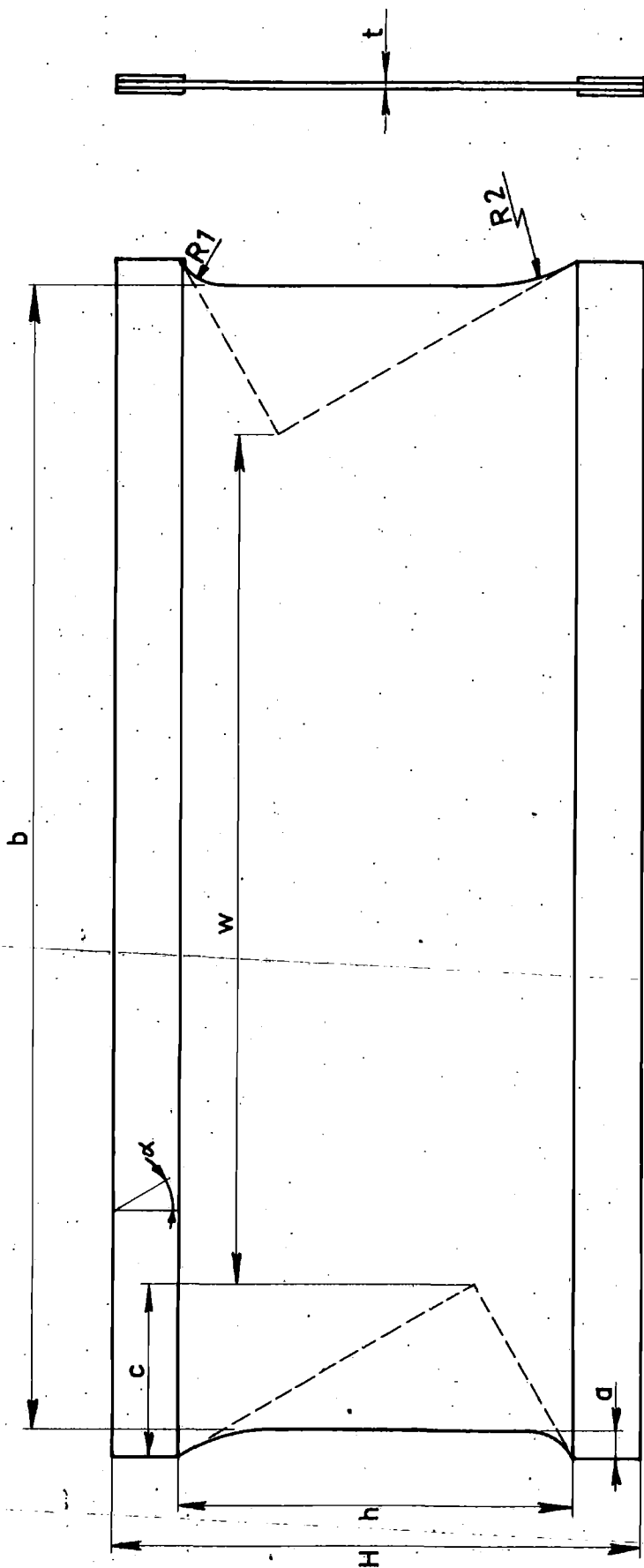


FIG. 1

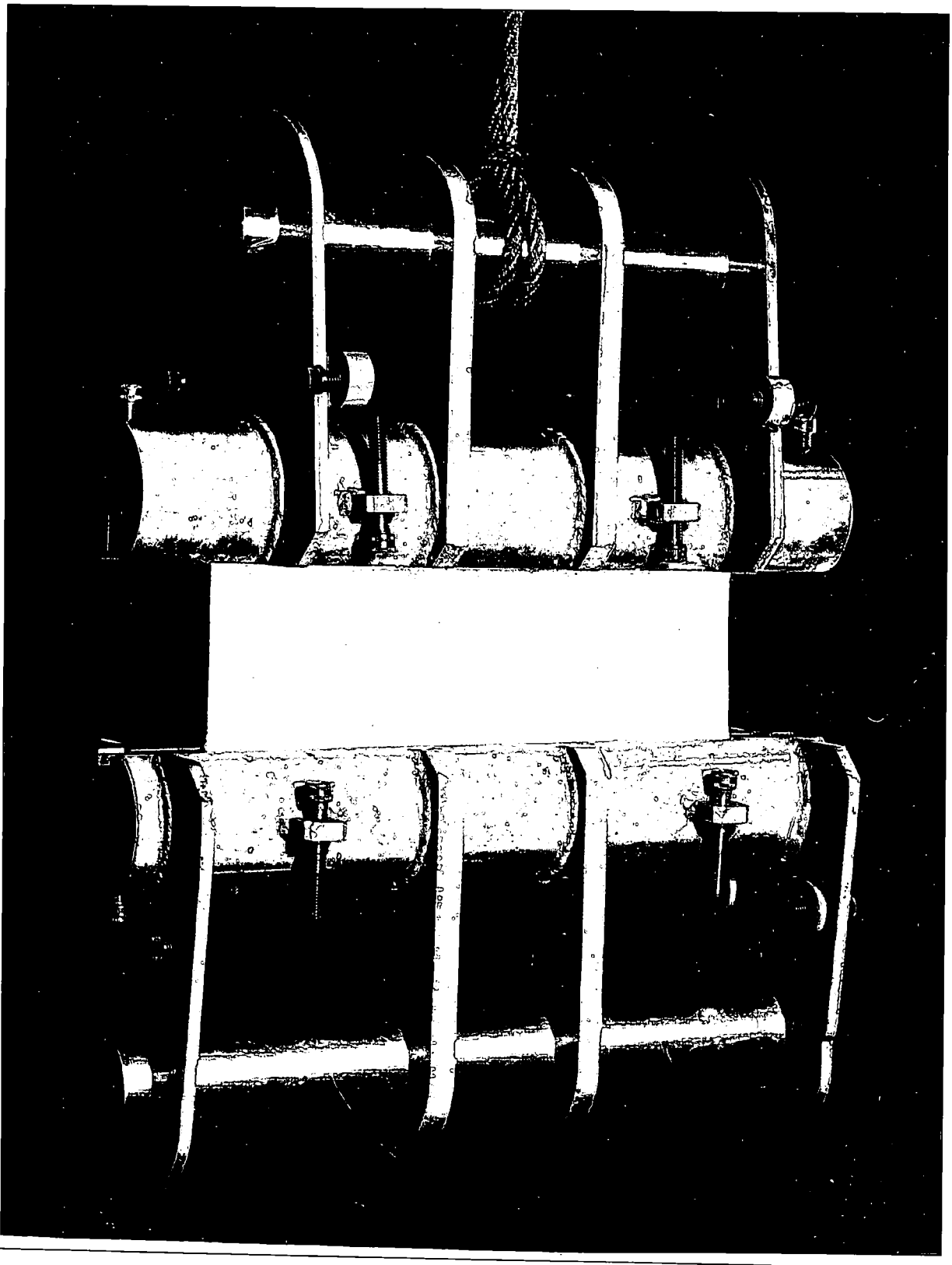


FIG. 2

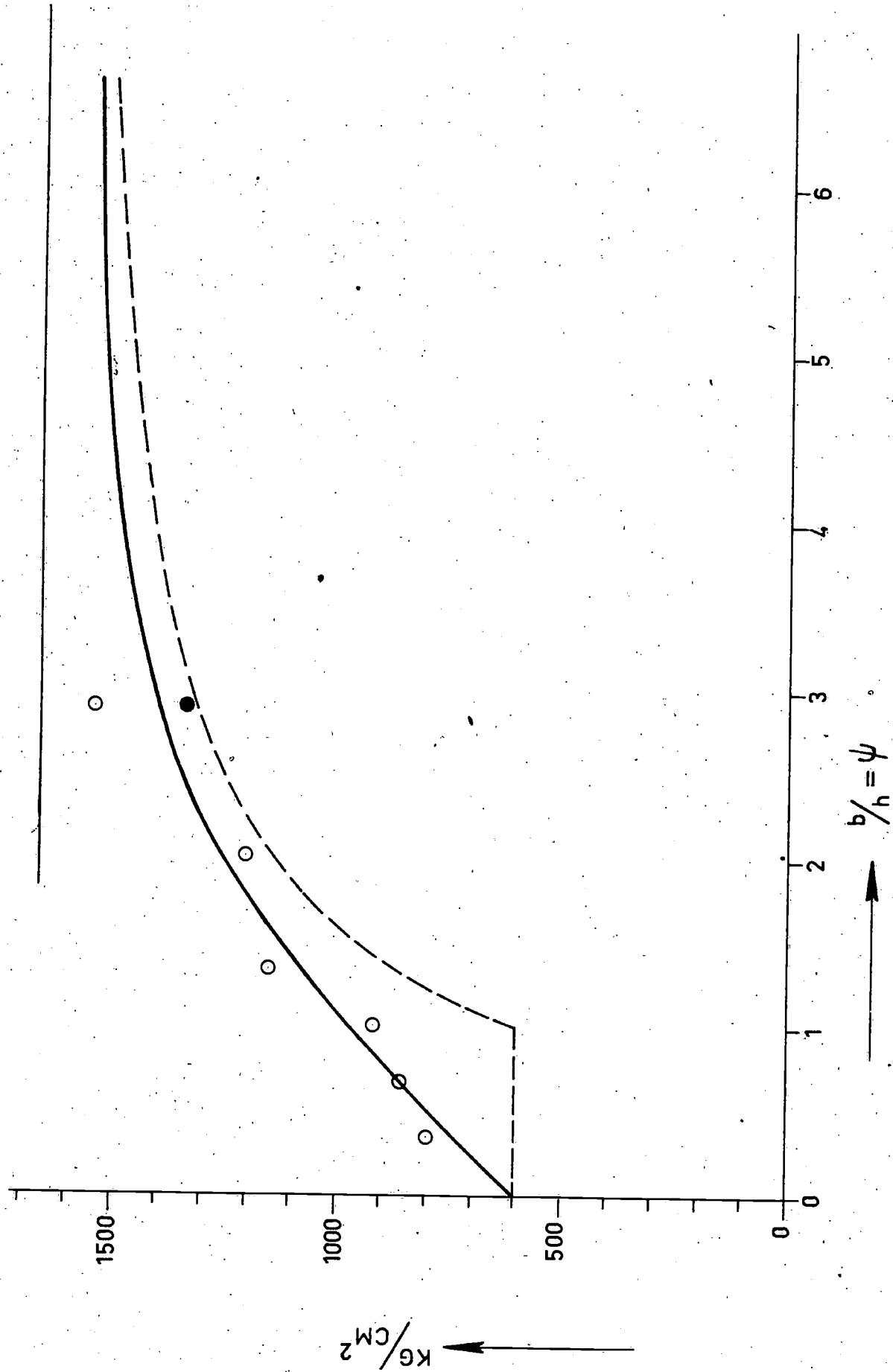


FIG. 3



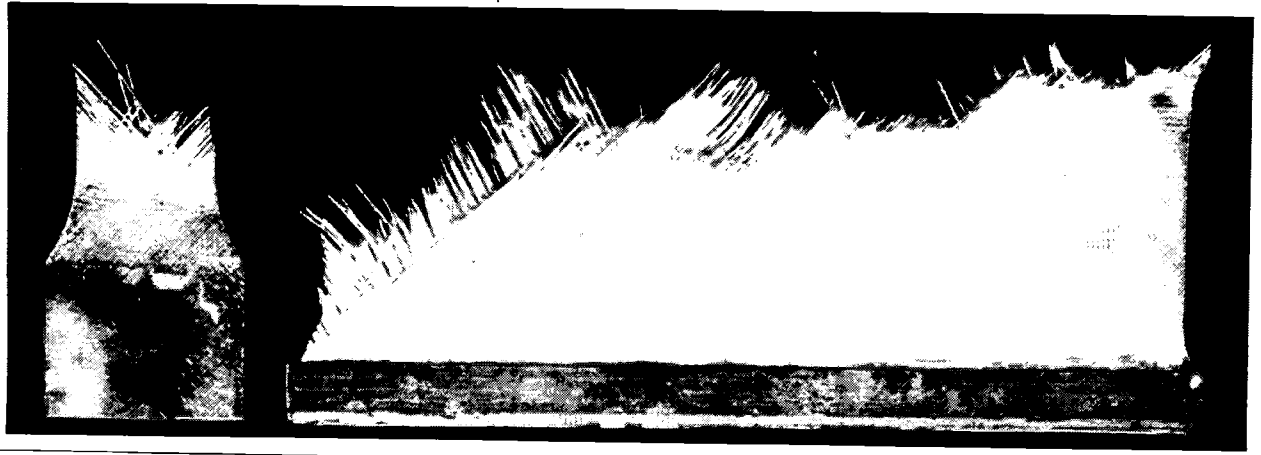
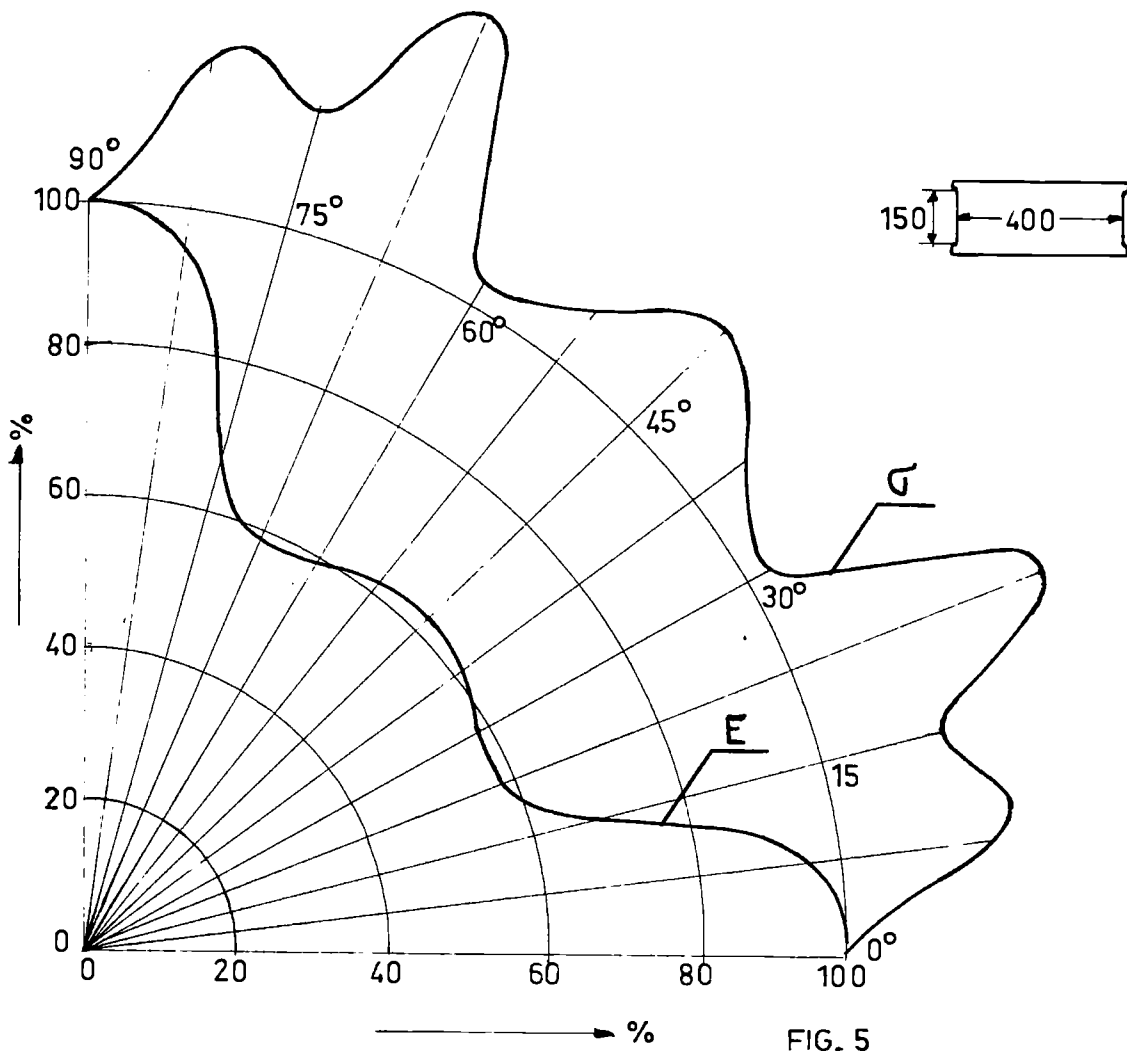


FIG. 4 BREUKVLAKKEN VAN EEN SMALLE EN BREDE PROEFSTAAF



TREKSTERKTE  $\sigma_B$  DOORL.  $0^\circ = 1400 \text{ kg/cm}^2 = 100\%$

ELASTICITEITMODULUS  $E$   $0^\circ = 1,93 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 100\%$

TYPE.	$\alpha$	k	R	$\alpha t$
PR 9219	0	1.84	120.0	22
PR 9212	$7\frac{1}{2}$	2.01	600	32
PR 9219	15	1.84	120.0	22
PR 9212	$22\frac{1}{2}$	2.01	600.0	32
PR 9219	30	1.84	120.0	22
PR 9212	$37\frac{1}{2}$	2.01	600.0	32
PR 9219	45	1.92	120.0	25
		1.84	120.0	22
PR 9219	60	1.92	120.0	25
PR 9219	75	1.92	120.0	25
PR 9219	90	1.92	120.0	25

TABEL I.

$\alpha$	b cm	c cm	w cm	$P_B$ gem kg	$F=bxt$ cm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ gem kg/cm <sup>2</sup>	$P_b$ doorl. kg	$F=wxt$ cm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ doorl. kg/cm <sup>2</sup>
45°	5.00			1.000	1.26	794			
45°	9.90			2.130	2.49	855			
45°	14.95	7.50	1.95	3.440	3.77	912	1.480	0.49	3020
45°	19.95	7.50	6.95	5.810	5.03	1155	3.850	1.75	2200
45°	29.95	7.50	16.95	9.060	7.55	1200	7.100	4.27	1663
45°	43.40	7.50	30.40	16.800	10.94	1536	14.840	7.66	1937

TABEL II

	$\alpha$	b	c	w	$P_{B \text{ gem.}}$	$F=b \times t$	$\sigma_{B \text{ gem.}} = \frac{P_{B \text{ gem.}}}{b \times t}$	$P_{B \text{ doorl.}}$	$F=w \times t$	$\sigma_{B \text{ doorl.}} = \frac{P_{B \text{ doorl.}}}{w \times t}$
	°	cm	cm	cm	kg	cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg	cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
	0	45,00	0	45,00	15.700	11,34	1384	15.700	11,34	1384
	7½	43,40	1,94	41,52	18.100	10,94	1654	17.815	10,46	1703
	15	43,20	3,75	37,70	17.200	10,87	1582	16.370	9,50	1723
	22½	43,00	5,30	34,40	18.250	10,84	1684	16.950	8,67	1955
	30	43,20	6,50	32,20	14.250	10,87	1311	12.590	8,11	1552
	37½	43,00	7,24	30,52	13.950	10,84	1287	11.060	7,69	1438
	45	43,40	7,50	30,40	16.800	10,94	1536	14.840	7,66	1937
	60	43,10	6,50	32,10	14.000	10,86	1289	12.340	8,09	1526
	75	43,10	3,75	37,60	16.350	10,86	1506	15.520	9,48	1637
	90	43,00	0	45,00	14.200	11,34	1252	14.200	11,34	1252
	0	43,20	1,00	43,20	17.100	10,87	1573	17.100	10,89	1573
	7½	43,40	1,94	41,52	18.150	10,94	1659	17.865	10,46	1708
	15	43,00	3,75	37,50	16.100	10,84	1485	15.270	9,45	1616
	22½	43,00	5,30	34,40	17.500	10,84	1614	16.200	8,67	1869
	30	43,00	6,50	32,00	12.900	10,84	1190	11.240	8,06	1395
	37½	43,00	7,24	30,52	13.950	10,84	1287	11.060	7,69	1438
	45	43,10	7,50	30,10	12.600	10,86	1160	10.640	7,59	1402
	60	43,15	6,50	32,16	12.300	10,87	1132	10.640	8,10	1314
	75	43,25	3,75	37,76	15.600	10,90	1431	14.770	9,52	1551
	90	43,25	1,00	43,25	15.500	10,90	1422	15.500	10,90	1422
	45	43,20	7,50	30,20	14.400	10,89	1322	12.430	7,61	1633
	45	43,20	7,50	30,20	14.550	10,89	1336	12.580	7,61	1653
	45	43,20	7,50	30,20	14.600	10,89	1341	12.630	7,61	1660

$$t = 0,252 \text{ cm}$$

$$H = 20,0 \text{ "}$$

$$h = 15,0 \text{ "}$$

$$a = 1,00 \text{ "}$$

$$P_{B \text{ doorl.}} = P_{B \text{ gem.}} - 2t(c - a)600$$

↑  
breuksterkte v/d hars

$$c = h \cdot \sin \alpha \cos \alpha$$

$$w = 2\left(\frac{1}{2}b + a - c\right)$$

Tabel III