



**Levetidsforlængelse  
Korrosion/slid  
FMV 29. September 2022  
Niels Lyth**

# Korrosion + slidtage



# Miljøet spiller en afgørende rolle



# Jernsøjlen i Delhi

- Ø400mm
- 7200 mm høj
- 6500 kg
- 1600-2000 år

Miljø el. materialet?



**Materialet  
(Højt fosforindhold)**

Forklaringen synes at være, at søjlen består af rent smedejern (rent metal er mere korrosionsbestandigt end urent), at klimaet er tørt og varmt (søjlen er altid så varm, at kondensvand ikke sætter sig på den, og regnvand fordamper hurtigt), og at den lokale regn er salt- og svovlfri, så det passiverende dæklag ikke nedbrydes.

**Miljøet**

## DEN STORE DANSKE

Søg i Den Store Danske

# korrosion

Den Store Danske / It, teknik og naturvidenskab / Kemi / Metallurgi og

Korrosion, uønsket kemisk nedbrydning af metaller og legeringer. I videre forstand også anvendt om nedbrydning af glas, beton og geologiske bjergarter. Den korrosion, som fra et teknisk og økonomisk synspunkt har størst betydning, er rustdannelse på jern og stål.

Korrosionsforebyggelse og reparation af jern- og stålkonstruktioner koster hvert år det danske samfund flere milliarder kr.

Hele to fordele og en overraskelse:

**Cor**rosion resistance  
+  
**Dur**ability  
=  
**Corr-I-Dur**



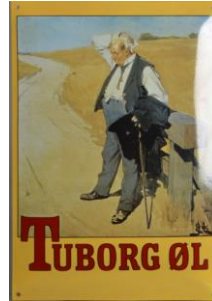




# Korrosionsbeskyttelse

- Beskyttende lag.

- Olie, fedt
- Maling, polymer, emalje (glas)
- Metalliske lag (Ni, Sn, Cr)
- Ikke-metalliske lag (nitrider)



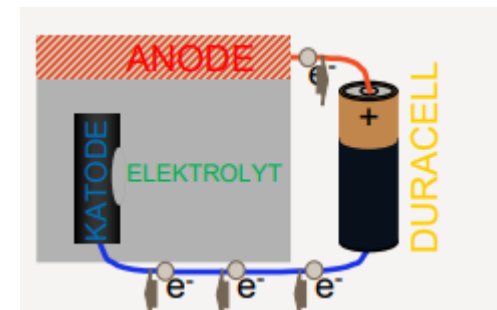
- Oxideringer

- Metal+oxygen  $\rightarrow$  metal-oxid
- Oxilag, som dækker overfladen fuldstændigt giver beskyttelse



- Katodisk beskyttelse

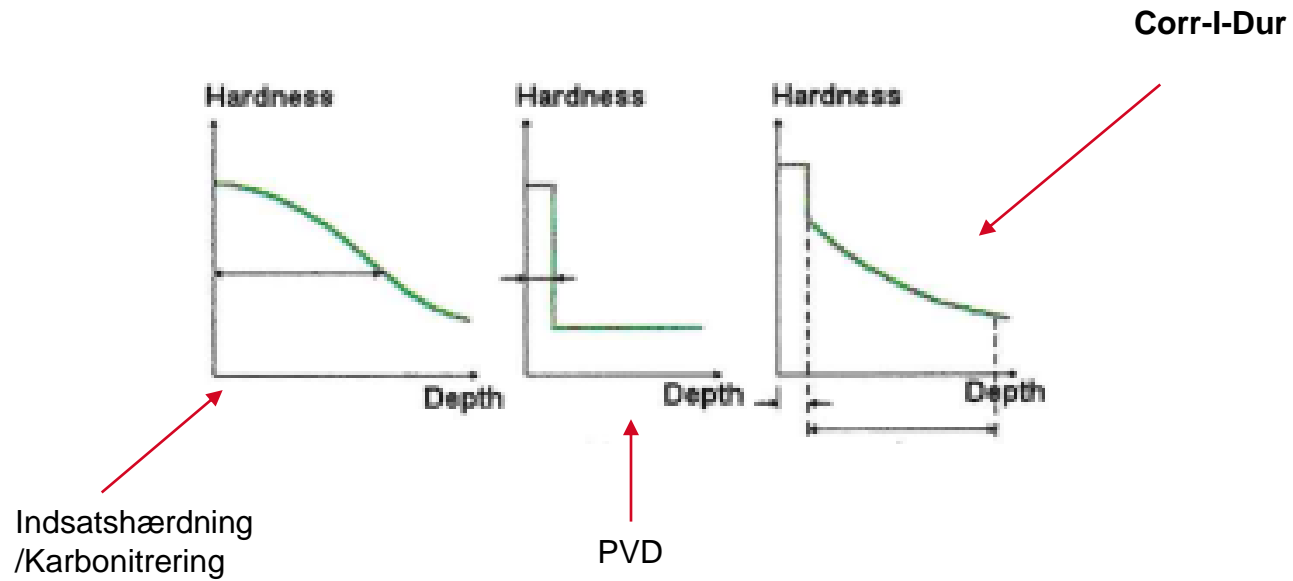
- Metallet, der skal beskyttes  $\rightarrow$  katode
- offermaterialet  $\rightarrow$  anode



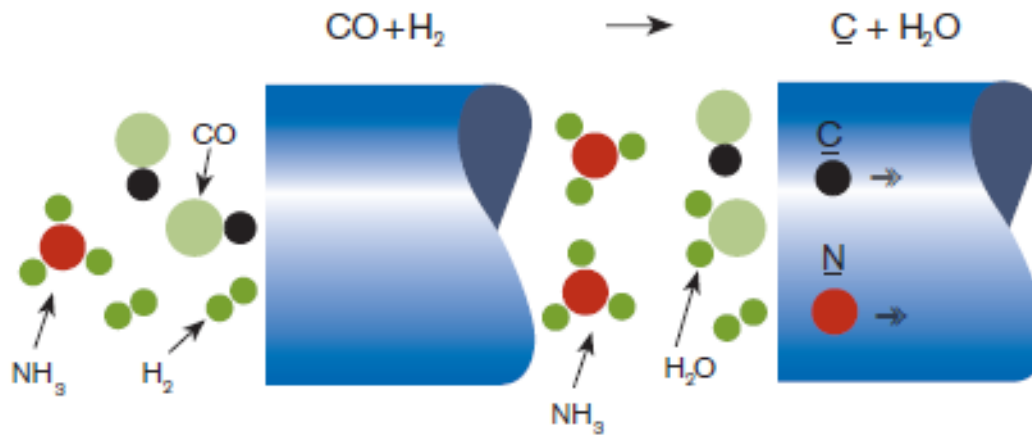
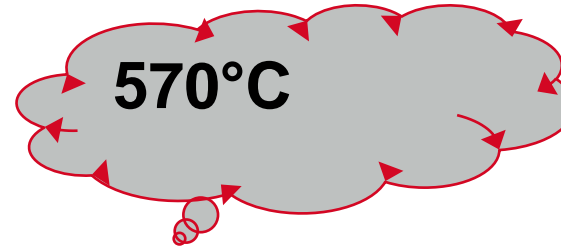
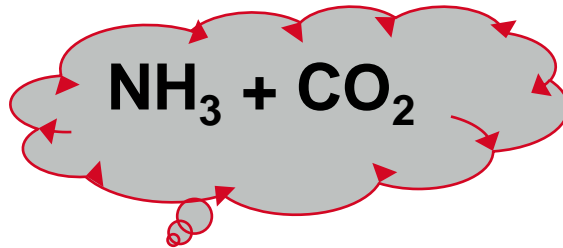
# Overflade "hærde"-processer



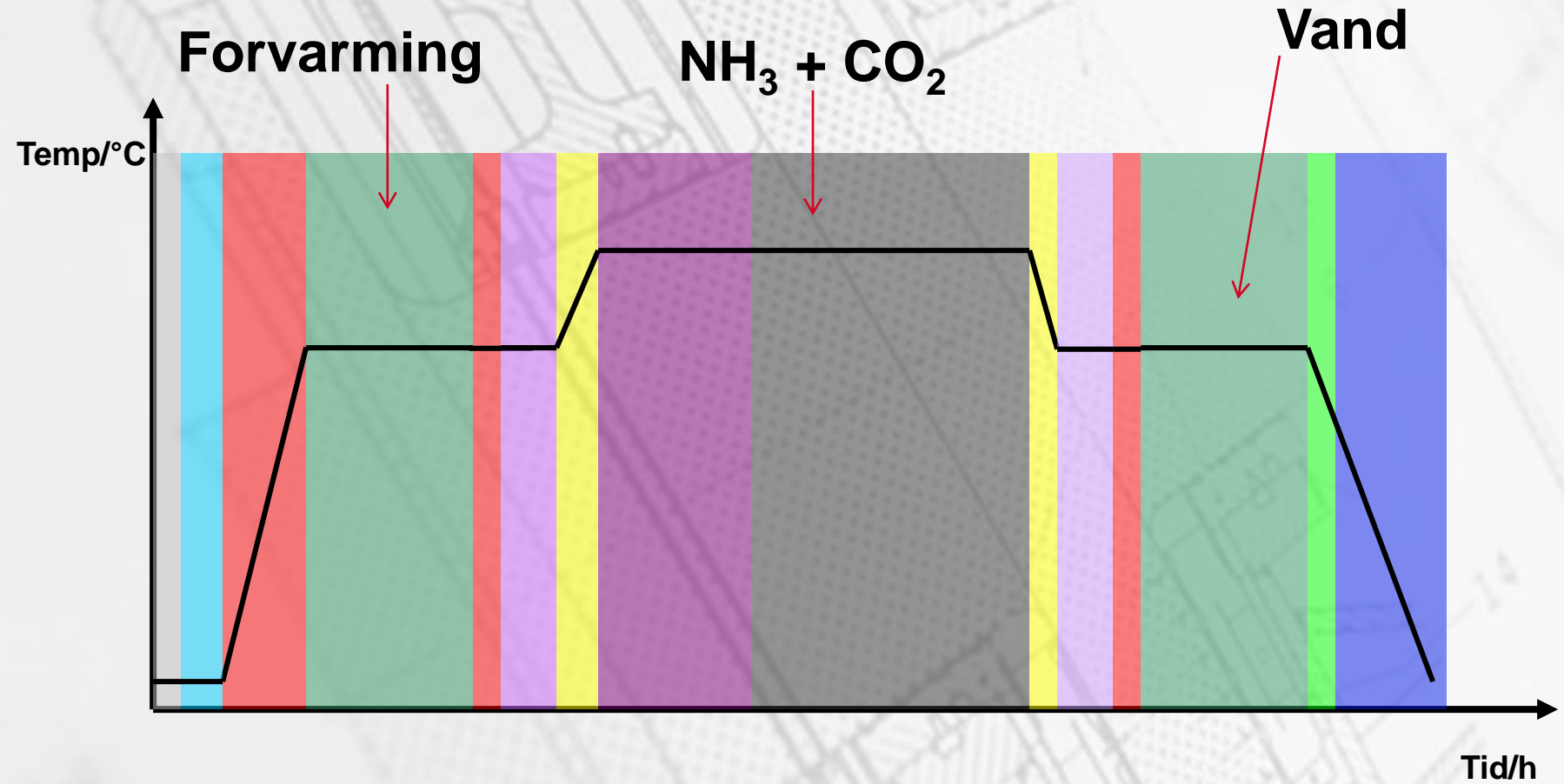
Metode	Typiske hårdheder	Typiske dybder
Induktion	HRC 45-60	0,1-10 mm
Indsatshærdning	HRC 60-62	0,2-1,7 mm
Karbonitrering	HRC 60-62	0,1-0,6 mm
Gasnitrrering	HV 400-1200	0,1-0,5 mm
Nitrokarburering (ex. <b>Corr-i-Dur</b> )	HV 400-1200	0,05-0,2 mm
PVD (TiN)	HV 2500	2-4µm

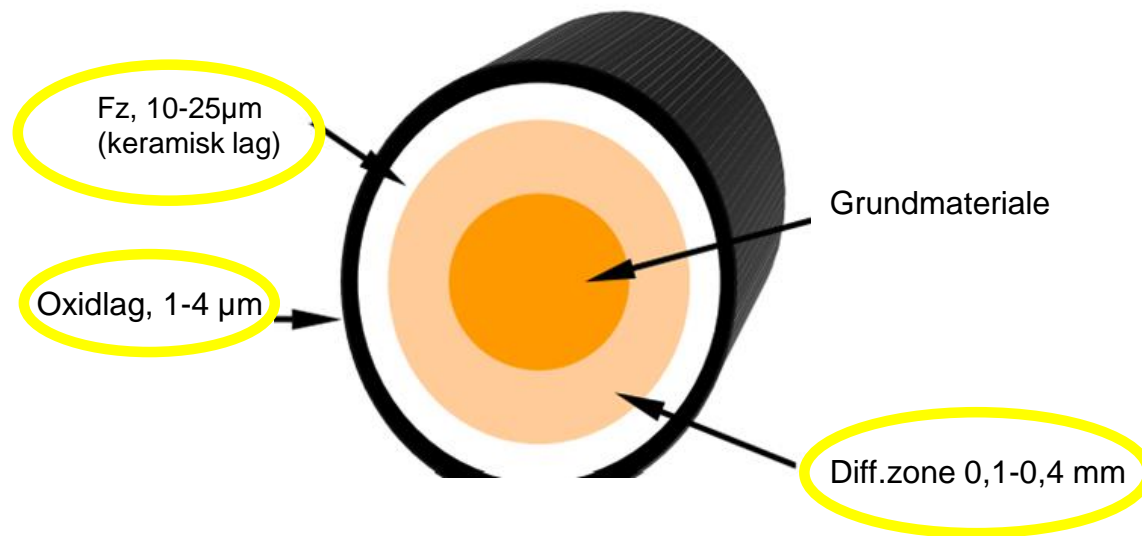


# Corr-i-Dur

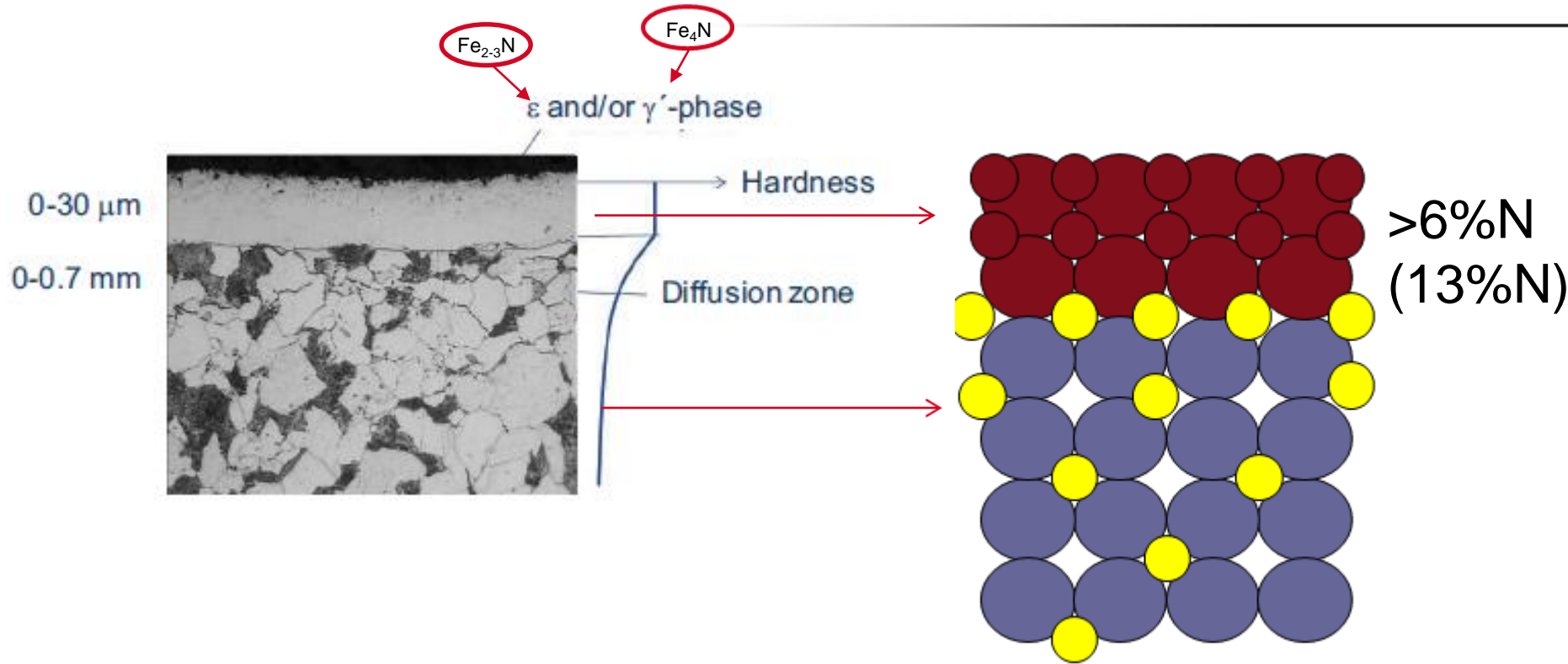


# Typisk procesforløb

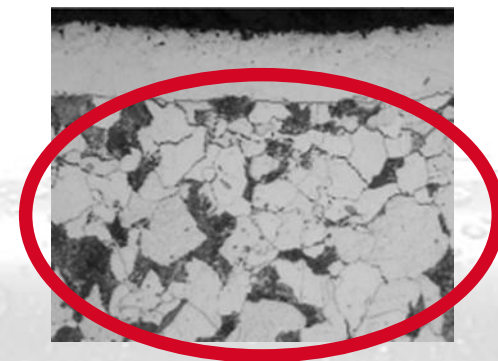
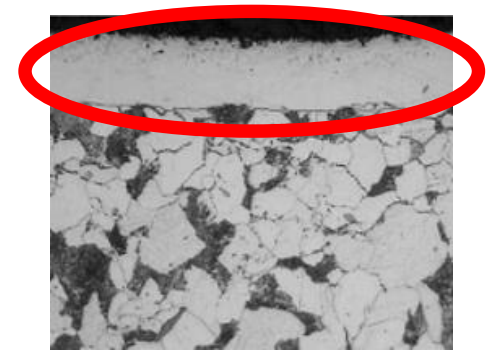
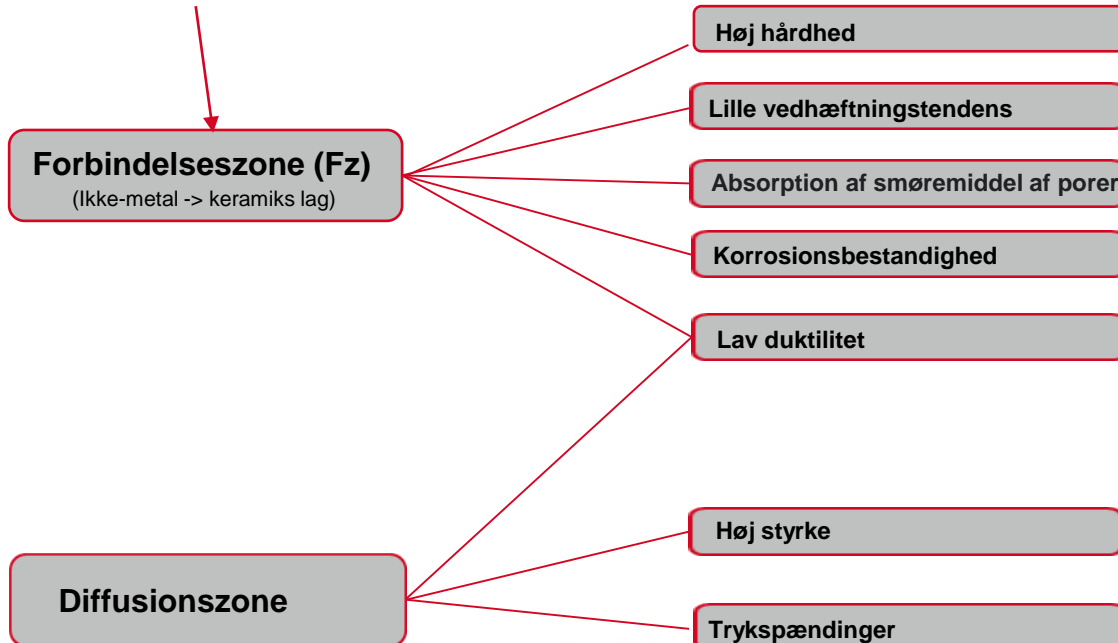




# Corr-I-Dur

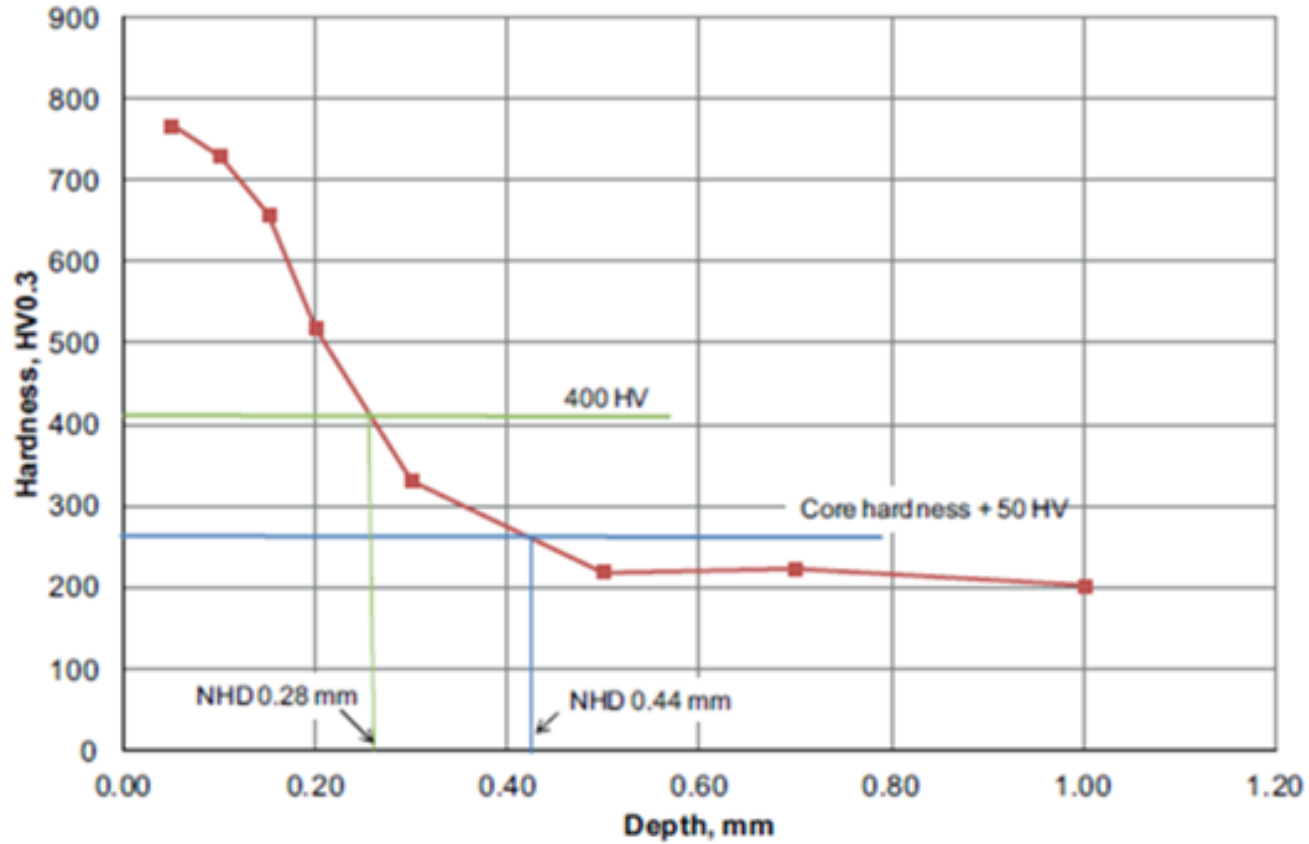


Også kaldet det hvide lag eller det keramiske lag. Består af nitrider

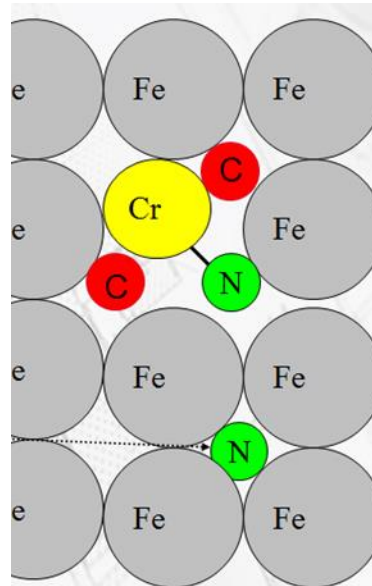




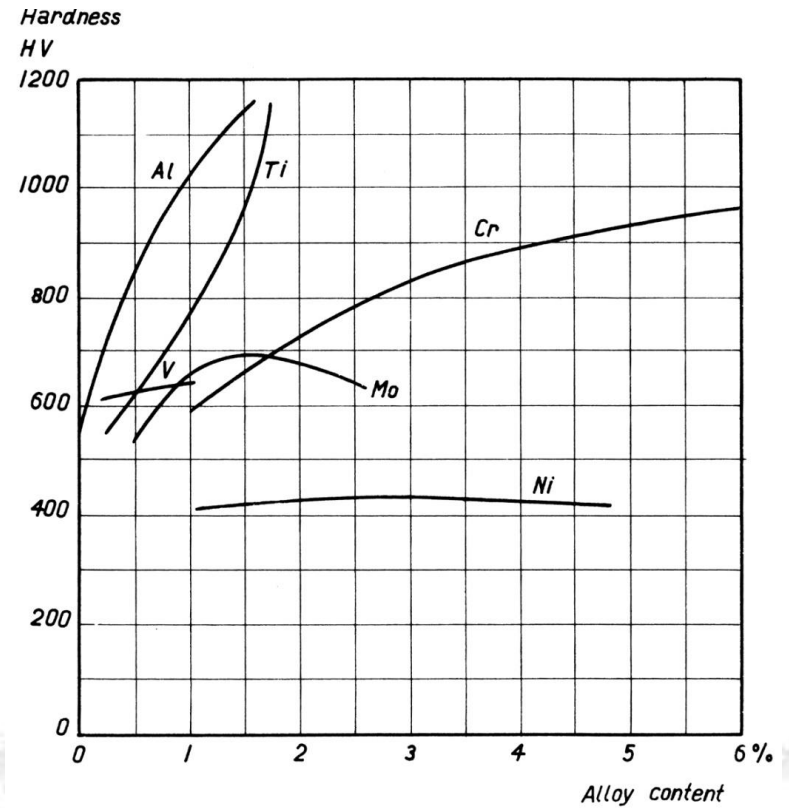
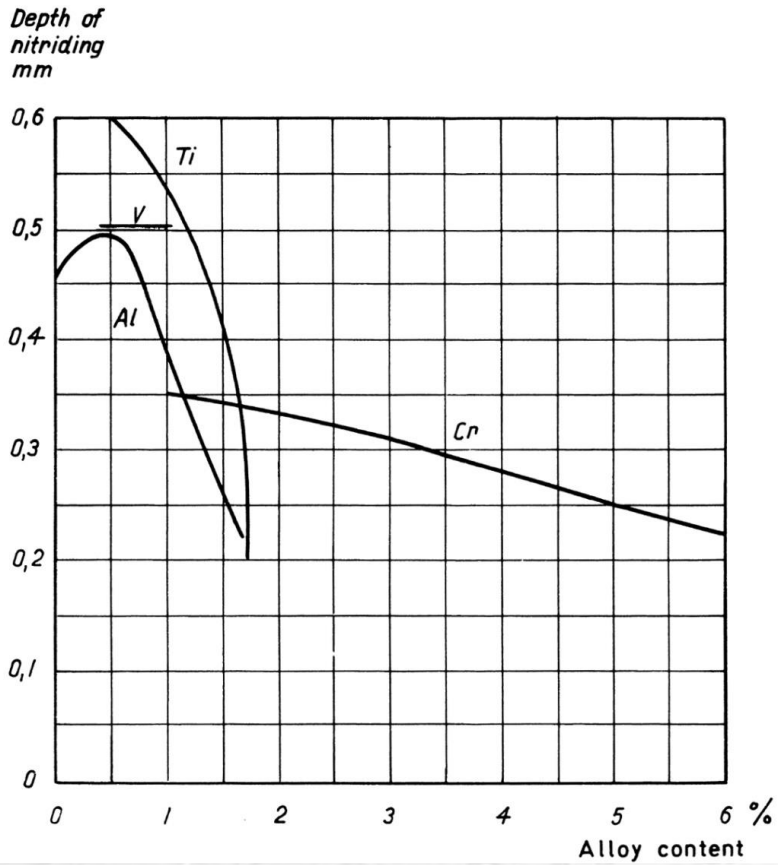
# Hårdhed



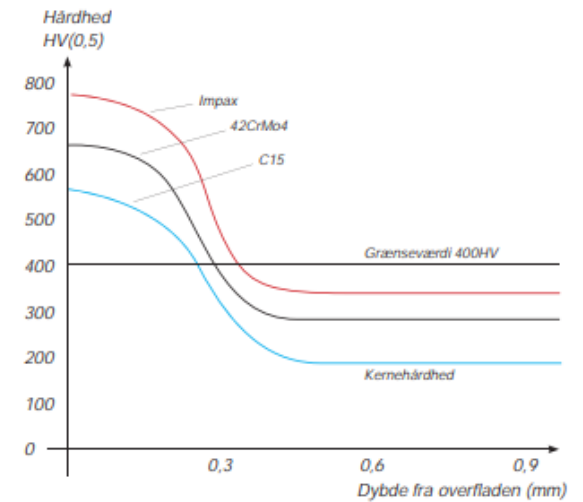
Aluminium  
Krom  
Vanadin  
etc  
+  
Nitrogen  
=  
Nitrides



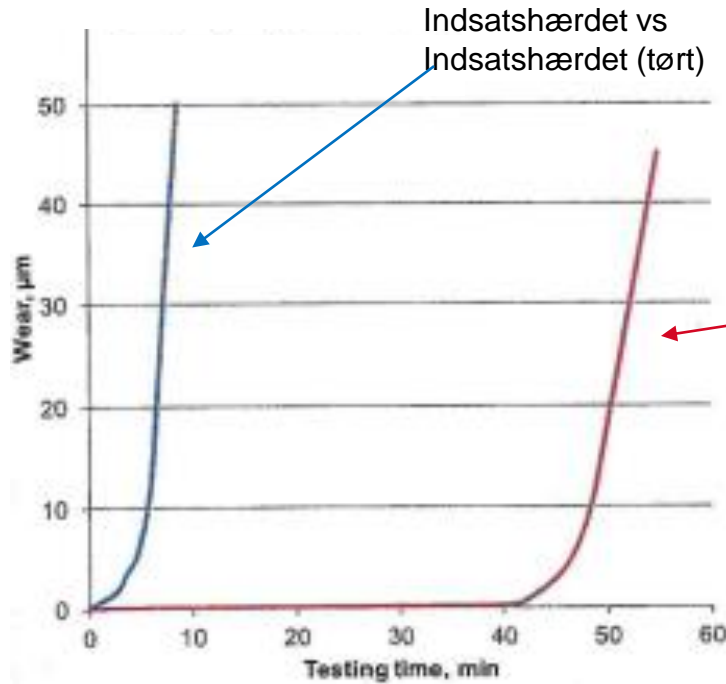
# Dannelse af nitrider



Material type	AISI/SAE	DIN	Surface hardness HV 2	Niride hardness depth, mm	Compound layer Thickness $\mu\text{m}$
Structural	1020	1.0037	150-350	0,3-0,8	4-10
Carbon	1045	1.0503	350-500	0,3-0,8	4-15
Case hardened	5115	1.7131	550-700	0,3-0,7	6-10
Heat treatable	4140	1.7225	550-650	0,2-0,6	4-8
Nitriding	A355	1.8550	900-1100	0,2-0,5	2-10
Hot work	H13	1.2344	900-1200	0,1-0,3	2-10
Cold work	D2	1.2379	900-1250	0,1-0,2	-
High speed	M2	1.3343	1000-1250	0,005-0,1	-
Stainless	316	1.4571	950-1250	0,05-0,1	-

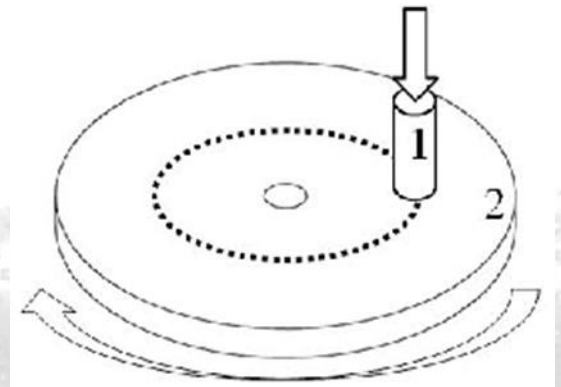


# Pin-on disc



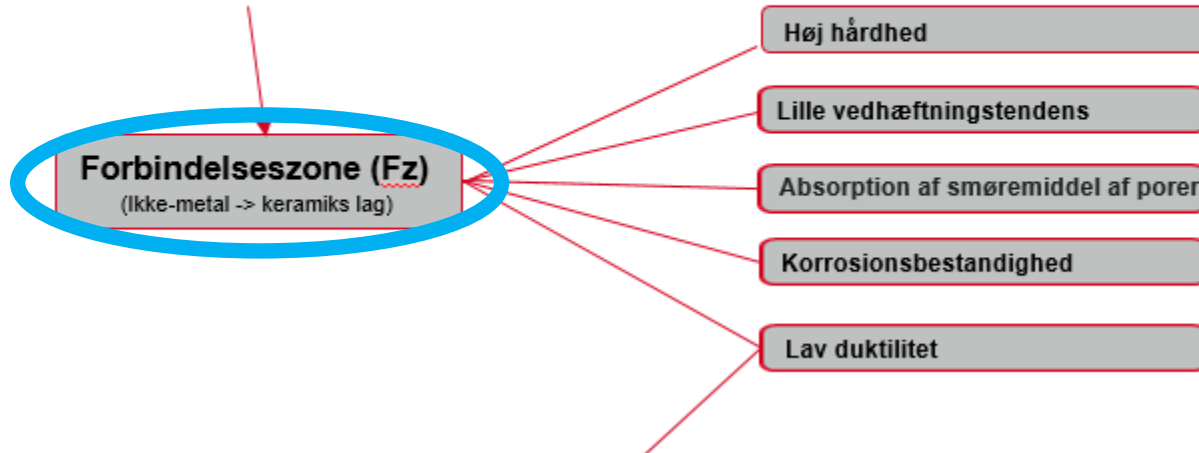
Indsatshærdet vs  
Indsatshærdet (tørt)

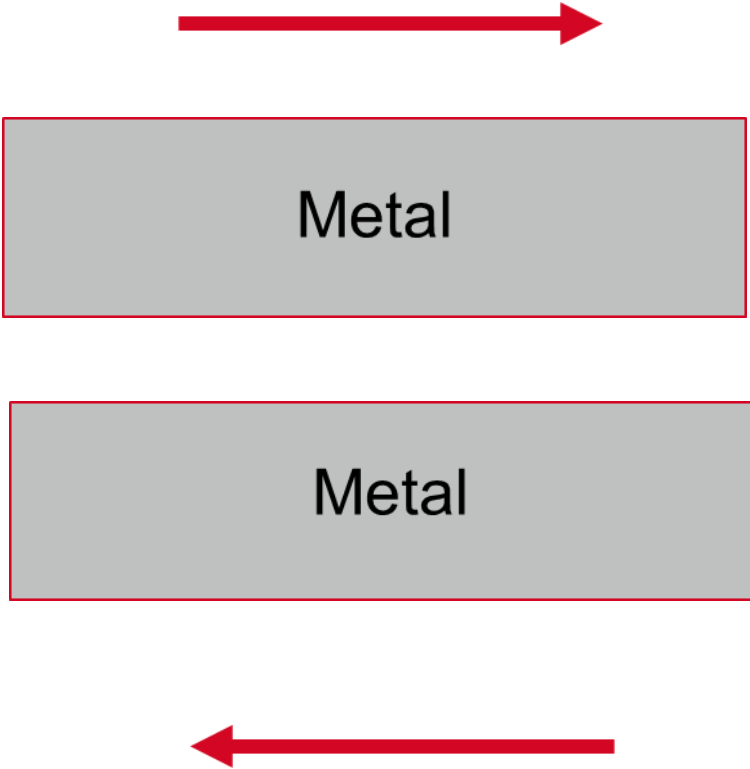
Corr-I-Dur vs Corr-I-Dur  
(tørt)



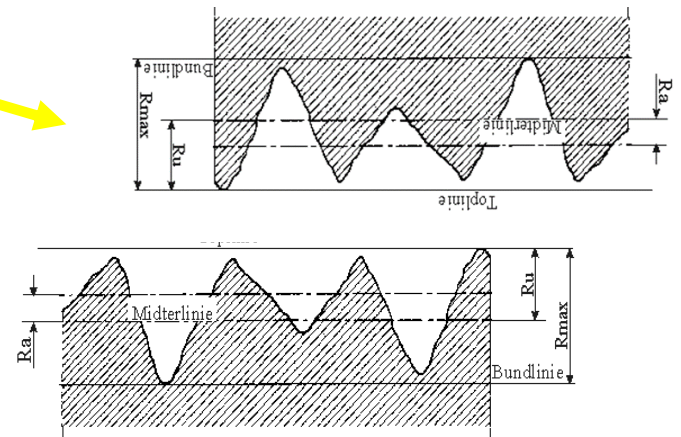
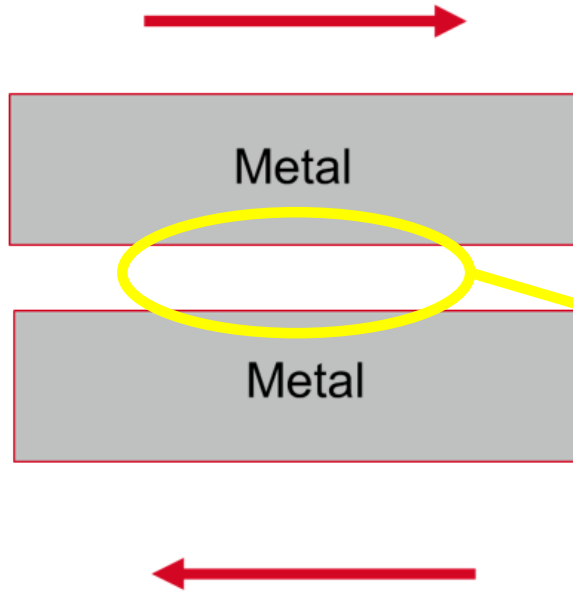


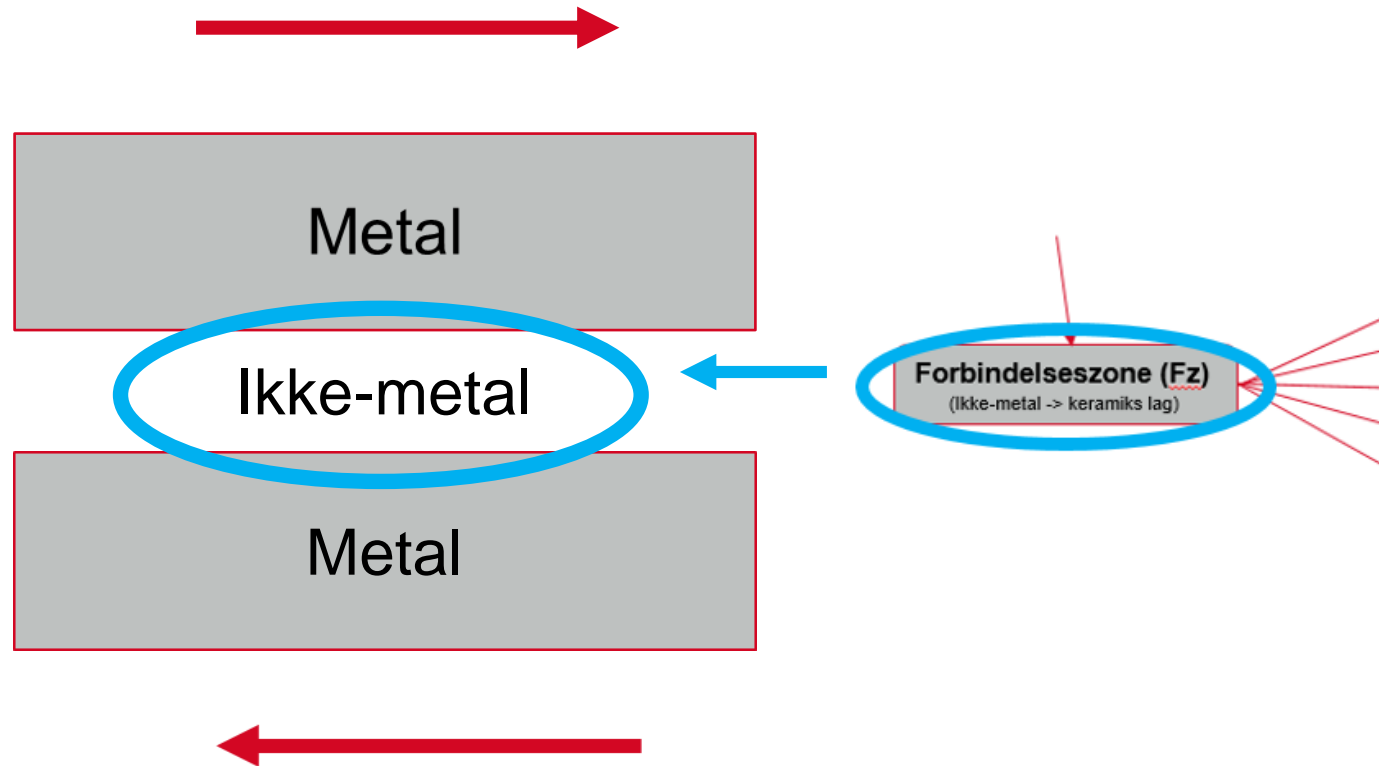
Også kaldet det hvide lag eller  
det keramiske lag. Består af jernnitrid

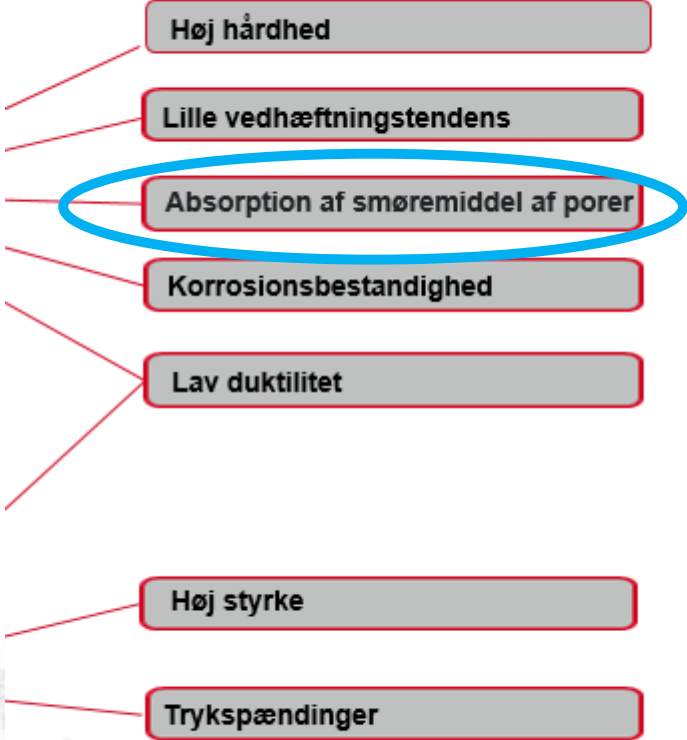










A diagram showing a vertical list of seven material properties in grey rounded rectangular boxes. Red lines connect each box to a central vertical line on the left. The third box, "Absorption af smøremiddel af porer", is highlighted with a blue oval.

Høj hårdhed

Lille vedhæftningstendens

Absorption af smøremiddel af porer

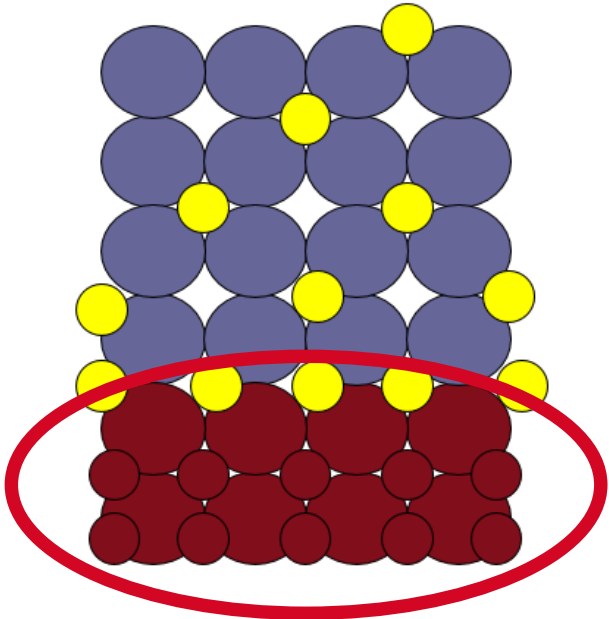
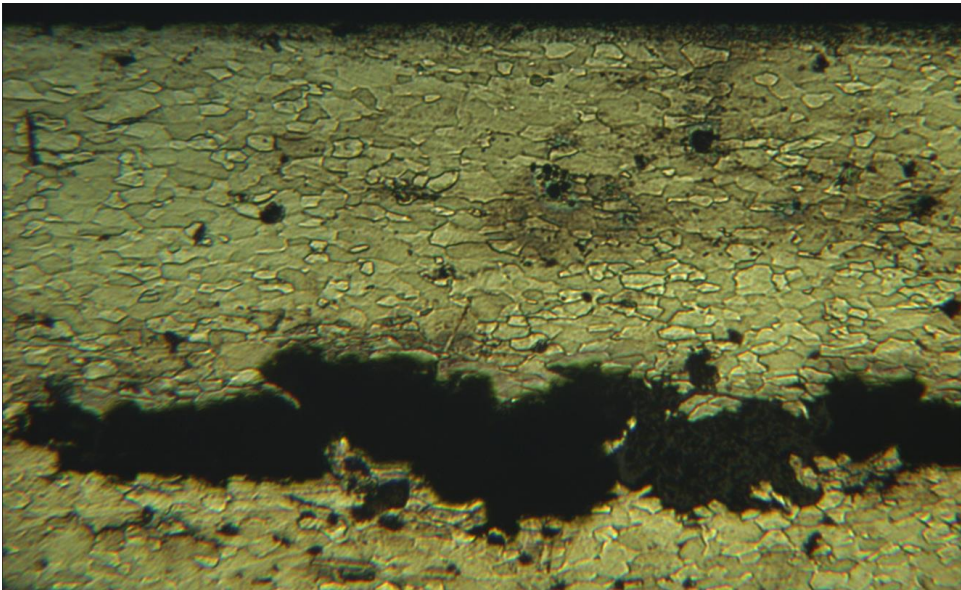
Korrosionsbestandighed

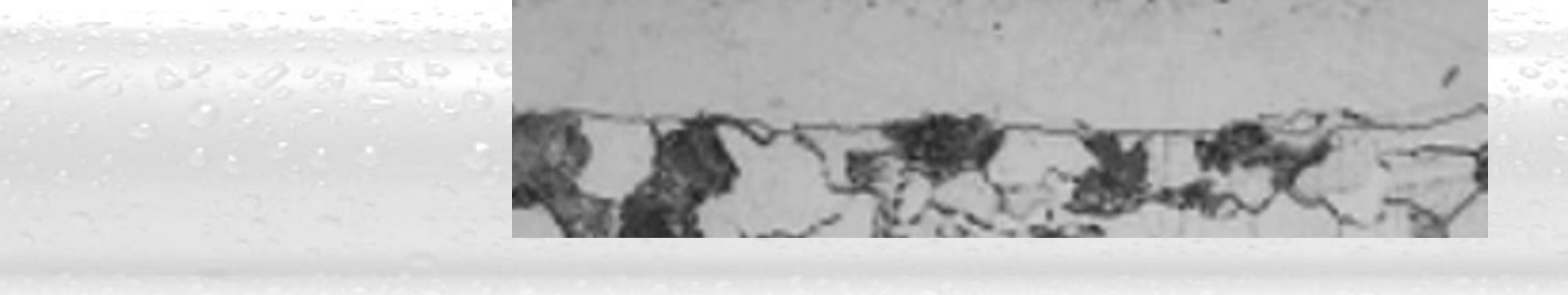
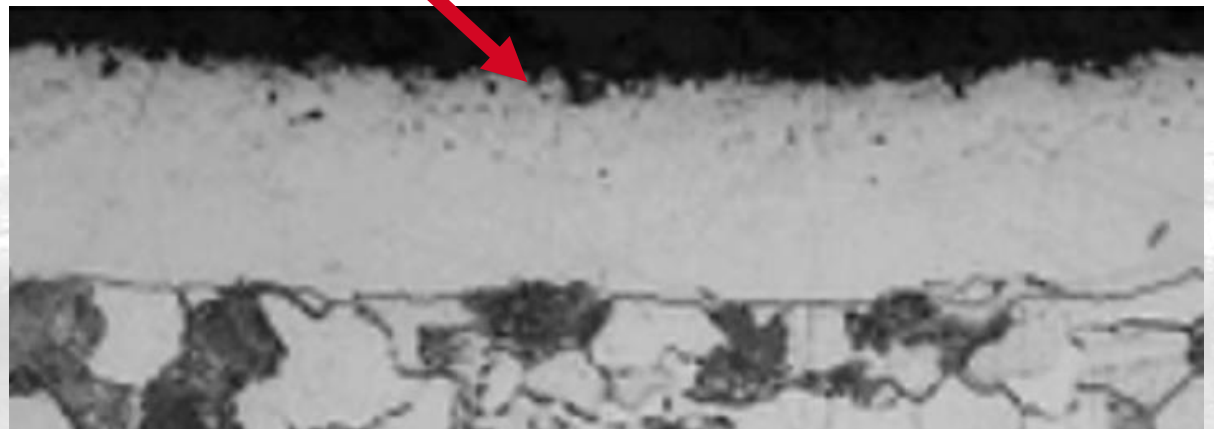
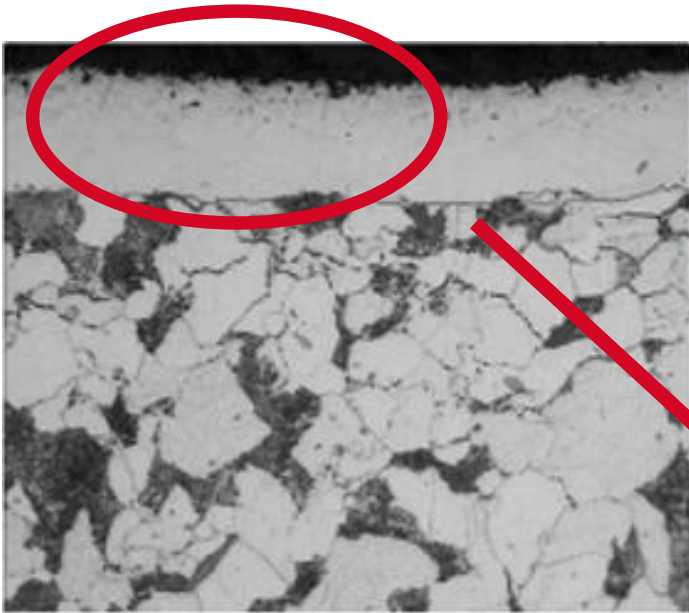
Lav duktilitet

Høj styrke

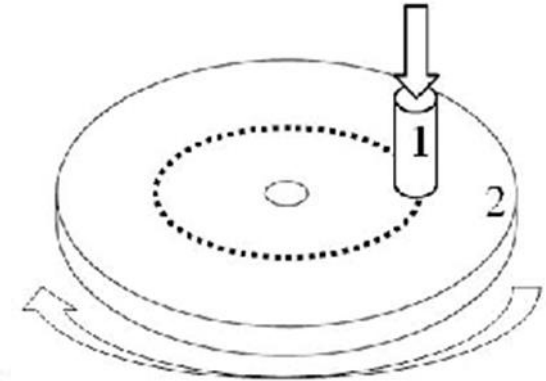
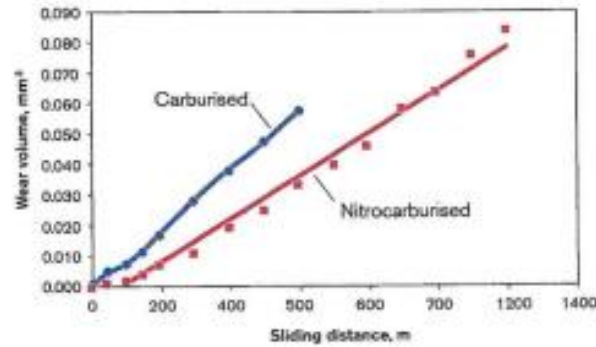
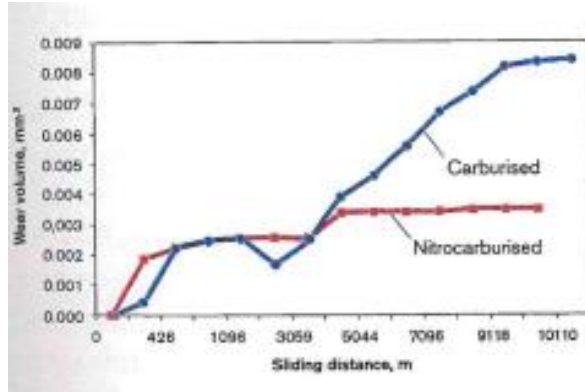
Trykspændinger

# Gaslommer (Kvælstof)





# Pin-on-disk



Stålöverflade, HRC 58

Høj hårdhed

Lille vedhæftningstendens

Absorption af smøremiddel af porer

Korrosionsbestandighed

Lav duktilitet

Høj styrke

Trykspændinger

- $\text{Cr}_2\text{O}_3$  på stål med  $>13\%$  Cr
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  på aluminium
- $\text{Fe}_3\text{O}_4$  på nitreret ståloverflade



$$R = \frac{V_{\text{Metaloxid}}}{V_{\text{Metal}}}$$

- R < 1** Trækspænding, porøs ikke dækkende oxid
- R > 1** Dækkende oxid
- R > 2** Trykspændinger, "buler"

- Oxideringer

- Metal+oxygen → metal-oxid

- Oxilag, som dækker overfladen fuldstændigt giver beskyttelse

- Katodisk beskyttelse



System	R (PB)
$\text{Fe}_3\text{O}_4 / \alpha - \text{Fe}$	2,09
$\text{Fe}_3\text{O}_4 / \gamma' - \text{Fe}_4\text{N}$	1,80
$\text{Fe}_3\text{O}_4 / \varepsilon - \text{Fe}_2\text{N}_{1-x}$ (7,3 Gew.-% N)	1,79
$\text{Fe}_3\text{O}_4 / \varepsilon - \text{Fe}_2\text{N}_{1-x}$ (11,0 Gew.-% N)	1,69
$\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Al}$	1,41

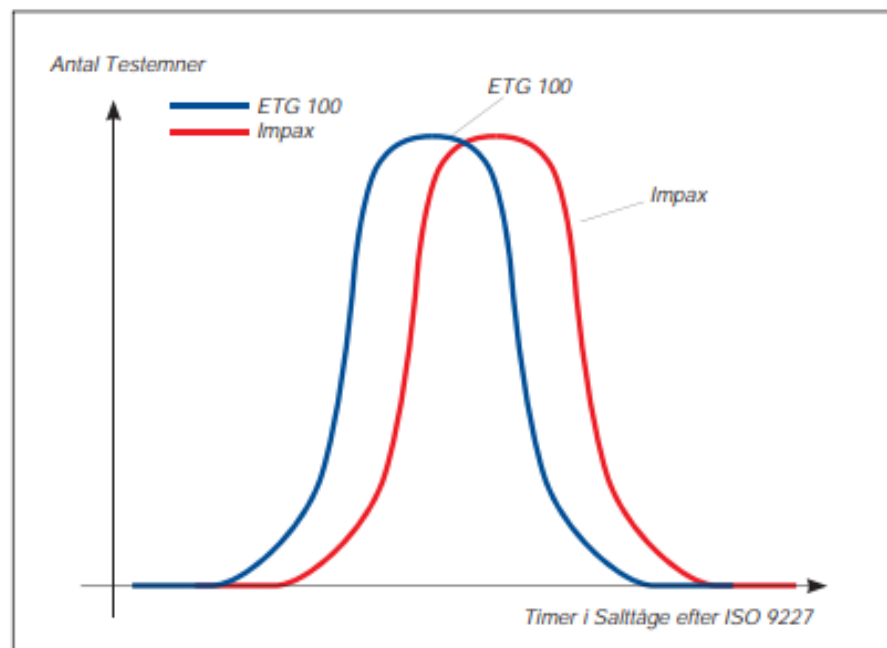


# Salttågekammer



**EN ISO 9227**

## ■ Fordelingskurve ved gentagne korrosionstest



Højere legerede emner flytter kurven mod bedre korrosionsbestandighed.

a. h. nichro Haardchrom, Søvangsvej 11, DK-2650 Hvidovre  
Tel.: +45 3678 1600; Fax: +45 3678 2416  
www.nichro.dk - info@nichro.dk



## Værd at vide om HÅRDKROM

### *Hvad er hårdforkromning?*

Hårdkrom er en overfladebelægning af metallisk krom, som udfældes elektrolytisk på jern, stål, støbegods eller andet metallisk grundmateriale.

Belægningen består af metallisk krom i tykkelser fra typisk 30 – 700 µm. Den yderste overflade passiverer ved reaktion med ilt under dannelse af kromoxider og er stabil i selv ret sure miljøer. Det er muligt at variere hårdkrombelægningens revnetæthed og krystalstruktur for at forbedre overfladens korrosionsegenskaber.

Hårdkrom er en teknisk belægning der beskytter emnet mod slid og korrosion. Der findes flere typer.

### *Hvor anvendes overfladebelægningen?*

Hårdkrom anvendes som slid- og korrosionsbelægning på f.eks. cylindre, aksler & lejer, stempler, valser, værktøj samt diverse maskin- og rørkomponenter til fødevarerindustri og procesindustri i al almindelighed.

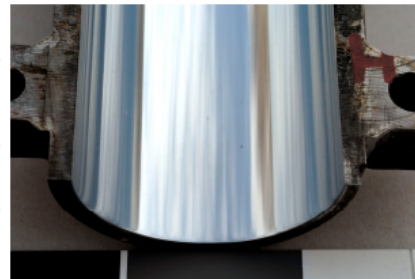
Hårdkrom bruges også som overflade på dybtrykksvalser, idet belægningens høje overfladespænding bevirker en dårlig vædning med specielt olieprodukter.

Hårdkrom kan udfældes i så store lagtykkelser, at laget kan bære endog meget høje hetske tryk og hæmme udmattelsesbrud i grundmaterialet.

### *Hvordan behandles kundens emner?*

Hårdforkromning er et kunsthåndværk, idet processen giver uens materialefordeling under stor gasudvikling, hvorfor udformning af ophæng og anoder er nøglen til hårdkrombelægninger i høj kvalitet.

Vores arbejde tager udgangspunkt i kundens tegninger og specifikationer. Vi fastlægger i samråd med kunden alle krav til overflade og kvalitet som grundlag for en evt. ordre. Ganske ofte laver vi gratis prøveplettering før endelig leveringsaftale indgås.



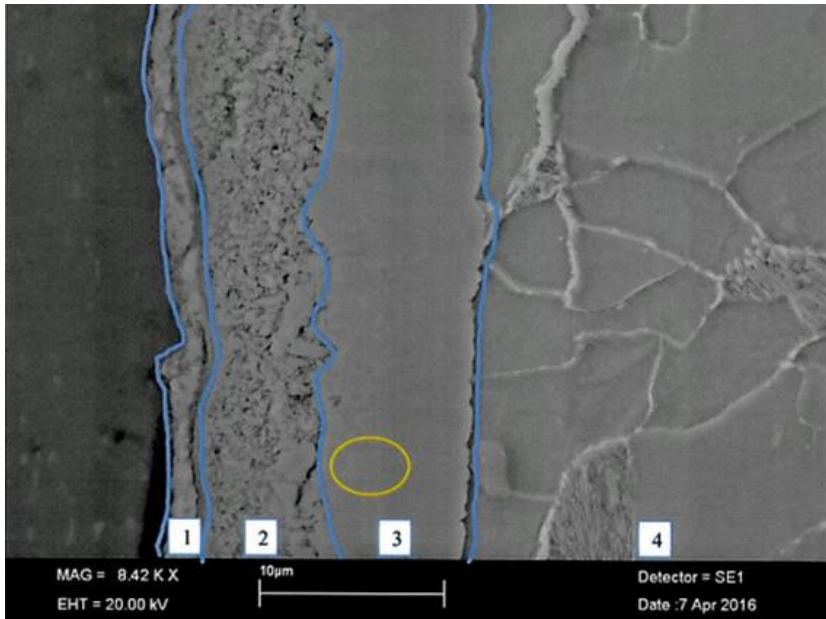
### *Vær opmærksom på ....*

Hårdkromprocessen kendes på sit lave strømudbytte og sin ringe materialespredningsevne. Ruhed og blankhed står og falder med råmets kvalitet og overfladefinish.

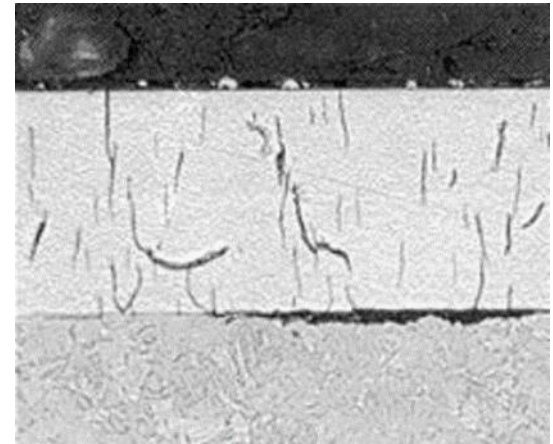
Knap 80% af procesenergien bruges til spaltning af vand i ilt og brint. Det er afgørende at gasudviklingen er ”styret” og at gasserne fjernes på en hensigtsmæssig måde fra emnets hulrum og overflade. Plettering af indvendige overflader er således en speciel disciplin, der kræver stor erfaring.

Under plettering løber strømmen den korteste vej! Dvs. at udformning af anoden er afgørende for at sikre en så jævn materialefordeling som mulig. Skarpe kanter, vinkler, hulninger og skærmede områder bør undgås, da krom her udfældes i enten overmål eller undermål. Komlagets tykkelse varierer ofte med +/- 20% eller mere. Efterslibning til tolerance er ofte påkrævet, men kan undgås vha. specialophæng til serieproduktioner.

Hårdkrombelægninger kryber under produktionen pga ændringer i krystalstrukturen. Belægningerne får enten indre trækspændinger eller mikrorevner. Revnerne har typisk en længde på ca 2 µm, men kan desværre hænge sammen og danne gennemgående revner. Shotpeening og varmebehandling kan fjerne spændinger og brint.

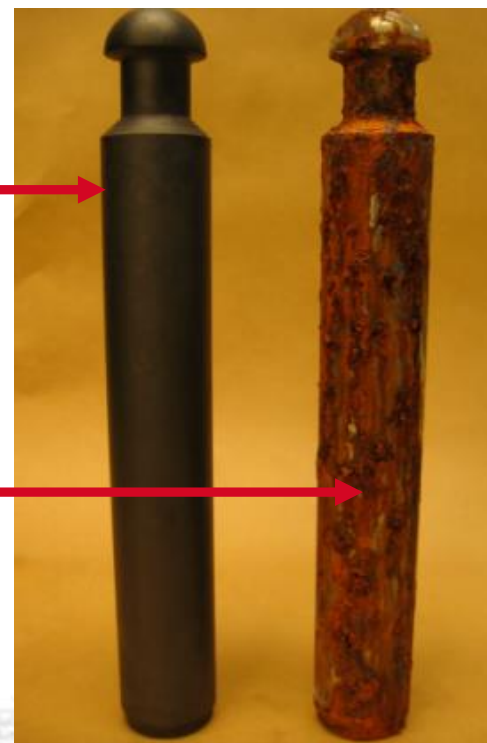


VS



Efter 12 timer

Efter 96 timer



Corr-I-Dur

Hårdchrom

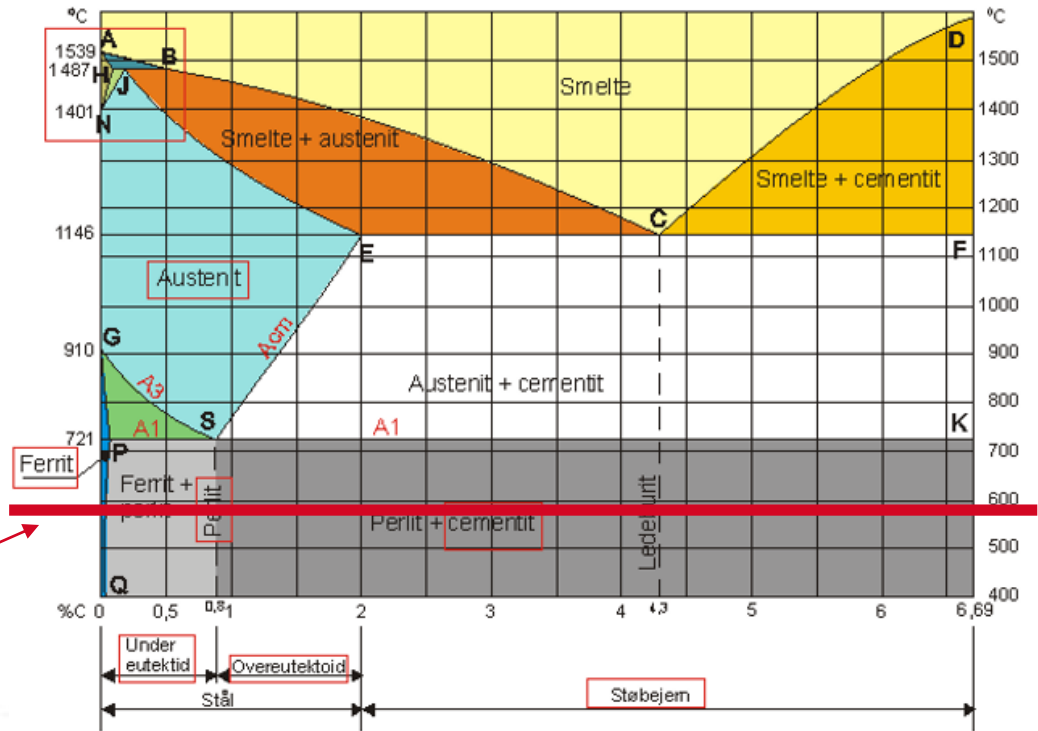




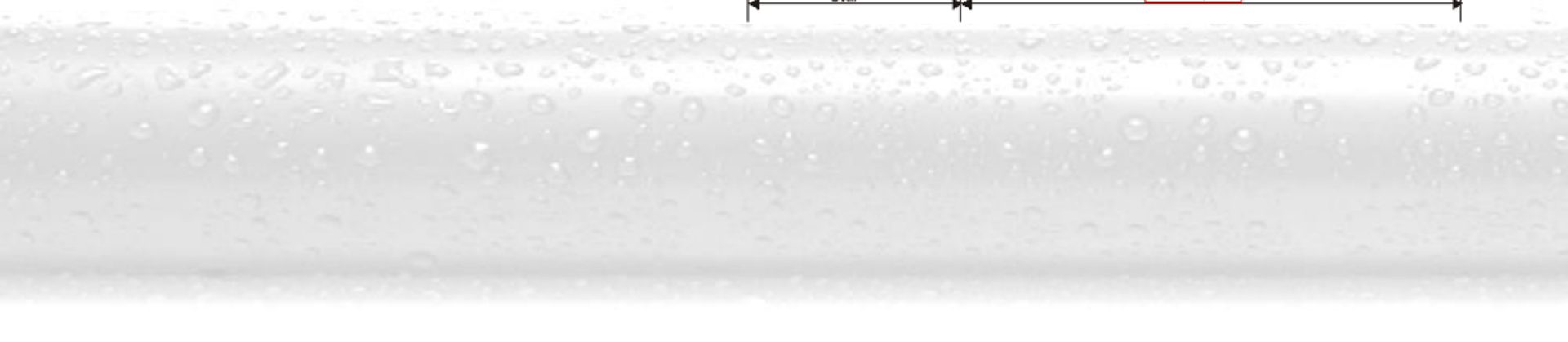


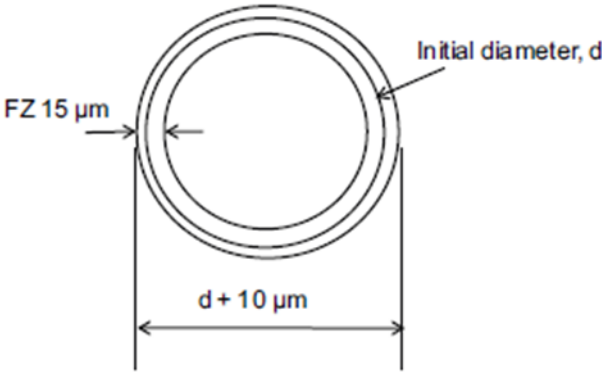
KLIK på det du vil se nærmere på

✓ Minimale mål-Formændringer

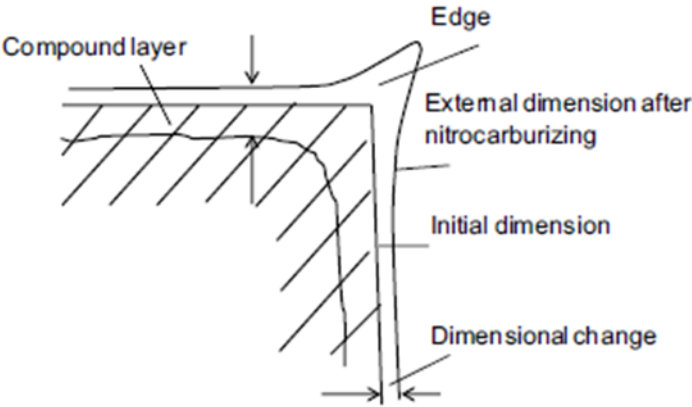


Procestemp. << 721°C



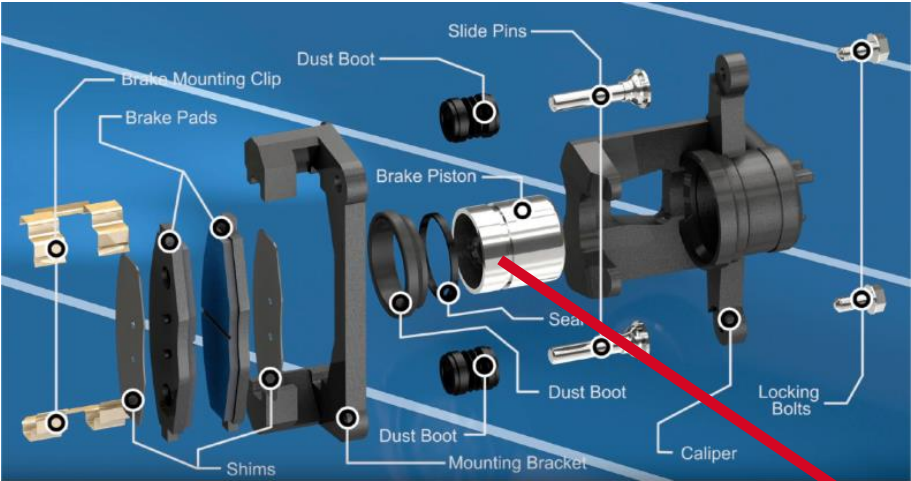


a)



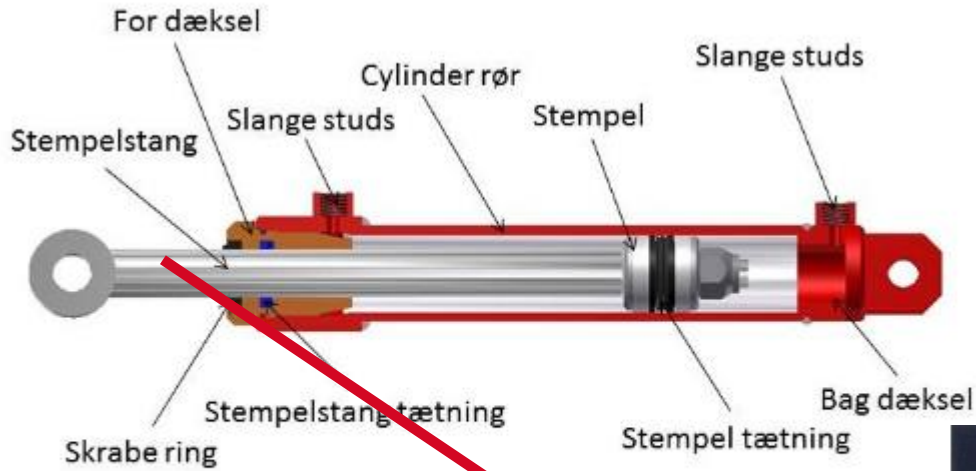
b)







# Eksempler



## odin **Gør som ODIN Maskinfabrik** specialmaskiner – Når robust visuel finish giver værdi

Takket være Corr-I-Dur® behandling, har ODIN fjernet problemet med korroderende maskindele.

ODIN's specialmaskiner leveres i eksklusiv højglans lakeret overflade. Hovedparten af de enkelte maskindele blev tidligere sort bruneret. **Sort brunering giver også en flot sort ydre, men korrosionsbeskyttelsen er meget begrænset. Maling giver en god korrosionsbeskyttelse, men har tendens til at blive ridset eller skalle af ved brug.**

Fra deres internationale service organisation fik ODIN den feedback at bevægelige mekaniske maskindele, som var sort bruneret, ofte var korroderet efter relativ kort tid. Dette var ikke i overensstemmelse med ODIN's høje krav til finish.

Problemet blev løst i samarbejde med Bodycote Varmebehandling A/S, som nu Corr-I-Dur® behandler maskinkomponenterne, inden specialmaskinerne samles på fabrikken i Slagelse.

Helhedsindtrykket for high-end maskinerne fra ODIN har fået et løft ved at maskinerne fremstår med et flot visuelt udtryk der bibeholdes, også efter at maskinerne er sat i drift. Og når et problem er løst, er der mere tid til det, som gør ODIN unik – at bygge funktionelle kvalitetsmaskiner.

ODIN Maskinfabrik A/S i Slagelse arbejder med konstruktion og fremstilling af specialmaskiner samt underleverandørarbejde. Virksomheden har gennem sin 50 årige levetid søgt at være blandt de førende inden for avanceret teknologi.

ODIN får god "Value for Money" ved netop at benytte Corr-I-Dur® behandling fastslår produktionschef Svend Nordgren Christiansen, idet komponenterne herved får en robust visuel finish, der understøtter den høje kvalitet, som ODIN's specialmaskiner står for globalt.



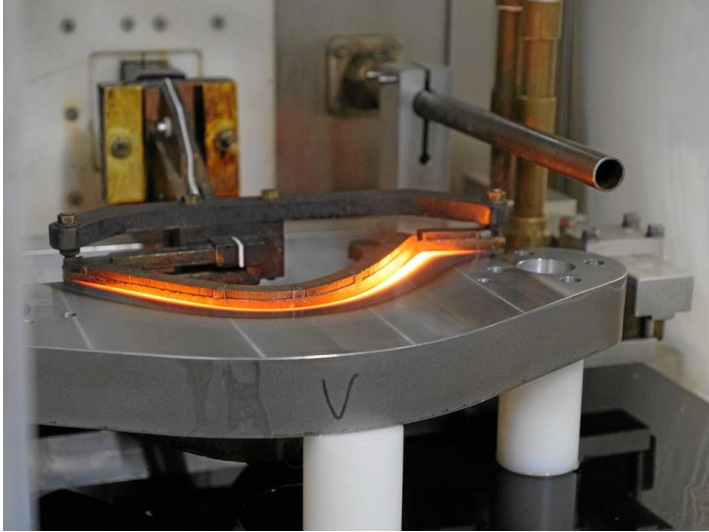
Værkfører Tom Egballe (tv) og Produktionschef Svend Nordgren Christiansen hos ODIN Maskinfabrik A/S konstaterer, at de Corr-I-Dur® behandlede komponenter har stabile målændringer.

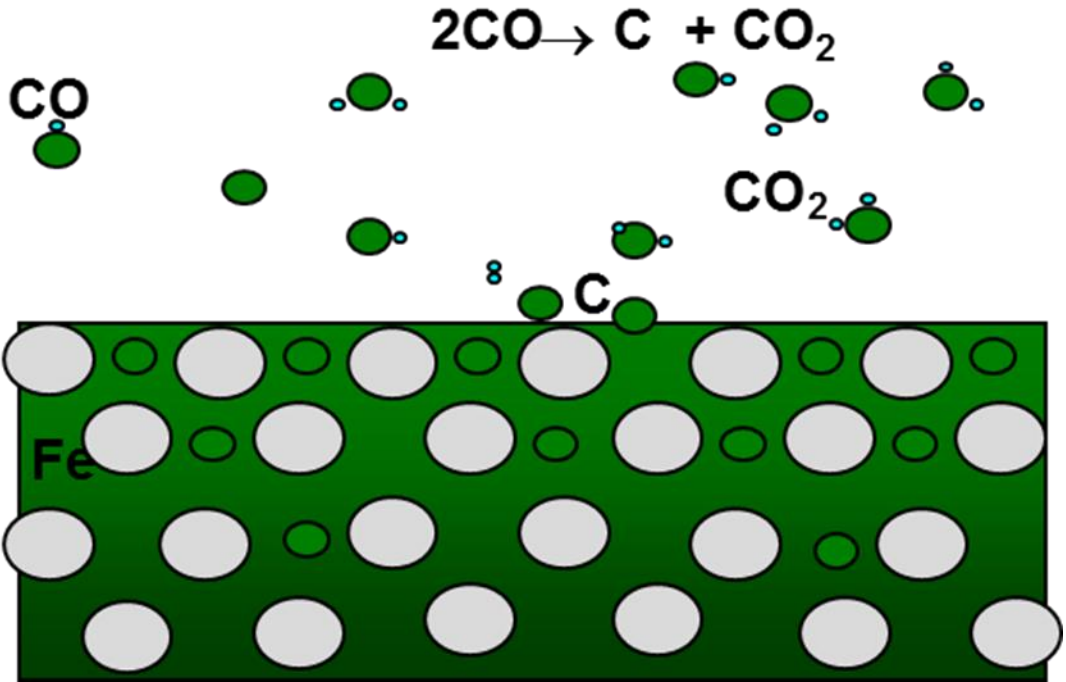
Er der andre muligheder ?

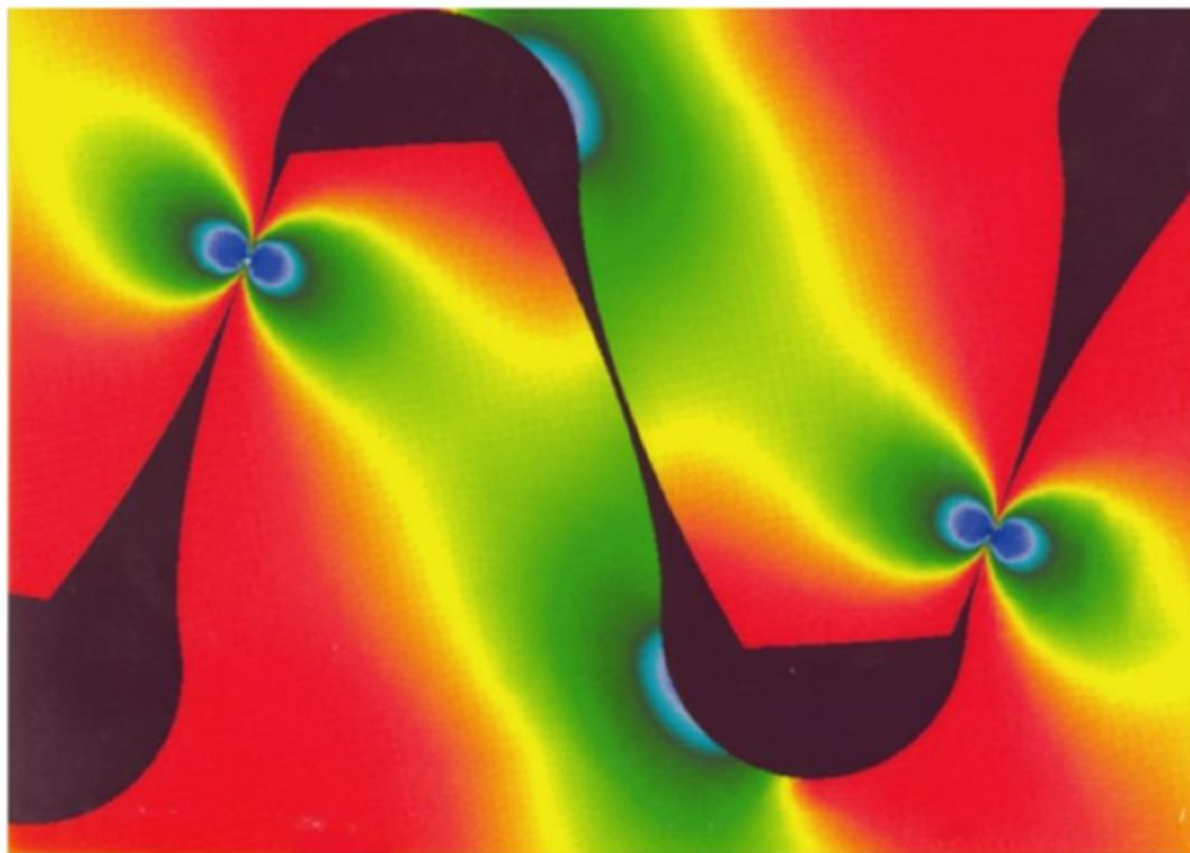


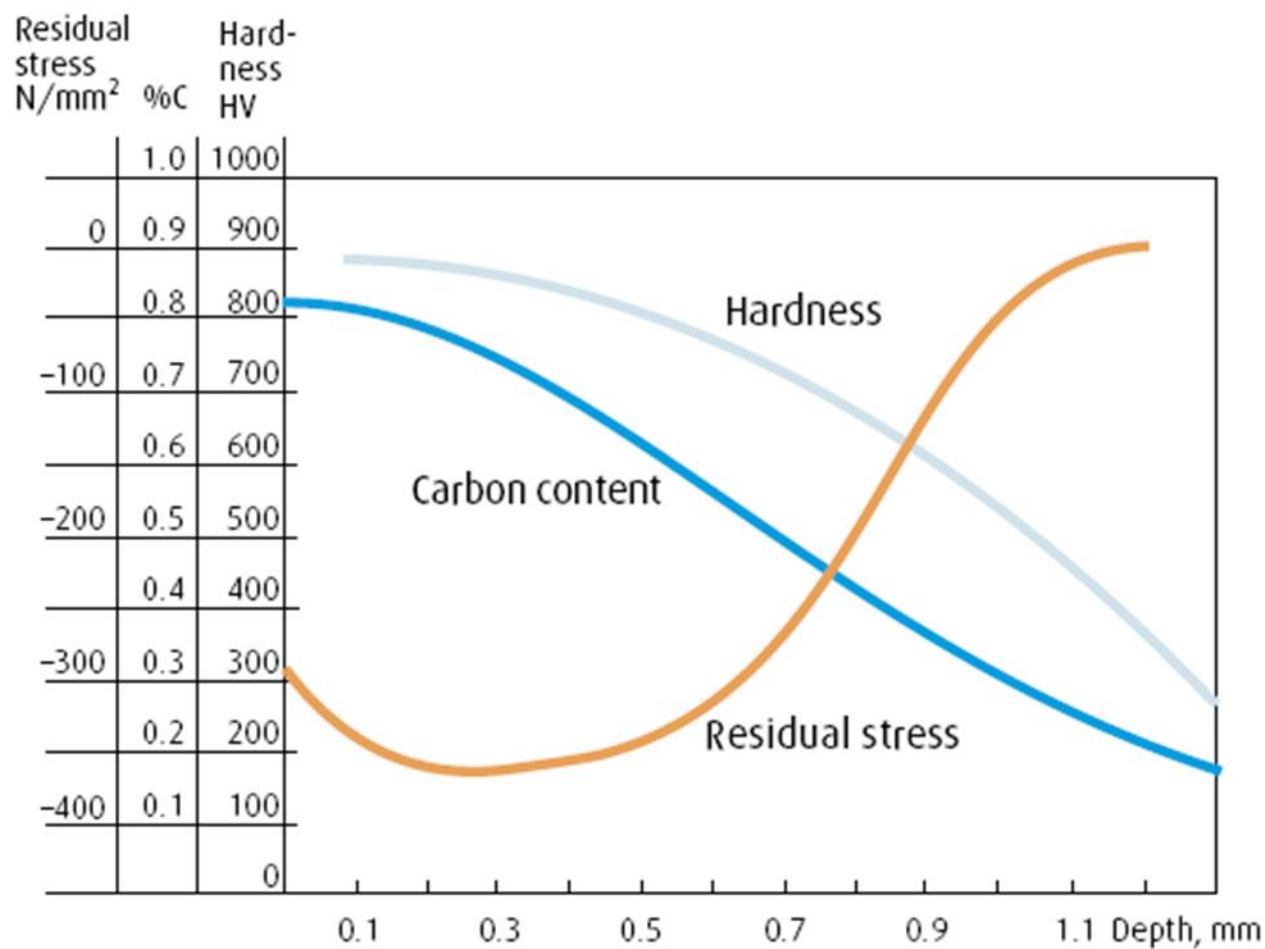


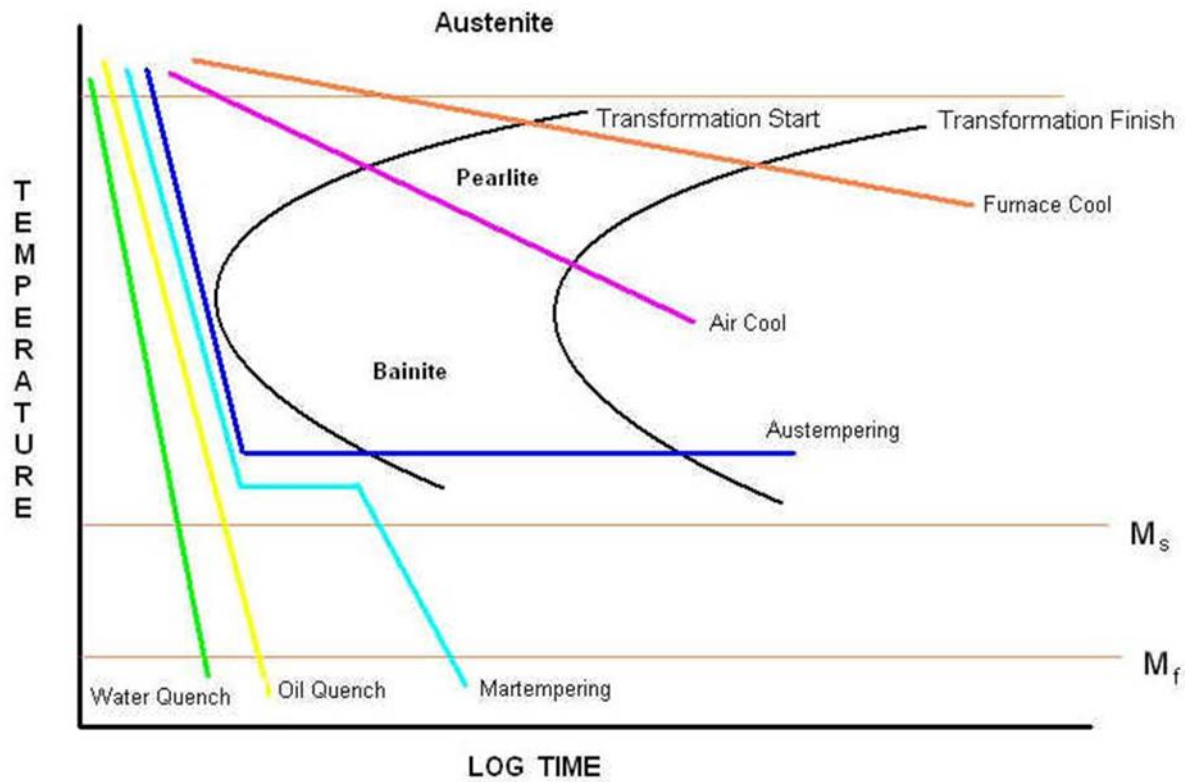
# Induktionshærdning











*Table 8.4.3 General rules for choice of case hardening depth.*

Type of part	Recommended case hardening depth	Comments
Gear wheels	0.15–0.20 x gear module	For optimal service life
Thin parts	< 0.2 x plate thickness	With consideration for through hardening risk
Parts with surface loads, e.g. bearing rings	3–4 x depth to maximum stress	

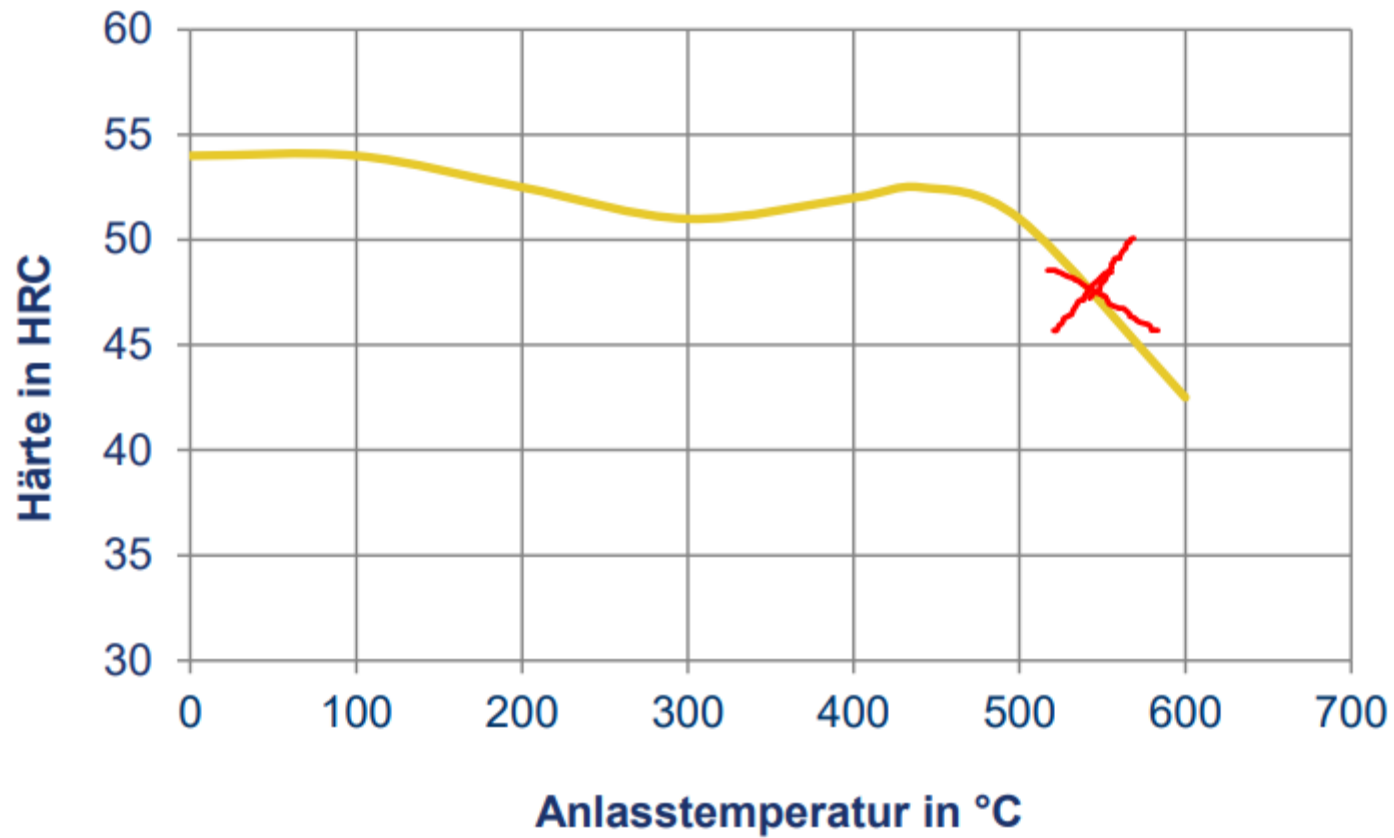
# Kan et "rustfrit stål" ruste ?

DIN EN 1.4034 Stainless steel:

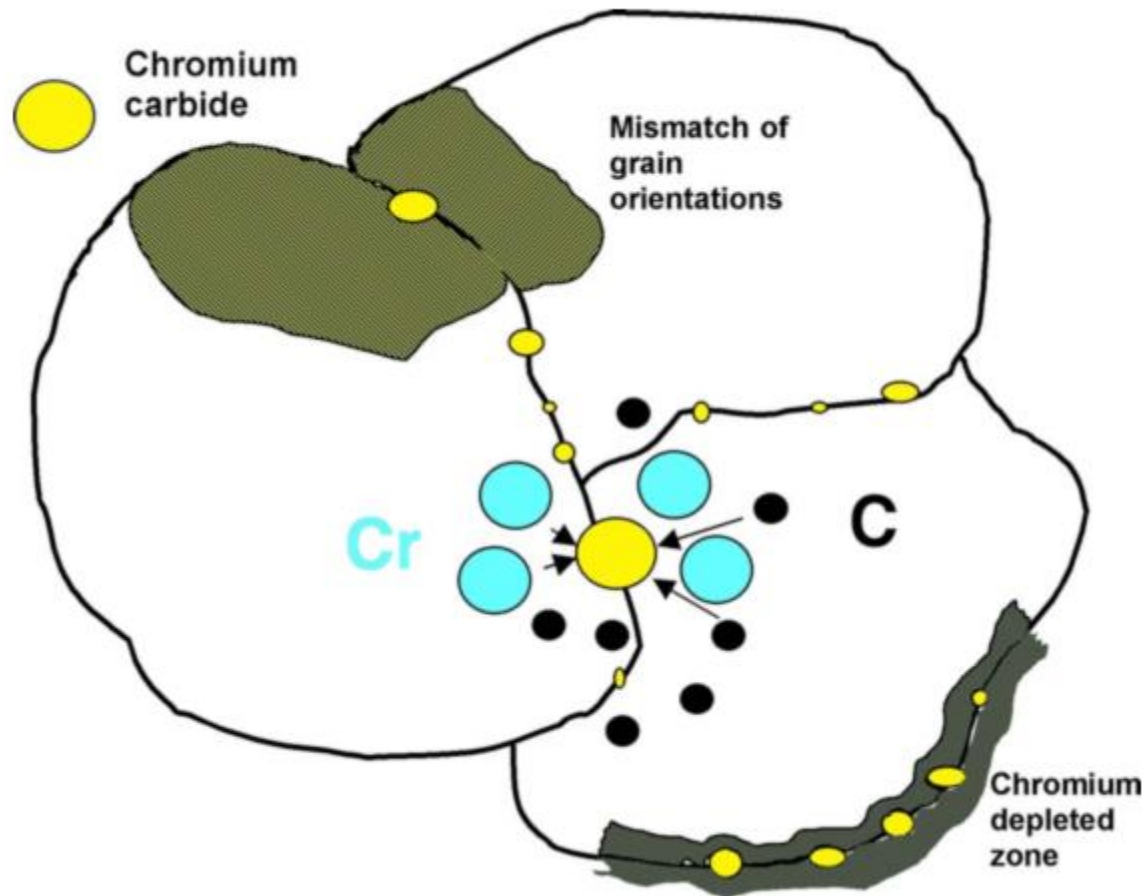
<b>C</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Si</b>
0.43-0.50	12.5-14.5	≤1.00	≤0.040	≤0.015	≤1.00





**ANLASS-SCHAUBILD**

# Udskillelse af kromkarbider



**Bodycote**