

## De invloed van spanningsarm gloeien op de vermoeiingssterkte van zware puntlassen

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

Overbeeke, J. L., & Draisma, J. (1978). De invloed van spanningsarm gloeien op de vermoeiingssterkte van zware puntlassen. *Lastetechniek*, 44(10), 182-187.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1978

**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.

# De invloed van spanningsarm gloeien op de vermoeiingssterkte van zware puntlassen

door ir. J.L. Overbeeke\* en ir. J. Draisma\*\*

## 1. Inleiding

Uit onderzoek naar de invloed van produktievariabelen [1] en de R-waarde [2] op de levensduur van zware gepuntlaste lapnaden is gebleken dat de relaties tussen de belasting  $F$ , de R-waarde en de levensduur  $N$  kan worden weergegeven door:

$$3,145 [\log F_{\max} + 0,83(1-R)] + \log N = 19,672 \quad (1)$$

Deze relatie geldt voor de R-waarden:  $-1 \leq R \leq 2/3$

In dit gebied treden nog geen waarneembare invloeden van scheursluiting op. Bij  $R = -2$  zijn indicaties gevonden die wijzen op scheursluitingseffecten. Een vervolgonderzoek naar mogelijke scheursluitingseffecten zou hebben kunnen gaan in de richting van nog lagere R-waarden of het beproeven van spanningsarm gegloeide proefstukken. In het eerste geval zouden waarschijnlijk een groot aantal schuifbreuken optreden zodat gekozen is voor spanningsarm gloeien.

Het beproevingsprogramma, hoewel niet zo uitgebreid als het voorgaande, heeft voldoende resultaten opgeleverd voor een betrouwbare analyse, zodat de resultaten van deze proeven op gepuntlaste lapnaden in spanningsarm gegloeide toestand in dit artikel worden besproken.

## 2. Proefstukken en beproevingsmachine

### 2.1 Materiaal

Voor de proeven is gebruik gemaakt van St56KF. Dit is een Si-Al gedeseoxydeerd fijnkorrelig staal. Het warmgewalste plaatmateriaal is betrokken van de Koninklijke Nederlandse Hoogovens. De mechanische eigenschappen en chemische analyse van het gebruikte materiaal zijn als volgt:

### Chemische analyse

C %	0,17-0,19
Si	0,45
Mn	1,30-1,60
P	0,018-0,019
S	0,015-0,025

### Mechanische eigenschappen

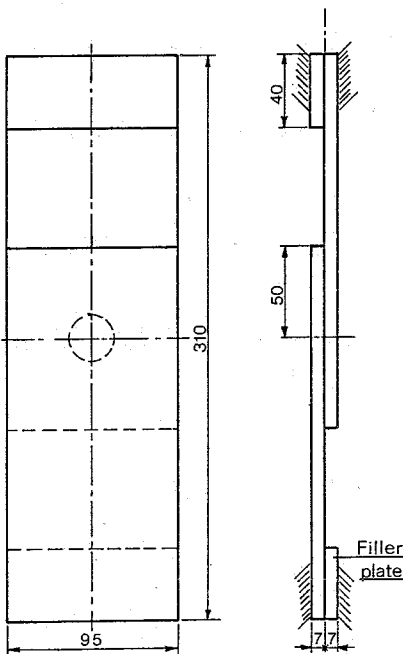
Rm, N/mm <sup>2</sup>	600-620
Rp, N/mm <sup>2</sup>	470-500
A (L <sub>0</sub> = 5d <sub>0</sub> ) %	30-32
Charpy V - 0 °C, ftlb	20
Buigproef 180° radius 1½ t.	

Het plaatmateriaal is voor het verwerken gebeitst. Alle proefstukken zijn voor het puntlassen behandeld met Sikkens M 70/25 zinkstof primer.

### 2.2 Puntlas gegevens

Machine	: British Federal puntlas machine met zwevende transformator en 2 lastangen
Elektrodediameter	: 25 mm
Elektrodedruk	: 20 kN
Open secundaire spanning	: 20 Volt
Normale lasstroom	: 22000 A
Lasperiode	: 5 sec.
Nadrukperiode	: 10 sec.
Laslens diameter	: 18 - 23 mm

● Fig. 1 Afmetingen van de proefstukken.



Dit rapport is een vertaling van:

J.L. Overbeeke en J. Draisma:

*The influence of stress relieving on the fatigue of heavy-duty spot welded lap joints. Welding Research International 7 (1977) 3.*

Microhardheidsproeven (HV 10), uitgevoerd op de doorsnedes van verschillende lassen, hebben aangetoond dat  $HV \leq 350$ .

### 2.3 Afmetingen proefstukken

De plaatdikte van de proefstukken bedroeg 7 mm, de lengte was 310 mm en de breedte 95 mm. De laslensdiameter was 18 - 23 mm. Om de excentriciteit van de lapnaad op te vangen is gebruik gemaakt van vulplaten, zie fig. 1. De inkleemkracht van de proefstukken in de bekken van de vermoeiingsmachine was zodanig hoog dat geen verschuiving tussen vulplaten en proefstuk is opgetreden.

### 2.4 Spanningsarm gloeien

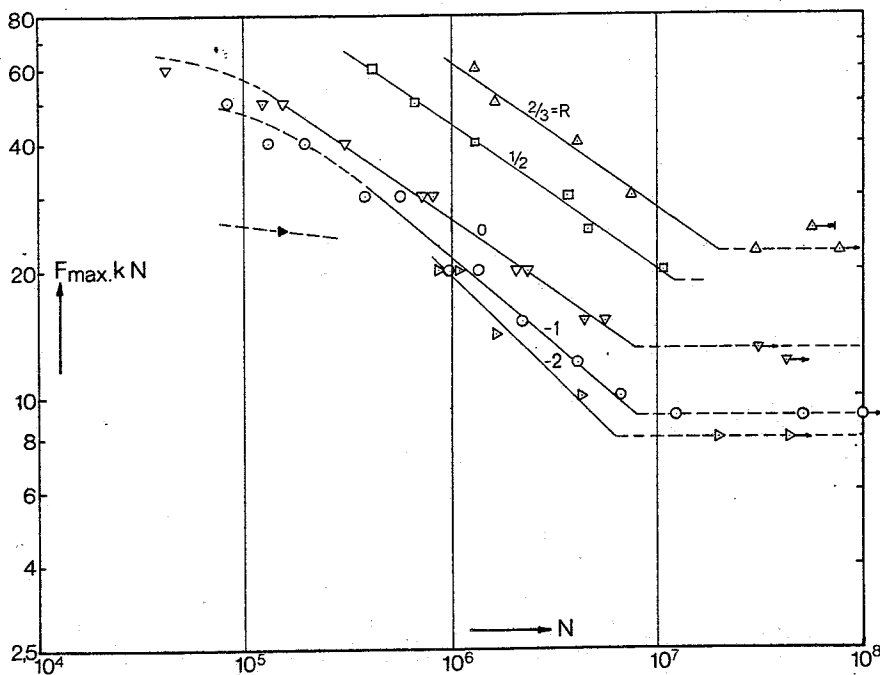
De proefstukken zijn spanningsarm gegloeid in een inerte atmosfeer (85% N<sub>2</sub> + 15% H<sub>2</sub>) bij 500 °C. De gebruikelijke procedure, te weten 1 uur spanningsarm gloeien en aansluitend afkoelen in rustige lucht gaf onvoldoende reproduceerbare resultaten in levensduur. Daarom zijn de proefstukken in een separate afgesloten ovenretort gegloeid. Deze retort werd na het spanningsarm gloeien geforceerd ge-

### Symbolen

C	constante
F	kracht of belasting, N
$\bar{F}$	effectieve belasting, zie verg (3)
$\Delta F$	slag, $F_{\max} - F_{\min}$
N	aantal wisselingen tot breuk
R	verhouding $F_{\min}/F_{\max}$
$\alpha, \gamma$	exponenten in hyperbolische betrekkingen (verg (2) en (5))
$\sigma$	standaard deviatie van de levensduur N.

\* Lab. voor de Constructieve Aspecten van Vermoeiing, afd. W, T.H. Eindhoven

\*\* Hoofd Centraal Laboratorium, DAF Trucks, Eindhoven



● Fig. 2 Levensduur van spanningsarm gegloeide proefstukken bij verschillende waarden van R. Het gesloten symbool geeft lensbreuk aan.

koeld, zodat na 3 uur de proefstuktemperatuur gedaald was tot 50 °C. Na het spanningsarm gloeien zijn onderstaande mechanische eigenschappen gemeten:

Treksterkte  $R_m = 600 - 610 \text{ N/mm}^2$   
 0,2 rekgrens  $R_p = 450 - 480 \text{ ,,}$   
 Rek bij breuk  $A = 29 - 30 \%$

De proefstaven zijn gehaald uit de gebroken proefstukken van het vermoeiingsonderzoek.

### 2.5 Beproevingmachine

Alle vermoeiingsproeven zijn uitgevoerd op een Amsler 10 HFP voorzien van een rekstrook dynamometer. De beproevingsfrequentie lag tussen de 160 en 200 Hz.

## 3. Beproevingresultaten

### 3.1 De $\log F_{max} - \log N$ vermoeiingsgrafieken

De levensduur bij constante amplitude belasting is bepaald bij 5 verschillende R-waarden, nl.:  $R = 2/3, 1/2, 0, -1$  en  $-2$ . De resultaten zijn uitgezet in fig. 2.

De vermoeiingsscheur gaat bij deze proefstukken normaliter uit van de rand van de laslens en groeit in het plaatmateriaal [1].

Bij  $R = -2$  en  $F_{max} = 25 \text{ kN}$  is echter één afschuifscheur door de laslens opgetreden. Verder blijkt het kennelijk lineaire verband tussen  $\log F$  en  $\log N$  niet te gelden voor de hoogste belastingen bij  $R = -1$  en  $R = 0$ .

Bij deze hoge belastingen werden de proefstukken iets opengetrokken waar-

door een zichtbare spleet ontstond. Dit verschijnsel trad niet op bij de ongegloeide proefstukken, zodat het moet worden geweten aan de invloed van het spanningsarm gloeien. De afwijking van het lineaire  $\log F - \log N$  verband zal waarschijnlijk hierdoor zijn veroorzaakt. De beproevingsresultaten zijn, met uitzondering van bovengenoemde, geanalyseerd op basis van:

$$\alpha \log F_{max} + \log N = C \quad (2)$$

De coëfficiënten van vergelijking (2) zijn bepaald met behulp van lineaire regressie. Ze zijn vermeld in tabel I en uitgezet in fig. 2. De helling van de  $\log F - \log N$  lijn is hierbij  $-\frac{1}{\alpha}$ .

Uit tabel I blijkt dat de hellingen bij  $R = 0$  en  $R = -1/2$  gelijk zijn ( $\alpha \approx 2,93$ ). Deze waarde wijkt slechts weinig af van de hellingen welke uit voorgaande proeven werden bepaald [1,2].

Voor  $R = 2/3$  kon geen lineaire regressie worden toegepast in verband met het geringe aantal beproevingsresultaten, doch de resultaten geven geen aanleiding tot aanname van een andere  $\alpha$ .

Bij negatieve R-waarden wordt de helling steeds steiler:

$$R = -1 : \alpha = 2,39$$

$$R = -2 : \alpha = 2,07$$

terwijl uit voorgaande proeven met niet-spanningsarm gegloeide proefstukken bij  $R = -2$ ,  $\alpha = 2,53$  werd gevonden.

De vermoeiingsgrenzen zijn met slechts een klein aantal "uitlopers" bepaald, en daarom in fig. 2 aangegeven door stippe lijnen. De vermoeiingsgrens bij  $R = 0$  was circa 12 kN, en is gelijk aan de vermoeiingsgrens uit [1]. Verder is, zoals ook al is gerapporteerd in [2], het aantal grenswisselingen zeer hoog en varieert van  $6 \times 10^6$  bij  $R = -2$  tot  $2 \times 10^7$  bij  $R = 2/3$ .

Tabel I Coefficients of  $\alpha \log F_{max} + \log N = C$

R-ratio	Number of specimens		$\alpha$	log C	$\sigma$	used ranges
	total	used <sup>1)</sup>				
$2/3$	7	4	(2.93)	(20.048)		
$1/2$	6	5	2.93	19.612	0.040	10%
0	12	9	2.92	18.914	0.052	13%
-1	13	7	2.39	16.377	0.062	15%
-2	6	4	2.07	14.886	0.057	14%

<sup>1)</sup> Number of specimens within the indicated ranges used for calculations.

3.2 De invloed van de R-waarde in fig. 3 is log  $F_{max}$  uitgezet tegen

$$\log(1-R) = \log \frac{F_{max} - F_{min}}{F_{max}} = \log \frac{\Delta F}{F_{max}} \text{ voor } N = \text{constant.}$$

In fig. 3 zijn voor de verschillende R-waarden dezelfde tekens gebruikt als in fig. 2, doch de punten zijn berekend uit verg (2) met behulp van tabel I.

Uit fig. 3 blijkt dat scheursluiting optreedt bij negatieve R-waarden. Dit wordt bevestigd door de aanwezigheid van oxydatie-producten op het midden gedeelte van de breukvlakken. Voor  $R = 0$  werden slechts enkele sporen van oxydatie gevonden. Uit deze figuur blijkt ook dat het negatieve deel van de belasting niet geheel door de breukvlakken wordt doorgeleid, want dan zouden de lijnen voor  $N = \text{constant}$  bij  $R < 0$  horizontaal moeten lopen.

#### 4. Analyse van de beproevingsresultaten

##### 4.1 Positieve R-waarden

In [2] is vastgesteld dat voor de niet-spanningsarm gegloeide puntlassen de volgende relatie geldt:

$$\bar{F} = F_{max} (1-R)^{0,83} \quad (3)$$

$\bar{F}$  is de effectieve belasting zoals die door Walker [3,2] is gedefinieerd. Omdat de mechanische eigenschappen door het spanningsarm gloeien nauwelijks veranderd zijn, mag worden aangenomen dat deze relatie (3) ook mag worden toegepast voor de spanningsarm gegloeide puntlassen. Vandaar dat in fig. 3 lijnen getrokken zijn volgens verg (3) uitgaande van de resultaten bij  $R = 1/2$ . De resultaten voor  $R = 2/3$  liggen ook op deze lijnen, doch die voor  $R = 0$  niet meer.

##### 4.2 Negatieve R-waarden

Anderzijds blijken voor een constante levensduur de resultaten voor  $R = -2$ ,  $R = -1$  en  $R = 0$  op één lijn te liggen. Hierdoor is de navolgende modificatie van verg (3) voor de hand liggend:

$$\log \bar{F} = \log F_{max} + \gamma(N) \log(1-R) \quad (4)$$

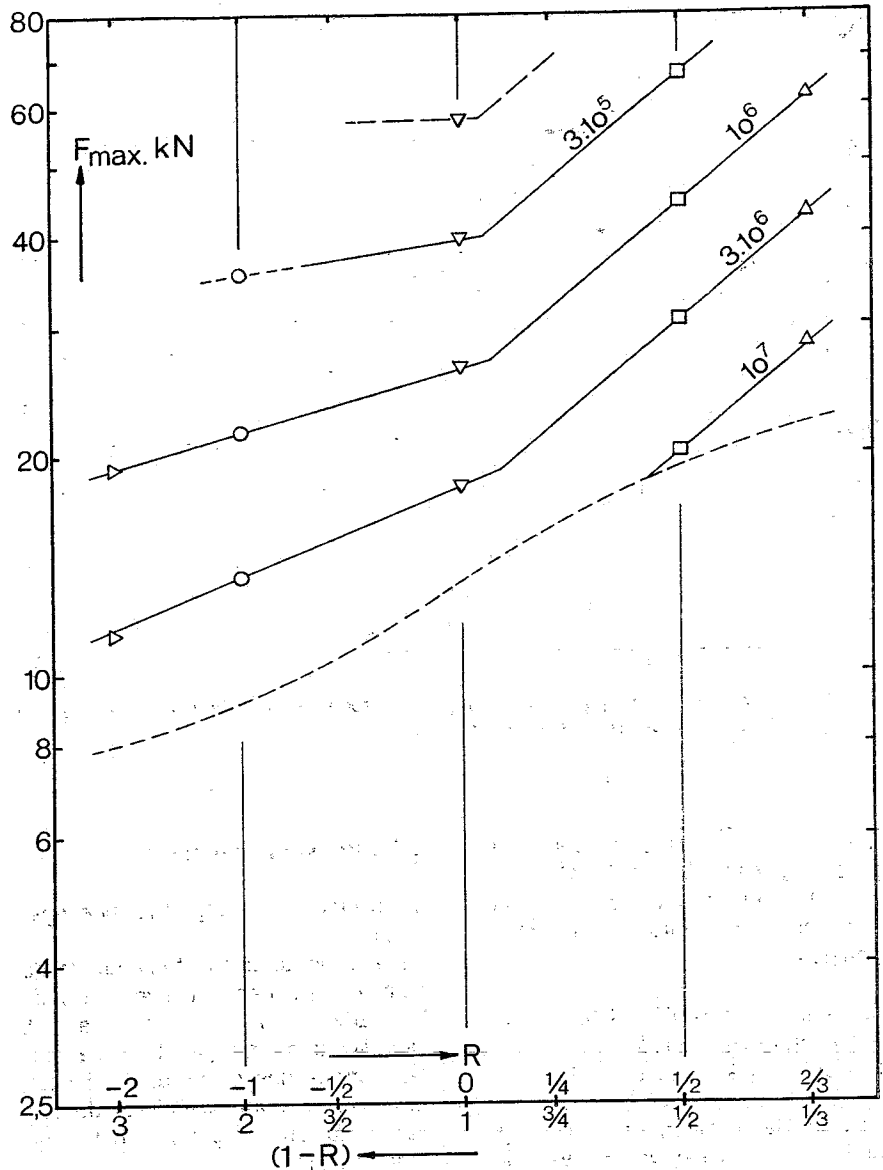
Zoals al eerder is opgemerkt, wordt niet het gehele negatieve deel van de belasting doorgeleid over de scheur, zodat een effectieve minimum belasting wordt gedefinieerd:

$$(F_{min})_{eff} = (R F_{max})_{eff} = R_{eff} F_{max}$$

Door  $R$  te vervangen door  $R_{eff}$  in vergelijking (3) volgt voor verg (4):

$$0,83 \log(1-R_{eff}) = \gamma(N) \log(1-R) \quad (5)$$

Deze vergelijking geeft aan dat de effectieve R-waarde,  $R_{eff}$ , een functie is van de nominale R-waarde.



● Fig. 3 Relatie tussen  $F_{max}$  en  $\log(1-R)$  bij constante levensduur. De symbolen corresponderen met de lijnen van fig. 2.

Wanneer  $\gamma$  uitgezet wordt als functie van  $\log N$ , zie fig. 4, blijkt dat een eenvoudig lineair verband reeds voldoet  $\gamma = 0,260(\log N - 4,86)$  (6) Daardoor kan vergelijking (5) worden omgewerkt tot:

$$\log(1-R_{eff}) = 0,313(\log N - 4,86) \log(1-R) \quad (5a)$$

##### 4.3 Het begin van scheursluiting

Uit fig. 3 blijkt dat scheursluiting optreedt bij  $R \leq 0,1$  en niet bij  $R = 0$  zoals in eerste benadering kan worden verwacht.

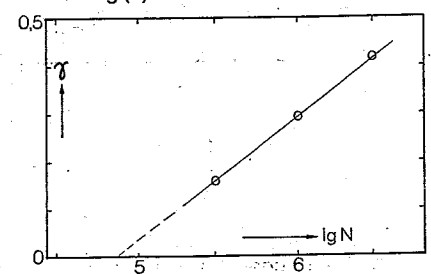
De mogelijke oorzaken hiervan zijn:

- nog resterende residuele spanningen
- plastische vervorming bij de breukvlakken, waardoor deze al bij kleine positieve belastingen op elkaar stuiten. [4].

##### 4.4 Het complete $F-R-N$ diagram

Door de voorgaande vergelijkingen te combineren gelden onderstaande relaties tussen  $F$ ,  $R$  en  $N$  voor het gehele onderzochte gebied.

● Fig. 4  $\gamma$  als functie van  $\log N$ , zie verg (6).



Verg (2) en (3) met  $\alpha$  uit tabel I voor  $R > 0,1$ :

$$2,93 [\log F_{\max} + 0,83 \log (1-R)] + \log N = 18,88 \quad (7)$$

Verg (4), (6) en (2) voor  $R \leq 0,1$ :

$$2,93 [\log F_{\max} + 0,260 (\log N - 4,86) \cdot \log (1-R)] + \log N = 18,95 \quad (8a)$$

Deze laatste vergelijking kan wat worden omgewerkt zodat de afname van de hellingshoek beter zichtbaar wordt:

$$2,93 [\log F_{\max} - 1,26 \log (1-R)] + [1 + 0,762 \log (1-R)] \log N = 18,95 \quad (8b)$$

Opgemerkt moet worden dat  $\alpha = 2,93$  geen constante is maar afhangt o.a. van de omgevingsinvloeden [1].

Een goede benadering is  $\alpha = 3,0$ , welke waarde ook wordt opgegeven door Barsom [5] voor scheurgroei in perlitische stalen en door Maddox [6] voor scheurgroei in ongelegerd staal en lasmetaal. Volgens Walker [3] zou echter in verg (3) de effectieve belasting  $\bar{F}$  niet beïnvloed worden door omgevings-effecten.

## 5. Discussie

### 5.1 Scheursluiting

Uit scheurgroeiingen blijkt [7,8] dat bij aluminium- en titaanlegeringen scheursluiting optreedt voor R-waarden kleiner dan ca. 0,3.

Schmidt en Paris [9] hebben bij A533- en T1-staal en bij 2024-T3 aluminium gevonden dat sterke scheursluitings-effecten optreden in de buurt van de drempelwaarde van de spanningsintensiteitsfactor (stress intensity threshold value, welke de vermoeiingsgrens van een gescheurd proefstuk aangeeft) voor R-waarden kleiner dan ca. 0,5.

De scherpe overgang bij  $R = 0,1$  in fig. 3, volgend uit de verg (7) en (8), zal in werkelijkheid echter meer geleidelijk verlopen. Er zal een overgangsgebied zijn tussen, stel  $R = 0$  en  $R = 0,25$ , waarbij laatstgenoemde waarde zo ongeveer het begin van scheursluiting zal aangeven.

Bij het vergelijken van verschillende waarden voor het begin van de scheursluiting zoals deze in de literatuur worden vermeld, dient men er rekening mee te houden dat de voorgeschiedenis van de spanningsintensiteitsfactor een zeer grote invloed kan hebben op scheursluitingseffecten en op de scheurvorm.

### 5.2 Scheursluitingseffecten

Alle in het voorgaande hoofdstuk aangehaalde gegevens zijn afkomstig van proefstukken met centrale scheur of van CT-proefstukken (Compact Tens-

ion) onder modulus I scheurgroei-condities.

Bij de beproefde puntlassen groeien, voor een groot deel van de levensduur, de scheuren onder een hoek van 60-70° t.o.v. het plaatoppervlak. Dit wordt veroorzaakt door de excentrische, lokale belasting ter plaatse van de laslens.

Ofschoon de spanningsintensiteit van de groeiende scheur niet bekend is, zal het duidelijk zijn dat een gecombineerde modulus werkzaam is. Modus I veroorzaakt hameren en modus II en/of III zullen slijtage veroorzaken door het overelkaar glijden van de breukvlakken. De gevolgen van hameren en slijtage moeten uiteraard afhankelijk zijn van de vloeigrens en de mogelijkheid tot versteviging van het gebruikte materiaal. Verder zijn het aantal contacten - d.w.z. de levensduur - en de hoogte van het negatieve deel van de belasting,  $R \cdot F_{\max}$ , belangrijk voor het eindeffect, zoals blijkt uit de hellingverandering bij negatieve R-waarden.

### 5.3 Model voor scheursluitings-effecten

Dit model is als volgt opgebouwd, zie fig. 5.

Bij korte levensduren is de invloed van scheursluiting groot en de invloed van het negatieve deel van de belastingcyclus verwaarloosbaar.

De  $\log F_{\max} - \log N$  lijn voor  $R=0$  zal als asymptoot gelden voor zeer korte levensduren. Omgekeerd heeft, bij zeer

lange levensduren dicht bij de vermoeiingsgrens, scheursluiting slechts een beperkte invloed.

Bij extrapolatie van N tot ver voorbij de knik in de  $\log F - \log N$  kromme zou de invloed van scheursluiting dus moeten verdwijnen. Dit is schematisch weergegeven in fig. 5.

Hoewel een mathematische benadering van de asymptoten én het middengebied zonder meer mogelijk is (b.v. met behulp van  $y = \tanh^{-1}x$ ), is dit weinig zinvol zonder aanvullende gegevens van b.v. scheurgroeioproeven.

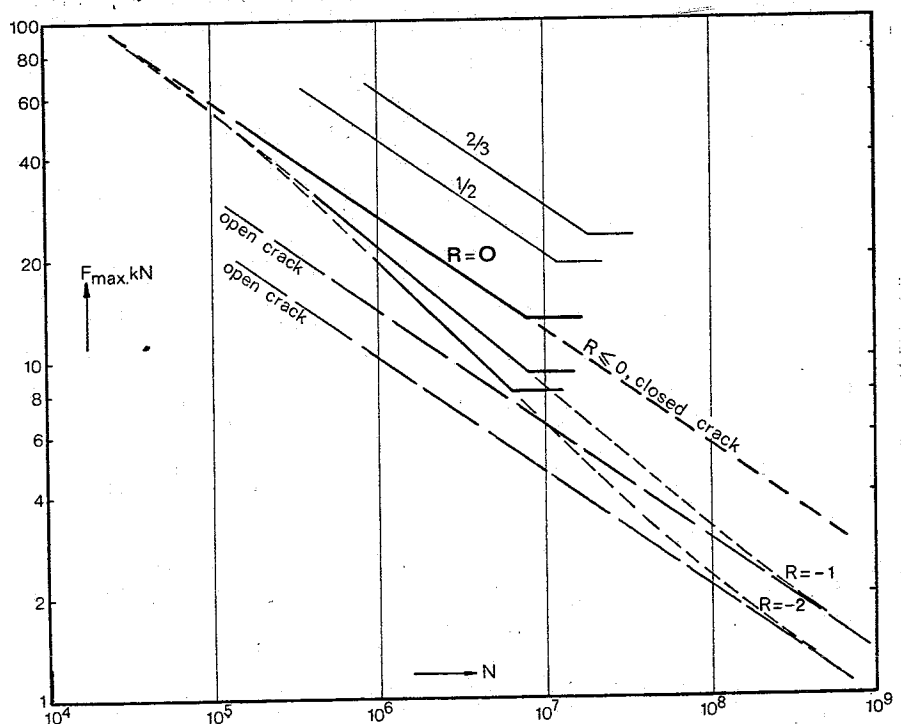
### 5.4 Vergelijking met de niet gegloeide proefstukken

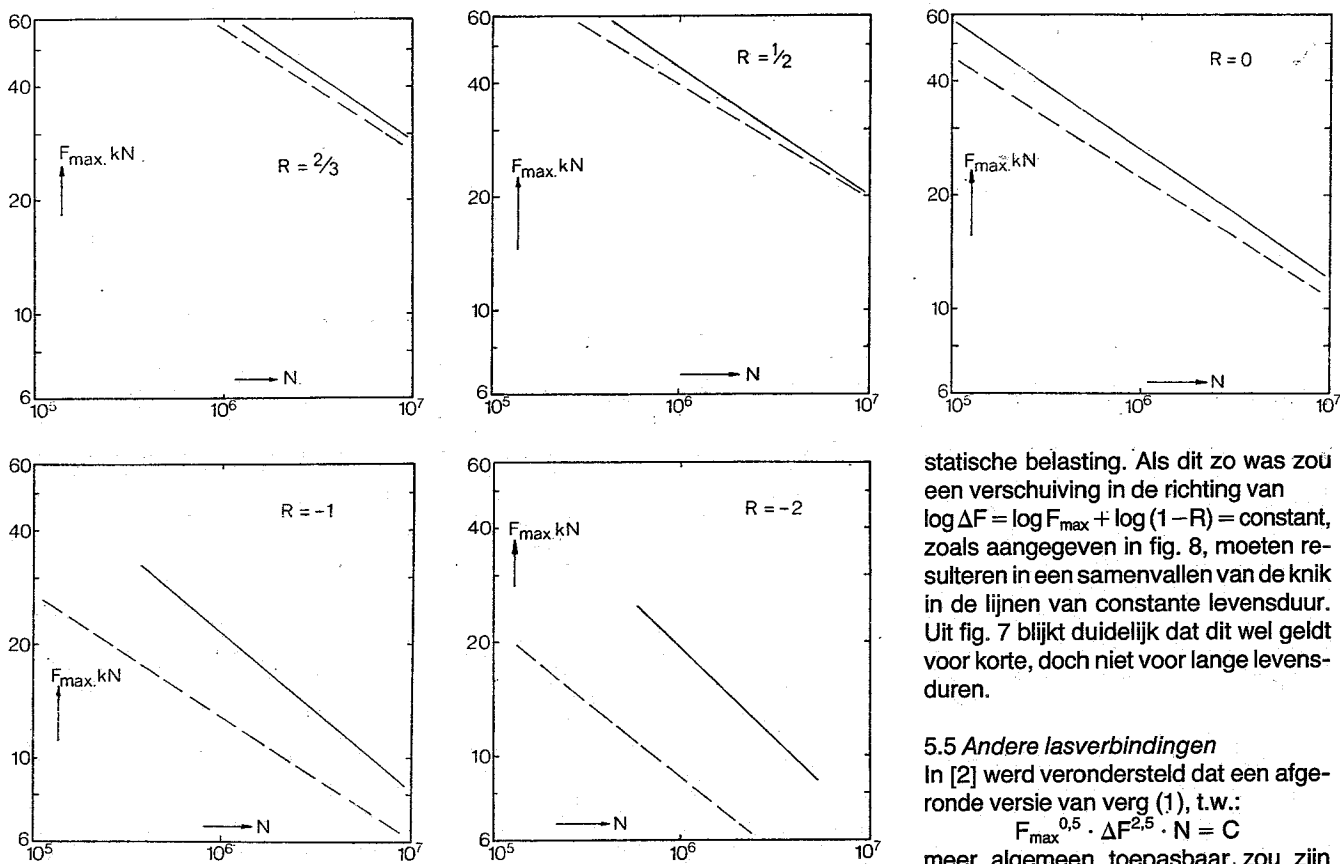
Door de resultaten van de spanningsarm gegloeide proefstukken te vergelijken met die van de ongegloeide [2], zie fig. 6, blijkt voor  $R < 0$  duidelijk de invloed van het spanningsarm gloeien.

Teneinde de verschillen te analyseren in termen van statische belastingen zijn de resultaten van de ongegloeide proefstukken, zoals gegeven door verg (1), en de spanningsarm gegloeide, zoals beschreven door de verg (7) en (8), weergegeven in fig. 7.

Bij positieve R-waarden en bij gelijke levensduur is het verschil 5 - 15%  $F_{\max}$ . Voor negatieve R-waarden worden de verschillen groter bij afnemende R. Men kan zich afvragen of het mogelijk is de inwendige lasspanningen te benaderen door superpositie van een externe

● Fig. 5 Transitie van een volledig gesloten scheur naar een volledig open scheur in afhankelijkheid van de levensduur.





● Fig. 6 De invloed van spanningsarm gloeien op de levensduur.  
 --- als gelast  
 — na spanningsarm gloeien.

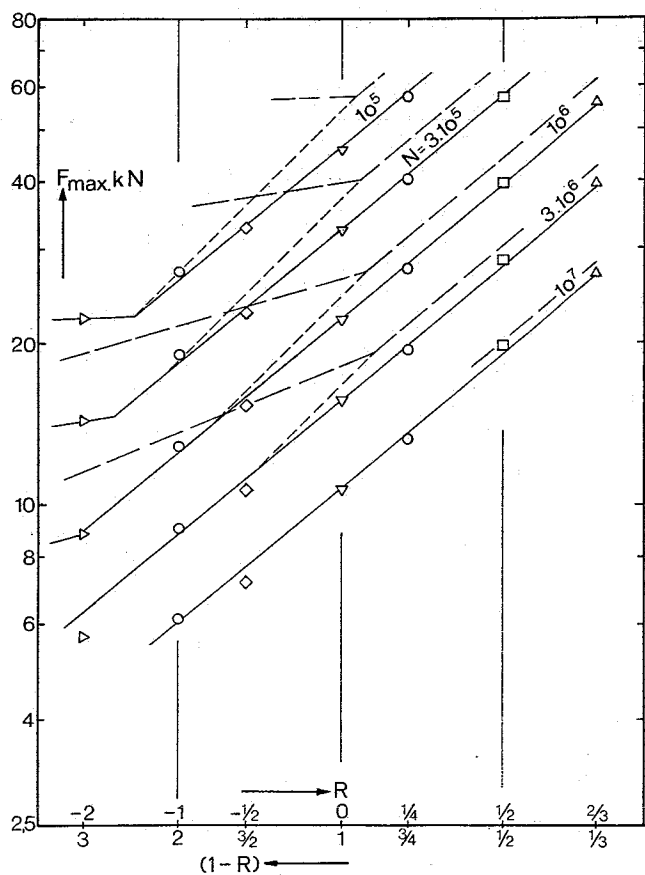
statische belasting. Als dit zo was zou een verschuiving in de richting van  $\log \Delta F = \log F_{\max} + \log (1-R) = \text{constant}$ , zoals aangegeven in fig. 8, moeten resulteren in een samenvallen van de knik in de lijnen van constante levensduur. Uit fig. 7 blijkt duidelijk dat dit wel geldt voor korte, doch niet voor lange levensduren.

#### 5.5 Andere lasverbindingen

In [2] werd verondersteld dat een afgeronde versie van verg (1), t.w.:

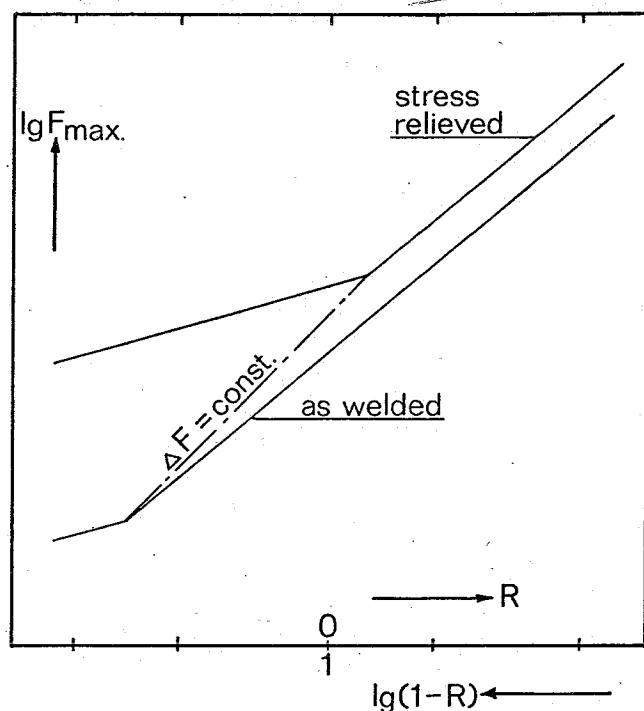
$$F_{\max}^{0.5} \cdot \Delta F^{2.5} \cdot N = C$$

meer algemeen toepasbaar zou zijn voor ongelegeerd staal. Ofschoon scheurgroeiingen aan ongelegeerd staal [10,11] ook laten zien dat scheur-sluiting slechts ten dele effectief is bij



● Fig. 7 De invloed van residuele lasspanningen op  $F_{\max}$  voor constante levensduur.  
 --- als gelast  
 — na spanningsarm gloeien.

● Fig. 8 De mogelijke invloed van residuele lasspanningen (zie tekst).



negatieve R-waarden, zijn de in dit rapport vermelde resultaten strikt genomen alleen geldig voor de hier beproefde puntlasverbinding.

In principe zal ieder type lasverbinding zijn eigen scheursluitingspatroon opleveren afhankelijk van geometrie, belastingstype, scheurmodus, levensduur en materiaal. Desalniettemin zal het in dit geval waargenomen gedrag, te weten: afnemende scheursluitingsinvloeden met toenemende levensduren en een dienovereenkomstige verandering van de helling van de  $\log F_{\max} - \log N$  lijn, waarschijnlijk typisch zijn voor verbindingen waarbij de kracht-inleiding zeer lokaal is.

Vanuit dit gedrag zouden een aantal van

de gerapporteerde verschillen in helling van de  $\log F - \log N$  lijnen van lasverbindingen [12] kunnen worden verklaard vanuit inwendige spanningen en scheursluitingseffecten.

### 6. Conclusies

Uit dit en voorgaande onderzoeken naar het vermoeiingsgedrag van puntlasverbindingen kan worden geconcludeerd:

1. Wanneer geen scheursluiting plaats vindt, kan het F-R-N diagram in eerste benadering worden weergegeven door:

$$[F_{\max} (1-R)^{0,83}]^3 N = \text{constant}$$

2. Bij spanningsarm gegloeide puntlassen is invloed van scheursluiting merkbaar beneden  $R \approx 0,1$ .

Bij ongegloeide proefstukken wordt deze invloed eerst merkbaar bij  $R \leq -1$ .

3. Scheursluitingseffecten zijn afhankelijk van R-waarde en levensduur. Zij kunnen grote veranderingen veroorzaken in de helling van de  $\log F - \log N$  lijnen.

Een levensduur afhankelijke relatie tussen  $R_{\text{eff}}$  en R werd afgeleid.

4. De invloed van residuele lassungspanningen kan, behalve bij zeer korte levensduren, niet worden vervangen door een extra statische belasting.

5. De bovenvermelde conclusies kunnen ook geldig zijn voor sommige andere gelaste verbindingen.

## Referenties

1. *Overbeeke J.L. and J. Draisma*: Fatigue characteristics of heavy-duty spotwelded lapjoints. *Metal Constr. and British Welding Journal* 6 (1974) p. 213-219.
2. *Overbeeke, J.L.*: Fatigue of spotwelded lapjoints. *Metal Construction* 8 (1976) p. 212-215.
3. *Walker, K.*: The effect of stress ratio during crack propagation and fatigue for 2024-T3 and 7075-T6 aluminum. *ASTM-STP 462* (1970) p. 1-14.
4. *Elber, W.*: The significance of fatigue crack closure. *ASTM-STP 486* (1971) p. 230-242.
5. *Barsom, J.M.*: Fatigue crack propagation in steels of various yield strengths. *Proc. First National Congress on Pressure Vessels and Piping, Paper 71-PVP-12, ASME, 1971.*
6. *Maddox, S.J.*: Assessing the significance of flaws in welds subject to fatigue. *Welding Research Supplement, Sept. '74, p. 401-409.*
7. *Katcher, M. and M. Kaplan*: The effect of R-factor and crack closure on fatigue crack growth for aluminum and titanium alloys. *ASTM-STP 559* (1974) p. 264-282.
8. *Shih, T.T. and R.P. Wei*: A study of crack closure in fatigue. *Eng. Fracture Mechanics* 6 (1974) p. 19-32.
9. *Schmidt, R.A. and P.C. Paris*: Threshold for fatigue crack propagation and the effects of load ratio and frequency. *ASTM-STP 536* (1973) p. 79-94.
10. *Tabeshfar, K. and T.R.G. Williams*: Analysis of crack propagation data for a strain ageing and a stabilized mild steel tested under  $R = 0$  and  $R = -1$  loading conditions. *J. of Sound and Vibration* 35 (1974) p. 129-138.
11. *Maddox, S.J.*: The effect of mean stress on fatigue crack propagation. A literature review. *Int. Journal of Fracture*, 11 (1975), 3, p. 389-408.
12. *Guernsey, T.R. and S.J. Maddox*: A re-analysis of data for welded joints in steel. *Welding Institute Report E/44/72 (IIW-Doc XIII-665-72).*

## P. van Leeuwen Jr.'s Buizenhandel B.V.

Zeer recent heeft Van Leeuwen Buizen – Zwijndrecht haar nieuwe keuringspaviljoen in gebruik genomen.

Het voordeel van dit nieuwe onderkomen is, dat er thans – centraal – alle gewenste inspecties en keuringen, in eigen beheer, kunnen worden uitgevoerd.

De leveringstijd wordt hierdoor tot een minimum teruggebracht. Tot de mogelijkheden behoren onder andere het nemen van trekproeven bij verhoogde temperatuur en kerfslagproeven bij verlaagde temperatuur.

In de keuringshal vindt tevens het non-destructief onderzoek plaats t.w. het magnetisch, ultrasoon en röntgen-onderzoek. De chemische analyses worden in een afzonderlijke ruimte uitgevoerd. Ook voor las-onderzoek of voor proeven op plaatmateriaal kan men thans bij Van Leeuwen Buizen terecht. Alle keuringen geschieden onder toezicht van de bekende classificatiebureaus.

Voor belangstellenden is een uitvoerige brochure beschikbaar.

- Gedeelte van het laboratorium waar alle mechanische en chemische proeven genomen kunnen worden.

