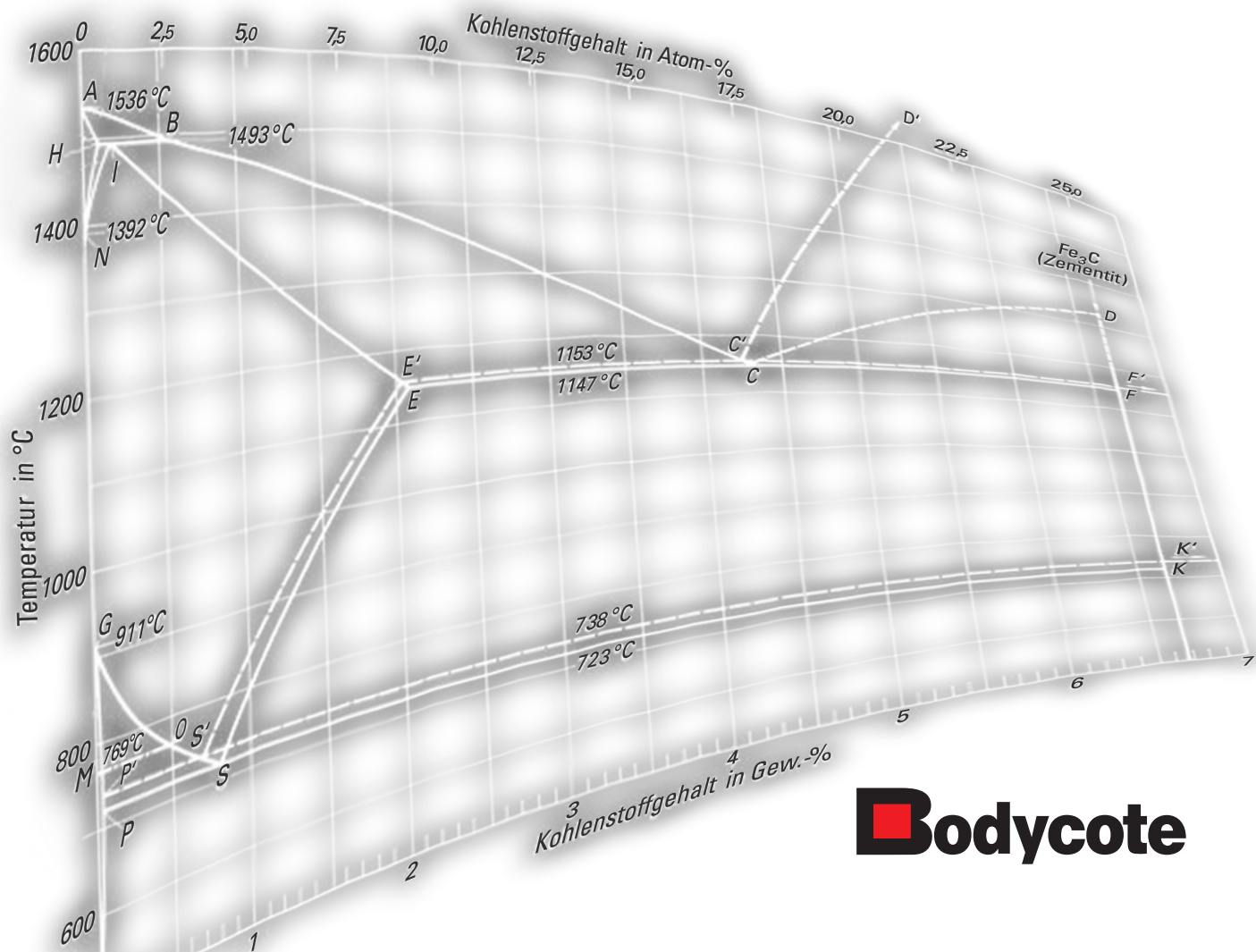
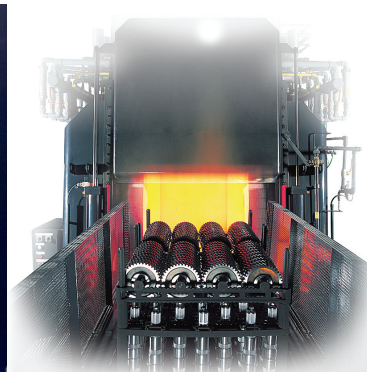


Värmebehandlingsguide



Värmebehandlingsguide

Vi har i denna guide sammanställt information om de vanligast förekommande värmebehandlingsprocesserna. Bladen beskriver processen, lämpliga stålsorter, normala krav och vilka resultat som erhålles.

Miljöfrågorna spelar en allt större roll, och vi redovisar därför också i ett avsnitt miljöaspekter på varje värmebehandlingsmetod.

Bodycote Värmebehandling AB ingår i en av världens största koncerner inom värmebehandlingsbranschen. Vi förfogar över modern utrustning för att utföra alla typer av värmebehandling, och vår personal är kunnig och har lång erfarenhet. Arbetet utförs därför med högsta kvalitet.

Det är vår förhoppning att innehållet i denna pärm skall vara till hjälp både för beställare av värmebehandling och för konstruktörer av detaljer, som skall värmebehandlas.

Naturligtvis finns det faktorer som påverkar givna resultat. Därför ska ni alltid kontakta värmebehandlingsteknikerna på våra verkstäder, som gärna hjälper er.

Innehållsförteckning	kap.
Värmebehandlingsbeställning	1
Avspänningsglödning	2
Mjukglödning	3
Normalisering	4
Härdning	5
Induktionshärdning	6
Anlöpning	7
Sätthärdning	8
Karbonitrering	9
Gasnitrering	10
Plasmanitrering	11
Nitrokarburering	12
Hårdhetstabell	13

1 Rätt uppgifter ger rätt kvalitet

För att uppnå önskad kvalitet på värmebehandlingen krävs ett samarbete mellan kunden och Bodycote som leverantör.

Följande uppgifter måste vi ha för att vi på Bodycote skall kunna göra en korrekt värmebehandling.

Material

Skriv alltid ut en fullständig materialbenämning på beställningen, till exempel SS 2511, DIN 16 Mn Cr5, SKF 280, UHB Rigor etc.

Värmebehandling

Ange helst hela namnet på den typ av värmebehandling som avses, till exempel seghärdning, sätthärdning, nitrering etc.

Anm. A:

Om sätthärdning på grund av mellanliggande bearbetning är uppdelad på två värmebehandlingsoperationer skall den första behandlingen betecknas uppkolning och den andra härdning.

Anm. B:

Har aktuella detaljer värmebehandlats tidigare (exempelvis SS 2541-03), är det ett absolut krav att det meddelas. Risken är annars stor, att detaljerna får en felaktig behandling.

Härddjup

I de fall det ställs krav på härddjup skall detta anges enligt följande exempel:

Sätthärdning:	DC 0,8 +0,2/-0,1 mm
Karbonitrering:	DC 0,4 ±0,1 mm
Nitrering:	DN 0,3 ±0,1 mm
Induktionshärdning:	DI 3,0 ±1,0 mm
Nitrokarburering:	FZ 10-20 µm eller FZ min. 10 µm

Gränser för olika härddjup är följande:

DC = 550 HV, DN = 400 HV, DI = 400 HV

Hårdhet

Ythårdhet definieras enligt följande exempel:

Rockwell:	HRC 60 ±2
Vickers:	HV 500 ±25
Brinell:	HB 250 ±25

För HV och HB är det vanligt att man också lämnar uppgift om med vilken belastning provningen skall utföras, exempelvis:

HV 10 = 10 kp HB 3000 = 3000 kp

För nitrokarburering förekommer ofta min.krav, till exempel HV/1 min. 400, vilket är ett sätt att kontrollera att man erhållit en föreningszon.

Partiell behandling

Om endast en del av detaljen skall värmebehandlas, ritas en interpunkterad linje vid det område på detaljen som skall behandlas.

Övrigt

- Vid offertbegäran, låt oss få se ritning och eventuellt annat underlag.
- Vid produktionsstart och/eller beställning av utfallsprover, referera alltid till offertgivaren och offertens datum eller annat märke.
- Ange toleranser på exempelvis planhet.
- För verktyg ange gärna användningsområde, till exempel pressgjutning, formsprutning, kallpressning etc.
- För kontroll av härddjup vid induktionshårdning av seriedetaljer måste alltid förstörande provning utföras på minst en detalj. Vid injustering av processen måste därför alltid några detaljer förstöras.
- Kom ihåg att Du alltid är välkommen att ringa vår personal både beträffande tekniska frågor och till exempel leveranstider.

Tack för hjälpen.

2 Processbeskrivning: *Avspänningsglödning*

Process:

Avspänningsglödning utförs på produkter för att minimera spänningar i konstruktionen som orsakats av skärande och plastisk bearbetning eller svetsning.

Dessa spänningar kan vara så stora att produkterna deformeras eller spricker och bör därför utlösas genom en avspänningsglödning.

Exempel på användningsområden:

För att minimera bearbetningsspänningar efter skärande bearbetning kan avspänningsglödning utföras efter grovbearbetningen, men före den slutliga finbearbetningen som till exempel lätt slipning.

För att undvika formförändring vid härdning utförs avspänningsglödning om detaljerna fått inre spänningar vid en föregående bearbetning.

Detaljer som har krav på snäva dimensionstoleranser, och som efter bearbetning till exempel skall nitrokarbureras, måste avspänningsglödgas.

Svetsade konstruktioner kan göras spänningsfria genom avspänningsglödning.

Hårdhet:

Avspänningsglödning ger ingen strukturomvandling och påverkar därför inte nämnvärt utgångsmaterialets hårdhet.

Seghårdade detaljer som skall avspänningsglödgas måste behandlas vid en temperatur cirka 50°C under föregående anlöpningstemperatur.

Processtemperatur och processtid:

Temperaturen är normalt för ståldetaljer 550-650°C. Hålltiden är cirka två timmar.

Efter hålltiden skall svalningen ske långsamt i ugnen.

Den totala behandlingstiden är cirka åtta timmar.

Vid behov kan avspänningsglödningen utföras i en ugn med skyddsgas, för att skydda detaljernas ytor mot oxidation. Vid extrema krav kan vakuumugn användas.

Avspänningsglödning före nitrokarburering skall utföras i minst 600°C.

Temperaturen för koppardetaljer är, beroende av materialsort, 150-275°C och för mässingsdetaljer 250-500°C.

Miljö:

Avspänningsglödning utförs normalt i elektriska konvektionsugnar. Om skyddsgas används är det kväve (nitrogen). Kvävgas är ofarlig för vår miljö. Ugnarna är eluppvärmda.

Vid alla våra verkstäder finns kvalificerad personal tillgänglig för dig som kund. De bistår med rådgivning och utför värmebehandling av högsta kvalitet.

3 Processbeskrivning: *Mjukglödning*

Process och exempel på användningsområden:

Mjukglödning är en termisk värmebehandlingsmetod. Kolstål med högre kolhalt och de flesta legerade stål, som får luftsvälta efter varmbearbetning, som t ex smidning eller varmvalsning, blir oftast för hårda för att kunna bearbetas med skärande verktyg. Genom mjukglödning minskas hårdheten och materialet blir lättare att bearbeta. Vid omhårdning av seghärdade stål minskas risken för härdsprickor om stålet mjukglödgas före omhårdning.

Vid kallformning, som t ex stansning, av koppar- och mässingsdetaljer, blir materialet hårt. Ju större kallformningen är, desto hårdare blir materialet.

Hårdhet:

Den hårdhet som erhålles efter mjukglödning är beroende av ståltyp – eller koppar- och mässingsort.

Stål HB 170-300

Koppar HV 40-70

Mässing HV 50-100

SS-normerade stål som mjukglödgas har tillståndsbeteckningen -02 efter materialkoden (t ex SS 2260-02).

Processtemperatur och processtid:

Temperaturen är, beroende av ståltyp, 700-900°C.

Temperaturen är, beroende av kopparsort, 300-650°C.

Temperaturen är, beroende av mässingsort, 425-650°C.

Efter hålltiden skall svalningen ske mycket långsamt.

Den totala behandlingstiden är 14-25 timmar. Mjukglödningen utförs oftast i en vakuumugn eller i en ugn med skyddsgas.

Miljö:

Samtliga ugnar är eluppvärmda. Som skyddsgas används kväve (nitrogen). Kvävgas är ofarlig för vår miljö.

Vid alla våra verkstäder finns kvalificerad personal tillgänglig för dig som kund. De bistår med rådgivning och utför värmebehandling av högsta kvalitet.

4 Processbeskrivning: *Normalisering*

Process och exempel på användningsområden:

Normalisering är en termisk värmebehandlingsmetod. Metoden används mest på olegerade och låglegerade stål.

Normalisering utförs för att göra ett grovkornigt material finkornigare och därmed segare. En grovkornig, icke önskvärd struktur kan uppstå exempelvis när ett stål smids vid hög temperatur.

Hårdhet:

Den hårdhet som erhålles efter normalisering är beroende av stålets dimension, analys och den kylhastighet som används (cirka 100-250 HB.)

SS-normerade stål som normaliserats har tillståndsbeteckningen -01 efter materialkoden (t ex SS 1672-01).

Processtemperatur och processtid:

Vid normalisering uppvärms materialet till en temperatur ungefär motsvarande härdningstemperaturen (austenisering). Efter genomvärmning och en kort hålltid får detaljerna svalna fritt i luft. I vissa fall kan både värmning och kylning ske under skyddsgas.

Genom normalisering av det grovkorniga materialet har nya små korn bildats och materialet erhåller en högre hållfasthet och seghet.

Miljö:

För att framställa skyddsgasen i ugnen och för reglering av ugnsatmosfären används följande medier: luft, kväve (nitrogen), metanol och propan. Av dessa är samtliga gaser brännbara och förbränns innan de lämnar ugnen, förutom kvävgas och vattenånga. Kvävgas och vattenånga är ofarliga för vår miljö.

Samtliga ugnar är eluppvärmda.

Vid alla våra verkstäder finns kvalificerad personal tillgänglig för dig som kund. De bistår med rådgivning och utför värmebehandling av högsta kvalitet.

5 Processbeskrivning: *Härdning*

Process och exempel på användningsområden:

Härdning är en termisk värmebehandlingsmetod, som medför att materialets hårdhet ökar väsentligt. Härdning utförs för att höja hållfastheten eller öka slitstyrkan.

Med härdning kan i många fall ståldetaljer tillverkas i klenare dimensioner och därmed få lägre vikt, men ändå hålla en hög hållfasthet.

Härdning ingår också som del i processerna sätthärdning och karbonitrering.

Tre olika härdmetoder presenteras i denna guide:

1. Härdning med direktkylning
2. Etapphärdning
3. Bainithärdning

Generellt gäller att resultatet vid härdning är beroende av flera faktorer, som var för sig kan ha avgörande betydelse. Det är därför viktigt att var och en av följande steg vid härdningen utförs på rätt sätt.

- A. Uppvärmningsmedium
- B. Förvärmning
- C. Härdtemperatur
- D. Hålltid vid härdtemperatur
- E. Kylmedium

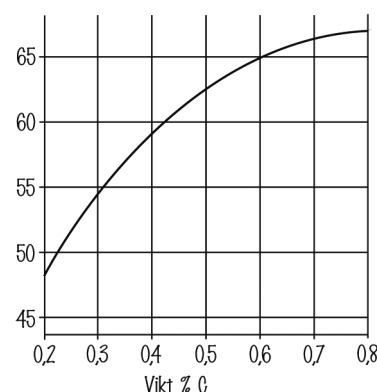
Hårdhet:

Hårdheten vid härdning är i första hand beroende av stålets kolhalt, under förutsättning att kylningshastigheten vid härdning varit tillräcklig hög. Maximal hårdhet erhålles med en C-halt av 0,7-0,8 procent, se fig.1.

Stålets härdbarhet, eller härd djup, påverkas av olika legeringstillsetser som t ex mangan, krom, nickel och molybden. Mycket låga mängder av bor förbättrar också härdbarheten. Efter härdning utförs en anlöpning, för att justera hårdheten till önskad nivå. (Se processbeskrivning anlöpning).

Hårdhet hos härdade stål som funktion av stålets kolhalt

Hårdhet HRC



1. Härdning med direktkylning

Det är den vanligaste härdmetoden. Efter uppvärmning till härdtemperatur (austenitesering) kyles ståldetaljen i lämpliga medier, beroende på stålsort. Hårdaste kylmedium är vatten och mildaste gas. Vanligast sker kylningar i olja eller, för höglegerande stål, i gas.

För att genomhärdning skall erhållas måste både detaljens yta och kärna kylas med en tillräcklig hög hastighet så att nosarna passerar i för materialsorten gällande TTT-diagram, se fig 2.

Seghärdning innebär härdning med efterföljande anlöpning vid hög temperatur, vanligen mellan 500-650°C.

Härdning

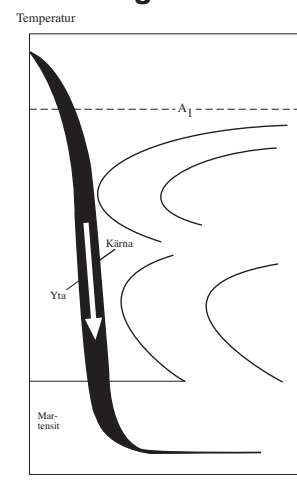


fig 2. Kylningskurvan vid härdning inlagd i ett TTT-diagram.

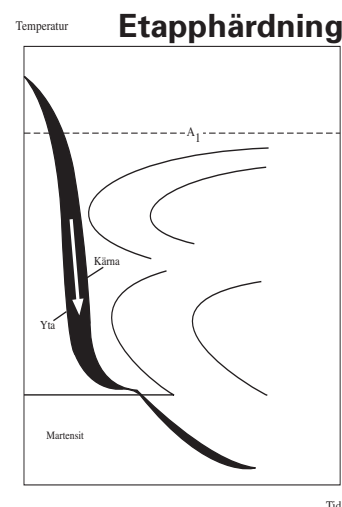
2. Etapphärdning

För vissa detaljer, med för härdning ogynnsamma former, kan man genom etapphärdning minska risken för härdsprickor.

Kylningen utförs då i varmt saltbad och detaljerna hålls kvar där tills yt- och kärntemperaturen har utjämnats.

Saltbadets temperatur är beroende av stålsort och ligger strax över den temperatur där härdstrukturen bildas (martensitbildningstemperatur, MS). Fig 3.

fig 3. Kylningskurvan vid etapphärdning inlagd i ett TTT-diagram.

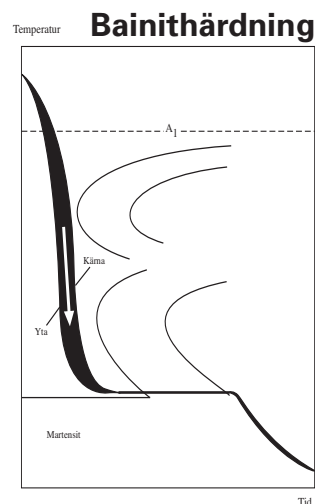


3. Bainithärdning

Metoden används mest för låglegerat stål och kläna dimensioner som t ex formkänsliga fjädrar. Kylningen sker också då i varmt saltbad, med en temperatur något över stålsortens martensitbildnings-temperatur. Detaljerna hålls kvar i saltbadet tills fullständig bainitstruktur erhållits, se fig 4).

Bainitstrukturen är segare än martensiten. Normalt behöver ingen efterföljande anlöpning utföras.

fig 4. Kylningskurvan vid bainithärdning inlagd i ett TTT-diagram.



Miljö:

För att framställa skyddsgasen i härdugnarna och för reglering av ugnsatmosfären används följande medier: luft, kväve (nitrogen), metanol och propan. Av dessa är samtliga gaser brännbara och förbränns innan de lämnar ugnen, förutom kvävgas och vattenånga. Kvävgas och vattenånga är ofarliga för vår miljö.

Vid härdning används härdolja, som tvättas bort från detaljerna i en alkalisk tvättlösning. Härdoljan avskiljs från tvättvattnet och oljan kan återanvändas. Det avskilda tvättvattnet sänds för destruktion.

Vid etapp- och bainithärdning används saltbad bestående av en blandning av natriumnitrit och kaliumnitrat. Förbrukat salt och slam sänds för destruktion. Tvättvattnet avdunstar eller sänds för destruktion.

Samtliga ugnar är eluppvärmda.

Vid alla våra verkstäder finns kvalificerad personal tillgänglig för dig som kund. De bistår med rådgivning och utför värmebehandling av högsta kvalitet.

6 Processbeskrivning: *Induktionshårdning*

Process:

Metoden är en termisk värmebehandlingsmetod. Induktionshårdning är en metod för att lokalt öka ythårdheten, utan att påverka kärnhårdheten, som t ex kan vara ett obehandlat eller seghärdat stål.

Vid induktionshårdning värms detaljen med en induktor, som bildar ett magnetfält (se fig 1).

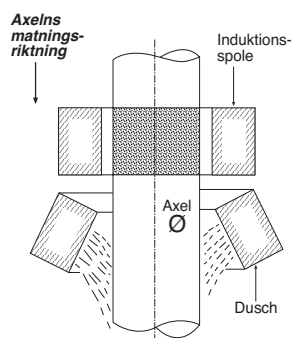


fig 1:
Progressiv
induktionshård-
ning av axel.

Inträngningsdjupet vid induktionshårdning är beroende av uppvärmningstid (matningshastighet) och aggregatets frekvens.

Kylningen utförs normalt med vatten eller emulsion.

Exempel på användningsområden:

För lokal hårdning av t ex lagerbanan på en vevaxel, tänderna på sågblad, kugg-hjul, axeltappar eller glidskenor etc.

Induktionshärtningsstål:

Sammanställning
enl. MNC 854

fig 3.

Ståltyp	SS-stål	C %	Si %	Mn %	P % max	S % max	Cr %	Ni %	Mo %
Seghärtningsstål ¹⁾	1572	0,32-0,39	0,10-0,40	0,50-0,80	0,035	0,035	-	-	-
	1672	0,42-0,50	0,10-0,40	0,50-0,80	0,035	0,035	-	-	-
	1674	0,47-0,55	0,10-0,40	0,60-0,90	0,035	0,035	-	-	-
	2120	0,38-0,45	0,10-0,40	1,10-1,40	0,035	0,035	-	-	-
	2225	0,22-0,29	0,10-0,40	0,60-0,90	0,035	0,035	0,90-1,20	-	0,15-0,30
	2234	0,30-0,37	0,10-0,40	0,60-0,90	0,035	0,035	0,90-1,20	-	0,15-0,30
	2244	0,38-0,45	0,10-0,40	0,60-0,90	0,035	0,035	0,90-1,20	-	0,15-0,30
	2541	0,32-0,39	0,10-0,40	0,50-0,80	0,035	0,035	1,30-1,70	1,30-1,70	0,15-0,30
Legerat konstruktionsstål	2258 ^{2) 3)}	0,95-1,10	0,15-0,35	0,25-0,45	0,030	0,035	1,35-1,65	-	-

¹⁾ För samtliga seghärtningsstål: P och S max 0,035 %.

²⁾ Kullagerstål.

³⁾ För SS-stål 2258: P max 0,030 % och S max 0,035 %.

Hårdhet:

Den maximala hårdhet som erhålles är i första hand beroende av kolhalten i stålet.

Exempel på hårdheter vid induktionshårdning med efterföljande anlöpning vid 180°C (se fig 4).

SS stål	Ythårdhet HRC
1572	50-55
1672	56-61
2120	55-60
2225	42-55
2234	52-57
2244	55-60
2541	50-55
2258	60-63

fig 4.

Induktionshärddningsdjup:

Som induktionshärddningsdjup (DI) anges det avstånd från ytan där hårdheten $HV1=400$ (se figur 5).

Kraven på härddjup (DI) kan variera mellan 1 och 10 mm.

Exempel på ritningsangivelse kan vara:

- DI min 1,0 mm eller
- DI 4 mm $\pm$ 1,0 mm.

Kontroll av induktionshärddningsdjup hos ett värmebehandlingsparti bestäms antingen genom förstörande kontroll av enheter ur partiet eller genom kontroll av provstavar (attrapper), tillverkade av samma materialsort.

För intrimning av processen måste alltid några detaljer eller attrapper kapas sönder för kontroll av hårdprofil- och djup. Det område på en detalj som skall induktionshärddas skall markeras på ritningen.

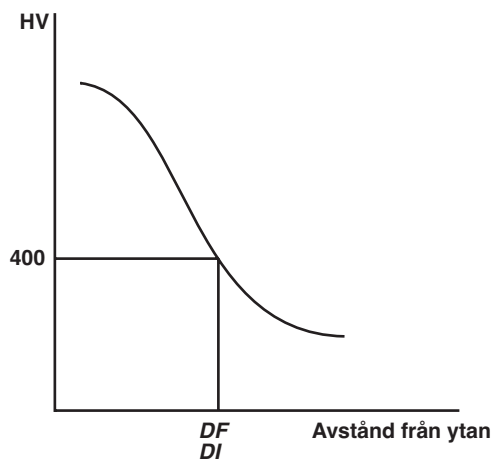


fig 5.

Processtemperatur och processtid:

Vid induktionshärddning uppvärms ståldetaljen till härdtemperatur (austenitisering) av magnetfältet. Temperaturområdet är beroende av materialsorten. Oftast används en något högre temperatur än vid härdning i ugn. Kylningen utförs oftast med dusch, men i vissa fall doppas detaljen i kylmediet. Uppvärmningstiderna är normalt mycket korta och i många fall sker härdningen progressivt.

Rigging av aggregatet samt provkörning tar, beroende på härdområdets utformning, en viss tid, vilket påverkar totalpriset, speciellt vid små serier.

Miljö:

Induktionsaggregateten och eventuella sidoutrustningar drivs av el.

Vid utbyte av kylemulsioner skickas dessa till destruktion.

Vid alla våra verkstäder finns kvalificerad personal tillgänglig för dig som kund. De bistår med rådgivning och utför värmebehandling av högsta kvalitet.

7 Processbeskrivning: *Anlöpning*

Process:

Anlöpning är en termisk värmebehandlingsmetod. Efter härdning skall stålet alltid anlöpas. Den för stålsorten maximala hårdheten, som erhålles vid härdningen, gör att materialet har en låg seghet. Genom anlöpning minskar spänningen i materialet och segheten ökar.

Hårdhet:

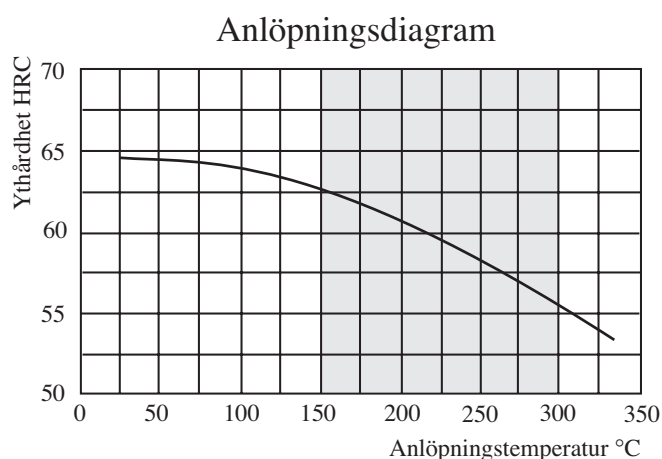
Anlöpningen kan indelas i tre huvudgrupper:

1. Låganlöpning 160-300°C
2. Anlöpning för fjäderstål 300-500°C
3. Höganlöpning 500°C

1. Låganlöpning, 160-300°C, används för sätthärdningsgods och verktygsstål, som används för kallbearbetning, se fig 1.

Normalt hårdhetskrav ligger runt 60 HRC

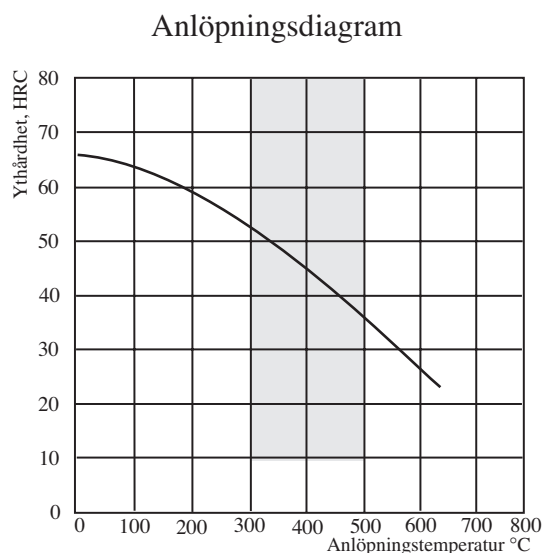
fig 1. Anlöpningsdiagram för SS 2511. Ythårdhet efter sätthärdning och anlöpning.



2. Anlöpningsområdet 300-500°C används för t ex fjäderstål, se fig 2.

Normalt hårdhetskrav ligger runt 45 HRC.

fig 2. Anlöpningsdiagram för SS 1770. Hårdhet efter härdning och anlöpning (fjäderstål).

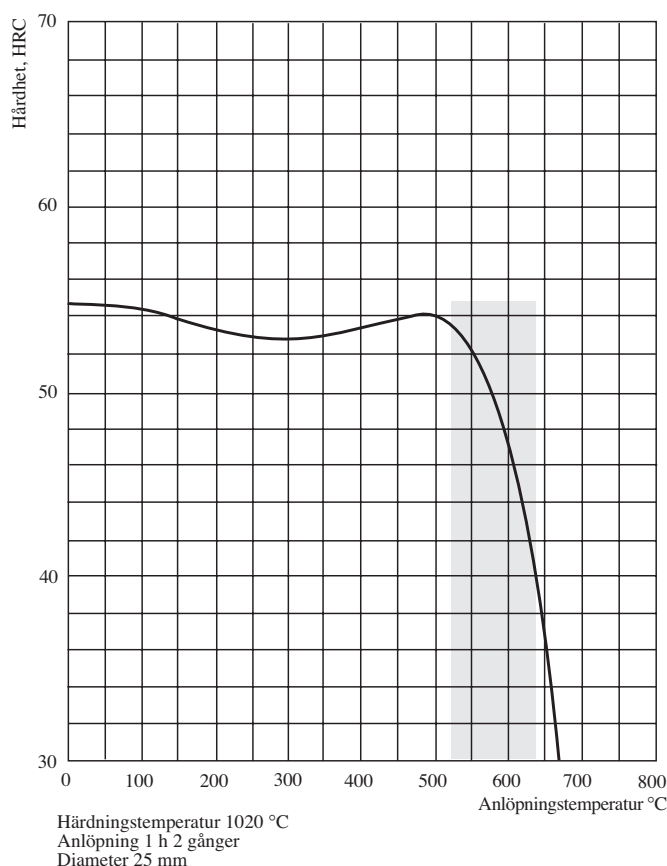


3. Höganlöpning vid 500°C eller högre används för seghärdningsstål och för verktygsstål av typ varm-arbetsstål och snabbstål.

Verktygsstålen skall alltid anlöpas minst två gånger med mellanliggande svalning till rumstemperatur, se fig 3.

fig 3. Anlöpningsdiagram för SS 2242 efter härdning och anlöpning (verktygsstål, varmarbete).

Anlöpningsdiagram (cirkavärden)



Processtemperatur och processtid:

Som framgått varierar anlöpningstemperaturen, beroende på krav och stålsort, från 160°C till 500°C eller högre.

För vissa stålsorter har hålltiden stor betydelse; en förlängd hålltid motsvarar då en högre anlöpningstemperatur.

Beroende på typ av stålsort förekommer vid anlöpning inom vissa temperatur-områden så kallad anlöpningssprödhet. Dessa områden kan man utläsa från ställeverantörernas stålkataloger, liksom lämpligaste anlöpningstemperatur beroende på krav.

Miljö:

Anlöpning utförs normalt i konvektionsugnar utan skyddande atmosfär. Vid höganlöpning kan kvävgas användas som skyddsatmosfär eller anlöpningen ske i en vakuumugn, vilket är vanligt för verktygsstål.

Kvävgas är ofarlig för vår miljö.

Samtliga ugnar är eluppvärmda.

Vid alla våra verkstäder finns kvalificerad personal tillgänglig för dig som kund. De bistår med rådgivning och utför värmebehandling av högsta kvalitet.

8 Processbeskrivning: Sätthärdning

Process:

Sätthärdning är en termokemisk ythärdningsmetod. Ett stål med låg kolhalt, oftast under 0,20 % C, kolas upp i ytan till ca 0,7-0,9 % C. Vid den efterföljande härdningen erhålles en hög ythårdhet och en seg kärnstruktur. Den höga ythårdheten ger ett högt slitagemotstånd.

Exempel på användningsområden:

Detaljer med slitytor, exempelvis kugghjul, kamaxlar och snäckhjul.

Sätthärdningsstål:

Sammanställning enligt MNC 851.

Sätthärdningsstål

Ståltyp	SS-stål	C %	Mn %	Cr %	Ni %	Mo %
Sätthärdningsstål ^{1) 2)}	13 70	0,12-0,18	0,60-0,90	–	–	–
	21 27	0,13-0,19	1,00-1,30	0,80-1,10	–	–
	25 06	0,17-0,23	0,60-0,95	0,35-0,65	0,35-0,75	0,15-0,25
	25 11	0,13-0,18	0,70-1,10	0,60-1,00	0,80-1,20	max 0,10
	25 12	0,18-0,23	0,70-1,10	0,60-1,00	0,80-1,20	max 0,10
	25 23	0,17-0,23	0,70-1,10	0,80-1,20	1,00-1,40	0,08-0,16

1) För samtliga stål: Si 0,15-0,40 % och P max 0,035 %.

2) För SS-stål 13 70: S 0,020-0,035 %. För övriga stål: S 0,030-0,050 %.

Anm. Det finns också ett antal utländska standardiserade stålsorter med god hårdhet som används inom svensk industri.

Hårdhet:

Ett normalt krav på ythårdheten vid sätthärdning är 58-62 HRC eller 650-750 HV. Vid låga sätthärdningsdjup, DC 0,6 mm eller lägre, skall hårdhetskraven anges i Vickers (HV). Normal hårdhetstolerans är ± 2 HRC eller ± 50 HV. Kärnhårdheten är beroende av godstjocklek och materialsort, men ett riktvärde är ca 300 HV.

Sätthärdningsdjup:

Som sätthärdningsdjup DC anges det avstånd från ytan där hårdheten HV1=550 (se figur).

Kraven på sätthärdningsdjup (DC) varierar mellan 0,1 och 2,5 mm.

Normal tolerans vid olika sätthärdningsdjup (DC).

Vid DC 0,10-0,15 mm $\pm 0,05$ mm

Vid DC 0,20-0,30 mm $+0,10/-0,05$ mm

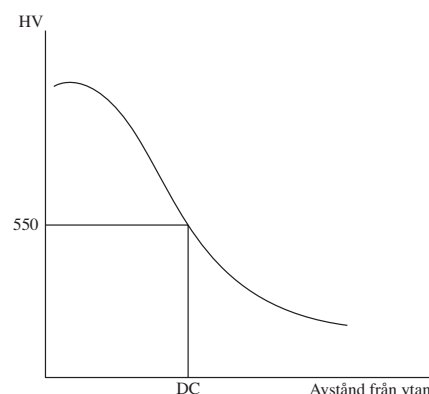
Vid DC 0,35-0,40 mm $\pm 0,10$ mm

Vid DC 0,50-1,40 mm $+0,20/-0,10$ mm

Vid DC >1,5 mm $\pm 0,20$ mm

Kan större tolerans accepteras är det fördelaktigt, speciellt vid små order kan det förkorta leveranstiden.

Vid beställning måste hänsyn tas till om detaljen efter sätthärdning skall slipas och om angivet DC-krav är på färdig detalj.



Isolering:

Om detaljen partiellt skall vara ohärdad på ytan, finns alternativa sätt att åstadkomma detta. Området skall i så fall markeras på ritningen.

Processtemperatur och processtid:

Uppkolning:	900-950°C
Härdning:	800-850°C
Anlöpning:	160-200°C

Uppkolningstiden är beroende av krav på sätthärdningsdjup och vilken uppkolningstemperatur som kan användas (inom parentes den totala ugnstiden inkl. förvärmning och anlöpning).

Exempel:	DC 0,5 mm = ca 2,5 timmar	(ca 9 timmar)
	DC 1,0 mm = ca 5,0 timmar	(ca 12 timmar)
	DC 1,5 mm = ca 9 timmar	(ca 16 timmar)

Miljö:

För att framställa den endotermiska gasen som används i ugnen vid sätthärdning och för reglering av ugnsatmosfären används följande medier: Luft, Kväve (Nitrogen), Metanol och Propan.

Av dessa är samtliga gaser brännbara och förbränns innan de lämnar ugnen, utom kvävgas och vattenånga. Kvävgas och vattenånga är ofarliga för vår miljö.

Vid härdningen används härdolja, som tvättas bort från detaljerna i en alkalisk tvättmaskin. Härdoljan avskiljs från tvättvattnet och oljan kan återanvändas. Det avskilda tvättvattnet sänds för destruktion.

Samtliga ugnar är eluppvärmda.

Vid alla våra verkstäder finns kvalificerad personal tillgänglig för dig som kund. De bistår med rådgivning och utför värmebehandling av högsta kvalitet.

9 Processbeskrivning: *Karbonitrering*

Process:

Karbonitrering är en termokemisk ytbehandlingsmetod. Det är en variant av sätthårdning som används när detaljerna är tillverkade av lågt legerade stålsorter. Genom tillsats av ammoniak i ugnsatmosfären ökar hårdbarheten i det uppkolade ytskiktet så att stål som normalt skulle vattenhärddas, kan härddas i olja för att uppnå höga ythårdheter.

Den mjukare kylningen i olja minskar formförändringen som vid sätthårdning. Efter uppkolning och hårdning erhålles en hög ythårdhet och en relativt seg kärnstruktur.

Exempel på användningsområden:

Detaljer i inte allt för grova dimensioner med slitytor, t.ex. axlar, hydrauliska ventiler, plåtprodukter etc.

Karbonitreringsstål: Sammanställning enl. MNC851

1) För SS-stål 21 72: Cr max 0,3 %, Cu max 0,4 % och N max 0,009 %.

Ståltyp	SS (SIS)-stål	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Pb %
Stål för kallvalsat band	12 65	0,07-0,13	max 0,30	0,25-0,45	max 0,030	max 0,040	-
Automatstål	19 12	max 0,14	max 0,05	0,90-1,30	max 0,11	0,24-0,35	
	19 14	max 0,14	max 0,05	0,90-1,30	max 0,11	0,24-0,35	0,15-0,35
	19 22	0,12-0,18	0,01-0,40	0,80-1,20	max 0,06	0,15-0,25	
	19 26	0,12-0,18	0,10-0,40	0,80-1,20	max 0,06	0,15-0,25	0,15-0,35
Allmänt konstruktionsstål ¹⁾	21 72	max 0,20	max 0,5	(1,0-1,6)	max 0,0050	max 0,050	-

Hårdhet:

Ett normalt krav på ythårdhet vid karbonitrering är 58-62 HRc eller 650-750 HV. Vid låga karbonitreringsdjup, DC 0,6 mm eller lägre, skall hårdhetskraven anges i Vickers (HV). Normal hårdhetstolerans är ± 2 HRc eller ± 50 HV. Kärnhårdheten är beroende av godstjocklek och materialsort.

Karbonitreringsdjup:

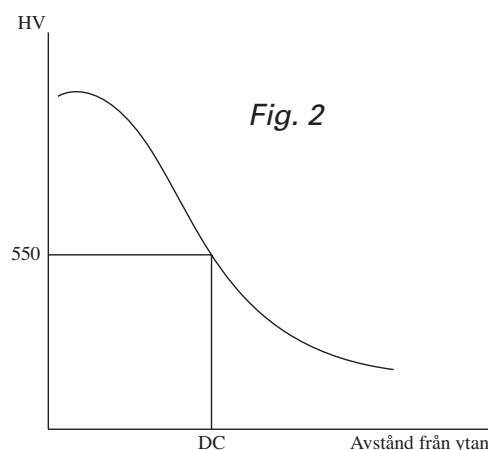
Som karbonitreringsdjup, DC, anges det avstånd från ytan där hårdheten HV1 = 550 (se figur 2).

Kraven på karbonitreringsdjup, DC, varierar mellan 0,05 och 1,0 mm.

Normal tolerans vid olika karboniteringsdjup (DC).

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

Kan större tolerans accepteras är det fördelaktigt. Speciellt vid små order kan det förkorta leveranstiden. Vid beställning måste det tas hänsyn till om detaljen efter karbonitrering skall slipas och om angivet DC-krav är på färdig detalj.



Isolering:

Om detaljen partiellt skall vara ohärdad på ytan, finns alternativa sätt att åstadkomma detta. Området skall i så fall markeras på ritningen.

Processtemperatur och processtid:

Uppkolning:	820-900°C (med tillsats av NH ₃)
Härdning:	820-900°C
Anlöpning:	160-200°C

Uppkolningstiden är beroende av krav på karbonitreringsdjup och vilken uppkolningstemperatur som kan användas. (Inom parentes den totala ugnstiden inklusive förvärmning och anlöpning.)

Exempel: DC 0,1 mm = ca 20 min	(ca 5,5 timmar)
DC 0,5 mm = ca 2,5 timmar	(ca 9 timmar)
DC 1,0 mm = ca 6 timmar	(ca 12 timmar)

Miljö:

För att framställa den endotermiska gasen som används i ugnen vid karbonitrering och för reglering av ugnsatmosfären används följande medier: luft, kväve (nitrogen), metanol, propan och ammoniak.

Av dessa är samtliga gaser, utom kvävgas och vattenånga, brännbara och förbränns innan de lämnar ugnen. Kvävgas och vattenånga är ofarliga för vår miljö.

Vid härdning används härdolja som tvättas bort från detaljerna i en alkalisk tvättmaskin. Härdoljan avskiljs från tvättvattnet och oljan kan återanvändas. Det avskilda tvättvattnet sänds för destruktions.

Samtliga ugnar är eluppvärmda.

Vid alla våra verkstäder finns kvalificerad personal tillgänglig för dig som kund. De bistår med rådgivning och utför värmebehandling av högsta kvalitet.

10 Processbeskrivning: *Gasnitring*

Process:

Gasnitring är en termokemisk ythärdningsmetod, lämplig för ståldetaljer med krav på:

- Låg friktion
- Ökad slitstyrka
- Ökad utmattningshållfasthet

Processen kan utföras vid låga temperaturer, 500-530°C. Den låga temperaturen ger goda förutsättningar för små och ofta obetydliga form- och dimensionsförändringar.

Behandlingstiderna är generellt beroende på önskat härddjup (DN). Behandlingstider mellan 12 och 60 timmar kan dock anses vara vanliga.

Nitrering utförs på legerade stålsorter, vanligtvis seghärdningsstål. Gasnitring lämpar sig ej för höglegerade stålsorter, till exempel verktygsstål och rostfria stål. För dessa stål rekommenderas plasmanitrering*.

* Se Bodycote Värmebehandlingsguide – Plasmanitrering

Hårdhet och härddjup efter gasnitring varierar med stålets legeringshalt och sammansättning.

Exempel på användningsområden:

Gasnitring utförs på ett mycket brett sortiment av produkter, till exempel:

- Axlar, kugghjul och andra konstruktionsdetaljer där det krävs hög slitstyrka och utmattningshållfasthet.
- Plåtformningsverktyg för att erhålla minskat slitage och minskad friktion mellan plåt och verktyg.

Hårdhet:

Det yttre hårda slitstarka skiktet kallas föreningszon (Fz) och består av hårda järnnitrider. Föreningszonens tjocklek varierar i regel mellan 5-20 µm beroende på material.

Diffusionszonen (Dz) under föreningszonen ger huvuddelen av detaljens mätbara ythårdhet. De tryckspänningar som uppkommer i diffusionszonen ger också ökad utmattningshållfasthet. Erhållen hårdhet bestäms främst av materialets sammansättning men också av temperaturen. Diffusionszonens djup bestäms av kvävetets förmåga att diffundera i stålet och är således beroende av temperaturen, tiden och stålets sammansättning. Ett högre legerat stål ger en mindre diffusionszon än ett lägre legerat stål vid samma behandlingsparametrar. Det högre legerade stålet erhåller dock en högre hårdhet.

Nitreringsdjup:

Härddjupet (DN) efter gasnitering bestäms vid den hårdhet som ligger 50 HV över kärnhården. I Sverige förekommer det dock fortfarande att man mäter DN vid 400 HV.

Tabellen visar ungefärliga värden uppnådda efter 30 timmars behandling vid 510°C.

Material	Materialtillstånd före nitrering	Ythårdhet HV1 Riktvärden	Nitrerdjup DN (510/30) KH +50 HV
Konstruktionsstål			
SS 2172	Varmbearbetat	400	0,55
SS 2142	Varmbearbetat	650	0,50
SS 1672	Normaliserat	450	0,50
SS 2225-03	Seghärdat	650	0,40
SS 2244-03	Seghärdat	650	0,40
SS 2541-03	Seghärdat	650	0,40
Sätthärdningsstål			
SS 2511	Varmbearbetat	600	0,45
Nitrerstål			
SS 2940-03	Seghärdat	1100	0,35
Ovako 225 A	Seghärdat	850	0,40
Segjärn			
SS 0727	Varmbearbetat	550	0,30

Isolering:

Partiell maskering av ytor som skall vara obehandlade kan ske med specialkomponerad färg som målas på detaljens yta.

Miljö:

Vid nitrering består ugnsatmosfären av kväve och ammoniak. Den brännbara delen av den sönderdelade ammoniakgasen förbränns innan den lämnar ugnen. Kvävgas och vattenånga är ofarliga för vår miljö.

11 Processbeskrivning: *Plasmanitrering*

Process:

Plasmanitrering är en termokemisk ythärdningsmetod, lämplig för ståldetaljer med krav på:

- Låg friktion
- Ökad slitstyrka
- Ökad utmattningshållfasthet
- Förbättrad korrosionsbeständighet*

* Anm. För att uppfylla krav på korrosionsbeständighet rekommenderas Corr-I-Dur P. Kontakta våra värmebehandlingstekniker för mer information.

Processen kan utföras inom ett brett temperaturområde, 400-600°C, vilket ger stora möjligheter att optimera komponentens egenskaper. Vanligen används temperaturer mellan 480 och 520°C. Den låga temperaturen ger goda förutsättningar för små och ofta obetydliga form- och dimensionsförändringarna.

Stora regleringsmöjligheter av processparametrarna (gas, temperatur, tryck) möjliggör styrning av niterskiktets uppbyggnad och därmed dess egenskaper.

Behandlingstiden är generellt beroende på önskat härddjup (DN). Behandlingstider mellan 12 och 60 timmar kan dock anses vara vanliga.

Kylning efter behandling sker med kvävgas.

Metoden utförs vid låga tryck, 0,1-10 mbar, där kväve tillförs stålet via ett plasma*, som skapas vid ståldetaljens yta då en potentialskillnad, 300-1000 V, appliceras mellan ugnsvägg och detalj.

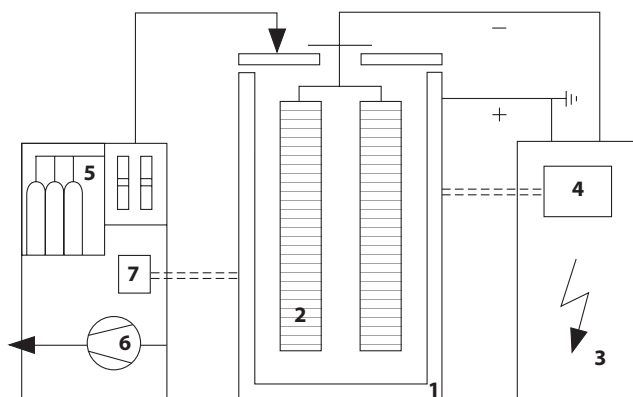
* Anm. Plasma är i denna applikation liktydligt med en joniserad gas.

Alla ståltyper som idag gasnitreras kan plasmanitreras. Plasmanitrering lämpar sig dessutom för höglegerade stålsorter, till exempel verktygs- och rostfria stål. Hårdhet och härddjup efter plasmanitrering varierar i likhet med gasnitrering med stålets legeringshalt och sammansättning.

Exempel på användningsområden:

Plasmanitrering utförs på ett mycket brett sortiment av produkter, till exempel:

- Axlar, kugghjul och andra konstruktionsdetaljer där det krävs hög slitstyrka och utmattningshållfasthet.



Uppbyggnad av plasmanitreringsutrustning, principskiss

- 1) Processkammare
- 2) Hårdgods
- 3) Elektrisk utrustning
- 4) Reglerutrustning för temperatur
- 5) Blandningsbatteri för gas
- 6) Vakuumpump
- 7) Reglerutrustning för tryck

- Smides- och pressgjutningsverktyg för att erhålla mindre slitage och högre motstånd mot termisk utmattning.
- Plåtformningsverktyg för att erhålla minskat slitage och minskad friktion mellan plåt och verktyg.
- Detaljer i rostfritt stål för att erhålla högre slitstyrka
- Hydraulikkomponenter där man behöver bättre slitage och korrosions-egenskaper

Hårdhet:

Det yttre hårda slitstarka skiktet kallas föreningszon (Fz) och består av hårda järn-nitrider. Vid plasmanitrering är det möjligt att styra denna zons uppbyggnad och sammansättning, varvid man kan anpassa skiktet till detaljens tekniska applikation. Föreningszonens tjocklek* varierar i regel mellan 5 - 20 µm beroende på material och processparametrar.

* Anm. Det är även möjligt att styra plasmanitreringsprocessen så att ingen föreningszon erhålles.

Diffusionszonen (Dz) under föreningszonen ger huvuddelen av detaljens mätbara ythårdhet. De tryckspänningar som uppkommer i diffusionszonen ger också ökad utmattningshållfasthet. Erhållen hårdhet bestäms främst av materialets sammansättning, men kan påverkas av vissa processparametrar och då främst temperaturen. Diffusionszonens djup bestäms av kvävetts förmåga att diffundera i stålet och är således beroende av temperaturen, tiden och stålets sammansättning. Ett högre legerat stål ger en mindre diffusionszon än ett lägre legerat stål vid samma behandlingsparametrar. Det högre legerade stålet erhåller dock en högre hårdhet.

Plasmanitreringsdjup:

Härddjupet (DN) efter plasmanitrering bestäms på samma sätt som vid gasnitrering, det vill säga vid den hårdhet som ligger 50 HV över kärnhårdheten. I Sverige förekommer det dock fortfarande att man mäter DN vid 400 HV.

Tabellen visar ungefärliga värden uppnådda efter 30 timmars plasmanitrering vid 480°C.

Material	Materialtillstånd före plasmanitrering	Ythårdhet HV1 Riktvärden	Nitrerdjup DN (480/30) KH +50 HV
Konstruktionsstål			
SS 2172	Varmbearbetat	400	0,55
SS 2142	Varmbearbetat	650	0,50
SS 1672	Normaliserat	450	0,50
SS 2225-03	Seghärdat	650	0,40
SS 2244-03	Seghärdat	650	0,40
SS 2541-03	Seghärdat	650	0,40
Säthärningsstål			
SS 2511	Varmbearbetat	600	0,45
Nitrerstål			
SS 2940-03	Seghärdat	1100	0,35
Ovako 225 A	Seghärdat	850	0,40
Segjärn			
SS 0727	Varmbearbetat	550	0,30
Verktystål			
SS 2140	Härdat	700	0,30
SS 2260	Härdat	1100	0,25
SS 2310	Härdat	1150	0,15
SS 2242	Härdat	1150	0,20
Rostfritt stål			
SS 2303	Härdat	1100	0,15
SS 2333	Glödgt	1250	0,07
Snabbstål			
SS 2722	Härdat	1200	0,10

Isolering:

Processen möjliggör partiell maskering av ytor som skall vara obehandlade. Detta kan ske antingen med specialkomponerad färg eller mekaniskt med hjälp av till exempel hylsor, lock och skruvar.

Miljö:

Vid plasmanitrering består ugnsatmosfären till största delen av kväve och väte. Andra gaser som koldioxid, metan och argon kan förekomma. Då plasmanitreringen är en vakuumprocess som utförs vid låga tryck, 0,1-10 mbar, rör det sig utsläpp av små volymer av de tidigare nämnda gaserna. Processens miljöpåverkan är således föredömligt liten.

12 Processbeskrivning: Nitrokarburering,

Process:

Nitrokarburering är en termokemisk ythärdningsmetod, lämplig för ståldetaljer med krav på

- Låg friktion
- Ökad slitstyrka
- Ökad utmattningshållfasthet
- Förbättrad korrosionsbeständighet*

* Anm. Om krav finns på korrosionsbeständighet kan vår Corr-I-Dur-process användas. Vänligen kontakta våra verkstäder för mer information.

Då processen utförs vid låg temperatur (570°C) blir form- och dimensionsförändringarna obetydliga och kan ofta ignoreras.

Alla ståltyper kan nitrokarbureras, men resultatet avseende hårdhet och djup varierar med legeringshalten i materialet.

Nitrokarburering introducerades i Sverige under 1960-talet av Brukens (Tenifer-behandling). Inledningsvis presenterades processen under många olika namn t ex Tenifer, Nitemper, Nitroc och Deganit. Alla dessa processer ger i stort sett samma resultat. För ritningsangivelse är nitrokarburering den rätta benämningen.

Exempel på användningsområden:

Nitrokarburering kan utföras på ett brett sortiment av komponenter som t ex hydraulik- och pneumatikdetaljer, rullagerhållare, axlar, kameradetaljer, cylindrar, vev och kamaxlar, kolvar, verktyg m m.

Hårdhet:

Det yttre hårda slitstarka skiktet som bildas kallas Föreningszon (Fz). Hårdheten i denna zon varierar beroende på stålsort och dess legeringshalt.

Olegerade kolstål:	ca 500-700 HV.
Låglegerade stålsorter:	ca 700-800 HV.
Höglegerade stålsorter:	upp till ca 1100 HV.
(se figur 1)	

Ett område under föreningszonen får beroende på materialsort en förhöjd hårdhet in till ett djup av ca 0,5 mm.

Denna zon kallas diffusionszon (Dz). Diffusionszonens högre hårdhet höjer utmattningshållfastheten i jämförelse med obehandlat material beroende på de tryckspänningar som uppkommer i ytskiktet.

Hårdheten i föreningszonen är svår att prova p g a att skiktet är så tunt. Det är därför vanligt att man mäter ythårdheten direkt på ytan, normalt med Vickers (HV/1). Ytan putsas först mycket lätt.

Hårdhet efter nitrokarburering 570°C/2 h

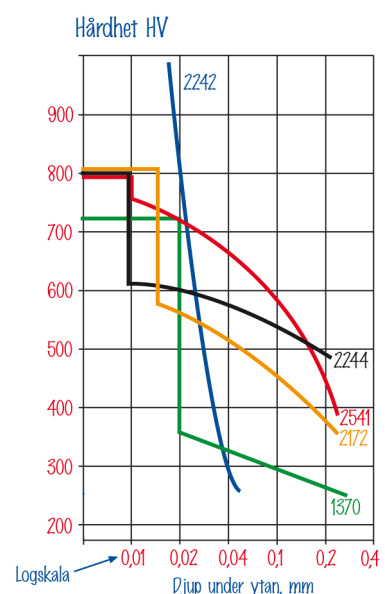


fig 1

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

En viss del av belastningen tas då upp av den underliggande diffusionszonen. Uppmätt hårdhet kommer därför att variera beroende på både hårdheten i Fz och Dz.

Hårdhetskraven på ritning kan anges enl figur 2.

Nitrokarbureringsdjup:

Föreningszonens djup är bl a beroende av mängden legeringselement i stålet. För olegerade- och låglegerade stål bildas vid normala behandlingstider en föreningszon (Fz) med ett djup på 0,01-0,02 mm (10-20 µm).

För högre legerade stålsorter minskar föreningszonens djup beroende av mängden legeringselement ca 0,005-0,01 mm (5-10 µm).

Det totala nitrokarbureringsdjupet (inkl Dz) kan mätas enligt Vickers med låg belastning. Djupet definieras då antingen som djupet under ytan till hårdheten 400 HV eller till den hårdhet som ligger 50 HV över kärnhårdheten.

P g a diffusionen in i stålet och att nitrider bildas sker en viss volymökning. Tillväxten på ytan blir ca 3-7 µm efter normal behandling.

Isolering:

Om detaljen partiellt skall vara obehandlad är det möjligt att isolera detta område. Området skall i så fall markeras på ritningen.

Processtemperatur och processtid:

Förvärmning: 350°C i en timme. Nitrokarburering: 570°C 0,5-3 timmar.

Total ugnstid ca 3-6 timmar.

Beroende på krav utförs kylning i olja eller gasatmosfär. Oljekylning ger en högre utmattningshållfasthet.

Miljö:

Vid nitrokarburering består ugnsatmosfären av följande medier: kväve (nitrogen) och amoniak samt en liten del koldioxid. Den brännbara delen av den sönderdelade amoniakgasen förbränns innan den lämnar ugnen. Kvävgas och vattenånga är ofarliga för vår miljö. En liten del koldioxid släpps ut, då denna gas inte är brännbar.

Kylningen utförs i många fall i hårdolja som tvättas bort från detaljerna i en alkalisk tvättmaskin. Hårdoljan avskiljs från tvättvattnet och kan återanvändas. Det avskilda tvättvattnet sänds till destruktion.

Ugnarna är eluppvärmda.

Vid alla våra verkstäder finns kvalificerad personal tillgänglig för dig som kund. De bistår med rådgivning och utför värmebehandling av högsta kvalitet.

13 Jämförelsetabell för hårdhet

Omräkningstalen representerar ej några exakta förhållanden, utan bör endast användas som riktvärden.

HV	HB	HRB	HRC	Dragbrott- hållfasthet R_m N/mm ²
80	76,0	56		310 330 340 350
85	80,7			
90	85,5			
95	90,2			
100	95,0			
105	99,8	67		370 380 400 410 430
110	105			
115	109			
120	114			
125	119			
130	124	75		440 460 470 480 500
135	128			
140	133			
145	138			
150	143			
155	147	82		510 530 540 560 570
160	152			
165	156			
170	162			
175	166			
180	171	87		590 600 620 630 650
185	176			
190	181			
195	185			
200	190			
205	195	92		660 680 690 710 720
210	199			
215	204			
220	209			
225	214			
230	219	95		740 760 770 790 800
235	223			
240	228			
245	233			
250	238			
255	242	98		820 830 850 870 880
260	247			
265	252			
270	257			
275	261			
280	266	101		900 910 930 950 960
285	271			
290	276			
295	280			
300	285			
310	295	104		990 1030 1060 1090 1130
320	304			
330	314			
340	323			
350	333			

Fortsättning på nästa sida

HV	HB	HRB	HRC	Dragbrott- hållfasthet R _m N/mm ²
360	342	109	36,6	1160
370	352		37,7	1190
380	361	110	38,8	1230
390	371		39,8	1260
400	380		40,8	1290
410	390		41,8	1330
420	399		42,7	1360
430	409		43,6	1400
440	418		44,5	1430
450	428		45,3	1470
460	437		46,1	1510
470	447		46,9	1540
480			47,7	1580
490			48,4	1610
500			49,1	1650
510			49,8	1690
520			50,5	1720
530			51,1	1760
540			51,7	1800
550			52,3	1830
560			53,0	1870
570			53,6	1910
580			54,1	1950
590			54,7	1990
600			55,2	2020
610			55,7	2060
620			56,3	2100
630			56,8	2140
640			57,3	2180
650			57,8	2220
660			58,3	
670			58,8	
680			59,2	
690			59,7	
700			60,1	
720			61,0	
740			61,8	
760			62,5	
780			63,3	
800			64,0	
820			64,7	
840			65,3	
860			65,9	
880			66,4	
900			67,0	
920			67,5	
940			68,0	

Fotnot: Tabellerna gäller enbart för olegerade och låglegerade stål i obehandlat tillstånd. Uppgifterna i tabellerna är enligt MNC 1109 och SS-112500.

Kringtjänster och kontaktinformation

Kringtjänster

- Blästring
- Trumling
- Montering
- Paketering
- HeliCoil® montering
- Utbildning
- Transport/logistik
- Laboratorietjänster*
- Processkontroll*

* Med önskad dokumentation efter behov



Kontakta oss

Frågor eller ytterligare information

Bodycote
Spadegatan 23
SE-424 65 Angered
Tel: +46 31 332 19 00
E-post: marknad.sverige@bodycote.com
www.bodycote.se



Bodycote