

# Kvalitetssikring af varmebehandlede komponenter

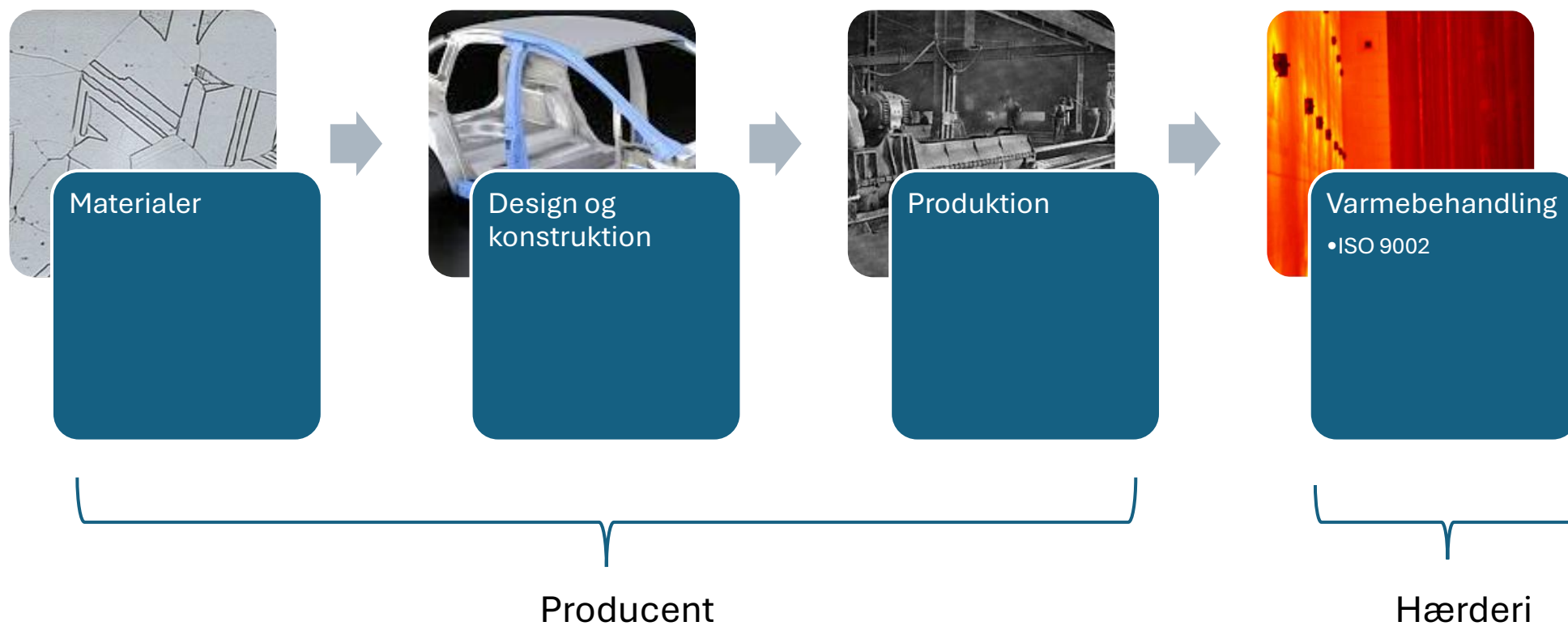
af

**Niels Lyth, Bodycote Varmebehandling A/S**

og

**Carsten Jensen, FORCE Technology**

## Værdikæde - forædlingsforøgelse



## Disposition

- Den indledende dialog mellem hærderi og kunde – fastsættelse af varmebehandlingsforløb (Niels)
- Indgangskontrol på hærderi (Niels)
- Kvalitetskontrol af processer under et varmebehandlingsforløb (Carsten)
- Kvalitetskontrol af færdigt varmebehandlede komponenter (Carsten + Niels)



## Indsatshærdning af tandhjul - case

### Indsatshærdning

Indsatshærdning eller indsætning, som processen af og til benævnes, dækker over en procesrækkefølge. Først indsættes der kulstof i ståloverfladen, derefter hærdes og anløbes stålet, hvorved man opnår en hård og slidstærk overflade, mens man bibeholder en blød og sej kernestruktur. Metoden anvendes hovedsagligt på legerede indsætningsstål.

Processen foregår over stålets austenitiseringsstemperatur, typisk ved omkring 900° C, og benyttes til hærdning af f.eks. tandhjul, snekker og andre sliddetaljer. Den hårde overflade giver en god slidstyrke og udføres typisk i dybder op til 3,5 mm.

Er der områder på emner, der ikke ønskes hærde, kan dette klares ved afdækning før indsætning i kulstof.

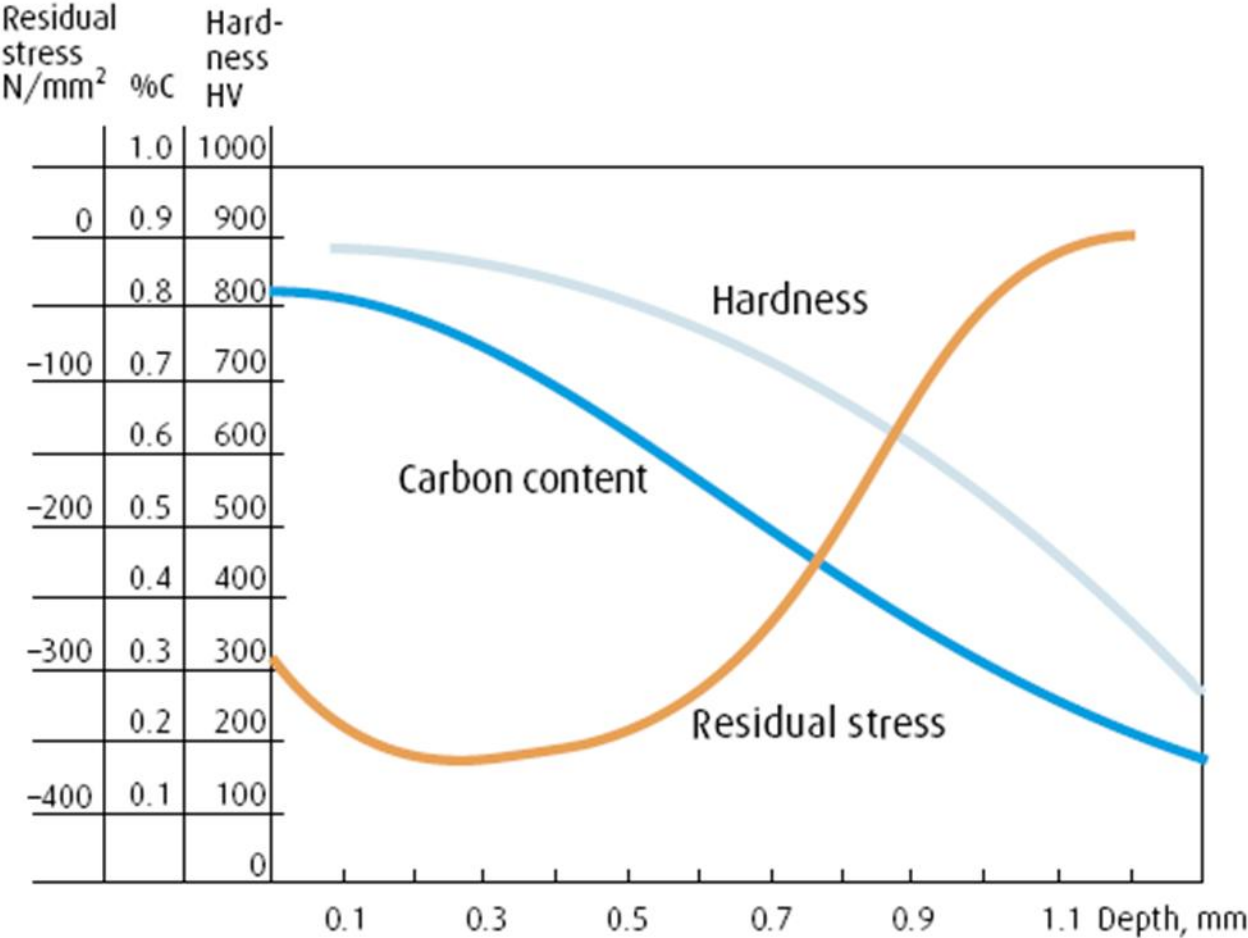
---

### FAKTA

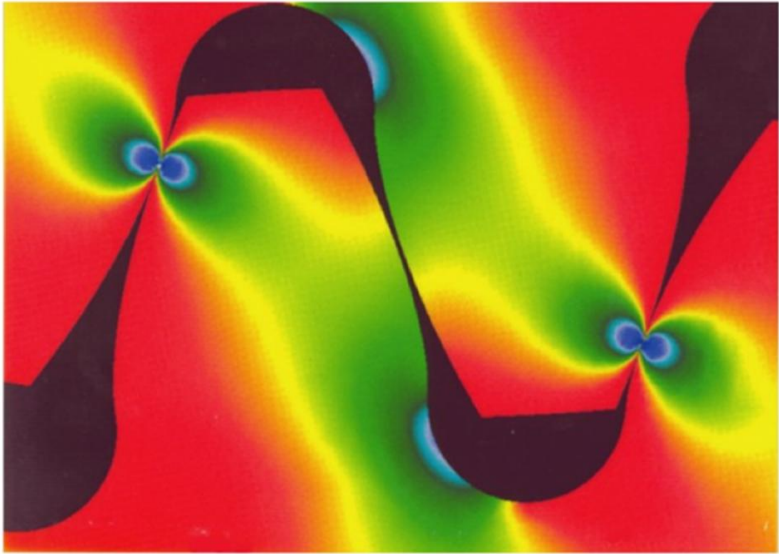
---

- God slidstyrke
  - Sej kernestruktur
  - Mulighed for partiel hærdning vha. afdækning
  - Reproducerbarhed ved nøje processtyring
- 





Dybde =  $k \cdot \sqrt{h}$



# **Den indledende dialog mellem hærderi og kunde – fastsættelse af varmebehandlingsforløb**

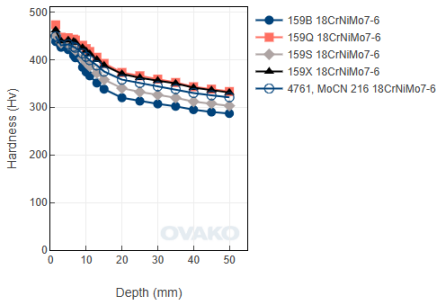
## Entydig specifikation:

- Materialekvalitet ?
- IHD (modul, efterbearbejdning, tolerancer) ?
- Overfladehårdhed (HV10 eller HRC)?
- Ønsket proces (indsatshærdning) ?
- Afdækning ?

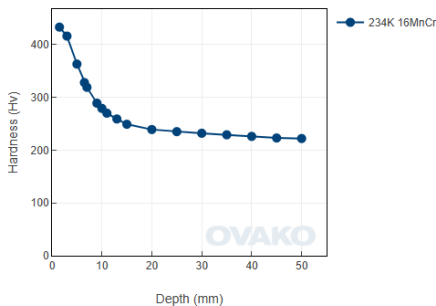


Specifikation af materialekvalitet :

Jominy

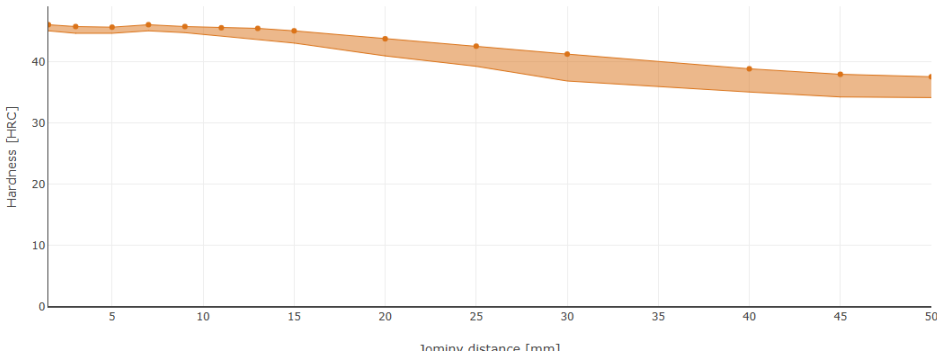


Jominy



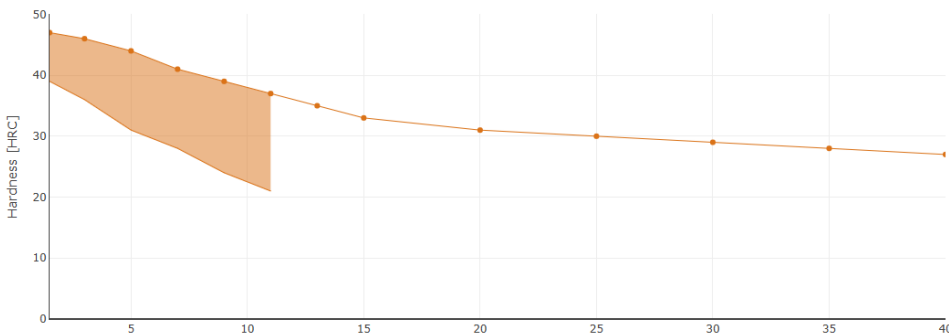
Hardenability

18CrNiMo7-6



Hardenability

16MnCr5



Chemical composition

| C%        | Si%<br>max | Mn%       | P%<br>max | S%<br>max | Cr%       | Mo%       | Ni%       |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0,15-0,21 | 0,40       | 0,50-0,90 | 0,025     | 0,035     | 1,50-1,80 | 0,25-0,35 | 1,40-1,70 |
| ± 0.02    | + 0.03     | ± 0.04    | + 0.005   | + 0.005   | ± 0.05    | ± 0.03    | ± 0.05    |

ALI

Chemical composition

| C%        | Si%<br>max | Mn%       | P%<br>max | S%<br>max | Cr%       |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0,14-0,19 | 0,40       | 1,00-1,30 | 0,025     | 0,035     | 0,80-1,10 |
| ± 0.02    | + 0.03     | ± 0.05    | + 0.005   | + 0.005   | ± 0.05    |

Specifikation af IHD:

Drejebænken

CNC-dreje

Fræseren

CNC-center

Boremaskinen

Skærehastighed

Trigonometri

Geometri

Måling

Slibning

Tandhjul

Modulsystemet

Tandhjulstyper

Værktøj til tandhjulsfremstilling

Tandhjulsberegninger

Animationer

Materialelære

Debat Forum

Links

Altomteknik

Enhedsomregner

Formler, formelsamling og teknisk viden

Alltomteknikindustrin.se

Kurser og webinarer

Udvalgte måleenheder

Modulsystemet

Modulsystemet er udviklet for at begrænse antallet af forskellige størrelser fortandinger og for at opnå ensartethed i fremstillingen.

Modulsystemets grundlæggende størrelse er modulet, der betegnes m og angives i mm.

Tanddeling

Tanddelingen foretages på rullecirklen = delecirklen.

Delecirkelns diameter betegnes d0.

Delingen er det stykke en tand og et tandmellemrum optager. Delingen betegnes t.

Tandantallet betegnes z.

Modulberegninger

Tandhjulets modul x tandantal = delediameter ( m x z = d0)

Modulet m  $\frac{d_0}{z} = m$

Delediameter d0 m x z = d0

Tandantal z  $\frac{d_0}{m} = z$

Tandbredde (b)

Tandhoved (h<sub>h</sub>)

Tandfod (h<sub>f</sub>)

Deling (t)

Tandhøjde (h)

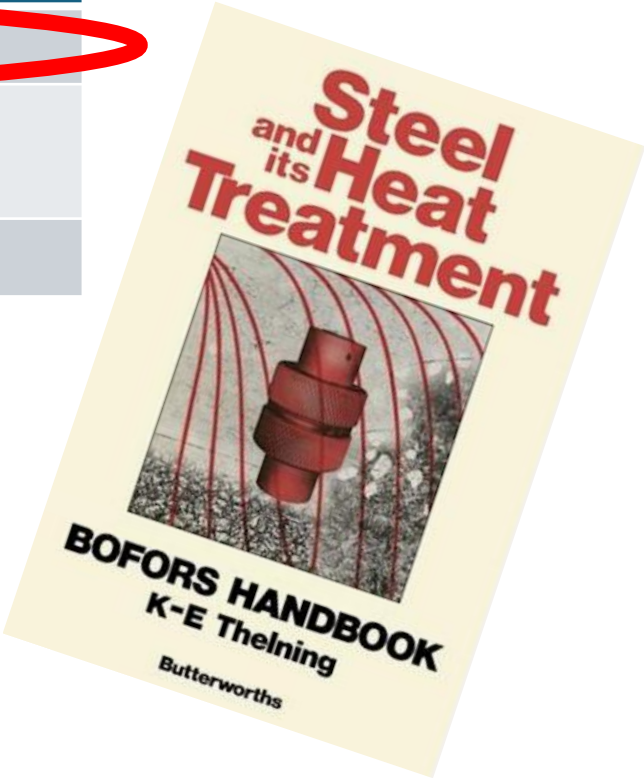
FMV Temadag Marts 2026 (N)

Kilde : Frylunds Fagteori

Specifikation af IHD:

| 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 |
|              |                                  |                                               |

Steel And It's Heat Treament  
(Table 8.4.3)



## Procesvalg:

| Modul      | IHD/NHD/HD     | Mulige/Egnede varmebehandlingsprocesser                                               |
|------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1, 2,3     | 0,15 – 0,60 mm | <b>Indsætning</b> , gasnitring, nitrokarburering, Tenifering, induktionshærdning (HF) |
| 4,5,6,7,8  | 0,60-1,6 mm    | <b>Indsætning</b> , induktionshærdning (HF/MF)                                        |
| 9,10,11,12 | 1,35 – 2,40 mm | <b>Indsætning</b> , induktionshærdning (MF)                                           |
| >12        | >2,40 mm       | Typisk induktion (MF/LF), men indsætning er også en mulighed.                         |
|            |                |                                                                                       |

Specifikation af overfladehårdhed:

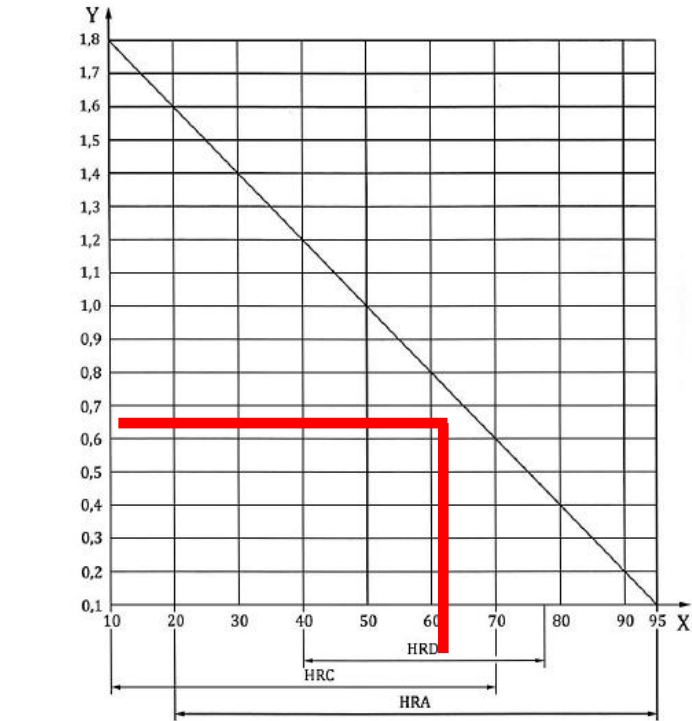
| IHD/NHD/HD | Hårdhedsmålemetode |
|------------|--------------------|
| 0,1-0,7 mm | HV10               |
| 0,8 mm -   | HRC                |



Annex B  
(normative)

Minimum thickness of the test piece in relation to the Rockwell hardness

The minimum thickness of the test piece, or of the layer under test, is given in Figure B.1, Figure B.2, and Figure B.3.



Key  
X Rockwell hardness  
Y minimum thickness of the test piece, mm

Figure B.1 — Test with diamond cone indenter (scales A, C, and D)

## Afækning ?



EN 10084:1998-18CrNiMo7-6 (= 1.6587)

TEETH ONLY TO BE CASE-HARDENED. ALL OTHER AREAS SHALL BE MASKED.

NOTATION AND TESTING ACCORDING TO DIN 50190 - EHT:

- SURFACE HARDNESS RANGE: 58-62 HRC
- HARDNESS LIMIT: GH = 550 HV 1
- EFFECTIVE CASE DEPTH: EHT = 0.65-1.05

”Teeth only to be case-hardened  
all other areas shall be masked”

## Bestilling : Online registreringssystem (bconline.dk)

# Step 1



ORDRER

 OPRET NY ORDRE

 Tidligere ordrer

 Mine oplysninger

INFORMATION

 Kontaktpersoner hos Bodycote

 Pick-up kalender 2025

 GDPR

BACKEND

 Opret ny side

 Firmaer

 Brugere

 Stålkvalitet

 Varmebehandling

 Tillægsbehandling

 Anvisninger

Velkommen Niels Lyth - xBodycote Varmebehandling A/S

OPRET NY ORDRE

Varebetegnelse \* 

Tandhjul

Antal stk. \* 

6

Stålkvalitet \* 

18CrNiMo7-6

Tegningsnummer 

19032026

Anvisning 

Tilbudsnummer 

Jeres følgeseddelnummer 

Jeres rekvisitionsnummer 

Jeres ordrenummer 

Samlet vægt 

Vælg fil Der er ikke valgt nogen fil

Vælg fil Der er ikke valgt nogen fil

Vælg fil Der er ikke valgt nogen fil

## Step 2 +3

### VÆLG VARMEBEHANDLING (TRIN 2 AF 6)

- ☐ Corr-I-Dur (uden efterfølgende oilering) ⓘ
- ☐ Tenifer QP ⓘ
- ☐ Tenifer QPQ ⓘ
- ☒ Indsatshærdning
- ☐ Blødgødning ⓘ
- ☐ Opkulning ⓘ
- ☐ Afspændingsglødning ⓘ
- ☐ Laboratorieundersøgelse ⓘ

Bemærkning

< Gå til ordredata

Gå til varmebehandling tilvalg >

### VARMEBEHANDLING TILVALG (TRIN 3 AF 6)

#### Indsatshærdning

IHD

1,0-1,3

mm ⓘ

Hårdhed HRC

60

+/-2 ⓘ

Retning, max pilehøjde

mm ⓘ

< Gå til varmebehandling

Gå til tillægsbehandling >

## Step 4

### TILLÆGSBEHANDLING (TRIN 4 AF 6)

- ☒ Afdækning ⓘ
- ☐ Affedtning alkalisk ⓘ
- ☐ Slyngrensning/Tromlerens
- ☐ Våd-glasblæsning
- ☐ DP-cleaning
- ☐ Rustbeskyttelse
- ☐ Ovnudskrift
- ☐ Varmebehandlingscertifikat
- ☒ IHD måling på eget prøvestykke

Bemærkning

< Gå til varmebehandling tilvalg

Gå til levering >

### Ordresumé

Varebetegnelse: Tandhjul

Antal stk.: 6

Stålkvalitet: 18CrNiMo7-6

Tegningsnummer: 19022026

Kontaktperson: Niels Lyth

Kontakt telefonnummer: 23640215

### Varmebehandlinger:

Indsatshærdning

- IHD: 1,0-1,3 mm

- Hårdhed HRC: 60 +/-2

Tillægsbehandling:

## Bestilling:



### HÆRDEREKVISITION

**Kunde:**  
xBodycote Varmebehandling A/S  
Industribuen 16-18  
5592 Ejby

**WEBORDRE 99607**



Ordren er leveret til: Ejby  
En kopi er sendt til:  
niels.lyth@bodycote.com

**HUSK AT VEDLÆGGE DENNE HÆRDEREKVISITION JERES EMNER**

### Ordredetaljer

Varebetegnelse: Tandhjul  
Antal stk.: 6  
Stålkvalitet: 18CrNiMo7-6  
Tegningsnummer: 19022026  
Kontaktperson: Niels Lyth  
Telefonnummer til kontaktperson: 23640215  
Dato for levering hos Bodycote: 3/13/2026  
Leveringsadresse: Bodycote Varmebehandling A/S, Industribuen 16-18 5592 Ejby, Danmark

### Bemærkninger

**Ønsket varmebehandling**  
Indsatshærdning  
IHD: 1,0-1,3 mm  
Hårdhed HRC: 60 +/-2

**Tillægsbehandling**  
Afdækning  
IHD måling på eget prøvestykke

# Indgangskontrol ved modtagelse af komponenter

## Indgangskontrol på hærderiet

- Ordrepapirer
- Tegninger
- Emballage
- Antal
- Visuel kontrol (evt olie)



### HÆRDEREKVISITION

**Kunde:**  
xBodycote Varmebehandling A/S  
Industribuen 16-18  
5592 Ejby

**WEBORDRE 99607**



Ordren er leveret til: Ejby  
En kopi er sendt til:  
niels.lyth@bodycote.com

**HUSK AT VEDLÆGGE DENNE HÆRDEREKVISITION JERES EMNER**

#### Ordredetaljer

Varebetegnelse: Tandhjul  
Antal stk.: 6  
Stålkvalitet: 18CrNiMo7-6  
Tegningsnummer: 19022026  
Kontaktperson: Niels Lyth  
Telefonnummer til kontaktperson: 23640215  
Dato for levering hos Bodycote: 3/13/2026  
Leveringsadresse: Bodycote Varmebehandling A/S, Industribuen 16-18 5592 Ejby, Danmark

#### Bemærkninger

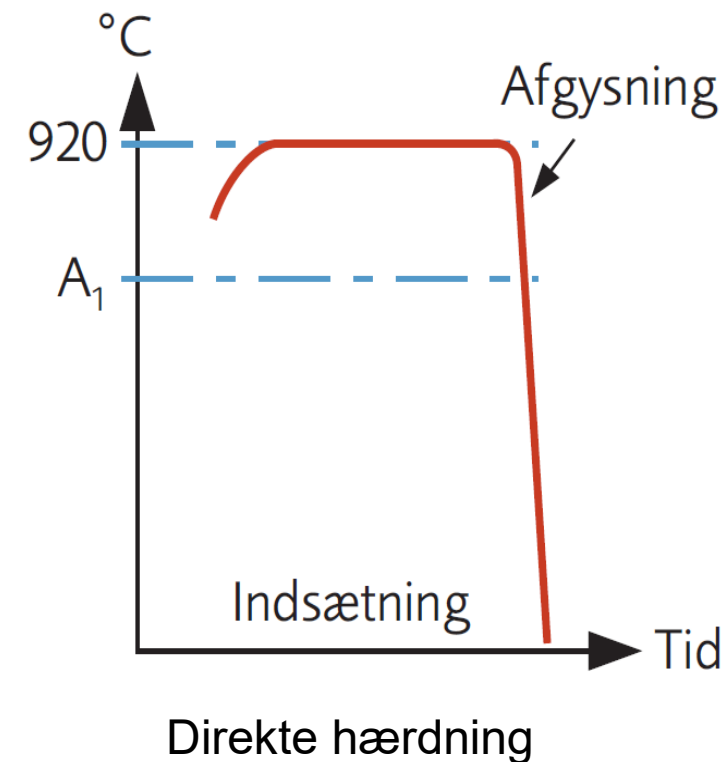
**Ønsket varmebehandling**  
Indsatshærdning  
IHD: 1,0-1,3 mm  
Hårdhed HRC: 60 +/-2

**Tillægsbehandling**  
Afdækning  
IHD måling på eget prøvestykke

# Kvalitetssikring før og under varmebehandlingsforløbet

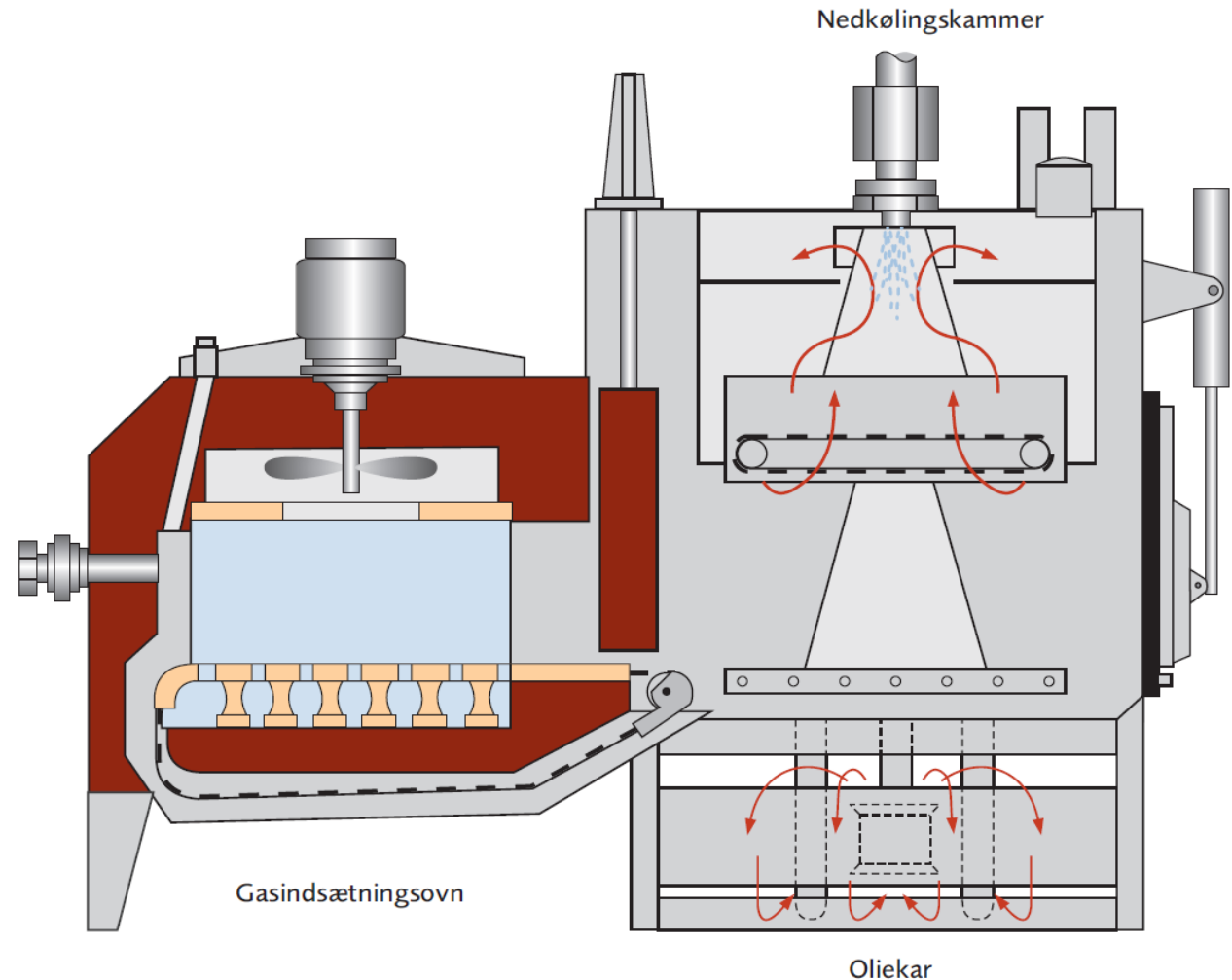
## Kvalitetskontrol af processer før et varmebehandlingsforløb

- Sporbarhed – batch-nummer, charge-nummer m.m.
- Vaskeproces
- Proces og procesforhold
- Oppakning af ovn, fixturer og kurve



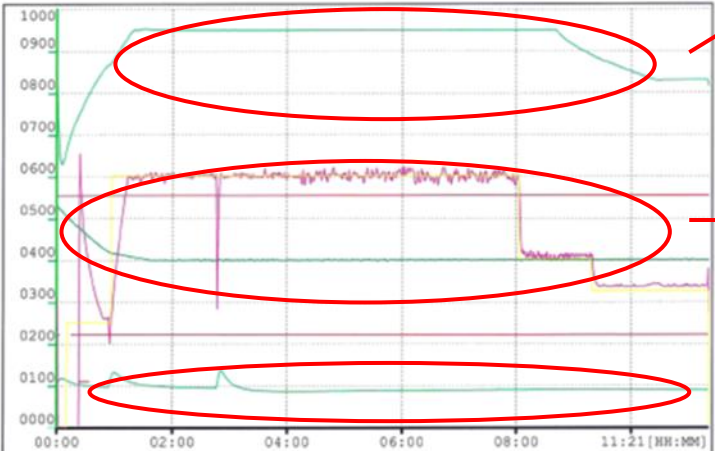
## Procesparametre som kan indvirke på kvaliteten

- Temperatur / kalibrering
- Tid
- Kulstofpotential / gasser
- Afkølingsmedie
- Olietemperatur
- Omrøring i kølekar



|                 |                       |                        |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Bodycote</b> | <b>Målingsdiagram</b> | Målingsfil<br>17083004 |
|-----------------|-----------------------|------------------------|

System : T-Anlæg 1 IVA - Temperaturschreiber  
Målingsfil : 17083004.ST1  
tidsrum : 30-08-2017 21:05:09 Til 31-08-2017 08:26:45  
Kørselsprogram : ZRN-140  
Betegnelse : Indsætning 16MnCr5 IHD 1,40 mm Olie-temp. 80 gr.  
Nummer : 3140 Program : ZRN-140 Parameter : ZRN-140



Temperatur

Cp (Kulstofindhold)

Olietemperatur

Signatur-forklaring:  
GR TEMPERATUR[°C]  
OELBADTEMPERATUR[°C]  
MEDIENAUFZEICHNUNG[METHANOL\_GROSS]  
MEDIENAUFZEICHNUNG[M\_12\_3]  
MEDIENAUFZEICHNUNG[M12\_5]  
MEDIENAUFZEICHNUNG[M12\_7]  
VE TEMPERATUR[°C]  
MEDIENAUFZEICHNUNG[METHANOL\_KLEIN]  
MEDIENAUFZEICHNUNG[NH3]  
MEDIENAUFZEICHNUNG[N2\_BASISGAS]  
MEDIENAUFZEICHNUNG[M12\_6]  
IST\_C\_PEGEL[4C]

| begyndelse                                     | Slut | Nr. Tekst | Tidsperi | lalt | antal |
|------------------------------------------------|------|-----------|----------|------|-------|
| Ingen alarm til stede i det valgte område      |      |           |          |      |       |
| begyndelse                                     | Slut | Nr. Tekst | Tidsperi | lalt | antal |
| Ingen meddelelse til stede i det valgte område |      |           |          |      |       |

## Temperaturtest og gasmåling

Fig. 1 Rektangulære ovne

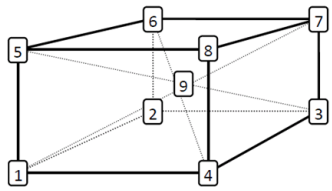
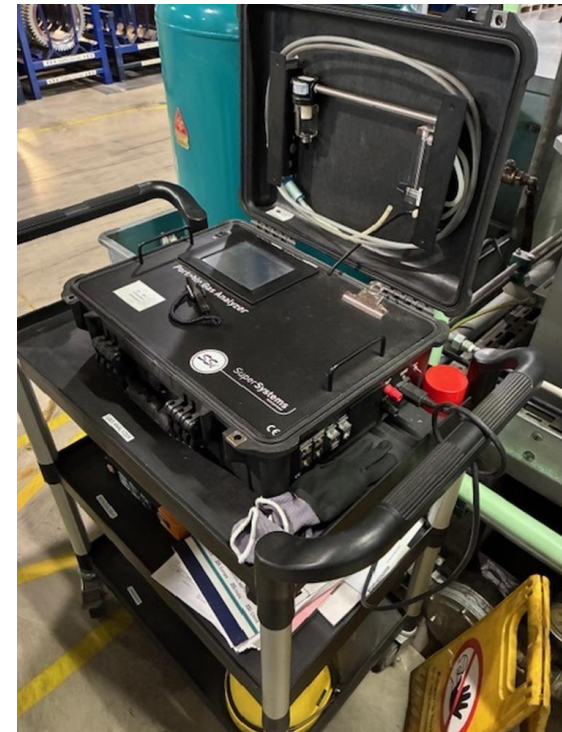
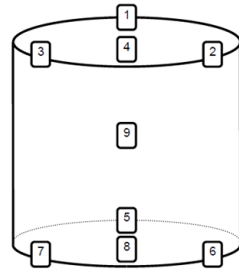
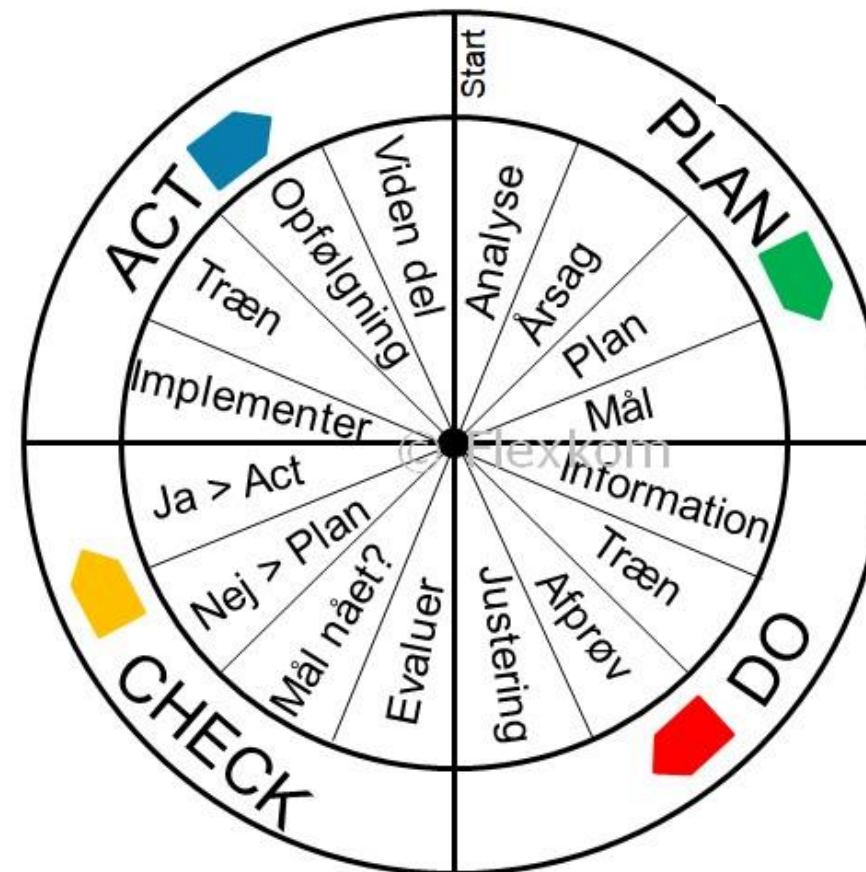
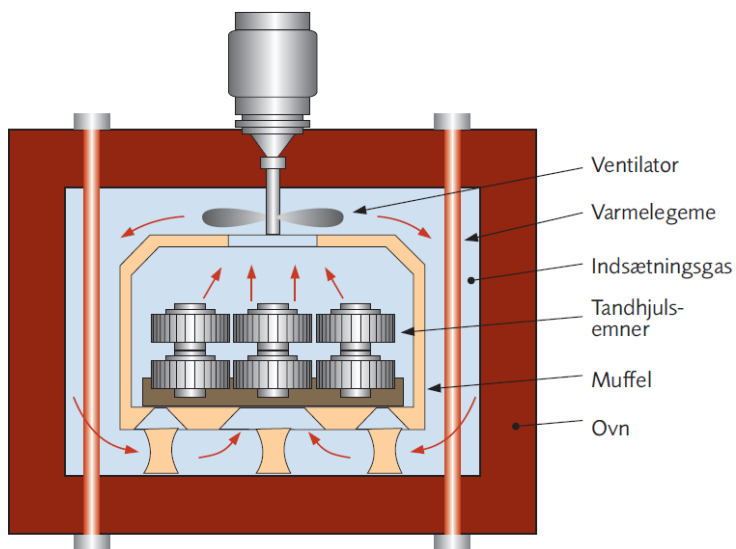


Fig. 2 Cylindriske ovne



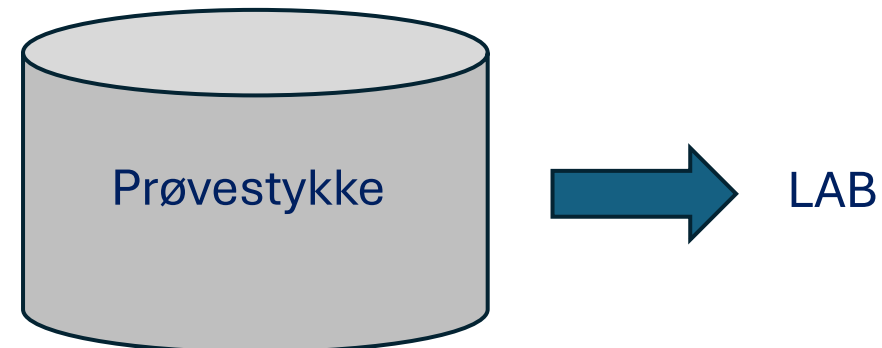
Procesfejl, utilsigtede hændelser og forbedringer

- Afvigelser
- Korrigerende handlinger



## Kvalitetskontrol af færdig varmebehandlede komponenter

- Prøvestykker 16MnCr5
- Overfladehårdhed - HRC + HV10
- Ind-hærde-dybde (IHD / CHD)
- (Metallurgisk undersøgelse)



# Kvalitetskontrol af færdig- varmebehandlede komponenter

## Kvalitetssikring ved kontrol af varmebehandlede komponenter

- Kvalitetsprocesser er beskrevet i QA-system
- Måleoperatører er godkendte
- Måleudstyr er vedligeholdt og i kalibrering
- Anvendelse af anerkendte og gældende standarder til kontrol af komponenter
- Sporbarhed mellem ordrenumre og prøvestykker
- Kontrol af indsathærdede tandhjul – overfladehårdhed og ind-hærde-dybde

Kalibrering af måleudstyr til måling af overfladehårdhed (HRC og HV)



Härteprüfung

Kalibrierschein / Calibration Certificate

erstellt durch das Kalibrierlaboratorium  
issued by the calibration laboratory



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-K-19233-01-00

Latzke Härteprüfung GmbH  
Enselskamp 7a  
51674 Wiehl

Kalibrierzeichen  
Calibration mark

4174

D-K-

19233-01-00

2025-06

|                                                                              |                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gegenstand<br>Object                                                         | Härteprüfmaschine                                                         | <p>Dieser Kalibrierschein dokumentiert die metrologische Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).</p> <p>Die DAkkS ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.</p> <p>Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.</p> <p>This calibration certificate documents the metrological traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The DAkkS is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.</p> <p>The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</p> |
| Hersteller<br>Manufacturer                                                   | Wolpert                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Typ<br>Type                                                                  | Dia Testor 7021                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Fabrikat/Serien-Nr.<br>Serial number                                         | 9200090/0001                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Auftraggeber<br>Customer                                                     | Bodycote Wärmebehandlung A/S<br>Industrivej 16-18<br>5592 Ejby<br>Denmark |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Auftragsnummer<br>Order No.                                                  | SC129517.3                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Anzahl der Seiten des Kalibrierscheins<br>Number of pages of the certificate | 6                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Datum der Kalibrierung<br>Date of calibration                                | 18.06.2025                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine sind bei Nennung des für die Freigabe Verantwortlichen in Klarschrift auch ohne Unterschrift gültig.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates with the full name of the approval responsible person are valid without signature.

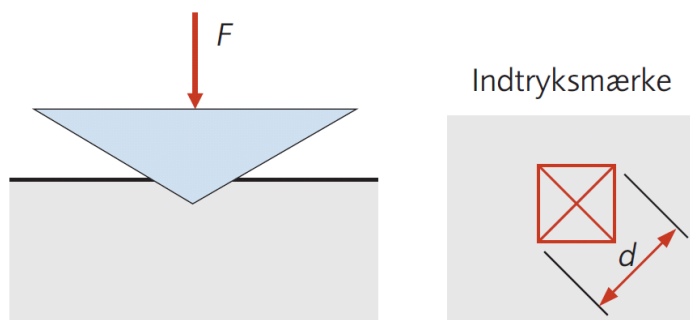
|               |                                                                                       |                                                                                       |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Datum<br>Date | Freigabe des Kalibrierscheins durch<br>Approval of the calibration certificate by     | Bearbeiter<br>Person in charge                                                        |
| 18.06.2025    |  |  |

K. Tonk

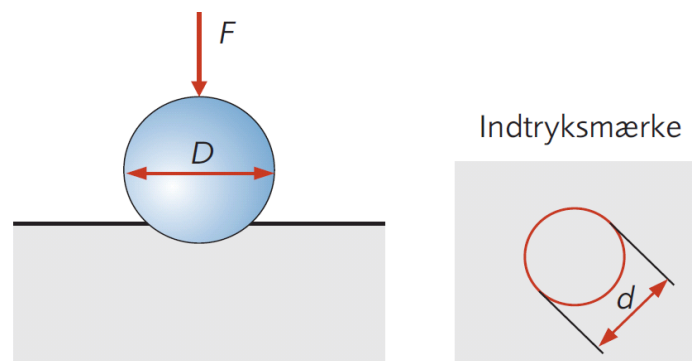
# Kvalitetssikring af varmebehandlede produkter

## Hårdhedsprøvning - overfladehårdhed

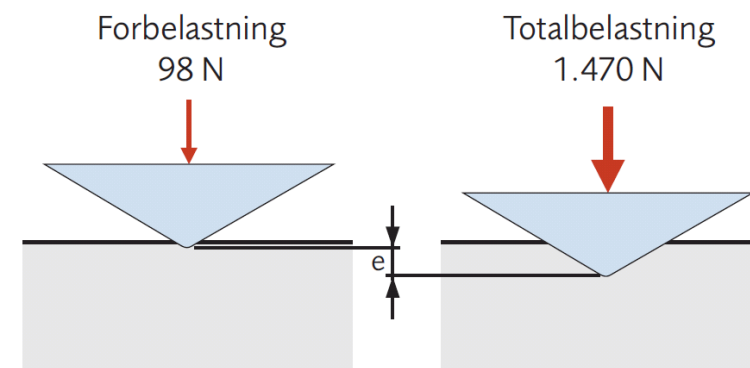
### Vickers-metoden



### Brinell-metoden



### Rockwell-metoden



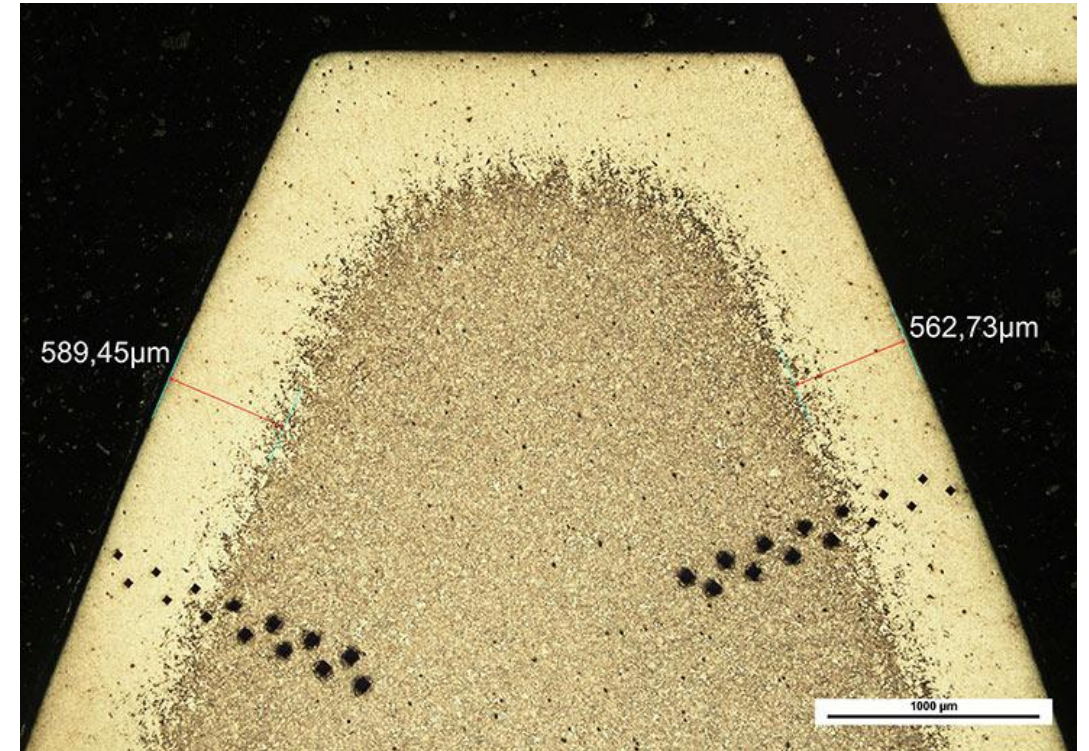
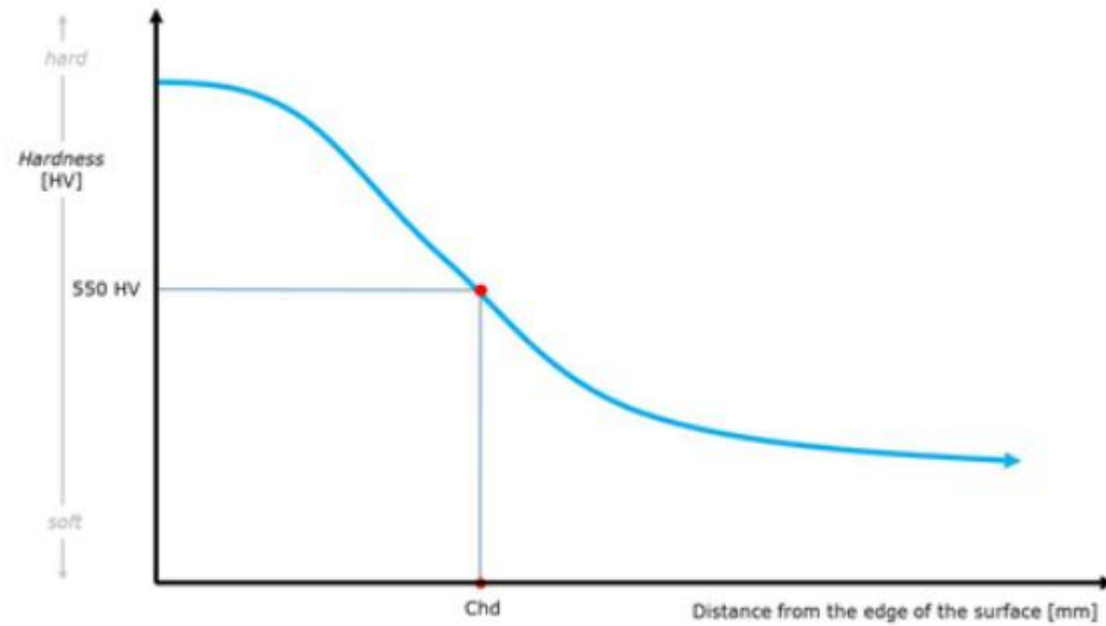
| Hårdhedssammenligningstabel |                   |      |                 |                    |      |         |
|-----------------------------|-------------------|------|-----------------|--------------------|------|---------|
| Brudstyrke                  | Brinell-hårdhed   |      | Vickers-hårdhed | Rockwell - hårdhed |      |         |
|                             | Kugleindtryk (mm) | HB   |                 | HRB                | HRC  | HR 30 N |
| N/mm <sup>2</sup>           | d                 | HB   |                 | HRB                | HRC  | HR 30 N |
| 255                         | 6,63              | 76,0 | 80              |                    |      |         |
| 270                         | 6,45              | 80,7 | 85              | 41,0               |      |         |
| 285                         | 6,30              | 85,5 | 90              | 48,0               |      |         |
| 305                         | 6,16              | 90,2 | 95              | 52,0               |      |         |
| 320                         | 6,01              | 95,0 | 100             | 56,2               |      |         |
| 335                         | 5,90              | 99,8 | 105             |                    |      |         |
| 350                         | 5,75              | 105  | 110             | 62,3               |      |         |
| 370                         | 5,65              | 109  | 115             |                    |      |         |
| 385                         | 5,54              | 114  | 120             | 66,7               |      |         |
| 400                         | 5,43              | 119  | 125             |                    |      |         |
| 415                         | 5,33              | 124  | 130             | 71,2               |      |         |
| 430                         | 5,26              | 128  | 135             |                    |      |         |
| 450                         | 5,16              | 133  | 140             | 75,0               |      |         |
| 465                         | 5,08              | 138  | 145             |                    |      |         |
| 480                         | 4,99              | 143  | 150             | 78,7               |      |         |
| 495                         | 4,93              | 147  | 155             |                    |      |         |
| 510                         | 4,85              | 152  | 160             | 81,7               |      |         |
| 530                         | 4,79              | 156  | 165             |                    |      |         |
| 545                         | 4,71              | 162  | 170             | 85,0               |      |         |
| 560                         | 4,66              | 166  | 175             |                    |      |         |
| 575                         | 4,59              | 171  | 180             | 87,1               |      |         |
| 595                         | 4,53              | 176  | 185             |                    |      |         |
| 610                         | 4,47              | 181  | 190             | 89,5               |      |         |
| 625                         | 4,43              | 185  | 195             |                    |      |         |
| 640                         | 4,37              | 190  | 200             | 91,5               |      |         |
| 660                         | 4,32              | 195  | 205             | 92,5               |      |         |
| 675                         | 4,27              | 199  | 210             | 93,5               |      |         |
| 690                         | 4,22              | 204  | 215             | 94,0               |      |         |
| 705                         | 4,18              | 209  | 220             | 95,0               |      |         |
| 720                         | 4,13              | 214  | 225             | 96,0               |      |         |
| 740                         | 4,08              | 219  | 230             | 96,7               |      |         |
| 755                         | 4,05              | 223  | 135             |                    |      |         |
| 770                         | 4,01              | 228  | 240             | 98,1               | 20,3 | 41,7    |
| 785                         | 3,97              | 233  | 245             | 21,3               | 42,5 |         |
| 800                         | 3,92              | 238  | 250             | 99,5               | 22,2 | 43,4    |
| 820                         | 3,89              | 242  | 255             | 23,1               | 44,2 |         |
| 835                         | 3,86              | 247  | 260             | (101)              | 24,0 | 45,0    |
| 850                         | 3,82              | 252  | 265             | 24,8               | 45,7 |         |
| 865                         | 3,78              | 257  | 270             | (102)              | 25,6 | 46,4    |
| 880                         | 3,75              | 261  | 275             | 26,4               | 47,2 |         |
| 900                         | 3,72              | 266  | 280             | (104)              | 27,1 | 47,8    |
| 915                         | 3,69              | 271  | 285             | 27,8               | 48,4 |         |
| 930                         | 3,66              | 276  | 290             | (105)              | 28,5 | 49,0    |
| 950                         | 3,63              | 280  | 295             | 29,2               | 49,7 |         |
| 965                         | 3,60              | 285  | 300             | 29,8               | 50,2 |         |
| 995                         | 3,54              | 295  | 310             | 31,0               | 51,3 |         |
| 1030                        | 3,49              | 304  | 320             | 32,2               | 52,3 |         |
| 1060                        | 3,43              | 314  | 330             | 33,3               | 53,6 |         |
| 1095                        | 3,39              | 323  | 340             | 34,4               | 54,4 |         |
| 1125                        | 3,34              | 333  | 350             | 35,5               | 55,4 |         |
| 1155                        | 3,29              | 342  | 360             | 36,6               | 56,4 |         |
| 1190                        | 3,25              | 352  | 370             | 37,7               | 57,4 |         |
| 1220                        | 3,21              | 361  | 380             | 38,8               | 58,4 |         |
| 1255                        | 3,17              | 371  | 390             | 39,8               | 59,3 |         |
| 1290                        | 3,13              | 380  | 400             | 40,8               | 60,2 |         |
| 1320                        | 3,09              | 390  | 410             | 41,8               | 61,1 |         |
| 1350                        | 3,06              | 399  | 420             | 42,7               | 61,9 |         |

| Hårdhedssammenligningstabel |                   |       |                 |                    |      |         |
|-----------------------------|-------------------|-------|-----------------|--------------------|------|---------|
| Brudstyrke                  | Brinell-hårdhed   |       | Vickers-hårdhed | Rockwell - hårdhed |      |         |
|                             | Kugleindtryk (mm) | HB    |                 | HRB                | HRC  | HR 30 N |
| N/mm <sup>2</sup>           | d                 | HB    |                 | HRB                | HRC  | HR 30 N |
| 1385                        | 3,02              | 409   | 430             | 43,6               | 62,7 |         |
| 1420                        | 2,99              | 418   | 440             | 44,5               | 63,5 |         |
| 1455                        | 2,95              | 428   | 450             | 45,3               | 64,3 |         |
| 1485                        | 2,92              | 437   | 460             | 46,1               | 64,9 |         |
| 1520                        | 2,89              | 447   | 470             | 46,9               | 65,7 |         |
| 1555                        | 2,86              | (456) | 480             | 47,7               | 66,4 |         |
| 1595                        | 2,83              | (466) | 490             | 48,4               | 67,1 |         |
| 1630                        | 2,81              | (475) | 500             | 49,1               | 67,7 |         |
| 1665                        | 2,78              | (485) | 510             | 49,8               | 68,3 |         |
| 1700                        | 2,75              | (494) | 520             | 50,5               | 69,0 |         |
| 1740                        | 2,73              | (504) | 530             | 51,1               | 69,5 |         |
| 1775                        | 2,70              | (513) | 540             | 51,7               | 70,0 |         |
| 1810                        | 2,68              | (523) | 550             | 52,3               | 70,5 |         |
| 1845                        | 2,66              | (532) | 560             | 53,0               | 71,2 |         |
| 1880                        | 2,63              | (542) | 570             | 53,6               | 71,7 |         |
| 1920                        | 2,60              | (551) | 580             | 54,1               | 72,1 |         |
| 1955                        | 2,59              | (561) | 590             | 54,7               | 72,7 |         |
| 1995                        | 2,57              | (570) | 600             | 55,2               | 73,2 |         |
| 2030                        | 2,54              | (580) | 610             | 55,7               | 73,7 |         |
| 2070                        | 2,52              | (589) | 620             | 56,3               | 74,2 |         |
| 2105                        | 2,51              | (599) | 630             | 56,8               | 74,5 |         |
| 2145                        | 2,49              | (608) | 640             | 57,3               | 75,1 |         |
| 2180                        | 2,47              | (618) | 650             | 57,8               | 75,5 |         |
|                             |                   |       | 660             | 58,3               | 75,9 |         |
|                             |                   |       | 670             | 58,8               | 76,4 |         |
|                             |                   |       | 680             | 59,2               | 76,8 |         |
|                             |                   |       | 690             | 59,7               | 77,2 |         |
|                             |                   |       | 700             | 60,1               | 77,6 |         |
|                             |                   |       | 720             | 61,0               | 78,4 |         |
|                             |                   |       | 740             | 61,8               | 79,1 |         |
|                             |                   |       | 760             | 62,5               | 79,7 |         |
|                             |                   |       | 780             | 63,3               | 80,4 |         |
|                             |                   |       | 800             | 64,0               | 81,1 |         |
|                             |                   |       | 820             | 64,7               | 81,7 |         |
|                             |                   |       | 840             | 65,3               | 82,2 |         |
|                             |                   |       | 860             | 65,9               | 82,7 |         |
|                             |                   |       | 880             | 66,4               | 83,1 |         |
|                             |                   |       | 900             | 67,0               | 83,6 |         |
|                             |                   |       | 920             | 67,5               | 84,0 |         |
|                             |                   |       | 940             | 68,0               | 84,4 |         |

Omregninger af hårdhedsværdier efter denne tabel er kun tilnærmelsesvis rigtig  
Se DIN 50 150 December 1976

| Brudstyrke                                                               | N/mm <sup>2</sup>                                                                            | Rm      |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Brinellhårdhed <sup>1)</sup><br>(0,102 F/D <sup>2</sup> -30)<br>D = 10mm | Kugleindtryks-<br>diametere i mm:<br>$H_{\text{Brinell}} = \frac{0,102 \times F}{D^2 - d^2}$ | d<br>HB |
| Vickershårdhed                                                           | Diamantpyramide:<br>Prøvestyrke ≥ 50 N                                                       | HV      |
| Rockwellhårdhed<br>1) Udregnet som:<br>HB = 0,95*HV                      | Kugle 1,588 mm (1/16")<br>Samlet prøvestyrke = 98 N                                          | HRB     |
|                                                                          | Diamantkegle<br>Samlet prøvestyrke = 1471 N                                                  | HCR     |
|                                                                          | Diamantkegle<br>Samlet prøvestyrke = 294 N                                                   | HR 30 N |

## Ind-hærde-dybde (IHD / CHD)



Kilde: Seco Warwick

Testing report

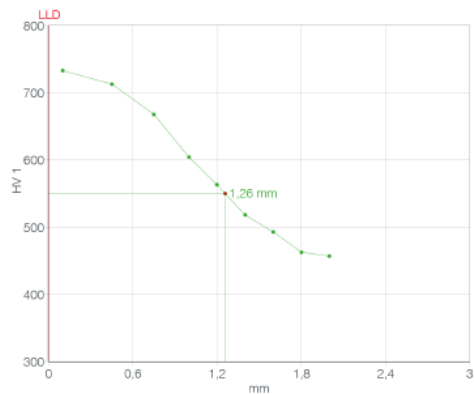


1,0-1,5 (3)

Sample Id: 791388-1  
Customer:   
Detail: C11.10178-0040

Part Number: 425733  
Work Order: 586507  
Material: 18CrNiMo7-6

CHD Test series

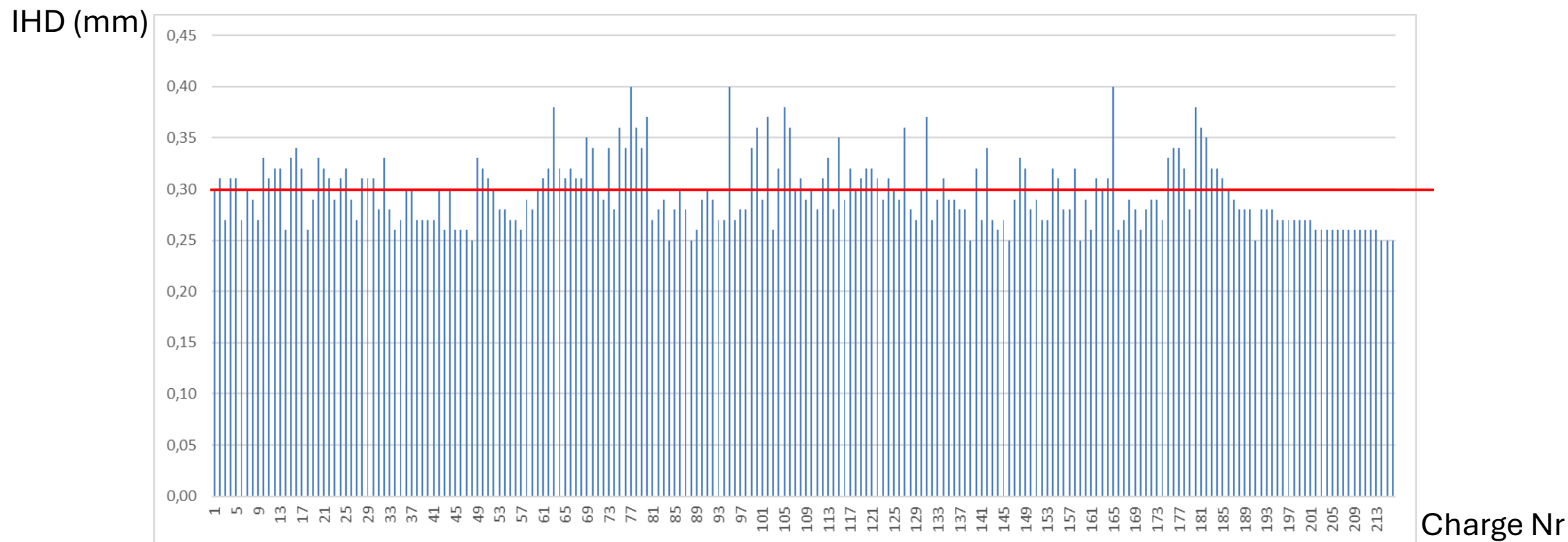


Result: CHD 550 HV 1 = 1,26 mm

Test points:

| No. | Value | Method | X pos. [mm] | Y pos. [mm] | d1 [mm] | d2 [mm] | Description |
|-----|-------|--------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| 1   | 733   | HV 1   | 0,10        | 0,00        | 0,05    | 0,05    |             |
| 2   | 713   | HV 1   | 0,45        | 0,00        | 0,05    | 0,05    |             |
| 3   | 668   | HV 1   | 0,75        | 0,00        | 0,05    | 0,05    |             |
| 4   | 604   | HV 1   | 1,00        | 0,00        | 0,06    | 0,06    |             |
| 5   | 563   | HV 1   | 1,20        | 0,00        | 0,06    | 0,06    |             |
| 6   | 518   | HV 1   | 1,40        | 0,00        | 0,06    | 0,06    |             |
| 7   | 493   | HV 1   | 1,60        | 0,00        | 0,06    | 0,06    |             |
| 8   | 463   | HV 1   | 1,80        | 0,00        | 0,06    | 0,06    |             |
| 9   | 457   | HV 1   | 2,00        | 0,00        | 0,06    | 0,06    |             |

## Tolerancer på IHD:



Mål : IHD = 0,3 mm → Resultater : 0,25 – 0,40 mm

Tolerance : -0,05/+0,10 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  |

# Afslutning

## Hvad skal der til for at sikre den specificerede kvalitet ved varmebehandling?

- God indledende dialog
- Entydig specifikation
- Korrekte materialeoplysninger
- Entydig sporbarhed
- Match mellem den valgte proces og specifikation
- Aftalt kontrolomfang og dokumentation
- Emballering forud for transport



**Tak for opmærksomheden**