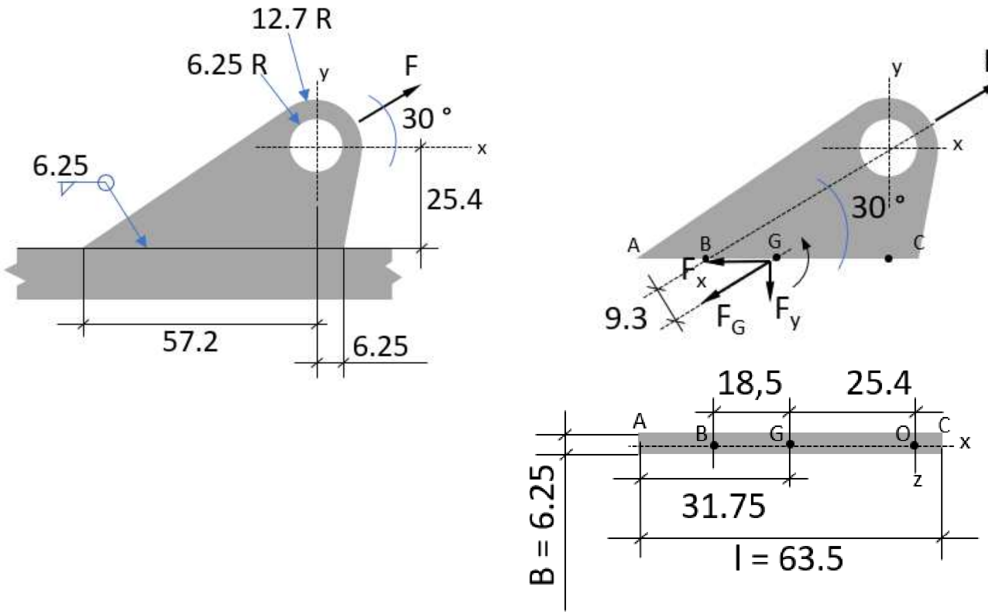
Eksempel 3: Løfteøre - sjekk av spenninger i sveis rundt øret

Et løfteøre sitter sveist fast i en plate med en sveis med en høyde, $h := 6.35\ mm$ i.e. det er ikke a-målet som angis - det er høyden eller utbredelsen idet vi antar av sveisen danner en vinkel $\beta := 45\ deg$ med horisontalen. Det trekkes i øret som angitt med en kraft $F := 20\ kN$ i en vinkel $\alpha := 30\ deg$ i forhold til horisontalplanet. Basert på dette skal vi angi en sikkerhetsfaktor mot brudd - et statisk brudd.



Figur E301. Sveist løfteøre.

Så, hvilken krefter skaper spenninger i sveisen?

- Momentet M, som blir satt opp av kraften F, skaper et bøyemoment om punkt G og med det strekkspenninger med start i punkt A og trykkspenninger med start i punkt C. Momentet M er altså IKKE et ytre moment.
- Kraftkomponenten F_y skaper strekkspenninger i hele tverrsnittet.
- Kraftkomponenten F_x skaper skjærspenninger i hele tverrsnittet.

Kreftene som holder løfteøret tilbake må holde likevekt med kraften F. Det betyr at, hvis vi delte opp både den angripende kraften F og motkraften F_G i komponenter så må,

$$\Sigma k_x = 0 \ \therefore\ F_{Gx} = F_x = F \cdot cos(\alpha)$$

$$\Sigma k_y = 0 \ \therefore\ F_{Gy} = F_y = F \cdot sin(\alpha)$$

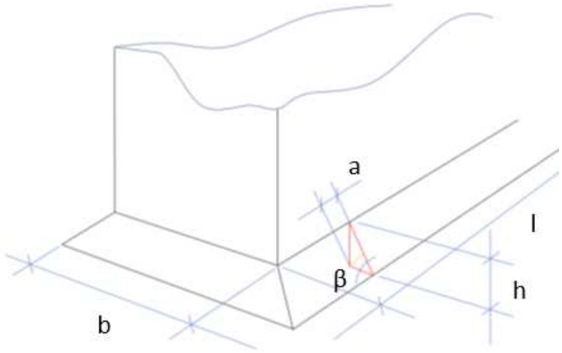
uansett hvor vi plasserer F_G - det eneste som endrer seg er størrelsen på momentet M fordi angrepslinjens avstand til punktet B endrer seg. Har da at,

$$F_{Gx} := F \cdot \cos(\alpha) = 17320.5\ N$$

$$F_{Gy} := F \cdot \sin(\alpha) = 10000\ N$$

$$F_G := \sqrt{F_{Gx}^{\ 2} + F_{Gy}^{\ 2}} = 20000\ N$$ Sjekk stemmer!

Vi finner så det påkjente arealet i sveisene.



Figur E302. Sveisen rundt øret.

Sveisens høyde: $h = 6.35\ mm$

Sveisens vinkel: $\beta = 45\ deg$

Løfteørets lengde: $l := 63.5\ mm$

Løfteørets bredde: $b := 6.35\ mm$

a-mål: $a := h \cdot \cos(\beta) = 4.5\ mm$

Det er kun dimensjonen "a-målet" som regnes inn i arealet som er påkjent av lastene. Dette arealet er påkjent av strekkspenninger / normalspenninger σ_n i y-retning, fra skjærspenninger σ_s i x-retning og bøyespenninger σ_b forårsaket av at lasten F angriper eksentrisk om punkt G.

Totalt påkjent areal: $A_F := 2\ a \cdot (b + l) = 627.3\ mm^2$

Skjærspenninger i x-retning: $\tau_s := \dfrac{F_{Gx}}{A_F} = 27.6\ MPa$

Skjærspenninger i y-retning: $\tau_n := \dfrac{F_{Gy}}{A_F} = 15.9\ MPa$

Bøyespenninger om punkt G i horisontalplanet:

Arealtreghetsmomentet for det påkjente området:

$$I_l := 2 \left(\frac{b \cdot a^3}{12} + (b \cdot a) \cdot \left(\frac{l}{2} \right)^2 + \left(\frac{l^3 \cdot a}{12} \right) \right) = 249194.819\ mm^4$$

Eksentrisitet: $s_1 := 9.3\ mm$ I.e. F sitt angrepspunkt om punkt G.

Momentet: $M_G := F \cdot s_1 = 186\ N \cdot m$

Samlet bøyespenning: $\sigma_b := \tau_n + \dfrac{M_G \cdot l}{2\ I_l} = 39.6\ MPa$

Spenningene i begge retninger kan settes sammen til en resulterende spenning vba. Pytagoras. Har da,

$$\sigma_T := \sqrt{\sigma_b^{\ 2} + \tau_s^{\ 2}} = 48.3\ MPa$$

Så, over til spørsmålet, hva er sikkerhetsfaktorene spenningen representerer i forhold til den / de opptredende spenningene?

Materialet har:

Flytegrense: $R_e := 235\ MPa$

Strekkfasthetsgrense: $R_m := 350\ MPa$

Usikkerhet av egenskaper: $\eta_M := 1.05$

Sikkerhet mot flyt: $\boxed{\eta_e := \dfrac{R_e}{\eta_M\ \sigma_T} = 4.6}$

Sikkerhet mot statisk brudd: $\boxed{\eta_m := \dfrac{R_m}{\eta_M\ \sigma_T} = 6.9}$

Så kan man spørre seg om man ikke heller burde benytte et bruddkriterie som Tresca eller von Mises i forhold til brudd. Vel, jo. Imidlertid er spenningene såpass lave at det fremgår klart at de, med beslastning F ikke representerer noen fare selv i hht. et bruddkriterie. Uansett, setter opp i forhold til von Mises.

Jamnførende spenning: $\sigma_{vM} := \sqrt{{\sigma_b}^2 + 3\ {\tau_s}^2} = 62.1\ MPa$

Sikkerhet mot statisk brudd:
(von Mises) $\boxed{\eta_m := \dfrac{R_m}{\eta_M\ \sigma_{vM}} = 5.4}$

Ved sammenlikning så fremgår det at det tross alt blir litt forskjell de to utregningene i mellom hvor den siste betraktningen (von Mises) er den mest konservative av de to. Så kan en alltids diskutere videre da en rekke ulike standarder lister i sine resepter hvordan man skal regne sveis. Det er alltid iboende restspenninger i en sveis - mange så mye som over flytegrensen. Disse spenningene forsøker man å redusere vba. varme etc., men de forsvinner aldri ordentlig.

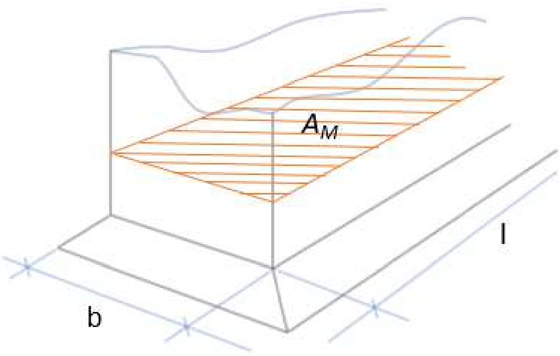
I så måte kan man heller si at man kun benytter materialets egenskaper innenfor flyt opp mot $R_e := \dfrac{R_m}{\sqrt{3}}$. Da vil sikkerhetene reduseres også og man må kanskje vurdere å benytte et annet materiale. Har da,

Sikkerhet mot flyt: $\boxed{\eta_e := \dfrac{R_e}{\eta_M\ \sigma_T} = 4}$

Sikkerhet mot statisk brudd: $\boxed{\eta_m := \dfrac{R_m}{\eta_M\ \sigma_T} = 6.9}$

Sikkerhet mot statisk brudd:
(von Mises) $\boxed{\eta_m := \dfrac{R_m}{\eta_M\ \sigma_{vM}} = 5.4}$

Spenninger i "modermaterialet"



Figur E303. Tverrsnitet av øret.

Løfteørets bredde: $b = 6.35\ mm$

Løfteørets lengde: $l := 63.5\ mm$

$$\frac{F_{Gx}}{g} = \left(3.894 \cdot 10^3\right)\ lb$$

I denne betrakningen ser en kun på belastningen over tverrsnittet i selve øret. Dette arealet er som sveisen påkjent av strekkspenninger / normalspenninger σ_n i y-retning, fra skjærspenninger σ_s i x-retning og bøyespenninger σ_b forårsaket av at lasten F angriper eksentrisk om punkt G.

Totalt påkjent areal: $A_M := b \cdot l = 403.225\ mm^2$ $\quad A_M = 0.625\ in^2$

Skjærspenninger i x-retning: $\tau_s := \dfrac{F_{Gx}}{A_M} = 43\ MPa$ $\quad \tau_s = 6230.1\ psi$

Skjærspenninger i y-retning: $\tau_n := \dfrac{F_{Gy}}{A_M} = 24.8\ MPa$ $\quad \tau_n = 3596.9\ psi$

Bøyespenninger om punkt G i horisontalplanet:

Arealtreghetsmomentet for det påkjente området: $I_M := \dfrac{b \cdot l^3}{12} = 0.326\ in^4$

Eksentrisitet: $s_1 := 9.3\ mm$ I.e. F sitt angrepspunkt om punkt G.

Momentet: $M_G := F \cdot s_1 = 186\ N \cdot m$

Samlet bøyespenning: $\sigma_b := \tau_n + \dfrac{M_G \cdot l}{2\ I_M} = 68.4\ MPa$

Spenningene i begge retninger kan settes sammen til en resulterende jamnførende spenning i hht. von Mises. Har da,

$$\sigma_{vM} := \sqrt{{\sigma_b}^2 + 3\ {\tau_s}^2} = 101.1\ MPa$$

Sikkerhet mot statisk brudd: $\eta_m := \dfrac{R_m}{\eta_M\ \sigma_{vM}} = 3.3$
(von Mises)