

Vrij Technisch Instituut  
Papebrugstraat 8A  
8820 Torhout

Geïntegreerde proef

# Bijlage - verbrandingsmotoren

<b>Uitvoering</b>	Pieter Castelein Koen Vanryckeghem Filip Vanwynsberghe
<b>Klas</b>	614
<b>Richting</b>	Industriële Wetenschappen
<b>Begeleidende Leerkrachten</b>	Degryse Karin Develter Koen Verhaeghe Dirk



Vrij Technisch Instituut  
Papebrugstraat 8A  
8820 Torhout

Geïntegreerde proef

# **Bijlage - verbrandingsmotoren**

<b>Uitvoering</b>	Pieter Castelein Koen Vanryckeghem Filip Vanwynsberghe
<b>Klas</b>	614
<b>Richting</b>	Industriële Wetenschappen
<b>Begeleidende Leerkrachten</b>	Degryse Karin Develter Koen Verhaeghe Dirk

---

<b>1</b>	<b>Vullingsgraad.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Compressieverhouding .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Druk en kracht op de zuiger en kracht in de drijfstang .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Tangenciaalkracht en radiaalkracht op de krukas. ....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Gemiddelde druk en gemiddelde kracht op de zuiger.....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Draaimoment bij automotoren.....</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Arbeid en vermogen .....</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Het indicator diagram.....</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>Kleppentiming.....</b>	<b>15</b>
9.1	Variabele kleptiming.....	15
9.1.1	Laag toerental: kleine klepoverlap.....	15
9.1.2	Hoog toerental: betere vullingsgraad door “wilde” kleptimming.....	15
9.2	De klepoverlapping.....	16
<b>10</b>	<b>Kleppendiagram .....</b>	<b>18</b>
<b>11</b>	<b>Klepspeling.....</b>	<b>19</b>
<b>12</b>	<b>Distributie.....</b>	<b>19</b>

# Begrippen

## 1 Vullingsgraad

De vullingsgraad drukt de verhouding uit tussen:

- de massa lucht / brandstof die zich in de cilinder bevindt na het beëindigen van de inlaatslag:  $m_c$  (praktisch)
- de massa die zich theoretisch in de cilinder zou kunnen bevinden indien het slagvolume zou gevuld zijn met vers mengsel onder de omstandigheden van de buitenlucht (heersende druk en temperatuur buiten de motor)  $m_{th}$ .

$$\text{Vullingsgraad : } \lambda_v = \frac{m_c}{m_{th}}$$

$$\lambda_v = \frac{m_c}{m_{th}} = \frac{\rho_c \cdot V_s}{\rho_{th} \cdot V_s} = \frac{p_c \cdot T_s}{p_a \cdot T_c}$$

met  $V_s$  = slagvolume  
 $p_c$  = absolute druk in de cilinder  
 $p_a$  = atmosferische druk  
 $T_c$  = temperatuur in de cilinder  
 $T_a$  = temperatuur van de buitenlucht

Bij gewone atmosferische motoren:  $m_c < m_{th}$   
 $\lambda_v < 1$

Bij turbomotoren:  $m_c > m_{th}$   
 $\lambda_v > 1$

Besluit: Hoe groter  $\frac{p_c}{p_a}$  (bv. gebruik van een turbolader) en hoe kleiner  $T_c$  (koeler mengsel) hoe groter de vullingsgraad.

Bij serie-viertakmotoren bedraagt de vullingsgraad 0.7 tot 0.9 . De vullingsgraad kan men verbeteren ( en daardoor in sommige gevallen groter maken dan 1)door :

- De aanzuigerweerstand van de inlaatkanalen te verminderen (de diameter van de kanalen vergroten, de kanalen zo kort mogelijk houden, zo weinig mogelijk bochten voorzien en het binnenoppervlak zo glad mogelijk te maken).
- Grotere en meerdere inlaatkleppen te voorzien, en deze zo ver mogelijk te openen
- De verbrandingsruimte zodanig te construeren dat ze de vorm van een halve bol of een zadeldakvorm benadert, die een goede werveling bevordert. Deze vorm laat ook toe de dat de kleppen zodanig opgesteld kunnen worden zodat het binnenstromen van vers mengsel en het uitstromen van uitlaatgas beter verloopt
- Een koelere inlaat, bv door het plaatsen van een inter-cooler
- Een turbo-lader te plaatsen zodat het mengsel onder druk wordt toegevoerd.
- Te werken met benzine-injectie of meerdere carburatoren
- Aangepaste kleptiming<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Kleptiming: het ogenblik waarop de inlaat- en uitlaatkleppen openen en sluiten. Zie 6. 9 Kleptiming

## 2 Compressieverhouding

De compressieverhouding is de verhouding tussen het cilindervolume in het onderste dode punt tot het cilindervolume in het bovenste dode punt. Noemen we  $V_s$  het slagvolume en  $V_c$  het compressievolume dan wordt de compressieverhouding :

$$E = \frac{V_c + V_s}{V_c}$$

Deze verhouding geeft aan in welke mate het gas samengeperst wordt en is uiterst belangrijk omdat ze rechtstreeks de waarde van het maximaal rendement bepaalt.

Voor benzine  $E = 8$  à  $9,5$

Voor diesel  $E = 16$  à  $24$

Het slagvolume  $V_s$  is de cilinderinhoud gedeeld door het aantal cilinders  $c$ .

Met behulp van de compressieverhouding kan men het compressievolume berekenen:

$$V_c = \frac{V_s}{E - 1} = \frac{\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S}{c \cdot (E - 1)}$$

met  $D$  = de boring

$S$  = slaglengte

$C$  = aantal cilinders

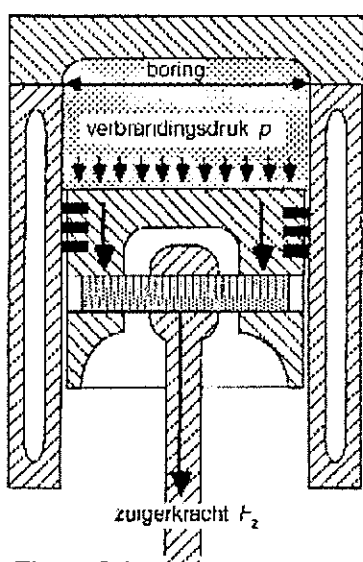
$E$  = compressieverhouding

### 3 Druk en kracht op de zuiger en kracht in de drijfstang

Tijdens de verbranding van het mengsel in de motor heerst boven de zuiger een overdruk. Door deze druk te vermenigvuldigen met de oppervlakte van de zuiger, kunnen we de kracht berekenen waarmee de zuiger omlaag wordt gedrukt tijdens de arbeidsslag.

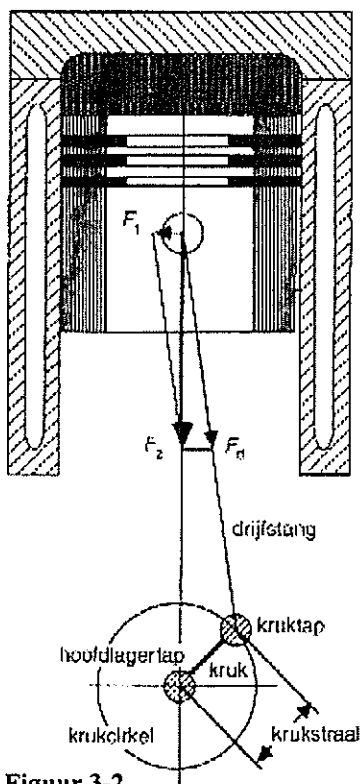
$$F_z = p \cdot A_z$$

Met  $F_z$  = kracht op de zuiger  
 $p$  = druk boven de zuiger  
 $A_z$  = oppervlakte van de zuiger



Figuur 3-1

Als we de zuigerkracht op schaal uitzetten, zoals in 36-1 is gedaan, dan kunnen we door het ontbinden van de kracht, de kracht in de drijfstang bepalen. Tevens kunnen we de kracht bepalen waarmee de zuiger tegen de cilinderwand wordt gedrukt. Deze laatste kracht wordt vaak leibaankracht of zijkracht genoemd. In de tekening stelt  $F_d$  de drijfstangkracht voor, en  $F_l$  de lijbaankracht.

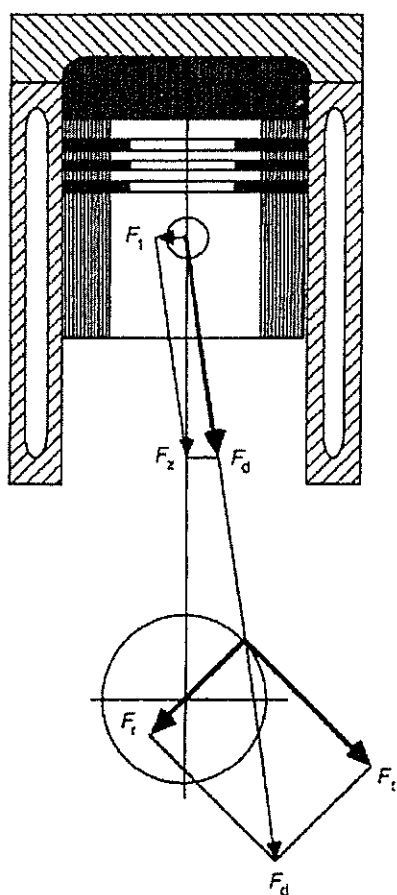


Figuur 3-2

In fig 3-2 is aangegeven hoe de ontbinding uitgevoerd moet worden: er ontstaat een parallellogram. Op deze manier kunnen we bij elke stand van de zuiger en van het kruk- drijfstangmechanisme de drijfstangkracht en de leibaankracht bepalen. De drijfstangkracht werkt op de kruk van de kruk, en levert samen met de krukstraal het draaimoment van de motor. Hiertoe moet de drijfstangkracht nog verder ontbonden worden, wat in de volgende paragraaf behandeld wordt. De leibaankracht werkt tussen de zuiger en de cilinderwand; door de optredende wrijving slijten de zuiger en de cilinder. Hierdoor zal de cilinder na verloop van tijd ovaal worden.



#### 4 Tangentiaalkracht en radiaalkracht op de krukas.



Figuur 4-1

In fig 4-1 is de drijfstangkracht verplaatst naar de krukcap van de krukas. Door de drijfstangkracht te ontbinden, kan de zogenaamde tangentiaalkracht  $F_t$  bepaald worden. De tangentiaalkracht werkt altijd loodrecht op de straal van de krukciikel. Tevens kan de radiaalkracht  $F_r$  worden bepaald. De radiaalkracht werkt in de richting van de hoofdtap van de krukas en drukt de krukas in zijn lagers.

## 5 Gemiddelde druk en gemiddelde kracht op de zuiger

Bij de behandeling van het indicator- of pV-diagram is reeds gebleken dat de druk in de cilinder tijdens de vier slagen van het arbeidsproces sterk varieert. Tijdens de arbeidsslag oefent het brandende gas een druk uit op de zuiger en wordt er energie opgewekt. De overige drie slagen kosten echter energie omdat de druk boven de zuiger de zuigerbeweging tegenwerkt. Voor de berekening van het draaimoment en het vermogen van de motor wordt altijd uitgegaan van een gemiddelde druk in de cilinder. De gemiddelde druk in de cilinder is te bepalen met behulp van het indicator- op pV-diagram. Het oppervlak dat wordt ingesloten door de lijnen van compressie en expansie (arbeid) staat voor de arbeid die de motor levert tijdens één arbeidscyclus. De gemiddelde druk in de cilinder wordt ook wel gemiddeld geïndiceerde druk genoemd.

De gemiddelde kracht op de zuiger is te berekenen door de gemiddelde geïndiceerde druk te vermenigvuldigen met het zuigeroppervlak.

$$F_{z\text{gem}} = p_{i\text{gem}} \cdot A_z$$

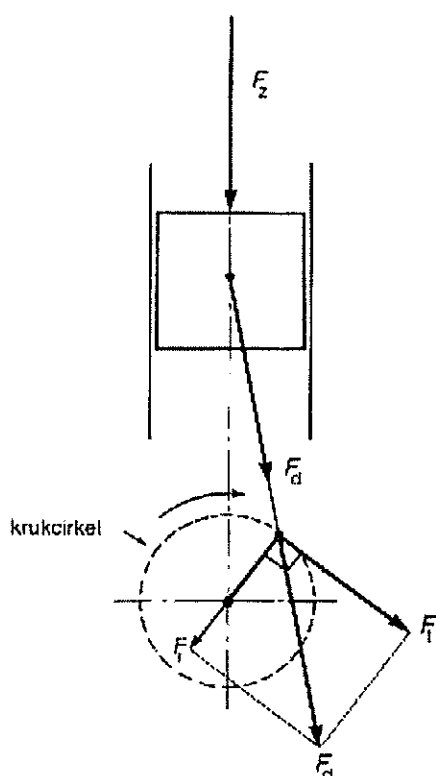
met  $F_{z\text{gem}}$  = de gemiddelde kracht op de zuiger (N)  
 $p_{i\text{gem}}$  = de gemiddelde geïndiceerde druk (Pa)  
 $A$  = het zuigeroppervlak (m<sup>2</sup>)

De geïndiceerde arbeid in één arbeidscyclus is gelijk aan de gemiddelde geïndiceerde druk vermenigvuldigd met het slagvolume.

$$W_i = p_i \cdot V_s$$

met  $W_i$  = de geïndiceerde arbeid in één slagvolume (Nm)  
 $p_{i\text{gem}}$  = de gemiddelde geïndiceerde druk (Pa)  
 $V_s$  = het slagvolume (m<sup>3</sup>)

## 6 Draaimoment bij automotoren



Figuur 6-1

Op de zuiger van een motor werkt ten gevolge van de verbrandingsdruk een kracht, deze zuigerkracht veroorzaakt weer een kracht in de drijfslag zoals in fig 6-1 is getekend. De kracht op de zuiger is aangegeven met  $F_z$  en de kracht in de drijfslag met  $F_d$ .

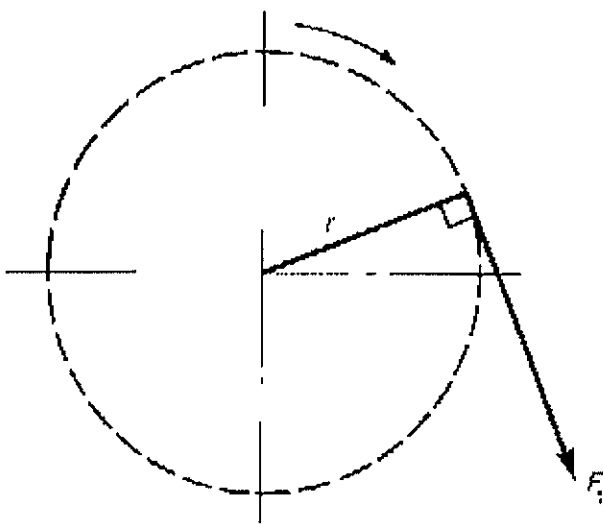
Omdat we een kracht mogen verplaatsen in zijn werkrichting, kunnen we ook de kracht  $F_d$  ook direct op de drijfslagtap van de krukas tekenen zoals in fig 6-1.

Door de kracht  $F_d$  te ontbinden in een kracht die loodrecht op de krukvang staat en een kracht in de richting van de krukvang werkt, krijgen we de krachten  $F_t$  en  $F_r$ .  $F_t$  is de tangenciaalkracht, deze veroorzaakt het draaien van de krukas.  $F_r$  is de radiaalkracht, hierdoor wordt de krukas in zijn hoofdligers gedrukt

De grootte van deze krachten verandert tijdens de werking steeds van grootte en van richting, door:

- de steeds wisselende druk boven de zuiger (zie indicateurdiagram)
- de veranderende stand van de drijfstang en de krukas ten opzichte van elkaar
- de optredende centrifugaalkracht
- de optredende massakrachten

De grootte van de krachten kunnen we daarom het beste beschouwen als gemiddelde waarden tijdens het draaien van de motor bij een bepaalde rotatiefrequentie.



In fig 6-2 is de tangenciaalkracht  $F_t$  nog eens apart getekend, samen met de krukcircle. Omdat de tangenciaalkracht loodrecht op de straal  $r$  van de krukcircle werkt, ontstaat een moment. Dit moment wordt dus gevormd door de tangenciaalkracht en de straal van de krukcircle.

Figuur 6-2

In het algemeen geldt : moment = kracht x arm

In formulevorm:  $T = F \cdot r$

Met  $T$  = het moment met als eenheid de newtonmeter (Nm)

$F$  = de kracht met als eenheid de newton (N)

$r$  = de arm met als eenheid de meter (m)

Omdat dit moment het draaien van de krukas veroorzaakt, wordt het meestal het draaimoment genoemd en aangegeven met de letter  $T$  (Torque). Voor de motor geldt dan ook de formule:

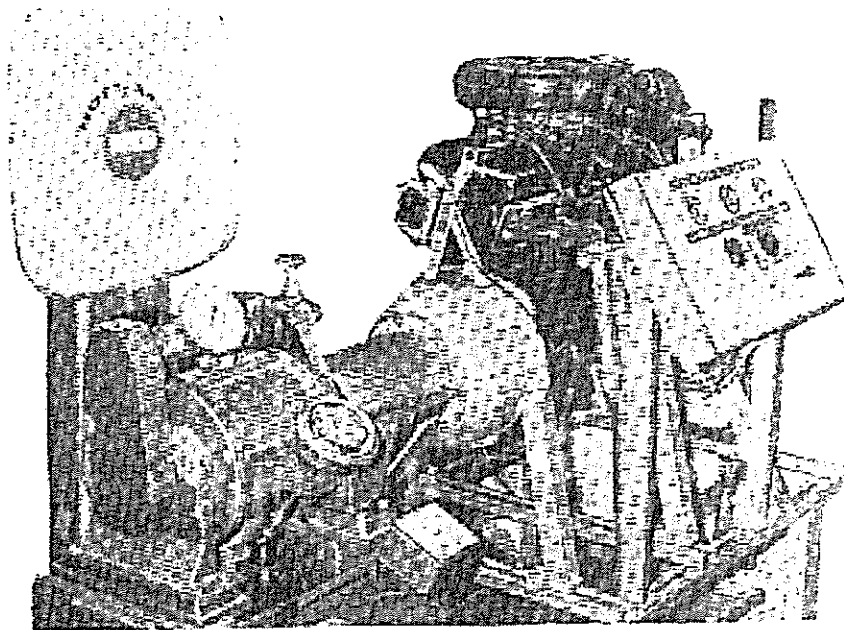
$$T = F_t \cdot r$$

Omdat de waarde van  $F_t$  een gemiddelde waarde is, is het draaimoment ook een gemiddelde van de bij een bepaalde rotatiefrequentie optredende waarden<sup>1</sup>.

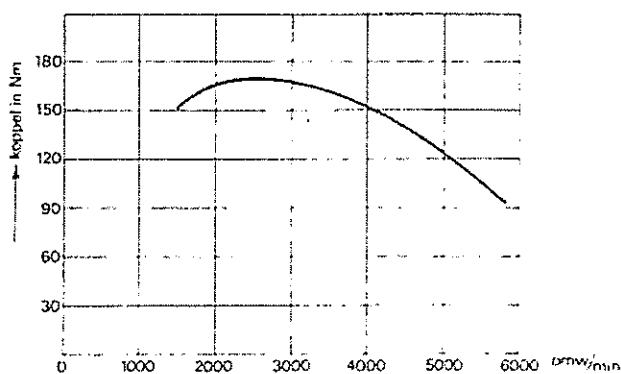
<sup>1</sup> We kunnen het motorkoppel ook anders berekenen zoals in Bijlage 7 Arbeid en vermogen – het motorkoppel.

Het draaimoment kunnen we beschouwen als een getal dat de kracht van de motor weergeeft. Een motor met een hoog draaimoment kan dus veel kracht leveren.

Het gemiddelde draaimoment dat door een motor wordt afgegeven kan gemeten worden met behulp van een motorrem zoals op fig 6-3 te zien is. Dit is een zogenaamde waterrem. Een watervolume dat door een soort pomp stroomt, veroorzaakt een tegenwerkend draaimoment, waarvan de grootte wordt aangegeven op een schaalverdeling. Met zo 'n rem wordt het draaimoment gemeten bij vollast, dit betekent dat de gasklep geheel open moet staan. Door het draaimoment te meten bij verschillende rotatiefrequenties en deze waarden uit te zetten in een grafiek ontstaat een draaimomentkromme zoals op fig 6-4.



Figuur 6-3



Figuur 6-4

## 7 Arbeid en vermogen

Men het motorkoppel ook berekenen via de geleverde arbeid die te vinden is met behulp van het indicateurdiagram.

- De geleverde arbeid (per arbeidscyclus in één cilinder)

$$W = p_i \cdot V_s \quad \text{met } V_s = \text{slagvolume}$$
$$p_i = \text{gemiddelde zuigerdruk}$$
$$(J) \text{ of } (Nm) = (N/m^2) \cdot (m^3)$$

- Het inwendige vermogen (geïndiceerd vermogen per omwenteling)

$$P_i = (p_i \cdot V_s \cdot z) \cdot n / 2 \quad (\text{we nemen } n/2 \text{ omdat het gaat om een 4takt-proces,}$$

bij een 4takt-proces hebben we 2 omwentelingen)

met  $z =$  aantal zuigers, zodat  $(V_s \cdot z =$  totaal slagvolume)

$$(W) \text{ of } (Nm/s) = (N/m^2) \cdot (m^3) \cdot s^{-1}$$

- Het effectief (nuttig) vermogen

$$P_e = P_i \cdot \eta_m$$

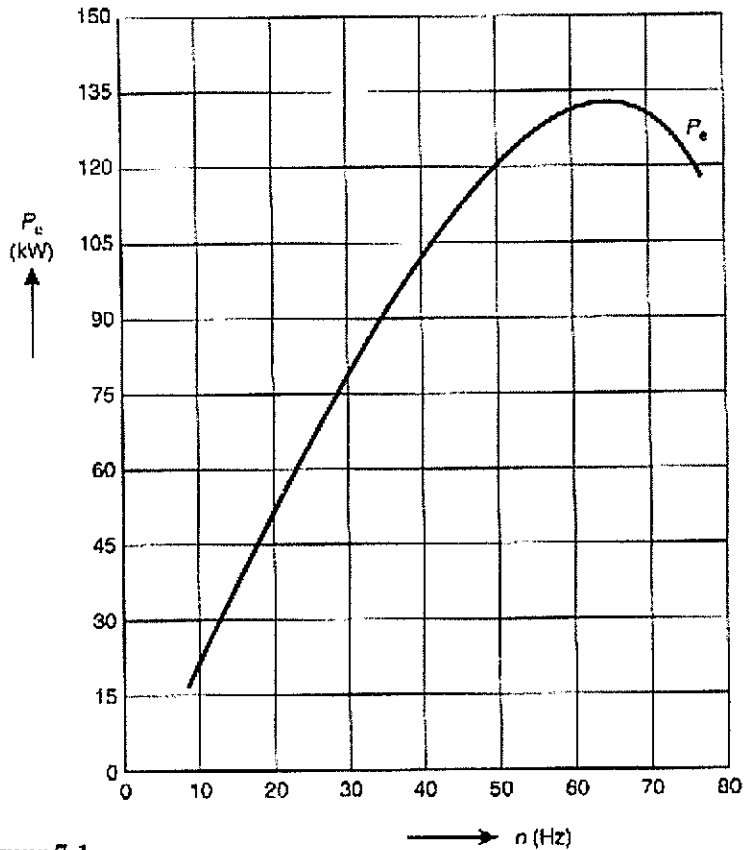
met  $\eta_m =$  mechanisch rendement en dit houdt rekening met

- Wrijving van de draaiende motoronderdelen
- Vermogenverlies voor de aandrijving van ventilator, waterpomp.

Het effectief vermogen kunnen we dus ook schrijven als

$$P_e = p_i \cdot V_s \cdot z \cdot n / 2 \cdot \eta_m$$

Het verloop van het effectief vermogen is te zien op figuur 7-1.



Figuur 7-1

- Het motorkoppel

De algemene formule is

$$P = \frac{W}{t} = F \cdot v \quad \text{met } v = \omega \cdot r$$

$$P = F \cdot \omega \cdot r$$

Hierin is  $F \cdot r = M$  (draaimoment)

zodat  $P = M \cdot \omega$

of ook  $M = \frac{P_e}{\omega}$

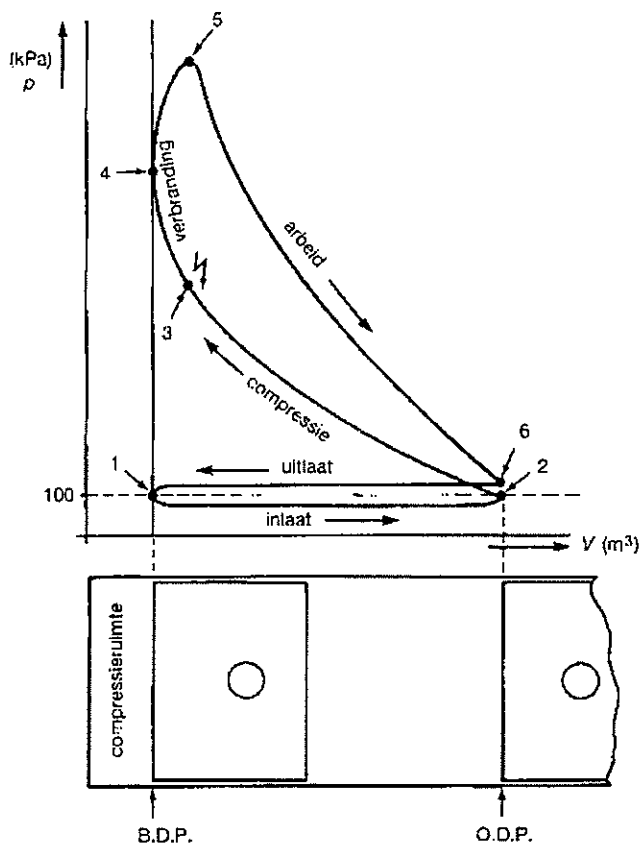
$$= \frac{P_e}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad \text{met } \omega = 2 \cdot \pi \cdot n \text{ waarbij } \omega \text{ wordt uitgedrukt in rad/s en } n \text{ in tr/s}$$

$$= \frac{p_i \cdot V_s \cdot z \cdot n \cdot \eta_m}{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}$$

$$= \frac{p_i \cdot V_s \cdot z \cdot \eta_m}{4 \cdot \pi}$$

## 8 Het indicatordiagram

Met een zogenaamde indicator is het mogelijk om het verloop van de druk in een motorcilinder in beeld te brengen. Een indicator is in staat een grafiek op papier of op een beeldscherm te tekenen waarin de druk is uitgezet op een verticale as en de afgelegde weg van de zuiger op de horizontale as.



Figuur 8-1



## 9 Kleppentiming

### 9.1 Variabele kleptiming

#### 9.1.1 Laag toerental: kleine klepoverlap

Bij laag toerental (lage belasting) moet de inlaatklep zo dicht mogelijk voor het BDP open. Er hoeft immers maar weinig mengsel worden aangezogen. Als men dan ook nog de uitlaatklep kort na het BDP laat sluiten, dan ontstaat een kleine overlap.

Dit bevordert het starten en zorgt voor een laag en rustig stationair toerental. Bovendien wordt de (schadelijke) onverbrande brandstofemissie beperkt. Verder zal men de inlaatklep vroeg (niet ver na het ODP) sluiten, hetgeen aanleiding geeft tot een gunstige effectieve compressie. Gevolg: zodra er gas wordt gegeven vanuit stationair draaien zal een hoger koppel ontstaan dan in het geval men de inlaatklep ver na het ODP laat sluiten: er is dus een goede "overname". Bij lage belasting laat men de uitlaatklep "laat" openen: weinig uitlaatgeluid. Besluit: vanaf starten tot zowat 2500 tr/min heeft men er belang bij om een "tamme" kleptiming toe te passen.

#### 9.1.2 Hoog toerental: betere vullingsgraad door "wilde" kleptiming

De inlaatklep ver voor het BDP openen. De mengselsnelheid in de inlaatcollector is zo groot dat het mengsel toch reeds binnenstroomt ook al beweegt de zuiger naar boven. Bovendien ontstaat juist voor de inlaatklep (op het moment dat ze sluit) een overdruk die het mengsel naar binnen "perst" als de inlaatklep de volgende keer opent. Men noemt dit het pulsatie-effect: drukgolven in de inlaatcollector.

Als nu ook de inlaatklep ver na het BDP sluit ontstaat het volgende effect: het wegstromende uitlaatgas zorgt voor een plaatselijke onderdruk in de cilinder. Besluit: overdruk in de inlaatcollector, gecombineerd met een onderdruk door wegstromend uitlaatgas: zeer gunstige vullingsgraad

Bij racemotoren kan dit leiden tot een vullingsgraad  $>1$ .

Dit noemt men "krypto-drukvulling" (krypto betekent verborgen) of pulsatie-druk vulling.

- Enkele mogelijkheden om de kleptiming te doen veranderen:
- Variabele luchthoogte
- Variabele openingsduur
- Verdraaibare nokkenas
- Verstelbare nokkenasaandrijving
- Kleppen in- en uitschakelen
- Nokprofiel veranderen

## 9.2 De klepoverlapping

De klepoverlapping, dit is de krukashoek waarover de in- en uitlaatklep samen open staan. Tijdens deze klepoverlapping grijpt de gaswisseling plaats. Het vullen van de verbrandingskamer verloopt als volgt. Op het einde van de uitlaatslag en het begin van de inlaatslag staan beide kleppen open. Het uitlaatgas stroomt met hoge snelheid naar de uitlaat waardoor in de cilinder een geringe drukverlaging ontstaat. Het verse mengsel kan dus binnenstromen door het gecombineerde effect van de aanzuigende werking van de wegstromende uitlaatgassen en de aanwezige drukgolven in het inlaatspruitstuk (die zijn opgebouwd tijdens vorige inlaatslagen). Op deze wijze wordt de verbrandingskamer schoongespoeld, de verbrandings- en restgassen worden geëvacueerd zodat de cilinder kan gevuld worden met vers mengsel. Dit is een ideale voorstelling. Meestal verloopt de gaswisseling niet zoals men zou wensen.

Bij stationair draaien en lage belasting heerst in het inlaatspruitstuk een lage absolute druk omdat de smoorklep gedeeltelijk gesloten staat (van een zekere restdruk vóór de inlaatklep ten gevolge van vorige inlaatbewegingen is dus nauwelijks sprake). Als men bij deze lage belasting de inlaatklep te ver voor het BDP zou openen, dan bestaat het gevaar dat eerst wat restgas van de verbranding in het inlaatspruitstuk stroomt en zich vermengt met het vers mengsel.

Bij hoog toerental zou men echter wel de inlaatklep ver voor het BDP mogen openen, want in de inlaatcollector (juist voor de inlaatklep) is dan wel een hoge restdruk aanwezig: het vers mengsel kan dan reeds vroeger beginnen binnenstromen (betere vulling).

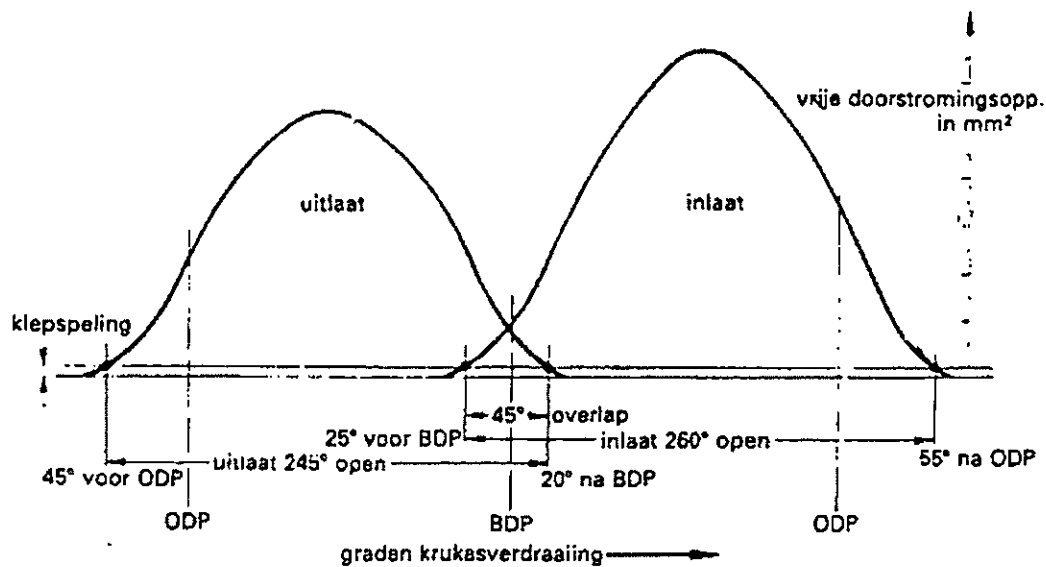
Besluit: de kleptiming zou dus eigenlijk moeten variëren volgens de belasting van de motor. Ook de kleplichthoogte en de snelheid waarmee de kleppen openen en sluiten spelen een belangrijke rol. Het spreekt vanzelf dat een wijd en snel opende klep over een zelfde krukashoek een grotere hoeveelheid gasmengsel laat doorstromen dan een langzaam opende klep met kleine lichthoogte.

Dit alles kan grafisch worden voorgesteld op onderstaande grafiek, die men via metingen bekomt. Dit gebeurt niet bij de normale bedrijfsklepspelings maar bij een grotere, theoretische klepspelings, dit om de meetnauwkeurigheid te vergroten.

Om de vullingsgraad te vergroten wordt ernaar gestreefd (bijvoorbeeld bij het opvoeren van motoren) het oppervlak onder de curven (zogenaamde doorstromingsoppervlak) te vergroten. Men streeft er dan vooral naar het oppervlak te vergroten aan de aflopende zijde, daar waar de inlaatklep sluit. Dit punt van het kleppendiagram is bepalend voor het motorvermogen. Een te vroeg sluiten van de inlaatklep verlegt het maximum motorkoppel naar een lager toereengebied, dit gaat ten koste van het vermogen bij hoge toeren. Door de klep later te laten sluiten verkrijgt men het maximum motorkoppel bij hoge toeren en ligt ook het maximum vermogen in het hoger toereengebied.

Om het doorstromingsoppervlak en dus de vullingsgraad te vergroten kunnen motortuners gebruik maken van volgende maatregelen:

- Het vergroten van de kleppen
- De kleplichthoogte vergroten door aangepaste tuimelaars te monteren, in de praktijk blijkt dit niet altijd mogelijk.
- Andere nokkenas met aangepaste nokken



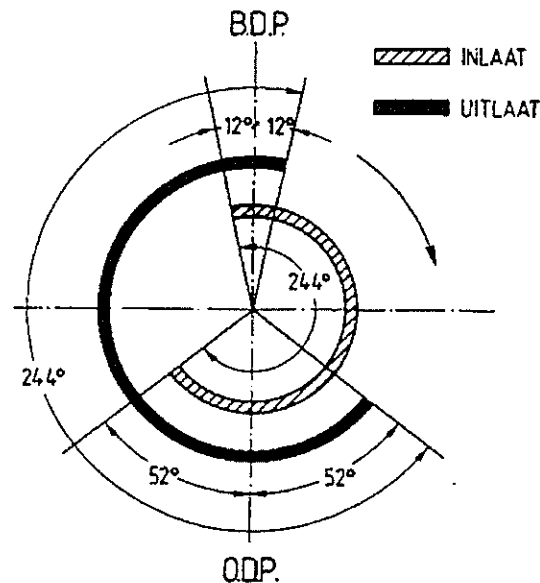
Figuur 9-1

## 10 Kleppendiagram

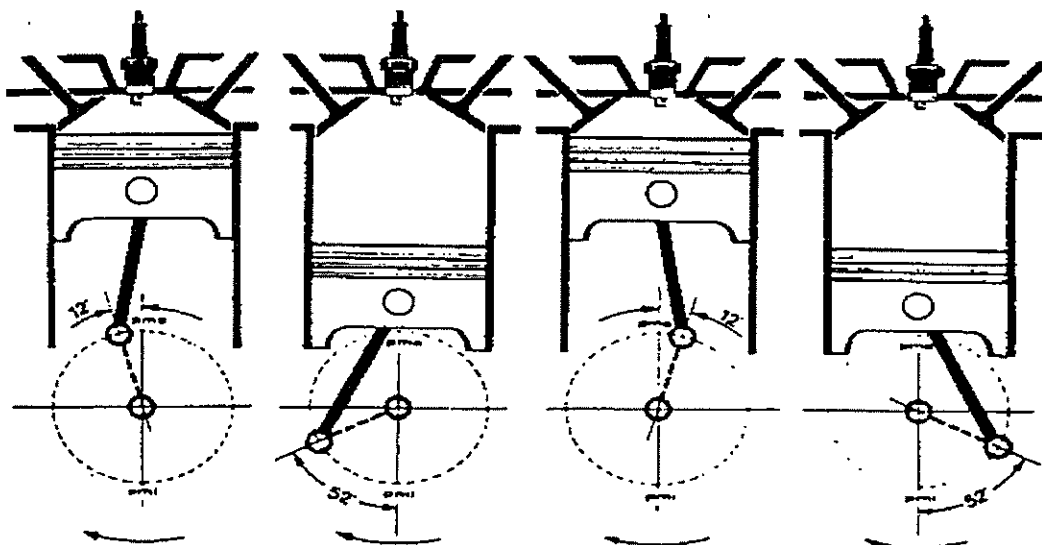
Bij de behandeling van het viertaktproces werd bij de vier perioden steeds een afbeelding gegeven van de krukcrank en welk deel daarvan tijdens die periode werd doorlopen. Voegt men deze cirkelgedeelten aaneen, dan krijgt men het zogenaamde kleppendiagram, waarop is af te lezen op welke momenten de kleppen openen en sluiten. Daar het proces twee omwentelingen omvat, vallen perioden over elkaar. Men kan dit vermijden door twee kringen van verschillende diameters te tekenen of er een soort spiraal van te maken.

Dit kleppendiagram is sterk afhankelijk van het motortoerental en in mindere mate van de drijfstangverhouding.

Er is reeds op gewezen dat een aangepaste kleptiming zorgt voor een optimale vullingsgraad en dus het motorkoppel en het motorvermogen ten goede komt. Hieronder is een kleppendiagram voorgesteld.



Figuur 10-1



Figuur 10-2

## 11 Klepspeling

De klepschotels van de uitlaatkleppen kunnen zo heet worden dat ze verbranden. De kleppen kunnen de opgenomen warmte alleen op voldoende wijze kwijt via de klepzitting die in de eventueel gekoelde cilinderkop zit. Daarom moet de klep zo lang mogelijk en stevig tegen de zitting aansluiten. Door de hoge temperatuur echter gaan de kleppen uitzetten in de richting van de klepsteel. Hierdoor duwt de klepsteel tegen de tuimelaar of de klepstoter, waardoor de klep niet goed meer sluit, de warmteafvoer wordt onvoldoende, waardoor de temperatuur aanzienlijk stijgt en uiteindelijk verbrandt de klep. Om dit te vermijden laat men een zogenaamde klepspeling toe tussen klepsteeluiteinde en tuimelaar. Merk op dat de klepspeling bij uitlaatkleppen het grootst is. Aangezien de uitlaatgassen een hoge temperatuur bezitten, zetten de uitlaatkleppen wat uit. Om een goede sluiting te waarborgen wordt ook een klepspeling toegepast bij inlaatkleppen.

Tengevolge van sleet en vormverandering (bijvoorbeeld door warmte) wijzigt de klepspeling in de loop van de tijd. Er is daarom altijd een mogelijkheid om de klepspeling af te stellen, tenzij er, zoals steeds meer en meer het geval is, hydraulische klepstoters worden toegepast.

## 12 Distributie

Het afstellen van de distributie gebeurt in principe enkel na relatief grote werkzaamheden aan de motor zelf, bijvoorbeeld nadat de cilinderkop werd afgenomen, bij demontage voor een motorrevisie of wanneer men vaststelt dat de distributie op een of andere manier niet meer juist is afgesteld bijvoorbeeld wanneer de ketting uitgerokken is of de getande riem een tand is versprongen.

Enkel wanneer een getande kunststofriem wordt toegepast behoort de afstelling van de distributie tot een "geregelde" onderhoudswerkzaamheid. Dit houdt in: de vervanging van de getande riem na ongeveer elke 70 000 à 100 000km.



