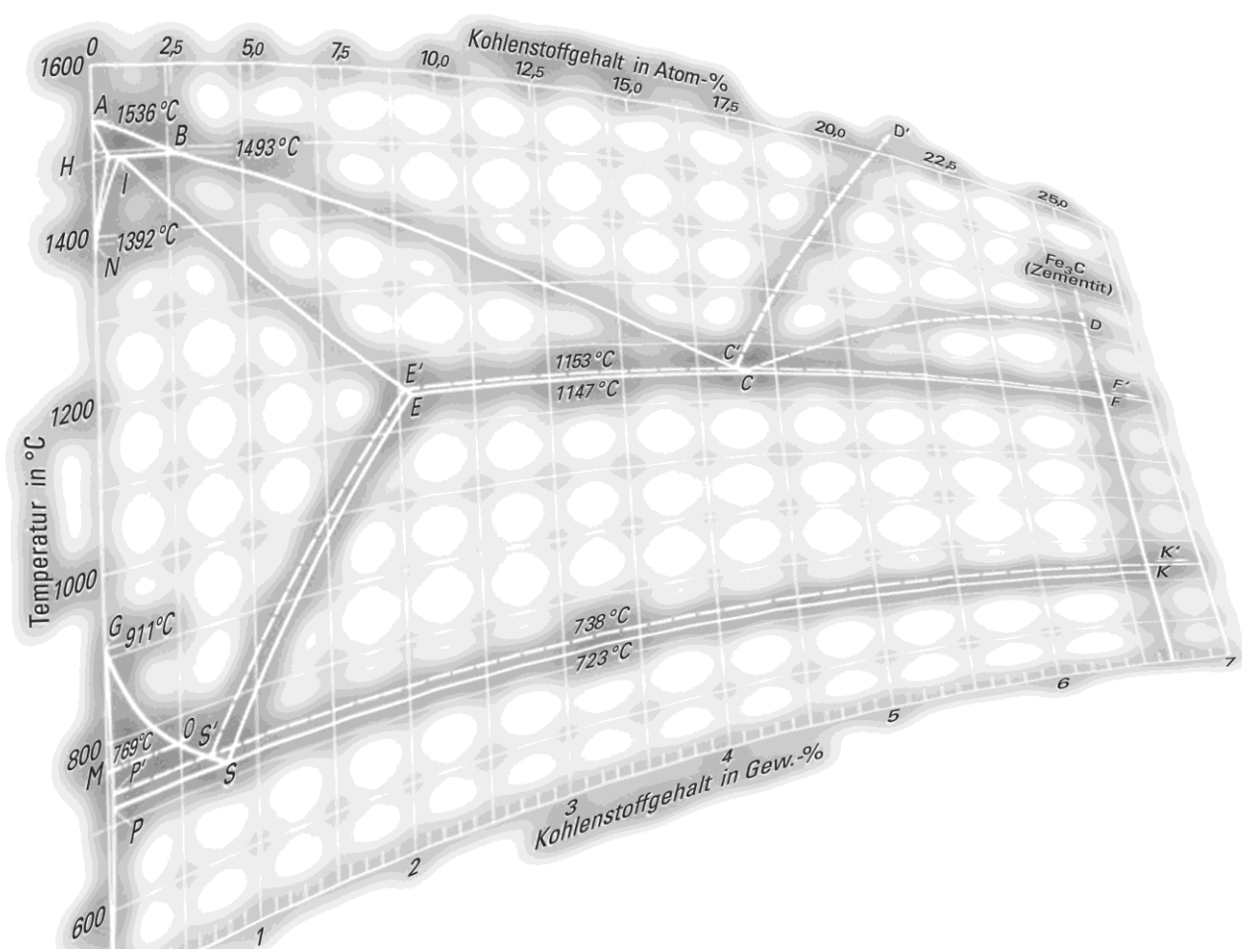
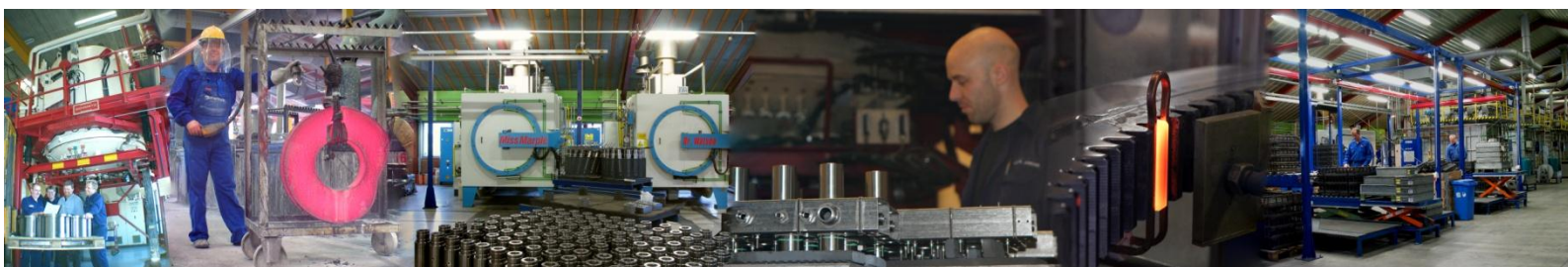


## Varmebehandlingsguide



Vi har i denne guide samlet information om de mest almindelig forekommende varmebehandlingsprocesser.

Brochuren beskriver processen, almindelige stålkvaliteter, normale krav og hvilke resultater som kan opnås.

Miljøspørgsmålet spiller en større og større rolle og vi har derfor også et afsnit omkring miljøaspekterne for hver af varmebehandlingsprocesserne.

Bodycote Varmebehandling A/S indgår i en af verdens største koncerner indenfor varmebehandling.

Vi råder over moderne anlæg og udfører alle typer af varmebehandling. Vort personale er veluddannet og har mange års erfaring. Arbejdet udføres derfor med højeste kvalitet.

Det er vores forhåbning at indholdet i denne brochure vil være til hjælp for både indkøbere af varmebehandling, samt konstruktører af emner der skal varmebehandles.

Ønskes yderligere information står vore vi gerne til rådighed.

Indledning	2
Bestilling af varmebehandling	3
Afspændingsglødning	5
Blødgldning	6
Normalisering	7
Hærdning	8
Induktions – og flammehærdning	11
Anløbning	13
Indsætning	15
Karbonitrering	17
Gasnitrering	18
Plasmanitrering, Corr-I-Dur®	20
Nitrokarburering, Colornite® og Nitrox®	22
PVD, TIXON® -behandling	24
CVD, TIXON® -behandling	26



## Korrekte oplysninger giver den rigtige kvalitet.

For at opnå den ønskede kvalitet på varmebehandlingen kræves samarbejde mellem kunden og Bodycote Varmebehandling. For at vi kan lave en korrekt varmebehandling er det nødvendigt at vi har følgende informationer:

### Materiale

Skriv altid den fuldstændige materialebetegnelse f. eks. SS 2511, DIN 16 Mn Cr5, SKF 280, UHB, Rigor etc.

### Varmebehandling

Angiv helst hele navnet på den type varmebehandling som ønskes, f.eks. sejhærdning, nitrering etc.. Venligst bemærk:

a) Såfremt indsathærdning på grund af en mellemliggende bearbejdning opdeles i 2 varmebehandlingsoperationer så skal den første betegnes som opkulning og den anden som hærdning.

b) Er de aktuelle emner tidligere varmebehandlet. Eksempelvis SS 2541-03 eller DIN 34 Cr Ni Mo 6, er det absolut nødvendigt at vi informeres herom., ellers er der stor risiko for at emnerne får en forkert varmebehandling.

### Hærdedybde

Såfremt der stilles krav om hærdedybde skal dette oplyses. F.eks.

Indsathærdning: IHD 0,8 +0,2/-0,1 mm

Karbonitrering: IHD 0,4 ±0,1 mm

Nitrering: NHD 0,3 ±0,1 mm

Induktionshærdning: HD 3,0 ±1,0 mm

Nitrokarburering: Fz 10-20 μ eller FZ min. 10μ.

### Hårdhed

Hårdhed skal defineres som i nedenstående eksempel:

Rockwell: HRC 60 ±2

Vickers: HV 500 ±25

Brinell: HB 250 ±25

Ved HV og HB er det normalt at der også opgives hvilken prøve der skal anvendes eks. HV 10 = 10 kp HB 3000 = 3000 kp.

## **Partiel behandling**

Såfremt kun en del af emnet skal varmebehandles, markeres området med stiplet linie, således det tydeligt kan ses hvor emnet skal varmebehandles.

## **Øvrigt:**

- Lad os allerede på forespørgselstidspunktet få tegninger og eventuelle bilag.
- Ved ordreafgivelse /eller bestilling af udfaldsprøver referer altid til tilbudsgiveren, tilbudsdatoen eller tilbudsnummer.
- Opgiv tolerancer på eks. planheden.
- For værktøjer opgiv gerne anvendelsen, eks. trykstøbning, sprøjttestøbning, koldpressning, etc..
- For kontrol af hærdeybden ved induktionshærdning af større serier vil det være nødvendigt at foretage mindst en destruktiv prøve. Ved indjusteringen af processen må der også altid regnes at enkelte emner kasseres.

## Procesbeskrivelse: Afspændingsglødning

### Proces:

Afspændingsglødning foretages for at minimere spændinger i konstruktionen som er opstået ved spåntagende bearbejdning eller koldformning/koldbukning eller svejsning. Disse spændinger kan være så store at emnerne deformeres eller revner og bør derfor udløses gennem en afspændingsglødning.

### Eksempel på anvendelsesområde:

For at minimere bearbejdningsspændinger efter en skærende bearbejdning bør afspændingsglødning udføres efter grovbearbejdningen, og før den endelige finbearbejdning, f. eks. slibningen.

Er emnerne tilført indre spændinger efter en bearbejdning foretages afspændingsglødning for at Undgå formforandringer ved hærdeningen.

Emner med snævre måltolerancer og som efter bearbejdning eksempelvis skal nitrokabureres bør afspændingsglødes.

Svejste konstruktioner kan ligeså gøres spændingsfrie gennem en afspænding.

### Hårdhed:

Afspændingsglødning ændrer ikke på materialestrukturen og påvirker ikke nævneværdigt udgangsmaterialets hårdhed.

Sejhærdede emner skal afspændingsglødes ca. 50°C. grader under foregående anløbstemperatur.

### Procestemperatur og procestid:

Temperaturen for stålemner er normalt 550-650°C. Holdetiden er ca. 2 timer.

Efter holdetiden skal kølning ske langsomt i ovnen. Den totale behandlingstiden er

Ca. 8 timer. Efter behov kan afspændingsglødning foretages i ovn med beskyttelsesgas, for at sikre emnerne mod oxidation. Ved ekstreme krav kan vacuumovn anvendes.

Afspændingsglødning før nitrokaburering ved min, 600°C. Temperatur for kobberemner

Afhængig af kvalitet 150-275°C og for messingemner 250-500°C.

### Miljø:

Afspændingsglødning sker normalt i elektriske konvektionsovne. Såfremt der varmebehandles i beskyttelsesgas bruges der kvælstof (nitrogen). Nitrogen er ufarligt for miljøet. Ovnene er el-opvarmede.

## Procesbeskrivelse: Blødgødning

### Proces og eksempler på anvendelsesområder:

Blødgødning er en termisk varmebehandlingsmetode. Kulstofstål med højt kulstofindhold og de fleste legerede stål, som luftkøles efter varmbearbejdning f. eks. smedning, varmvalsning, bliver oftest for hårde til at kunne bearbejdes med skærende værktøjer. Ved blødgødning reduceres hårdheden så materialet bliver lettere at bearbejde. Ved omhærdning af sejhærdede stål

reduceres risikoen for hærderevner hvis stålet blødgødes før omhærdning.

Ved koldformning af kobber- og messingemner bliver materialet hårdt. Jo større koldformningen er, desto hårdere bliver materialet

### Hårdhed:

Den hårdhed som opnås efter blødgødning afhænger af ståltypen – eller kobber- og messingkvaliteten

Stål HB 170-300

Kobber HV 40-70

Messing HV 50-100

SS-normerede stål som er blødgødet har tilstandsbetegnelsen -02 efter SIS betegnelsen. (eks. SS 2260-02).

### Procestemperatur og procestid:

Temperaturen er, afhængig af ståltype, 700-900°C.

Temperaturen er, afhængig af kobbertype, 300-650°C.

Temperaturen er, afhængig af messing type, 425-650°C.

Efter holdetiden skal kølningen ske meget langsomt

Den totale behandlingstiden er 14-25 timer. Blødgødningen udføres oftest i en vakuumovn eller i en ovn med beskyttelsesgas.

### Miljø:

Samtlige ovne er el-opvarmede. Som beskyttelsesgas anvendes kvælstof (nitrogen). Kvælstof er ufarlig for vort miljø.

## Procesbeskrivelse: Normalisering

### Proces og eksempler på anvendelsesområder.

Normalisering er en termisk varmebehandlingsproces. Processen anvendes mest på ulegerede og lavtlegerede stål..

Normalisering foretages for at gøre et grovkornet materiale finkornet og dermed sejere. En grovkornet struktur er ikke ønskværdig og kan opstå eksempelvis når et stål smedes ved for høj temperatur.

### Hårdhed:

Den hårdhed som opnås efter normalisering er afhængig af dimensionen, stålets analyse, samt kølehastigheden (cirka 100-250 HB.)

SS-normerede stål som normaliseret har betegnelsen -01 efter SIS- kvaliteten. (f. eks SS 1672-01).

### Processtemperatur och procestid:

Ved normalisering opvarmes materialet til en temperatur svarende til ca. hærdetemperaturen (austenitisering). Efter gennemvarmning og en kort holdetid skal køles emnerne frit i luft

I visse tilfælde kan både opvarmningen og afkølingen foretages i beskyttelsesgas..

Ved normaliseringen er den grovkornede materialestruktur ændret til en finkornet struktur som giver en større brudstyrke og sejhed.

### Miljø

For fremstille beskyttelsesgassen i ovnen og til at regulere ovnatmosfæren bruges følgende medier:

Luft, kvælstof, metanol og propan. Samtlige af disse gasser er brændbare og forbrændes inden de forlader ovnen. Kun kvælstof og vanddamp ledes ud. Begge er ufarlige for vort miljø.

Samtlige ovne er el-opvarmede

I vore afdelinger findes kvalificeret personale som gerne bistår med professionel rådgivning og udfører varmebehandling af højeste kvalitet.



## Procesbeskrivelse: Hærdning

### Proces og eksempler på anvendelses område:

Hærdning er en termisk varmebehandlingsmetode, som medfører at materialets hårdhed øges væsentligt. Hærdning foretages for at øge brudstyrken samt slidstyrken..

Ved hærdning kan i mange tilfælde fremstilles stålemner i mindre godstykkelser og dermed spare vægt og samtidig fastholde emnets styrke. Dog ændres E-modulet ikke.

Hærdning indgår også som en del af processerne; indsætning og karbonitrering.

Tre forskellige hærdemetoder præsenteres i denne guide:

1. Hærdning med direkte kølning
2. Trindhærdning /varmbadssimulering
3. Bainithærdning

Hærdresultatet afhænger af flere faktorer., som hver i sær har afgørende betydning for resultatet.

Det er derfor vigtigt nedenstående trin udføres på korrekt vis:

- A. Opvarmningsmedie
- B. Forvarmning
- C. Hærdetemperatur
- D. Holdetid ved hærdetemperatur
- E. Kølemedie

### Hårdhed:

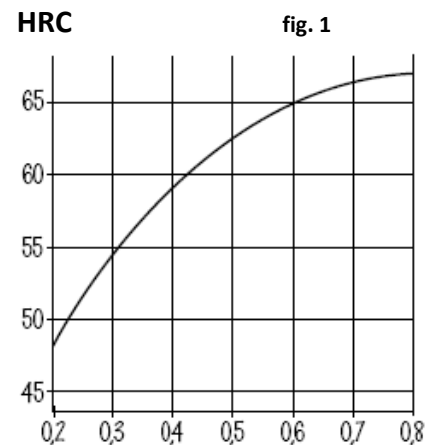
Hårdheden ved hærdning er i første omgang afhængig af stålets kulstofindhold under forudsætning af at afkølingshastigheden er tilstrækkelig høj. En maksimal hårdhed opnås med en C-indhold på 0,7-0,8 procent, se fig.1.

Stålets hærdbarhed, eller hærdedybde, påvirkes af forskellige legeringselementer såsom mangan, krom, nikkel og molybdæn.

Meget lave indhold af; bor forbedrer også hærdbarheden.

Efter hærdning anløbes materialet, for at lægge hårdheden på det ønskede niveau. (Se procesbeskrivelse anløbning.)

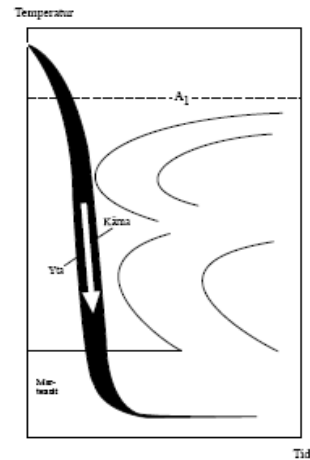
### Hårdhed for hærdet stål som funktion af stålets kulstofindhold.



## 1. Hærdning ved direkte kølning

Det er den mest almindelige hærdemetode. Efter opvarmning til hærdetemperatur (austenitisering) afkøles stålemnerne i forskellige medier afhængig af stålqualiteten. Hårdeste kølemedie er vand og den mildeste er gas.. For at opnå gennemhærdning skal både emnernes kerne og overflade afkøles med tilstrækkelig hastighed så afkølingskurven passer til det materialekvalitetens gældende TTT-diagram. Se fig. 2.

Fig. 2  
Kulstofindhold %



Sejhærdning indebærer en efterfølgende anløbning ved højtemperatur, sædvanligvis mellem 500-650 grader.

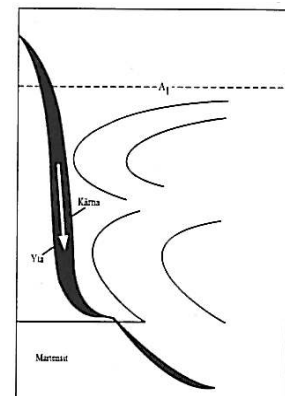
## 2. Trindhærdning

Emner, med uensartet geometri kan trindhærdes for at reducere risikoen for hærderevner.

Afkølingen kan foregå i varmt saltbad og emnerne forbliver i badet indtil kerne og overfladetemperatur er ens.

Saltbadets temperatur afhænger af stålqualiteten og ligger lige over den temperatur, hvor hærdstrukturen opnås. (martensitopbygningstemperatur, MS). Fig. 3.

Fig. 3



## 3. Bainithærdning

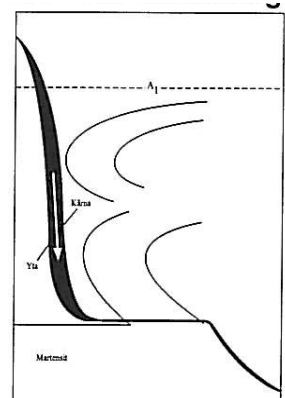
Metoden anvendes for det meste ved lavtlegeret stål

Kølingen sker også i varmt saltbad, hvor temperaturen ligger noget over stålqualitetens martensitopbygningstemperatur.

Emnerne forbliver i saltbadet indtil fullstændig bainitstruktur er opnået, se fig. 4.)

Bainitstrukturen er sejere end martensitten. Normalt behøves ingen efterfølgende anløbning..

Fig. 4



**Miljø:**

For at fremstille beskyttelsesgassen i hærdeovnene og til regulering af ovnatmosfæren anvendes følgende medier: Luft, kvælstof (nitrogen), metanol og propan. Samtlige gasser er brændbare og forbrændes inden de forlader ovnen. Kun kvælstof og vanddamp ledes ud. Begge er ufarlige for vort miljø.

Ved trin-og bainithærdning anvendes saltbad bestående af en blandning af natriumnitrit og kaliumnitrat. Brugt salt og slam sendes til destruktion. Vaskevandet renses eller sendes til destruktion. Samtlige ovne er el-opvarmede.

I vore afdelinger findes kvalificeret personale som gerne bistår med professionel rådgivning og udfører varmebehandling af højeste kvalitet.

## Procesbeskrivelse: Induktions- og flammehærdning

### Proces:

Begge metoder er termiske varmebehandlingsmetoder. Induktions- og flammehærdning er metoder hvor man lokalt øger overfladehårdheden uden at påvirke kernehårdheden. Det kunne eksempelvis være på ubehandlet eller sejhærdet stål.

Forskellen mellem metoderne er at ved induktionshærdning varmes emnet op via en induktor som danner et magnetfelt, mens flammehærdning sker ved hjælp af en gasbrænder. (se fig. 1 og 2.).

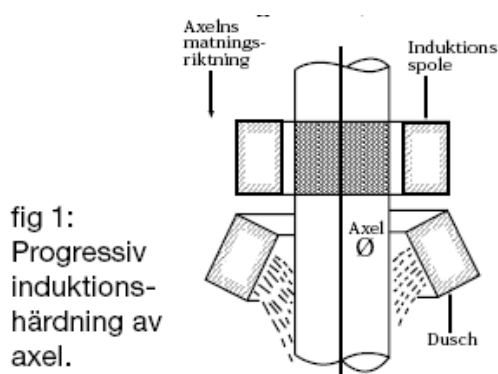


fig 1:  
Progressiv  
induktions-  
hærdning av  
axel.

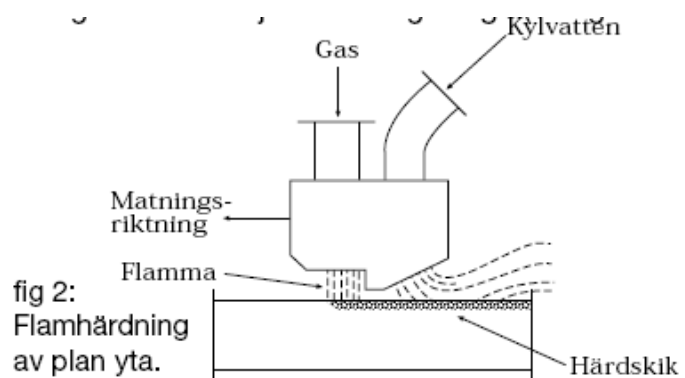


fig 2:  
Flamhærdning  
av plan yta.

Indtrængningsdybden ved induktionshærdning er afhængig af opvarmningstiden og anlæggets frekvens. Kølingen sker normalt med vand eller emulsion.

### Eksempel på anvendelsesområder:

For partiel hærdning af bl.a. rullebanen på kørehjul tænder på savblade, tandhjul, akseltappe, etc.

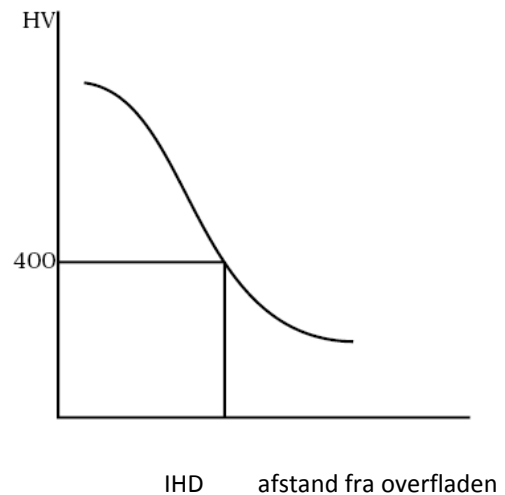
### Ståltyper egnet for induktions- og flammehærdning. (Udpluk)

W. nr.	DIN	HRC
1.7220	34CrMo4	52±3
1.7225	42CrMo4	56±3
1.6582	34CrNiMo6	52±3
1.1181	CK35	52±3
1.1191	CK45	56±3
1.1221	CK60	59±3
1.2344	Orvar-W302	56±3
1.4021	X20Cr13	48±3
1.4034	X40Cr13	56±3
1.3505	100Cr6	62±3

## **Indhærdedybde for induktions-og flammehærdning:**

Defineres som den afstand fra overfladen som ved Måling opnår hårdheden HV1 = 400.

Kravene om indhærdedybde (IHD) kan variere mellem 1 og 10 mm.



Kontrol af indhærdedybde sker løbende under processen, hvor stikprøver løbende udtages. eller ved brug af prøveemner i samme materiale.

Ved indkøring af processen må altid påregnes at emner/prøveemner udtages for kontrol af Hårdhed, samt IHD. Kontrollen vil ofte være destruktiv. Området der skal induktions- eller flammehærdes skal altid tydeligt være markeret på en medfølgende tegning.

## **Procestemperatur og procestid:**

Ved induktions- og flammehærdning opvarmes stålemnet til hærde temperatur (austenitisering) af et magnetfelt respektive en gasflamme. Temperaturområdet er afhængig af stål kvaliteten. Oftest anvendes en noget højere temperatur end ved hærkning i ovn. Kølingen foregår oftest ved spuling med vand, men i visse tilfælde dyppes emnet ned i kølemidlet.

Opvarmningstiderne er som regel meget korte og i mange tilfælde sker hærningen progressivt. Opstilling af aggregatet samt indkøring tager afhængig af hærdeområdets udformning en vis tid, hvilket påvirker totalprisen, specielt ved små serier.

## **Miljø:**

Induktionsanlægget drives af strøm.

Ved flammehærdning bruges brændbare gasser, som ender i køleemulsionen der sendes til destruktions.

## Procesbeskrivelse: Anløbning

### Proces:

Anløbning er en termisk varmebehandlingsmetode. Efter hærkning skal stålet altid anløbes. Den for stålkvalitetens maksimale hårdhed, som opnås ved hærkning, giver materialet en ringe sejhed. Ved en anløbning mindskes spændingerne i materialet og sejheden øges.

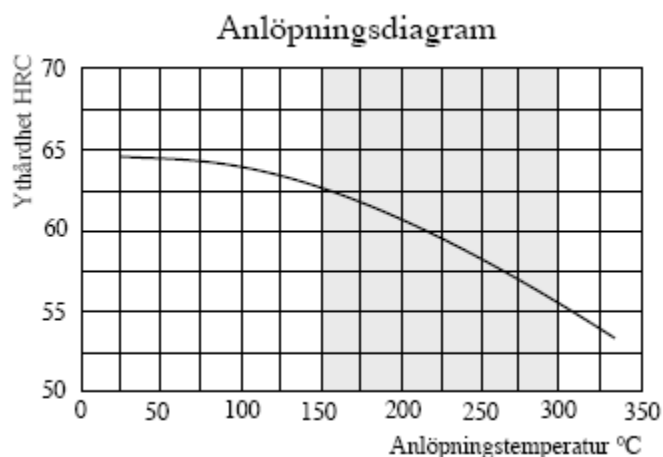
### Hårdhed:

Anløbning kan inddeles i 3 hovedgrupper.

1. Lav-anløbning ved temperatur 160-300°C
2. Anløbning af fjedrestål 300-500°C
3. Højanløbning 500°C

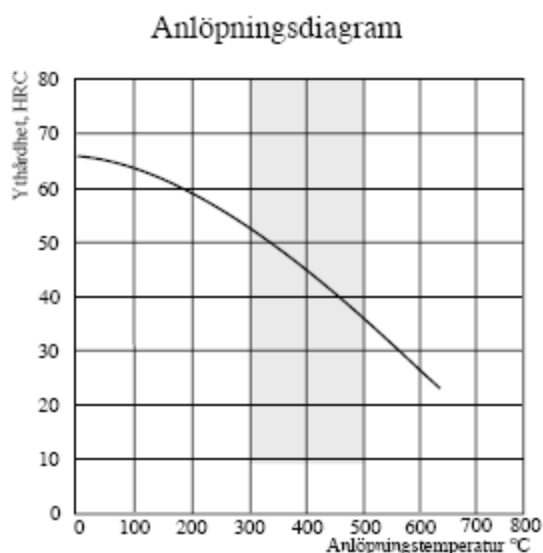
1. Lav-anløbning ved 160-300°C benyttes ved indsætningsstål samt værktøjsstål, som skal bruges for koldbearbejdning. Se fig. 1. Normalt ligger hårdhedskravet på omkring HRC 60.

Anløbsdiagram for SS2511  
efter indsats-hærkning og anløbning. Fig.1



2. Anløbsområdet 300-500°C anvendes til eks. til fjedrestål, se fig. 2. Normalt hårdhedskrav ligger omtrent på HRC 45.

Anløbsdiagram for SS 1770  
Hårdhed efter hærkning og anløbning. Fig.2

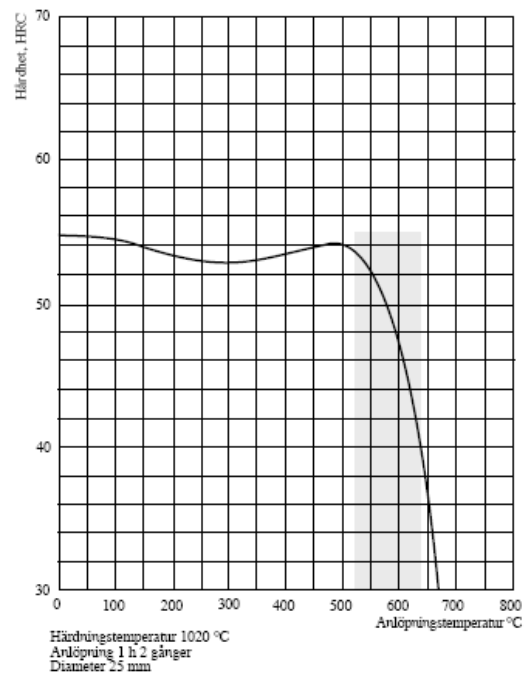


3. Høj anløbning ved 500°C eller højere benyttes til sejhærdning af hovedsagligt værktøjsståltyperne; varmarbejdsstål og HHS-stål. Værktøjsstålene skal anløbes mindst 2 gange med en mellemliggende afkøling til rumtemperatur. Se fig. 3

Anløbsdiagrammsdiagram for SS 2242 efter hærdning og anløbning . (værktøjsstål til varmarbejde).

Fig.3

Anløpningsdiagram (cirkavärden)



### Procestemperatur og procestid:

Som det fremgår af ovenstående eksempler så varierer anløbstemperaturen fra 160°C til 500°C afhængig af valg af stålqualität.

For visse stålqualiteter har holdetiden stor betydning. En forlænget holdetid svarer til en højere anløbningstemperatur.

Ved nogle stålqualiteter opstår anløbssprødhed inden for visse temperaturområder.

Disse områder kan ses i stålleverandørernes materialekataloger hvori også findes de bedst egnede anløbstemperaturer afhængig af de krav man stiller til materialet.

### Miljø:

Anløbning udføres normalt i konvektionsovne uden en beskyttende ovnatmosfære. Ved Høj anløbning kan kvælstof anvendes som beskyttelsesgas, eller anløbningen ske i en vakuumovn hvilket er almindeligt for værktøjsstål.

Kvælstof er ufarligt for vort miljø. Samtlige ovne er el-opvarmede.

I vore afdelinger findes kvalificeret personale som gerne bistår med professionel rådgivning og udfører varmebehandling af højeste kvalitet.

## Procesbeskrivelse: Indsatshærdning

### Proces:

Indsatshærdning er en termokemisk overfladehærdning. Et stål med lavt kulstofindhold, oftest under 0,20 % C, opkules i overfladen til ca. 0,7-0,9% C. Ved den efterfølgende hærdning opnås en høj overfladehårdhed og en sej kernestruktur. Den hårde overflade giver en god slidstyrke.

### Eksempler på anvendelsesområder:

Detaljer med hvor der kræves stor slidstyrke på overfladen eks. Tandhjul, drivaksler, snekkehjul, etc.

Legerede indsætningsstål		
W. nr.	DIN	SS
1.8902	17MnV6	2142
1.5919	15CrNi6	2512
1.7131	16MnCr5	-
1.7147	20MnCr5	-
1.6523	20NiCrMo2-2	2506
1.6587	17CrNiMo6	2523

### Hårdhed:

Et normalt krav til overfladehårdheden ved indsatshærdning er 58-62 HRC eller 650-750 HV. Ved indhærdningsdybder IHD 0,6 mm eller mindre, måles i Vickers (HV). Normal hårdhedstolerance er  $\pm 2$  HRC eller  $\pm 50$  HV. Kernehårdheden er afhængig af godstykkelsen og stålqualiteten. Som en retningsgivende værdi er ca. 300 HV.

### Indhærdedybde(IHD)

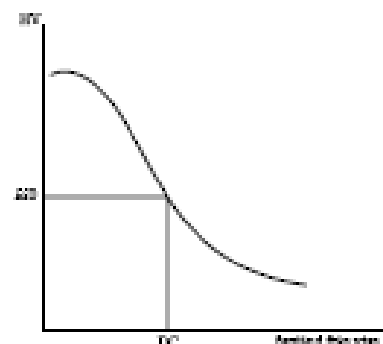
Som indhærdedybde forstås den afstand fra overfladen hvor hårdheden HV<sub>1</sub>=550 kan måles (se figur). Kravet til Indhærdedybde kan variere mellem 0,1 og 2,5 mm.

Normal tolerance ved forskellige IHD.

IHD0,10-0,15 mm	$\pm 0,05$ mm
IHD0,20-0,30 mm	+0,10/-0,05 mm
IHD0,35-0,40 mm	$\pm 0,10$ mm
IHD0,50-1,40 mm	+0,20/-0,10 mm
IHD>1,5 mm	$\pm 0,20$ mm

Kan større tolerancer accepteres kan det være en fordel, specielt

ved mindre ordre, hvor det kan betyde at leveringstiden måske kan afkortes.





Ved bestillingen skal der tages hensyn til om emnet skal slibes efter indsatshærdningen og om ønsket IHD krav kan nås på det færdige emne.

## **Afdækning:**

Såfremt emnet kun skal hærdes partielt er der mulighed for at afdække områder der ikke skal indsættes og hærdes. I givet fald skal det tydeligt afmærkes på medfølgende tegninger.

## **Procestemperatur og procestid:**

Opkuling: 900-950°C

Hærdning: 800-850°C

Anløbning: 160-200°C

Opkulingstiden afhænger af ønsket om indhærdningsdybden (IHD) samt den opkulingstemperatur der anvendes. I parentes ses omtrentlige totale oventider incl. forvarmning og anløbning.

Eksempel:	IHD 0,5 mm = ca. 2,5 timer(ca. 9 timer)	
	IHD 1,0 mm = ca. 5,0 timer	(ca. 12 timer)
	IHD 1,5 mm = ca. 9 timer	(ca. 16 timer)

## **Miljø:**

For at fremstille den endotermiske gas som anvendes i ovnen ved indsætning og til regulering af ovnen anvendes følgende medier: Luft, kvælstof (Nitrogen), metanol og propan.

Samtlige af disse gasser er brændbare og forbrændes inden de forlader ovnen. Kun kvælstof og vanddamp ledes ud . Begge er ufarlige for vort miljø.

## Procesbeskrivelse: Karbonitrering

### Proces:

Karbonitrering er en termokemisk overfladehærdning. Det er en variant af indsatshærdning og den

anvendes til lavtlegerede stålqualiteter. Ved tilsætning af ammoniak til ovnatmosfæren øges hærdbarheden i det opkullede lag så at stål som normalt kun skulle kunne vandhærdes, nu kan hærdes i olie og opnå høj overfladehårdhed. Den mere skånsomme køling i olie mindsker som ved indsatshærdning risikoen for formforandringer. Efter opkulning og hærdning opnås en hård overflade og en relativ sej kernestruktur

### Eksempler på anvendelsesområder:

Emner i ikke alt for grove dimensioner hvor slidstyrke i overfladen ønskes, f. eks. aksler, hydrauliske ventiler, pladeprodukter etc.

### Vejledende ståltyper

Ulegerede stål	
W. nr.	DIN
1.0114	St. 37-3U / S235J0
1.0143	St. 44-3U / S275JR
1.0553	St. 52-3U / S355J0
1.0718	9SMnPb28
1.0401	C15

### Hårdhed:

Ved karbonitrering opnås 58-62 HRC eller 650-750 HV. Ved lav karbonitreringsdybde, IHD 0,6 mm eller lavere, opgives hårdheden i Vickers (HV). Normal hårdhedstolerance er  $\pm 2$  HRC eller  $\pm 50$  HV. .

### Karbonitreringsdybde IHD:

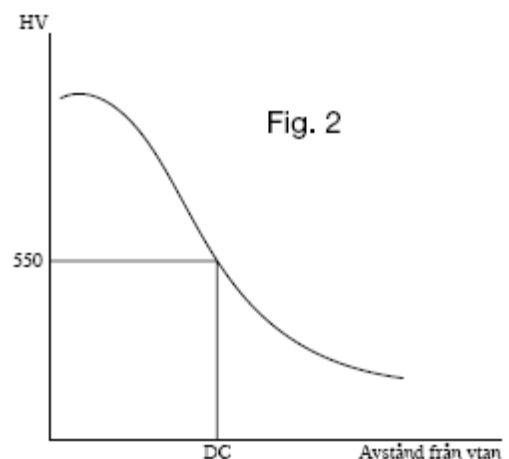
IHD, defineres som den afstand fra overfladen hvor hårdheden kan måles til  $HV_1 = 550$  (se figur 2).

Karbonitreringsdybde, IHD, kan variere mellem 0,05 og 1,0 mm.

Normal tolerance ved forskellige IHD.

Vid IHD <0,10 mm	-0/+0,05 mm
Vid IHD 0,10-0,15 mm	$\pm 0,05$ mm
Vid IHD 0,20-0,30 mm	+0,10/-0,05 mm
Vid IHD 0,35-0,40 mm	$\pm 0,10$ mm
Vid DC 0,50-1,00 mm	+0,20/-0,10 mm

Kan større tolerancer accepteres kan det være en fordel, specielt ved mindre ordre, hvor det kan betyde at leveringstiden måske kan afkortes.



## Processbeskrivning: Gasnitring

### Process:

Gasnitring er en termokemisk proces hvor overfladehårdheden øges. God til stålemner hvor der ønskes:

- Lav friktion
- Øget slidstyrke
- Øget udmattelses- og trykstyrke

Processen foregår ved lav temperatur typisk, 500-530°C. Den lave temperatur giver gode forudsætninger for små og ofte ubetydelige form- og målforandringer.

Procestiden er afhængig af den ønskede nitrerhærdedybden (NHD) 6,5 time, 20 timer og 60 timer er normale standardprocesser

Nitring udføres på legerede stål kvaliteter sædvanligvis sejhærdningsstål. Gasnitring egner sig Hårdhed og hærdedybde efter gasnitring varierer med stålets legeringsindhold og processtiden.

### Eksempler på anvendelsesområder

Gasnitring bruges til mange forskellige emner, f. eks.

- Aksler, tandhjul og andre konstruktionsdetaljer hvor der kræves høj slidstyrke og udmattelses- og trykstyrke.
- Bukkeværktøjer for pladebearbejdning for at minimere slitage og friktion mellem plade og værktøj.

### Hårdhed:

Det ydre hårde slidstærke lag er forbindelseszone (Fz) og består af hård jernnitrid.

Forbindelseszonens tykkelse varierer som regel mellem 5-20 µm afhængig af stål kvalitet.

Diffusionszone som er laget der ligger under forbindelseszone giver størstedelen af emnets målbare hårdhed. De trykspændinger som opstår i diffusionszone giver en øget udmattelse og trykstyrke. Opnåelig hårdhed bestemmes først og fremmest af materialets sammensætning men også af temperaturen. Diffusionszonens dybde også kaldet nitrerhærdedybde (NHD) bestemmes af kvælstoffets formåen til at diffunderer ind i stålet.

Temperatur, tid og stål kvalitet er bestemmende for NHD.

Et højt legeret stål giver en mindre forbindelseszone end et lavere legeret stål ved samme varmebehandlingsparametre. Med det højere legerede stål opnås en større hårdhed.

## Nitrerhærdedybde:

Nitrerhærdedybden NHD efter gasnitring defineres som den dybde under overfladen hvor Hårdheden HV<sub>5</sub> kan måles til 400.

## Vejledende ståltyper

W. nr.	DIN	Hårdhed HV
1.7225	42CrMo4	550-700
1.6582	34CrNiMo6	650-750
1.8550	34CrAlNi7	1000-1150
1.2311	-	700-800
1.2312	-	700-800
-	(Impax)	700-800
1.2344	(Orvar)	900-1150*
1.2379	(K110/Sv21)	875-1200*
1.0570	(St. 52-3N)	450-650
-	(GGG 70)	300-450
* Køres kun som korttidsproces, og forudsætter at emnet er hærdet og højtemperaturanløbet!		

## Afdækning:

Partiel afdækning af detaljer der ikke skal gasnittreres er muligt. Hertil bruges en speciel pasta.

## Miljø:

Ved nitring består ovnatmosfæren af kvælstof og ammoniak. Den brændbare del af den krackede ammoniakgas forbrændes inden den forlader ovnen. Kvælstof og vanddamp er ufarlige for vort miljø.

## Procesbeskrivelse Plasmanitrering

### Proces:

Plasmanitrering er en termokemisk overfladehærdning, skånsom mod stålemnerne, beregnet for emner med krav til:

- Lav friktion
- Øget slidstyrke
- Øget udmattelsesstyrke
- Forbedret korrosionsbestandighed\*

\* For at opfylde høje krav til korrosionsbestandigheden anbefales en plasmanitro-karbureringsproces. (se procesbeskrivelse for nitrokarburering) med en efterfølgende oxidering. Processen udføres i temperaturområdet 400-600°C, hvilket giver gode muligheder for at optimere komponenternes egenskaber. Sædvanligvis anvendes temperaturer 480 og 520°C. Den lave temperatur giver gode forudsætninger for små og ofte ubetydelige form- og dimensionsforandringer.

Reguleringsmulighederne for processparametrene (gas, temperatur, tryk) muliggør styring af nitrerlagets opbygning og dermed dets egenskaber..

Prosesstiden er generelt afgørende for den ønskede nitrerhærdedybde (NHD)

Mellem 12 og 60 timers procestid er mest almindeligt. Køling sker med kvælstof. Processen foregår ved lavt tryk 0,1-10 mbar, da kvælstof tilføres stålet via et plasma som skabes ved emnets ydre da en potential forskel på 300-1000V dannes mellem ovnvæg og emnet.

\*Plasma er i denne applikation ensbetydende med en joniseret gas.

Alle ståltyper som i dag gasnitreres kan plasmanitreres. Plasmanitrering er desuden velegnet for højtlegerede stål kvaliteter f. eks. værktøjsstål og rustfrie stål. Hårdhed og hærdedybde efter plasmanitrering varierer i lighed med gasnitrering med stålets legeringsindhold.

### Eksempel på anvendelsesområder:

Plasmanitrering udføres på et meget bredt sortiment af produkter.:

- Aksler, tandhjul og andre konstruktionsdetaljer hvor der stilles krav om stor slid- og udmattelsesstyrke.
- Smede- og trykstøbeværktøjer for at give mindre slitage og højere modstand mod termisk udmattelse
- Bukkeværktøjer for pladebearbejdning for at mindske friktion mellem plade og værktøj.
- Emner i rustfrit stål for at opnå højere slidstyrke.
- Hydraulikkomponenter hvor der ønskes en bedre slidstyrke og korrosionsegenskaber.

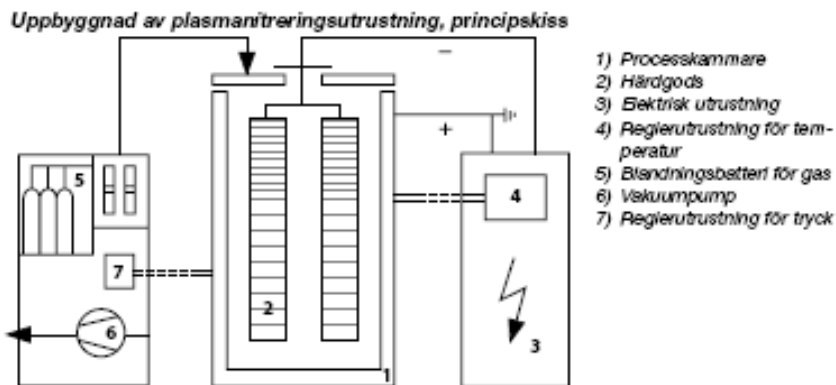
### Hårdhed:

Det ydre hårde slidstærke lag er forbindelseszone (Fz) og består af hårde jernnitrider.

Ved plasmanitrering er det muligt at styre denne zones opbygning og sammensætning hvorved man kan tilpasse laget iht. emnets tekniske specifikationer.

Forbindelseszonens tykkelse varierer som regel mellem 5 - 20 µm afhængig af materiale og procesparametre. \* Anm. Det er også muligt at styre plasmanitreringsprocessen så at ingen forbindelseszone dannes.

Diffusionszonen som er laget der ligger under forbindelseszonen giver størstedelen af emnets målbare hårdhed. De trykspændinger som opstår i diffusionszonen giver en øget udmattelse og trykstyrke. Opnåelig hårdhed bestemmes først og fremmest af materialets sammensætning men også visse prosesparametre og af temperaturen. Diffusionszonens dybde også kaldet nitrerhærdedybde (NHD) bestemmes af kvælstoffets formåen til at diffunderer ind i stålet. Temperatur, tid og stål kvalitet bestemmende for NHD.



### Plasmanitreringsdybde:

NHD efter plasmanitrering fastlægges på samme måde som ved gasnitrering, dvs, defineres som den dybde under overfladen hvor Hårdheden HV<sub>5</sub> kan måles til 400.

### Afdækning:

Processen muliggør partiel afdækning af steder der ikke ønskes plasmanitreret. Til dette bruges en speciel pasta, som påmales.

**Miljø:** i det lave tryk, 0,1-10 mbar, udslippes kun små mængder af de tidligere nævnte gasser. Processens miljøpåvirkning ved plasmanitrering består af kvælstof, og vand (størstedelen), men også metan og argon og kuldioxid kan forekomme.

Tabellen viser ungefærlige værdier opnåede efter 30 timers plasmanitrering ved 480°C.

Material	Materialtilstand før plasmanitrering	Ythårdhet HV1 Råtværdien	Nitrerdybde DN (480/30) KH + 50 HV
<b>Konstruktionsstål</b>			
SS 2172	Varmbearbetet	400	0,55
SS 2142	Varmbearbetet	850	0,50
SS 1672	Normaliseret	450	0,50
SS 2225-03	Seghårdet	850	0,40
SS 2244-03	Seghårdet	850	0,40
SS 2541-03	Seghårdet	850	0,40
<b>Sæthårdningstål</b>			
SS 2511	Varmbearbetet	800	0,45
<b>Nitreretål</b>			
SS 2340-03	Seghårdet	1100	0,35
Ovako 225 A	Seghårdet	850	0,40
<b>Sejjärn</b>			
SS 0727	Varmbearbetet	550	0,30
<b>Verktøjstål</b>			
SS 2140	Hårdet	700	0,30
SS 2260	Hårdet	1100	0,25
SS 2310	Hårdet	1150	0,15
SS 2242	Hårdet	1150	0,20
<b>Roestfritt stål</b>			
SS 2303	Hårdet	1100	0,15
SS 2333	Gledget	1250	0,07
<b>Snæbberstål</b>			
SS 2722	Hårdet	1300	0,10

## Procesbeskrivelse: Nitrokarburering

### Process:

Nitrokarburering er en termokemisk overfladehærdning, skånsom mod stålemnerne, beregnet for emner med krav til:

- Lav friktion
- Øget slidstyrke
- Øget udmattelsesstyrke
- Forbedret korrosionsbestandighed\*

\* Såfremt kravene til korrosionsbestandighed er meget høje anbefales Nitrox<sup>®</sup>, en variant af nitrokarburering, med efterfølgende oxidering som også udføres hos Bodycote Varmebehandling A/S.

Da processen sker ved lav temperatur (570°C) bliver mål- og formforandringerne ubetydelige. Alle ståltyper kan nitrokarbureres, men opnåede hårdhed og dybde vil være afhængig af legeringsindholdet i materialet..

Nitrokarburering blev introduceret i tresserne under flere forskellige navne, bla. Tenifer, Nitemper, Nitroc och Deganit. Alle disse processer giver i stort set samme resultat. På tegninger vil det være rigtigst at bruge benævnelserne nitrokarburering.

### Eksempler på anvendelsesområder:

Nitrokarburering kan udføres på et bredt sortiment af komponenter. F.eks. hydraulik- og pneumatikdetaljer, kuglelejeholdere, aksler, kameradetaljer, cylindere, vev- og kamaxlar, kolvar, værktøj mm.

### Hårdhed:

Det ydre hårde slidstærke lag som dannes kaldes forbindelseszone (Fz). Hårdheden i denne zone er afhængig af stålkvalitetens legeringsindhold. Følgende hårdheder kan nås:

Ulegerede kulstofstål:	ca. 500-700 HV.
Lavtlegerede stålskvaliteter:	ca. 700-800 HV.
Højtlegerede stålskvaliteter:	op til ca. 1100 HV.

(se figur 1)

Området under forbindelseszone får afhængig af stålkvaliteten en større hårdhed i en dybde indtil ca. 0,5 mm.

Denne zone kaldes diffusionszone. Diffusionszonens højere hårdhed forbedrer utmattelsesstyrken på grund af de trykspændinger der opstår i overfladen.

Hårdheden i forbindelseszone er svær at måle, fordi laget er meget tyndt.

Det er derfor almindeligt at man måler direkte på overfladen med HV1.

En vis del af belastningen optages af den underliggende diffusionszone.

Hårdhet efter nitrokarburering 570°C/2 h

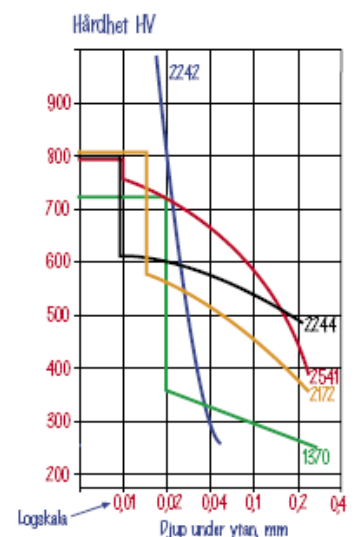


fig 1

Den målte hårdhed kommer derfor til at variere afhængig af både hårdheden i forbindelses- og diffusionszonen. Hårdhedskrav på en tegning kunne angives som i fig. 2

## Nitrokarbureringsdybde:

Forbindelseszonens dybde er bla. afhængig af mængden af legeringselementer i stålet. For ulegerede- og lavtlegerede stål opnåes ved normale procestider en forbindelseszone (Fz) med en dybde på 0,01-0,02 mm (10-20 µm). Ved højere legerede stålkvaliteter formindskes forbindelseszonens ca. 0,005-0,01 mm (5-10 µm). Det totale nitrokarbureringsdybde kan måles i Vickers med lav belastning. Dybden defineres som den dybde under overfladen hvor hårdheden HV<sub>5</sub> måles til 400. På grund af inddiffusionen i stålet og nitrid-dannelsen vil der ske en vis volumentilvækst i størrelsesorden på ca. 3-7 µm efter normal behandling.

## Afdækning:

Såfremt emnet partielt skal stå ubehandlet efter nitrokarbureringen er der muligt at afdække området. Området skal i så fald markeres på en medfølgende tegning.

## Miljø:

Ved nitrokarburering består ovnsatmosfæren af følgende medier: kvælstof (nitrogen) og ammoniak samt en lille del kuldioxid. Den brændbare del af den krakkede ammoniakgas forbrændes før den forlader ovnen. Kvælstof og vanddamp er ufarlige for vort miljø. En lille del kuldioxid slippes ud, da denne gas ikke er bænbear.

..

I vore afdelinger findes kvalificeret personale som gerne bistår med professionel rådgivning og udfører varmebehandling af højeste kvalitet.

**Ythårdhet med olika belastningar** Fig. 2

Material	HV1 (min)	HV5	HV10
SS 1350	350	300	200
SS 1650	450	350	250
SS 1770	450	350	250
SS 2511	600	450	400
SS 2230	450	400	350
SS 2234	650	500	450
SS 2242	>900	700	550
SS 2260	>900	850	700
SS 2550	600	500	450
SS 2310	>800	650	500
SS 2312	>800	600	500
SS 2710	>900	850	800

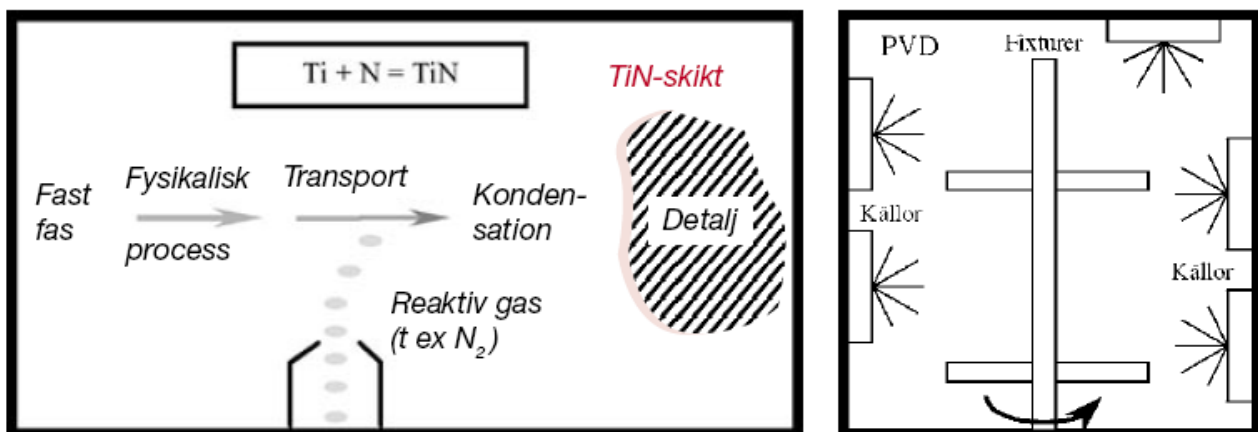


## Procesbeskrivelse: PVD-metoden

### Proces:

Overfladebehandlingsmetode hvor materiale først forgasses for senere at kondensere på en overflade kaldes normalt for gasfasemetode. Gasfasemetoderne deles primært op i to områder: PVD (Physical Vapor Deposition), CVD (Chemical Vapor Deposition) Alt fra rene metaller, via forskellige legeringer til forskellige varianter af nitrider, karbider og oxider og/eller blandinger af disse samt både homogene eller porrøse strukturer kan bruges på disse metoder. Den fundamentale forskel mellem PVD og CVD er hvordan materialet tilføres overfladen.

PVD står for Physical Vapor Deposition). I denne proces fordampes belægningsmaterialet eksempelvis Ti eller Cr, fra fast fase til gasfase. For at transportere det fordampede materialet til overfladen, hvor den senere kondenseres, bruges en elektrisk spænding, mellem gods og ovenvæg. Alt dette sker ved et vakuumtryk mellem  $10^{-6}$  -  $10^{-4}$  Pa. For at opbygge slitstærke nitrider, karbider eller oxider tilføres en mindre mængde reaktiv gas (f.eks. kvælstof, metan eller syre). PVD er en så kaldt sigtelinieproces hvilket ofte kræver nogen form for roterende fixturløsninger. En tommelfingeregel for belægning i huller er at "hullet ikke er dybere end åbningens bredde.



### Anvendelsesområder:

Værktøjer til spåntagen bearbejdning, bukkeværktøjer, incl. snit og stans, værktøjer for plast- og gummi-forme samt maskinkomponenter.

### Egenskaber:

Belægningen i tabellen på næste side, har forskellige egenskaber, f.eks. oxidationstemperatur, som gør at de kan anvendes til forskellige formål.

Nogle typiske fordele for belægningen er minimering af påklæbninger øget slidstyrke, bedre slipegenskaber, lav friktion, øget oxidationsmodstand og selv i visse tilfælde forbedrede korrosionsegenskaber.

## Belægningens tykkelse:

For værktøj ligger det normalt i intervallet 2-7  $\mu\text{m}$  (mindre end 1  $\mu\text{m}$  bruges til dekorative belægninger).

## Valg belægning:

Hvilken belægningstype der skal vælges gennemgås med kunden. Emnet/værktøjet vurderes, fremstillingsprocedurer, anvendelsen og hvilke krav der stilles til belægningen diskuteres, ligeså bør der oplyses hvilke parametre som er anvendt ved varmebehandlingen af emnet, samt om der er specielle tolerancekrav.

Det er vigtigt at anløbstemperaturen på emnet ikke er lavere end den belægningstemperatur som vælges. Grundmateriale og overfladefinish er andre faktorer som påvirker belægningens funktion.

Produkt-namn	Metod	Behandlings-temperatur °C	Skikt-material	Skikthårdhet Hv/0,005 kg	Tjocklek $\mu\text{m}$
TICRON	PVD	200-450	CrN	2000-2500	3-7
TINOL	PVD	200-450	TiN	2200-2800	2-5
TICON	PVD	450	TiCN	2800-3400	2-5
TINAL	PVD	450	TiAlN	2800-3400	2-5
Graphit-iC™	PVD	<200	Metall-C	1200-2500	1-3

Produkt-namn	Egenskaper / Typiska tillämpningar	Begränsningar
TICRON	Hög oxid.temp. / Plåtförning (Al, Cu, Zn, mässing)	Funktion i djupare hål
TINOL	Hög hårdhet / Spånskärande, plastförning	Funktion i djupare hål
TICON	Högre hårdhet och lägre oxid. temp. än TINOL	Funktion i djupare hål
TINAL	Högre hårdhet och oxid. temp. än TINOL	Funktion i djupare hål
Graphit-iC™	Självsörjande / Maskindetaljer, medicinska	Funktion i djupare hål

## NOXIT:

Metode til at fjerne de fleste PVD belægninger. Max arbejdstemperatur 50 °C.

## Miljø

PVD-metoden er miljøvenlig og i stort set ingen miljøfarlige emner eller restprodukter ved processen. Vask af emner sker i alkalisk bad

## Øvrigt:

Denne proces udføres af IonBond Sweden AB i Linköping.

## Procesbeskrivelse: CVD-metoden

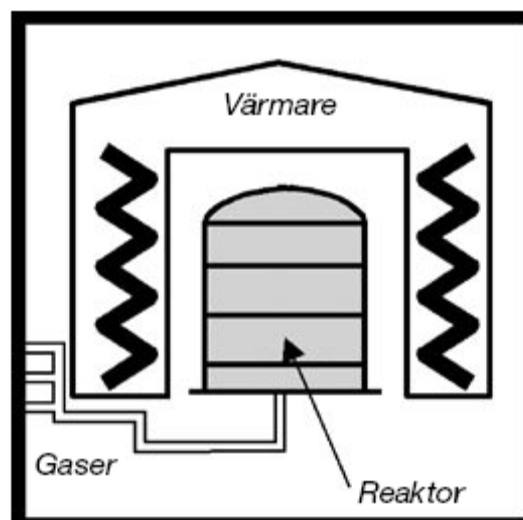
### Proces:

Overfladebehandlingsmetode hvor materiale først forgasses for senere at kondensere på en overflade kaldet normalt for gasfasemetoder. Gasfasemetoderne deles primært op i to områder: PVD (Physical Vapor Deposition, fysikalisk dampdeponering), CVD (Chemical Vapor Deposition, kemisk dampdeponering). Alt fra rene metallag, via forskellige legeringer til forskellige varianter af nitrider, karbider og oxider og/eller blandinger af disse samt både homogene eller porrøse strukturer kan bruges på disse metoder.

Den fundamentale forskel mellem PVD og CVD er hvordan materialet tilføres overfladen.

CVD står for Chemical Vapor Deposition. I denne proces placeres emnerne i en belægningsreaktor. Denne reaktor varmes op til mellem 960-1020 °C afhængig af stålqualität. De enkelte stålqualiteter har forskellige belægningsstemperaturer. Derefter tilføres reaktoren en gasblanding.

Gassammensætningen bestemmer hvilket overflade som opbygges. Gasblandingen kan ændres under processen så eksempel belægningen TICOR kan skabes, se tabel på næste side. Teknikken giver en forenklet fixering af emnerne i forhold til PVD og medfører at alle steder som nås af gassen bliver belagt. Belægningsstemperaturen medfører at der skal foretages en efterfølgende varmebehandling for at genskabe basismaterialets hårdhed.



### Anvendelsesområder:

Samme anvendelsesområder som for PVD-processen, det vil sige værktøj og komponenter. Dog med begrænsninger omkring valg af stålqualität. Risiko for målforandringer som opstår ved den høje belægningsstemperatur eller omhærdningen. Generelt kan man sige at CVD er at foretrække ved store belastninger, hvor overfladebelægningen PVD ikke rækker.

## Egenskaber:

Belægningen har normalt en positiv effekt når det gælder abrasivt slidtage og adhesivt slitage samt ensartet friktion (se tabel på næste side).

## Belægningens tykkelse:

tykkelsen ligger normalt i intervallet 5-7  $\mu\text{m}$ .

## Valg af belægning:

Valg af belægning foretages i samråd med kunderne ud fra anvendelsesområde og krav til belægningen. Andre typiske spørgsmål som skal belyses er varmebehandlingsparametrene, tolerancekrav, overfladehårdhed og risikoen for formforandringer.

Produkt-namn	Metod	Behandlings-temperatur °C	Skikt-material	Skikthårdhet Hv/0,005 kg	Tjocklek $\mu\text{m}$
TICOL	CVD	960-1020	TiC	3400-5000	7
TICOR	CVD	950-1050	TiC/TiN	2200-5000	7

Produkt-namn	Egenskaper / Typiska tillämpningar	Begränsningar
TICOL	Extrem hårdhet – hög slitstyrka / Tuffare plåtförning	Hög beläggningstemperatur
TICOR	Högre oxid.temp. än TICOL / Varmförning av Al	Hög beläggningstemperatur

## Miljø:

I CVD-processerne anvendes en del farlige gasser (f.eks.  $\text{TiCl}_4$ ) hvilket gør at det stilles større krav til anlæg og håndtering. Disse farlige produkter nedbrydes i processen til bla.et almindeligt køkkensalt. Ingen miljøfarlige produkter eller restprodukter opstår ved prosesserne. Derfor anses gasfasemetoderne som miljøvenlige. Vask af emner foregår i alkalisk bad.

## Øvrigt:

Denne proces udføres i Sverige