

25.3.2.2 REDUKTIONSSCHEMA FÖR HÅLLFASTHETSDIAGRAMMET

Ämnesstorlek	Anvisningsverkan och Storleksberoende	Ytbeskaffenhet	
Gjuten produkt λ enligt diagram för teknologisk dimensionsfaktor annars $\lambda = 1$	Anvisning finns	Faktorn K_r erhålls ur diagram som beaktar ytfinhet och materialets brottspänning	
	$K_t \neq 1$ $K_f = 1 + q(K_t - 1)$ se kommentar om dragtryck sidan 293		Storleksberoende innefattas via q som beror av kälradien $K_d = 1$
	Anvisning saknas (Lokal spänning beräknad med t.ex. FEM)		
	Drag K_d kan beaktas enligt Weibull men detta utelämnas vanligen vid måttlig storlek Böj- vrid- last K_d erhålls enligt Kuhn och Hardrath ur figur 25.10		
Total reduktion sker med faktorn $\lambda / (K_f K_d K_r)$ vid konstant σ_m så att (σ_m, σ_a) reduceras till $(\sigma_m, \sigma_a \frac{\lambda}{K_f K_d K_r})$ Andra reduktionsstrategier förekommer vilket diskuteras i referenslitteraturen			

25.3.2.3 BEDÖMNING AV SÄKERHET MOT UTMATTNING

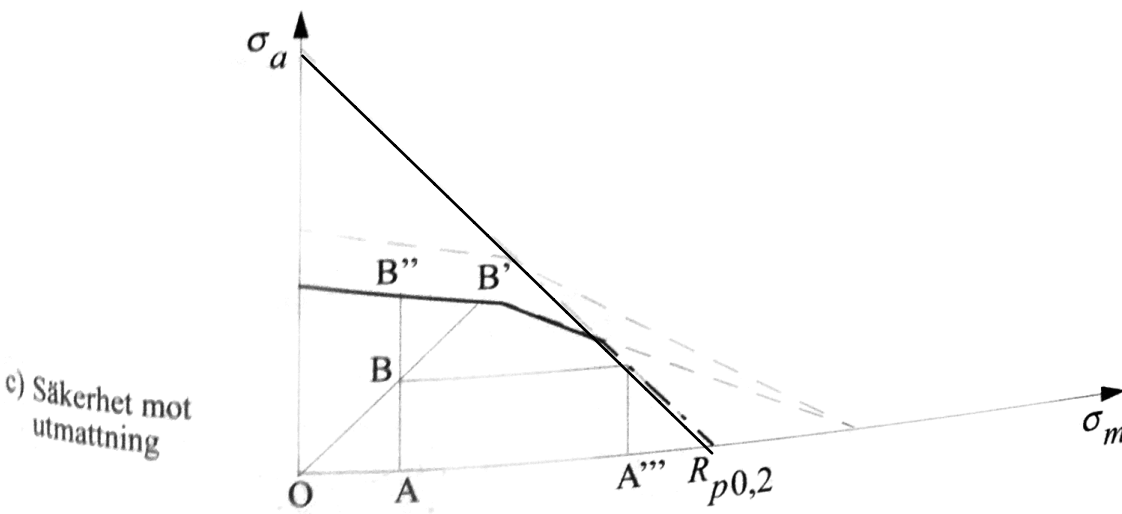
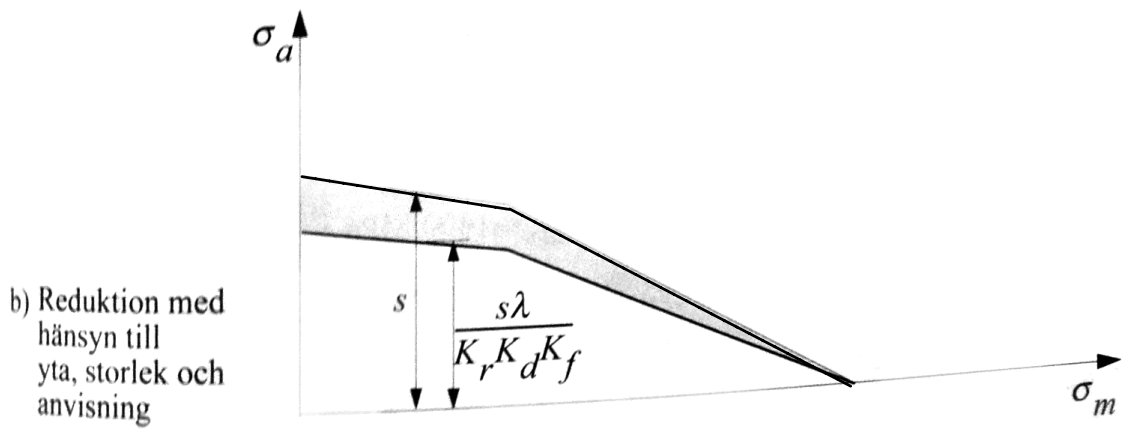
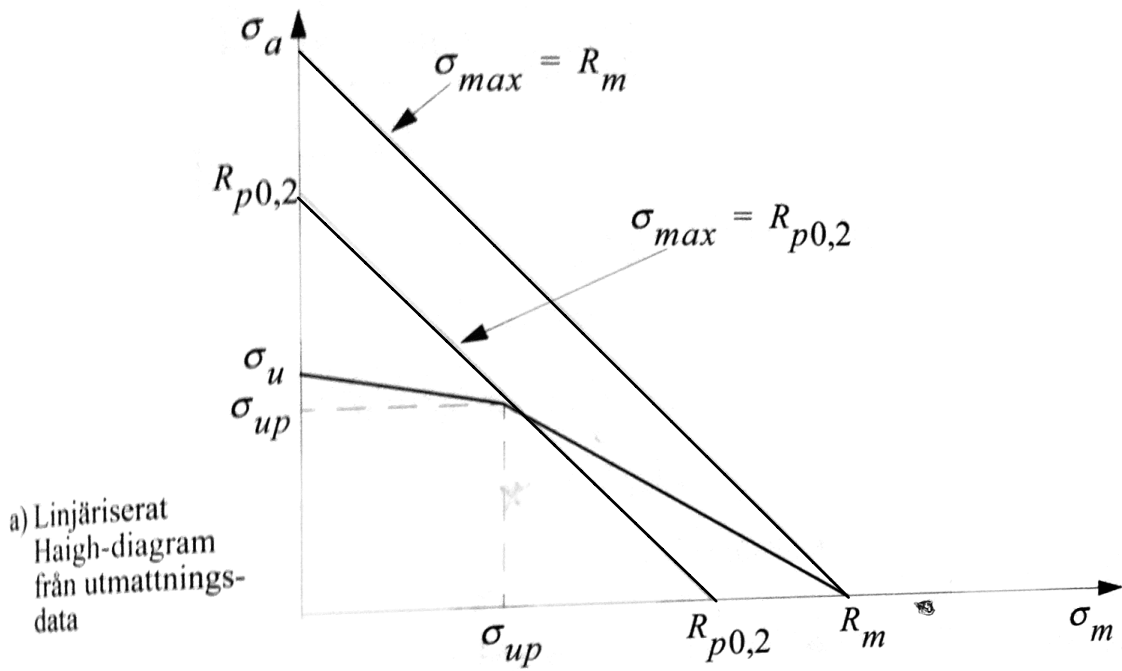
Den lokala mittspänningen och spänningsamplituden, arbetspunkten, läggs in i diagrammet för bedömning av säkerheten mot utmattning, figur 25.6.c. Om maximala spänningen $\sigma_m + \sigma_a$ överstiger sträckgränsen $R_{p0.2}$ kan en fiktiv arbetspunkt markeras med mittspänningen $\sigma_m = R_{p0.2} - \sigma_a$. Orsaken till detta är att gynnsamma egenspanningar uppkommer lokalt efter plasticering.

I det reducerade diagrammet, som avser utmattningsgränsen med brottsannolikheten 50%, visar arbetspunktens läge om säkerhet mot utmattning föreligger. Säkerheten definieras som förhållandet mellan den last som ger utmattning och den aktuella lasten.

Säkerhet mot ökande σ_a vid $\sigma_m = \text{konstant}$ ges av $n_a = B''A/BA$

Säkerhet mot ökande σ_m vid $\sigma_a = \text{konstant}$ ges av $n_m = A'''O/AO$

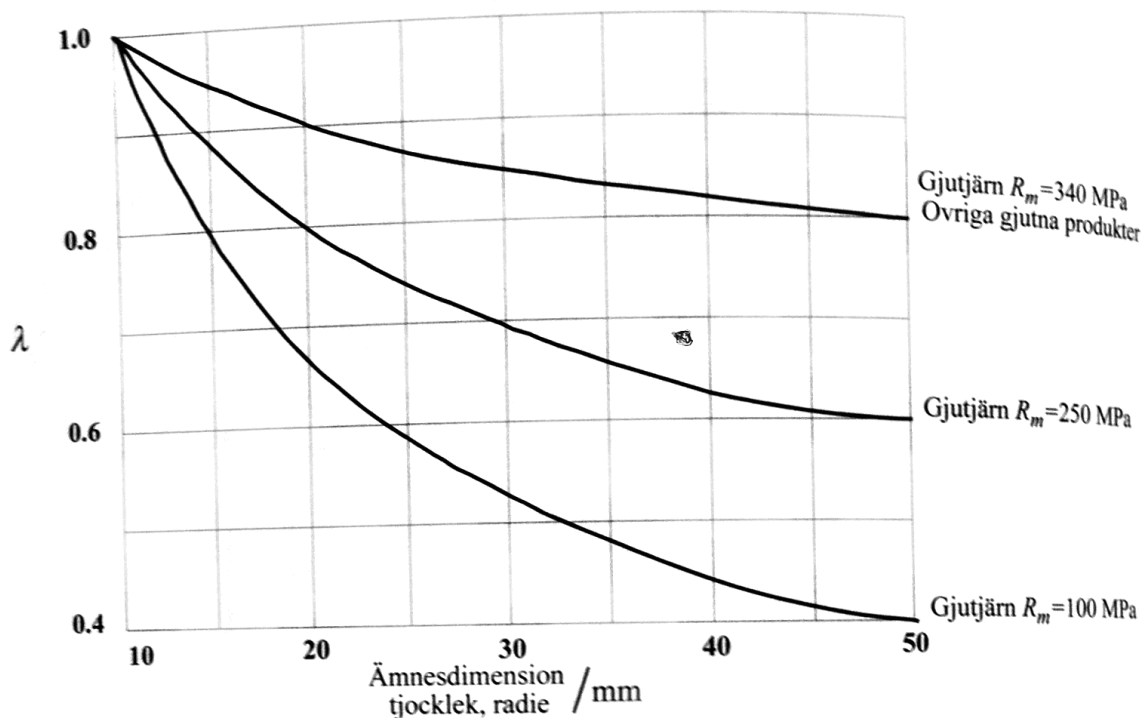
Säkerhet mot ökande (σ_m, σ_a) vid konstant R ges av $n_R = B'O/BO$



Figur 25.6 Dimensioneringsförfarande med Haigh-diagram

Teknologiskt volymsberoende

Utmattningshållfastheten minskar i allmänhet med ökande ämnesdimension, s.k. teknologiskt volymsberoende. Värdet på utmattningshållfastheten bör därför reduceras med den teknologiska dimensionsfaktorn λ som visas i figur 25.7 för gjutna produkter. För valsade och smidda produkter sker framställningen numera med sådan kvalitet att materialegenskaperna inte försämras.



Figur 25.7 Teknologisk dimensionsfaktor λ för gjutna produkter

Anvisningsverkan

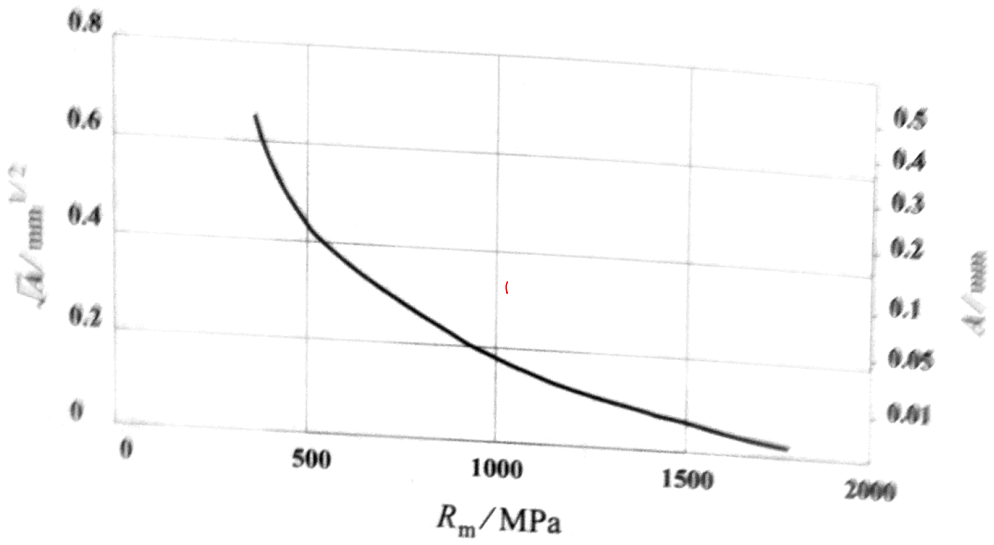
Vid lokala dimensionsändringar, anvisningar, uppträder spänningskoncentrationer. Den maximala spänningen kan ibland beräknas utgående från nominell påkänning och en elasticitetsteoretisk förmfaktor K_f enligt kapitel 32. Ibland måste maximala spänningen beräknas numeriskt t.ex. med FEM. I det senare fallet erhålls inte någon nominell spänning. Därför behandlas detta fall som om anvisning inte föreligger.

Anvisningens inverkan på utmattningshållfastheten anges med en *anvisningsfaktor* K_f som definieras av

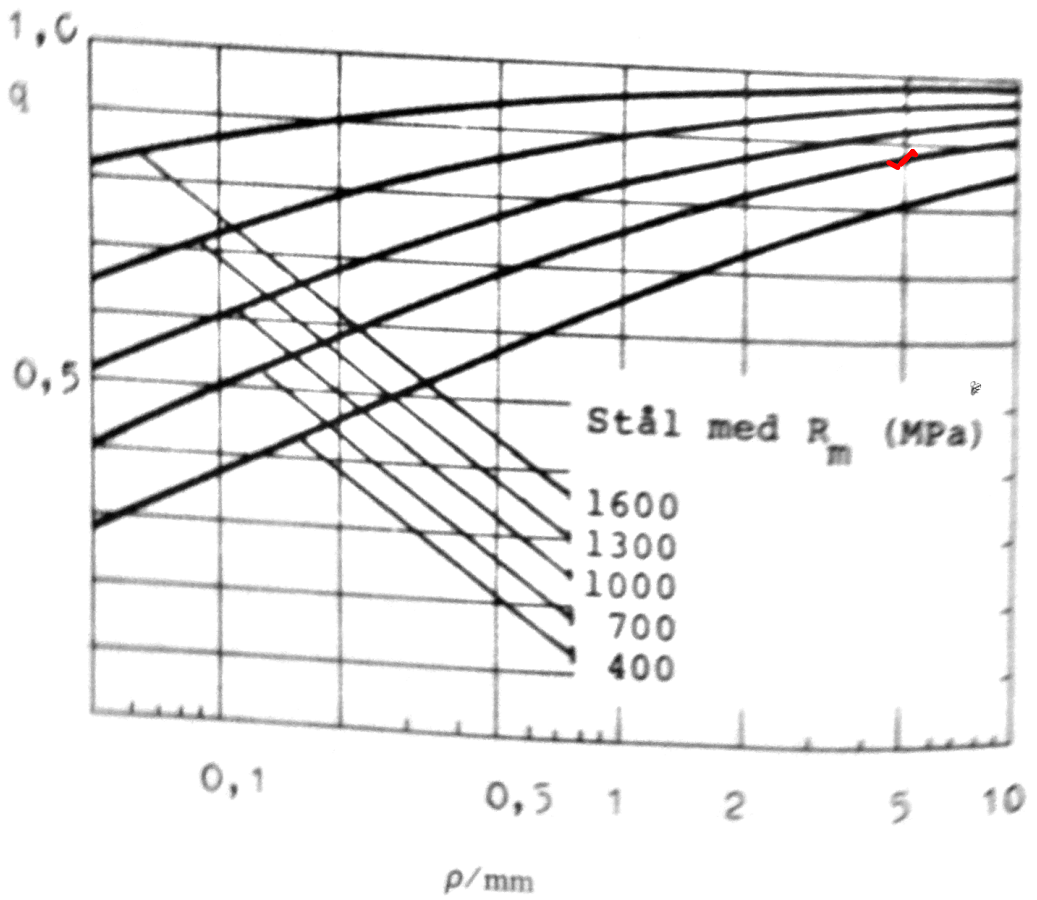
$$K_f = \frac{\text{Utmattningshållfasthet hos stav utan anvisning}}{\text{Utmattningshållfasthet hos stav med anvisning}} \quad (25.2)$$

Närmare preciserat skall här användas

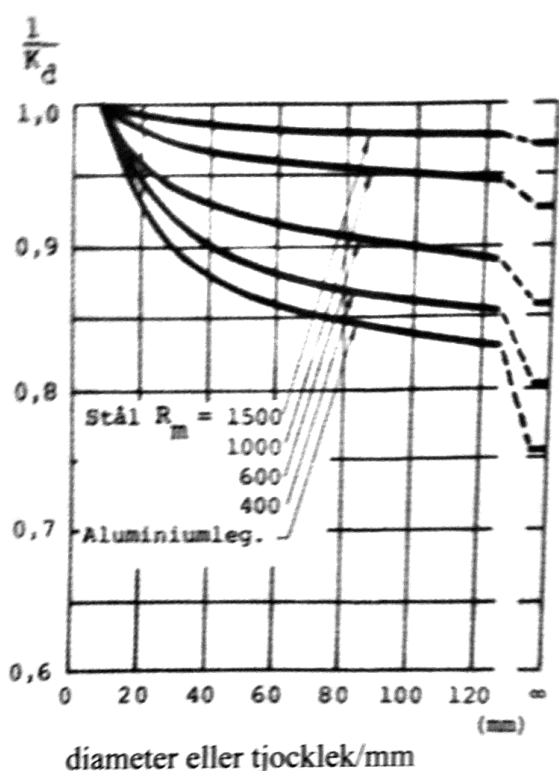
$$K_f = \frac{\sigma_a, \text{ utan anvisning}}{\sigma_a, \text{ med anvisning}} \quad \text{vid samma } \sigma_m \text{ och } N \quad (25.3)$$



Figur 25.8 Elementarradie A (Neuberkonstanten) för stål som funktion av R_m (enligt Kuhn och Hardrath NACA TN 2805)



Figur 25.9 Kalkkänslighetsfaktor q för stål



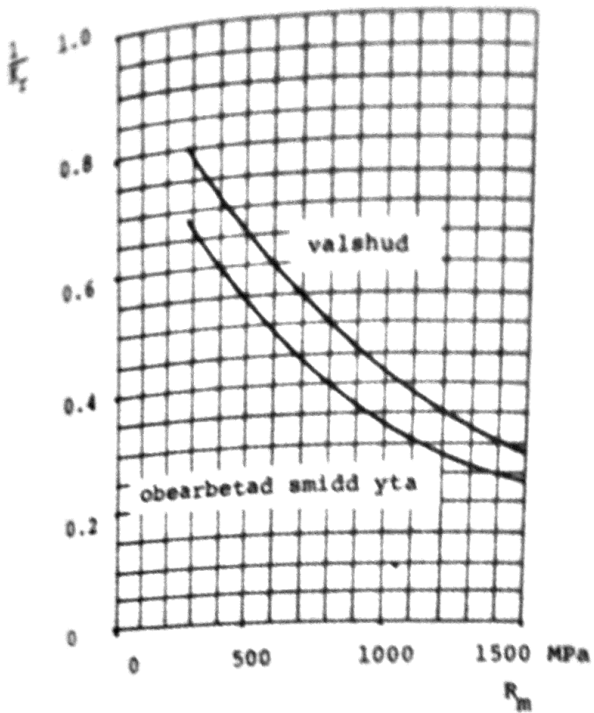
Figur 25.10 Geometrisk volymfaktor för böj- och vridbelastning

Inverkan av ytojämnheter K_r

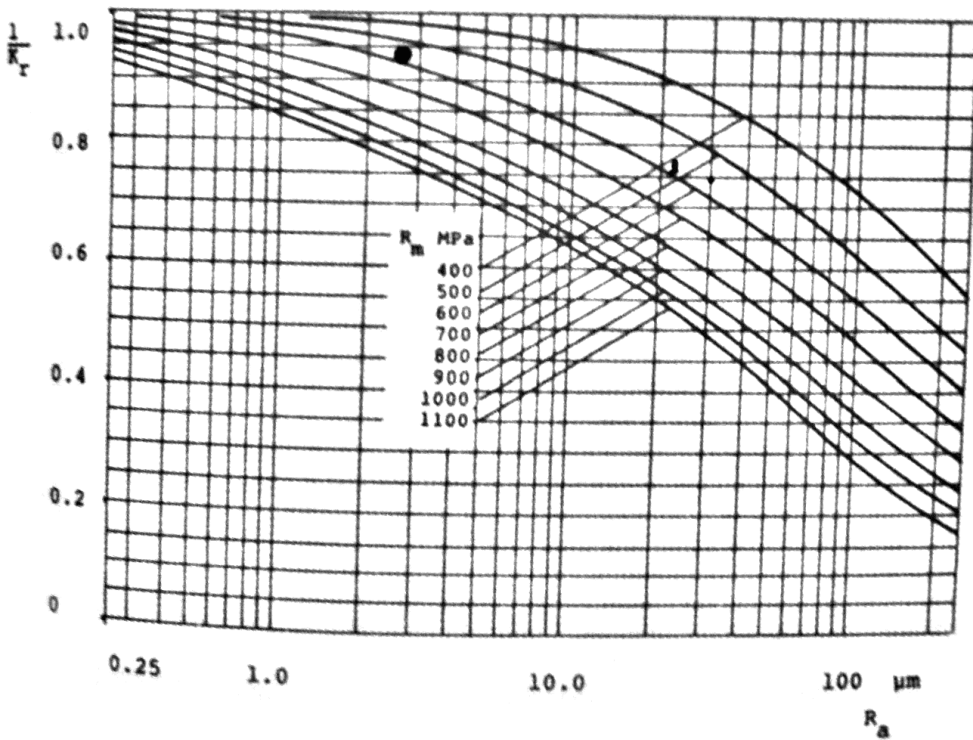
Utmattningssprickor initieras ofta i ytan av kroppen och ytbeskaffenheten (ytjämnheter, restspänningar, sammansättning och metallografisk struktur) är av stor betydelse. Gynnsamt är hög ytfinhet, tryckspänningar i ytan från plastisk bearbetning eller värmebehandling. Ytbeläggningar kan sätta ned den nominella utmattningshållfastheten, även om de förbättrar den i vissa avseenden t.ex. genom att förhindra korrosion. Nötning, nötningskorrosion, spänningsskorrosion sänker utmattningshållfastheten.

Hänsyn till yteffekter tas genom *ytfaktorn* K_r som för stål bestäms ur figur 25.11 eller figur 25.12. Mellan *medelytavvikelsen* R_a och *profildjupet* R_t råder sambandet

$$R_a = \frac{R_t}{4} \quad (25.10)$$

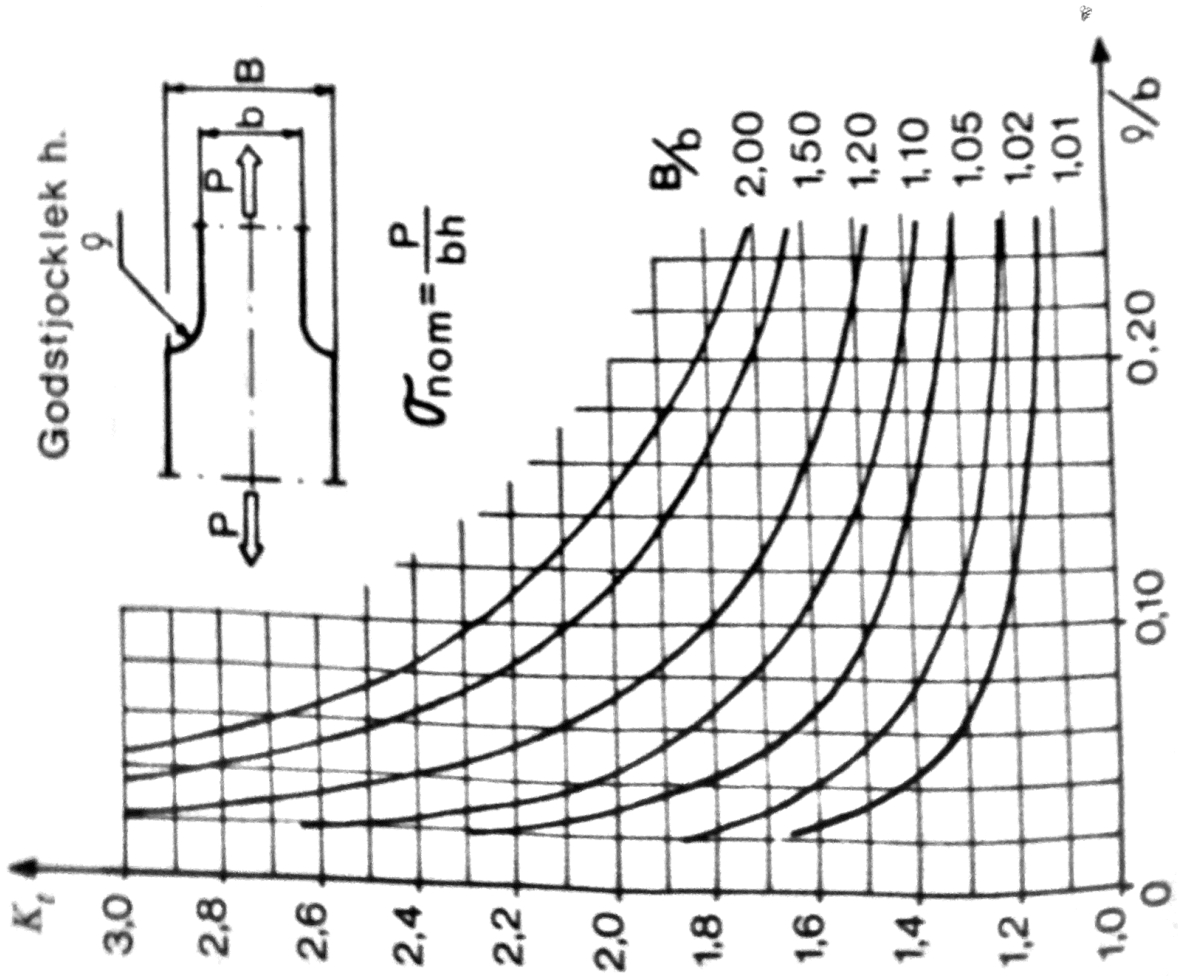
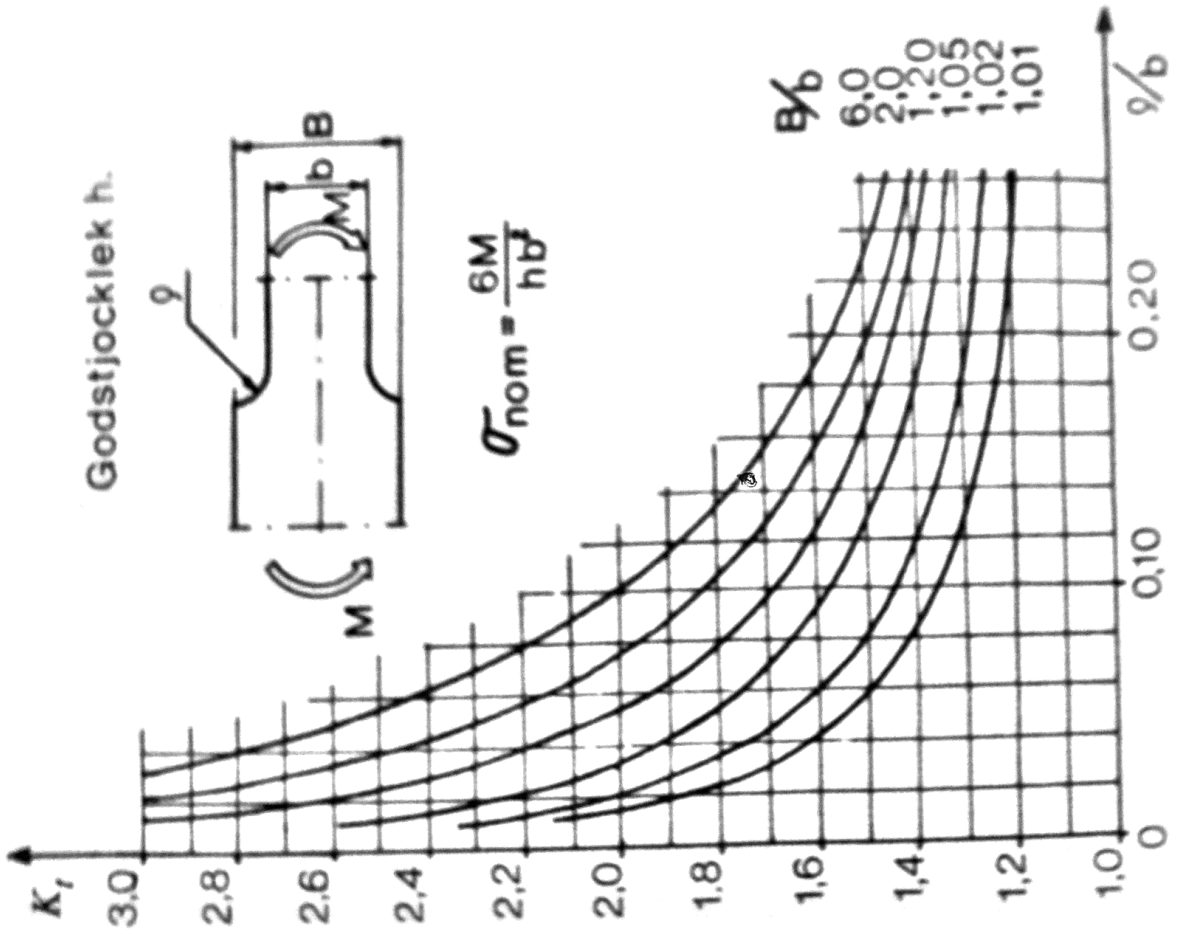


Figur 25.11 Ytfaktor enligt Lehr för obearbetad yta



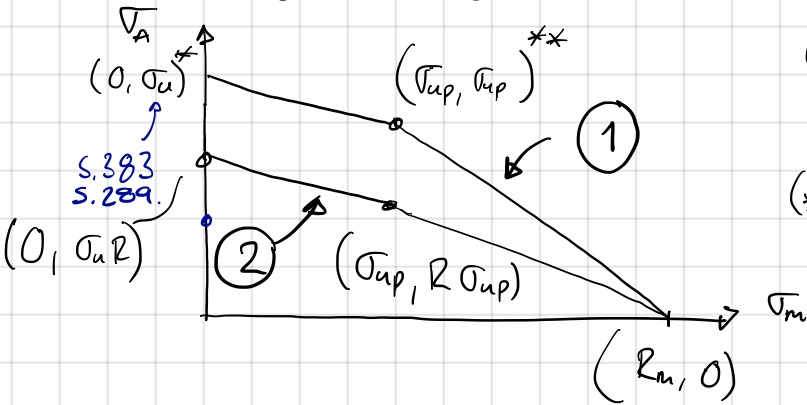
Figur 25.12 Ytfaktor för bearbetad yta

Tabell 32.1 Formfaktorer för plattstavar

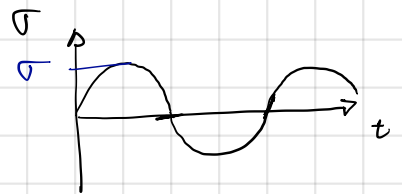


Övning 16 - utmattning.

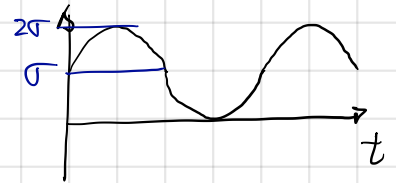
Haigh diagram:



(*) VÄXLANDE:
 $\sigma_A = \sigma, \sigma_m = 0$

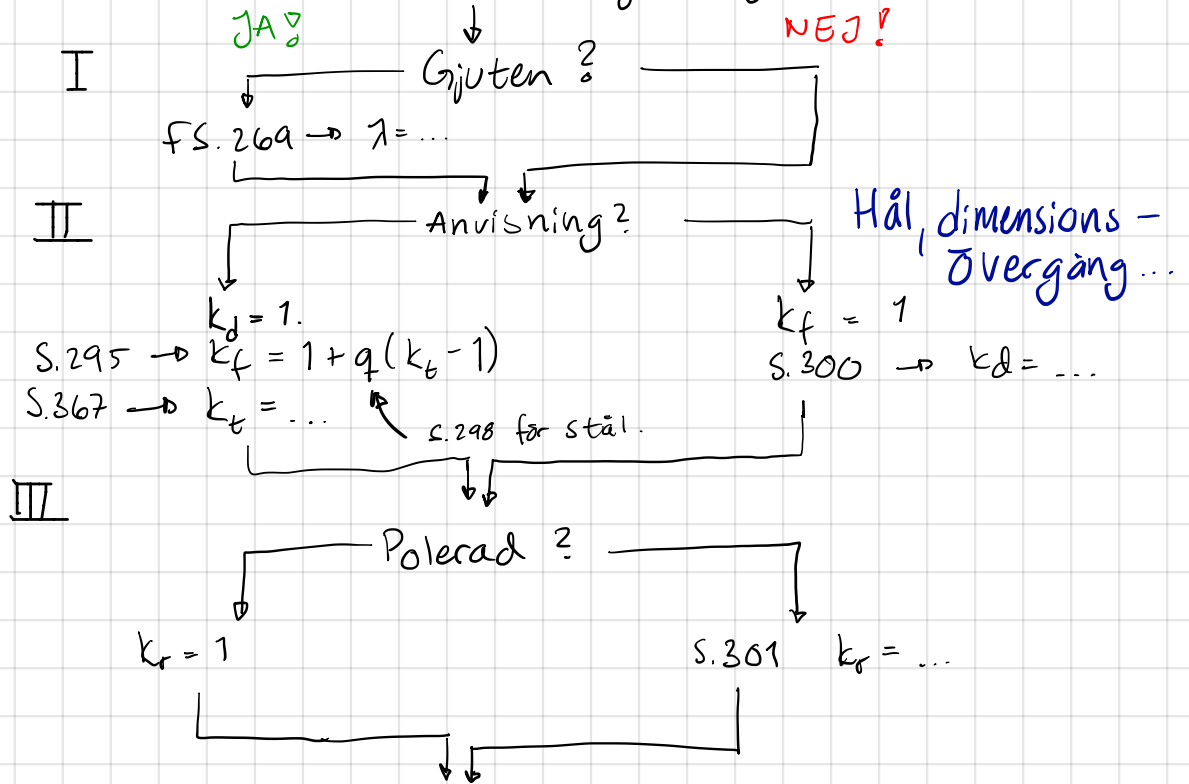


(**) Pulserande:
 $\sigma_A = \sigma_m = \sigma$



Lösningsgång.

① Rita reducerat haigh diagram



② Reducera med: $\frac{\lambda}{k_f k_d k_r} (= R)$

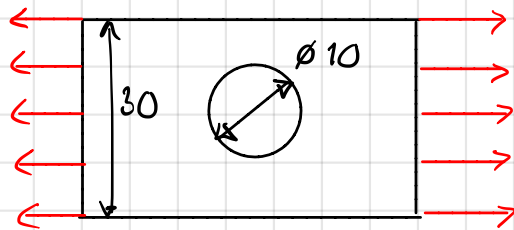
↓
 Rita in last och lastlinje

↓
 Räkna ut säkerhetsfaktorn
 $\lambda \sim$ teknologisk dimensionsfaktor
 $q \sim$ känslighetsfaktor.

$k_d \sim$ volymfaktor
 $k_t \sim$ formfaktor
 $k_f \sim$ anvisningsfaktor

2.12.31.

$\sigma(t)$ [mm]



$$\sigma(t) = 10 + 20 \sin(\omega t)$$

material: SS 1450-1

profil djup: $R_t = 60 \mu\text{m}$

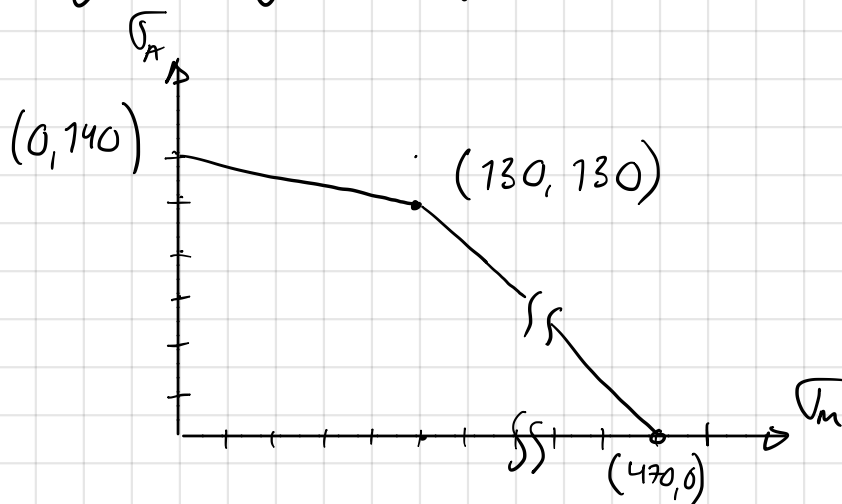
Sökt: Säkerhet mot utmattning η , hänsyn måste tas till den minskande lastbärande arean vid hålet.

1) Materialdata

S. 386, SS 141450-1 \rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} R_m = \frac{510 + 430}{2} = 470 \text{ MPa} \\ \sigma_u = \pm 140 \text{ MPa} \\ \sigma_{up} = 130 \pm 130 \text{ MPa} \end{array} \right.$

medelvärde!

2. Haigh - diagram (oreducerat)



3. Reduktionsfaktor, $R = \frac{1}{k_t k_d k_r}$

I. Ej gjutet $\rightarrow \boxed{1=1}$

II Anvisning finns $\rightarrow k_d = 1$

(S.297) $\rightarrow k_f = 1 + q(k_t - 1)$

(S.370) $\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} B=20 \quad B/a=2 \\ a=15 \quad r/a=1/3 \\ 2r=10 \end{array} \right\} \rightarrow k_t \approx 2.3$

Har ej denna slide i materialet!

(S.298) $\rightarrow \left\{ R_m = 470 \right\} \quad q \approx 0.8.$

$\rightarrow \boxed{k_f = 1 + q(k_t - 1) = 1 + 0.8(2.3 - 1) = 2.04}$

III Ej polerad

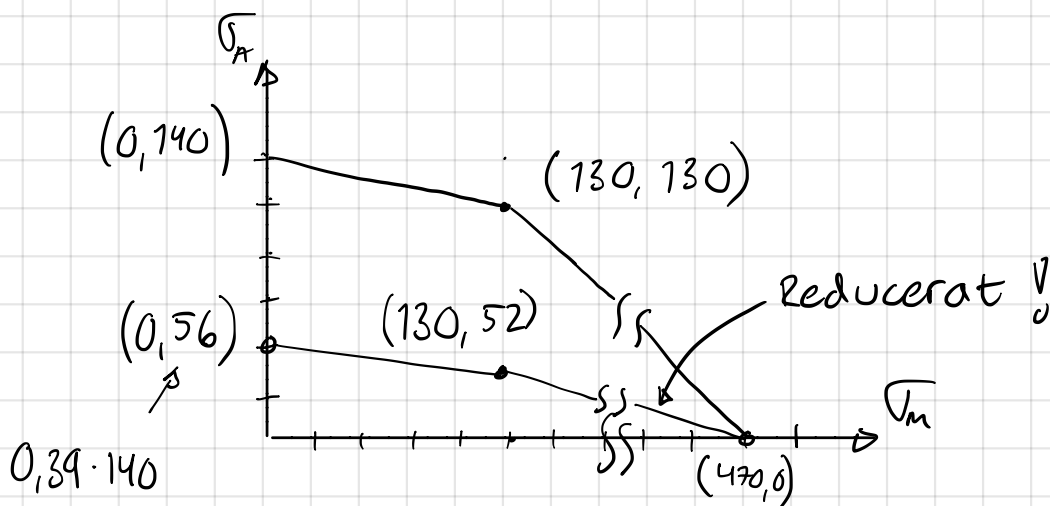
(25.10) $\rightarrow R_a = \frac{R_T}{4} = 15 \mu\text{m}$

S.301 $\rightarrow \boxed{\frac{1}{k_r} \approx 0.8}$

$R = \frac{1}{k_d k_f k_r} = \frac{1 \cdot 0.8}{1 \cdot (2.04)} = 0.39$

Magnus fick 0,403
- kommer alltid
vara lite diff från
tabellerna \rightarrow det
är OK!

(2. HAIGH - DIAGRAMMET)



4. Last och lastlinje

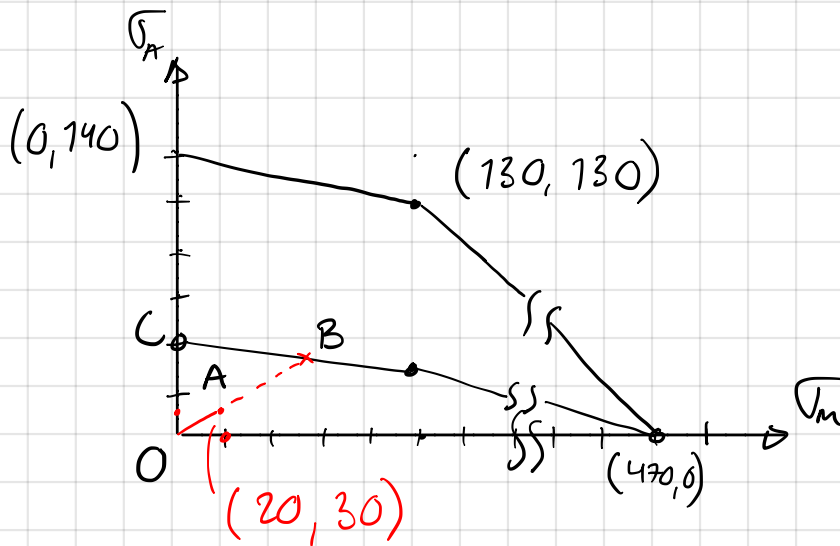
$$S.370 \rightarrow \sigma_{\text{hål}} = \sigma(t) \cdot \frac{A}{A_{\text{hål}}} = (10 + 20 \sin(\omega t)) \cdot \frac{30}{20}$$

Spänningen är ju större än σ_0 vid hålet!

$$\Leftrightarrow \sigma_{\text{hål}}(t) = 20 + 30 \sin \omega t$$

σ_m σ_A

(HAIGH DIAGRAM)



5. Säkerhetsfaktor

$$\eta = \frac{\|OA\|}{\|OB\|}$$

Linjen OB KAN SKRIVAS SOM:

$$\sigma_A(\sigma_m) = \frac{30}{15} \sigma_m \quad (1)$$

LINJEN CB:

$$\sigma_A(\sigma_m) = 56 - \frac{4}{130} \sigma_m \quad (2)$$

VILLET BETYDER ATT COORDINATEN FÖR B ÄR DÅ $(1) = (2)$

$$\frac{30}{15} \sigma_m^B = 56 - \frac{4}{130} \sigma_m^B \rightarrow \begin{cases} \sigma_m^B \approx 28 \text{ MPa} \\ \sigma_A^B \approx 56 \text{ MPa} \end{cases}$$

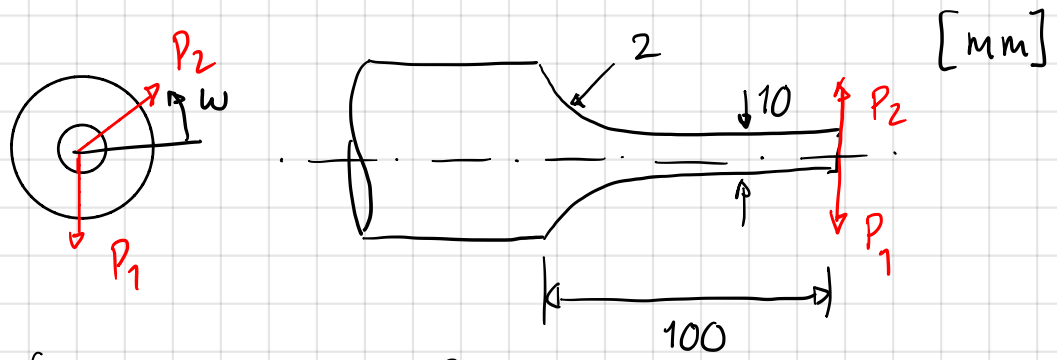
≈ 0

$$\rightarrow \eta = \frac{OB}{OA} = \frac{\sqrt{28^2 + 56^2}}{\sqrt{20^2 + 30^2}} \approx 1,74 \quad \text{facit} \sim 1,8 \text{ ok!}$$

Måta med linjal på tentan är helt ok!

SVAR: $\eta \approx 1,74$

2.12.38 Roterande provstav.



P_1 fixerad i rummet, P_2 roterar med staven

Material: kolstål SS 1550-01

Profildjup: $R_f = 100$ mm

$P_2 = 100$ N.

Sökt: Vid vilket värde på P_1 kan utmattningsbrott förväntas?

1) Materialdata

S.386

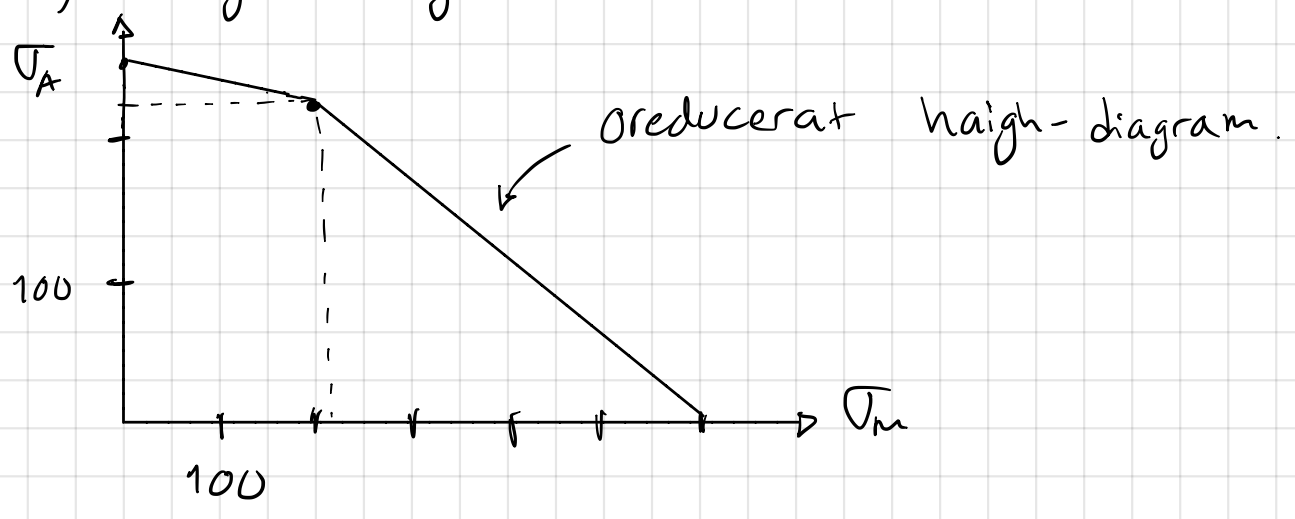
SS 1550 \Rightarrow SS 141550-01

$$R_m = \frac{590 + 490}{2} = 540 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ub} = \pm 240 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ubp} = 210 \pm 210 \text{ MPa.}$$

2) Haigh - diagrammet:



3) Reduktion av materialdata, $R = \frac{1}{k_f k_d k_r}$

I. Ej gjuten $\rightarrow \lambda = 1$

II. Anvisning finns!

$$k_d = 1$$

$$k_f = 1 + q(k_t - 1)$$

$$\text{Där } \begin{cases} q = 0,75 & (\text{s. 298, } R_m = 540, s = 2) \\ k_t = 1,45 & (\text{s. 371, } D/d = 2, s/d = \frac{2}{10}) \end{cases}$$

$$\rightarrow k_f = 1 + 0,75(1,45 - 1) \approx 1,34$$

III. Inte polerad

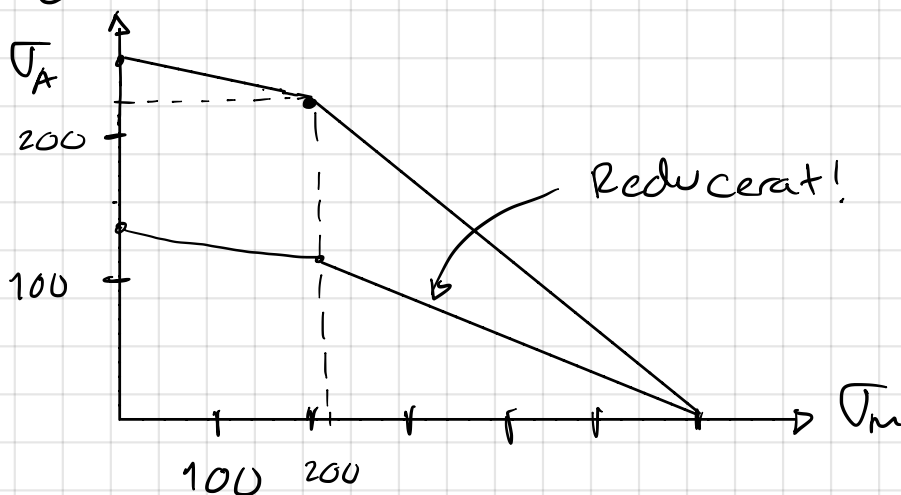
$$25.10 \rightarrow R_a = \frac{R_t}{4} = 25 \mu\text{m}$$

$$\text{sid 301} \rightarrow \frac{1}{k_r} \approx 0,77$$

$$\Rightarrow R = \frac{1}{k_d k_f k_r} = \frac{1 \cdot 0,77}{1 \cdot 1,34} \approx 0,58$$

(Haigh-diagram - reducerat)

$$\begin{cases} \sigma_{ub}^{\text{red}} = 139,2 \text{ MPa} \\ \sigma_{ubr}^{\text{red}} = 121,8 \text{ MPa} \end{cases}$$



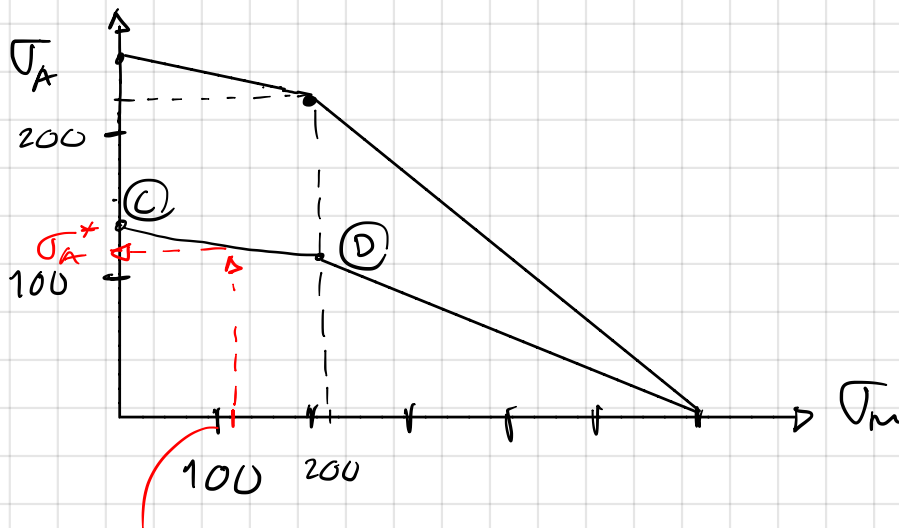
4. LASTPUNKT samt lastlinje.

$$M(t) = P_2 L + P_1 L \sin \omega t$$

$$(6.8) \rightarrow \sigma_{\max}(t) = \frac{|M(t)|}{W_b}, \quad W_b = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$\rightarrow \sigma(t) = \underbrace{\frac{32L P_2}{\pi d^3}}_{\sigma_m} + \underbrace{\frac{32L P_1}{\pi d^3}}_{\sigma_A} \sin \omega t \rightarrow \begin{cases} \sigma_m = 102 \text{ MPa} \\ \sigma_A = 1,02 \cdot P_1 \text{ MPa} \end{cases}$$

I den värst belastade punkten



$$\sigma_m = 102 \text{ MPa}$$

från figur $\rightarrow \sigma_A^* \approx 130 \rightarrow P_1 = \frac{130}{1,2} \approx 127 \text{ N}$

ELLER \rightarrow vad är σ_A för linjen \overline{CD} då $\sigma_m = 102 \text{ MPa}$?

$$\sigma_A^* = \sigma_{ub}^{\text{red}} + \frac{\sigma_{ubp}^{\text{red}} - \sigma_{ub}^{\text{red}}}{\sigma_{ubp}} \cdot 102 \text{ MPa} \approx 131 \text{ MPa} \rightarrow P_1 = 128,2 \text{ N.}$$