

## De elastische nawerking bij buigen van plaat in V-vorm

**Citation for published version (APA):**

Zweekhorst, E. T. W. (1964). *De elastische nawerking bij buigen van plaat in V-vorm*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0108). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1964

**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](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

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

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.



**technische hogeschool eindhoven**

**laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek**

blz. 1 van 5 blz.

rapport nr. 108

rapport van de sectie: **Fabrikage-voorschriften**

codering:

titel: **De elastische nawerking bij buigen van plaat  
in V-vorm.**

F6 b7

auteur(s): **E. Zweekhorst**

trefwoord:

buigen

sectieleider: **E. Zweekhorst**

hoogleraar:

samenvatting Een voorstel tot verificatie van de  
afgeleide relatie

$$\psi = \frac{3\mu}{2} \frac{C_B}{r} \frac{1}{h}$$

prognose

datum:  
**31-8-64**

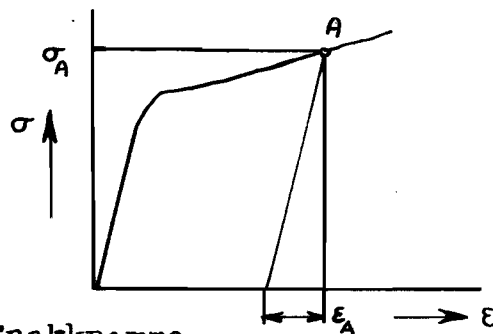
aantal blz. **5**

geschikt voor  
publicatie in:

geen bezwaar

De elastische nawerking bij buigen van plaat in V-vorm.

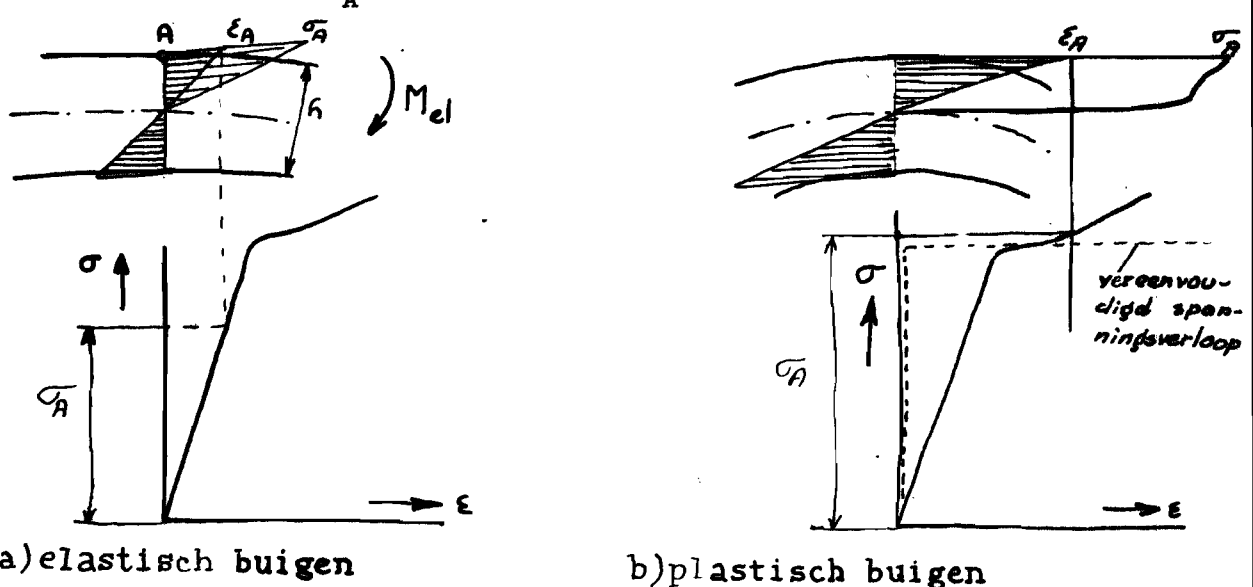
Bij het plastisch buigen is een gedeelte van de vervorming elastisch. Als de uitwendige belasting verdwijnt zal deze elastische vervorming worden opgeheven; het werkstuk veert terug. Als het gereedschap het werkstuk over  $90^\circ$  heeft gebogen, zal het na terugveren niet meer een hoek van  $90^\circ$  vertonen, maar een grotere hoek. Het werkstuk zal dus meer moeten worden gebogen, zodat de hoek na het terugveren precies  $90^\circ$  bedraagt. In de trekkromme van figuur 1 stelt  $\epsilon_A$  de grootte van de elastische rek voor als  $\sigma_A$  de spanning is.



Figuur 1 Trekkromme

Als de vereenvoudigde voorstelling van het spanningsverloop van figuur 2 wordt aanvaard, zal over vrijwel de gehele doorsnede van de plaat een elastische rek  $\pm \epsilon_A$  aanwezig zijn. Deze elastische rek is evenredig met een spanning:

$$\sigma = \epsilon_A E$$



figuur 2 Elastisch en plastisch buigen

Het moment dat deze spanningen uitoefenen op de plaat als de uitwendige belasting wordt weggenomen, is groot:

$$M = 2b \int_0^{\frac{1}{2}h} \sigma_A x dx = 2b \int_0^{\frac{1}{2}h} \epsilon_A E x dx = 2b \epsilon_A E \int_0^{\frac{1}{2}h} x dx = \frac{1}{4} b h^2 \epsilon_A E$$

als b de breedte van de plaat en h de plaatdikte voorstelt.

De spanning die bij het plastisch buigen over de gehele doorsnede optreedt, bedraagt misschien wat minder dan de waarde van de breekspanning van het materiaal, omdat breuk, noch scheuren optreedt. Het verschil is vermoedelijk gering, zodat voor  $\epsilon_A E$  kan worden ingevuld:

$$\epsilon_A E = \sigma_B$$

waarmee een uitdrukking voor het moment M is gevonden:

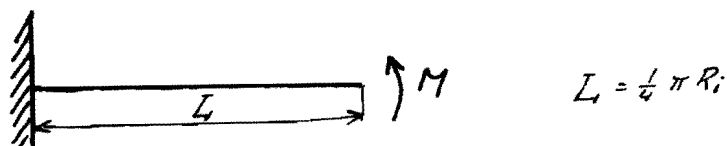
$$M = \frac{1}{4} b h^2 \sigma_B$$

zijnde het moment dat op het werkstuk wordt uitgeoefend, als de uitwendige belasting wordt weggenomen. Dit moment veroorzaakt de elastische nawerking.

Voor het bepalen van de grootte van de hoek waarover de plaat terugveert kan de elasticiteitsmechanica van de sterk gekromde balk worden benut. Dit komt neer op het toepassen van de formule:

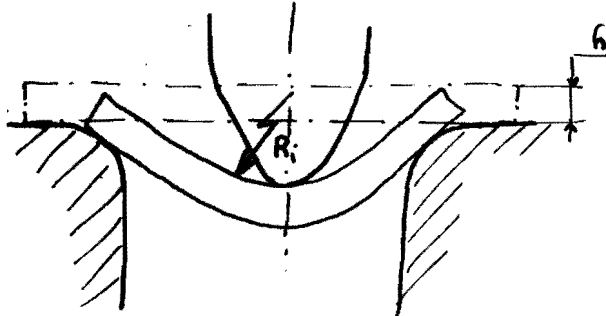
$$\varphi = \frac{M \cdot L}{E \cdot I}$$

die geldt voor de <sup>elastische</sup> hoekverdraaiing van een flauw gekromde balk, figuur 3. Voor L moet dan worden ingevuld



Figuur 3 Bepaling van de terugvering bij 90°-V buigen

$2 \times R_i / 4 \times 2$ , zijnde de helft van de boog van figuur 4, zodat de terugvering plaats vindt over  $\Delta \varphi$ :



Figuur 4 · Vrij buigen

$$\frac{1}{2} \Delta \varphi = \frac{M \cdot 2\pi R_i}{8EI} = \frac{\frac{1}{4} bh^2 \sigma_B \cdot 2\pi R_i}{8 E \frac{1}{2} bh^3}$$

Aangezien beide benen terugveren over  $\frac{1}{2} \Delta \varphi$  is de totale terugvering bij  $90^\circ$ -V-buigen te schatten op:

$$\Delta \varphi = \frac{3\pi}{2} \frac{\sigma_B}{E} \frac{R_i}{h}$$

We verwachten derhalve dat de terugvering geringer is naarmate de verhouding breeksterkte: elasticiteitsmodulus van het werkstukmateriaal geringer is en de verhouding van de buigstraal tot de plaatdikte afneemt.

Dit komt overeen met de tabellen die men in handboeken kan aantreffen. De numerieke waarde van de terugvering die men in deze tabellen kan aantreffen komt niet altijd overeen met die van bovenstaande formule.

Dit had ook niet mogen worden verwacht, gezien de talrijke aannamen welke voor de afleiding van de formule noodzakelijk waren.

## Voorbeeld.

Bepaal de terugvering bij 90°-V-buigen van 2 mm dik hard kMs67. De afrondingsstraal bedraagt  $R_i = 10$  mm.

Idem voor St 42.

## Oplossing

Voor St42 vindt men:

$$\Delta\varphi = \frac{3\pi}{2} \times \frac{42}{21000} \times \frac{10}{5} = 0,047 \text{ rad} = \text{circa } 3^\circ$$

op dezelfde wijze vindt men voor kMs67 :  $\Delta\varphi = 4^\circ$

Met behulp van handboeken vindt men in beide gevallen circa  $4^\circ$ .

Voorgenomen experimenten en onderzoek:

- a) Literatuur-onderzoek naar de gegevens over de terugvering bij 90°-V-buigen van plaat. Ingang: Bibliografie van bsw en en Oehler: Biegen.
- b) Experimentele verificatie van de invloed van  $\sigma_B$ , E,  $R_i$ , h. Gelijktijdig schrijven van de krachtweg-relatie op een trekbank.
- c) Experimentele verificatie (gelijktijdig) van de coëfficiënt  $\frac{3\pi}{2}$   
Materialen: St 40, St 60, Al zacht, Al hard, Ms 67 hard en zacht  
h = 0,5 tot 10 mm.

Dit onderzoek zal worden verricht als bijdrage tot "Fabrikagevoorschriften".