

## METALLOGRAFI

Undersøkelse av metallenes struktur (gitter- og kornstruktur) og de mekaniske og fysikalske egenskaper som har sammenheng med den.

Vi skiller mellom:

- a) Bruddflateundersøkelser
- b) Mikroundersøkelser
- c) Makroundersøkelser

### a) BRUDDFLATEUNDERSØKELSER (fraktografi)

Den enkleste metoden.

Betrakter bruddflaten direkte med det blotte øyet eller med lupe med lav forstørrelse.

Binokularmikroskop gir et stereoskopisk bilde av flaten.

Lyset reflekteres fra de enkelte kornflater.

De enkelte korn kan vanligvis ikke skjelnes.

Vi skiller mellom:

#### - Grovkrystallinsk struktur

Relativt store bruddflater hvor bruddet får et karakteristisk blankt utseende.

#### - Finkrystallinsk struktur

I finkornet materiale gir mange små bruddflater med forskjellig orientering som gjør at bruddet virker mattere.

#### - Fibrig struktur

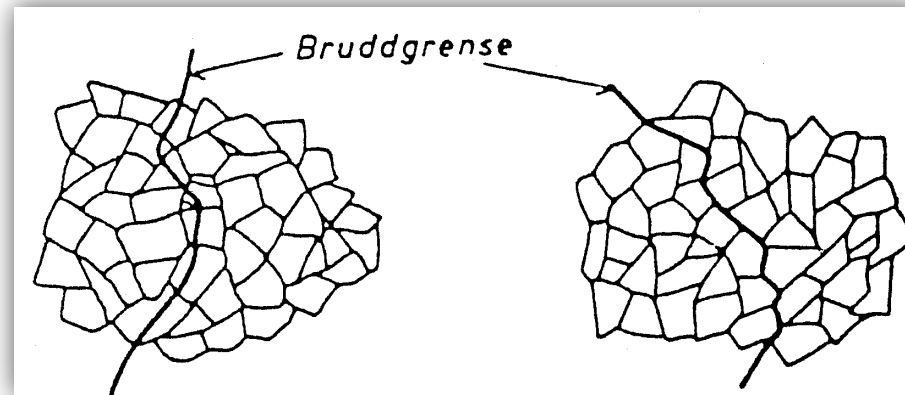
Bruddflatene har et matt utseende som skyldes at kornene har gjennomgått en viss grad av plastisk deformasjon før brudd.

Vi kan også få:

### Intrakrystallinske (transkrystallinske) brudd

Brudd langs kornrensene

- Matt brudd
- Muslingaktig utseende (Kornrensflatene er uregelmessige og taggete og reflekterer lyset i alle retninger.)

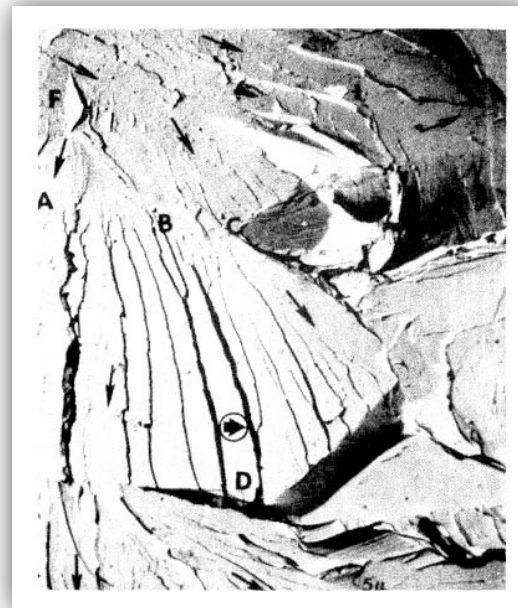


### Interkrystallinske brudd

Bruddet ved kløyving av krystallet

- Bruddet funkler i lyset (Vi får refleks fra utallige manglekantede plane bruddflater i krystallstrukturen.)

*Kløvningsbrudd i jern  
(Transkrystallinsk).  
Pilene angir brudedretningen  
i de enkelte korn. 3200X.*



**Bruddflateundersøkelser** er et nyttig:

- **Oppklaring** av materialfeil
- **Årsaker** til inntrufne brudd i konstruksjonsdeler
- **Kontroll** av materialets termiske eller mekaniske behandling

Lysmikroskop har liten dybdeskarphet og kan bare brukes med lav forstørrelse.

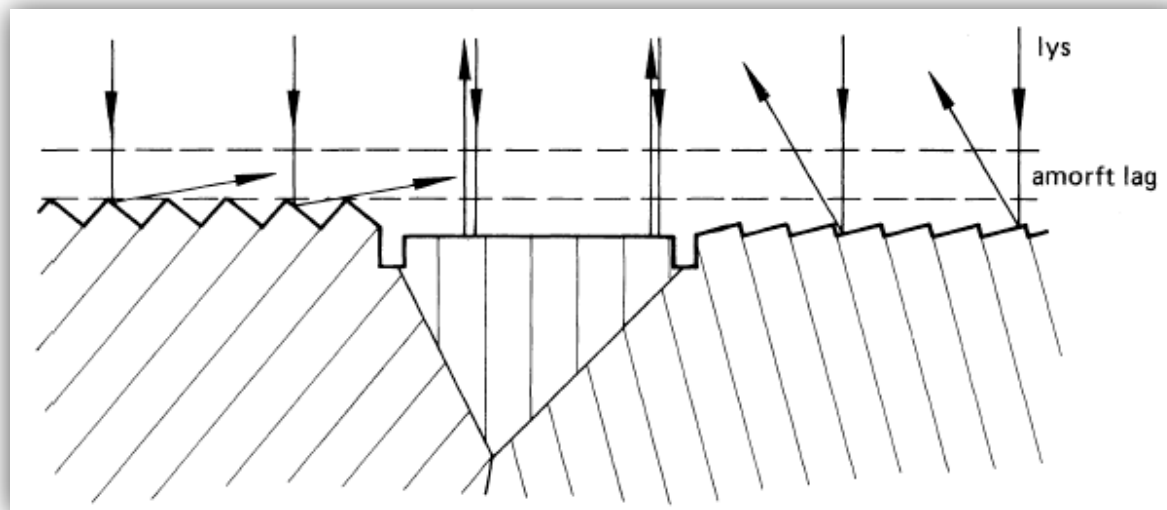
Elektronmikroskop er velegnet til å betrakte bruddflater med store forstørrelser (1000 – 10000 ganger).

Slike undersøkelser kaller vi **FRAKTOGRAFI**.

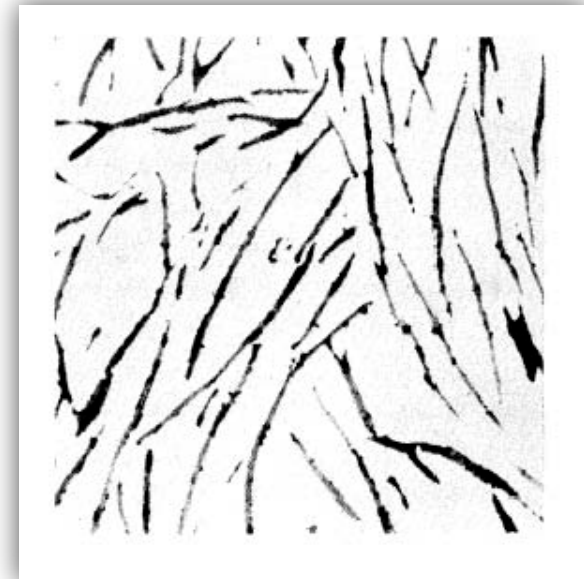
De avslører en rekke viktige detaljer om kornstrukturen og bruddet, størrelse og fordeling av inneslutninger m.fl.

## b) MIKROUNDERSØKELSER

- Overflaten av prøven **slipes** plant med stadig finere smergelpapir.
  - Den **poleres** med en myk duk og slipepasta av diamant.
  - Overflaten vil etter behandlingen få amorf struktur (uordnet struktur) og blir blank i lysmikroskopet.
  - Det amorfte laget kan fjernes ved å **dyppe** slipet i en **etsende væske**.
  - Etsevæsken angriper de forskjellige bestanddelene forskjellig.
  - Etsingen vil fremkalle nivåforskjeller mellom kornene og vil angripe korn grensene sterkest.
- Vanlig etsemiddel for stål er 1 - 5% salpetersyre ( $\text{HNO}_3$ ) i alkohol (1 - 5% nital)



*Lysrefleksjon fra en polert og etset metalloverflate.*

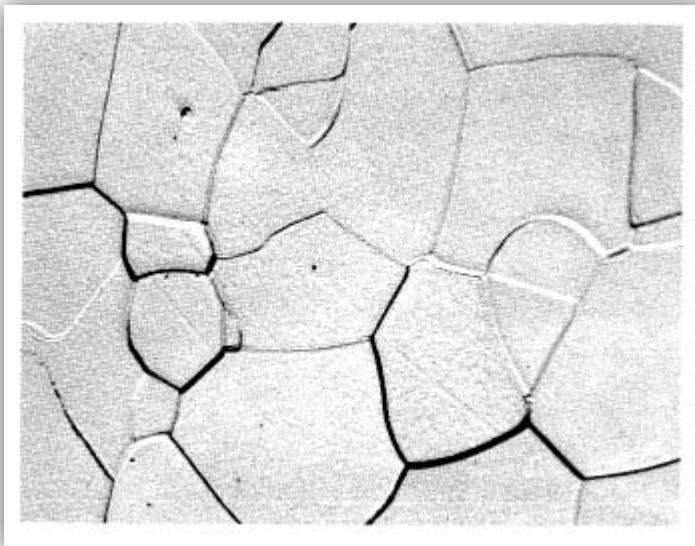


*Mikroslip av grått støpejern med grove grafittlameller (mørke tråder). Polert og uetset. 50X.*

## Metall - lysmikroskop

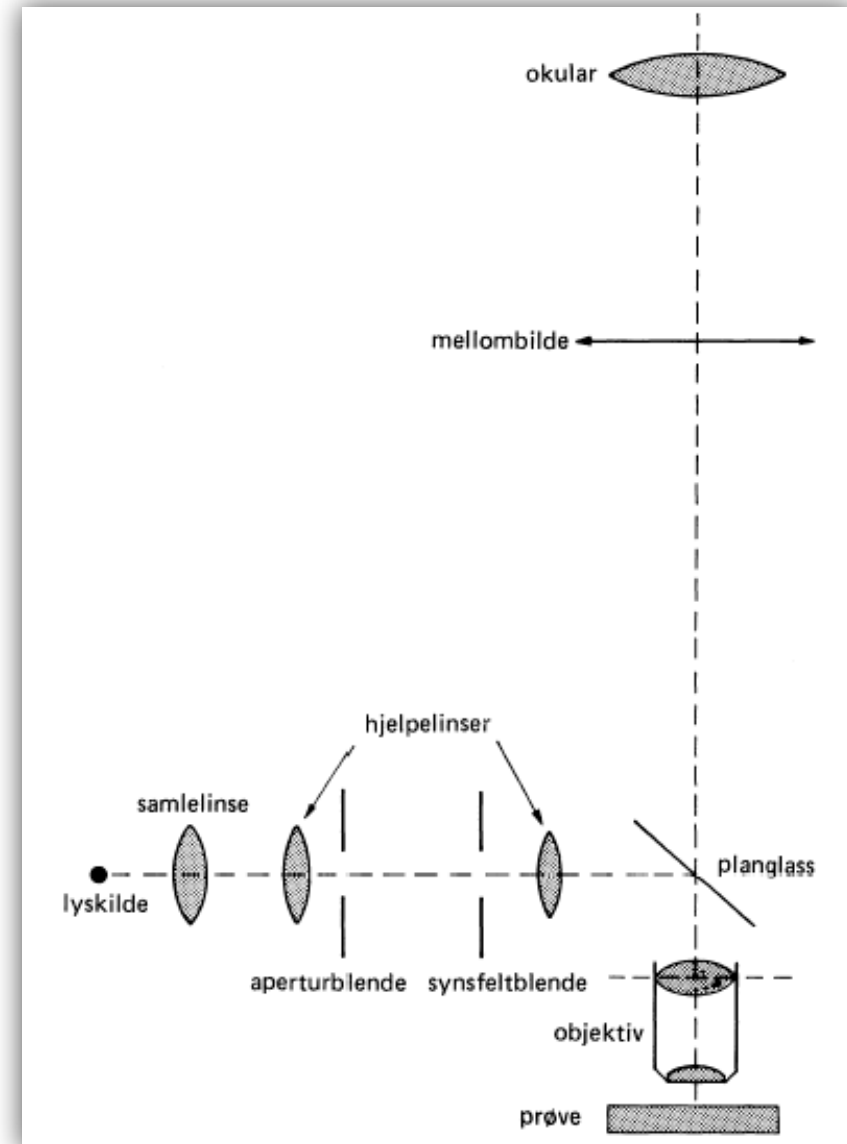
- **Lyset reflekteres** fra overflaten av objektet (slipet).
- Etsemønstrene fører til at de parallelt innkomne stråler reflekteres i forskjellige retninger.
- **Korn og korngrenser tegnes med ulik lysstyrke.**
- Ved å la lyset falle inn på skrå mot slipflaten, får vi skygger som gjør det lett å skille opphøyde flater fra nedliggende.

**Forstørrelsesgrad** er begrenset til **1000 - 1500 ganger**.



*Etset slip av rent jern.*

*Skråbelysning gjør at nivåforskjellen mellom de enkelte korn fremtrer ved skyggevirking. 500X.*



*Strålegangen i et metallmikroskop.*

## Elektronmikroskop

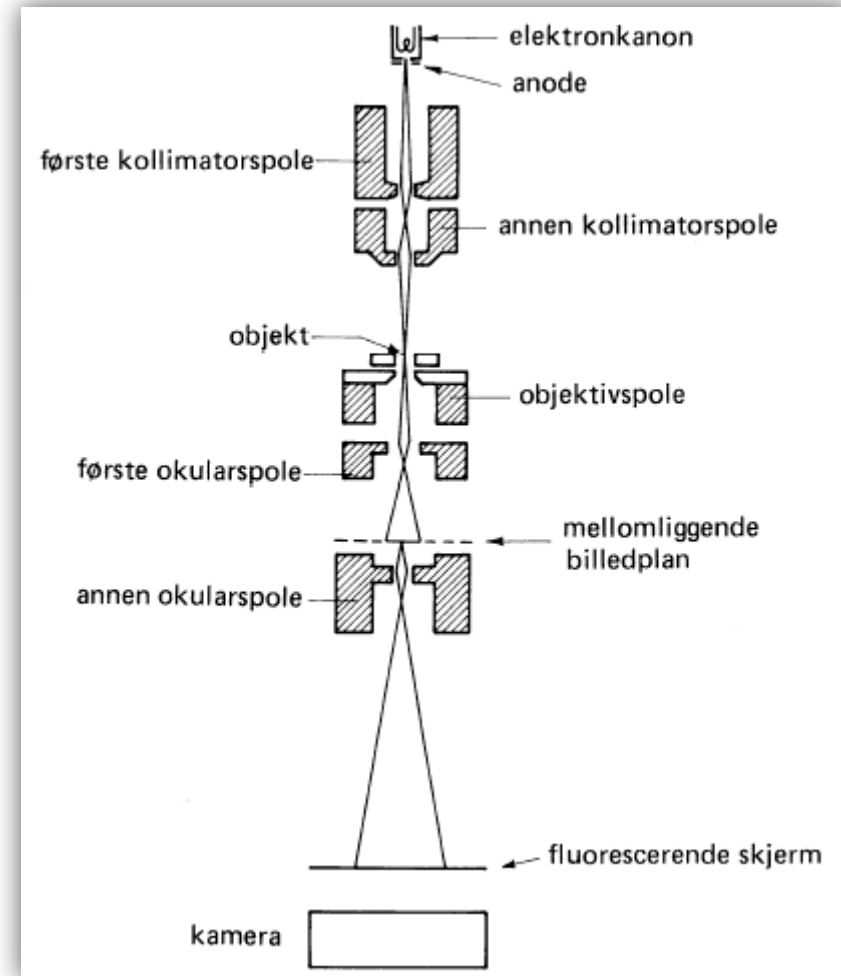
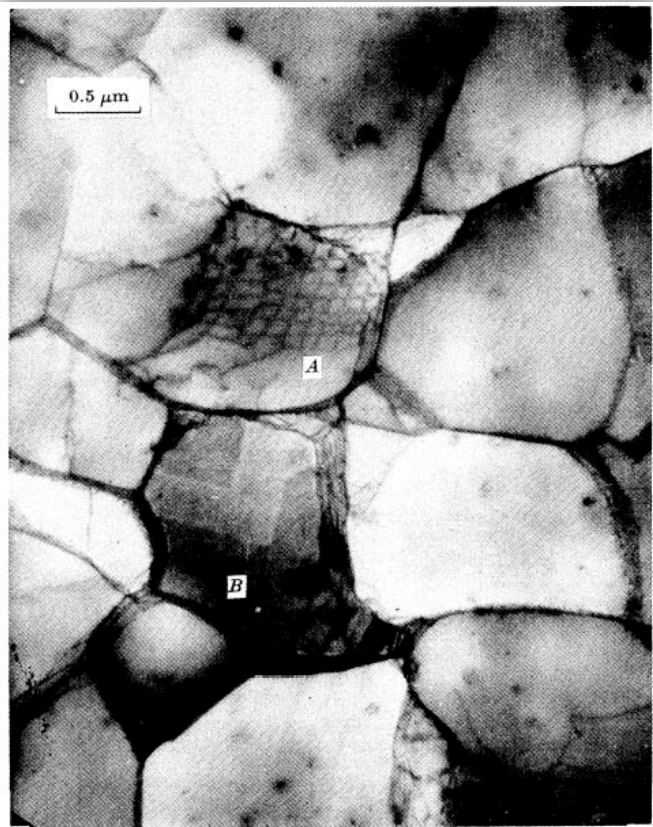
- **Bildet tegnes av elektronstråler** i stedet for lysstråler.
- Elektronene tilordnes en bølgebevegelse som er avhengig av deres hastighet.

Elektronmikroskop for metallografi finnes i to utførelser:

- **Transmisjon - elektronmikroskop, TEM**
- **Skanning - elektronmikroskop, SEM**

## Transmisjon - elektronmikroskop, TEM

- Elektronstrålen går gjennom objektet.
- Prøve må lages som en tynn film på ca.  $0,1\mu\text{m}$  tykkelse.
- Det kan også lages et plastavtrykk av et etset slip.

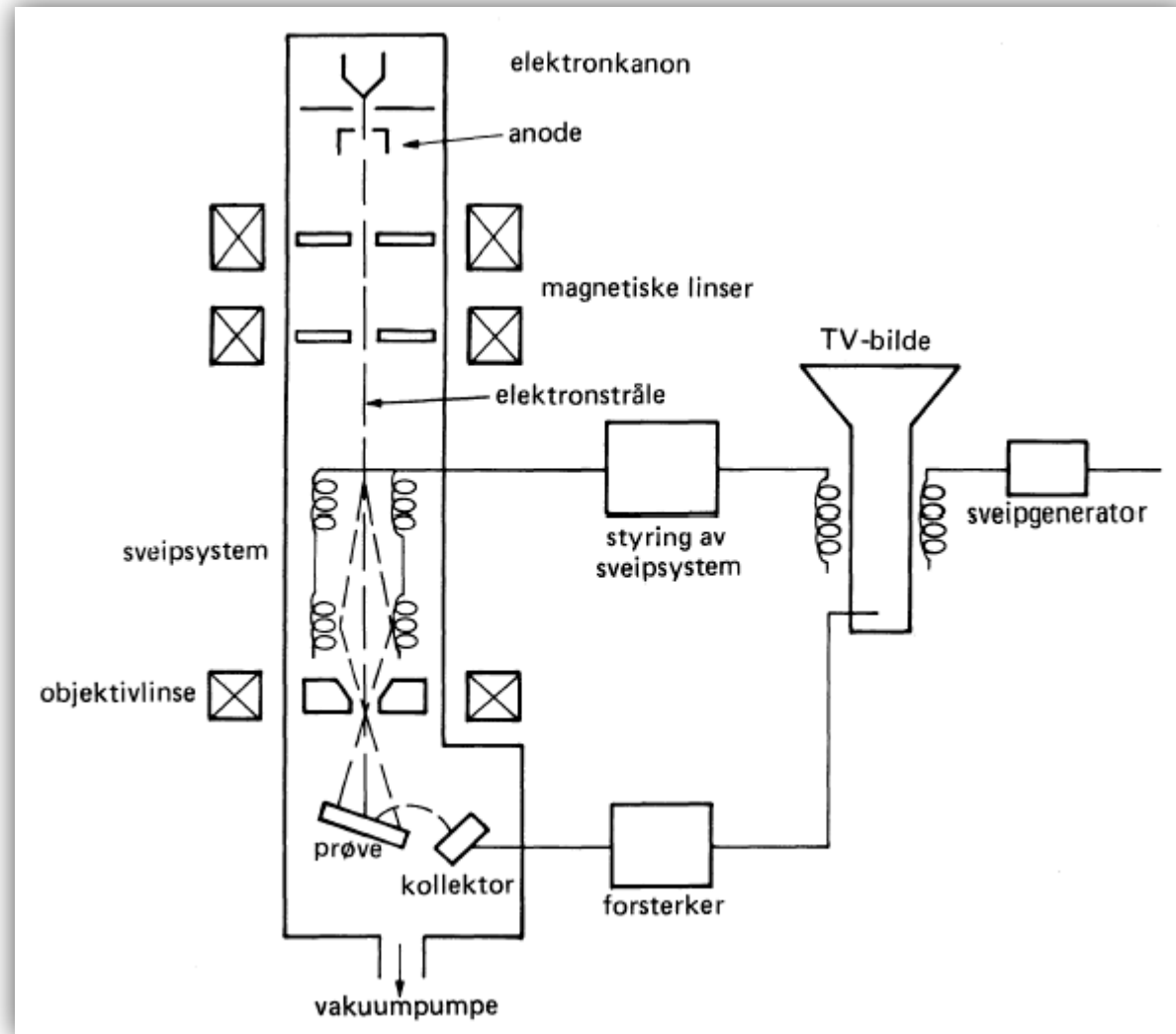


Strålegangen i transmisjon - elektronmikroskop, TEM

TEM bilde av aluminium tynnfilm. Bildet viser subkorn eller celler som alle tilhører et korn. Celleveggene er et nettverk av dilokasjoner hvis indre struktur er tydelig på område A.  
28000X.

## Skanning - elektronmikroskop, SEM

- En veldig smal **elektronstråle** **Sveiper** frem og tilbake **over prøvestykket** slik at en liten flate av prøven holdes dekket.
- Bevegelsene er synkronisert med tilsvarende bevegelser av elektronstrålen i en TV-skjerm.
- Der hvor elektronstrålen treffer prøvestykket, sender dette ut lavenergielektroner, hvis intensitet er en funksjon av den lokale vinkel mellom stråle og overflate.
- Sekundærelektronene mottas og telles av en kollektor.
- Ved en elektronisk forbindelse sørges det for at intensiteten av strålen i TV-skjermen varierer i takt med antall sekundærelektroner som treffer kollektoren.
- Når elektronstrålen løper over prøven, bygges det opp et bilde av prøvens overflate (topografi) på skjermen.



Strålegangen i skanning - elektronmikroskop, SEM.



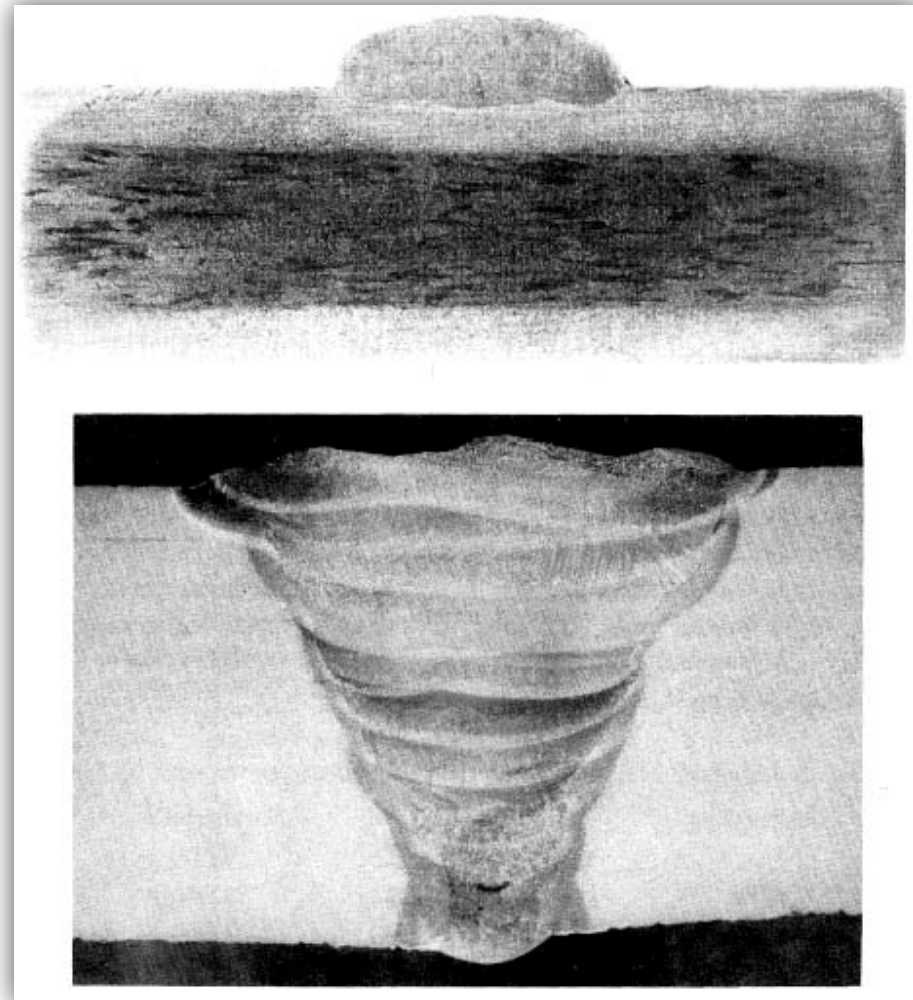
I praktisk metallografi kan vi regne med følgende oppløsninger og forstørrelser:

Mikroskop	Oppløsning	Forstørrelse
Lys	200nm (2000Å)	1000X
SEM	10nm (100Å)	20 000X
TEM	1nm (10Å)	200 000X

Elektronmikroskopet har gjort det mulig å studere bl.a. feilstrukturer i gitteret.

### c) MAKROUNDERSØKELSER

- Overflaten slipes med smergelpapir og etses uten ytterligere preparering.
- **Overflaten betraktes med det blotte øye eller med svak forstørrelse.**
- Kornstrukturen vil vanligvis ikke komme frem, men inhomogeniteter som slagginneslutninger, porer, sprekker, markerte skillelinjer mellom forskjellige strukturtyper etc. vil kunne sees.



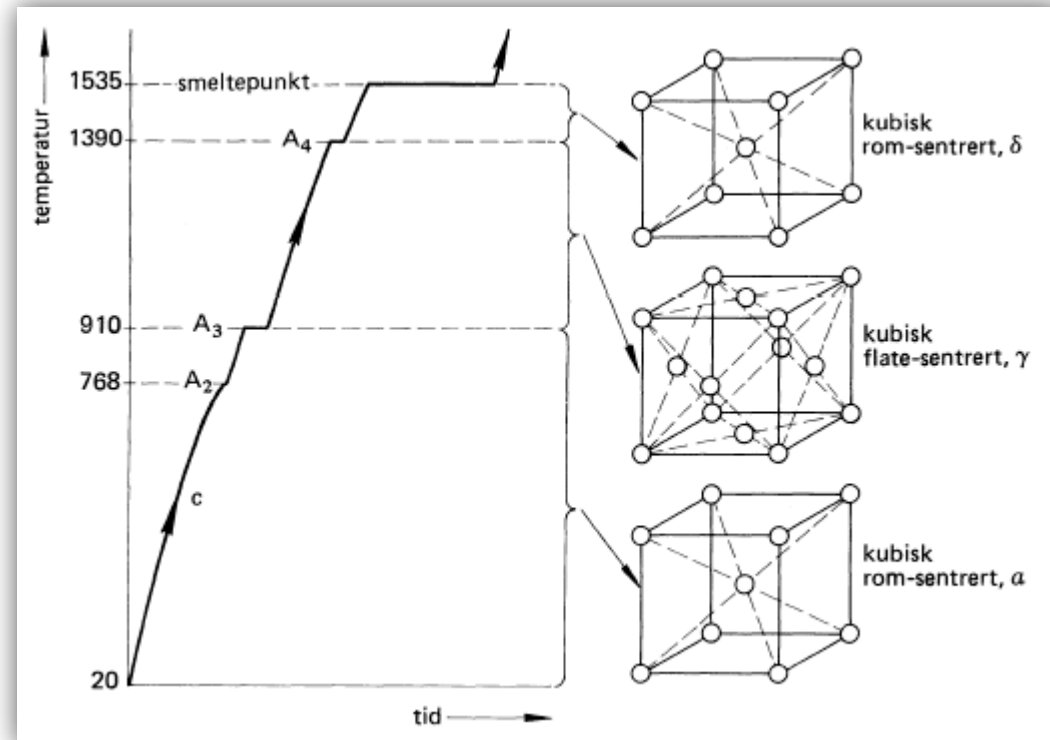
*Makroslip av plate med seigring og av sveiseforbindelse.*

## TERMISK ANALYSE

- Noen fysiske egenskaper er direkte knyttet til gitterstrukturen.
- Ved å måle slike egenskaper kan vi indirekte skaffe oss opplysninger om strukturen.
- Når et materiale endrer gitterstruktur i fast tilstand, brytes også den gamle kornstruktur ned og en ny blir bygget opp.
- En ny gitterstruktur betyr derfor også en ny kornstruktur.

### Eksempel jern, Fe:

- Varmer opp rent jern i en smeltedigel.
- Bestemmer temperaturen som funksjon av tiden.
- Vi får en kurve som vist i figuren.
- De horisontale partier på kurven ved temperaturene  $A_3$  og  $A_4$  betegnes **holdepunkter**.
- Varme (energi) tilføres uten at temperaturen stiger.
- Den tilførte energi lagres i strukturen ved temperatur  $A_3$  ved at kubisk romsentrert struktur går over til kubisk flatesentrert struktur.
- Ved  $A_4$  at kubisk flatesentrert struktur igjen går over til kubisk romsentrert struktur.
- $A_2$  er ikke et sant holdepunkt, kurven forandrer seg gradvis over et temperaturintervall .
- $A_2$  kalles Curiepunktet, hvor jernet går over fra å være magnetisk til å være umagnetisk.



*Termisk analyse av rent jern.*

*$A_3$  og  $A_4$  – holdepunkter*

*$A_2$  – Curiepunkt*

Materialer som i fast tilstand kan opptre med mer enn en gitterstruktur, kalles **POLYMORFE ELLER ALLOTROPE**. Få metaller har denne egenskap, jern er et av dem.