



2. Nokkenas
3. Nokkenastandwiel van textielgewa-
pend kunsthars
4. Stalen krukastandwiel
5. Olievernevelaar
6. Nokvolger
7. Stoterstang
8. Tuimelaar
9. Tuimelaaras

kleppen over tuimelaars, of drukt me-
teen op een boven de klepsteel liggende
stoterbus. Om breuk te voorkomen, met
als mogelijk gevolg een desastreus ren-
dez-vous tussen zuigers en kleppen, die-
nen tandriemen regelmatig vernieuwd te
worden. Kettingen – zeker indien dubbel
uitgevoerd – gaan veel langer mee. Zij
moeten echter op spanning worden ge-

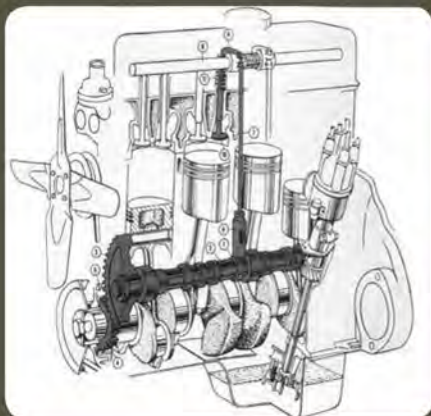
Stuurtijden 1

De ene auto gedraagt zich als sportieve
toermachine, een identiek model met
hetzelfde type motor blijkt een rally kan-
non. Dit verschil in motorkarakteristiek
hangt af van verschillende factoren. Van
fundamenteel belang zijn in ieder geval
de stuurtijden van de kleppen, dus op
welk moment gedurende de rotatie van
de krukas de inlaat- en uitlaatkleppen
openen dan wel sluiten.

De nokkenas bepaalt, door positie en
vorm van de nokken, wanneer, hoe lang
en hoe ver de kleppen openen. De nok
is in feite een excenter, die de rotatie
van de nokkenas omzet in een op- en
neergaande beweging van kleppen. Dit
gebeurt bij een onderliggende nokkenas
indirect, langs stoterstangen en tui-
melaars. Niet meteen de meest ideale
constructie voor wie forse vermogens
nastreeft. De Volvo B18/B20 motor is
hiervan een voorbeeld.

We zien daar achtereenvolgens:

1. Speciaal gevormde nok, geconstru-
eerd op hoge toerentallen



B18

10. Klep

11. Uit speciaal verenstaal gemaakte
klepveer.

Grote versnellingen in het bedienings-
mechanisme, bijvoorbeeld ten gevolge
van opgeschroefd vermogen, kunnen er
toe leiden dat de kleppen niet meer vol-
gen en gaan "zweven"; de synchronisatie
tussen zuigers en kleppen is dan (even)
weg. Hoe hoger de nokkenas in het mo-
torblok ligt – dus hoe dicht bij de tui-
melaars – des te beter zal de kleptiming
gehandhaafd blijven. De Opel Camshaft
In Head (CIH) motor is hiervan een voor-
beeld. De nokkenas zit opzij in de cilin-
derkop, maar bedient nog steeds over
korte stoterstangen de tuimelaars. Dit is
een stap vooruit, die het bovendien mo-
gelijk maakt om een motor minder hoog
te bouwen.

Latere Volvo motoren hebben directe
klepbediening middels een bovenlig-
gende nokkenas, oftewel Over Head
Camshaft (OHC). Genoemde traagheids-
verschijnselen spelen geen rol meer, om-



Opel CIH motor

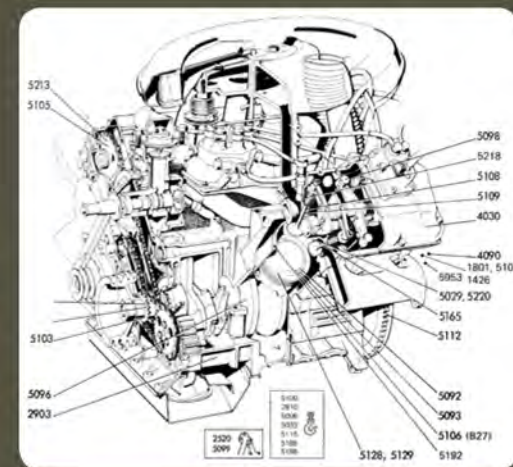
dat een getande riem, of ketting, vanaf
de krukas rechtstreeks de bovenliggen-
de nokkenas aandrijft. Deze bedient de

houden, anders kunnen ze gaan klappe-
ren en een tandje overspringen. Een ket-
ting kan op den duur rekken, waardoor
de timing iets zal verlaten.



Tandriemen

Vroeger werden ook wel tandwieltrei-
nen en koningsassen als distributie
toegepast; exclusieve, dus kostbare
en vaak wat lawaaierige oplossingen.
Door de jaren heen passeerden tal-

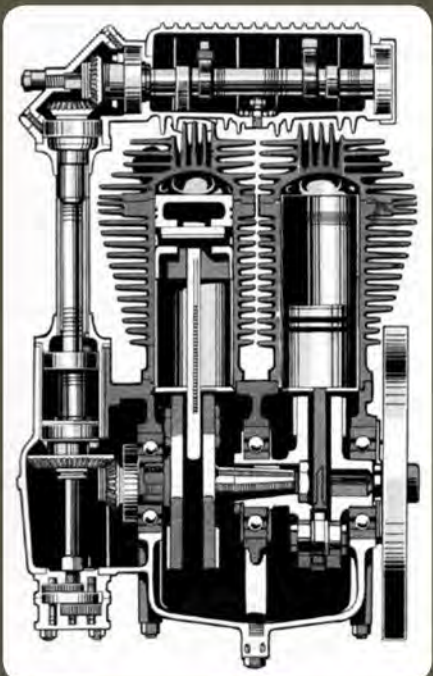


Ketting

loze vernuftige bedenkzels de revue,
waarvan er uiteindelijk maar weinig
praktische toepassingen vonden. Een

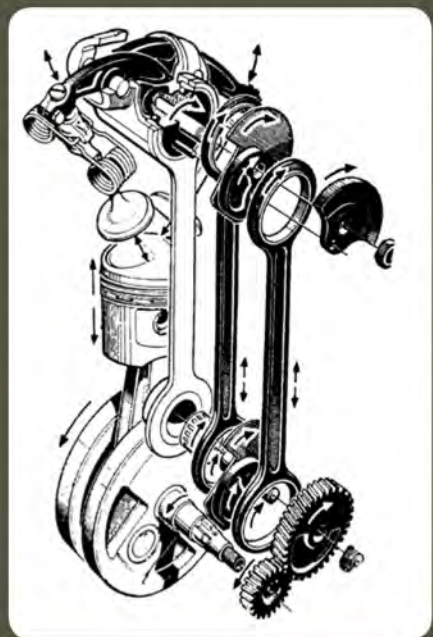


Tandwieltrain met hoogliggende nokkenassen



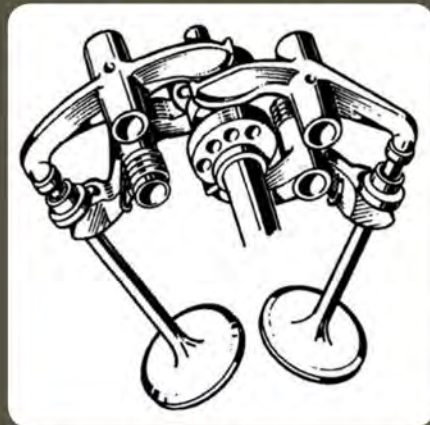
Koningsas

daarvan was het uitermate gecompliceerde schuifstangen systeem van NSU. Vandaag de dag kent de motorfietswereld nog steeds desmodromische klepbediening: de klep wordt dan geforceerd geopend en gesloten door een nokmechanisme, zonder dat er klep-



NSU

veren aan te pas komen. Het meest ideaal is natuurlijk de DOHC motor, met dubbele bovenliggende nokkenassen, waarbij in- en uitlaatkleppen elk door een afzonderlijke nokkenas worden gecommandeerd. De massa van bewegende delen is daarmee tot een



Desmodromische klepbediening met verstelbare nok

minimum gereduceerd en de kleppen kunnen beter gepositioneerd worden. Normaliter verandert men stuurtijden door de nokkenas uit te wisselen tegen een "tammere" of "hetere" variant. Wel is het mogelijk om de positie van de nokkenas ten opzichte van de krukas licht te wijzigen, waardoor de klep een fractie eerder of later bediend wordt. Hierdoor



DOHC

kunnen de vullingsgraad van en gaswisseling in de cilinder worden verbeterd. Een bekend fenomeen is dat de zuiger op zijn kantelpunt enkele graden krukasverdraaiing stil blijft staan, wat ook bij nokken het geval is. Bij hoog vermogen motoren kan het daarom nodig zijn de nokkenas iets voor of na te laten ijlen, in het belang van een optimale kleplift. Met een asymmetrische spie in de nokkenas wordt het nokkenastandwiel dan subtiel verdraaid. Op deze wijze is het ook mogelijk om lichte rek in een ketting op te

vangen. Het monteren van een verstelbaar nokkenastandwiel is een elegante, maar prijzige oplossing om stuurtijden aan te passen.

Onze viertaktmotor dankt zijn naam aan het feit dat vier slagen of takten nodig zijn voor het doorlopen van een volledige arbeidscyclus; de inlaatslag, compressieslag, arbeidsslag en uitlaatslag. Daar-



Scheve spieën

toe draait de nokkenas met het halve krukastorental - één omwenteling van de nokkenas (360 graden) staat tegenover twee omwentelingen van de kruk-



Verstelbaar nokkenastandwiel

as (720 graden). In vier takten moet elke zuiger immers tweemaal het Bovenste Dode Punt (BDP) en het Onderste Dode Punt (ODP) bereiken: daarbij bevinden de kleppen zich steeds in een andere positie. Tijdens de compressieslag, bij het ontsteken van het mengsel, zijn ze gesloten. Tussen uitlaat- en inlaatslag is de uitlaatklep nog niet helemaal gesloten, maar begint de inlaatklep reeds te openen. Deze "overlap" in stuurtijden begint iets voor het BDP en eindigt even na het BDP.

De registratie hiervan gebeurt aan de hand van het aantal graden krukasverdraaiing, met de zuiger als referentiepunt, en wordt vastgelegd in een klependiagram. Volgende keer meer over kleptiming!

Tekst en foto's (deels):
Sjef van Giersbergen.



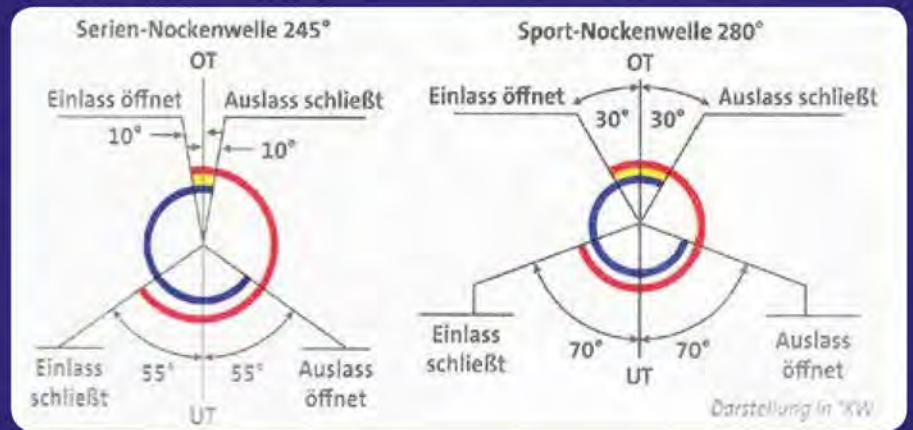
Stuurtijden 2

gen nodig aan distributie –bijvoorbeeld zwaardere klepveren- carburatie en ontsteking. In de volksmond spreekt men wel van een tamme, respectievelijk wilde/hete/scherpe nokkenas. Denk, als globale vuistregel, voor standaardmotoren aan 250°, voor sportmotoren aan 275° en voor racemotoren aan een minimaal 300° nokkenas. Deze

inlaattraject 10° voor het Bovenste Dode Punt, 180° na het BDP plus 55° na het Onderste Dode Punt: dit geeft opgeteld een 245° (standaard) nokkenas. Het uitlaattraject omvat achtereenvolgens 55° voor het ODP, 180° na het ODP en 10° na het BDP: is eveneens 245° in totaal. Dit geeft opgeteld 490°. Deze waarde moet gehalveerd

De vorm van een nokkenas is bepalend voor het moment waarop kleppen openen en sluiten en daarmee voor de motorkarakteristiek. Het vorige artikel ging in op de positie van de nokkenas in het blok, verschillende vormen van aansturing vanaf de krukas en de wijze van klepbediening.

Om stuurtijden te veranderen dient een andere nokkenas te worden gemonteerd, of kan men de positie ten opzichte van de krukas licht wijzigen. We besloten met het kleppendiagram, waarin is vastgelegd bij hoeveel graden krukasverdraaiing de kleppen openen, dus wanneer en voor hoelang maar niet hoe v \acute{e} r ze open gaan. (Afb.10) Zoals gezegd valt met een bestaande nokkenas wel iets te winnen, maar voor substantiële vermogenstoename is toch een andere nokvorm noodzakelijk. Afhankelijk van hoe ver men wil gaan zijn dan verdere aanpassin-



Afb. 11

laatste heeft de meest "wilde" nok, die een groot product van openingstijd en nokhoogte levert. 300° wil zeggen dat de krukas in theorie 300 graden moet draaien om een klep zich volledig te laten openen en sluiten. Hoe langer dit duurt, hoe groter ook de overlap – de periode dat zowel in- als uitlaatklep geopend zijn. In bovenstaande linker illustratie (Afb.11) belooft het

worden, omdat de nokkenas met half krukastoerental draait. $490^\circ : 2 = 245^\circ$, wat een symmetrisch kleppendiagram genoemd wordt.

De totale openingshoek van de inlaatklep bedraagt $10+180+55=245^\circ$. Daar sprake is van een symmetrische nok, ligt het punt waar de noktop in het diagram de inlaatklep maximaal oplicht vast op $245:2-10 = 122,5-10 = 112,5^\circ$ na het BDP. Voor de uitlaatklep uiteraard $112,5^\circ$ na het ODP.

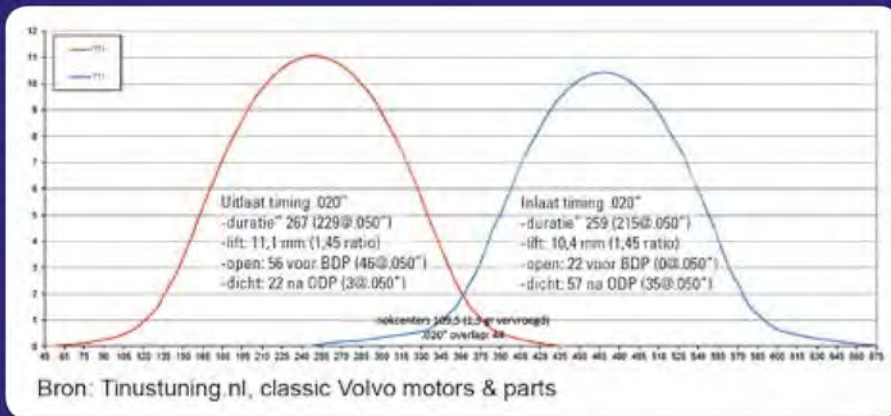
De in afb. 11 rechts afgebeelde sportnokkenas geeft duidelijk langere openingstijden en een grotere overlap. Dit diagram is eveneens symmetrisch.

Dankzij voortschrijdend inzicht is het aantal graden bij de in- en uitlaat nok in toenemende mate ongelijk, wat een asymmetrisch kleppendiagram oplevert. Zoals bij het volgend voorbeeld van een volgens de regels der kunst geprepareerde B18B met B20 zuigers.



Afb. 16. Diagram van de klepopenings- en sluitingsmomenten (klepventiming). Het openen en sluiten van de kleppen is hierin aangegeven in graden, gemeten t.o.v. ODP en BDP. Het „overlappen” van de twee kleppen, de tijden dus dat ze beide gelijktijdig gedeeltelijk geopend zijn, is nodig om de uitstroming van de verbrandingsgassen en de toevoer van het nieuwe mengsel zo effectief mogelijk te maken. De benaming van dit type diagrammen is overigens wat misleidend: het gaat altijd om aanduidingen in graden, niet om minuten of seconden.

Afb. 10



Afb. 12

Oorspronkelijk opent de inlaatklep van de luie Volvo B18A pas 10° na het BDP! Bij de B18B op 0° BDP. Na modificatie wordt dit:

-inlaat opent bij 23° voor BDP, sluit bij 74° na ODP = 277°

-uitlaat opent bij 63° voor ODP, sluit bij 20° na BDP = 263°

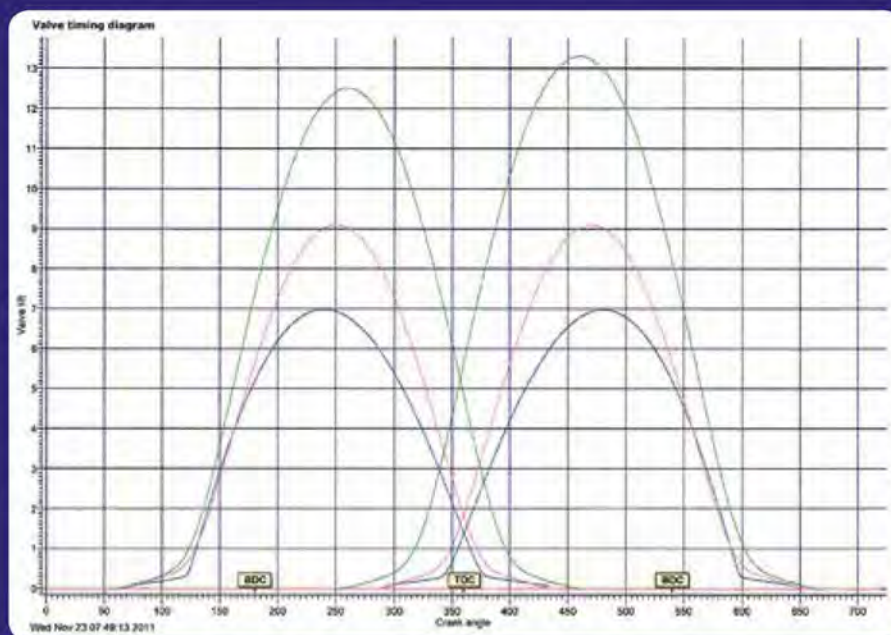
Deze motor levert, voorzien van twee dubbele DCOE Webers, ruim 120 Din PK bij 5600 TPM.

Een ander voorbeeld: Ben Flierman van Tinus Tuning produceert in eigen beheer een scala aan nokkenassen voor onze klassiekers, gebaseerd op verdere verfijning in nok-ontwerp. In- en uitlaatkoppen hebben bij enkele ontwerpen een verschillend profiel, genaamd "Dual lobe". Bij de meest tamme versie, voor standaard cilinderkoppen en gewoon dagelijks gebruik, leidt dit tot een verbeterde stationaire loop en meer koppel over een breed toerenbereik. (Afb. 12)

Het andere uiterste is ook leverbaar, althans voor wie over een verbeterde cilinderkop met grotere kleppen beschikt, naast DCOE Webers, of programmeerbare injectie: de TT 12 Full Race nokkenas van 312°, met een overlap van maar liefst 102°.

Om verwarring te voorkomen maak ik onderscheid tussen een kleppendiagram en een stuurdiagram. De laatste heeft als voordeel dat naast openings-tijdstip, - duur en mate van overlap, tevens de lifthoogte van de kleppen kan worden weergegeven (mits de gehanteerde klepspelings wordt vermeld). (Afb.13)

Dit stuurdiagram toont de liftcurven van een standaard nokkenas (blauw), een sportuitvoering (rood) en een extreme racenokkenas (groen). Niet alleen de lifthoogte, maar ook de overlap verschilt aanzienlijk. Uit de grafiek blijkt eveneens dat lifthoogte meten aan het



Afb. 13

begin van een nok erg lastig is, daar per graad krukasverdraaiing de lifthoogte nog gering is, slechts tienden van millimeters bedraagt. Makkelijker wordt het als men op het steilere deel van de nok begint te meten, bijvoorbeeld van het punt waarop de klep 1 mm open gaat, tot het punt waarop ze nog maar 1 mm geopend is.

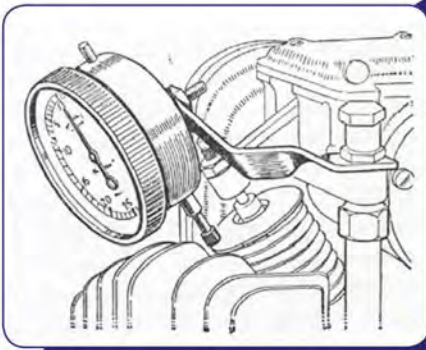
Bij een hete of scherpe nokkenas is de nok meestal hoger, om extra lifthoogte te krijgen en de vorm boller. (afb. 14) De steilere flanken zorgen voor sneller openen / sluiten van de kleppen, wat gunstig is, maar anderzijds voor massatraagheid in de kinetische ketting.



Afb. 14

Bijvoorbeeld, het gewicht van veerschotels kan tegenwerken, het scharnierpunt van tuimelaars ongelukkig liggen, of de klepveren kunnen het niet meer bijbenen. Dit kan bestreden worden met het verleggen van draaipunten, met lichtere materialen ("verjongd", dus dunner gemaakt, of van speciaal gelegeerd staal vervaardigd) en hardere klepveren. Dergelijke maatregelen belasten mogelijk het loopvlak van nokken weer bovenmatig. Echt specialistenwerk dus, om hier balans in te vinden!

Op de in het eerste artikel getoonde tandwielrein van een Vincent Black Shadow motorblok waren standaard geen markeringen aangebracht; men werd geacht zelf ontstekings-tijdstip en kleptiming in te stellen. Ook bij gekielde motoren is het zaak om stuur-tijden exact te bepalen, want markeringen op poelies zijn lang niet altijd accuraat. Van belang is in dat geval om te weten een hoeveel graden nokkenas het betreft en het moment waarop de inlaatklep van de eerste cilinder opent,



Afb. 16

Dit precies vaststellen is lastig omdat de zuiger, tussen stijgen en dalen, enkele graden krukasverdraaiing lang op het hoogste punt blijft staan. Meet daarom, op korte afstand voor het BDP, eenmaal met stijgende en eenmaal met dalende zuiger.



Afb. 15

of op het hoogste punt staat. Met een meetklok op magneetstatief en een taststift op de bovenste veerschotel kun je de stuurtijden dan achterhalen. Bevestig, om de krukaspositie af te lezen, een gradenschijf op de krukaspoelie en een puntige wijzer op het carter, als vaste referentie. Vervolgens het BDP bepalen (Afb. 15).



Afb. 17

is het mogelijk om de verschillende waarden van de gradenschijf, zoals de BDP markering, over te nemen en op het vliegwiel af te tekenen (Afb.17). Dit merkteken kan desgewenst worden overgebracht op de krukaspoelie, als referentie voor toekomstige afstelwerkzaamheden.

Tekst: Sjef van Giersbergen

Jan Ooms Classics

Volvo specialist

De klassieke Volvo-specialist voor

- Onderhoud & reparatie
- Injectiemotoren
- Perfecte motortuning
- Restauratie
- Schadeherstel
- APK

Vlotlaan 124
2681 TV Monster
Westland
4 km van Den Haag

T 0174 21 27 99
M 06 1474 0989
F 0174 21 28 30
E

www.janoomsclassics.nl