# UNIVERSITETET I OSLO
## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

EKSAMEN I: MEK4520 – Bruddmekanikk.
EKSAMENSDAG: FREDAG 15. DESEMBER 2006.
TID FOR EKSAMEN: 15.30–18.30.
VEDLEGG: INGEN.
TILLATTE HJELPEMIDLER: ROTTMANNS FORMELSAMLING, GODKJENT KALKULATOR.

OPPGAVEN ER PÅ 4 SIDER.

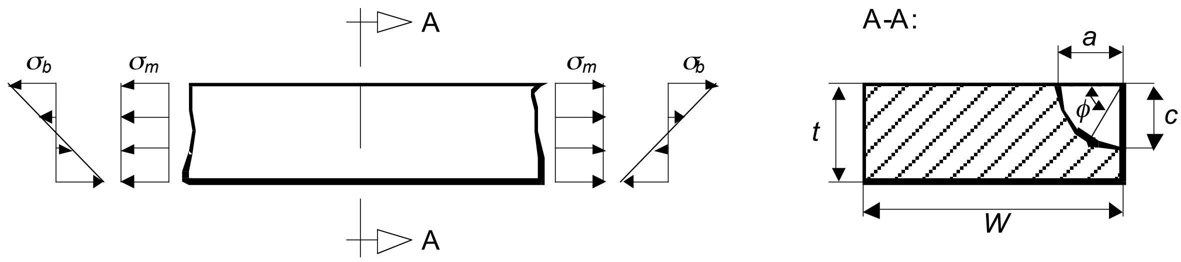
Oppgavene vektlegges ulikt i henhold til oppgitte prosentandeler.

### **Oppgave 1** (Vekt: 20%)

Se for deg bruddflaten for en komponent med utmattingsbrudd. Beskriv de makroskopiske og mikroskopiske trekk som karakteriserer de ulike sonene (utmatting og restbrudd) i en slik bruddflate.

### **Oppgave 2** (Vekt: 20%)

En komponent med rektangulært tverrsnitt har en kvart-sirkulær hjørnesprekk (se figur).




Du får oppgitt følgende data og uttrykk for spenningsintensitetsfaktoren:

Tykkelse: $t = 40$ mm
Bredde: $W = 100$ mm
Flytegrense: $\sigma_{YS} = 800$ N/mm$^2$
Sprekkstørrelse ved restbrudd: a = c = 15 mm
Bruddseighet: $K_{Ic} = 3000$ N·mm$^{-3/2}$

For $a/c = 1$ og $\phi = \pi/2$:

$$K_I = (\sigma_m + H\sigma_b)F\sqrt{\frac{\pi a}{Q}}$$

$$H = 1 - 1.34\frac{a}{t} + 0.06\left(\frac{a}{t}\right)^2$$

$$Q = 2.464$$

$$F = \left[1.05 + 0.375\left(\frac{a}{t}\right)^2 - 0.75\left(\frac{a}{t}\right)^4\right] g\, f_w$$

$$g = 1.08 + 0.15\left(\frac{a}{t}\right)^2$$

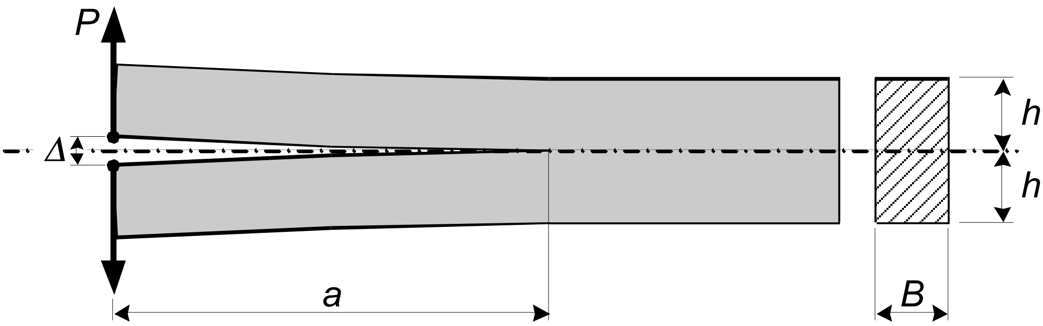
$$f_w \approx 1$$

a) Beregn spenningene ved brudd når man antar lineærelastiske forhold og at membranspenningen er dobbelt så stor som bøyespenningen.

b) Beregn de tilsvarende spenningene ved brudd dersom man tar hensyn til Irwins korreksjon for plastisk sone under plan spenning.

## <u>Oppgave 3</u> (Vekt: 30%)

Figuren viser en bruddmekanisk prøve av typen ”Double Cantilever Beam” (DCB).




Hvis man betrakter prøven som to slanke utkrager bjelker er lastpunktforskyvingen gitt av:

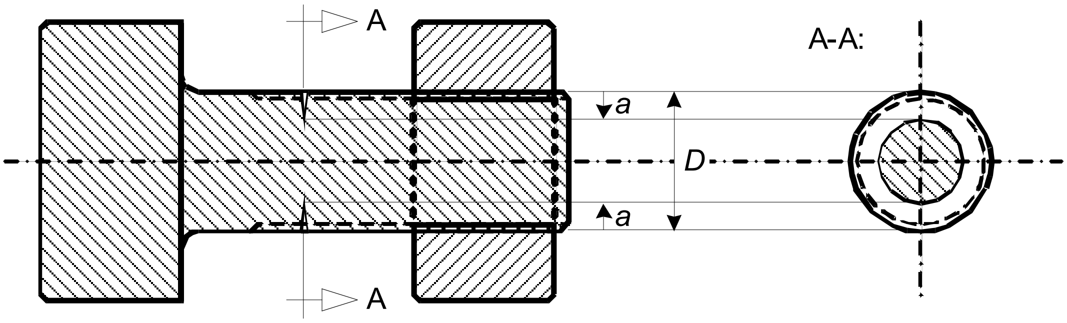
$$\frac{\Delta}{2} = \frac{Pa^3}{3EI} \quad \text{med} \quad I = \frac{Bh^3}{12}$$

a) Ta utgangspunkt i definisjonen av $G$ (”Energy Release Rate”) under last- eller forskyvnings-kontroll samt opplysningene over. Utled et uttrykk for $G$ som gjelder spesifikt for DCB-prøven.

b) Omform uttrykket for $G$ til et uttrykk for spenningsintensitetsfaktoren $K_I$.

## <u>Oppgave 4</u> (Vekt 30%)

Figuren viser en type bolt med mutter som ved bruk er utsatt for utmatting med konstant spenningsvidde. Den skal inspiseres etter en periode for å forsikre seg om at det ikke utvikles utmattingssprekker som kan medføre ustabilt brudd.
Betrakt gjengene som om det var en initial sprekk med dybde $a_0$ rundt hele periferien og som vokser rotasjonssymmetrisk mot sentrum av bolten.

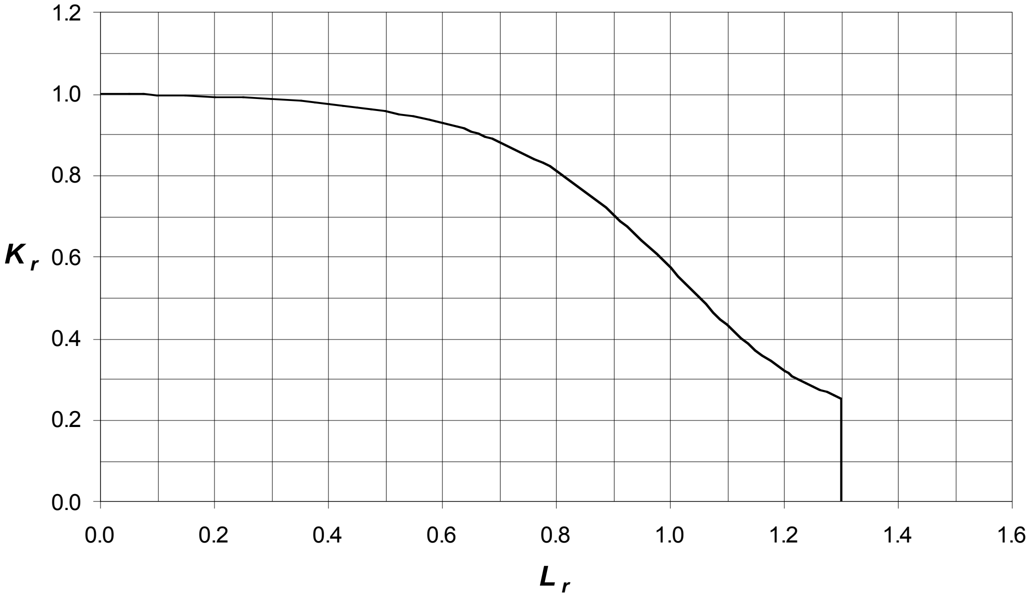



| | |
|---|---|
| Boltdiameter: | $D = 40$ mm |
| Gjengedybde: | $a_0 = 1.0$ mm |
| Flytegrense: | $\sigma_{YS} = 800$ N/mm$^2$ |
| Elastisitetsmodul: | $E = 210\,000$ N/mm$^2$ |
| Tverrkontraksjonsfaktor: | $\nu = 0.3$ |
| Spenningsvidde: | $\Delta\sigma = 120$ N/mm |
| Middelspenning: | $\sigma_{av} = 375$ N/mm |
| Bruddseighet: | $J_c = 75$ N/mm |
| Konstanter i Paris' ligning: | $C = 5.21 \cdot 10\text{-}13$, $m = 3.0$ |

For enkelthetsskyld antar vi at en konstant geometrifaktor $Y = 1.12$ kan benyttes i formelen for $K_I$.

a) Benytt Paris' ligning til å utlede et uttrykk for antall sykler til brudd som funksjon av initial og kritisk sprekkdybde. Beregn hvor dyp sprekken vil være etter en periode med $N = 10^5$ spenningsvekslinger.

b) Benytt bruddvurderingsdiagrammet (FAD-diagrammet) under til å avgjøre om sprekken er kritisk med hensyn til ustabilt brudd.
(Anta 3 mm sprekkdybde dersom oppgave a) ikke er løst.)




**SLUTT**