

# **Revisie van motoren**

door Joris Deckers

## INHOUDSOPGAVE

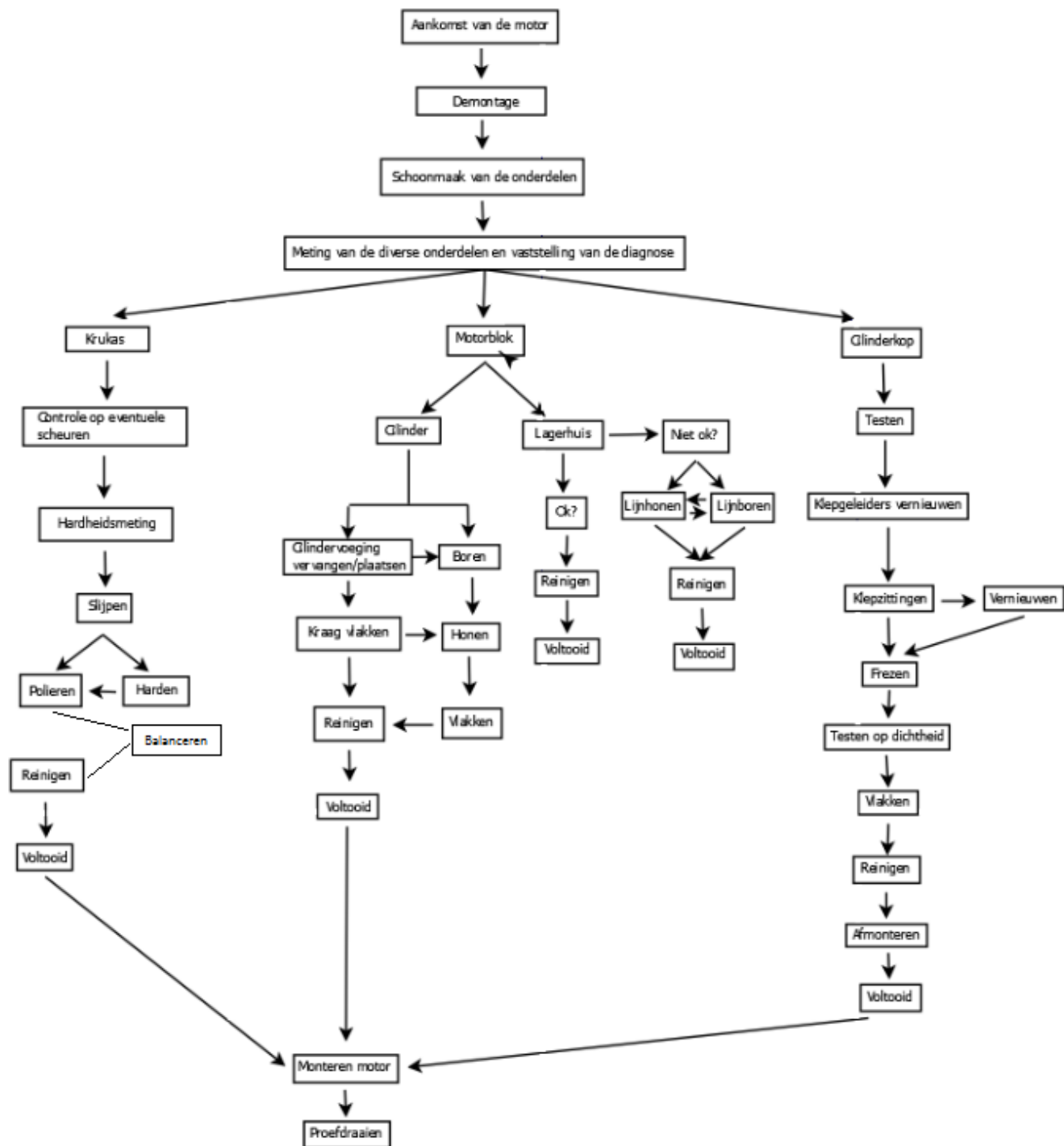
<b>Inleiding .....</b>	<b>5</b>
<b>Hoofdstuk 1: het reinigen.....</b>	<b>7</b>
<b>Hoofdstuk 2: de krukas .....</b>	<b>8</b>
1. Hardheidsmeting van de krukas .....	9
2. Testen van de krukas op scheuren .....	13
3. Harden van de krukas .....	14
4. Het rechte van de krukas.....	15
5. Het slijpen van de krukas.....	16
6. Het polieren van de krukas.....	18
7. Het balanceren van de krukas .....	19
<b>Hoofdstuk 3: Het motorblok.....</b>	<b>20</b>
1. De lagering van de krukas in het motorblok .....	20
2. De axiale speling van de krukas.....	23
3. Het vlakken .....	25
4. De kragen vlakken .....	26
5. Het uitboren van de cilinders .....	27
6. Het honen van de cilinders.....	29
7. Het Honen met de Rottler HP7A .....	30
<b>Hoofdstuk 4: De drijfstang.....</b>	<b>31</b>
<b>Hoofdstuk 5: De zuiger .....</b>	<b>33</b>
<b>Hoofdstuk 6: De cilinder .....</b>	<b>34</b>
1. Inleiding .....	34
<b>Hoofdstuk 7: De cilinderkop .....</b>	<b>37</b>
1. Het vlakken van de cilinderkop .....	37
2. Testen op lekkage.....	38
<b>Hoofdstuk 8: het kleppenmechanisme .....</b>	<b>39</b>
1. De klepgeleider.....	39

2. De klepzitting.....	41
3. De kleppen en de klepveren.....	46
4. De nokkenas .....	47
<b>Hoofdstuk 9: De smering en de koeling .....</b>	<b>48</b>
1. Smering.....	48
2. Koeling.....	48
<b>Hoofdstuk 10: Monteren .....</b>	<b>49</b>
<b>Hoofdstuk 11: Proefdraaien .....</b>	<b>50</b>
<b>Hoofdstuk 12: Aanvulling machinepark.....</b>	<b>53</b>
Freesmachine .....	53
Conventionele Draaibank.....	54
Remmendraaibank .....	56

FIGUUR 1: WASAUTOMAAT GESLOTEN.....	7
FIGUUR 2: WASAUTOMAAT OPEN .....	7
FIGUUR 3: ULTRASOONBAD .....	7
FIGUUR 4: KRUKAS .....	8
FIGUUR 5: SCLEROGRAAF.....	9
FIGUUR 6: SCLEROGRAAF.....	9
FIGUUR 7: KRUKAS IN MAGNETISCH VELD.....	13
FIGUUR 8: KRUKASSLIJPBANK.....	17
FIGUUR 9: KRUKASSLIJPBANK.....	17
FIGUUR 10: POLIEREN KRUKAS.....	18
FIGUUR 11: BALANCEERMACHINE MET GEMONTEERDE KRUKAS .....	19
FIGUUR 12: LAGERKAP SLIJPEN .....	21
FIGUUR 13: LIJNBOORBANK .....	22
FIGUUR 14: LIJNHOONMACHINE .....	22
FIGUUR 15: MEETKLOK .....	23
FIGUUR 16: KRAAG VLAKKEN.....	26
FIGUUR 17: UITBOREN VAN DE CILINDERS .....	28
FIGUUR 18: HONEN VAN DE CILINDERS .....	29
FIGUUR 19: DRIJFSTANG.....	31
FIGUUR 20: HONEN VAN DE DRIJFSTANG.....	32
FIGUUR 21: ZUIGER .....	33
FIGUUR 22: VLAKKEN VAN DE CILINDERKOP .....	37
FIGUUR 23: WATERBAK OPEN.....	38
FIGUUR 24: WATERBAK GESLOTEN .....	38
FIGUUR 25: KLEPZITTING .....	41
FIGUUR 26: SLIJPEN MET STEEN .....	43
FIGUUR 27: HANDMATIG FREZEN .....	44
FIGUUR 28: CNC-KLEPZITTINGFREESMACHINE.....	44
FIGUUR 29: PLAATSEN NIEUWE KLEPZITTINGEN .....	45
FIGUUR 30: KLEP SLIJPEN.....	46
FIGUUR 31: KLEP SLIJPEN.....	46
FIGUUR 32: NOKKENAS .....	47
FIGUUR 33: TESTBANK .....	52
FIGUUR 34: TESTBANK .....	52
FIGUUR 35: FREESMACHINE .....	53
FIGUUR 36: FREESMACHINE .....	53
FIGUUR 37: DRAAIBANK .....	54
FIGUUR 38: DRAAIBANK .....	55
FIGUUR 39: REMMENDRAAIBANK.....	56

## INLEIDING

Dit proefschrift handelt over het reviseren van motoren. Hiervoor is geen bepaald type van motor genomen, zodat dit concept een algemeen beeld geeft van de werkzaamheden in een revisiebedrijf. Het voordeel hiervan is dat het grotendeels toepasselijk is op de moderne automotor. Maar wat is reviseren nu eigenlijk? Onder reviseren dient men te verstaan: alles nazien, meten en hetgeen beschadigd is of versleten, herstellen of vernieuwen. Dit alles moet uiteindelijk leiden tot een vernieuwde motor. Belangrijk hierbij is natuurlijk hoe deze revisie wordt uitgevoerd. Wanneer moet men nu tot een revisie van de motor overgaan? Wat zijn de symptomen die u hiertoe zullen moeten doen besluiten? Wel, deze zijn veelvuldig, wanneer de motor zijn opgegeven vermogen niet meer haalt bijvoorbeeld, wanneer het oliegebruik te hoog wordt en natuurlijk wanneer de motor is vastgelopen. De motoren worden hiertoe naar een revisiebedrijf gebracht waar gespecialiseerde herstellingen kunnen uitgevoerd worden. Men moet verder vermelden dat bij het reviseren ervaring en nauwkeurigheid van het grootste belang zijn om goede resultaten te verkrijgen.



## HOOFDSTUK 1: HET REINIGEN

Bij een revisie is het van groot belang zo zuiver mogelijk te werken: dit verhoogt de nauwkeurigheid. Daarom wordt de motor na het demonteren ook gereinigd. Bij het reinigen wordt er meestal gebruik gemaakt van een wasautomaat. Deze zal het motorblok en andere onderdelen zeer zuiver maken. Het is niet voldoende enkel voor de werkzaamheden alles te kuisen, ook tijdens de werken moet er naar zuiverheid gestreefd worden. Als dan alle revisiewerkzaamheden gedaan zijn, is het best alle onderdelen nog eens na te kijken en eventueel te behandelen indien nodig is. Als dit gebeurd is, kan men alles monteren.



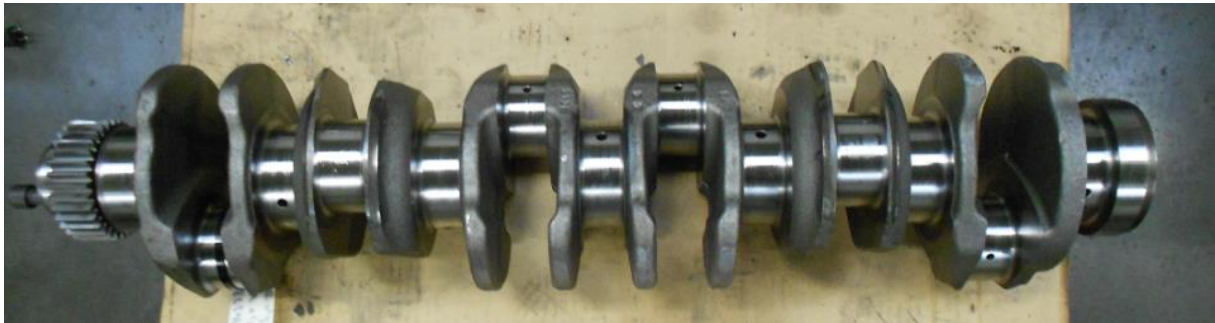
Figuur 2: wasautomaat gesloten



Figuur 1: wasautomaat open



Figuur 3: ultrasoonbad



Figuur 4: krukas

De energie die in de cilinder vrijkomt tijdens de verbranding wordt overgebracht via de zuiger en de drijfstang op de krukas. Daar werkt een grote belasting op in, waardoor het niet verwonderlijk is dat de krukas aan grote slijtage onderhevig is. Er zijn meestal dan ook verschillende testen en bewerkingen op de krukas nodig, nl.:

1. de hardheid meten van het materiaal waar de lagers zich bevinden
2. de krukas nazien op scheuren of groeven
3. de krukas harden
4. de krukas rechten
5. de krukas slijpen
6. de krukas polieren

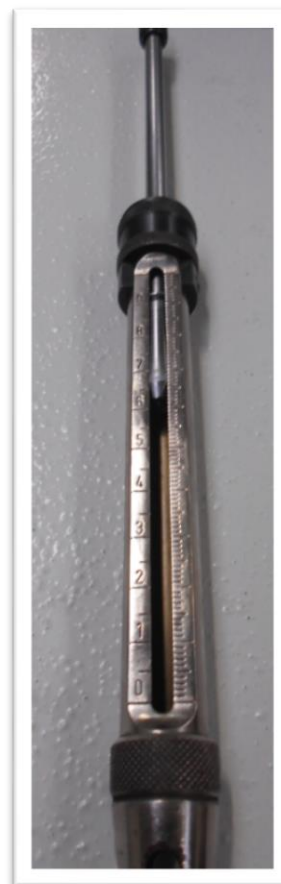


## 1. HARDHEIDSMETING VAN DE KRUKAS

De hardheid wordt meestal gemeten met de sclerograaf. Ondanks de simpele opbouw en handigheid in gebruik, garandeert de sclerograaf een nauwkeurig resultaat. Het principe van de sclerograaf steunt op de terugkaatsing van een vallend voorwerp op het te meten materiaal. Dit geeft een eenvoudige en niet-destructieve meting. Men trekt een staafje naar boven tot de hoogste stand die aangeduid is. Men zet vervolgens het apparaat verticaal op het stuk waarvan men de hardheid wenst te kennen en men drukt op de startknop. De staaf valt, raakt met zijn 5 mm zeer harde kogel het werkstuk en springt terug omhoog. Dankzij een ingenieus systeem blijft het staafje zitten op het hoogste punt van zijn terugslag. Men kan dan op een schaal de waarde hiervan aflezen. In een bijgevoegde tabel leest men dan de bijhorende hardheid af in een bepaald stelsel.



Figuur 5: sclerograaf



Figuur 6: sclerograaf

	SH	BV	Rock	Rock
		H	C	B
22		112		64
23		120		68
24		129		72
25		136		75
26		145		78
27		149		80
28		159		82
29		165		84
30		172		87
31		180		89
32		186		91
33		195		92
34		206		94
35		207		95
36		218		97
37		227		98
38	26	234	20	100
39	37	241	21,9	
40	38	250	23	
41	39,5	259	24,5	
42	41	268	26	
43	42	275	27	
44	43	285	28	
45	44,5	293	29,9	
46	46	302	31	
47	47	309	32	
48	48	317	33	
49	49	327	34	

50	50	337	35	
51	51	347	36	
52	52	347	37	
53	53	357	38	
54	55	368	39,5	

	SH	BV	Rock
		H	C
55	56	380	40,9
56	58	391	42
57	59,5	404	43
58	61	412	44
59	62,5	423	45
60	63,5	437	46
61	65	450	47
62	66,5	462	48
63	69	474	49,5
64	71	488	50,5
65	72,5	501	51,5
66	74	514	52,5
67	75,5	530	53,5
68	77	543	54,5
69	81	555	55,5
70	83	571	56,5
71	85	585	57,5
72	87,5	595	58,5
73	91	614	60
74	94	632	61,5
75	98	645	63
76	101	684	6405
77	103	706	6
78	104	719	67
79	105	739	68

## 2. TESTEN VAN DE KRUKAS OP SCHEUREN

De scheuren in een krukas ontstaan door:

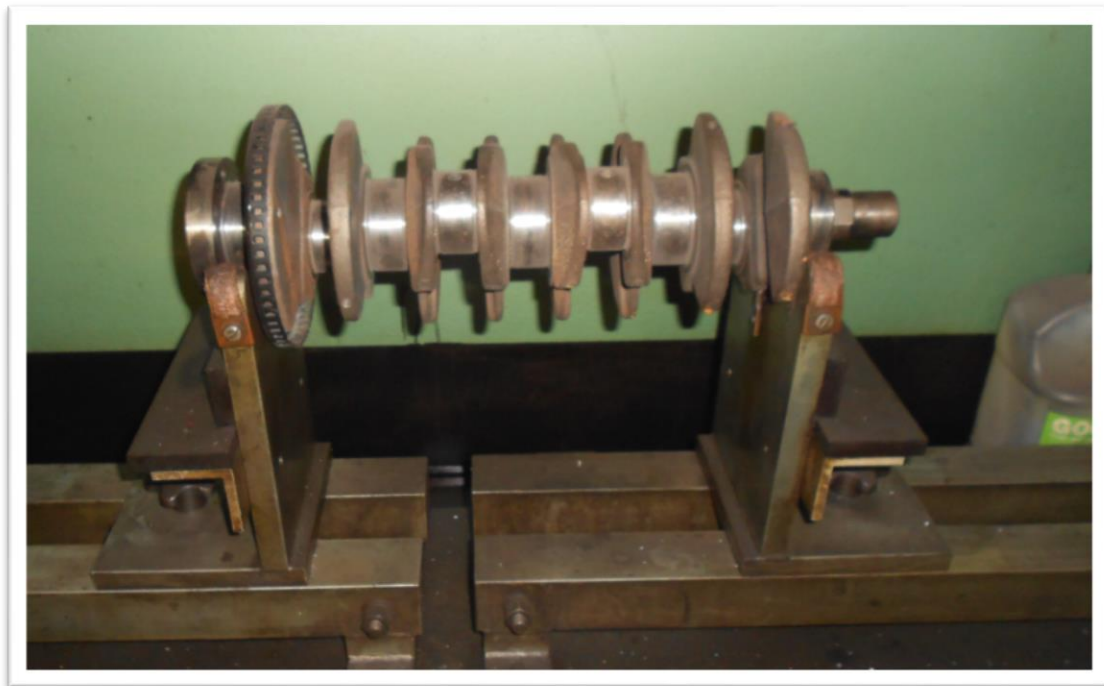
- a) Het heet lopen van een lager door een oliedefect of mechanische fouten in de lager.
- b) Het onoordeelkundig slijpen van de krukas door bijvoorbeeld een onvoldoende of onregelmatige afkoeling tijdens het proces, gevolgd door een plotse afkoeling van de verhitte laag. Dit noemt men slijprissen.
- c) Tijdens het harden als er in de geharde laag te hoge spanningen optreden.
- d) Vermoeidheid van het materiaal door de steeds wisselende belasting.

Deze scheuren kunnen zich manifesteren in de rondingen van de loopvlakken, in de krukwingen, in het oliekanal op bijvoorbeeld de insnijding van de olieterugvoer en meestal aan de voor- of achterkant van de krukas.

Om de krukas op scheuren te testen gebruikt men twee methoden:

1. **De magnetische methode:** We plaatsen de krukas hierbij tussen twee punten. We verbinden de krukas met een stroombron die een magnetisch veld doet ontstaan. Vervolgens wordt er een vloeistof over de krukas gegoten. Deze vloeistof bestaat uit een oplossing van olie met metaalpoeder. Door het magnetisch veld worden de metaaldeeltjes van de oplossing min of meer naar de scheuren of groeven getrokken zodat deze zichtbaar worden. Met een vergrootglas kan men de volledige krukas inspecteren.

Na deze test moet de krukas terug gedemagnetiseerd worden.



Figuur 7: krukas in magnetisch veld

## 2. De methode met de lamp

Men smeert de krukas in met een speciaal hiertoe bestemd product. Daarna gaat men de krukas belichten in een donkere kamer met een speciale lamp. Men kan zo ook de scheuren vaststellen.

Worden er dwarsgroeven gevonden in de krukas, dan is deze onbruikbaar geworden. Vroeg of laat zal de krukas hier breken als gevolg van de steeds wisselende belasting.

---

## 3. HARDEN VAN DE KRUKAS

Aan de hardheid van de krukas dienen zekere grenzen gesteld te worden daar anders de as sneller zou gaan slijten dan de lagers. Vooraleer men overgaat tot het harden van de krukas moet men de samenstelling van het materiaal kennen. Om de sterkte van de krukas niet geweldig te verminderen zal men trachten de krukas alleen aan de oppervlakte te harden. Hier zijn verschillende methodes voor waarvan we er drie bespreken:

1. Het inductief harden: Bij het inductief harden plaatst men de krukas tussen twee punten en laat hem langzaam ronddraaien. Dit doet men om vervorming van de krukas door verhitting te vermijden. Hierna worden twee beugels, waardoor een hoogfrequente stroom gestuurd kan worden, over de as aangebracht. De beugels worden boven het te harden gedeelte van de krukas gezet waarna de stroom ingeschakeld wordt. Deze hoogfrequente stroom zal de buitenrand van de pen sterk verhitten in korte tijd (800 – 900 °C). Eens deze temperatuur bereikt is, wordt de pen plots afgekoeld. Hierdoor wordt alleen de buitenste schil gehard en blijft de kern voldoende sterk. De gaatjes van de oliekanalen worden lichtjes weggeschuurd omdat anders tijdens het harden de randen weggebrand zouden worden.
2. Het nitreren: Hierbij gaat men de krukas verhitten tot ongeveer 550°C in een atmosfeer van stikstof. De warme stikstof wordt opgeslorpt door het metaal van de krukas met het gevolg dat de oppervlakte zeer hard wordt. De dikte van de geharde laag hangt af van de duur van de bewerking. Na het nitreren is het aangeraden het bovenste laagje af te nemen (ca 0,005mm).
3. Vlamharden: Met een vlamtoorts wordt de top opgewarmd om daarna met water te koelen zodat men een harde toplaag krijgt.

---

#### 4. HET RECHTEN VAN DE KRUKAS

Na het eventuele harden volgt het rechten of centreren van de krukas. Dit rechten is dikwijls nodig omdat de krukas zich in bedrijf is gaan “zetten” of door harden is vervormd. Zou men dit rechten niet doen, dan zou er grote schade aangericht worden aan de lagering en de cilinder, daar de drijfstang dan niet meer in het center staat. Daarom laat men hier quasi geen toleranties toe.

Bij het rechten gaat men als volgt te werk: men plaatst de krukas met zijn uiteinden in V – blokken. Men zal dikwijls de krukas moeten verwarmen alvorens hem te rechten. Aan de lagerringen van de as worden meetblokjes aangebracht. Het is vanzelfsprekend dat de krukas hierbij evenwijdig moet liggen aan de plaat waarop de meetblokjes staan en loodrecht t.o.v. de pers. Met de meetblokjes stelt men vast waar men de krukas zal gaan bedrukken. Het vereist veel vakmanschap om de krukas met de juiste kracht en gedurende de juiste tijd te bedrukken.

## 5. HET SLIJPEN VAN DE KRUKAS

De krukas wordt geslepen om hem mooi rond te maken en alle groeven te verwijderen. Is de lager meer conisch of ovaler dan 0,025 mm, of vertoont hij groeven, dan is slijpen nodig. Wanneer de krukas geslepen is, heeft men terug een mooi oppervlak waar de lagers normaal hun dienst kunnen doen.

Het slijpen van de krukas gebeurt met speciale slijpmachines. De krukas draait hierbij rond tegen ongeveer 30 toeren per minuut. De slijpsteen draait met een snelheid van ongeveer 1000 toeren per minuut en haar diameter is ongeveer 800 mm. Vooraleer het slijpen aan te vatten, wordt de steen gedresst. Dit wil zeggen dat de steen evenwijdig wordt geslepen aan de lijn der centerpunten. Dit gebeurt met behulp van een diamantsteentje. Ook wordt de steen aan de uiteinden rond gelegd (om breuken te vermijden, radius), want scheurtjes treden vlugger op aan scherpe kanten.

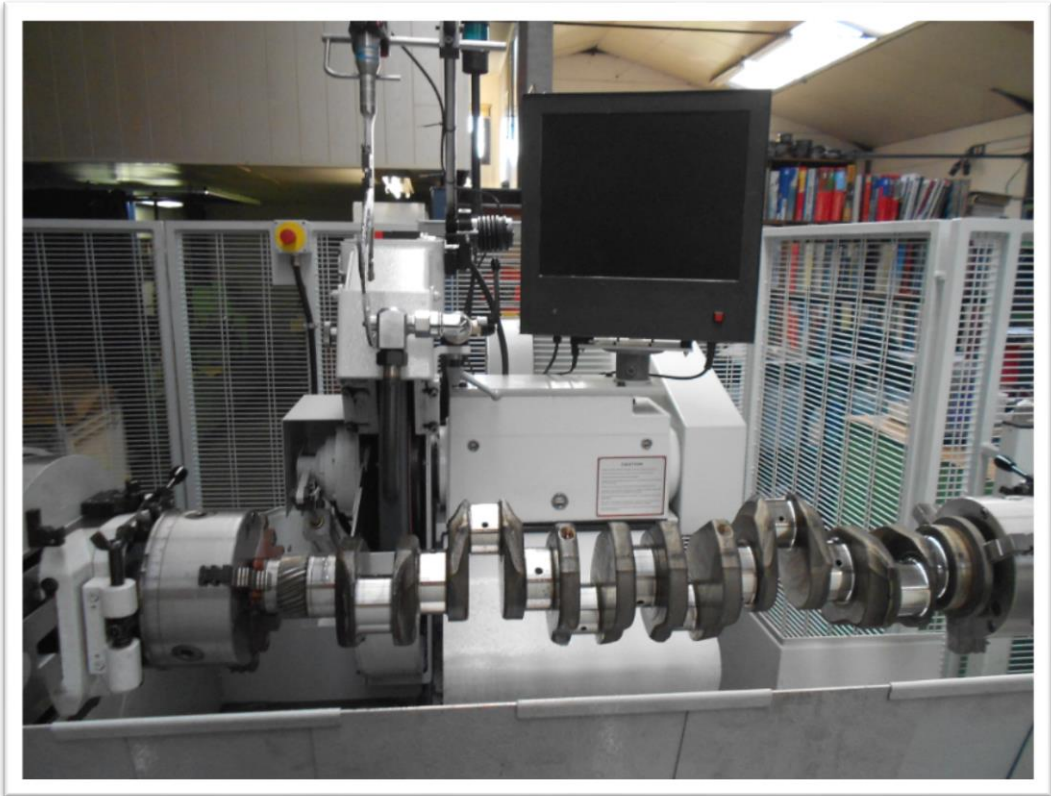
Voor het slijpen van de lagertappen heeft men een aparte werkwijze voor de lagertappen (1) en de hoofdlagertappen (2).

1. Om de drijfstanglagertappen te slijpen zet men de krukas uit het center met de helft van de slag. De lagertap die geslepen moet worden, wordt juist gezet op slingering. Deze slingering mag niet meer dan 0,02mm bedragen. Indien de krukas te groot is moet hij tussenin nog ondersteund worden. Als men nog een krukaslager wil slijpen, moet deze op zijn beurt weer juist gezet worden.
2. Voor de hoofdlagertappen worden aan de uiteinden van de krukas twee meetklokjes gezet waarmee men de krukas juist zet. Men slijpt achtereenvolgens de verschillende krukaslagers. Tijdens het slijpen kan men een meetklokje op de draaiende krukas zetten om zo te zien hoeveel materiaal er nog afgeslepen moet worden. Tijdens het slijpen wordt grote hoeveelheden koelvloeistof gebruikt om te koelen en afgenomen materiaal weg te voeren.

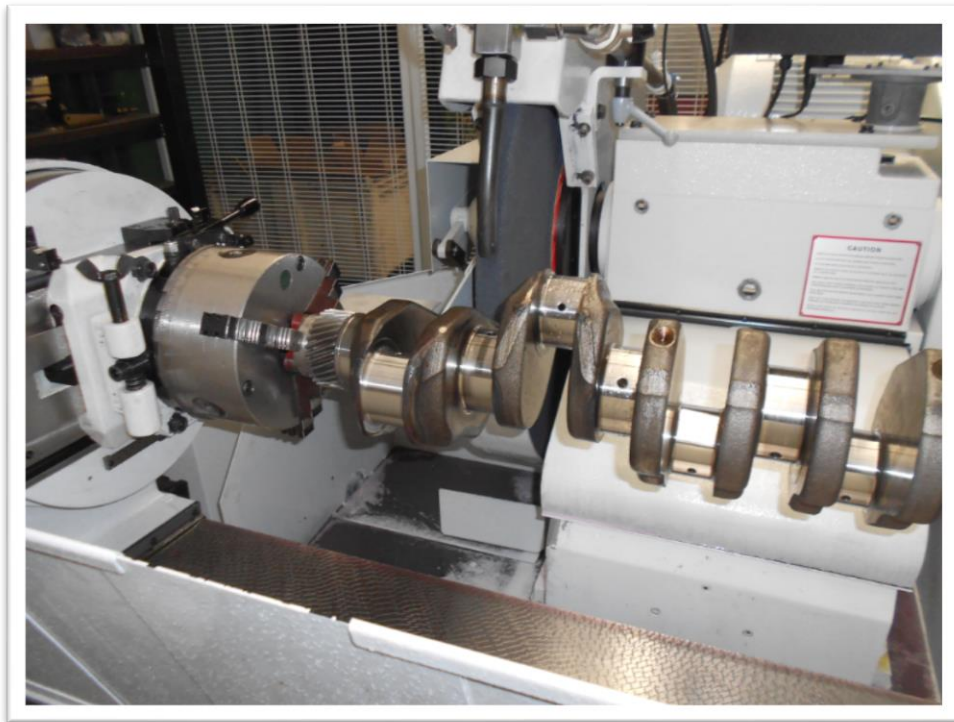
Daar men door het slijpen natuurlijk de diameter verkleint, zal men, om toch de juiste speling in het lager te behouden, dikkere lagerschalen moeten gebruiken. Hieronder een voorbeeld van een krukas met zijn overmaten:

	<b>hoofdlager</b>	<b>drijfstanglager</b>
<b>standaard</b>	69,965 - 69,955	51,965 - 51,955
<b>1<sup>e</sup> overmaat</b>	69,715 - 69,705	51,715 - 51,705
<b>2<sup>e</sup> overmaat</b>	69,465 - 69,455	51,465 - 51,455
<b>3<sup>e</sup> overmaat</b>	69,215 - 69,205	51,215 - 51,205
<b>4<sup>e</sup> overmaat</b>	68,965 - 68,955	50,965 - 50,955





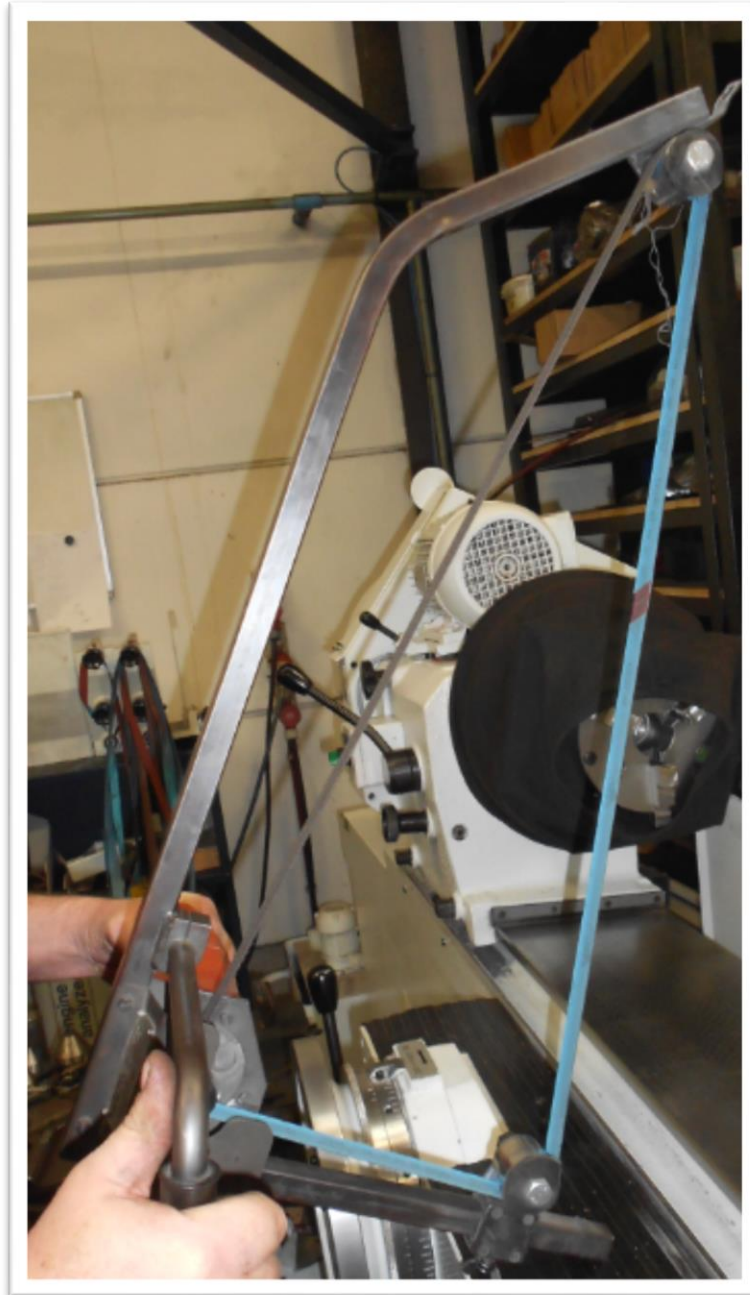
Figuur 8: krukasslijpbank



Figuur 9: krukasslijpbank

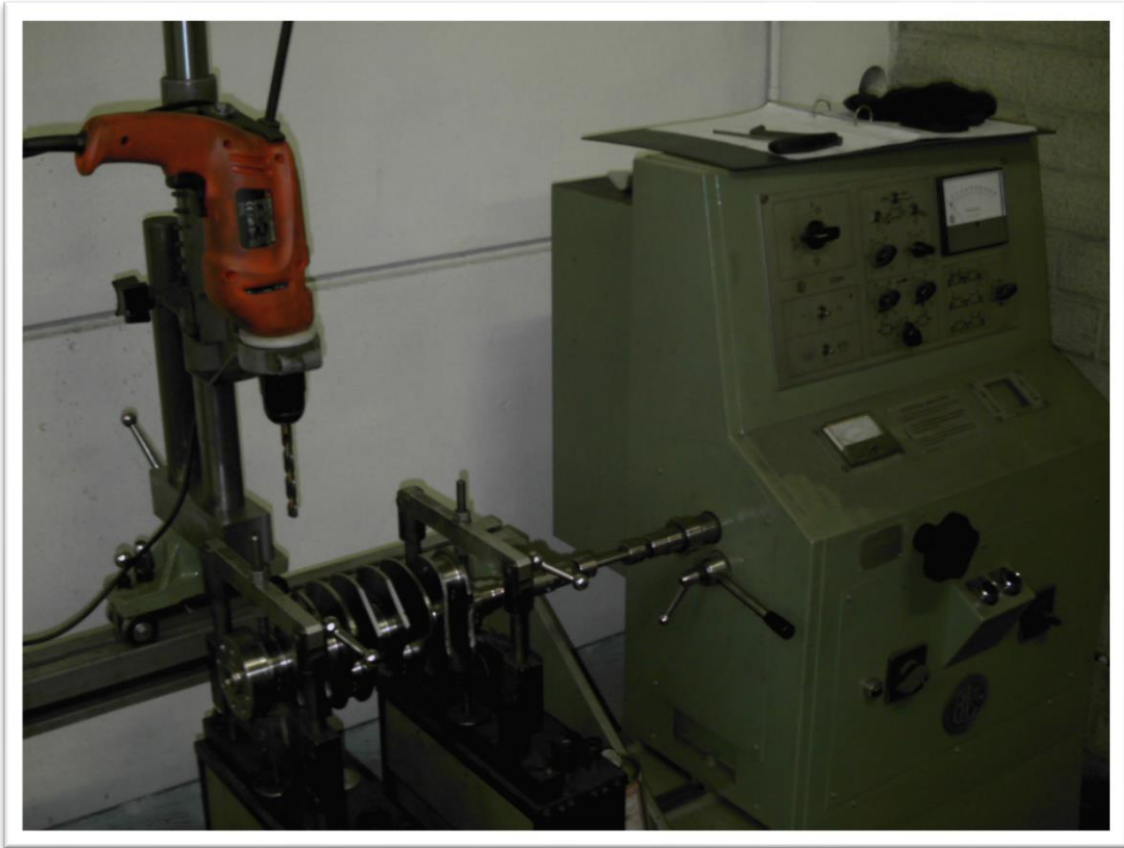
## 6. HET POLIEREN VAN DE KRUKAS

Na het slijpen moet men de krukas steeds polieren om de zeer scherpe punten, ontstaan bij het slijpen, te verwijderen. Het polijsten doet men door de tappen met fijn schuurpapier op te schuren met hoge snelheid .



Figuur 10: polieren krukas

7. HET BALANCEREN VAN DE KRUKAS



Figuur 11: balanceermachine met gemonteerde krukas

## HOOFDSTUK 3: HET MOTORBLOK

In dit hoofdstuk zullen we 3 onderwerpen bespreken, namelijk:

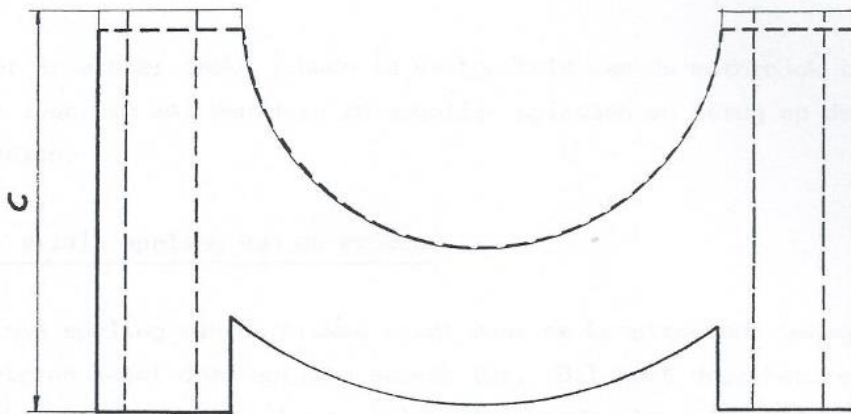
1. de lagering van de krukas in het motorblok
2. de axiale speling van de krukas
3. het vlakken

### 1. DE LAGERING VAN DE KRUKAS IN HET MOTORBLOK

Bij de meeste moderne motoren draaien de krukassen in uitneembare lagerschalen. Wanneer door slijtage de speling van de krukas te groot wordt, zal het lager gaan bewegen in zijn lagerkap.

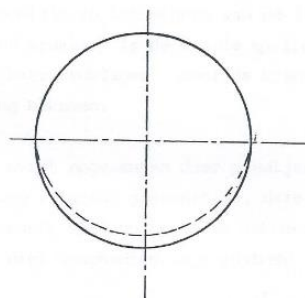
Deze beweging van het lager zal slijtage veroorzaken aan de lagerkap en/of aan het motorblok. Het is zeer belangrijk te weten waar de slijtage zich heeft voorgedaan omdat daaruit ook de te volgen herstelling voortvloeit. We weten dat de afstand tussen zuiger en cilinderkop niet verkleind mag worden en dus dat de stand van de krukas behouden moet blijven.

Wanneer er alleen slijtage voorkomt aan de lagerkap zal men deze reviseren. Dit gebeurt dan als volgt: eerst zal men de hoogte  $c$  van de lagerkap verkleinen.



Hierdoor gaat men echter ook de cirkel veranderen zoals uit onderstaande figuur blijkt dus zal men ook de lagerkap moeten uitdraaien.

tekening hiervoor:



Hoe gebeurt dit alles nu in de werkplaats? De hoogte c van de lagerkap wordt verkleind in een speciale machine. De lagerkap wordt hierbij in een spanschroefje gespannen en tegen een ronddraaiende steen bewogen die erboven is opgesteld. Is er voldoende materiaal afgenomen dan gaat men de lagerkappen uitdraaien (lijnboren) en/of honen.



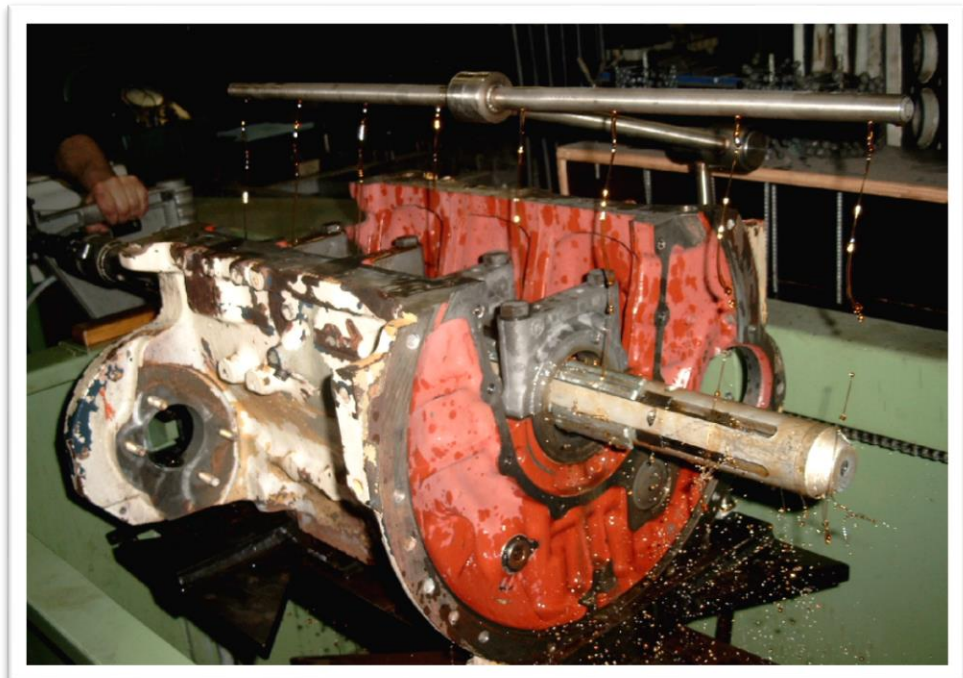
Figuur 12: lagerkap slijpen

## LIJNBOREN



Figuur 13: Lijnboorbank

## LIJNHONEN



Figuur 14: Lijnhoonmachine

## 2. DE AXIALE SPELING VAN DE KRUKAS

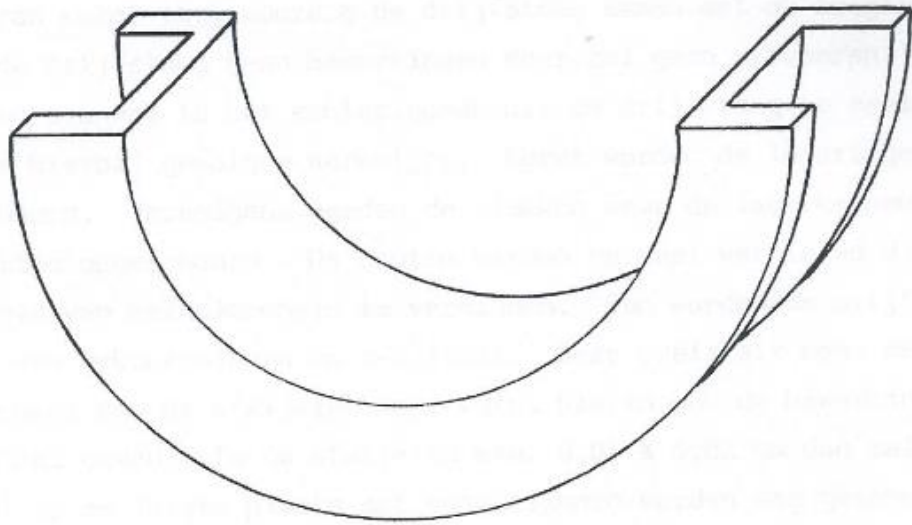
De axiale speling van de krukas wordt door de constructeur opgegeven. Bij automotoren neemt deze speling steeds toe. Dit komt door het veelvuldig gebruik van de koppeling.

De axiaalspeling wordt als volgt gemeten: men monteert de krukas in zijn lagerschalen, die vastgezet worden met het gepaste aantrekkoppel. Nu duwt men de krukas van de ene zijde naar de andere en men meet hierbij met een voelmaat of met een meetklok hoeveel de krukas hierbij verschoven wordt. De axiale druk wordt in motoren opgevangen door plaatjes (halve maantjes), ook axiaallagers genoemd.

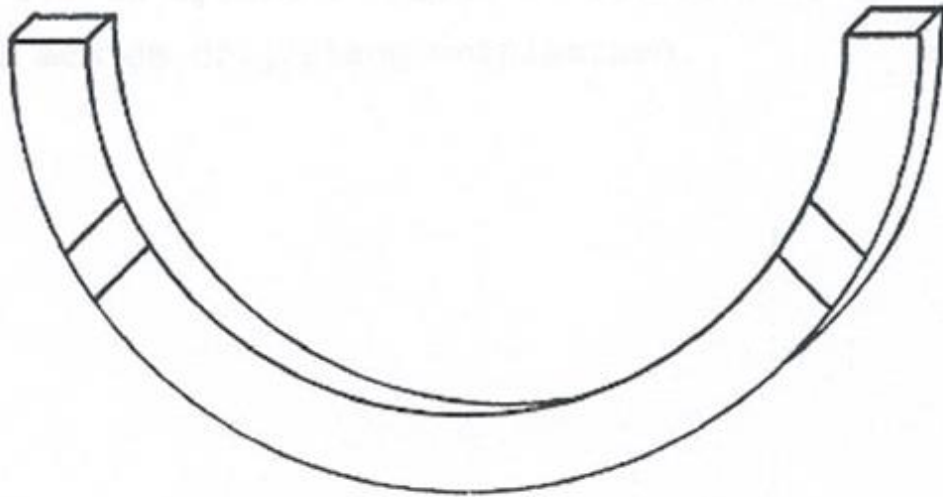


Figuur 15: meetklok

Deze druklager zit gewoonlijk in het midden van de lagering en wrijft tegen de bewerkte vlakken van de krukas. Is de axiale speling te groot geworden dan neemt men een nieuwe dikkere druklager (zie tekening).



De lager of het plaatje om de axiale speling van de krukas op te vangen.





### 3. HET VLAKKEN

Het kan voorkomen dat het motorblokvlak krom is getrokken. Om dit te verhelpen zal men het kopvlak op dezelfde manier als de cilinderkop vlakken (zie hoofdstuk 7.1: de cilinderkop - het vlakken van de cilinderkop). Het enige probleem bij het vlakken van het motorblok is dat men de afstand zuiger – cilinderkop verkleint. De minimumafstand tussen de zuiger en het kopvlak is opgegeven door de constructeur en moet daarom ook gevolgd worden. Indien men deze afstand zou overschrijden is het aan te raden deze terug te vergroten. Dit kan op verschillende manieren gebeuren, door de zuiger af te draaien, een dikkere koppakking te steken of door de zuigerpenbus te laten zakken bij het uitkotteren.

#### 4. DE KRAGEN VLAKKEN



Figuur 16: kraag vlakken

Bij motoren met vervangbare cilindervoeringen (dit kunnen zowel droge als natte voeringen zijn) worden de zittingen van de voeringen bij revisie terug zuiver gemaakt en/of gevakt.

## 5. HET UITBOREN VAN DE CILINDERS

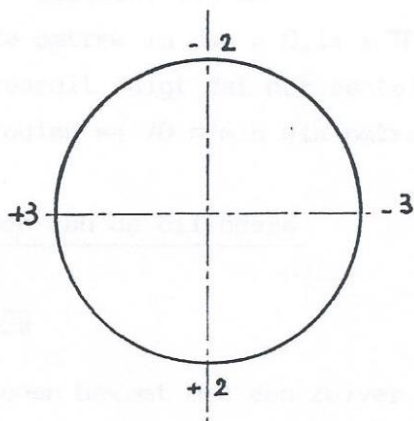
Hierbij enkele voorbeelden van de originele en de verschillende overmaten van enkele cilinders.

vb.1 standaard boring 87,00 – 87,022 mm  
1<sup>e</sup> overmaat 87,25 – 87,272 mm

vb.2 standaard boring 90 mm  
1<sup>e</sup> overmaat 90,5 mm  
2<sup>e</sup> overmaat 91 mm

Wanneer men de cilinder moet uitboren zal men steeds de kleinste revisiemaat nemen. De cilinder wordt daartoe opgemeten met een meetklokje op verschillende hoogtes en in twee richtingen (loodrecht en langs). Heeft men eenmaal de revisiemaat bepaald, dan kan men met het boren beginnen. Het motorblok wordt zodanig op de machine geplaatst dat de boorkop in het center van de cilinder komt en het kopvlak loodrecht op de boorricting staat. Om de centrering te bekomen wordt een meetstift in de boorkop aangebracht en brengt men deze tegen de stootrand.

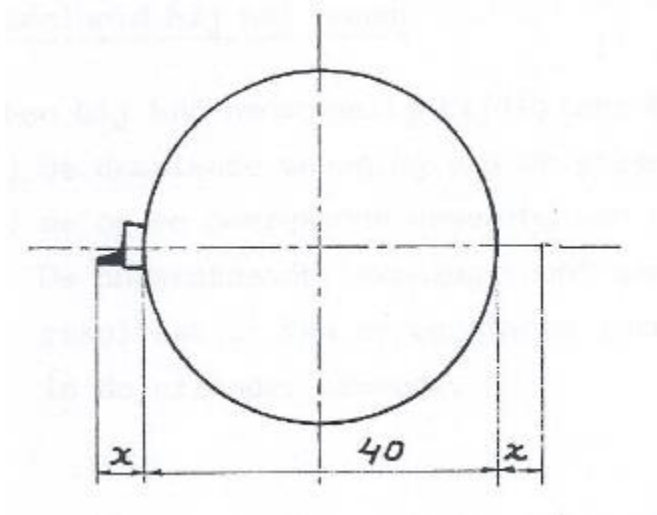
Door het verdraaien van de boorkop kan men deze in de cilinder centreren door het motorblok te verzetten (zie ter illustratie de onderstaande tekening).



De verplaatsing van de boorkop is dan 2/100 naar boven en 3/100 naar rechts.

Staat de boorkop juist, dan kan het motorblok goed vastgezet worden, waarna er nogmaals gecontroleerd wordt of de centrering correct is. Hierna wordt de beitel in de boorkop gemonteerd en op de overmaat gezet. Dit moet zeer nauwkeurig gebeuren.

Hierbij een voorbeeld. De revisiemaat van een cilinder is bepaald op 90,5 mm. De boorkop heeft een doormeter van 40 mm. Voor de bewerking van het honen, die op het boren volgt, moet er nog 0,05 à 0,10 mm materiaal overblijven om te honen. De maat waarop moet worden geboord is dus  $90,5 - 0,1 = 90,4$  mm. De beitel moet dan  $\frac{90,4-40}{2} = \frac{50,4}{2} = 25,2$  mm uit de boorkop uitsteken.



De snelheid van de boorkop moet gekozen worden in functie van de diameter van de cilinder en de materiaalsamenstelling. Voor gietijzer neemt men bv. een omtreksnelheid van 70 à 120 m/min. Met de gemeten maat van de cilinder kan men dan het aantal toeren bepalen.

bv.  $\varnothing$  cilinder 140 mm  
 de omtrek is dan  $= 0,14 \cdot \pi = 0,44$  m  
 waaruit volgt dat het aantal toeren van de boorkop zal moeten zijn indien we 70m/min als omtreksnelheid nemen:  $\frac{70}{0,44} = 159$  toeren per minuut.



Figuur 17: uitboren van de cilinder

## 6. HET HONEN VAN DE CILINDERS

### a) Inleiding

Door het honen bekomt men een zuiver cilindrische boring met een zeer karakteristiek oppervlak. Dit oppervlak heeft drie grote voordelen:

1. Het oppervlak is zuiver en vrij van verbrande deeltjes, vreemde overblijfselen en de typerende boorgroeven die slijtage zouden kunnen veroorzaken.
2. De kruisarcering, typerend voor het honen, geeft een oppervlak met diamantvormige plateaus die de belasting opnemen. Deze plateaus zijn omringd door dalen die dienst doen als oliereservoir en de warmteafvoer en smering bevorderen.
3. De gewenste oppervlaktefijnheid of ruwheid (ook afhankelijk van de hardheid van het materiaal) kan bepaald worden door de druk aan te passen en de ruwheid van de steen of diamant te variëren. De ruw- of fijnheid wordt dan over het gehele oppervlak bereikt en over de verschillende cilinders, met overal een identiek oppervlaktebeeld.

### b) De snelheid bij het honen

We hebben bij het honen gelijktijdig twee bewegingen en dus ook twee snelheden:

1. De draaiende beweging van de steen (rotatiesnelheid).
2. De op- en neergaande beweging van de steen (reciproke snelheid), de onderstaande tekening toont aan dat de figuur-acht-beweging het resultaat is van de constante rotatie van het gereedschap terwijl het in de cilinder beweegt.



Figuur 18: honen van de cilinders

---

## 7. HET HONEN MET DE ROTTLE HP7A

Voor de juiste toepassing zijn diamanten schuurmiddelen zeer effectief om cilinders te honen. Het Rottler precisiehoonhoofd haalt de kosten van het honen met diamanten sterk naar beneden waardoor het meer betaalbaar is. Door gebruik te maken van het Rottlersysteem is er nog weinig aandacht nodig van de operator tijdens het proces.

Een operator kan de voor- en nabewerking instellen en verwachten dat de machine de cilinder op maat hoont. Het is belangrijk om de juiste steendruk te gebruiken wanneer men diamanten schuurmiddelen gebruikt. De steendruk moet in het 50-90%-bereik liggen bij het ruw voorhonen, bij de afwerking in het 20-40%-bereik. Algemeen kan men stellen dat hoe hoger de steendruk ligt, des te sneller wordt er materiaal afgenomen. Hoe lager de finiseersteendruk, hoe hoger de nauwkeurigheid van de boring.

De HP7A is in staat om een onbeperkte hoeveelheid aan materiaal van een cilinder met een hoge nauwkeurigheid te verwijderen.

Het is wenselijk voor de algehele geometrie van het motorblok om een boormachine te gebruiken en om tot 0,05 tot 0,10 mm voor te boren.

Na het honen wordt afgewerkt met plateauhoonborstels om de juiste ruwheid en finiseeropervlakte te bekomen.

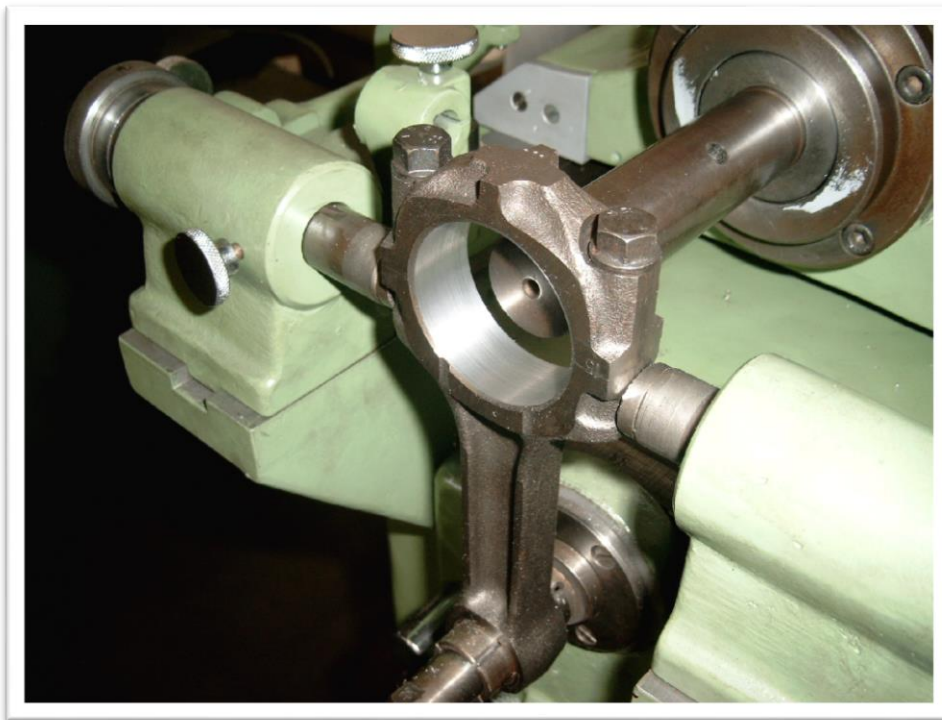
De cross hatch angle kan worden ingesteld in het Rottlersysteem om een goed kruispatroon te verkrijgen volgens opgave van de fabrikant van de motor en/of zuigerfabrikant.

## HOOFDSTUK 4: DE DRIJFSTANG

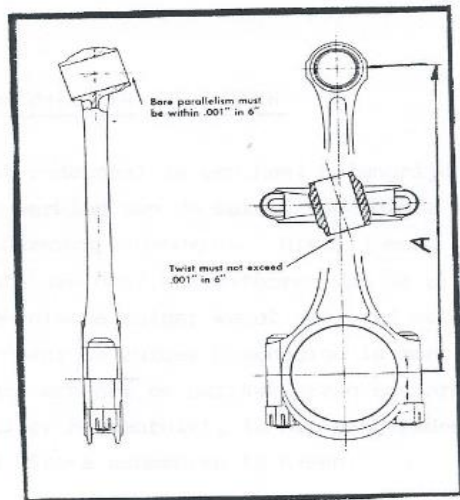
Dit motoronderdeel is dikwijls een bron van storing. Ziehier de hierbij gevolgde werkwijze.

Eerst worden de lageringen op de krukas opgeschuurd. Vervolgens worden de vlakken, waar de lagerkappen op de drijfstang zitten, opgeschuurd. De bouten worden nagezien en dikwijls vernieuwd, dit om een breuk als gevolg van metaalmoeheid te vermijden. Dan worden de drijfstanglagers één voor één gecontroleerd op ovaliteit. Deze ovaliteit meet men met een meetklok. Wanneer men de afwijkingen kent, volgen hieruit ook de bewerkingen die men aan de drijfstang zal moeten uitvoeren. Als de afwijking voldoet aan de maat van de fabrikant volgt er geen bewerking. Indien er een grotere afwijking is kan dit euvel verholpen worden door te honen en/of uitkotteren. Dit uitdraaien moet dan op dezelfde manier gebeuren als besproken bij het reviseren van krukaslagers onder hoofdstuk 2.

Bij het behandelen van de drijfstanglagers moet men rekening houden met het feit dat er tegenwoordig met hoge compressieverhoudingen gewerkt wordt. De zuigerpenlager van de drijfstang zal dan ook moeten vernieuwd worden. Men perst hiertoe het oude lager eruit en plaatst een nieuwe. Deze lager is meestal niet op maat en dient dan bewerkt te worden. Dit geschiedt door het lager uit te kottieren en/of te honen. Bij kottieren wordt na het centreren de beitel in het lager gebracht en men neemt hiervan een pasje af. Wanneer de beitel overal in gelijke mate raakt, is men klaar om het lager verder uit te draaien.



Figuur 19: drijfstang



Hierna controleert men de hoogte A (de afstand tussen het center van de krukas en de zuigerpenlagering, zie tekening).

Uit deze opmeting, die moet overeenstemmen met de door de constructeur opgegeven maat, zal ook blijken of de drijfstang gebogen of verwrongen is. Stelt men een verschil vast, dan zal men de drijfstang aan beide kanten gaan meten. Meet men hier een verschil dan is de drijfstang verwrongen.

Bij het honen wordt het materiaal verwijderd door schuureffect van stenen die ronddraaien (zie onderstaande foto).



Figuur 20: honen van de drijfstang



## HOOFDSTUK 5: DE ZUIGER

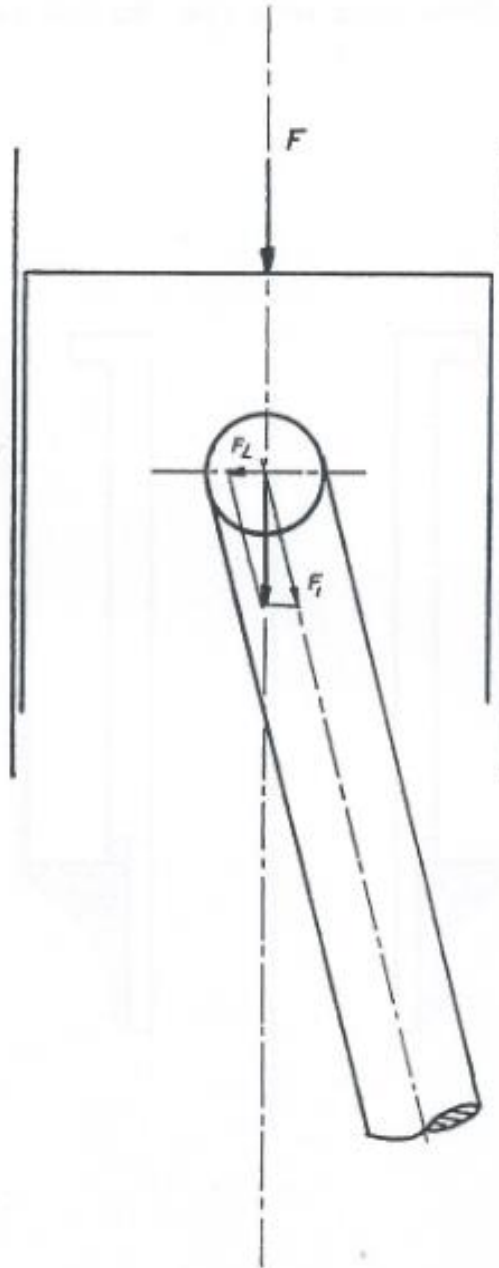
Dit onderdeel is zeer belangrijk, zo niet het belangrijkste onderdeel in de werking van de motor. De zuiger wordt bijna altijd bij een revisie van de automotor vervangen. Hierbij moet men wel rekening houden met de overmaat ontstaan door het uitboren van de cilinder. Een nieuwe zuiger wordt geleverd met segmenten, olieschraapveren en de zuigerpen. Wanneer de zuiger beschadigd is, moet men niet alleen de zuiger vervangen maar moet ook de oorzaak ervan opgespoord en weggenomen worden. Wanneer men toch de oude zuiger hergebruikt, is het aangeraden deze op te meten, de groeven te reinigen en nieuwe segmenten te steken.



Figuur 21: zuiger

### 1. INLEIDING

Dat de cilinder aan grote slijtage onderhevig is, zal niemand verwonderen, daar we weten dat de zuiger hierin op een uur bijvoorbeeld 300 000 maal op en neer gaat terwijl hierbij op de cilinderwand door de veranderlijke stand van de drijfstang grote wrijvingskrachten werken.

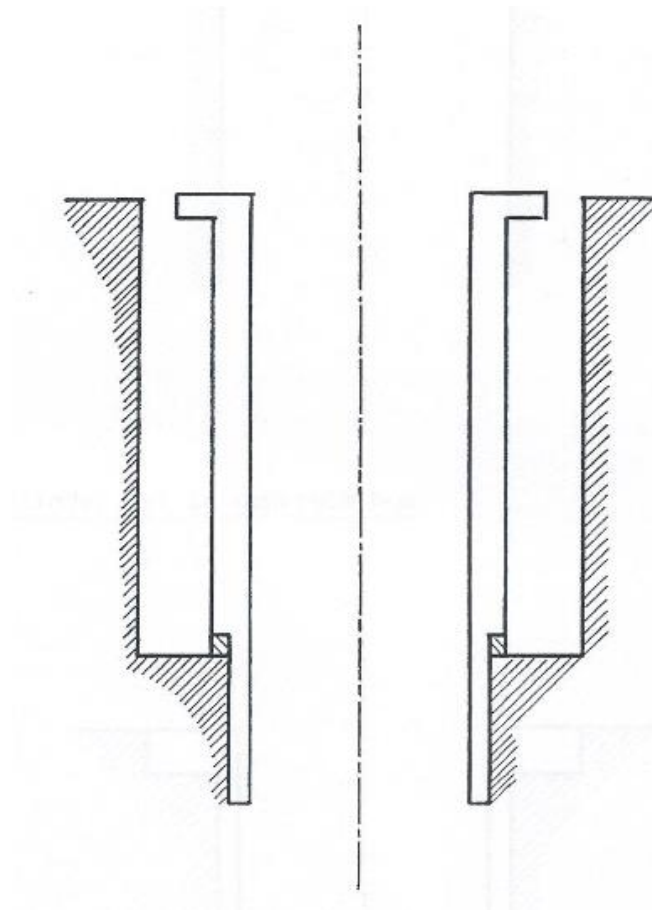


De slijtage van de cilinder is het grootst in het vlak loodrecht op de krukas en het slijtagebeeld is dan ook ovaal. Aan de top van de cilinder vormt zich de zogenaamde stootrand.

Wordt de slijtage te groot, dan wordt de compressiedruk te klein en moet de cilinder gereviseerd worden. Ter inleiding een overzicht van de cilinderuitvoeringsmogelijkheden, namelijk een natte en een droge voering.

a) De natte voering

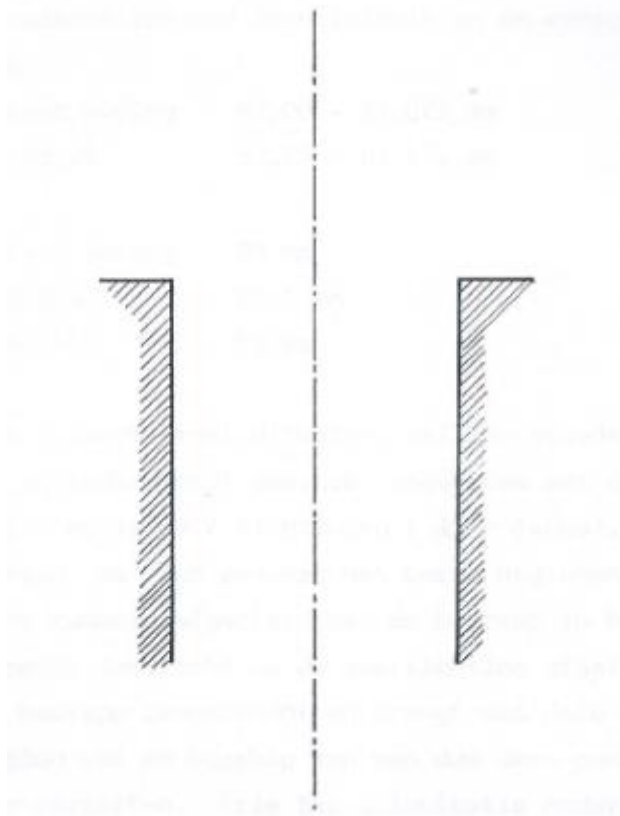
Bij dit soort cilinder bestaat het reviseren van de voering uit gewoon het vervangen ervan. Echter, men moet opletten dat de cilindervoering een goede zitting heeft. Moest deze beschadigd zijn, zal ze bewerkt moeten worden. Een extra punt van aandacht is de afdichting van water naar het carter toe.



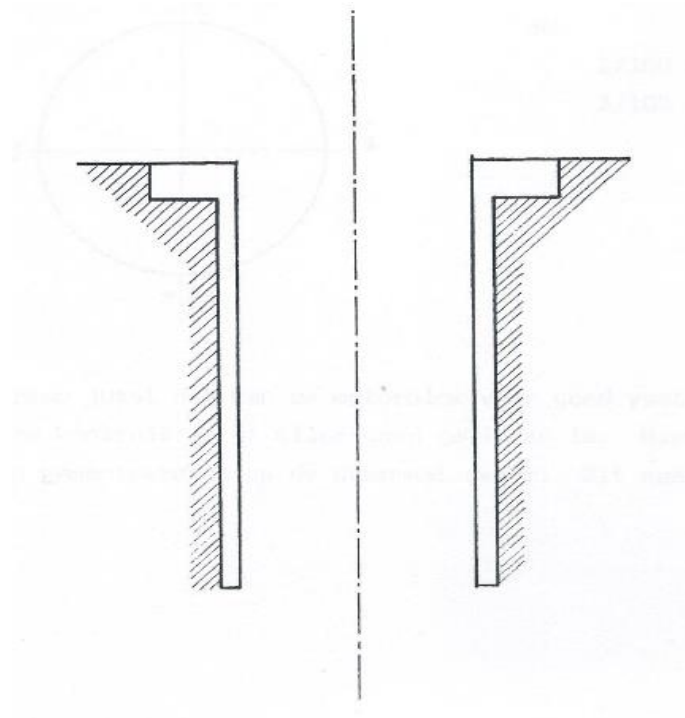
b) De gewone cilinder

Een voordeel van dit soort cilinders is de simpele uitvoering. Hierbij worden er overmaten opgegeven waarop men deze moet uitboren. Een nadeel van de cilinders is dat men ze maar een paar maal kan uitboren. Dit nadeel kan verholpen worden door droge voeringen te monteren.

Een oplossing is dan het plaatsen van een bus waarna men deze weer kan uitboren.



- De cilinder met ingeperste bus



## HOOFDSTUK 7: DE CILINDERKOP

De bewerkingen die bij het reviseren aan de cilinderkop worden gedaan zijn:

- het reinigen
- testen op lekkage
- de klepgeleider
- de klepzitting
- de kleppen
- de nokkenas
- het monteren

### 1. HET VLAKKEN VAN DE CILINDERKOP

Het komt tegenwoordig veelvuldig voor dat de cilinderkop vervormt of kromtrekt. Dit komt door de hogere drukken die veelal ook grotere materiaalspanningen veroorzaken. Door het kromtrekken van de cilinderkop heeft men lekverliezen die weer nadelig gaan werken op het rendement. Wanneer in een revisiebedrijf zulke motor binnenkomt zal de cilinderkop gevlaakt worden. Wanneer dit gietijzeren cilinderkoppen zijn, gaat men als volgt te werk:

- a) De cilinderkop wordt ingespannen op de werkbank. Dit inspannen moet oordeelkundig gebeuren.
- b) De steen wordt gerectificeerd, d.w.z. mooi vlak gemaakt. Dit doet men door de steen te laten draaien en een diamantsteentje over de steen te bewegen. De steen draait hierbij tegen ca. 30 m/sec.
- c) Daarna laat men de draaiende steen op het vlak van de cilinderkop zakken en beweegt men de cilinderkop onder de draaiende steen.
- d) Deze bewerking laat men doorgaan tot het volledige vlak geraakt werd door de steen.

Bij aluminium cilinderkoppen werkt men met een beitel i.p.v. met een steen. Na het vlakken is het oppervlak van de cilinderkop betrekkelijk ruw. De ruwheid hangt af van de snelheid waarmee de cilinderkop onder de steen beweegt. Deze ruwheid moet er zijn om later een goede afdichting te verzekeren. De hoeveelheid materiaal die bij het vlakken afgenomen wordt is gewoonlijk niet veel. Indien men te veel materiaal gaat afnemen, zal dit gevolgen hebben op de compressieverhouding (wanneer men een vlakke cilinderkop heeft telt dit niet mee). Men kan zo een grote beschadiging veroorzaken wanneer de zuiger de kleppen zou gaan raken. De constructeur geeft op hoeveel materiaal er maximum van de cilinderkop mag afgenomen worden. Bij gietijzeren cilinderkoppen worden er tijdens het vlakken gekoeld met een oplossing van water en een product om roestvorming te voorkomen.



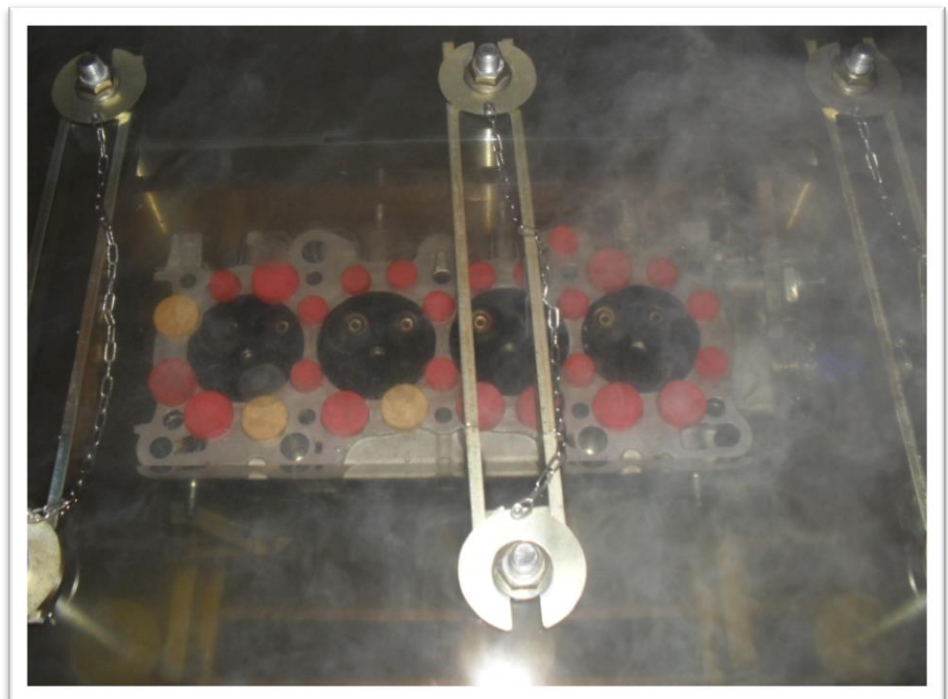
Figuur 22: vlakken van de cilinderkop

## 2. TESTEN OP LEKKAGE

Wanneer er waterverlies is kan dit o.a. wijzen op een lek aan de cilinderkop. Om nu vast te stellen waar de cilinderkop lekt, wordt het koelcircuit van de cilinderkop met lucht onder druk gezet. Men dompelt dan de cilinderkop in een waterbak van 80°C (bedrijfstemperatuur is 80°C). De eventuele luchtbelllen duiden dan het lek aan.



Figuur 3: waterbak gesloten



Figuur 4: waterbak open

## HOOFDSTUK 8: HET KLEPPENMECHANISME

In dit hoofdstuk bespreken we de revisie van:

- de klepgeleider
- de klepzitting
- de kleppen en de klepveren
- de nokkenas

### 1. DE KLEPGELEIDER

De klepgeleiding is zeer belangrijk, deze moet immers zorgen voor een goede geleiding van de klep, een goede warmteafvoer en een goede afdichting tussen klep en klepgeleider. Bij een versleten klepgeleiding zal olie in de cilinder gezogen worden. Men heeft verschillende uitvoeringsmogelijkheden van de klepgeleiding:

- a) De kleppen zitten rechtstreeks in de cilinderkop. Dit heeft als voordeel dat het voor een goede warmteafvoer zorgen (zie fig. 1).
- b) De kleppen zitten in de klepgeleider (zie fig. 2).

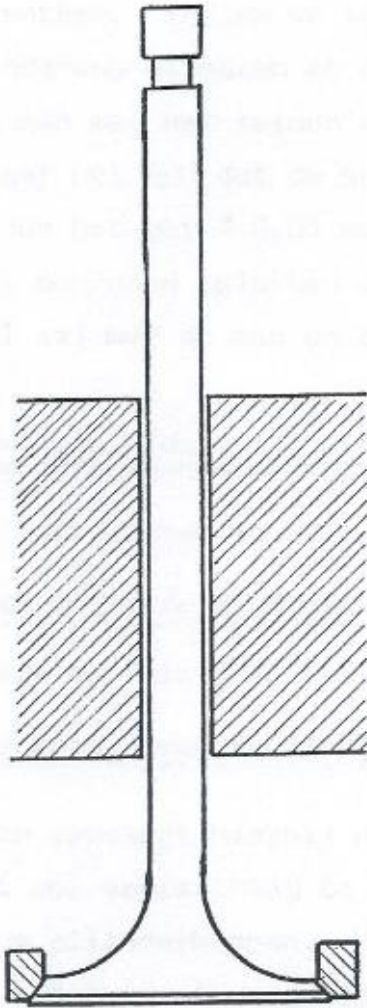
#### **A) De klepgeleider is de cilinderkop zelf**

Voor het reviseren kan men twee methoden gebruiken. Men kan namelijk een oversize klep gebruiken of een bus persen in de cilinderkop.

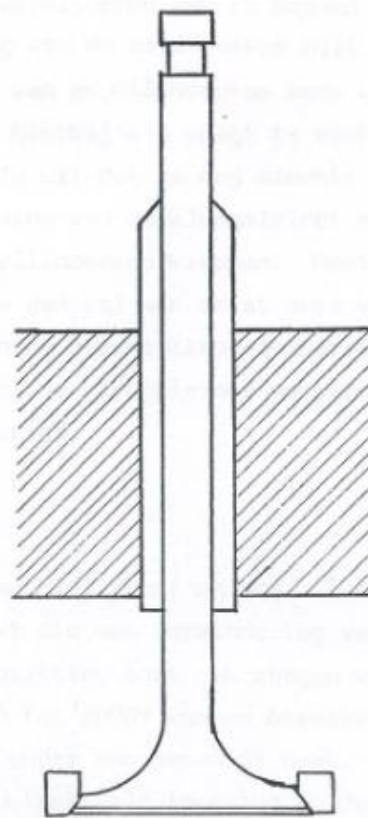
- a) **Een oversize klep plaatsen:** Wanneer de constructeur dit voorschrijft zal men bij revisie een oversize klep gebruiken. Hiervan is de klepstaal dikker. Men zal dan de klepgeleider moeten vergroten. Indien men niet te veel materiaal uit de klepgeleider moet nemen, zal men dit doen met een ruimer. Wanneer er meer materiaal moet weggenomen worden, zal men eerst de klepgeleider uitboren waarna men de klepgeleider verder op maat brengt met een ruimer.
- b) **Een bus plaatsen:** Wanneer alle oversize maten te klein geworden zijn, kan men een klepgeleider gaan inpersen. Dit is evenwel niet altijd mogelijk. Er moet hiertoe voldoende materiaal overblijven. Wanneer men een bus gaat plaatsen moet men hiervoor steeds dezelfde lengte aanhouden als voor de originele geleiding. Is de cilinderkop geschikt bevonden voor het plaatsen van een bus, dan worden de nodige metingen uitgevoerd.

De diameter van de boring voor de bus wordt gemeten. De binnendiameter die de bus zal moeten krijgen is gekend aan de hand van de klep die geplaatst moet worden. Indien we veel materiaal moeten gaan wegnemen zal men eerst de cilinderkop uitboren en daarna ruimen. Is de hoeveelheid materiaal gering, dan kan men met het ruimen van het gat volstaan.

We moeten hierbij rekening houden met het feit dat de bus met een zekere spanning moet gemonteerd worden en dat dus het gat ca. 0,05 mm kleiner zal moeten zijn. Bij het monteren van de bus moet men goed opletten dat de bus halfweg niet vast komt te zitten. Voor dit doel zal men de bus en de boring insmeren met grafiet.



figuur 1



figuur 2



## **B) De klepgeleiding is uitgevoerd met een ingeperste bus**

Ook hier kunnen we de twee methoden, zoals bij A beschreven, toepassen.

### - Een oversize klep plaatsen

Deze revisie is juist dezelfde als beschreven onder A-a.

-Vervangen van een klepgeleider: Men vervangt hierbij de versleten geleider door een nieuwe. Men moet wel voorzichtig te werk gaan bij het verwijderen van de bussen uit aluminium cilinderkoppen. Hierbij is beschadiging van de cilinderkop niet ondenkbaar. Het is namelijk mogelijk dat er materiaal van de cilinderkop mee uitgedrukt wordt.

Daarom is het aanbevolen hierbij als volgt te werk te gaan: men boort de bus of klepgeleider zodanig uit dat er nog slechts een dunne pel van overblijft. Hierdoor is de spanning van de klepgeleider dus gebroken en kan men deze zonder gevaar uit de cilinderkop kloppen. Moet men de nieuwe bus monteren in de aluminium cilinderkop, dan zal men eerst deze verwarmen tot 200°C. Tegelijkertijd befrist men de nieuwe klepgeleider tot -80°C. Men kan nu heel gemakkelijk en precies de klepgeleider monteren, en alsnog de gewenste spanning achteraf verkrijgen.

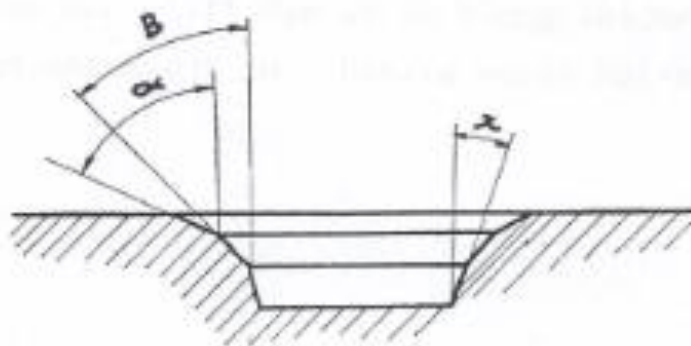
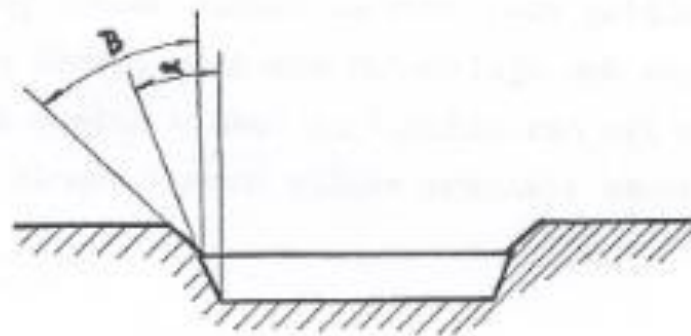
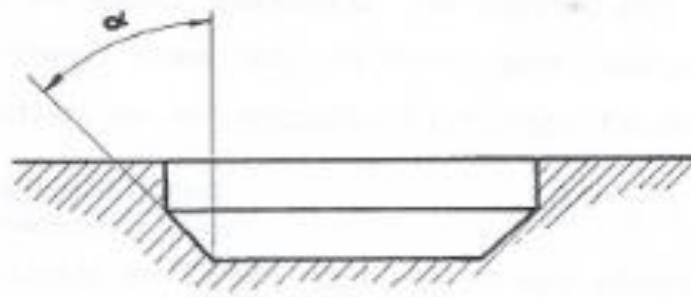
---

## 2. DE KLEPZITTING

De klepzitting is in de werking van de motor van groot belang. Een klep die niet goed afsluit op haar zitting veroorzaakt een vermindering van het vermogen dat de motor kan ontwikkelen. De klepzitting moet ook zorgen voor de koeling van de kleppen die temperaturen van 600 tot 1000 °C kunnen bereiken. De afdichting van de klep op de zitting heeft een bepaalde hoek. Deze hoek of hoeken worden opgegeven door de constructeur (zie tekening op de volgende bladzijde).



Figuur 23: klepzitting



Er zijn twee verschillende soorten van klepzittingen. In een aantal gevallen is de zitting direct in het motorblok of in de kop geslepen en anders is de zitting een apart onderdeel dat in het motorblok geperst of geschroefd wordt. Hierbij heeft men dan ook keuze in het materiaalsoort. De klepzitting kan dan op verschillende manieren gereviseerd worden: de hoek kan bewerkt worden of men kan een nieuwe zitting plaatsen indien het aparte zittingen betreft.

#### A) Bewerken van de klepzitting

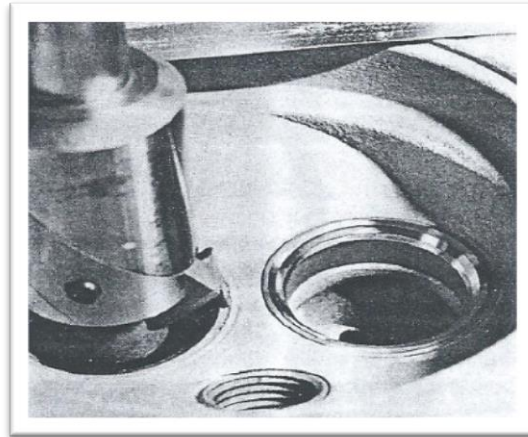
Er zijn verschillende manieren, namelijk slijpen met steen, het zogenaamde undersysteem en het machinaal frezen.

- a) Slijpen met steen: Dit is een oudere methode die nog toegepast wordt indien het niet anders kan. De steen wordt hierbij onder de opgegeven hoek geslepen met een diamantsteentje. Vervolgens wordt een stift in de klepzitting gebracht. Deze stift mag hierin geen speling hebben. Dan wordt de steen over de stift geschoven. Door een toestel in de steen te zetten wordt deze aangedreven (ongeveer 1000 t/min). Men slijpt zolang tot de zitting schoon zuiver is over haar gehele oppervlak. Wanneer men verschillende hoeken heeft, moet men natuurlijk ook een andere steen nemen. De steen zal men ook moeten kiezen in functie van het materiaal van de zitting, bij bijvoorbeeld stellietsen zittingen kunnen alleen speciale steentjes gebruikt worden.



Figuur 24: slijpen met steen

- b) Het undersysteem: Bij dit systeem neemt men materiaal van de zitting weg met een mesje dat met de hand bewogen wordt. Men centreert hierbij eerst het toestel met behulp van een stift die in de klepgeleider schuift. Vervolgens stelt men de hoek van het mesje in. Hierna wordt het mesje met de hand bewogen.



Figuur 25: handmatig frezen

- c) Het machinaal frezen: Dit systeem is het snelst omdat men maar eenmaal moet centreren waarna alle zittingen, die dezelfde hoek hebben, gedaan kunnen worden. Om nu de kop te centreren t.o.v. de klepzitting brengt men een stift in de boorkop. Wanneer de kop goed zit, plaatst men de beitels onder een bepaalde hoek. Hierna laat men de beitels zakken en neemt men het nodige materiaal van de zitting weg. Wanneer men nu een volgende klepzitting wil doen die dezelfde hoek heeft, moet men alleen de pen in de klepgeleider brengen en de beitels laten zakken.



Figuur 26: CNC-klepzittingfreesmachine

## **B) Nieuwe zittingen plaatsen**

Wanneer er te weinig materiaal is om een goede zitting over te houden, gaat men werken met een ingeperste bus. Deze busjes zijn in de handel verkrijgbaar en worden met spanning gemonteerd (0,05 mm). Daarna wordt de gepaste hoek gegeven. Om deze bus te monteren moet men eerst materiaal uit de cilinderkop gaan wegnemen.

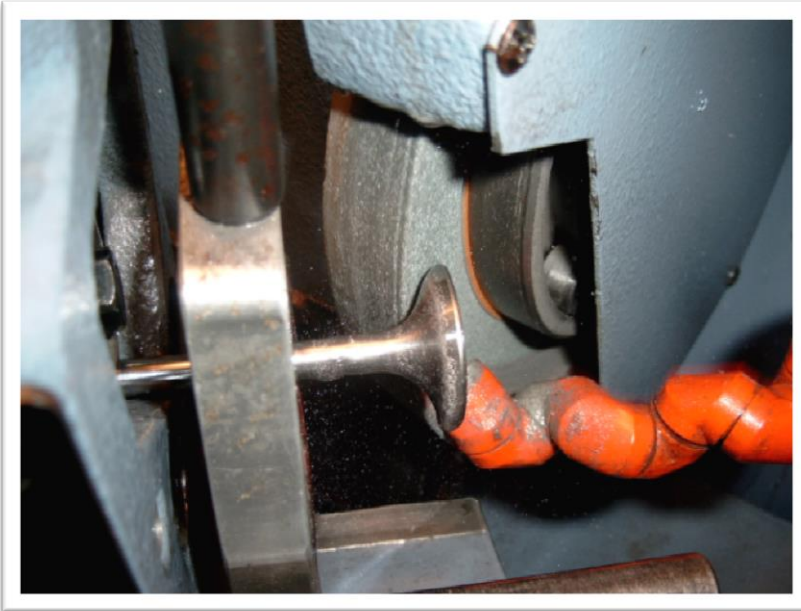
Daar tegenwoordig veel autogebruikers overschakelen op LPG komen er meer verbrande kleppen en klepzittingen voor (hogere temperaturen van de klep). Indien we dus een motor overschakelen op LPG moet er eerst geverifieerd worden of men geen andere kleppen en/of zittingen moet plaatsen.



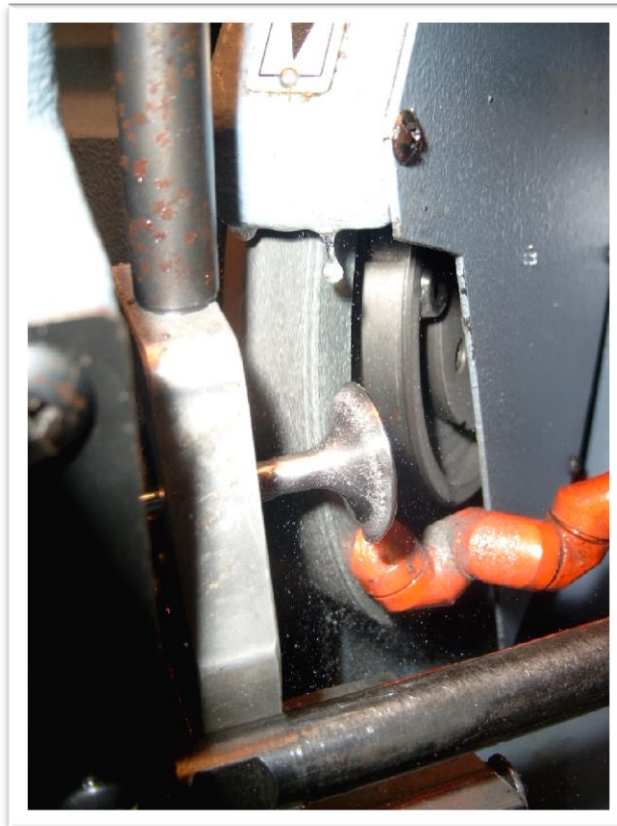
**Figuur 27: plaatsen nieuwe klepzittingen**

### 3. DE KLEPPEN EN DE KLEPVEREN

Wanneer een motor zijn uren gedraaid heeft, worden deze onderdelen het best vervangen, zeker gezien de betrekkelijk lage prijs van deze onderdelen in verhouding tot hun belang.



Figuur 28: klep slijpen



Figuur 29: klep slijpen

#### 4. DE NOKKENAS

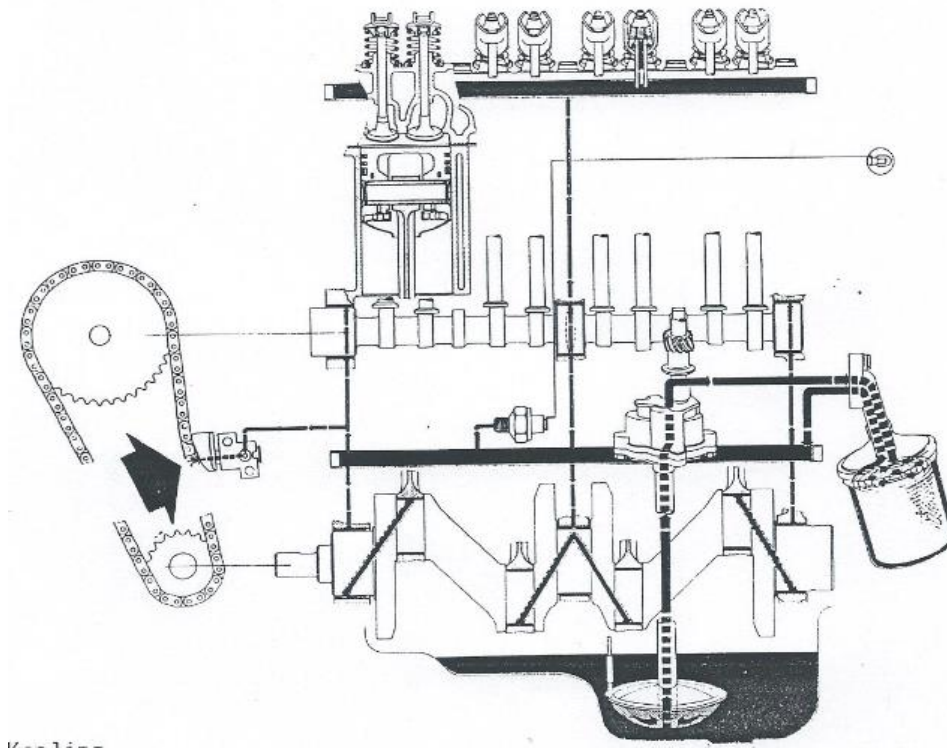
Wanneer de nokkenas beschadigd is moet deze ofwel vervangen, ofwel gerepareerd worden. De beschadiging kan optreden aan de nokken of aan de lagering. De nokken kunnen afgeslepen worden, maar omdat de machines voor het reviseren van de nokkenas zelden voorkomen in de auto-industrie, zullen we deze werkwijze en de machines niet bespreken. Wanneer de lagering van de nokkenas beschadigd is, zal men op dezelfde wijze als bij een krukas deze afslijpen en de lagers vervangen. Deze lagers worden gedemonteerd met een conische trekker. De oude lagers worden vervangen door nieuwe, deze zijn dikker om dezelfde speling te behouden.



Figuur 30: nokkenas

### 1. SMERING

Een gebrekkige smering kan dikwijls de oorzaak zijn van veel stoornissen aan een motor. Daarom moet er bij een revisie ook rekening mee gehouden worden. Bij automotoren zal men de oliepomp vervangen waardoor al veel narigheid vermeden wordt. Hiermee is echter nog niet alles opgelost. Men moet ook aandacht geven aan de oliekanalen. Door het goed wassen in de wasautomaat zal al veel vuil verwijderd worden. Indien dit dan nog niet volstaat, kan men de kanalen doorblazen en eventueel er met een borsteltje nog eens doorgaan.



### 2. KOELING

De koeling van een motorblok is, net zoals de smering, van groot belang. Het koelsysteem wordt evenals het smeersysteem zorgvuldig gewassen. De waterpomp kan vervangen worden als er te veel speling is.



## HOOFDSTUK 10: MONTEREN

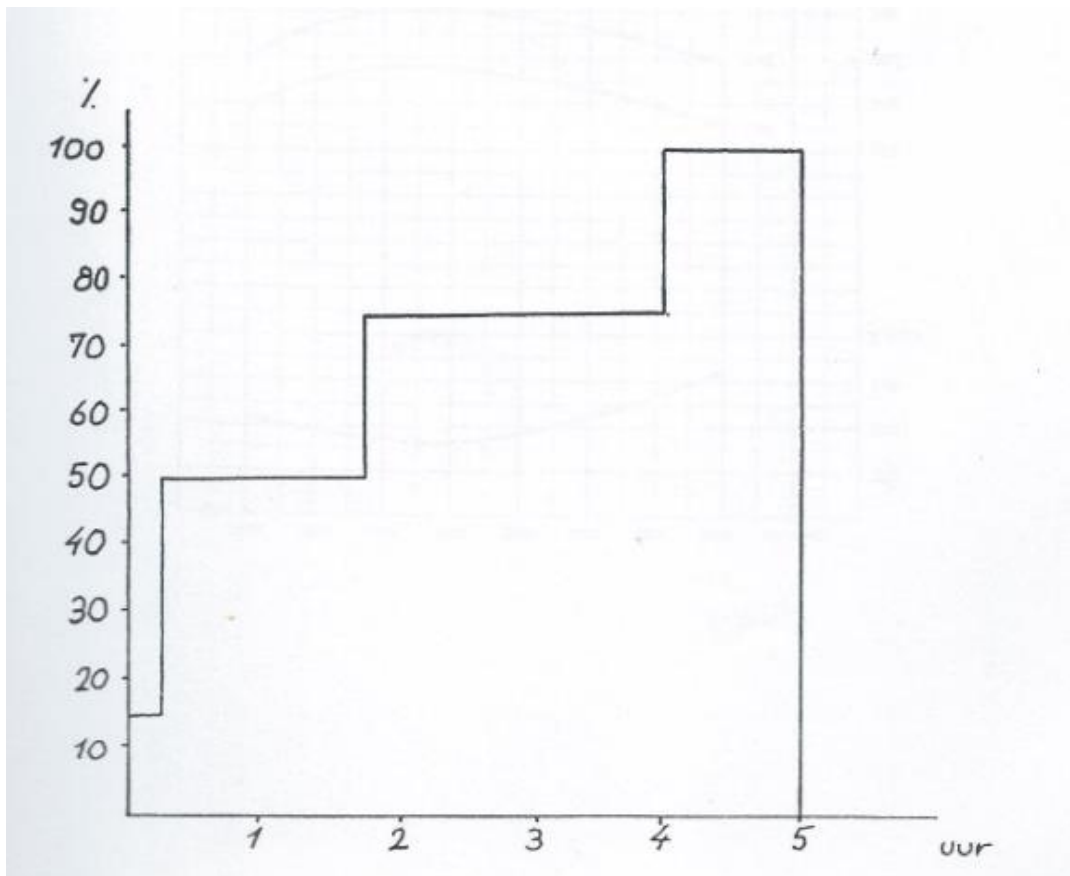
Na het reviseren en alvorens alles terug te monteren, moeten alle onderdelen nogmaals gereinigd worden en daarna ingesmeerd worden met olie. Bij het monteren zullen nieuwe pakkingen en oliekeerringen gebruikt worden. Alle onderdelen zullen met het juiste aantrekkoppel vastgezet worden. De kleppen worden tevens gerodeerd en men zal de timing correct zetten.

## HOOFDSTUK 11: PROEFDRAAIEN

In sommige grote bedrijven beschikt men over een proefbank om de motoren op punt te stellen en te testen. Tijdens het proefdraaien wordt er controle gedaan op eventuele lekkages, de temperaturen van het koelwater en van de olie worden gemeten evenals het toerental en het afgegeven vermogen. De manier waarop de motor moet belast worden in deze inlooperperiode wordt gewoonlijk door de constructeur opgegeven. Bij gebrek hiervan kan men volgend schema aanhouden:

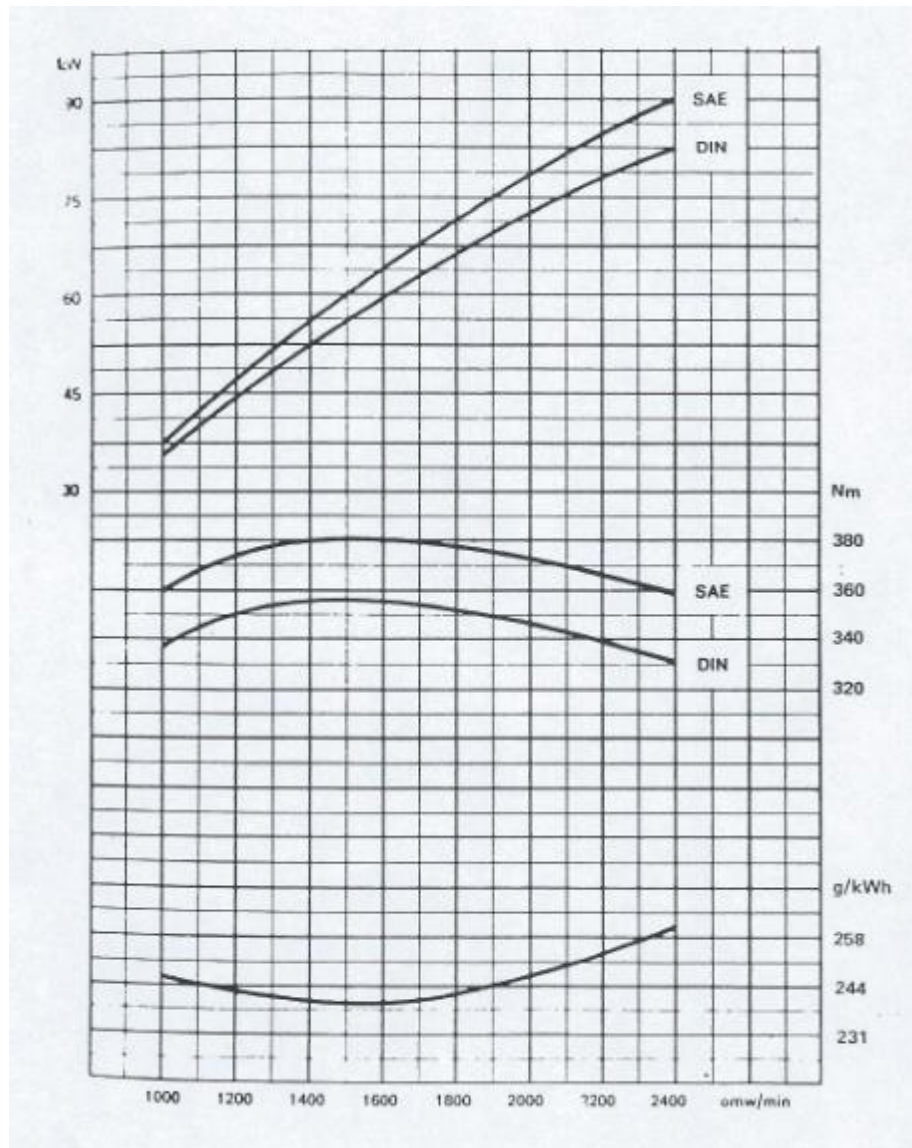
- 15% van het motorvermogen gedurende  $\frac{1}{4}$  uur dan
- 50% van het motorvermogen gedurende  $1\frac{1}{2}$  uur dan
- 70% van het motorvermogen gedurende  $2\frac{1}{4}$  uur dan
- 100% van het motorvermogen gedurende 1 uur.

Hieronder is in grafiekvorm deze belasting in functie van de tijd uitgezet.



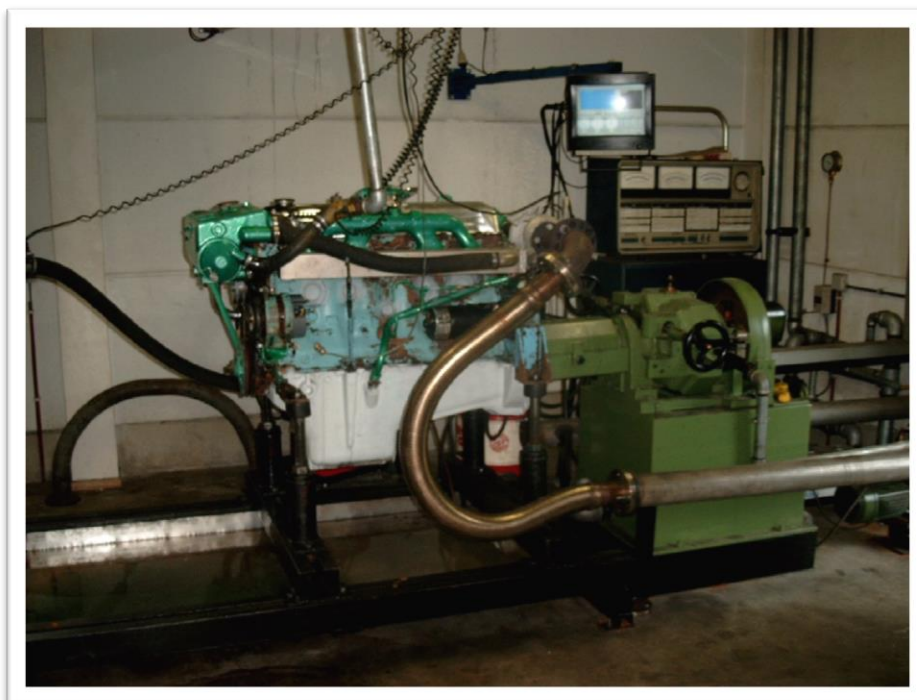
Het vermogen kan uit de grafiek hieronder afgeleid worden.

Na het proefdraaien wordt steeds de olie ververs. Wanneer men niet over een proefbank beschikt, is het best de klant in te lichten over zijn motor en hoe deze behandeld moet worden in zijn tweede jeugd.



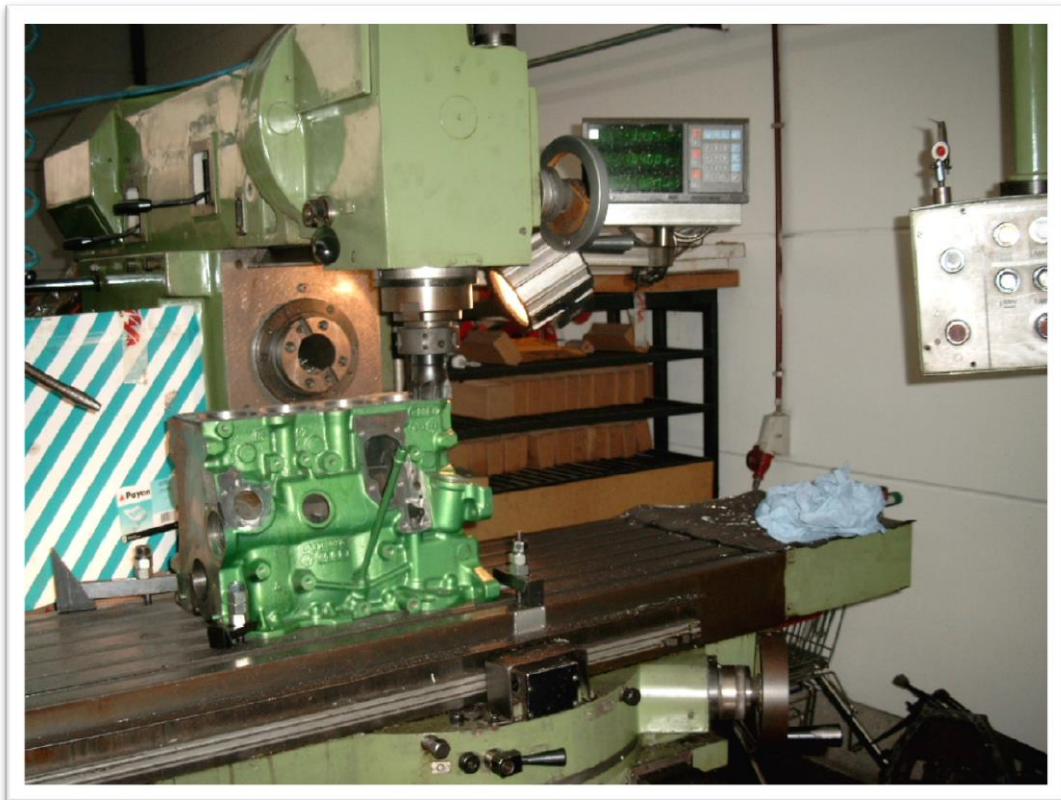


Figuur 31: testbank

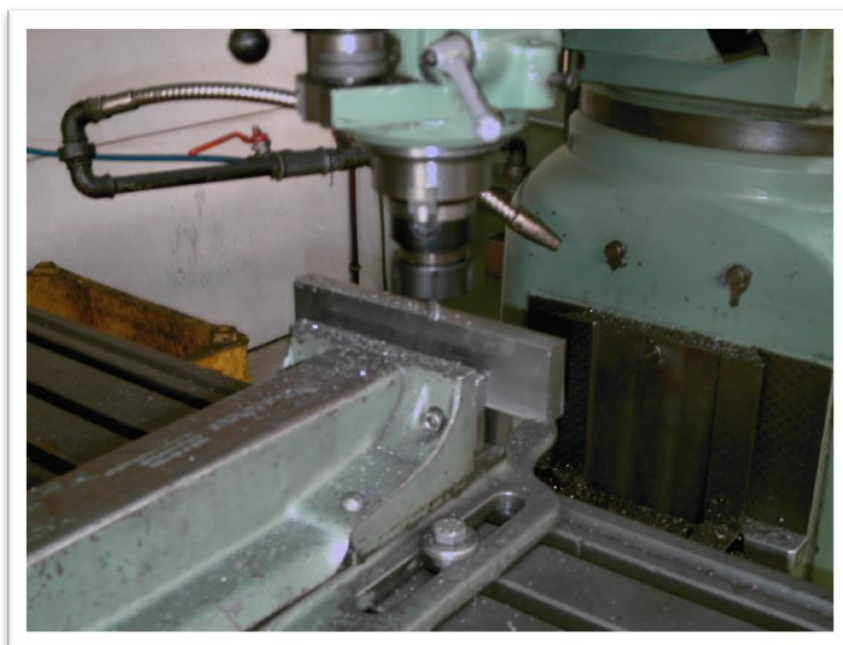


Figuur 32: testbank

FREESMACHINE



Figuur 33: freesmachine



Figuur 34: freesmachine

---

CONVENTIONELE DRAAIBANK



Figuur 35: draaibank



Figuur 36: draaibank



Figuur 37: remmendraaibank