

1.9 Dynamiske (utmatting) beregningsmetoder for sveiste konstruksjoner

9.1 Generelt.

De viktigste faktorene som påvirker utmattingsfastheten i konstruksjoner er:

a) HØYT FORHOLD MELLOM DYNAMISKE- OG STATISKE KREFTER.

Konstruksjoner i bevegelse eller løftekonstruksjoner, som transportmidler til lands eller til sjøs, kraner, etc, vil oftere bli utsatt for utmatting enn stillestående konstruksjoner. Unntak er stillestående konstruksjoner med delkonstruksjoner i bevegelse, for eksempel bruer.

b) HYPPIG UTSATT FOR VARIERENDE BELASTNING.

Dette resulterer i et høyt antall belastningscykler (-variasjoner) i løpet av konstruksjonens levetid.

Slanke konstruksjoner eller deler med lav naturlig egenfrekvens, er spesielt utsatt for resonans og forhøyet/forsterket dynamisk spenning. Dette kan skje selv om den statiske konstruksjonsspenningen er lav. Konstruksjoner utsatt for dominerende strømningsbelastning, som vindbelastning eller maskineri utsatt for væskestrømning, bør nøye kontrolleres mot mulig resonans.

Eksempel: Skilt på stolper og rammekonstruksjoner langs motorveier, er utsatt for vindkrefter.

c) BRUK AV SVEISER.

En del vanlig brukte sveiste detaljer har lav utmattingstyrke. Dette er også tilfelle for deler sveist til større påkjente konstruksjoner. Sveising fører ofte til reduksjon av materialfastheten i varmpåvirket sone, feil i selve sveisen som rift, sprekker og porer, samt endring av dimensjoner over sveisen.

d) KOMPLEKSITETEN AV SAMMENFØYD DETALJ.

Komplekse sammenføyninger fører ofte til høy spenningskonsentrasjon på grunn av den lokale variasjonen i konstruksjonsstivhet. Det oppstår i tverrsnitt-overganger som fører til avbøying av kreftenes flylinjer. Dette har liten effekt hvis konstruksjonen er utsatt for rene statiske spenninger, men kan føre til alvorlige konsekvenser for konstruksjoner utsatt for dynamisk påkjente spenninger. Hvis utmattingspåkjening er dominerende, bør forbindelsen's tverrsnitt velges slik at overgangen mellom de to sammenføyde delene er så myk som mulig.

Dette kan sammenlignes med strømning av væske i rør, hvis brå overganger som bend, fra liten rørdimensjon til større, etc., vil det lett oppstå turbulens i væskestrømmen. Det samme er tilfelle med flyten av krefter i en konstruksjon. Hvis disse får brå avbøying på grunn av brå endringer i tverrsnittet, vil det oppstå store spenningspisser i dette området, spenningskonsentrasjoner. Disse spenningskonsentrasjonene er vanskelig å beregne, det må utføres en serie forsøk for det spesielle tilfellet. Hvis konstruksjonen utformes med myke overganger, kan standarder benyttes ved beregning og ved inspeksjon.

e) OMGIVELSER, MILJØ.

I visse termiske og kjemiske omgivelser vil utmattingstyrken til konstruksjonen, sammenføyningen, bli redusert. Korrosjon vil for eksempel kunne angripe overflaten å gi groper som gir spenningskonsentrasjoner og blir startsteder for evt. utmattingsbrudd. Eksempel er konstruksjoner som båter, oljeinstallasjoner, etc som befinner seg i kystklima med saltvann.

9.2 Hvordan oppfører sveiste aluminium-legeringer seg i utmattingsammenheng?

Det er de senere år foretatt flere studier/tester i full skala av oppførselen til aluminiumlegeringer ved sveising. Dette har bland annet foregått i regi av EU. Disse testene er foretatt på sammensatte og ikke-sammensatte aluminiumdetaljer og er bland annet utført for legeringene AA5083, AA 5086, AA 5454, AA 6005 og AA 6082. Resultatet av disse testene har vist (for lastveksler $N \geq 10^5$) at sveiste aluminiumdetaljer er påvirket av flere faktorer.

9.2a Påvirkning av grunnmaterialet.

For ikke-sammenføyde detaljer.

Det er ingen forskjell i oppførsel mellom detaljer laget av AA5000- eller AA6000-serien, hvis utsatt for samme type utmatting. Det vil si at valget til legering er avhengig av materialkrav ved statisk belastning.

For sammenføyde detaljer ved sveising eller bolting.

Det er ingen forskjell i oppførsel i forbindelse med legeringstype og dens leveringstilstand

9.2b Effekten av forholdet R.

$$R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$$

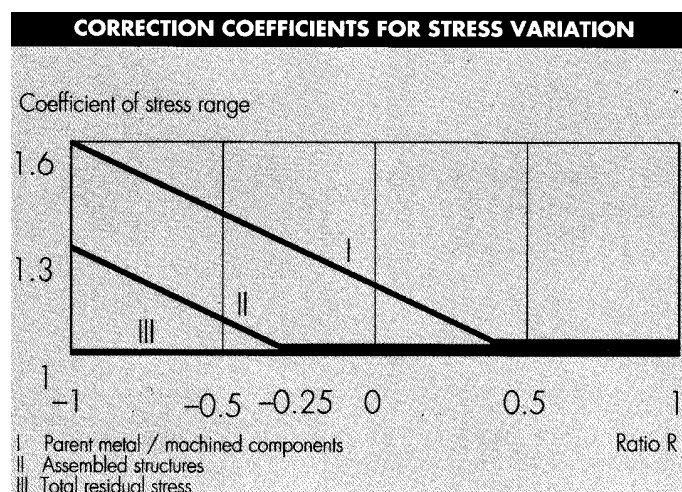
Statistisk analyse har vist at bestemmende faktor er variasjonen i spenning

$$\Delta\sigma = \sigma_{\min} - \sigma_{\max}$$

Området til tillatt spenningsvariasjon må korrigeres av en faktor bestemt av:

- Den tekniske sammensetningen. Er det snakk om sammensatt eller ikke sammensatt detalj.
- Verdien av R

Figur 1.9.1 gir verdier av korreksjonsfaktorer som funksjon av spenningsvariasjon R.



Figur 1.9.1

Korreksjonsfaktor for spenningsvariasjoner R.

I Grunnmateriale / maskinerte detaljer, II Sammensatte detaljer, III Total restspenning. (8)

Effekten av R kan ses bort fra i detaljer som er mekanisk sammensatt / sveiseforbindelse og hvor vi regner med at det eksisterer komplekse restspenninger.

9.2c Effekten av fasongen på detaljen og krav til utførelse.

Dette er spesielt viktig da utmatting av konstruksjonsdetaljer er avhengig av:

- Detaljens design.
Utførelse er avgjørende for størrelse på faktor for spenningskonsentrasjon.
- Kvalitet på utførelsen.
Utmatting ved høyt antall lastveksler avhenger vesentlig av lokale defekter som kan virke som startsteder for sprekker.
- Størrelsen på restspenninger. Disse avhenger av metode og konstruksjon.
Følgende eksempler illustrerer:
 - viktigheten av design
 - viktigheten av kvalitet ved utførelse

9.3 Viktigheten av design.

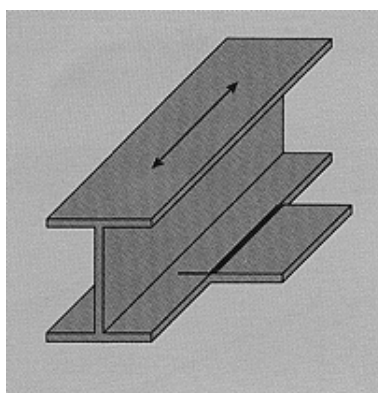
9.3a Fastsveste detaljer på bjelkeflenser med avrundet overgang.

Figur 7.1.9.2 viser plate sveist til kanten av flens på bjelke med kantradius $r \geq 50\text{mm}$.

Platen blir før sveising maskinert med en gradvis overgang med kantradius, r .

Etter sveising blir skjøten slipt så slipestripene får retning parallelt med spenningsretningen.

Utmattingsspenning $\Delta\sigma$ i Mpa ved $2 \cdot 10^6$ lastveksler (cycles) og $R = + 0,5$	35
---	-----------

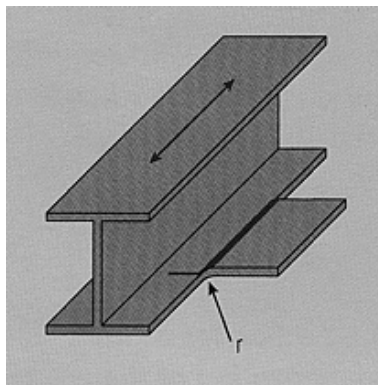


*Figur 1.9.2
Plate sveist til kanten av flens på bjelke med kantradius $r \geq 50\text{mm}$. (8)*

9.3b Fastsveste detaljer på bjelkeflenser uten avrundet overgang.

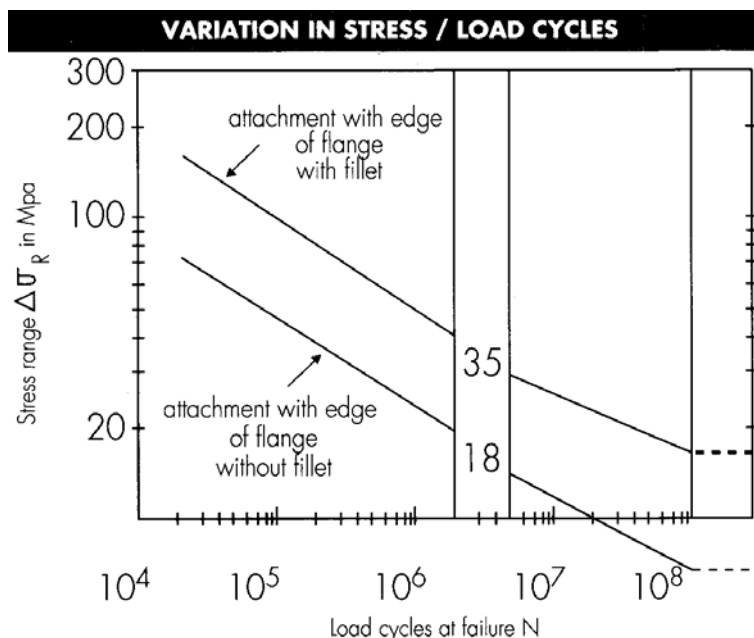
Figur 7.1.9.3 viser plate sveist til kanten av flens på bjelke uten kantradius.

Utmattingsspenning $\Delta\sigma$ i Mpa ved $2 \cdot 10^6$ lastveksler (cycles) og $R = + 0,5$	18
---	-----------



Figur 1.9.3
Plate sveist til kanten av flens på bjelke uten kantradius. (8)

I disse tilfellene over, kan den sveiste detaljen med kantradius motstå dobbelt så stor spenningsvariasjon, $\Delta\sigma$, for det samme antall lastveksler, eller mer enn 10 ganger antall lastveksler for samme spenning.



Figur 1.9.4
Spenningsvariasjon, $\Delta\sigma$, som funksjon av lastveksler, N for plate sveist til kanten av flens på bjelke med og uten kantradius. (8)

9.3c Viktigheten av kvalitet på utførelse.

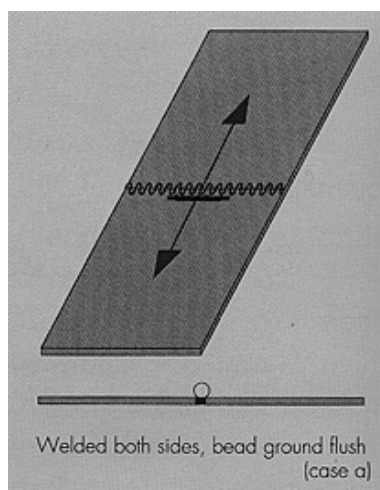
For å kunne illustrere viktigheten av kvalitet på utførelse, har vi valgt å sammenligne utmattings-egenskapene til butt-sveiser av følgende type:

- (a) Sveist fra begge sider – planslipt
- (b) Sveist fra begge sider – svakt synlig konveks sveisestreng
- (c) Sveist fra begge sider – godt synlig konveks sveisestreng
- (d) Sveist fra en side – godt synlig konveks sveisestreng

BUTT SVEIS – TVERSGÅENDE – ENKEL SKJØT

(a) Den tversgående buttsveisen består av to enkle komponenter, for eksempel plater med eller uten overganger Disse er sveist fra begge sider med full gjennomsvøising til rot. Sveisestrengen er så planslipt med slipestriper i samme retning som opptredende spenninger. Kantene på hoveddelene må enten være som ekstrudert eller nøye maskinert eller slipt i spenningsretningen. Sveisene må være fri for påviste urenheter på basis av kvalitetsikringsystemet. Overganger mellom tversgående plater må ha bredde- tykkelsesendring som ikke overskrider 1/4.

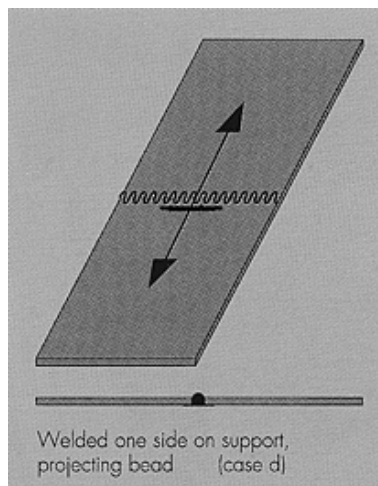
Utmattingspenning $\Delta\sigma$ i Mpa ved $2 \cdot 10^6$ lastveksler (cycles) og R = + 0,5	55
---	----



Figur 1.9.5
Plater sveist fra begge sider – planslipt (a). (8)

(b) Den tversgående buttsveisen består av to enkle komponenter, for eksempel plater med eller uten overganger Disse er sveist fra begge sider med full gjennomsvøising til rot. Sveisestrengen er så planslipt med slipestriper i samme retning som opptredende spenninger. Overgangsvinkelen mellom sveisestreng og plate overskrider 150^0 . Kantene på hoveddelene må enten være som ekstrudert eller nøye maskinert eller slipt i spenningsretningen. Sveisene må være fri for påviste urenheter på basis av kvalitetsikringsystemet. Overganger mellom tversgående plater må ha bredde- tykkelsesendring som ikke overskrider 1/4.

Utmattingspenning $\Delta\sigma$ i Mpa ved $2 \cdot 10^6$ lastveksler (cycles) og R = + 0,5	50
---	----



Figur 1.9.6
Sveist fra begge sider – svakt synlig konveks sveisestreng (b). (8)

(c) Den tversgående buttsveisen består av to enkle komponenter, for eksempel plater med eller uten overganger Disse er sveist fra begge sider eller en side med full gjennom sveising til rot.

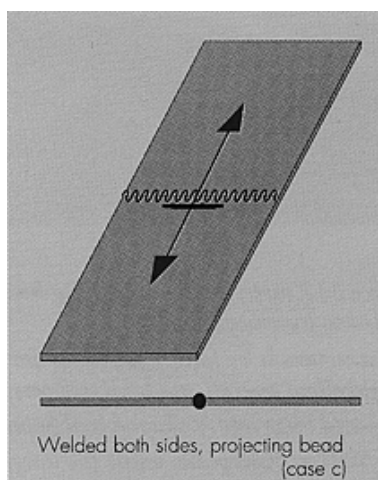
Overgangsvinkelen mellom sveisestreng og plate overskrider 130°.

Kantene på hoveddelene må enten være som ekstrudert eller nøye maskinert eller slipt i spenningsretningen.

Sveisene må være tilstrekkelig sammensveist med full gjennom sveising og de må være uten sprekker.

Overganger mellom tversgående plater må ha bredde- tykkelsesendring som ikke overskrider 1/4.

Utmattingspenning $\Delta\sigma$ i Mpa ved $2 \cdot 10^6$ lastveksler (cycles) og R = + 0,5	45
---	----

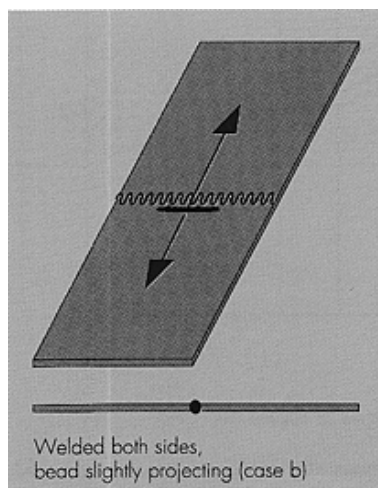


Figur 1.9.7
Sveist fra begge sider – godt synlig konveks sveisestreng (c). (8)

(d) Den tversgående buttsveisen består av to enkle komponenter, for eksempel plater med eller uten overganger Disse er sveist fra en side med ”motlegg” med en form som sikrer full gjennomsveising.

Sveisene må være tilstrekkelig sammensveist med full gjennomsveising og de må være uten sprekker.

Utmatningspenning $\Delta\sigma$ i Mpa ved $2 \cdot 10^6$ lastveksler (cycles) og $R =$ + 0,5	40
---	----

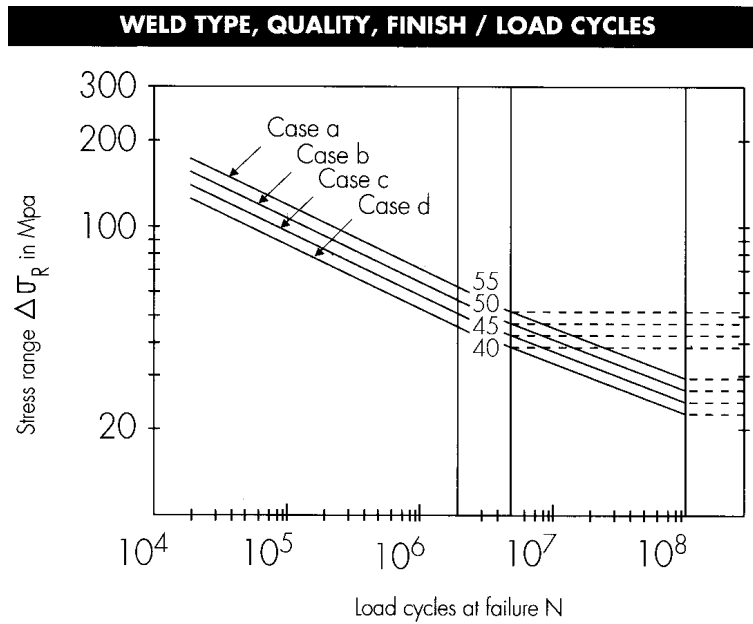


Figur 1.9.8

Sveist fra en side – godt synlig konveks sveisestreng (d). (8)

Disse 4 eksemplene viser at:

- Sveiseprosessen, sveist fra begge eller bare en side, har betydning.
- Sveisens kvalitet har betydning.
- Sveisestrengens overflate har betydning.
- Forskjell i utførelse kan føre til at livslengden øker med en faktor rundt 10 for samme spenningsvariasjon.
- Tillatt spenning øker med en faktor på 1,4 for samme livslengde.



Figur 1.9.9

Spenningsvariasjon, $\Delta\sigma$, som funksjon av lastveksler, N , For tilfellene (a), (b), (c) og (d). (8)

9.4 Konklusjon.

Det overstående viser at utmatting i sveiste detaljer i aluminiumlegeringer benyttet i landtransport (vei og skinner) eller sjøtransport og for lastsykler $N \geq 10^5$ er:

- Uavhengig av type legering for detaljer eller konstruksjoner laget i 5000 og 6000 legeringene.
- Avhengig av forholdet $R = \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ i samsvar med nivået på restspenninger.
- For sammensatte detaljer, veldig avhengig av:
 - geometri (i samsvar med spenningskonsentrasjonsfaktor)
 - sveiseprosess og kvalitet
 - nivået på restspenningene

Disse 3 siste punktene er veldig viktige. De må gis spesiell oppmerksomhet ved produksjon av konstruksjoner utsatt for høye utmattingspenninger.