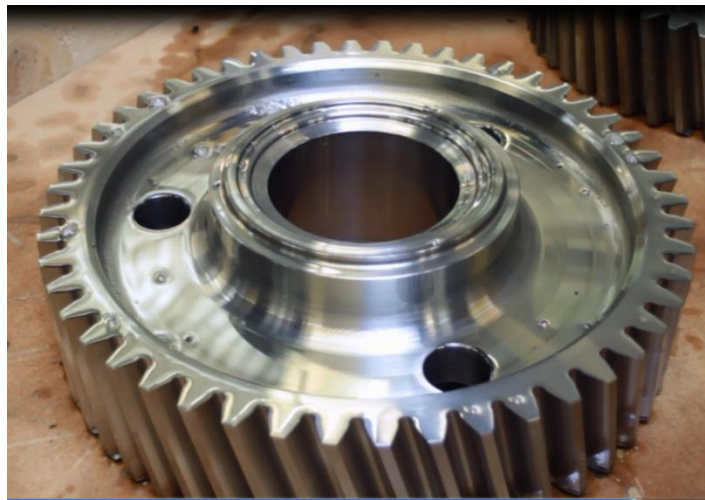


Hærdningsprocesser

Baggrund

Randers Tandhjulsfabrik fremstiller tandhjul til mange forskellige formål. Derfor har virksomheden brug for at kunne behandle tandhjulene, således at de kan holde til lige netop den belastning, de enkelte dele skal udsættes for, samt så de har den korrekte slidstyrke.

For at tandhjulene opnår de rette kvaliteter, udsættes de for følgende varmebehandlingsprocesser.



Indsatshærdning

Indsatshærdning er en termokemisk overfladehærdning, der giver emnets overflade en god slidstyrke. I modsætning til normal hærdning, hvor hele materialet gennemgående hærdes, beholder emnet ved insatshærdning en kerne med lav hårdhed.

Indsatshærdningsprocessen består af tre dele; opkuling, hærdning og anløbning.

Opkuling

Under opkuling tilsættes kulstof til stålets overflade ved høj temperatur (900-950°C). Dette er for at forøge hærdbarheden og hårdheden i stålets overflade. Et stål med lavt kulstofindhold, oftest under 0,20 % carbon, behandles i overfladen, så kulstofindholdet stiger til ca. 0,7-0,9% carbon.

Opkulingstiden afhænger af ønsket om indhærdningsdybden (IHD), et udtryk for hvor dybt kulstoffet er inde i materialet (under overfladen), samt den opkulingstemperatur der anvendes. I parentes ses omtrentlige totale ovntider 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)

Indsatshærdning

Efter opkuling af stålets overflade køles stålet til stuetemperatur. Herefter opvarmes stålet i beskyttet atmosfære til hærde­temperatur på 800-850 °C og bratkøles, typisk i olie.

Anløbning

Efter hær­dning skal stålet altid anløbes. Den for stål­kvalitetens maksimale hårdhed, som opnås ved hær­dning, giver materialet en forringet sejhed – dvs. det bliver mere skørt og brækker altså lettere ved vridning. Ved en anløbning mindskes spændingerne i materialet og sejheden øges. For visse stål­kvaliteter har holdetiden stor betydning – altså den tid, som emnet holdes ved hærde­temperatu­ren efter det er fuldstændigt gennemvarmt. En forlænget holdetid svarer til en højere anløbningstemperatur.

Hårdhed måles i HRC – Rockwell hårdhed

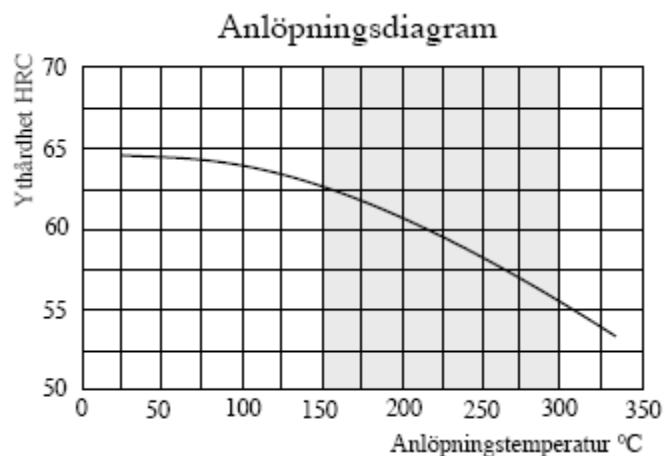
Opkaldt efter den amerikanske metallurg Stanley P. *Rockwell*, der i 1920'erne udviklede et apparat til måling af hårdhed. Almindelig anvendt mål for et materiales hårdhed. På et Rockwellapparat bestemmes den dybde, som et hårdt legeme når ned i et poleret emne under en given øgning af belastningen. Som indtrykslegeme bruges ved bløde materialer en hær­det stål­kugle og ved hårde materialer en diamantkegle. Hård­heds­stallet for metaller angives enten i HRB (ball) eller HRC (cone). Hær­det stål når værdier på 65 HRC, mens det samme i udglødet tilstand kun er 20 HRC.

Kilde: *DenStoreDanske.dk*

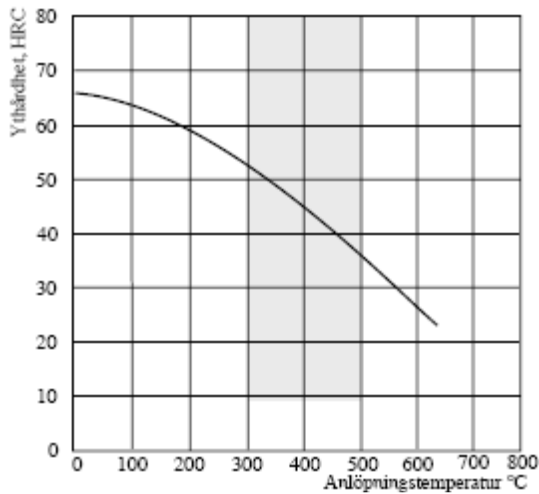
Anløbning kan inddeles i 3 hovedgrupper efter hårdhed, der opnås.

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

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



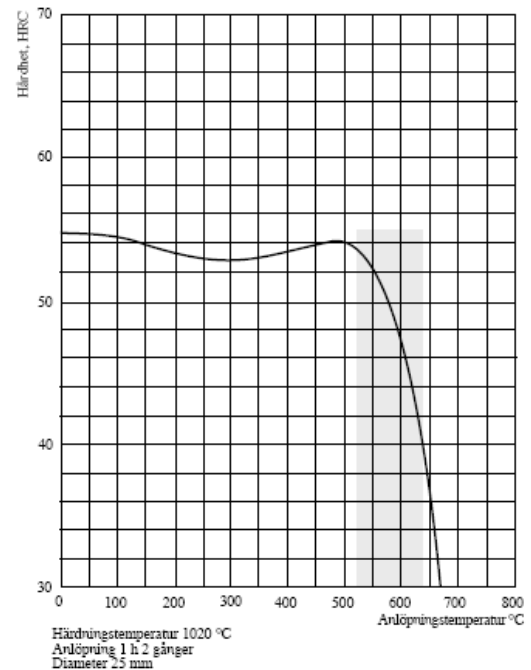
Anløpningsdiagram



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

← Fig 2. Anløbsområdet 300-500°C anvendes til eks. til fjedrestål. Normalt hårdhedskrav ligger på omtrent på HRC 45.

Anløpningsdiagram (cirkaværdien)



Kilde: Bodycote Varmebehandlings Guide

Opgave 1:

- Lav en graf der beskriver indsatshærdningsprocessen hvor x-aksen angiver tid og y-aksen angiver temperatur idet du følger følgende punkter;
 - Udvælg én indhærdningsdybde samt anløbningstemperatur
 - Antag at tiden der ikke bruges på opkulning er ligeligt fordelt på hærdning og anløbning.
 - Antag at temperaturen stiger og falder liniært.
- Lav en graf der viser indhærdningsdybden som funktion af opkulningstiden
 - Hvilken opkulningstid estimerer du der skal bruges for at opnå en indhærdningsdybde på 2,0 mm?

Opgave 2:

- På figur 1-3 ses stålets hårdhed som funktion af temperaturen i anløbningsprocessen. I alle tilfælde kan graferne ses som en del af en parabel.
 - Du skal finde forskriften for hele parablen i de tre tilfælde. Du kan evt. kopiere billedet ind i et it-tegneprogram (f.eks. Geogebra) og finde forskriften tilnærmelsesvis.
 - Beskriv forskellene ved de tre parabler (fx hældning) og giv et forslag til tolkning af de forskelle du kan aflæse.