

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT
VLIEGTUIGBOUWKUNDE

Memorandum M 66

Orienterende proeven betreffende breukver-
schijnselen in de omgeving van een niet
versterkt cirkelvormig gat in platen van
gewapende kunststof

door

T.J.J.Meylink

DELFT-NEDERLAND
september 1962

<u>Inhoud.</u>	blz.
1. Samenvatting	1
2. Proefstukken	1
3. Apparatuur	2
4. Resultaten	2
5. Conclusies	4
6. Literatuuroverzicht	4
7. Foto's	5
8. Figuur	12

1. Samenvatting.

Het doel van de proef was het vastleggen van breukverschijnselen bij spanningsconcentraties in gewapende kunststoffen door middel van foto's.

Hoge spanningen in met glasvezel gewapende kunststoffen hebben tot gevolg dat de glasvezel van de hars loslaat. Dit loslaten is zichtbaar door het wit of opaal worden van het proefstuk.

Foto's zijn gemaakt van een drietal proefstukken die op trek werden belast en waarin ronde gaten de oorzaak van de spanningsconcentratie waren. Hierbij blijkt het volgende:

- a) indien de meeste vezels in de belastingrichting lopen, wordt de breuk ingeleid door afschuiving in de hars.
- b) indien de meeste vezels dwars op de belastingrichting lopen, wordt de breuk ingeleid door trekspanningen in het glas en in de hars.

Dit gedrag is in overeenstemming met de theorie.

2. Proefstukken.

Drie proefstukken zijn vervaardigd uit Lamellon 23 polyester en 6 lagen glasdoek met Garan finish. Afmetingen volgens fig. 1. Voor proefstuk I werd 143 doek toegepast met de schering in de richting van de belasting, het glasgehalte bedroeg 52^o/o. 89^o/o van de glasvezels lopen hierbij in de belastingrichting.

Proefstuk II was eveneens vervaardigd van 143 doek waarvan de schering echter loodrecht op de belastingrichting liep, glasgehalte 50^o/o. Er lopen nu slechts 11^o/o van de glasvezels in de richting van de belasting. Proefstuk III bevat 181 doek met de schering in de belastingrichting; het glasgehalte is 52^o/o. Hierbij lopen ca 50^o/o van de glasvezels in de richting van de belasting.

De proefstukken zijn gezaagd uit platen die werden gelamelleerd tussen twee door gewichten aangedrukte, glasplaten.

Uit deze platen werden eveneens enkele trekstaafjes gemaakt om de treksterkte van het ongestoorde materiaal te bepalen.

3. Apparatuur.

a. Trekbank.

De grote lengte van het proefstuk met de benodigde inklemstukken (1270 mm) maakte het gebruik van de 100 tons trekbank van het Stevin laboratorium noodzakelijk.

De nauwkeurigheid van deze bank bij belastingen lager dan 5 ton is niet bekend, doch is waarschijnlijk te gering om veel waarde te kunnen hechten aan de absolute grootte van de gemeten trekkrachten.

b. Fotografische apparatuur.

Met een Rolleicord en voorzetlens van 2 dioptrie werd een afbeeldingsmaatstaf van $+ 1 : 4$ bereikt.

Als film werd Kodak Panatomic X gebruikt, ontwikkeld in Kodak High Definition.

Het contrast tussen het "wit" geworden materiaal en het oorspronkelijke materiaal was doorgaans zwak doch werd vergroot door afdrukken op Agfa Brovira Extra Hard.

Proefstuk I werd belicht door twee 500 Watt Argaphoto lampen.

De proefstukken II en III werden zonder hulpverlichting gefotografeerd.

4. Resultaten.

A. Theoretische verwachting.

Volgens lit. 1 is de maximale trekspanningsconcentratie die theoretisch verwacht mag worden $k_t = 1 + e_1 + e_2$.

De waarden van e_1 en e_2 kunnen voor de drie proefstukken worden afgelezen uit fig. 1 van lit. 1, waarmee wordt berekend:

proefst.	samenst.	glas %	e_1	e_2	k_t	$\tau_{xy}/p = k_{sch.}$
I	143 langs	52	0,92	2,16	4,08	0,584
II	143 dwars	50	0,51	1,03	2,54	0,60
III	181	52	0,62	1,65	3,27	0,72

De maximale schuifspanning gedeeld door de uitwendige belasting wordt in lit. 1 slechts gegeven voor een glasgehalte van 60%, dus een

harsgehalte van 40^o/o.

Aangenomen is dat τ_{xy}/p globaal omgekeerd evenredig mag worden gesteld met het harsgehalte; de waarden uit lit. 1 zijn daarom vermenigvuldigd met $\frac{40}{50}$.

Stelt men $\sigma_{t\text{breuk}} = \bar{\sigma}$, dan zal dus wit worden tengevolge van trekbreuk optreden bij $p_1 = \frac{\bar{\sigma}}{k_t}$.

Stelt men $\tau_{\text{breuk}} = \bar{\tau}$, dan zal wit worden tengevolge van schuifbreuk optreden bij $p_2 = \frac{\bar{\tau}}{k_{\text{sch.}}}$.

In het navolgende is $\bar{\sigma}$ experimenteel bepaald, $\bar{\tau}$ echter niet. Volgens lit. 2 kan $\bar{\tau} = 5 \text{ kg/mm}^2$ worden gesteld.

B. Vergelijking van de gemeten resultaten met de theoretische verwachting.

a. De treksterkte van het ongestoorde materiaal werd gemeten met behulp van uit dezelfde plaat vervaardigde trekstaven en bedroeg:

proefstuk I $\bar{\sigma} = 36,5 \text{ kg/mm}^2$
 " II $\bar{\sigma} = 4,6 \text{ kg/mm}^2$
 " III $\bar{\sigma} = 23,8 \text{ kg/mm}^2$.

b. Hieronder volgende gemeten spanningen waarbij de drie proefstukken duidelijk witte plekken gingen vertonen, in vergelijking met de te verwachten waarde van deze spanning:

proefstuk	eerste wit [*] worden	soort breuk	theoretisch	
			schuif	trek
I	6,9	schuif	<u>8,5</u>	8,9
II	1,43	trek	8,3	<u>1,8</u>
III	7,62	trek	<u>6,9</u>	7,2

^{*} waarden in kg/mm^2 .

c. Breuk:

Hieronder volgen de spanningen waarbij uiteindelijk breuk van de glasvezels optrad:

proefstuk	bruto breuksp. P_{br}/F	netto breuksp. P_{br}/F_{netto}	verwachte bruto breukspanning: $\bar{\kappa}$
I	8,33	10,9	8,9
II	2,62	3,44	1,8
III	7,62	10,0	7,2

$\bar{\kappa}$ waarden in kg/mm^2 .

5. Conclusies.

Ondanks de te verwachten onnauwkeurigheid van de afgelezen waarden der belastingen valt het volgende te concluderen.

- De orde van grootte der belastingen waarbij de verschijnselen optraden, komt overeen met de theoretische verwachting.
- Het type breuk dat optrad komt overeen met de theoretische verwachting.
- Met de eenvoudige fotografische methoden die gebruikt zijn is het mogelijk een duidelijk beeld te krijgen van de optredende spanningsconcentraties.

De foto's van de proefstukken I en II gaven een duidelijker beeld dan met het blote oog was waar te nemen, de foto's van proefstuk III een minder duidelijk.

Het beste resultaat wordt bereikt met een zwarte doek achter het proefstuk en zonder fotolampen. De lange belichtingstijden, in dit geval 4 sec., blijken geen verlies aan scherpte op te leveren.

- Bij constructies in gewapende kunststoffen moet rekening worden gehouden met de grootte van spanningsconcentraties. Deze wijken af van die bij isotrope materialen en kunnen onder omstandigheden belangrijk groter zijn.

6. Literatuur.

1. ir. G.J.Spies : Spanningsconcentraties in Gewapende Kunststoffen.
Plastica no. 10-1962.
2. MIL-Handbook-17 : Plastics for Flight Vehicles, part I, reinforced Plastics. Washington 1959.

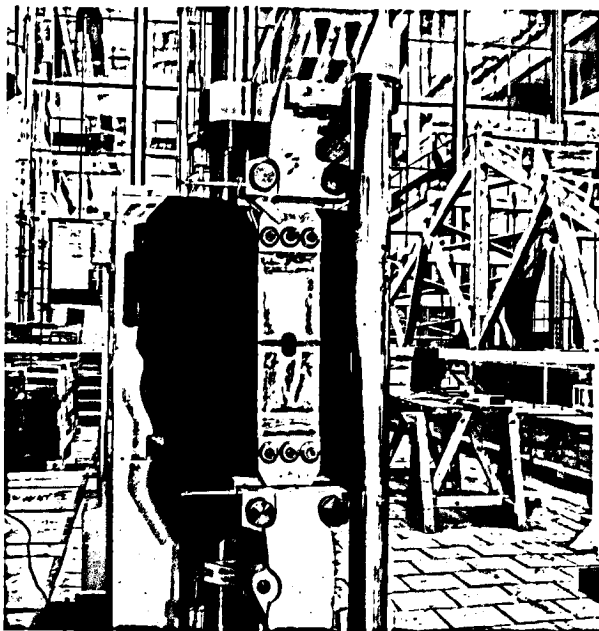


Foto 1. Overzicht van de opstelling (proefst.III). De drie bouten waarmee het proefstuk boven en onderaan in de klemstukken is bevestigd dragen niet direkt op het proefstuk, de belasting wordt door inklemming overgedragen.

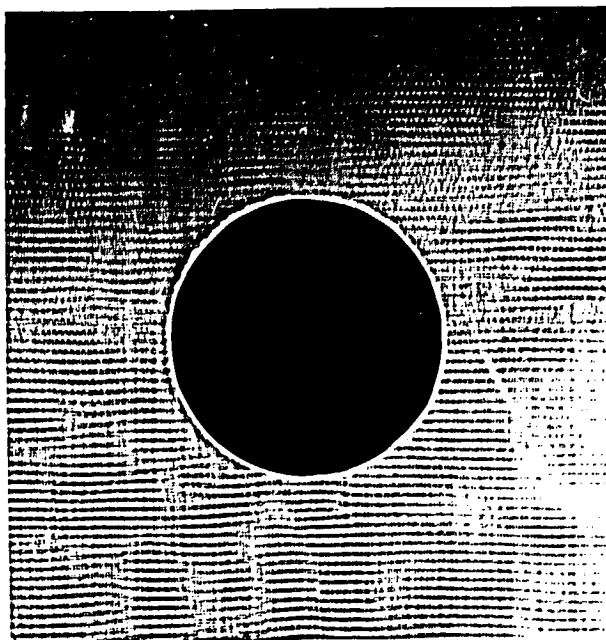


Foto 2. Proefstuk I.

Belasting $p = 0 \text{ kg/mm}^2$.

- 6 -

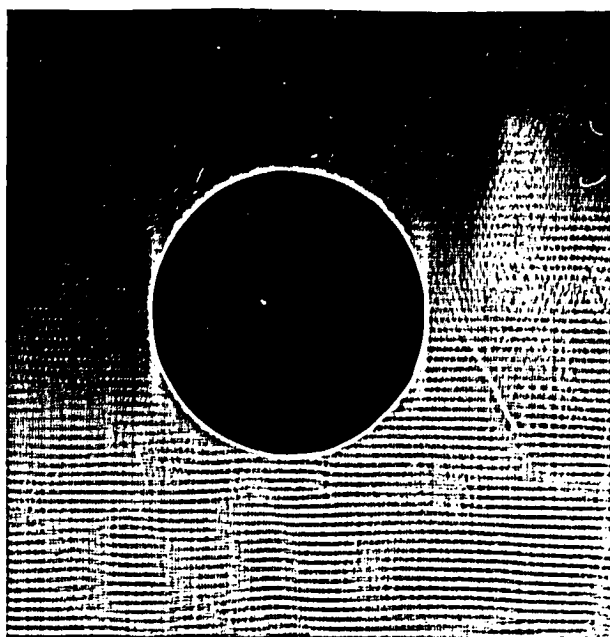


Foto 3. Proefstuk I.

Belasting $p = 6,9 \text{ kg/mm}^2$.

De verticale witte lijnen ter weerszijden van het gat zijn de verwachte schuifbreuk gebieden.

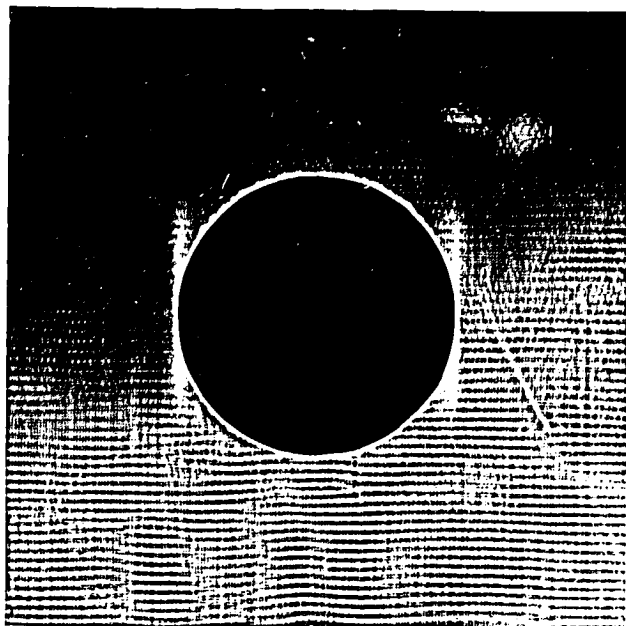


Foto 4. Proefstuk I.

Belasting $p = 8,3 \text{ kg/mm}^2$.

Optredende trekspanning max. $\sigma_x = 33,7 \text{ kg/mm}^2$. Trekbreuk begint.

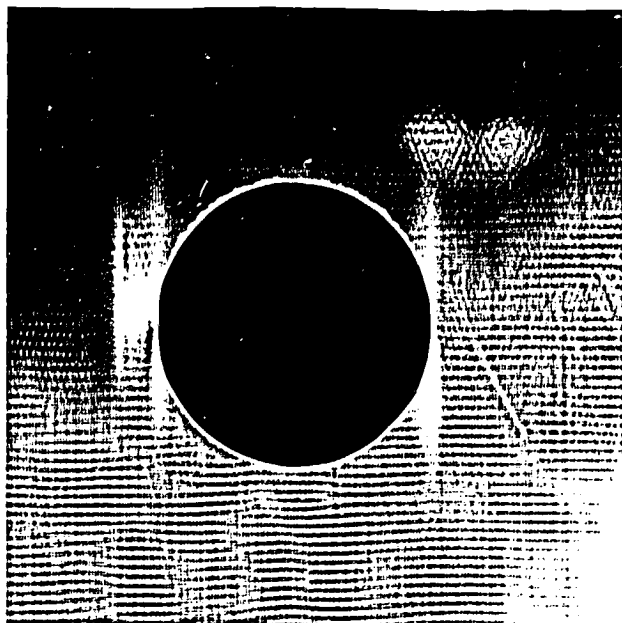


Foto 5. Proefstuk I.

Belasting $p = 10,5 \text{ kg/mm}^2$.

Trekbreuk zet door.

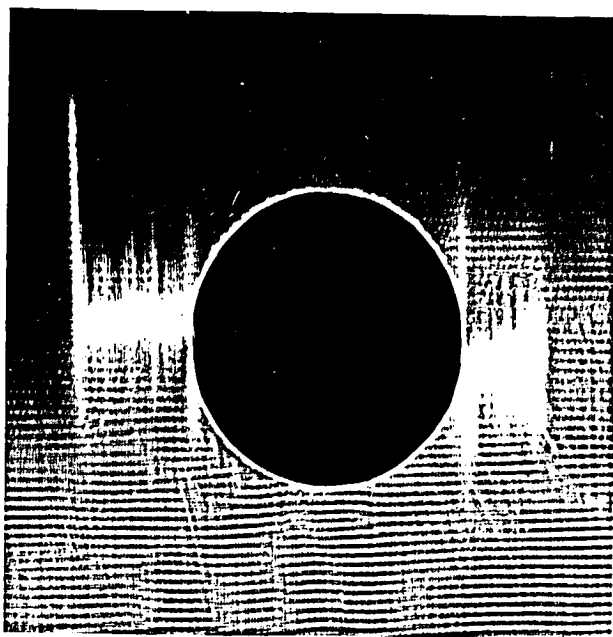


Foto 6. Proefstuk I.

Belasting blijft constant, maar de breuk plant zich voort en doet verderop een nieuwe schuifbreuk ontstaan.

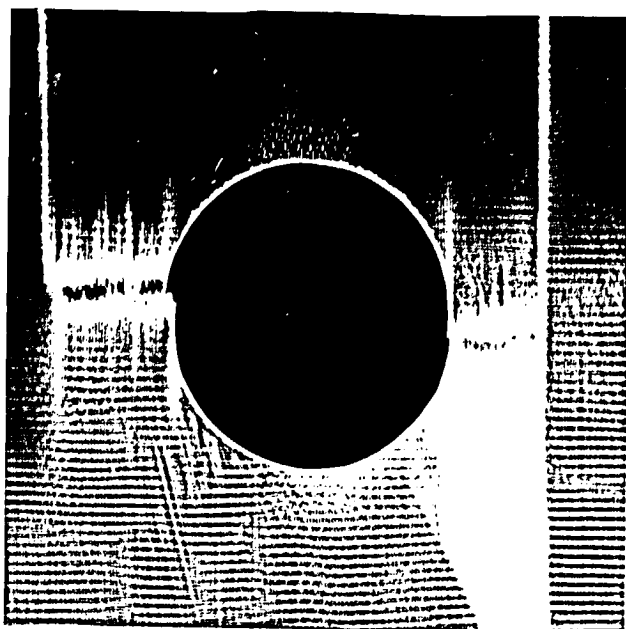


Foto 7. Proefstuk I.

Totale breuk. Aan de bovenkant van het gat zijn scheurtjes te zien
tengevolge van plooien van de plaat.

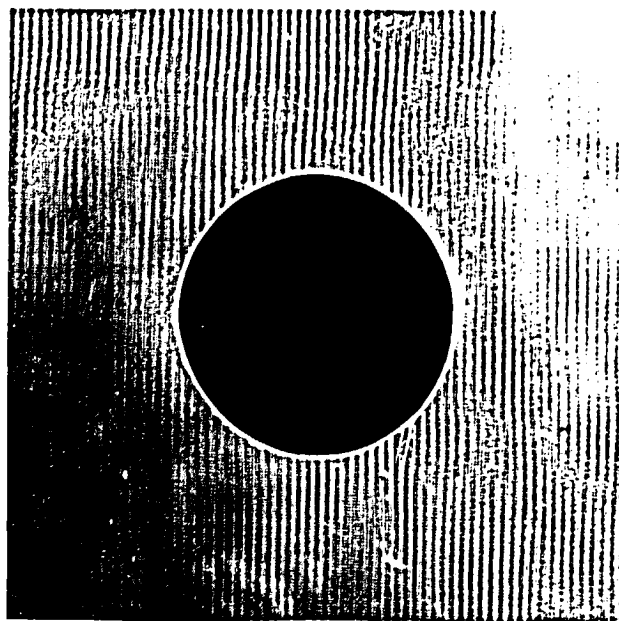


Foto 8. Proefstuk II.

Belasting $p = 1,4 \text{ kg/mm}^2$.

De "witte" plekken ter weerszijden van het gat duiden op hoge
trekspanningen. De hars breekt los van de glasvezels (zichtbaar
aan kleine witte dwarsstreepjes).

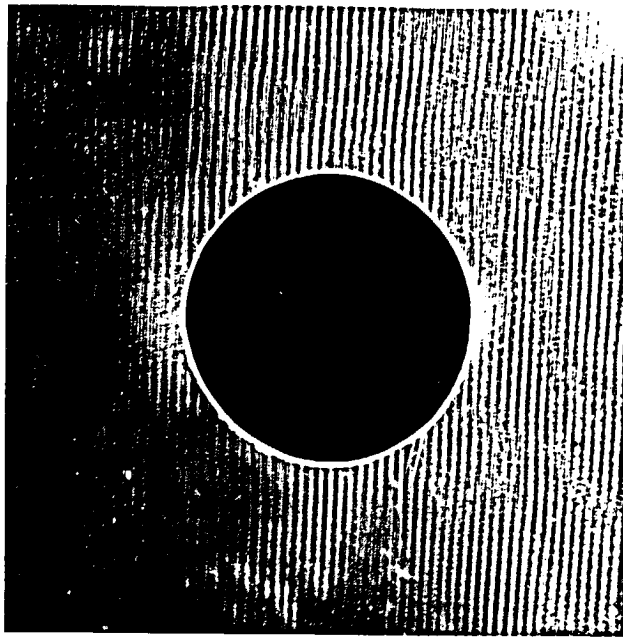


Foto 9. Proefstuk II.

Het gebied waar de hars losbreekt van de vezels breidt zich uit.
De belasting op trek moet door de inslagdraden worden opgenomen.
Deze draden zijn in het weefsel sterk gegolfd. Onder belasting strekken zij zich en veroorzaken een steeds groter wordend gebied waar de hars de glasvezel loslaat.

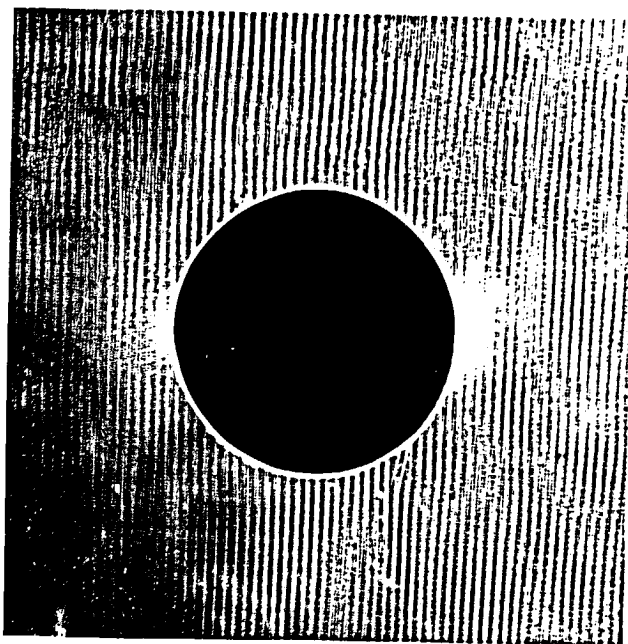


Foto 10. Proefstuk II.

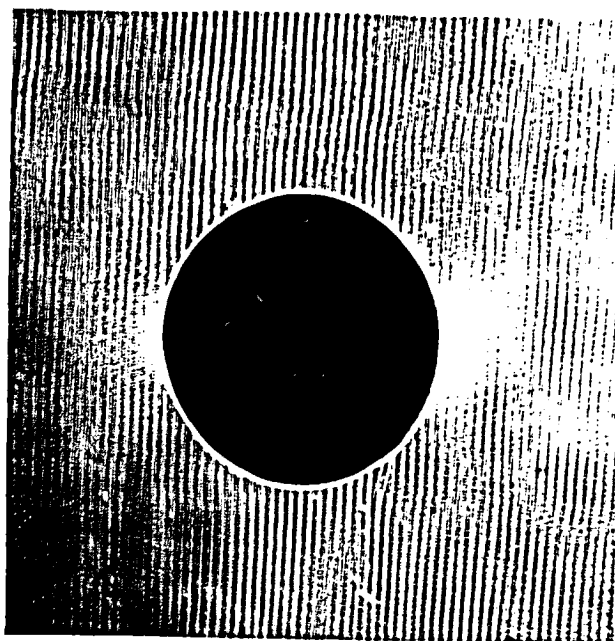


Foto 11. Proefstuk II.

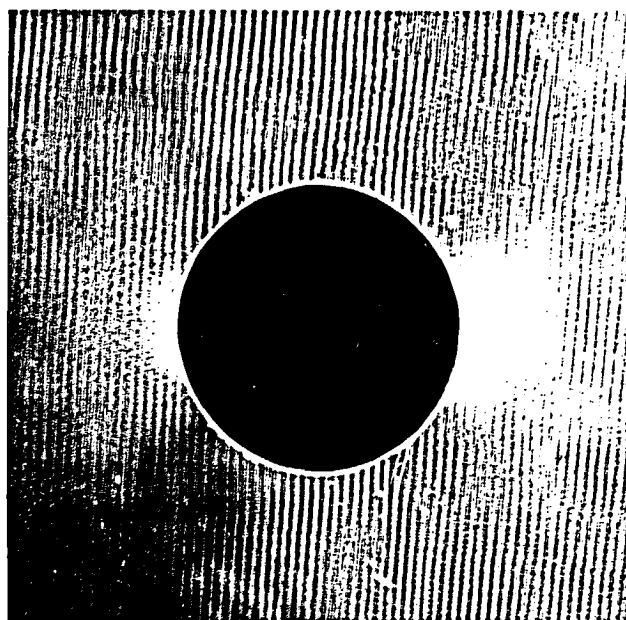
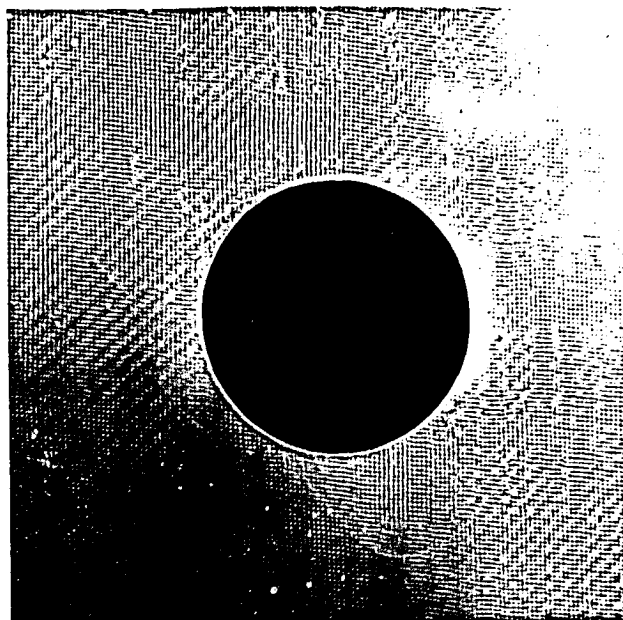


Foto 12. Belasting $p = 2,62 \text{ kg/mm}^2$.

De breuklijnen in de hars zijn hier vooral rechts zeer duidelijk te zien.

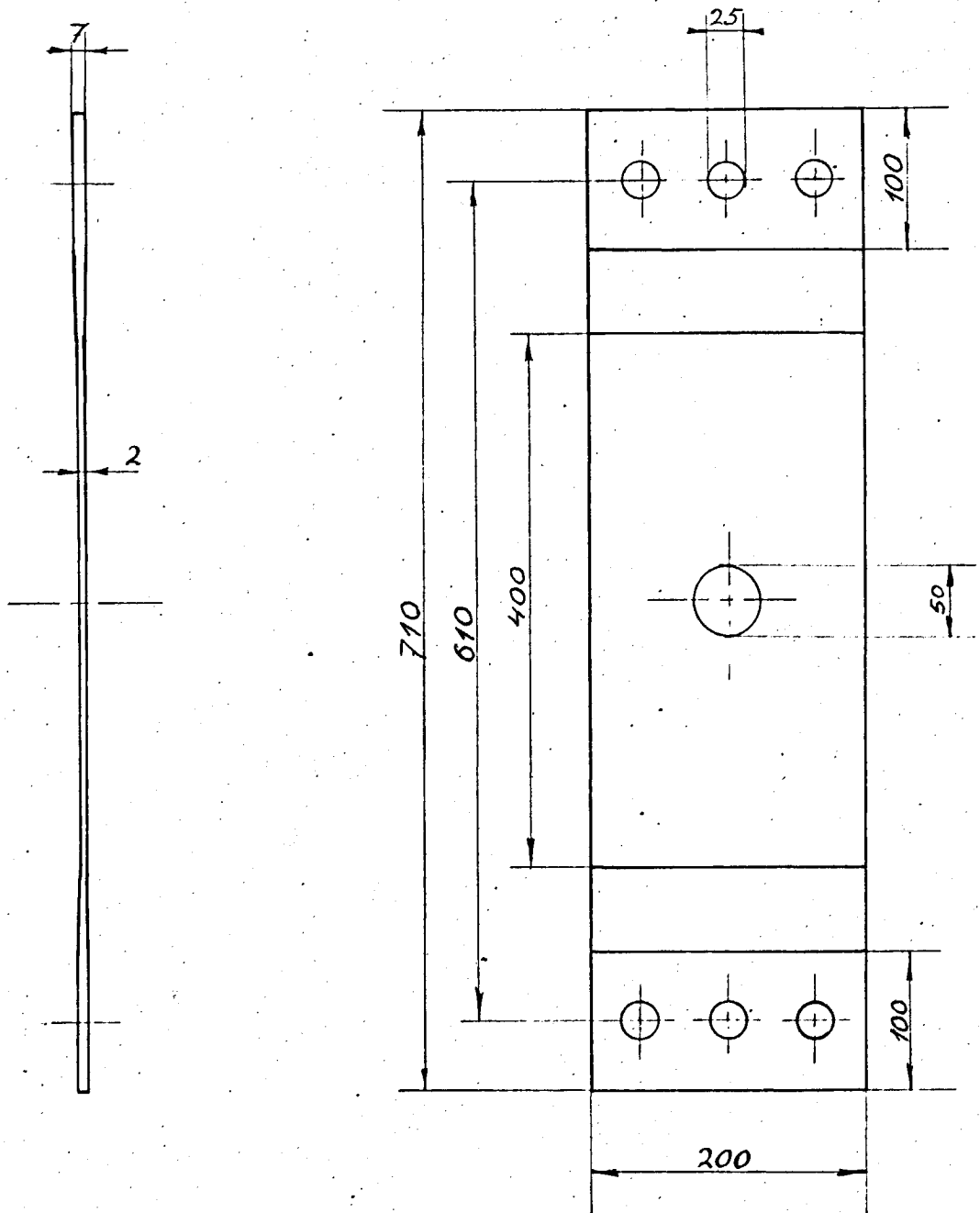


Proefstuk III.

Foto 13. Belasting $p = 4,05 \text{ kg/mm}^2$.

Hoewel met het blote oog een begin van "wit" worden aan weers-
zijden van het gat kon worden waargenomen, is hiervan op de foto
helaas niets te zien.

Bij een belasting $p = 7,62 \text{ kg/mm}^2$ trad plotseling breuk op,
zonder dat een duidelijke foto van de breukverschijnselen kon
worden gemaakt.

*Figuur 1.*