

Dieptrekken : relatie R-waarde-oorhoogte : symmetrische definitie anisotropiefactor

Citation for published version (APA):

Smeets, M. J. H. (1991). *Dieptrekken : relatie R-waarde-oorhoogte : symmetrische definitie anisotropiefactor*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA1217). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1991

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

✓
DIEPTREKKEN.

Relatie R-waarde-oorhoogte

Symmetrische definitie anisotropiefaktor

T.U.E-rapport

M.J.H.Smeets.

17-12-1991

V.F-code:03

W.P.A-rapp.1217

DE INVLOED VAN DE ANISOTROPIE OP DE OORHOOGTE.

In het volgende is achtereenvolgens beschreven:

- a De bepaling van de oorhoogte als functie van ΔR .
- b Verbeterde definitie voor R .
- c Foutberekening voor R , als gevolg van meetfouten.

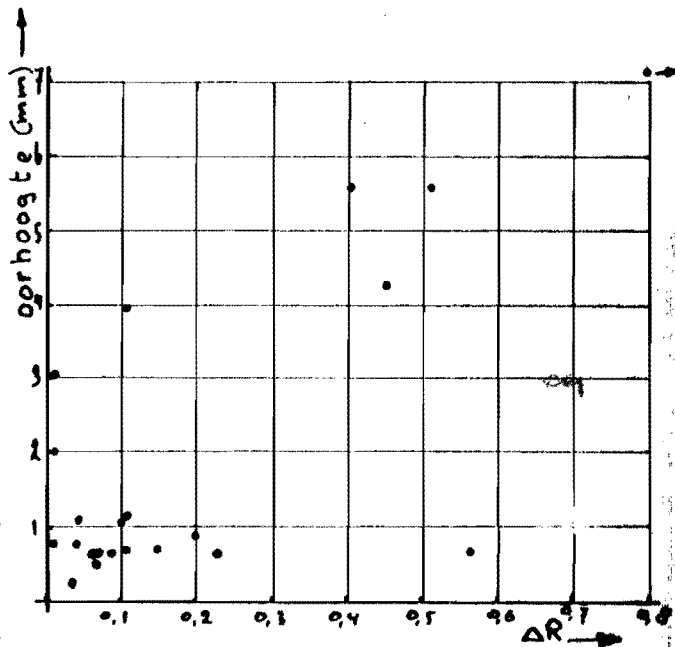
a. Teneinde een uitdrukking te verkrijgen, m.b. waarvan de oorhoogte (bij rotatiesymmetrische) produkten) voorspeld kan worden werd aanvankelijk aangenomen ^{dat} hiervoor ΔR geëigend was. Begonnen werd met het opmeten van de gemiddelde oorhoogte van alle, destijds door M. de Leeuw vervaardigde proefprodukten.

Tevens werd uit gegevens (verkregen uit trekproeven) voor elk materiaal het rekenkundig gemiddelde voor R_0 en R_{45} bepaald.

Hieruit werd ΔR bepaald ($\Delta R = R_0 - R_{45}$)

E.e.a. is in onderstaande tabel vermeld. (voor $\beta_0 = 1,8$)

| Mat. | Oorhoogte | R_0 | R_{45} | ΔR |
|------|-----------|-------|----------|------------|
| P | 0,25 | 0,96 | 0,99 | 0,03. |
| V | 0,50 | 0,81 | 0,88 | 0,07. |
| N | 0,65 | 1,68 | 1,01 | 0,67. |
| E | 0,70 | 0,45 | 0,52 | 0,07. |
| M | 0,70 | 0,79 | 0,88 | 0,09. |
| W | 0,70 | 1,00 | 0,77 | 0,23. |
| F | 0,75 | 0,42 | 0,53 | 0,11. |
| Q | 0,75 | 0,56 | 0,71 | 0,15. |
| K | 0,75 | 0,22 | 0,79 | 0,57. |
| O | 0,80 | 0,92 | 0,96 | 0,04. |
| T | 0,80 | 0,89 | 0,90 | 0,01. |
| Q | 0,90 | 0,70 | 0,90 | 0,20. |
| R | 1,05 | 0,68 | 0,78 | 0,10. |
| B | 1,10 | 0,35 | 0,39 | 0,04. |
| S | 1,20 | 0,77 | 0,88 | 0,11. |
| U | 2,00 | 0,96 | 0,98 | 0,02. |
| A | 3,05 | 0,68 | 0,67 | 0,01. |
| H | 3,95 | 0,45 | 0,34 | 0,11. |
| L | 4,25 | 0,15 | 0,60 | 0,45. |
| C | 5,55 | 0,33 | 0,74 | 0,41. |
| J. | 5,60 | 0,27 | 0,79 | 0,52. |
| D. | 7,15 | 0,28 | 1,21 | 0,93. |



Oorhoogte als functie van ΔR

Uit de grafische voorstelling blijkt inderdaad dat de meeste materialen met een kleine waarde ΔR geringe oorvorming vertonen. De spreiding is echter zodanig dat m.b.v. dit resultaat geen vergelijking opgesteld kan worden voor de oorhoogte als functie van ΔR .

Er is nog getracht om een beter verband te verkrijgen door de oorhoogte als functie van alle mogelijke grootheden (verband houdende met de anisotropie) uit te zetten, echter zonder resultaat. (zie bijlage)

M.n. is uit de grafische voorstellingen van R_0 en R_{45} als functie van δ_a , een gemiddelde voor R_0 en R_{45} grafisch bepaald, zodat de sterke strooiing bij kleine δ_a geëlimineerd werd.

b. De definitie van het anisotropie-getal.

De huidige definitie luidt als volgt:

$$R = \frac{\delta_b}{\delta_d} = \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{\ln \frac{d}{d_0}}$$

Substitueert men in deze vergelijking de extreme voorwaarden, dan levert dit op:

Voor $b = \text{constant}$: $R \rightarrow +\infty$ \cap

Voor $b/b_0 = d/d_0$: $R = 1$

Voor $d = \text{constant}$: $R \rightarrow 0$ \cup

De vertikale schaalwaarde voor de grafische voorstelling van R als functie van δ_d is dus sterk asymmetrisch.

(zie ook opm. in dictaat "dieptrekken" blz. 2.45)

Nieuwe definitie:

$R_m =$ momentane anisotropietekst
 $R_g =$ gemiddelde " "

$$\left. \begin{array}{l} d \delta_b = \frac{db}{b} \\ d \delta_d = \frac{dd}{d} \end{array} \right\} R_m = \frac{db}{b} - \frac{dd}{d}$$

$$R_g = \frac{1}{\delta l} \int \left(\frac{db}{b} - \frac{dd}{d} \right) = \frac{1}{\delta l} \left[\int_{b_0}^b \frac{db}{b} - \int_{d_0}^d \frac{dd}{d} \right]$$

$$R_g = \frac{1}{\delta l} \left(\ln \frac{b}{b_0} - \ln \frac{d}{d_0} \right) = \frac{1}{\delta l} \cdot \ln \frac{b/b_0}{d/d_0} = \frac{1}{\delta l} \cdot \ln \left(\frac{b \cdot d_0}{b_0 \cdot d} \right)$$

$$R_m = \delta b - \delta d = \ln \frac{b \cdot d_0}{b_0 \cdot d}$$

Extreme voorwaarden:

$b = \text{constant}$: $R_g = \frac{1}{\delta l} \ln \frac{d_0}{d} = \frac{1}{\delta l} \cdot - \ln \frac{d}{d_0} = \frac{1}{\delta l} \cdot - \delta d = \frac{1}{\delta l} \cdot \delta l = \underline{\underline{+1}}$

Opm: $\delta l + \delta b + \delta d = 0$; voor $b = \text{const.}$ $\delta l = -\delta d$.

$d = \text{constant}$: $R_g = \frac{1}{\delta l} \ln \frac{b}{b_0} = \frac{1}{\delta l} \cdot \delta b = \frac{1}{\delta l} \cdot - \delta l = \underline{\underline{-1}}$

Opm: $\delta l + \delta b + \delta d = 0$; voor $d = \text{const.}$ $\delta l = -\delta b$.

$$R = \frac{\ln \frac{b \cdot d_0}{b_0 \cdot d}}{\ln \frac{b \cdot d_0}{b_0 \cdot d}}$$

$\frac{b}{b_0} = \frac{d}{d_0}$: $R_g = \frac{1}{\delta l} \cdot \ln 1 = \frac{1}{\delta l} \cdot 0 = \underline{\underline{0}}$ (Isotroop)

Waarmee dus een symmetrische schaal verkregen is.

[3]

Omrekening $R \rightarrow R_g$.

Omdat uit de trekproeven R is bepaald, is het de gemakkelijkste weg om nu uit R , R_g te berekenen.

$$R_g = \frac{1}{\delta l} \cdot \ln \frac{b/b_0}{d/d_0} = \frac{1}{\delta l} \left[\ln \frac{b/b_0}{d/d_0} \right] = \frac{1}{\delta l} \cdot [\delta b - \delta d]$$

$$\delta l = -(\delta b + \delta d)$$

$$R_g = -\frac{\delta b - \delta d}{\delta b + \delta d} = \frac{\delta d - \delta b}{\delta d + \delta b} = \frac{\delta d / \delta b - 1}{\delta d / \delta b + 1}$$

$$R_g = \frac{1/R - 1}{1/R + 1} = \frac{1 - R}{1 + R}$$

R_0 wordt R_{g0} .

R_{45} " R_{g45} .

ΔR " ΔR_g .

$$\Delta R_g = R_{g0} - R_{g45}$$

c. De invloed van meetfouten, trekstripp geometrie en R-definitie op de nauwkeurigheid van de experimentele beschrijving van de plastische anisotropie.

Omdat de indruk steeds sterker naar voren kwam, dat de invloed van meetfouten (van breedte en dikte v.d. proefstaaf) op het anisotropie getal in het verleden is onderschat, is onderstaande foutberekening opgesteld.

Gebruikelijke definitie voor de anisotropie:

$$R = \frac{\delta b}{\delta d} = \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{\ln \frac{d}{d_0}} \quad I$$

Nieuwe definitie:

$$R_m = \delta b - \delta d = \ln \left(\frac{b}{b_0} \cdot \frac{d_0}{d} \right) \quad II$$

Algemeen geldt:

$$dR = \frac{\partial R}{\partial b_0} \cdot db_0 + \frac{\partial R}{\partial d_0} \cdot dd_0 + \frac{\partial R}{\partial b} \cdot db + \frac{\partial R}{\partial d} \cdot dd.$$

$$\Delta R_f \approx \frac{\partial R}{\partial b_0} \cdot \Delta b_0 + \frac{\partial R}{\partial d_0} \cdot \Delta d_0 + \frac{\partial R}{\partial b} \cdot \Delta b + \frac{\partial R}{\partial d} \cdot \Delta d. \quad III$$

Oude (huidige) definitie:

$$\frac{\partial R}{\partial b_0} = \frac{1}{\ln \frac{d}{d_0}} \cdot \frac{1}{b/b_0} \cdot b \left(-1 \cdot \frac{1}{b_0^2} \right) = - \frac{1}{b_0 \ln \frac{d}{d_0}}$$

$$\frac{\partial R}{\partial d_0} = \ln \frac{b}{b_0} \cdot \left(- \frac{1}{(\ln \frac{d}{d_0})^2} \right) \cdot \frac{1}{d/d_0} \cdot d \cdot \left(- \frac{1}{d_0^2} \right) = \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{d_0 (\ln \frac{d}{d_0})^2}$$

$$\frac{\partial R}{\partial b} = \frac{1}{\ln \frac{d}{d_0}} \cdot \frac{1}{b/b_0} \cdot \frac{1}{b_0} = \frac{1}{b \cdot \ln \frac{d}{d_0}}$$

$$\frac{\partial R}{\partial d} = \ln \frac{b}{b_0} \cdot \left(- \frac{1}{(\ln \frac{d}{d_0})^2} \right) \cdot \frac{1}{d/d_0} \cdot \frac{1}{d_0} = - \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{d \cdot (\ln \frac{d}{d_0})^2}$$

Substitutie in III geeft:

$$\Delta R_f = - \frac{\Delta b_0}{b_0} \cdot \frac{1}{\ln \frac{d}{d_0}} + \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{(\ln \frac{d}{d_0})^2} \cdot \frac{\Delta d_0}{d_0} + \frac{\Delta b}{b} \cdot \frac{1}{\ln \frac{d}{d_0}} - \frac{\Delta d}{d} \cdot \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{(\ln \frac{d}{d_0})^2}$$

[5]

$$\Delta R_f \approx \frac{1}{\ln d/d_0} \cdot \left(\frac{\Delta b}{b} - \frac{\Delta b_0}{b_0} \right) + \frac{\ln b/b_0}{(\ln d/d_0)^2} \cdot \left(\frac{\Delta d}{d} - \frac{\Delta d_0}{d_0} \right)$$

$$\Delta R_f \approx \ln \frac{b}{b_0} \cdot \left[R \left(\frac{\Delta b}{b} - \frac{\Delta b_0}{b_0} \right) + R^2 \left(\frac{\Delta d}{d} - \frac{\Delta d_0}{d_0} \right) \right] \quad \text{IV}$$

Conclusie:

Bij de gebruikelijke anisotropie-definitie wordt ΔR_f sterk beïnvloed door de rek $\underline{\delta_b}$ en door \underline{R} .

Dit laatste (R) komt voornamelijk door de asymmetrische R -definitie t.o.v. 1.

Nieuwe definitie:

$$\frac{\partial R_f}{\partial b_0} = \frac{\partial}{\partial b_0} \cdot \left(\ln \frac{b}{b_0} \right) = \frac{1}{b/b_0} \cdot b \cdot \frac{1}{b_0^2} = -\frac{1}{b_0}$$

$$\frac{\partial R_f}{\partial d_0} = \frac{\partial}{\partial d_0} \cdot \left(-\ln \frac{d}{d_0} \right) = \frac{1}{d/d_0} \cdot d \cdot \frac{1}{d_0^2} = \frac{1}{d_0}$$

$$\frac{\partial R_f}{\partial b} = \frac{\partial}{\partial b} \cdot \left(\ln \frac{b}{b_0} \right) = \frac{1}{b/b_0} \cdot \frac{1}{b_0} = \frac{1}{b}$$

$$\frac{\partial R_f}{\partial d} = \frac{\partial}{\partial d} \cdot \left(-\ln \frac{d}{d_0} \right) = \frac{1}{d/d_0} \cdot \frac{1}{d_0} = -\frac{1}{d}$$

Substitutie in III geeft:

$$\Delta R_f = -\frac{\Delta b_0}{b_0} + \frac{\Delta d_0}{d_0} + \frac{1}{b} \cdot \Delta b - \frac{1}{d} \cdot \Delta d$$

$$\Delta R_f \approx \left(\frac{\Delta b}{b} - \frac{\Delta b_0}{b_0} \right) - \left(\frac{\Delta d}{d} - \frac{\Delta d_0}{d_0} \right) \quad \text{V}$$

Conclusie:

- a. In overeenstemming met de bedoeling van de nieuwe R -definitie en in duidelijke tegenstelling tot de oude definitie, (verg. IV) is nu ΔR_f onafhankelijk, zowel van de rek als van de anisotropie-parameter.
- b. Binnen bepaalde grenzen is een vierkante doorsnede van de trekstrip optimaal, d.w.z.: voor een bepaalde oppervlakte van de doorsnede.

Voorbeeld:

(a = de ribbe van een vierkant.)

$$\Delta R_f = \left(\frac{\Delta b}{b_0} - \frac{\Delta b_0}{b_0} \right) - \left(\frac{\Delta d}{d} - \frac{\Delta d_0}{d_0} \right)$$

$$= \frac{1}{a} (\Delta b - \Delta b_0 - \Delta d + \Delta d_0)$$

Stellen we de reële meetfout op 0,015 mm dan is:

$$\Delta R_f = \frac{4 \cdot 0,015}{a} = \frac{0,06}{a}$$

Veronderstellen we een toelaatbare fout ΔR_f van 0,05 van R (dat is 5% bij $R=1$ en bij $R =$ bv. 0,5, reeds 10%) dan is:

$$\left(\frac{0,06}{a} \right) \leq 0,05 \quad \text{en} \quad a = \geq \approx 1,2 \text{ mm.}$$

Laten we een fout ΔR_f toe van 0,01 (bij $R=1$) dan is:

$$a = \geq \frac{0,06}{0,01} = 6 \text{ mm.}$$

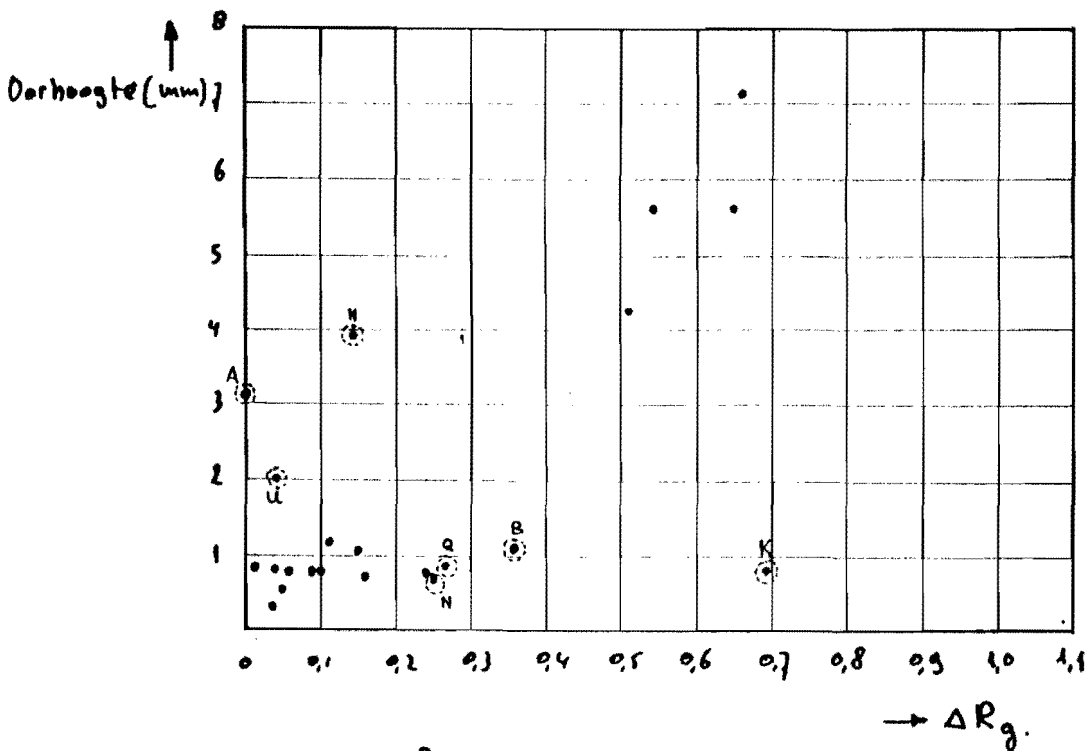
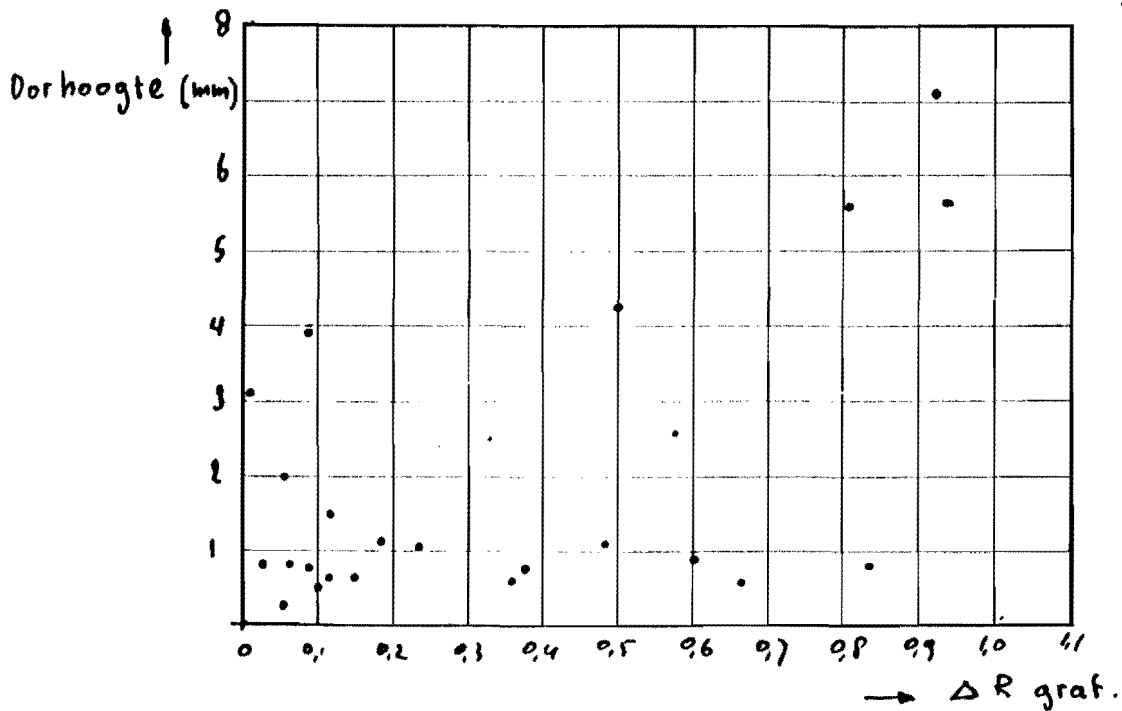
De te onderzoeken plaatdikten liggen tussen 0,1 en ≈ 3 mm, zodat 1,2 een redelijk gemiddelde is. Oangezien de waarde R vaker $< 0,5$ mm is, dan groter, moet (bij een plaatdikte van 2 mm) verwacht worden dat de fout ΔR_f wel tot 100% kan oplopen bij kleine waarden voor R .

Het is alleszins duidelijk dat betere resultaten verkregen worden door de meetnauwkeurigheid met een factor 10 te vergroten.

*R klein = grote fout in R-fout
 groot = kleine fout*

Meetresultaten uit herhaalde trekproeven.

Nadat alle ΔR_g -waarden uit de gegeven ΔR -waarden werden omgerekend, bleek de spreiding in de grafische voorstelling van ΔR_g als functie van de dorhoogte toch nog aanmerkelijk te zijn; fig 2, ΔR grafisch; fig 3 ΔR_g . ($\beta_0 = 1,8$)



Aan de hand van fig. 3 werden een 7-tal materialen gekozen met uitgesproken slechte ligging. De gekozen punten zijn met een stippellijn omcirkeld.

Tgv. nieuwe inzichten inzake de invloed van meetfouten tijdens de trekproeven kan vermoed worden dat door nauwkeuriger meten van de momentane breedten en dikten aan de proefstaaf verbetering gebracht kan worden in fig 3.

Van de materialen, omcirkeld met een stippelijntje zijn nieuwe proefstaven vervaardigd en is opnieuw ΔR_g bepaald.

Er werd zo nauwkeurig als maar enigszins mogelijk was echter met gebruikmaking van een micrometer, gemeten.

Het resultaat was wel, dat alle (7) punten in gunstige richting verschoven. (zie fig 4)

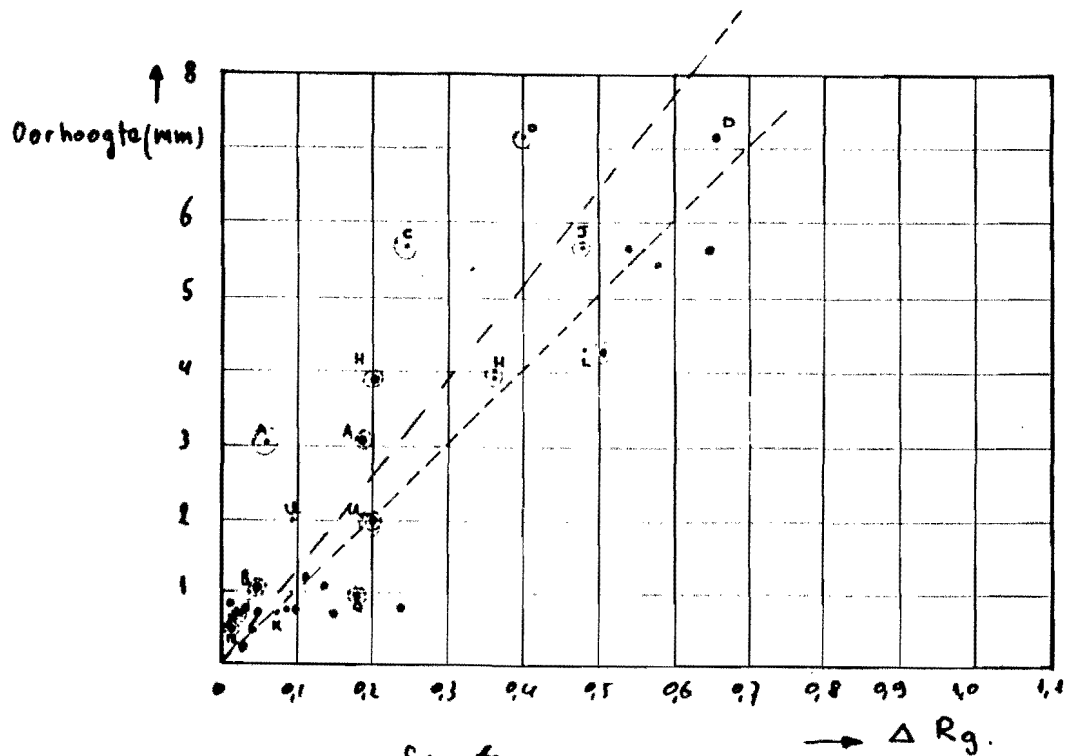


Fig. 4

De spreiding is thans sterk gereduceerd, echter koch nog te groot om een vergelijking op te stellen voor de oorhoogte als functie van ΔR_g .

Aangetoond is wel dat de meetnauwkeurigheid een overheersende invloed heeft op de waarde ΔR_g .

Voor materiaal B is nogmaals een trekproef gedaan, nu echter werd een 0,001 mm meetklok gebruikt bij het meten van b en d.

Er werd getrokken tot aan de breuk. Fig. 6
Op blz. 9 is R_g als functie van δ_a weergegeven $\sqrt{}$ benevens R als functie van δ_a (oude gegevens, fig 5)

[Handwritten signature]

