



LABORATORIUM VOOR SCHEEPSCONSTRUCTIES

TECHNISCHE HOGESCHOOL – DELFT

RAPPORT Nr.

SSL 222

BETREFFENDE:

Onderzoek SC-7902

"Praktijkbreuk in een roerkoning"

door R. Vonk.



LABORATORIUM VOOR SCHEEPSCONSTRUCTIES

TECHNISCHE HOGESCHOOL – DELFT

RAPPORT Nr. SSL 222

BETREFFENDE:

Onderzoek SC-7902

"Praktijkbreuk in een roerkoning"

door R. Vonk.

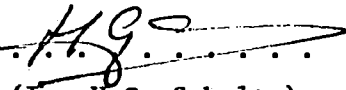
Onderzoek SC-7902

"PRAKTIJKBREUK IN EEN ROERKONING"

door R. Vonk - juni 1979.

Inhoud:

	blz.
- Inleiding	1
- Opzet van het onderzoek	2
- Resultaten van het onderzoek	3
- Bespreking van de onderzoekresultaten	5
- Aanbevelingen	9
- Literatuur	10

Gezien: 
(Ir. H.G. Scholte).

Inleiding

In maart 1979 werd de mening van het Laboratorium voor Scheepsconstructies gevraagd omtrent de mogelijke oorzaken van een meermalen opgetreden schade aan de roerkoning van een duwboot. Van dit type schip was reeds meerdere malen een roer verloren tengevolge van een breuk in de roerkoning.

Als mogelijke oorzaken werd in de eerste plaats gedacht aan hogere belastingen dan berekend en aan trillingseffecten welke wellicht versterkt zouden kunnen worden door eventuele speling in de constructie van het gebruikte roersysteem. Voorzover de werf dit had kunnen nagaan, was het breukvlak duidelijk buiten de directe invloedzone van de las gelegen en zouden lasinvloeden daarbij derhalve geen rol spelen.

Een door de werf gemaakte berekening van de roerkoning volgens Germanischer Lloyd leerde dat de diameter in het onderlager ca. 20% zwaarder zou moeten zijn dan uitgevoerd. Ruw geschat betekent dit dat de dan optredende spanningen ca. 45% kleiner zouden zijn en dat de levensduur nagenoeg een factor 10 groter zou zijn. Daarmee was in feite de vraag naar de oorzaak beantwoord.

Voor het Laboratorium voor Scheepsconstructies bleef het echter interessant om toch nog nadere aandacht aan de breuk te besteden. Enerzijds speelde hierbij de wens om meer gegevens van een praktijkgeval te verkrijgen en anderzijds was er de gedachte dat er wel degelijk lasinvloeden aanwezig waren. Deze gedachte werd gesteund door het feit dat het breukvlak een vermoeiingsscheur toonde die op meerdere, dicht bij elkaar gelegen, punten was geïnitieerd, waarbij de punten niet in hetzelfde vlak lagen maar een spreiding van meerdere millimeters over de lengte van de roerkoning vertoonden.

Bovendien bleek uit een eerste beschouwing van de constructietekening dat de maximale buigspanning op de roerkoning optrad ter plaatse van de las, waarmee roerkoning en roer aan elkaar waren verbonden. Mede gelet op de onvermijdelijke spanningsconcentraties ter plaatse van de lasinkarteling was het welhaast niet te voorkomen dat de vermoeiingsscheur hier geïnitieerd moest worden.

Opzet van het onderzoek

In overleg met Prof. Ir. J.J.W. Nibbering en Ir. H.G. Scholte werd besloten op de werf een der betreffende roerconstructies te bekijken en te onderzoeken op mogelijk aanwezige scheurvorming en daarnaast een metaalkundig onderzoek te verrichten aan het ter beschikking gestelde breukoppervlak van een der roerkoningen.

Een inspectie op de werf van een inmiddels vervangen roer (zie foto I) leverde geen aanwijzingen van reeds aanwezige vermoeiingsscheurtjes. Wel kwam de grillige lascontour met de inbranding duidelijk tot uiting (zie foto's II, III, IV).

De op de foto's II en III zichtbare schijnbare scheuren zijn geen echte scheuren maar worden veroorzaakt door de aanwezige roestschillen.

Om na te gaan in hoeverre de las verantwoordelijk was voor de initiatie van de vermoeiingsscheuren werd het beschikbare breukoppervlak achtereenvolgens bekeken op:

1. onderzoek naar initiatie en scheurgroei;
2. eventuele uitwendig zichtbare lasinvloeden als inbranding en lasspetters;
3. microscopisch onderzoek naar de structuur ter plaatse van de vermoeiingsscheur (eventueel aantonen van de warmtebeïnvloede zone);
4. aanwezigheid van de uit het oogpunt van de lasbaarheid en vermoeiing belangrijke elementen koolstof, mangaan en stikstof (%).

Resultaten van het onderzoek

Bij een zorgvuldige bestudering na het reinigen en prepareren van het breukvlak kunnen de volgende aspecten genoemd worden:

I. Onderzoek initiatie en scheurgroei.

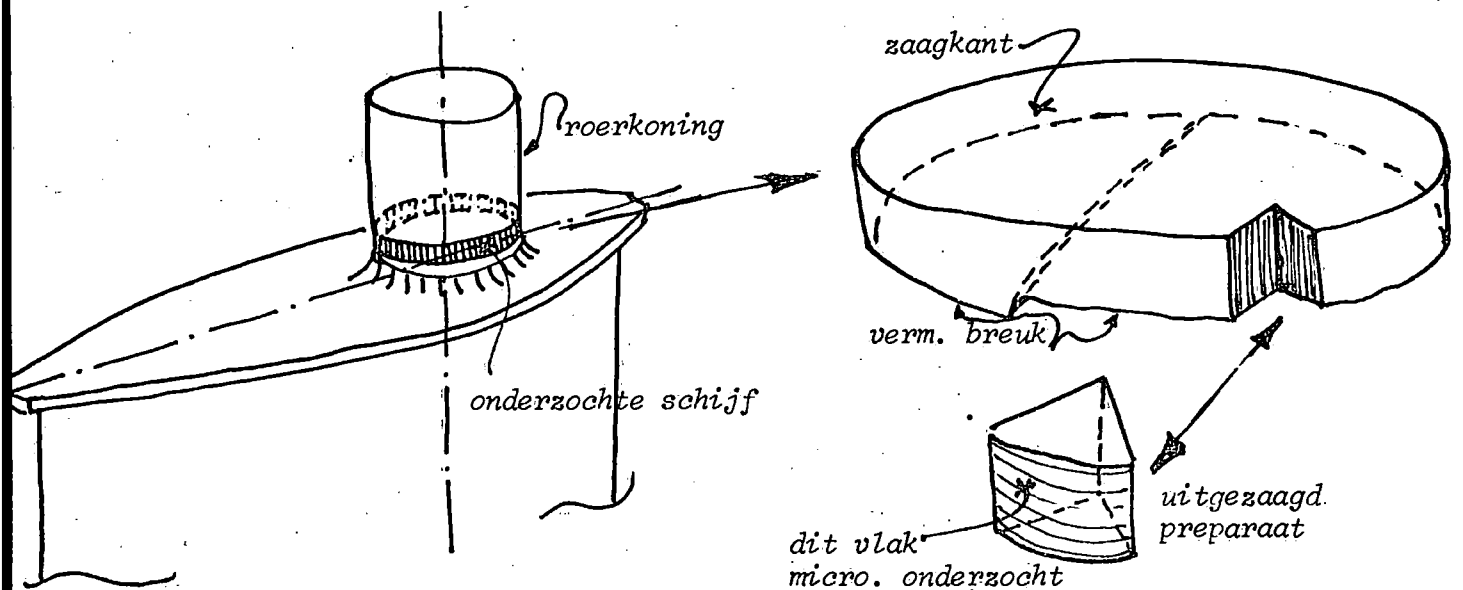
- a. De vermoeiingsscheur beslaat ca. 2/3 van het totale breukoppervlak, het overige (met grove uiterlijk) is de restbreuk.
- b. Er zijn twee diametraal tegenover elkaar liggende initiatiegebieden te onderscheiden (zie foto V).
- c. Bij het bekijken van foto VI valt de grove afwerking van de roerkoning op (z.g. "grammofoon-finish"). Dit wordt bevestigd door inspectie van een niet-gebroken roerkoning (zie foto's I, II, III, IV).

II. Uitwendig zichtbare lasinvloeden.

- a. De foto's VII en VIII tonen resp. de inbranding van een electrode met daarin een lasdruppel en lasspetters op de as. De plaatsen zijn met een \wedge op de foto's gemarkeerd.
- b. De hardheidsmeting (volgens Rockwell) uitgevoerd op de achterkant van het beschikbaar gestelde breukvlak, dus in het oorspronkelijke materiaal, gaf $HR_B = 75/74/75$, hetgeen representatief is voor St. 42.

III. Microscopisch onderzoek.

Voor het metaalkundig onderzoek is er een stukje uit het oorspronkelijke breukvlak gezaagd (zie tek. 1). Van dit preparaat is de zijde welke zich aan de buitenkant van de as bevond microscopisch bekeken en geanalyseerd.



Tekening 1. Detail roerkoning.

Bij het beschouwen van foto IX blijkt de vermoeiingsscheur zich in de warmte-beïnvloede zone te bevinden. De vermoeiingsscheur bevindt zich aan de onderzijde van de foto.

De warmte-beïnvloede zone is duidelijk te herkennen aan de "wollige" structuur, welke gevormd wordt door de ontaarde perliet met Widmannstättenvorming (zie foto XII). Het is juist in dit gebied dat de vermoeiingsscheur is geïnitieerd.

Hierna komt er een zone waar de temperatuur ongeveer 770°C is geweest, welke hoog genoeg was met daarna voldoende snelle afkoeling om in de perliet voor martensiet te zorgen (zie foto's XI en XII).

Geheel boven in de foto IX is dan weer de oorspronkelijke structuur van het moedermateriaal te zien.

IV. Chemische analyse.

De chemische analyse uitgevoerd door de tussenafdeling der Metaalkunde gaf als uitkomst voor het koolstofpercentage 0,21%, voor het stikstofpercentage 0,005 % en voor het mangaanpercentage 0,63%.

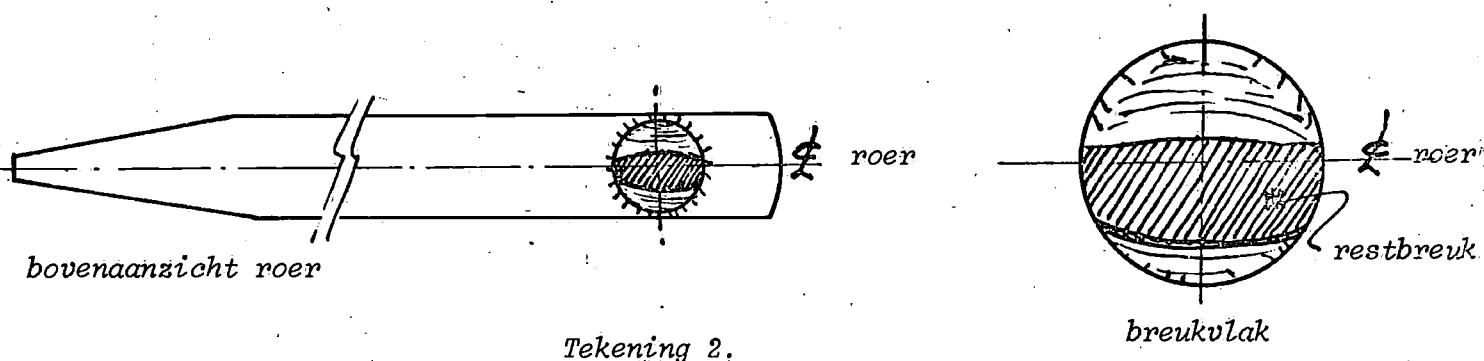
Bespreking van de onderzoekresultaten

I. Onderzoek initiatie en scheurgroei.

a. De vermoeiingsscheur is op meerdere punten geïnitieerd.

De punten liggen in twee diametraal tegenover elkaar gelegen gebieden. Dit duidt duidelijk op wissel-buigbelasting van de roerkoning. Het ligt voor de hand dat hier twee belastingsaspecten een rol kunnen spelen. Enerzijds is er sprake van een wisselbelasting van lage frequentie waarbij de amplitude wordt bepaald door de roerstand, sloopssnelheid en stuwkracht. Daarboven zal nog een tweede wisselbelasting van aanzienlijk hogere frequentie doch kleinere amplitude aanwezig zijn als gevolg van trillingen welke ontstaan door speling in de lagering, drukvariaties van het schroefblad en de turbulentie in de aanstroming rond het roer. In beide gevallen zal de belasting loodrecht op het roerblad staan.

Dit is geheel in overeenstemming met de informatie van de werf, waaruit blijkt dat de hartlijn van het roer evenwijdig loopt aan de restbreuk (zie tek. 2).



Tekening 2.

III. Microscopisch onderzoek.

Wat aan de hand van de macro-foto's nrs. V t/m VIII werd aangetoond, wordt door microscopisch onderzoek definitief bevestigd.

Het begin van de vermoeiingsscheur bevindt zich in de warmte-beïnvloede zone op korte afstand van de las.

Bij de bespreking van de resultaten van het metaalkundig onderzoek moet men zich goed realiseren dat het proces van de structuurveranderingen van het materiaal ter plaatse van de las sterk tijds- en temperatuurafhankelijk is. Bij het lassen zal het moedermateriaal in de roerkoning worden blootgesteld aan forse temperatuurverhogingen welke van de rand van de las verder binnenwaarts afnemen, waarbij

gemakshalve drie verschillende zones worden onderscheiden.

a. Als eerste de zone welke zich het dichtst bij de vermoeiingsscheur bevindt (zie foto's IX en X).

De temperatuur zal hier ongeveer 150° boven de 723°C zijn geweest. Hierbij zijn de perlieteilanden geheel austenitisch geweest, maar is tevens de ferriet in staat om koolstof op te nemen, waardoor het koolstofpercentage beneden het kritisch hardingspercentage van 0,3% zakt. Bij het afkoelen zal er dus geen martensiet kunnen ontstaan.

Op de plaats van de oorspronkelijke perlietvelden zakt het koolstofpercentage (C%) zodanig dat er bij het afkoelen Widmannstättenferriet ontstaat. Daartussen echter (de oorspronkelijke ferriet) zal het koolstofgehalte zodanig stijgen, dat bij de aanwezige afkoelsnelheid een niet-gedefinieerde structuur ontstaat, welke men ontaarde perliet noemt (foto X).

Deze structuur bezit slechte mechanische eigenschappen.

Het gebeuren zou men beknopt kunnen samenvatten door te stellen, dat men met twee staalsoorten werkt; één met een koolstofgehalte van 0,025% (ferriet) en één met een koolstofgehalte van 0,85% (perliet). De temperatuur van ongeveer 850°C is hoog genoeg om het staal met een C-gehalte van 0,85% te laten afnemen, terwijl daarnaast het staal met 0,025% C (ferriet) het C-gehalte toeneemt (zie fig. 3).

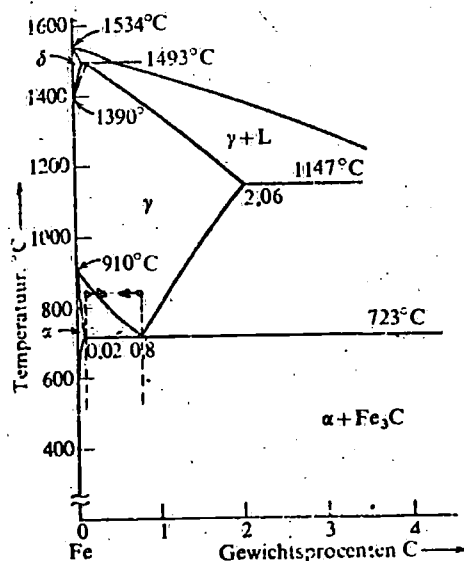


Fig. 3. Detail ijzer-koolstofdiagram.

b. De tweede te onderscheiden zone is die waar de temperatuur max. 50°C boven de 723°C is geweest. Hier is de temperatuur te laag om de ferriet koolstof te laten opnemen. Daarnaast is de perliet wel geheel austenitisch geweest (zie fig. 3). Bij het afkoelen raakt het dan net de neus in het C.C.T.-diagram (zie fig. 4) en geeft dan lokaal troostiet met de rest martensiet (zie foto's XI en XII). Ook deze structuur bezit slechte mechanische eigenschappen.

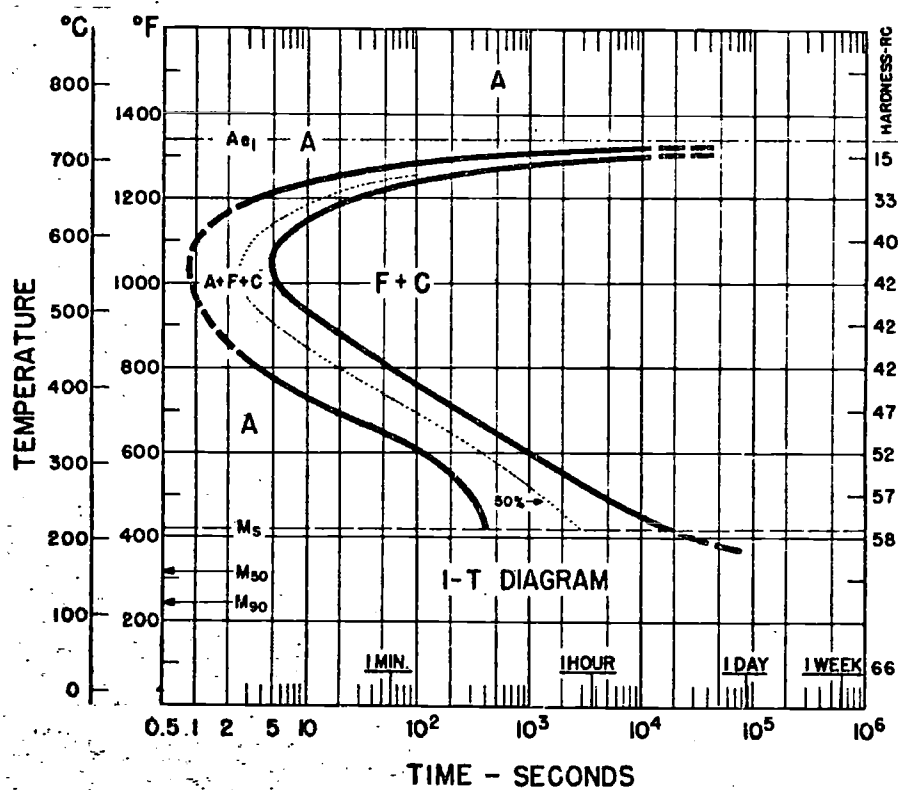


Fig. 4. Transformatie-tijd-temperatuur-diagram voor 0,85% koolstof.

c. De derde en laatste zone is weer die van het oorspronkelijke moeder-materiaal met zijn ferriet-perlietverdeling (rechts boven in foto IX). Deze structuur bezit goede mechanische eigenschappen.

Samenvattend is de situatie zo dat het materiaal direct grenzend aan en bij de las de slechtste materiaaleigenschappen bezit. Dit is aan de omtrek van de roerkoning. Op deze zelfde plaats zal de buigspanning het grootst zijn (uiterste vezel). Bovendien zijn op deze plaats grote spanningsconcentraties door de discontinuïteiten tengevolge van lasrand en inkarteling. Dit effect wordt aanzienlijk versterkt of verzwakt door de lasgeometrie ofwel door de al of niet goede lasafwerking. De lasrand vormt dus een ideaal initiatiepunt. De onregelmatige lasvorm is er eveneens de oorzaak van dat er sprake is van meerdere dicht bij elkaar gelegen initiatiepunten, die veelal niet in hetzelfde vlak lig-

gen, doch tijdens de scheurgroei geleidelijk naar elkaar toe groeien.

IV. Chemische analyse.

In het algemeen noemt men een staalsoort goed lasbaar (zonder voorzorgsmaatregelen) wanneer:

het koolstofgehalte $< 0,22\%$ is

en het koolstofequivalent $C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} < 0,47$.

Gezien de uitslag van de chemische analyse, die voor C% op 0,21 en voor het Mn % op 0,63 uitkomt, hetgeen een $C_{eq} = 0,315$ geeft, zal dit verder op zich dus geen problemen veroorzaken.

Voor het stikstofgehalte (N_2 %) geldt een uitslag van 0,005 % wat voor het verouderen of de vermoeiingssterkte van geen belang is.

Conclusies en aanbevelingen

Uit het voorgaande blijkt dat scheurinitiatie en eerste scheurgroei zeker zijn versneld door spanningsconcentraties en de ter plaatse slechte materiaalstructuur.

De spanningsconcentraties kunnen worden verlaagd door:

- betere laskwaliteit;
- ter plaatse van de las, de as gladder te bewerken;
- de las na afloop te bewerken (b.v. glad te slijpen).

De materiaalstructuur kan worden verbeterd:

- door het geheel uit te gloeien op ongeveer 900°C.

Acknowledgement

Een woord van dank aan Ir. H.G. Scholte voor de opmerkingen en discussie tijdens onderzoek en rapportering.

Aan B. van Triest voor de uitvoering van het praktische onderzoek.

Literatuur

- Report NSS-TNO No. 206 S, december 1974.
Synthesis of cooperative fatigue investigations with notched plates and welded ship structures of St. 42 and St. 52.
By J.J.W. Nibbering, H.G. Scholte and J. van Lint.
- Technische Metaalkunde. Deel 3: Staal en Gietijzer.
J.H. Zaat.
Agon Elsevier, 1974.
- Metallurgy for Engineers.
Rollason, E.C., 3e druk, 1961.
Edward Arnold/London.
- Basic Engineering Metallurgy.
C.A. Keijser.
New York - Prentice Hall, Inc., 1952.



Foto I. Overzicht van roer met roerkoning.



Foto II. Onderlager van de roerkoning.



Foto III. Verbindingslas van roerkoning met het roer (met roestschillen).



Foto IV. Verbindingslas van de roerkoning met het roer (zonder roestschillen).

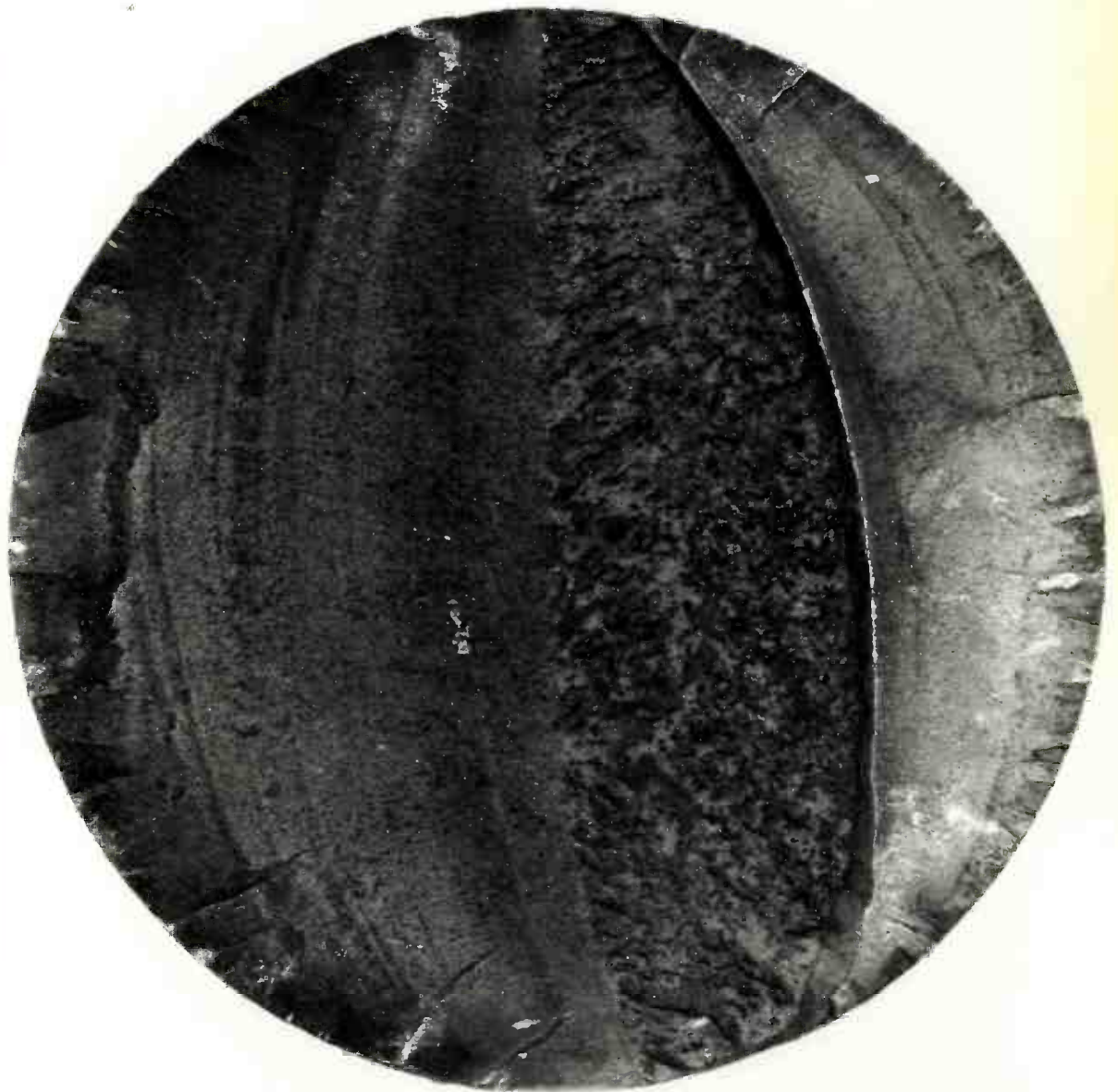


Foto V. Overzicht vermoeiingsbreuk van de roerkoning.

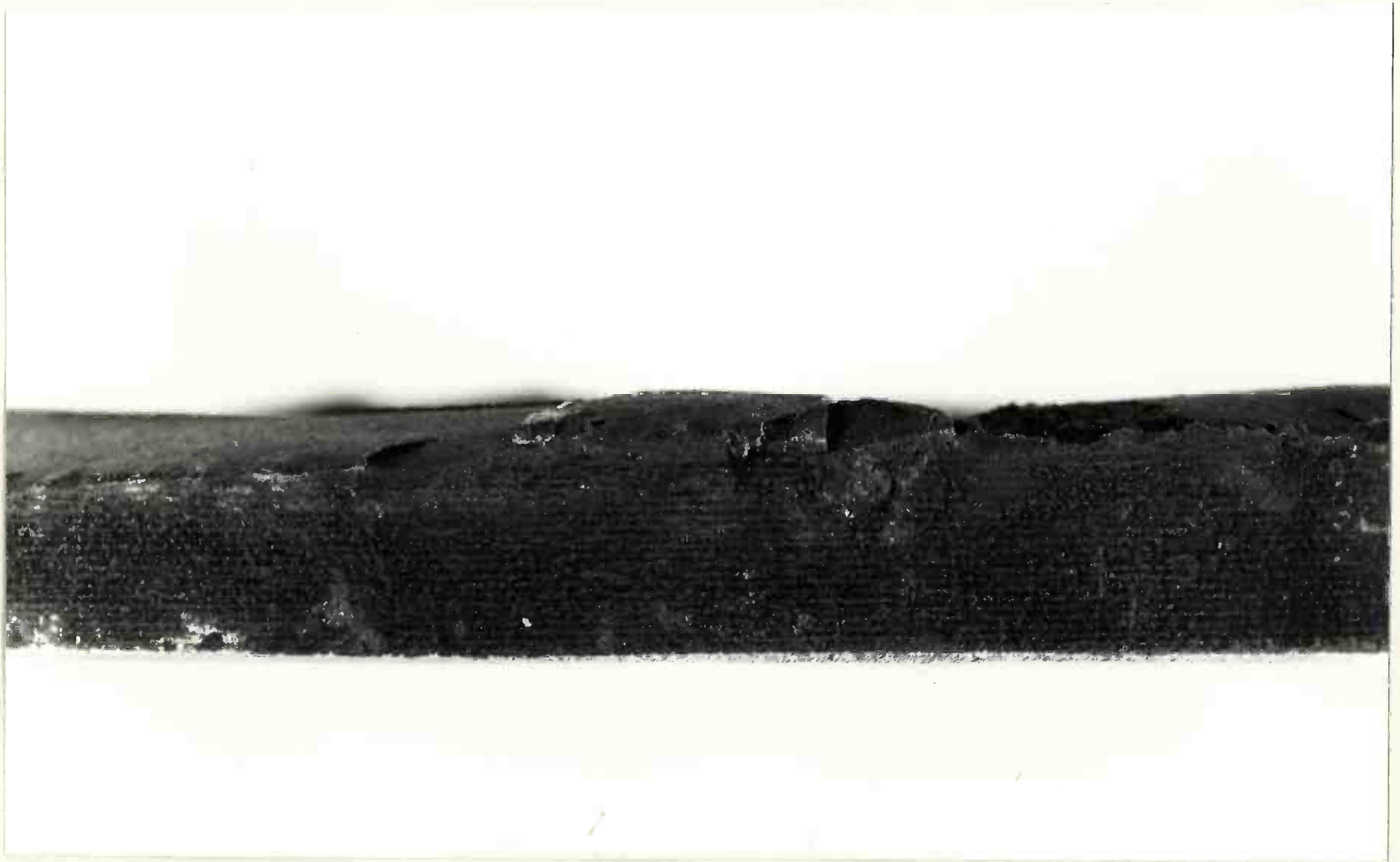


Foto VI. Macrofoto van de zijkant van het breukvlak met daarop lasspetters.



Foto VII. Macrofoto zijkant breukvlak met inbranding en lasspetters.

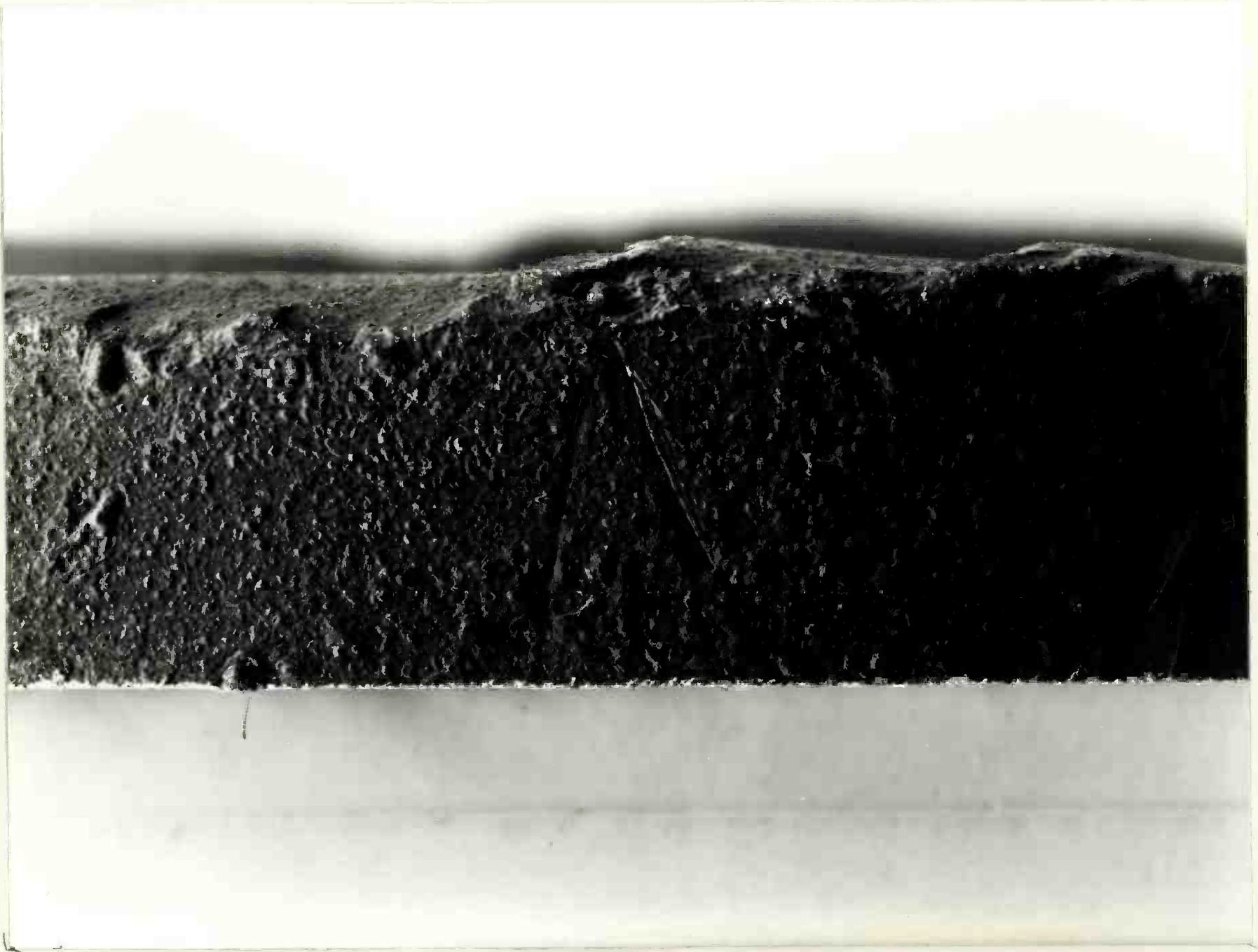


Foto VIII. Macrofoto zijkant breukvlak, inbranding met hierin lasdruppel.

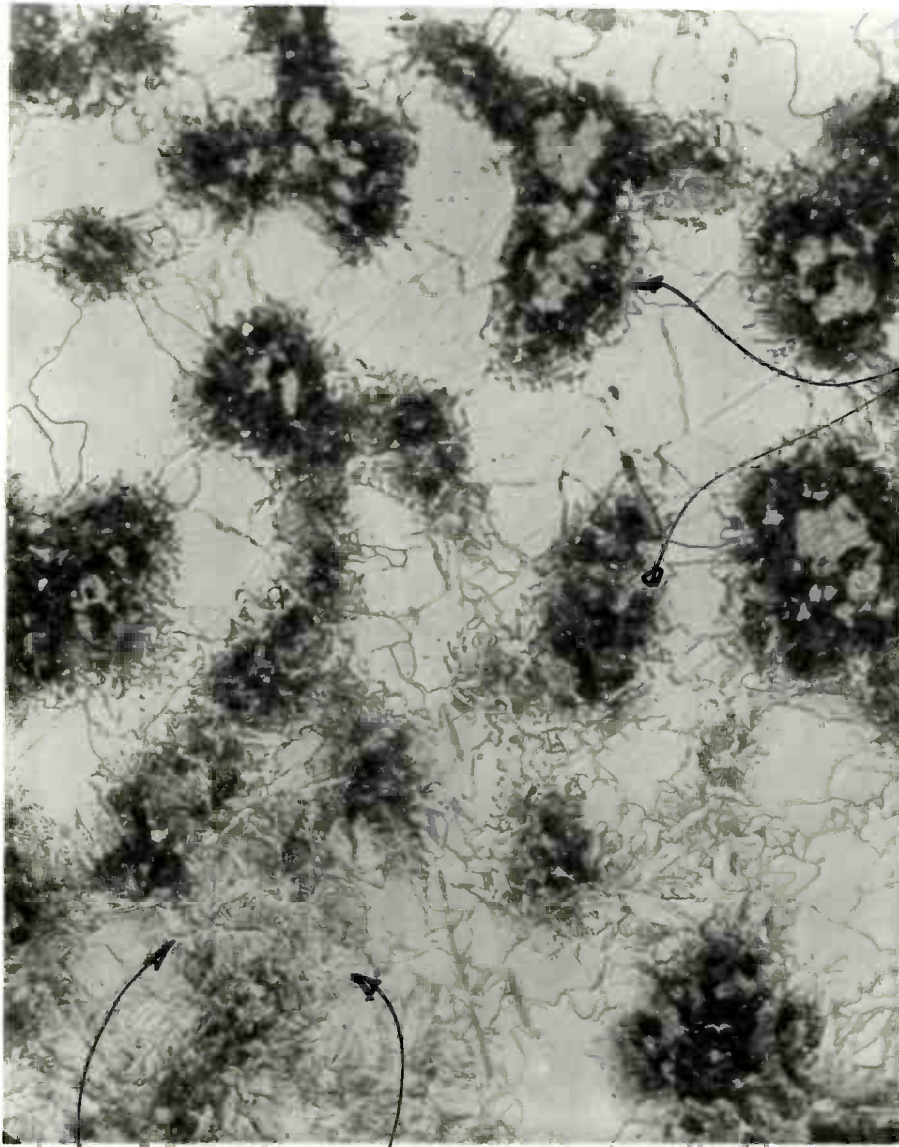


Oorspronkelijke
structuur van het
moedermateriaal.
Temp. $< 700^{\circ}\text{C}$.

Ferriet, met in
perlieteilanden
troostiet en
martensiet.
Temp. ca. 780°C .

Ontaarde perliet
met Widmannstätten-
vorming.
Temp. $> 723^{\circ}\text{C}$
ca. 875°C .

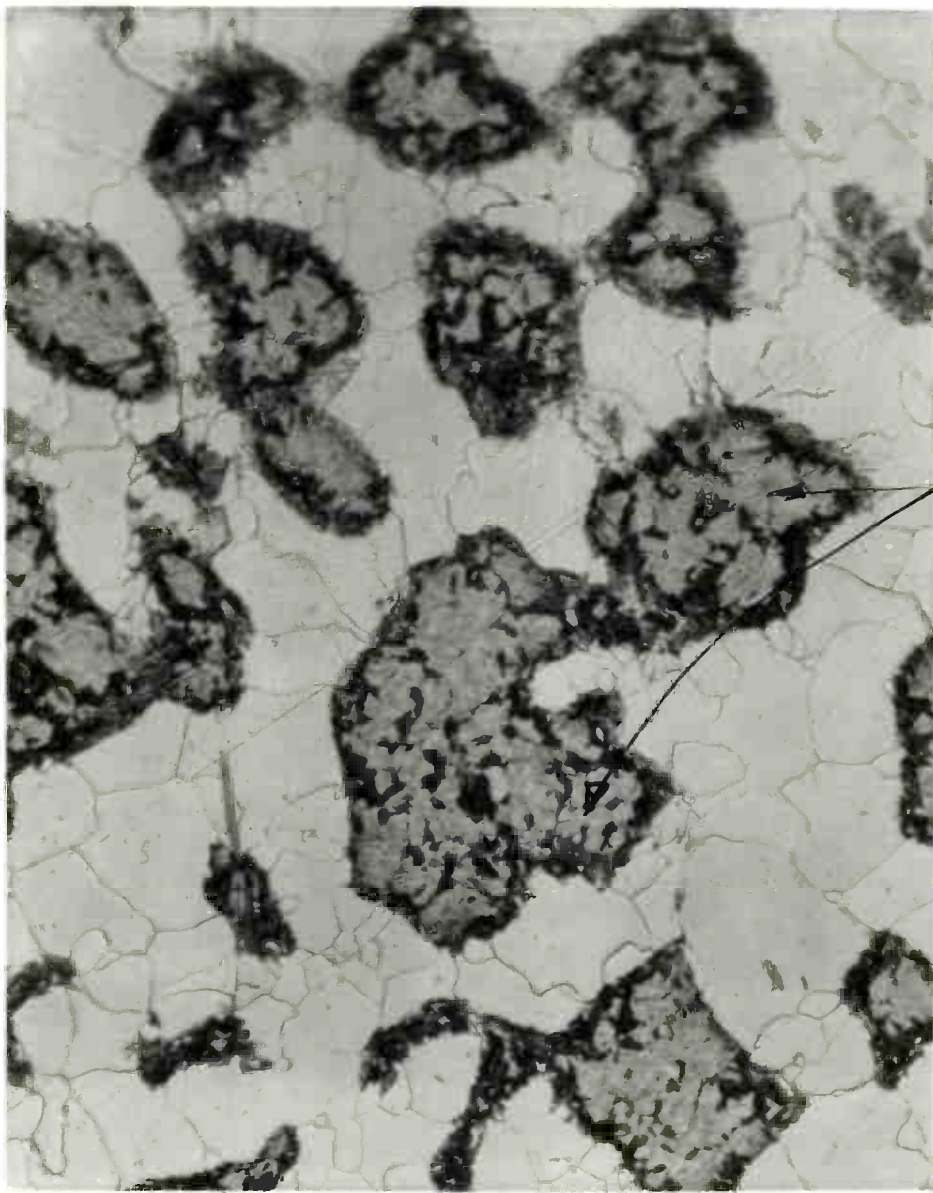
Foto IX.
Vergroting $100\times$, etsing nital.



Ontaarde perliet

Widmannstättenvorming

Foto X.
Vergroting 400x, etsing nital.



Ferriet, met in
de perlietzilanden
troostiet en
martensiet.

Foto XI.
Vergroting 400x, etsing nitäl.



Perlieteiland
met hierin de
troostiet en
martensiet.

Foto XII.
Vergroting 1250× olie, etsing nital.