

Kapittel 1

Historie og oversikt

Forelesningsnotater i MEK 4520 Bruddmekanikk

Hans A. Bratfos

Lærebok: T.L. Anderson, Fracture Mechanics Fundamentals and Applications, 3rd edition.

Merknad: Dette forelesningsnotatet tar ikke sikte på å gjengi kapittel 1 i T.A. Anderson, men reflekterer foreleserens egen innledning til faget.

Bygging av Liberty-skip under 2. verdenskrig



- 2751 lasteskip på 10.000 tonn ble bygget av amerikanske verft mellom 1941 og 1945
- Ved å erstatte klinking med sveiseteknologi klarte man å redusere produksjonstiden fra 230 til 42 dager

The Liberty Ship



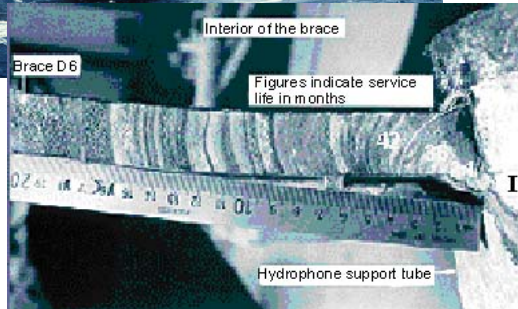
- 19 skip brakk i to
- Flere skip brakk under kalde netter mens de lå i havn
- Det ble registrert 1500 alvorlige sprødbrudd!

- Skipene var ikke underdimensjonerte
- Materialene så ut til ha riktig styrke

Årsak:

- Sveisefeil og forsprødning av sveisene ved lave temperaturer medførte sprødbrudd.

Alexander Kielland-plattformen



- 27. mars 1980: Ett stag på boligriggen Alexander Kielland brakk, plattformen havarerte og sank
- 127 mennesker mistet livet

Årsak:

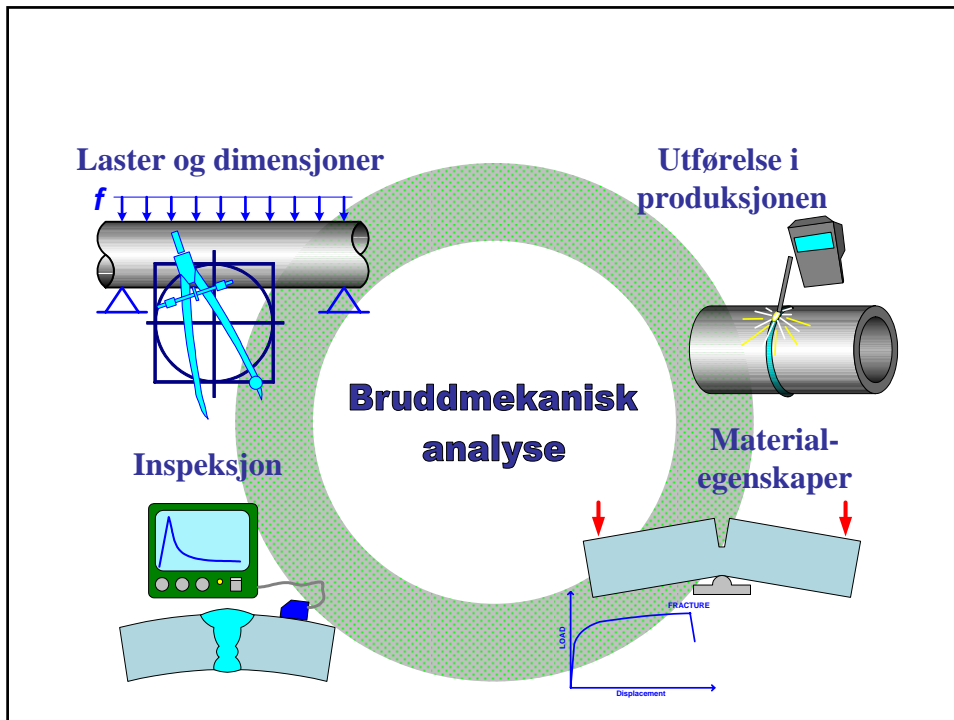
- En hydrofon var blitt sveiset inn staget.

Bruddmekanikk – et ungt fag

- De første teoretiske formuleringene av bruddmekaniske modeller kom i 1920 da Griffith, "bruddmekanikkens far", publiserte sin modell for sprekkvekst basert på en energibalanse.
- Først under 1. verdenskrig begynte interessen for bruddmekanikk å tilta. De mange Liberty-skipene som led av sprøbrudd, og tildels havarert, krevde en forklaring. Også mange jagerfly gikk uforklarlig tapt under krigen. Det virket som om materialene ble "trette".
- Siden har fagets utvikling i stor grad vært drevet fremover av store ulykker eller frykt for dette skulle skje. I Norge ble innføringen av oljeplattformene på 70-tallet en kilde til engstelse, og i 1980 fikk vi Alexander Kielland-ulykken som tok med seg 127 mennesker i døden.
- Likevel skulle det gå lang tid før bruddmekanikk fikk sin allmenne anerkjennelse som et seriøst ingeniørfag. Beregningene var beheftet med å være meget "konservative" (på den sikre siden), og mange ingeniører mente faget var helt ubrukelig. Først ut på 1990-tallet ble vår forståelse av brudd som fenomen såpass velutviklet av man kunne formulere gode praktiske ingeniørmetoder, og kritikken stilnet.
- Fortsatt er bruddmekanikken preget av å være en blanding av teori, empiri og "kvalifisert synsing". For mange av oss er det nettopp dette som gjør faget spesielt interessant.

Hva er bruddmekanikk?

- Alle materialer inneholder imperfeksjoner av ulike størrelser og utforminger som svekker styrken og dermed begrenser hvor store belastninger materialet kan tåle. Allerede Leonardo da Vinci var inne på tanken om dette. Han testet jerntråder og observerte at lange tråder tenderte til å ryke lettere enn korte tråder. Dette forklarte han statistisk med at bruddstyrken avgjøres av den største defekten i tråden. Siden det er totalt flere defekter i en lang tråd enn en kort tråd vil det være høyere sannsynlighet for at den lange inneholder en stor defekt enn den korte.
- Bruddmekanikken bygger på erkjennelsen av at brudd ofte trigges av defekter. De mest alvorlige er skarpe sprekker, i særdeleshet om de er store. Bruddmekanikk er nettopp læren om sprekkers oppførsel – hvordan oppførselen påvirkes av belastninger og materialenes egenskaper. Dermed er dette et fag hvor mekanikken og materialteknologien møtes.



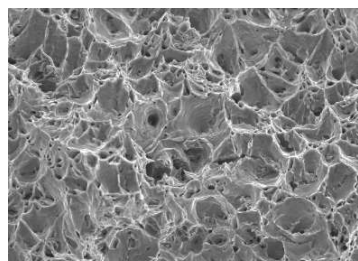
Typer av brudd i metaller – Ustabilt brudd

Ustabile brudd

Bruddet utvikler seg gjennom én enkelt pålasting. To hovedtyper:

Duktile (seige) brudd

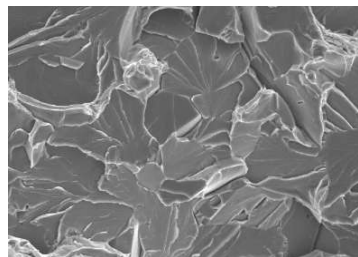
- Sprekkvekst ved "duktil rivning": Store tøyninger foran sprekkspissen medfører dannelse og sammenvekst av porer ("voids").
- Krever mye energi. Normalt er tilførsel av energi fra ytre arbeid nødvendig.
- Hastigheten til sprekkfronten er knyttet til belastningshastigheten.
- Karakteriseres av store plastiske deformasjoner i bruddområdet.



Ductile Fracture

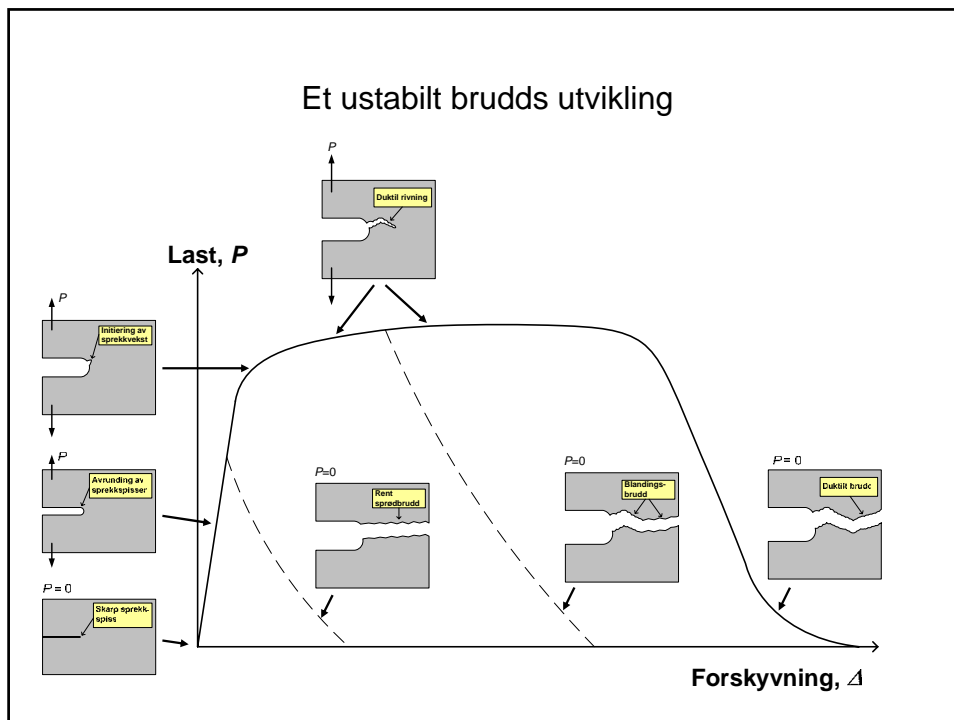
Sprøbrudd (kløvningsbrudd)

- Bruddforplantning ved kløvning av metallens krystallkorn.
- Krever lite energi. Utløsning av lagret tøyingsenergi ved bruddinitiering er ofte tilstrekkelig til å drive sprekk fremover.
- Hastigheten til sprekkfronten er knyttet til hvor raskt spenningene lokalt kan omlagres, hvilket er nær opptil lydhastigheten.
- Karakteriseres av lite plastiske deformasjoner i bruddområdet.



Cleavage Fracture

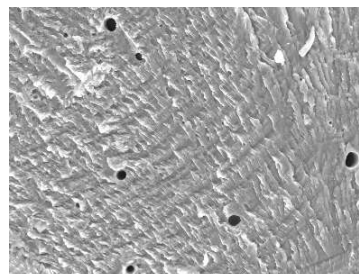
Et ustabil brudds utvikling



Typer av brudd i metaller - Utmattingsbrudd

Utmattingsbrudd

- Bruddet utvikler seg gradvis over tid som følge av gjentatte lastsykler. Disse lastsyklene ligger normalt langt under bruddlasten.
- Hver lastsykel gir en mikroskopisk sprekktilvekst som over tid akkumuleres til flere millimeter. De individuelle tilvekstene er synlig i mikroskop og kalles "striasjoner".
- Når utmattingsprekken blir tilstrekkelig stor ender det med et ustabil brudd; "restbrudd".



Fatigue Fracture in Stainless Steel, Mag: 2,000X

Andre typer brudd

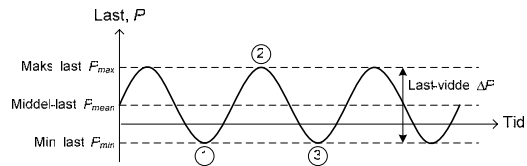
Det finnes en rekke andre typer av brudd og varianter av de som er nevnt over. Spesielt utgjør dette kjemisk påvirkede bruddmekanismer, f.eks.:

- Korrosjonsutmattning
- Spenningskorrosjon (SCC)
- Hydrogenindusert spenningsbrudd (HISC)
- m.fl.

Disse vil ikke bli forelest i dette kurset.

Utmattingsprosessen

- Syklisk belastning:



1. Minimum belastning: Sprekken er lukket med skarp sprekkespiss
2. Maksimum belastning: Sprekken er åpen med et spenningsfelt ved sprekkespissen i strekk. Spenningsfeltet medfører stor plastisk deformasjon ved sprekkespissen som avrundes ("blunting"). Avrundingen impliserer at sprekken vokser et inkrement innover i materialet.
3. Minimum belastning: Sprekken er igjen lukket. Et spenningsfelt i trykk ved sprekkespissen har fått avrundingen til å "knekke" innover. Dermed er sprekkespissen igjen blitt skarp og tilveksten er beholdt.

