

*Att svetsa i höghållfast stål –
lätt men inte simpelt*

Eva-Lena Bergquist
ESAB AB



Höghållfasta stål - applikationer





Att höja ett ståls hållfasthet

Legering

Att höja ett ståls hållfasthet

Legering

Verktogsstål
Seghärdningsstål

Att höja ett ståls hållfasthet

Legering

Termomekanisk
behandling

Höghållfast stål

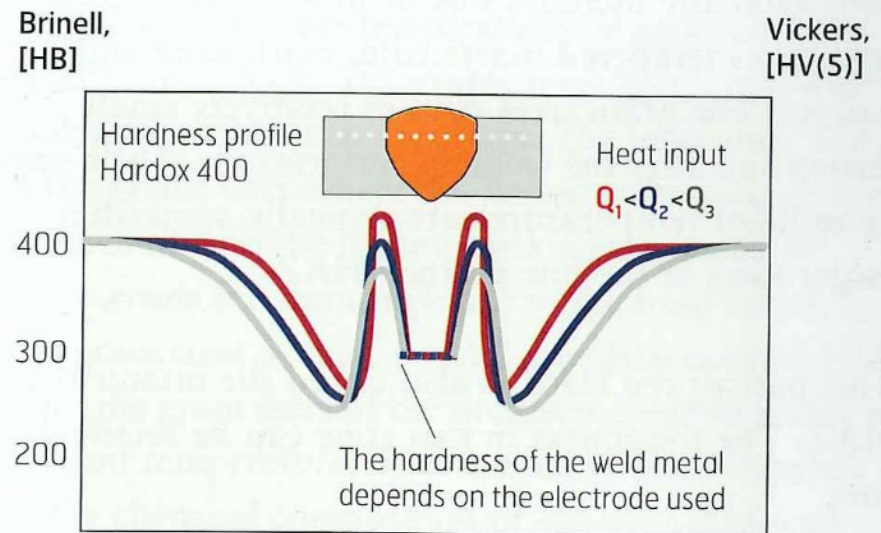
Termomekanisk
bearbetning

Syfte: Att optimera strukturtyp
och kornstorlek för hög
hållfasthet.



Värmepåverkade zonen

Svetsning =
termisk påverkan



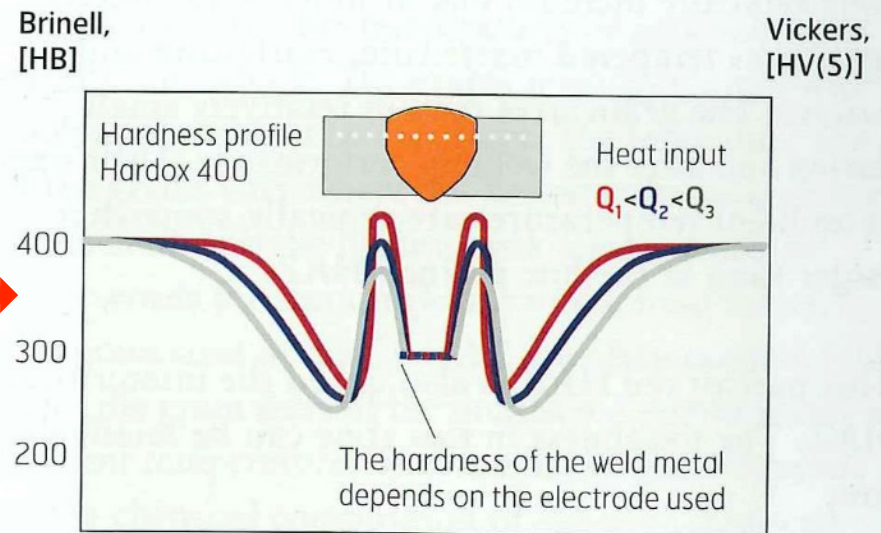
Referens: Welding handbook. SSAB



Värmepåverkade zonen

Svetsning =
termisk påverkan

Långsammare
avsvälning ger bredare
mjuk zon.



Referens: Welding handbook. SSAB

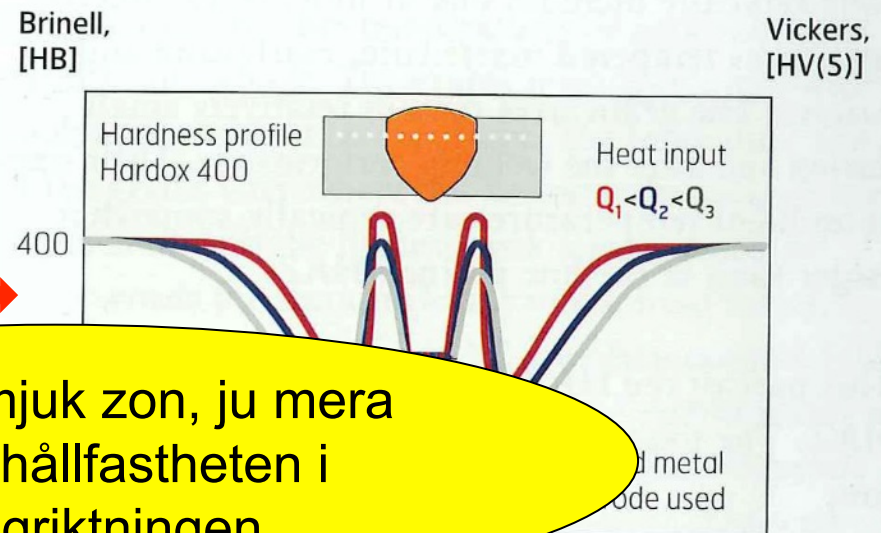


Värmepåverkade zonen

Svetsning =
termisk påverkan

Långsammare
avsvälning ger bredare
mjuk =

Ju bredare mjuk zon, ju mera
påverkas hållfastheten i
tvärdragriktningen.



Värmepåverkade zonen

Avsvalningshastigheten beror på:

- Värmetillförseln
- Förvärmnings-/ mellansträngstemperatur
- Materialets tjocklek

Värmepåverkade zonen

Avsvalningshastigheten beror på:

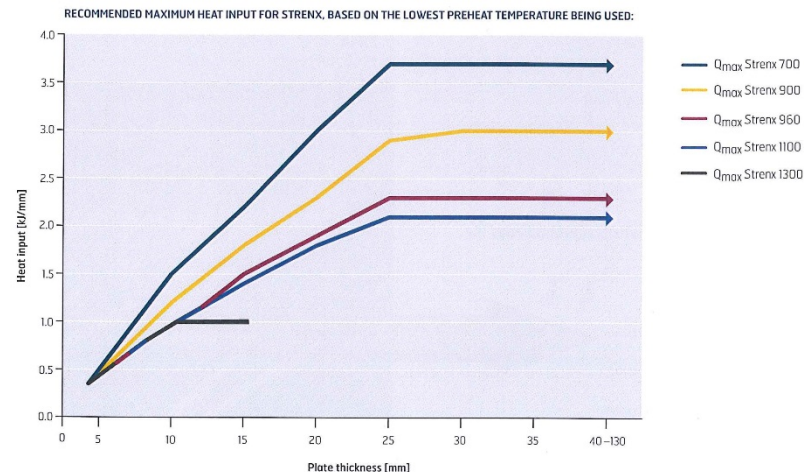
- Värmetillförseln
- Förvärmnings-/ mellansträngstemperatur
- **Materialets tjocklek**

Värmepåverkade zonen

Avsvalningshastigheten beror på:

➤ Värmetillförseln

- Förvärmnings-/ mellansträngstemperatur
 - Materialets tjocklek



Referens: Welding Strenx and Hardox.
SSAB



Värmepåverkade zonen

Avsvalningshastigheten beror på:

- Värmetillförseln
- **Förvärmnings- /
mellansträngstemperatur**
- Materialets tjocklek

Vätesprickor

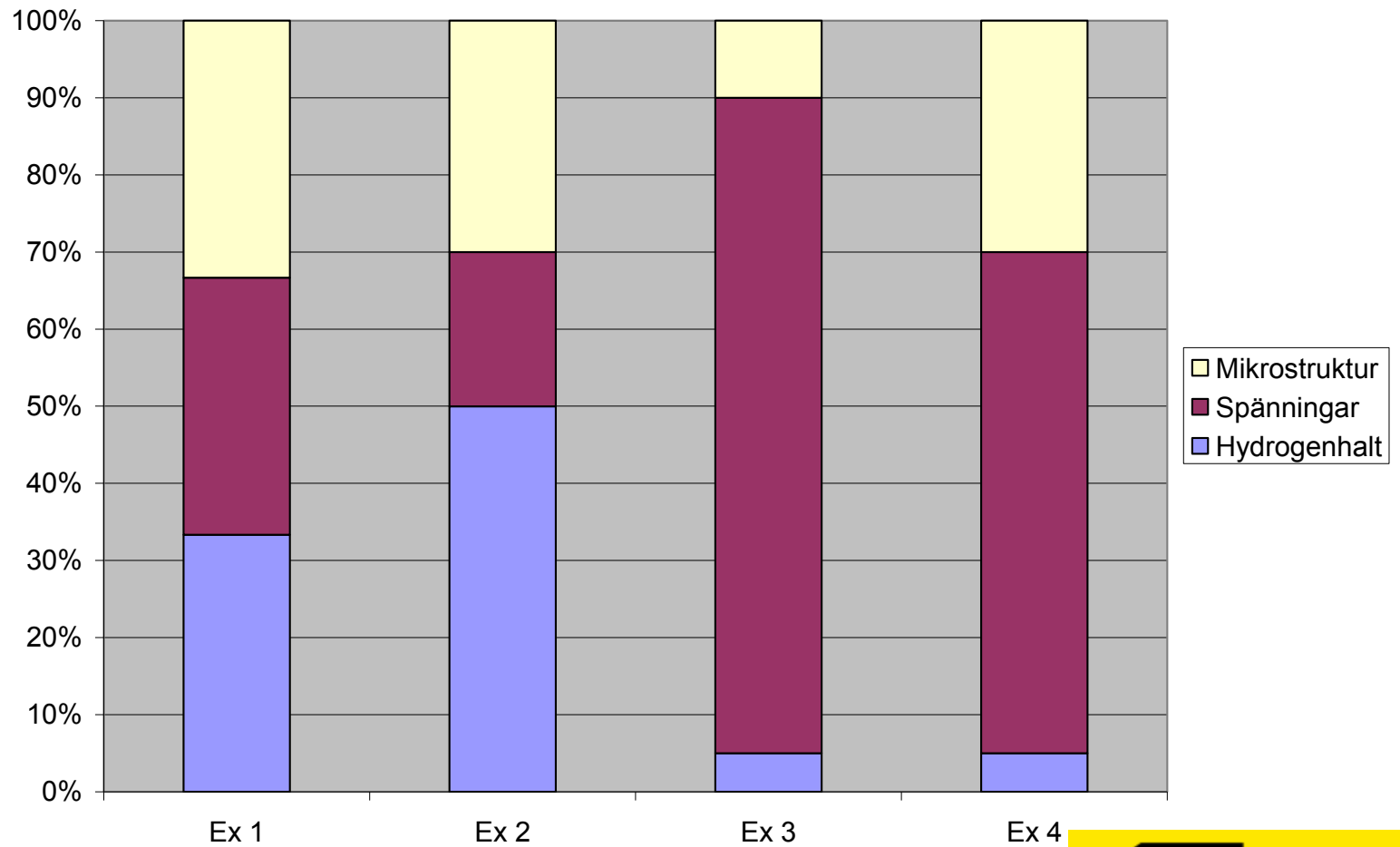
Uppkomsten av vätesprickor styrs av en kombination av tre faktorer:

Vätehalten i materialet

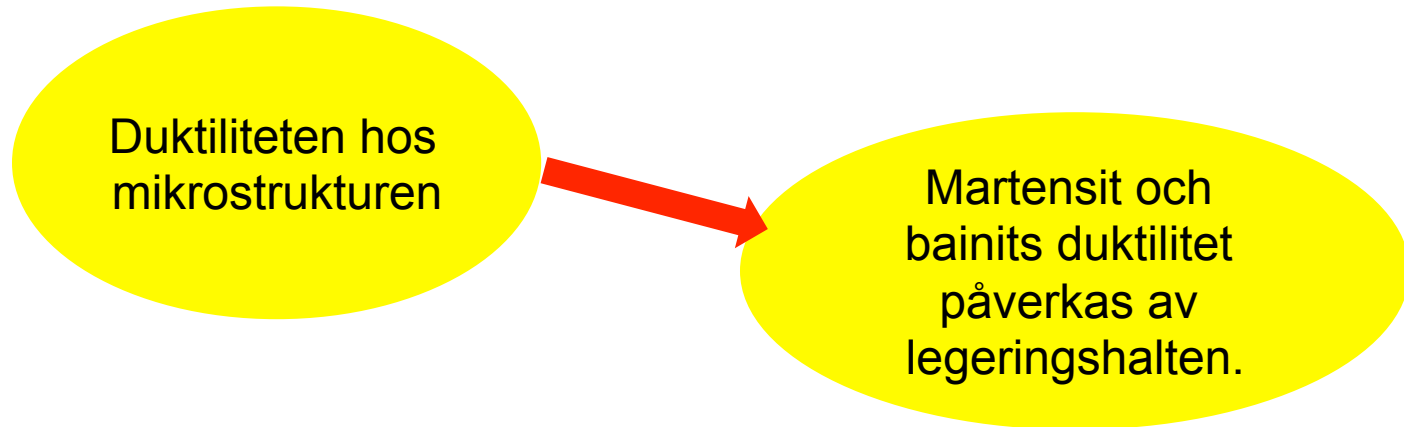
Spänningsnivån i området.

Duktiliteten hos mikrostrukturen

Vätesprickor



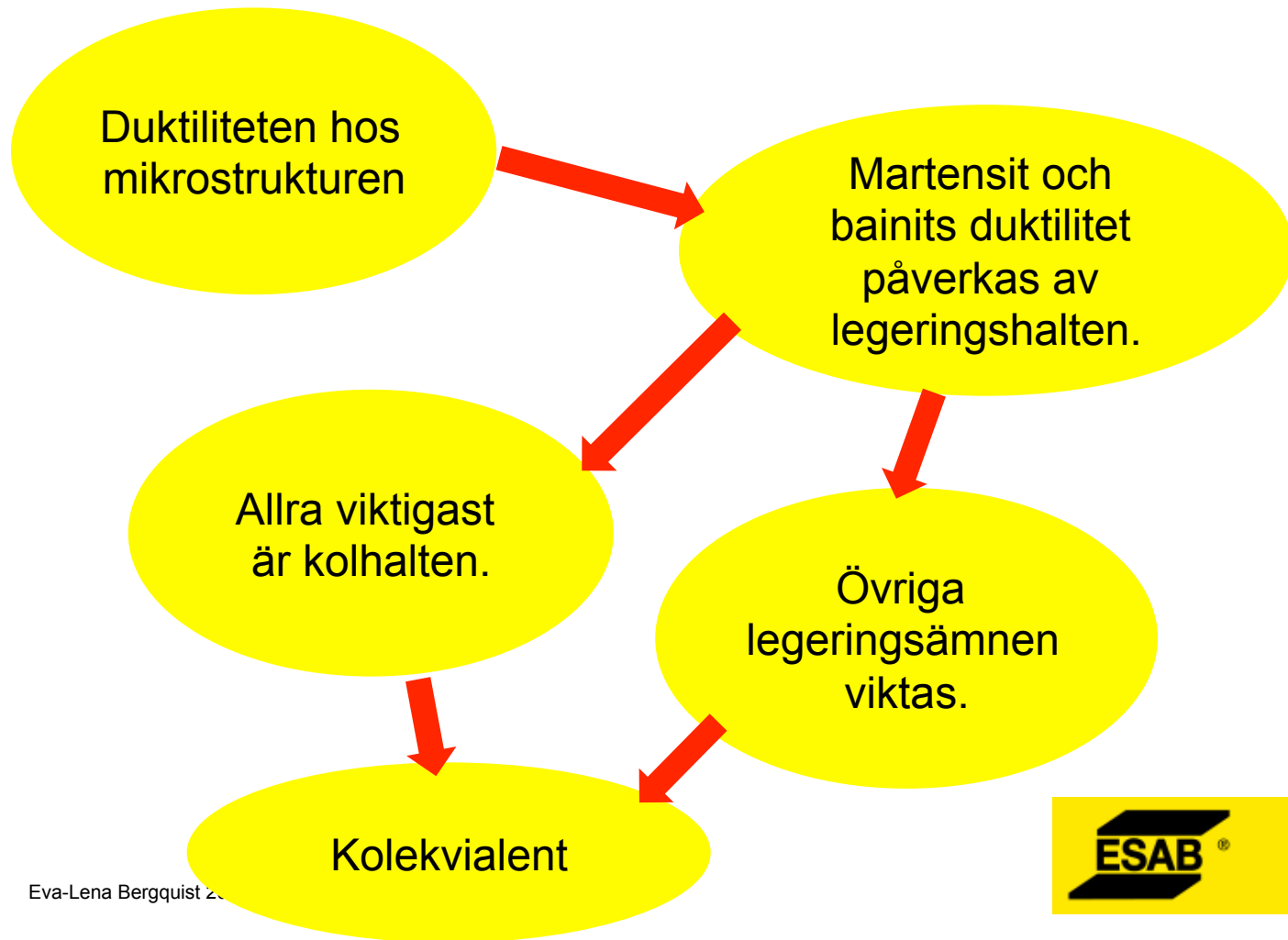
Vätesprickor



Vätesprickor



Vätesprickor



Vätesprickor

Kolekvivalent

$$CET = C + (Mn + Mo) / 10 - (Cr + Cu) / 20 + Ni / 40$$

$$CE = C + (Cr + Mo + V) / 5 + Mn / 6 + (Ni - Cu) / 15$$

CET föredras för
höghållfasta stål

Referens:
SS-EN ISO 1011-2

Vätesprickor

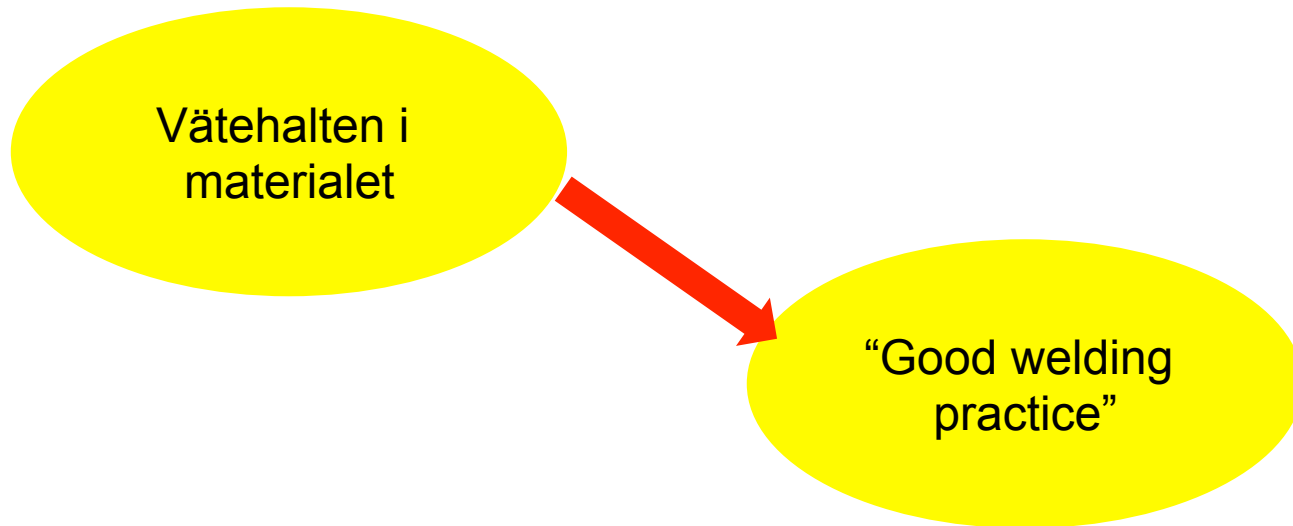
Typical values

	YS Mpa	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	Ni %	CET
39NiCrMo3 (seghärdn. stål)	700	0.4	0.3	0.7	0.9	0.2	0.9	0.56
Strenx 700 (TMCP)	700	0.15	0.3	1.0	0.3	0.2	0.4	0.29
ORO90 Supreme (verktygs- stål)	1300	0.4	0.3	0.8	2.6	2.3	-	0.85
Strenx 1300 (TMCP)	1300	0.2	0.2	0.9	0.5	0.4	1.3	0.40

Vätesprickor

Vätehalten i
material

Vätesprickor



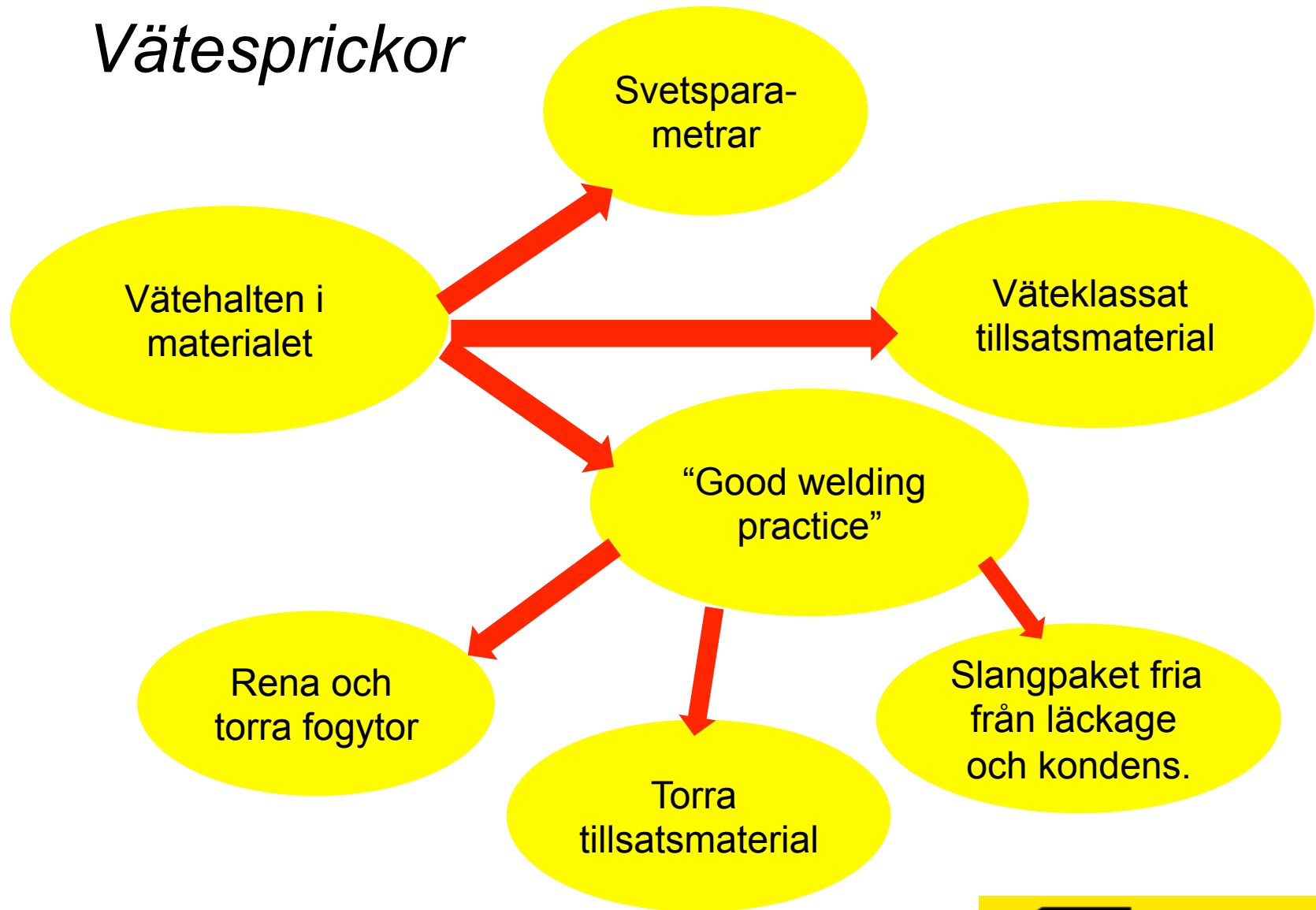
Vätesprickor



Vätesprickor



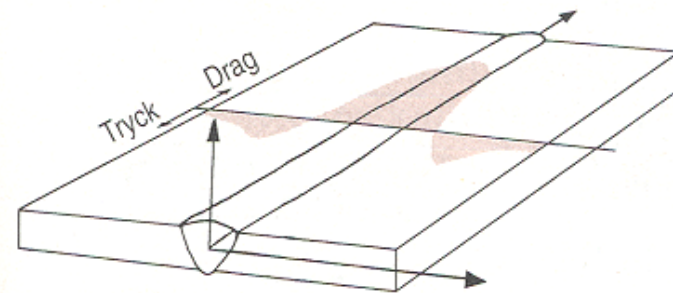
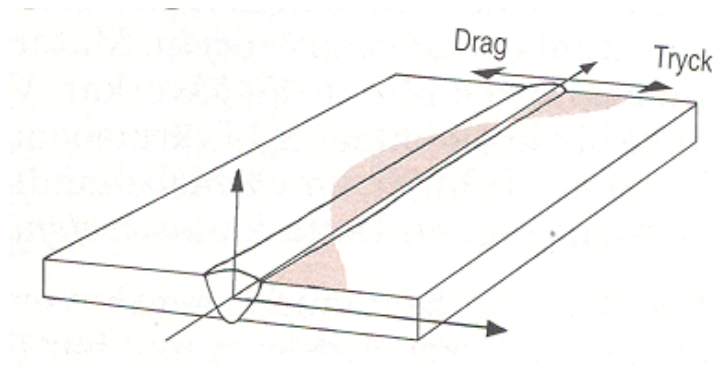
Vätesprickor



Vätesprickor

Spänningsnivån
i området

Restspänningar



Referens: S Mattson. Materiallära för svetsare.

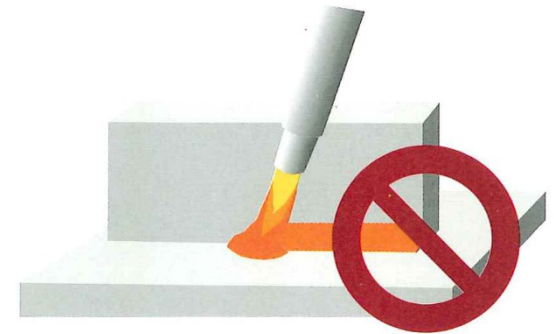
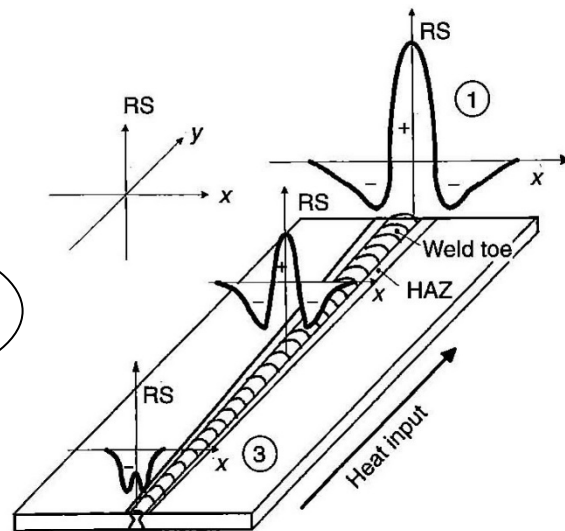


Vätesprickor

Spänningsnivån
i området

Restspänningar

Undermatchande
tillsatsmaterial

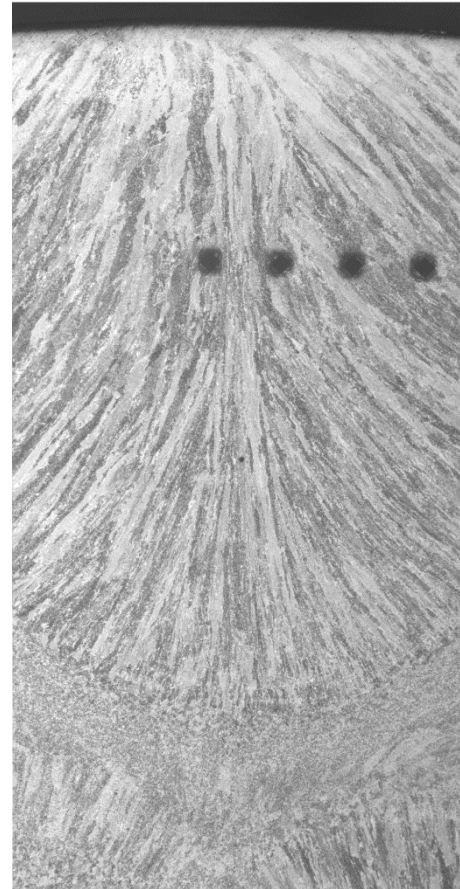
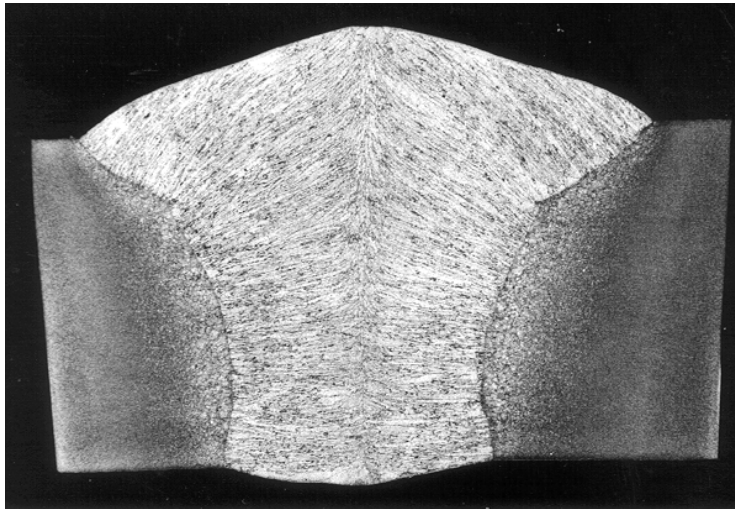


Referens: SSAB Welding Handbook



Referens: ASM Handbook on Residual Stress
and deformation of steel.

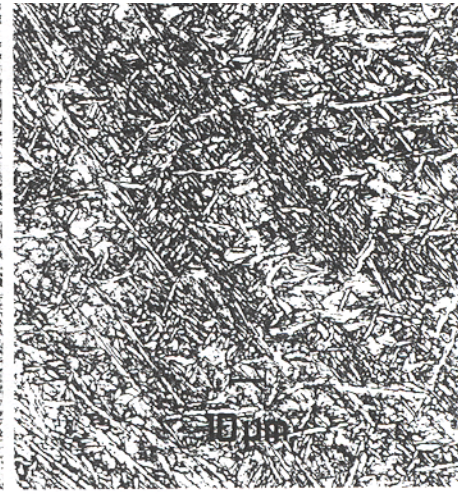
Svetsgods=gjutstruktur



Mikrostruktur och legering

Ferrit

Bainit + Martensit



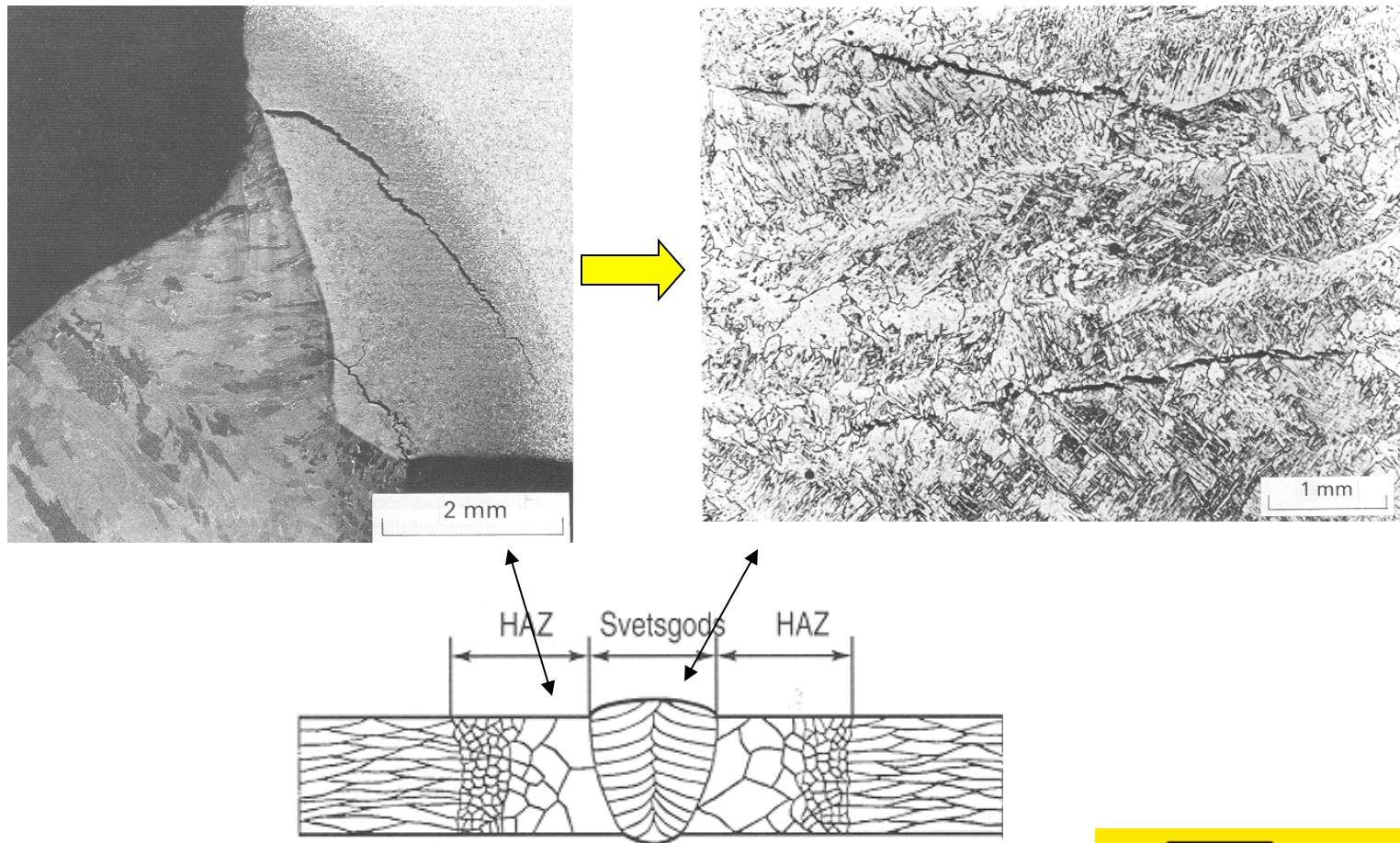
500 MPa

700 MPa

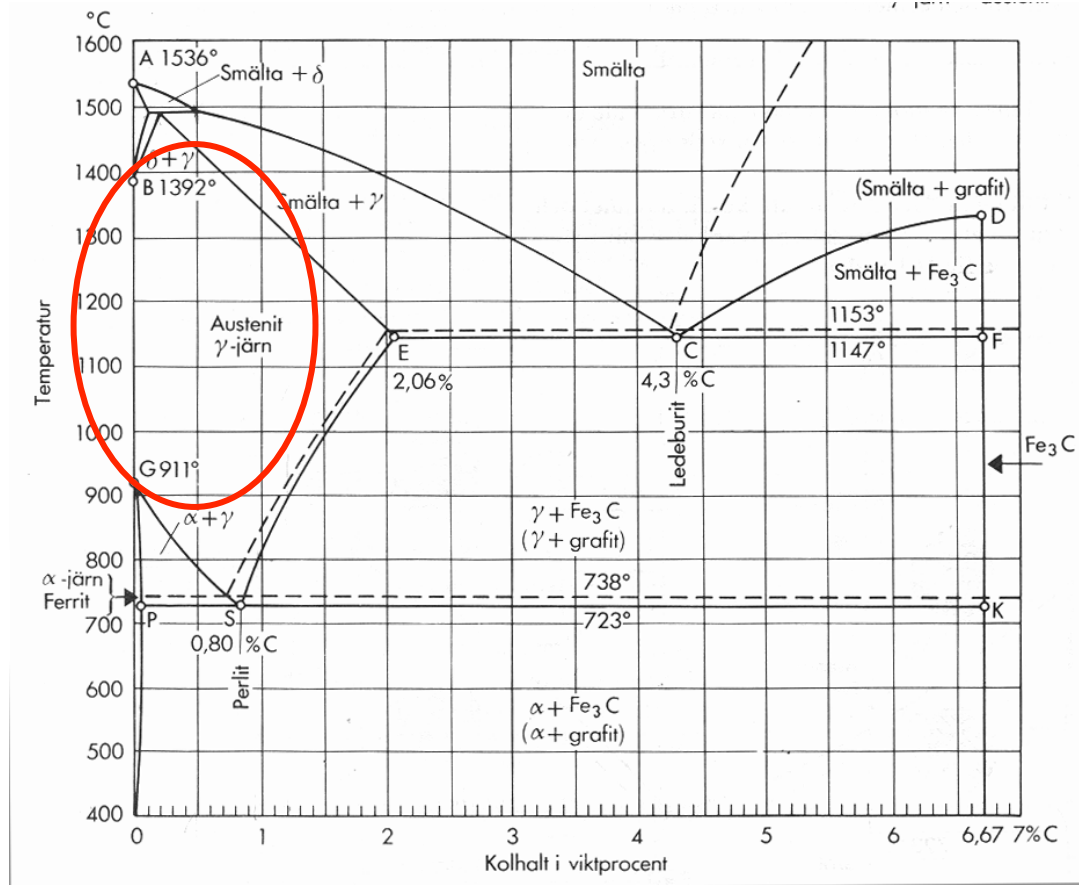
900 MPa

Yield Strength (MPa)

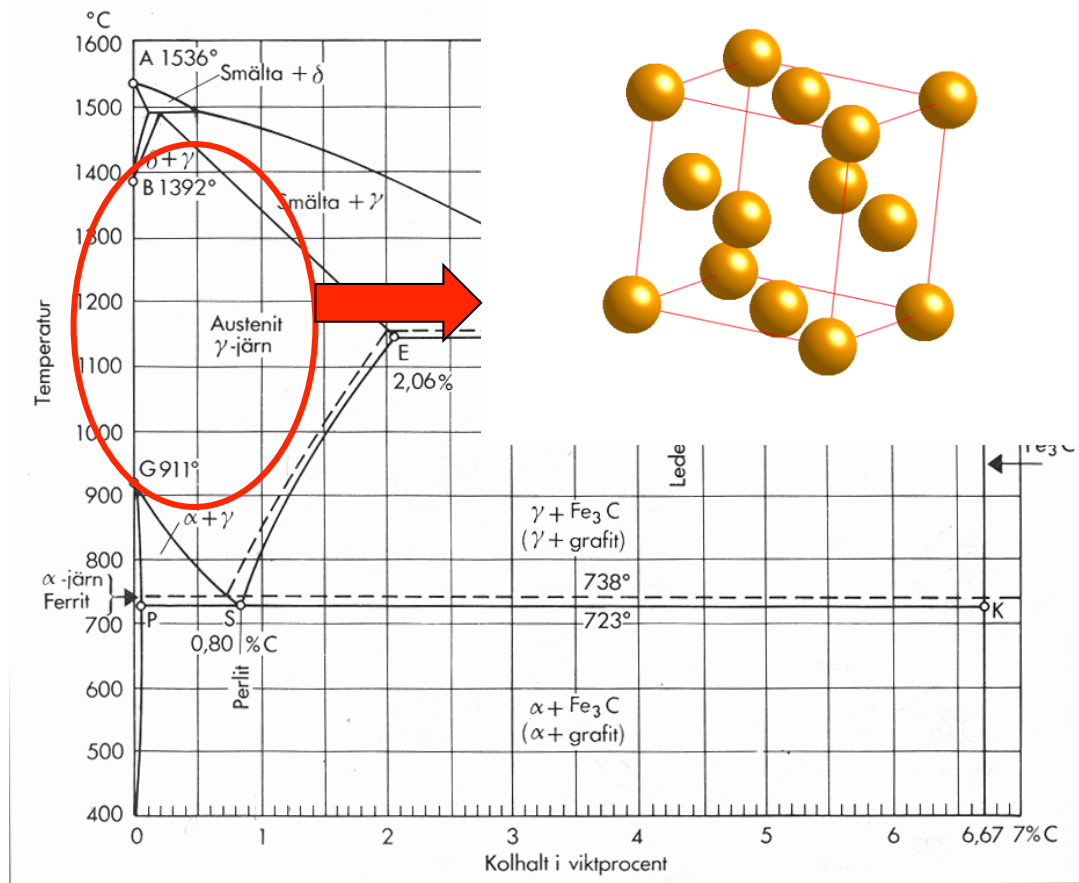
Vätesprickor



Kristallstruktur

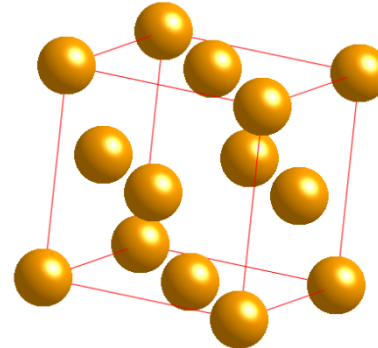
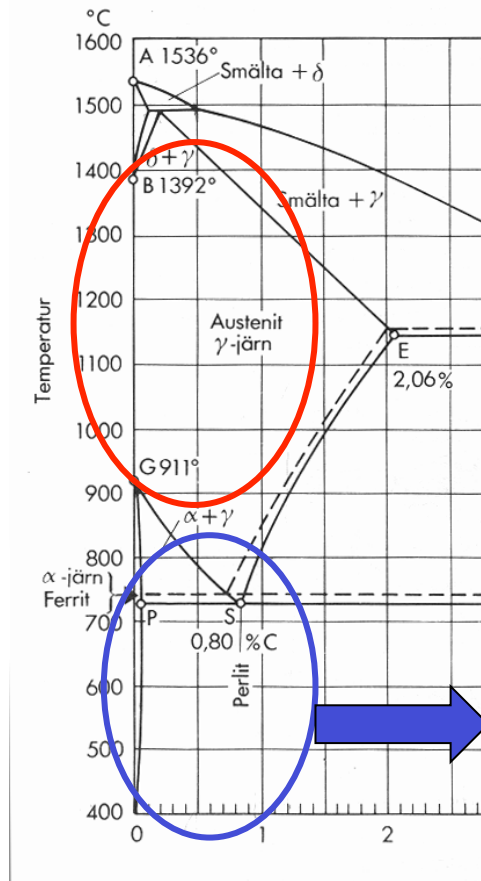


Kristallstruktur

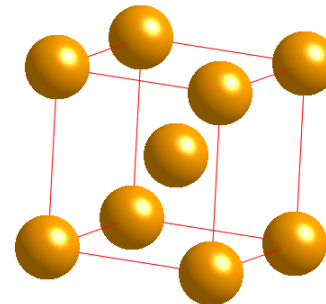


FCC
(austenit)

Kristallstruktur

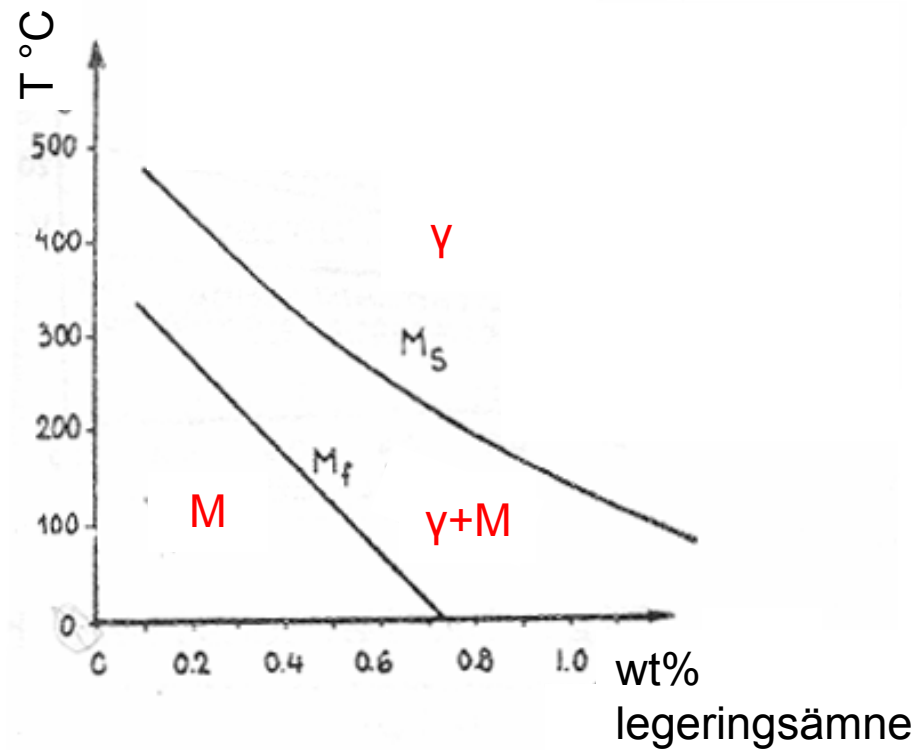


FCC
(austenit)

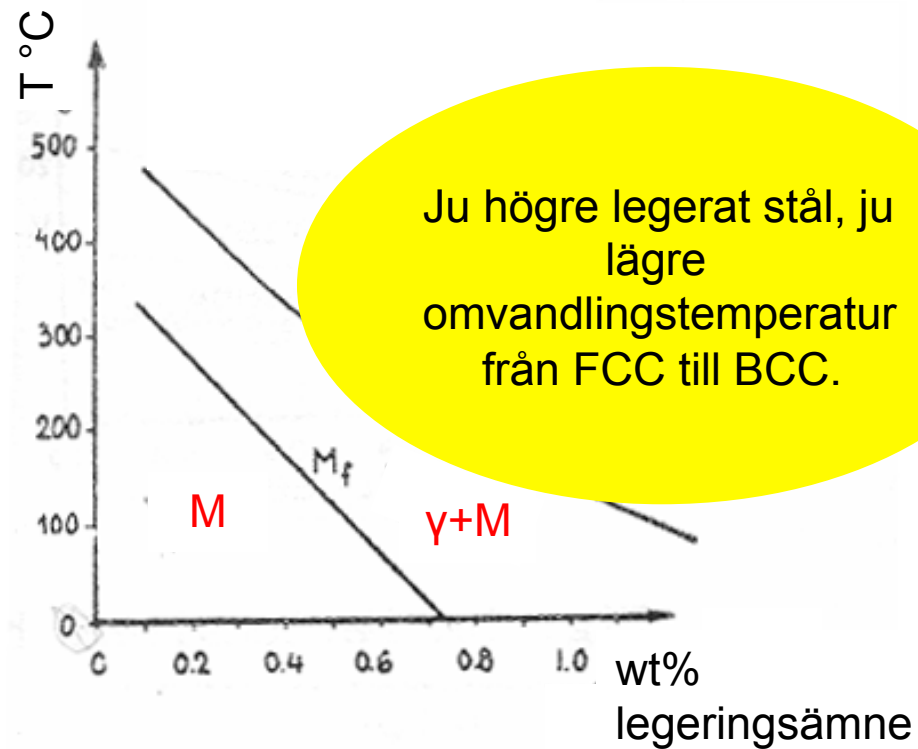


BCC
(ferrit, bainit, martensit)

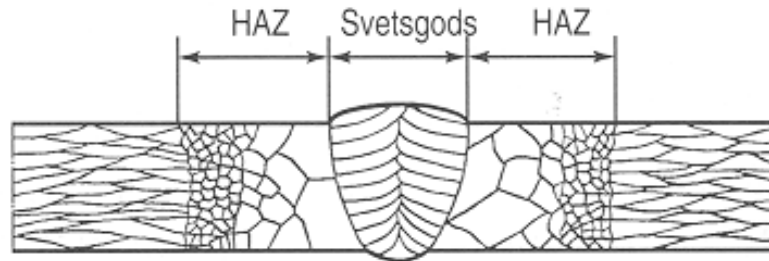
Fasomvandling



Fasomvandling



Fasomvandling

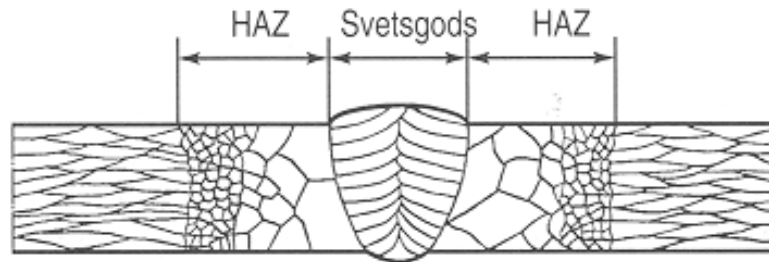


legering BM > legering WM : fasomvandlingstemp. HAZ < fasomvandlingstemp. WM

BM=Base metal
WM=Weld metal
HAZ=Heat affected zone



Väteanrikning



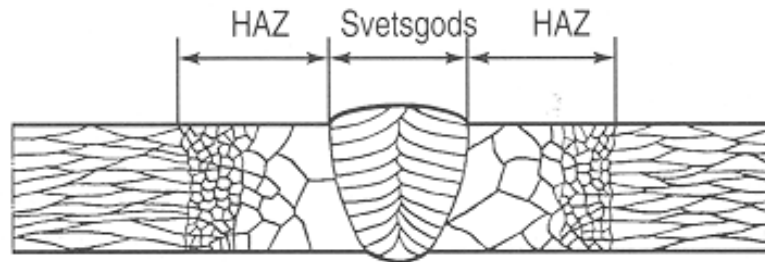
legering GM > legering WM : fasomvandlingstemp. HAZ < fasomvandlingstemp. WM

WM omvandlas till ferrit
före HAZ

BM=Base metal
WM=Weld metal
HAZ=Heat affected zone



Fasomvandling



legering BM > legering WM : fasomvandlingstemp. HAZ < fasomvandlingstemp. WM

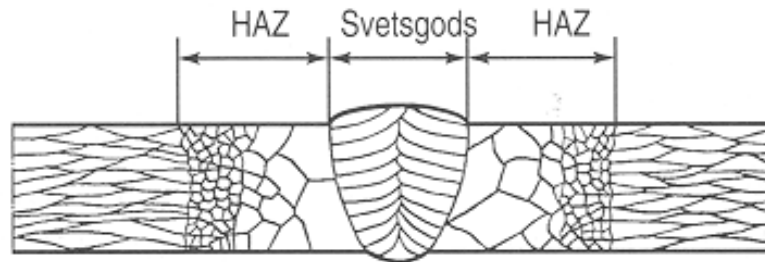
WM omvandlas till ferrit
före HAZ

legering WM > legering BM fasomvandlingstemp. HAZ > fasomvandlingstemp. WM

BM=Base metal
WM=Weld metal
HAZ=Heat affected zone



Väteanrikning



legering GM > legering WM : fasomvandlingstemp. HAZ < fasomvandlingstemp. WM

WM omvandlas till ferrit
före HAZ

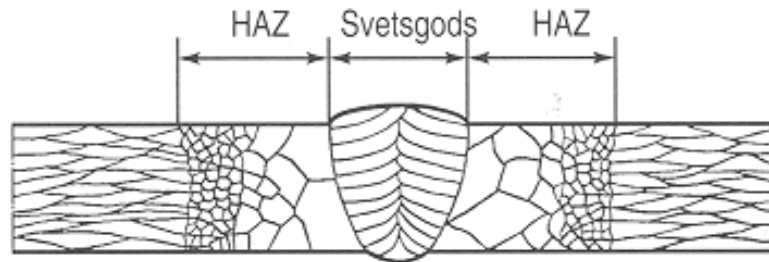
legering WM > legering BM fasomvandlingstemp. HAZ > fasomvandlingstemp. WM

HAZ omvandlas till ferrit
före WM

BM=Base metal
WM=Weld metal
HAZ=Heat affected zone



Väteanrikning



legering GM > legering WM : fasomvandlingstemp. HAZ < fasomvandlingstemp. WM

Väte anrikas i HAZ.

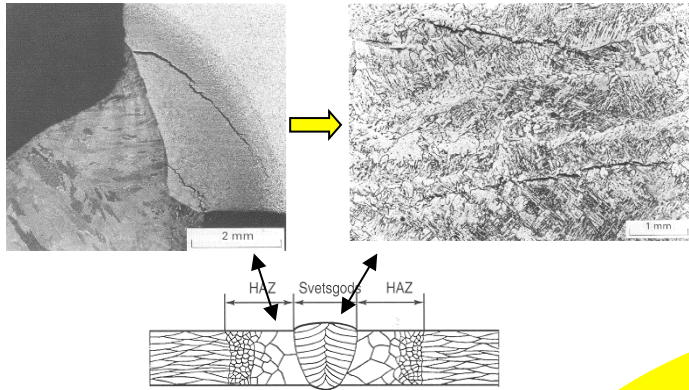
legering WM > legering BM fasomvandlingstemp. HAZ > fasomvandlingstemp. WM

Väte anrikas i WM.

BM=Base metal
WM=Weld metal
HAZ=Heat affected zone

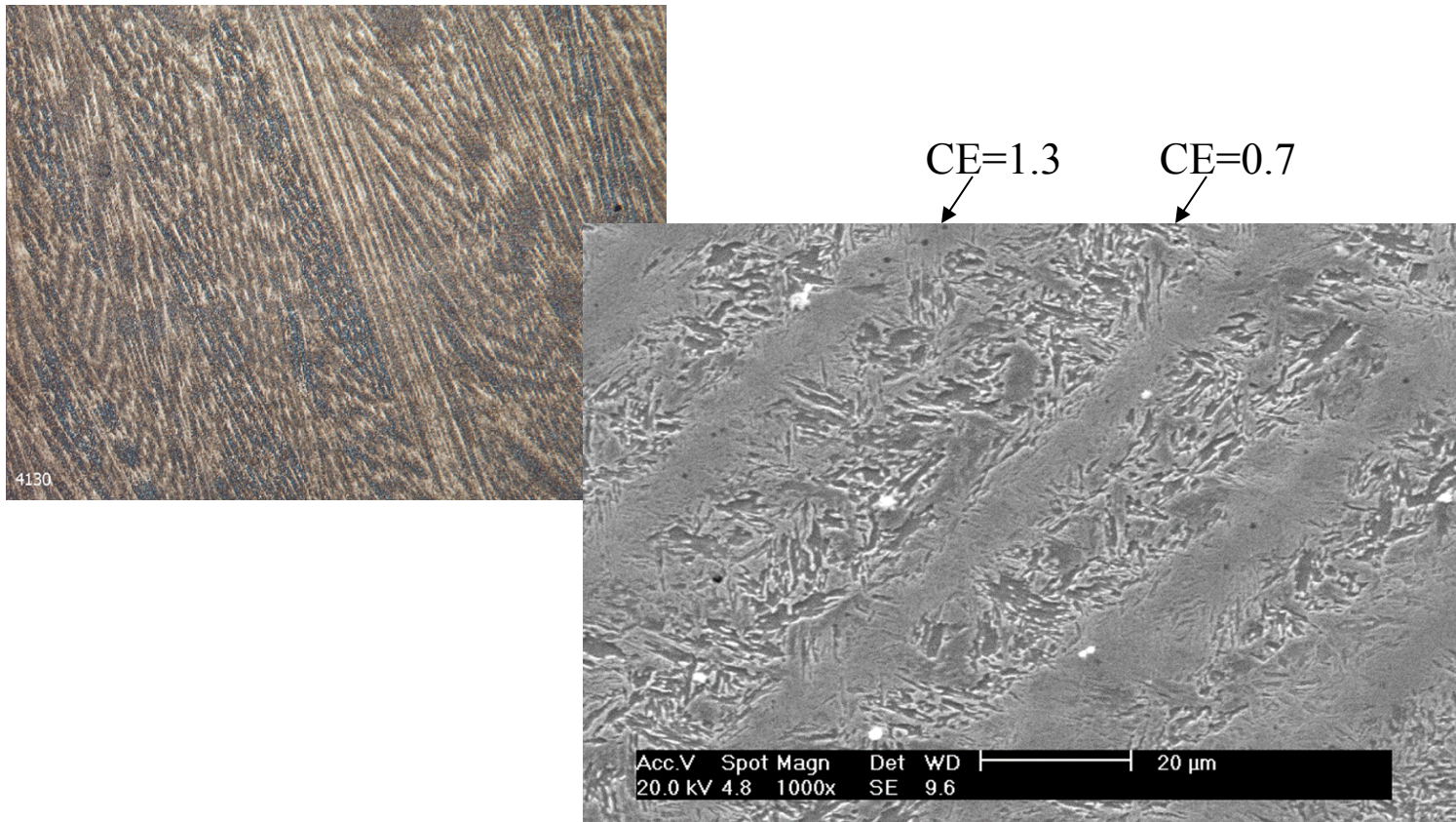


Vätesprickor

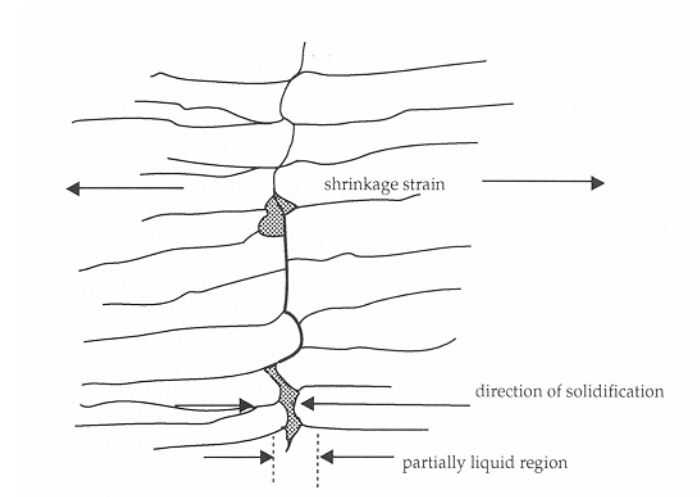


Om kolekvivalent i tillsatsmaterial är högre än kolekvivalent i grundmaterialet är det tillsatsmaterialet som bestämmer förvärmnings-/ mellansträngstemperatur.

Segring



Stelningssprickor



Sammanfattning

