

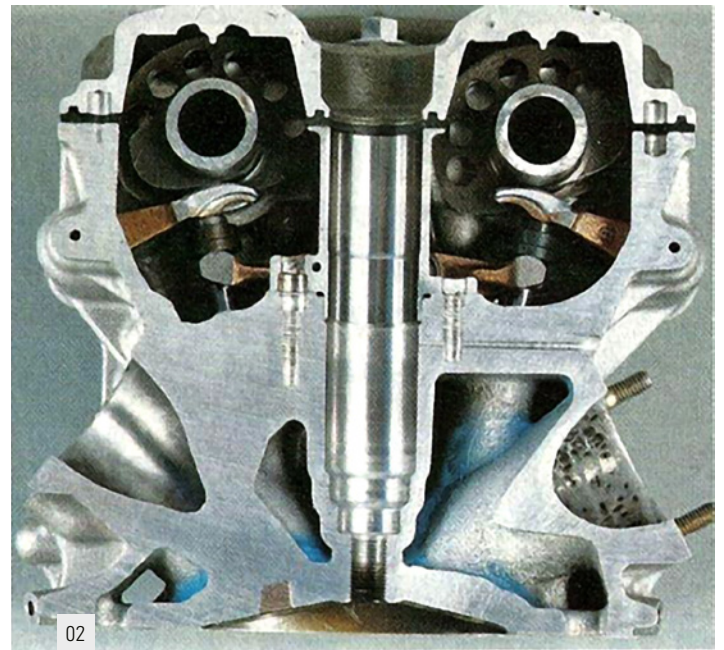
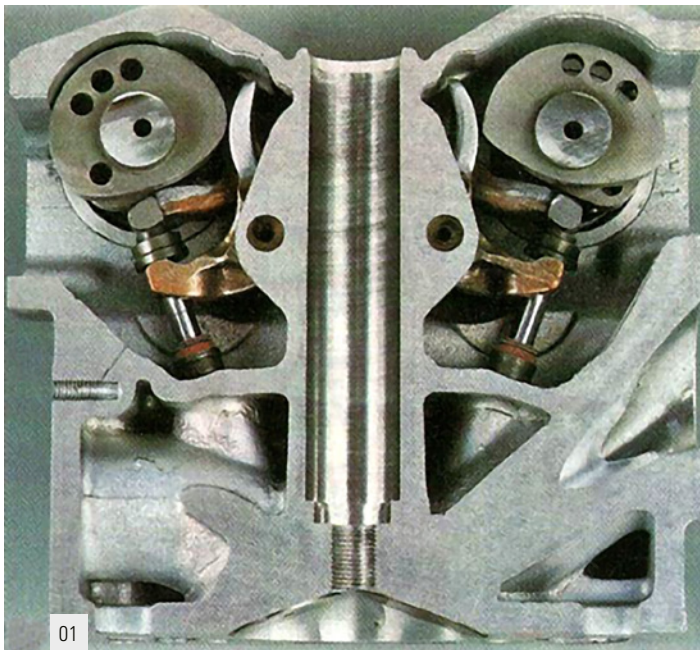


Ducati desmo-nokkenassen

Iets over de (r)evolutie van 64 (!) jaar

Alweer twintig jaar geleden (2001) begon Ducati met de ontwikkeling van de D-16. In 2003 mengde Ducati zich met Loris Capirossi in de MotoGP met een viercilinder L-motor, de Desmosedici (16-klepper). Deze motor was voorzien van de nieuwste generatie desmodromische klepbediening. Net als bij de Testastretta zit het swingasje van de openingslepers aan de buitenkant van de kop. Dit in tegenstelling tot de eerste generatie watergekoelde vierkleppers van de 851 tot en met de 996.

DOOR HENK CLOOSTERMAN



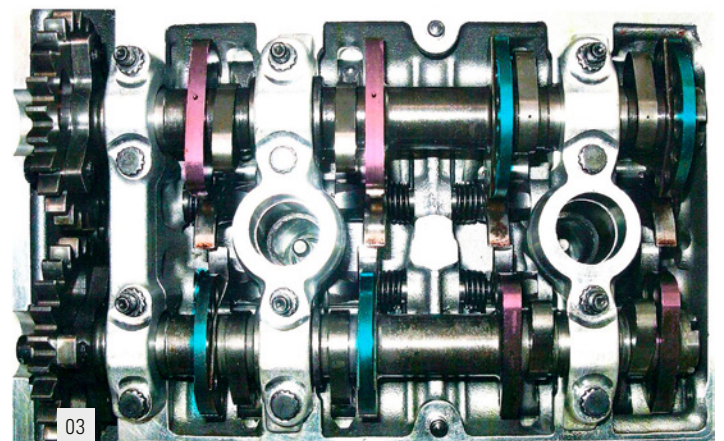
Op de bovenstaande foto's is duidelijk te zien hoe de Testastretta-kop (02) is gewijzigd ten opzichte van de 996-kop (01). Ook mooi te zien hoe de kop van de 996 één gegoten geheel vormt en de Testastretta van bovenaf is te openen (deksel). Dit werd onder andere mogelijk door het gebruik van glij- in plaats van rollagers en komt het onderhoudsgemak zeer ten goede.

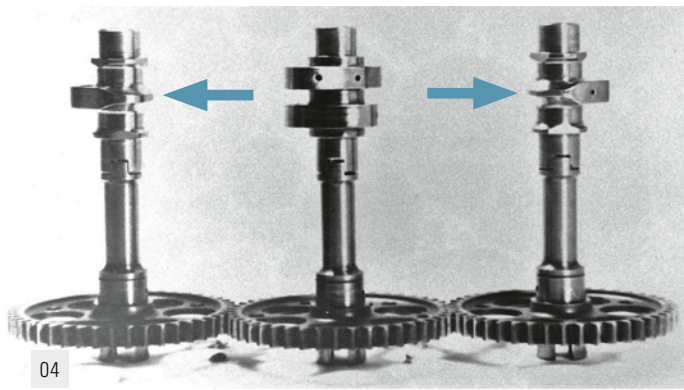
Afgefreeste sluitnokken

Een extra kenmerk bij de racers (vanaf 2001) en de latere (1.500) race-replica's is het weggefreeste deel van de sluitnok. Bij de Desmosedici RR is de dunne gefreeste schijf 4,0 mm. dik en het dikke gedeelte is 6 mm. [weggenomen materiaal: 2 mm.]

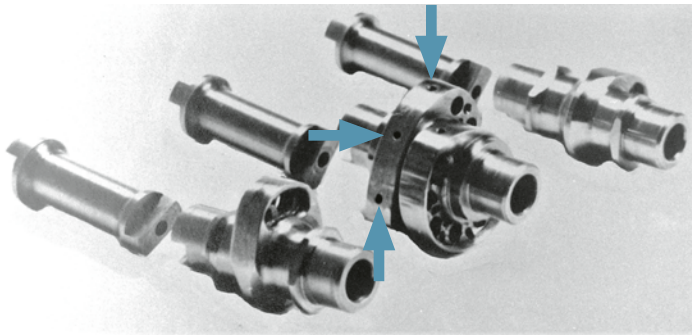
Overigens is dit aloude klassieke Ducati-techniek! Reeds in 1956 was de Ducati 125cc triple nocker GP-racer uitgerust met nokkenassen waarvan juist uitsluitend de openingsnokken op deze wijze lichter waren gemaakt. Verder waren de nokken niet alleen dwars doorboord, maar over het gehele gatentraject was ook nog eens materiaal weggefreest. Het niet werkende deel van de openingsnokken waren tot heel smalle waarden afgenomen.

Ducati ging deze afgefreeste nokken later (vanaf de Panigale in 2011) ook toepassen in de andere vierkleppers (Multistrada etc.). De nieuwe generatie (luchtgekoelde) tweekleppers (vanaf 2002), de Testastretta (2001) en de 1098 Evoluzione (2006) hebben deze afgeslankte sluitnokken dus nog niet.





04



Bij de Panigale is de dunne schijf 3,70 mm dik en het dikke werkende gedeelte versterkt tot 7,70 mm. [weggenomen materiaal: 4 mm.]. Bij de Multistrada 1200 DVT is het dikke gedeelte 6,0 mm en dunne gedeelte 3,20 mm. [weggenomen materiaal 2,8 mm.].

Andere aanbieders van Ducati-nokkenassen

Ducati Kaemna biedt voor alle 1000/1100 V2-motoren vier speciale nokkenassen aan: hun eigen sport- en race-assen, alsook de Ducati Performance assen en de NCR race cams. Alleen de Ducati Performance assen en hun eigen race cams (zie foto's) hebben afgefreeste sluitnokken. Deze set kost 'maar' € 785



www.ducati-kaemna.com/ducati-performance-racing-nockenwellen-fuer-alle-1000-1100-2v-motoren.html?store=tuning_en

Een setje NCR race cams zonder gaten en zonder afgefreeste sluitnokken kost (2020) bij Kaemna € 1.259! Het schijnt dat Vee Two die nokkenassen met grote sluitnokken niet meer levert. Op de site zijn ze niet te zien;

www.veetwo.com/Catalogue/cams-pulleys



06

01-02 Foto van doorgezaagde 996 cilinderkop (01) en de Testastratta-kop (02).

03 De kop van de Desmosedici RR met de afgefreeste sluitnokken; het dikkere gedeelte is roze gemarkeerd, het dunner blauw.

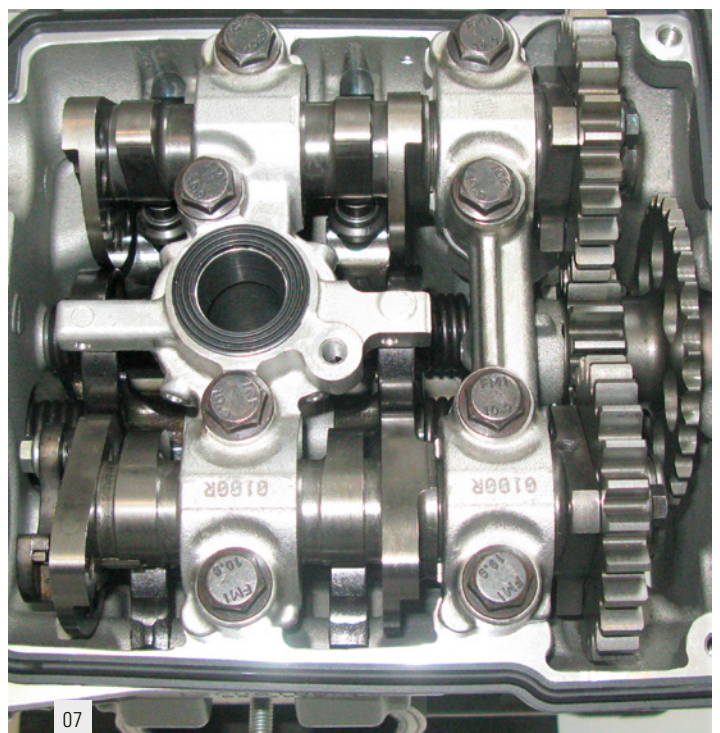
04 Duidelijk zichtbaar die ultradunne grondcirkels bij de nokkenassen van de Ducati 125 cc triple nocker GP racer.

05 Prachtig stukje Grand Prix-techniek. Let op de drie olieboringen per sluitnok.

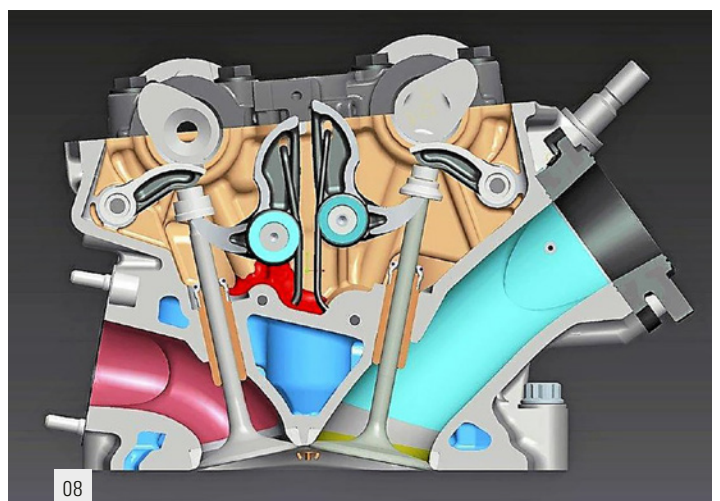
06 Ducati Performance-assen bij Kaemna.

07 Kijkje in de cilinderkop van de Panigale.

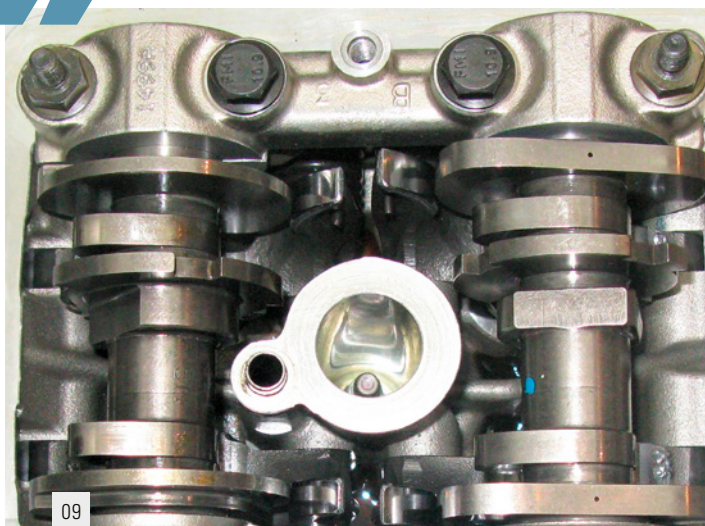
08 Doorsnede van de Ducati Panigale-kop. Let op de hoger liggende inlaatsnokken (rechts) om een steiler inlaatkanaal te kunnen realiseren.



07

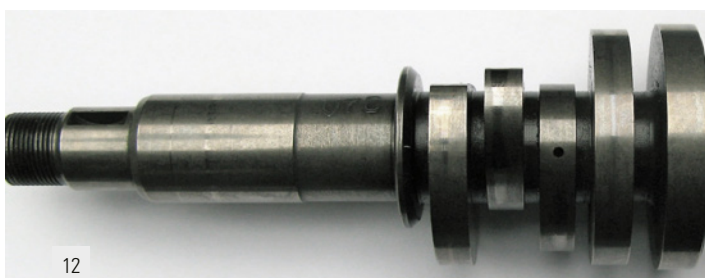


08

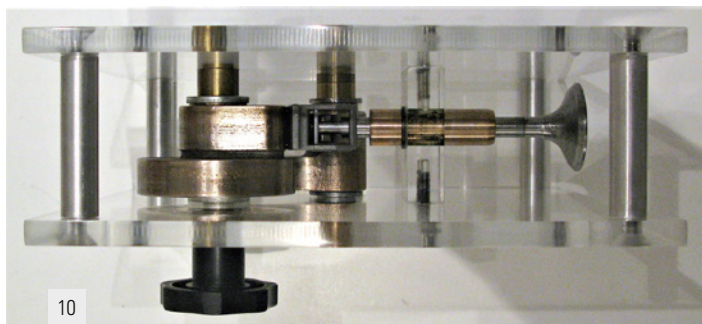


Korte kinematica van het desmosysteem

Als je een nokkenas bekijkt die zijn sporen al heeft verdiend, dan kun je goed zien waar de drukvlakken tussen nok en nokvolgers (sluittuimelaars en slepers) liggen, dus waar de nok zijn werk moet doen. Als voorbeeld hier de nokkenas van de laatste generatie luchtgekoelde tweekleppers met glijlager-opname. Je ziet de nokkenas van de Ducati DS 1000 (2003) van beide zijden gefotografeerd. De openingsnok laat op beide loopvlakken druksporen zien, want die andere (afloop)kant speelt tevens een rol in de sluitfase (afremmen van de door de sluitnok in gang gezette versnelling van de klep en sleper).



De sluitnokken laten met name op het vlakke gedeelte en het eerste stukje cirkelboog van de oplopkant druksporen zien. Op dat vlakke stuk wordt de in openingsrichting versnelde klep afgestopt. Het stukje cirkelboog initieert vervolgens het sluitproces. De aflopkant is nagenoeg sporenvrij. Op de afgebeelde nokkenas zie je over de hele cirkelboog in het midden (waar de vierkleppers hun dunne afgeslepen nokken hebben) lichte druksporen. Het 'dunne traject' is dat deel van de cirkelboog waar deze nauwelijks functie heeft. De klep is al naar zijn zitting terug verwezen door het dikke gebogen werkende gedeelte van de sluitnok en ook de tamelijk sterke hulpveer helpt mee. Een minimale sluitspeling zorgt verder voor een nagenoeg drukvrij verloop langs de sluittuimelaar. De compressedruk houdt de klep mede tegen de zitting gedrukt.



09 Kop van de Multistrada 1200 DVT.

10 Ter vergelijking: de tweeklep Mercedes W196 (vijftiger jaren) had een sluitnok van maar liefst 12,5 mm. dik.

11-12 Op deze nokkenas van deze gebruikte Ducati 1000 DS (2003) zijn op de loopvlakken duidelijk de druksporen te zien (foto's van boven- en de onderkant)

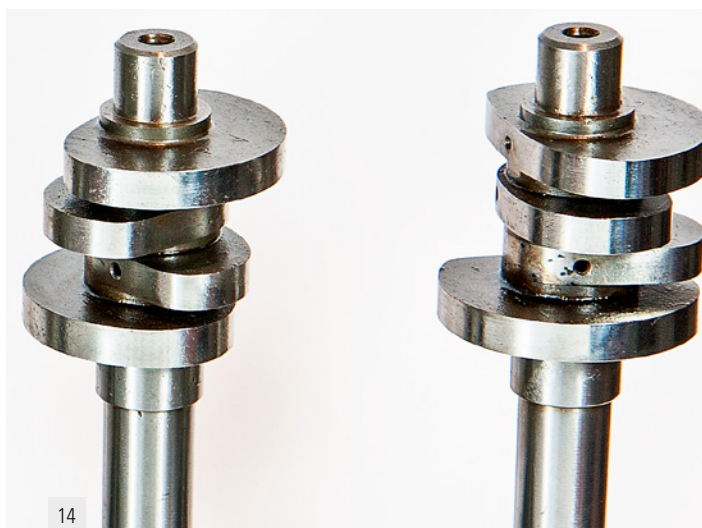
13 Het bekende NCR-logo.

14 Deze (1985) Ducati Pantah Sport-assen hebben geen dwars doorboorde nokken. Deze zijn zo'n 40 gram zwaarder dan de doorboorde assen.



Nok nok nokking on (speed)heavens door

Sinds jaar en dag werden de openingsnokken en grote sluitnoklobben al doorboord. Maar door deze nieuwe extra gewichtsvermindering is er nog minder effect van de excentrische onbalans, wat bij de steeds hogere toerentallen natuurlijk een factor van belang is. In de jaren voorafgaand aan CAD-CAM en CNC was het nog niet zo simpel om nieuwe nokkenassen met verschillende timing en kleplichthoogtes te ontwikkelen en te produceren. Het was Scuderia (renstal) NCR (Nepoti Caracchi Racing) dat toen al speciale race-assen te koop aanbood en nu nog doet. Later, maar eerder dan Ducati zelf, kwam ook Brook Henry van Vee Two met assen met van die hele grote sluitnokken en steile overgangen. Ik heb er helaas geen afbeelding meer van kunnen vinden.



Later werd het allemaal een stuk eenvoudiger, wat resulteerde in steeds meer verschillende motorentypen en daarbij behorende aangepaste nokkenassen. De nokken van de Ducati desmo-assen zijn altijd al smaller uitgevoerd dan de non-desmo nokkenassen. Een factor hierbij is de afwezigheid van een krachtige veer(spanning), waardoor een andere (lagere) waarde van ‘Hertsche Pressung’ (contactspanning)* van toepassing werd.

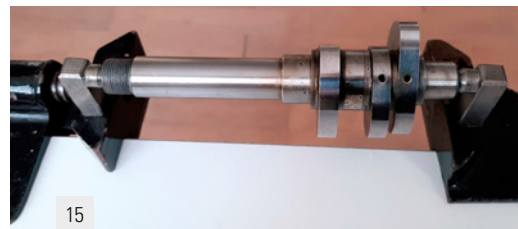
Andere factoren die tot smallere en agressievere nokken hebben geleid zijn:

- Gebruikmaking van een **grotere radius van de sluitnok**. Ducati heeft steeds grotere radii gebruikt: eencilinder (41,5 mm); koningsasser-twin (43 mm); Pantah (46,5 mm); Pantah Sport (47,5 mm); Testastretta en Panigale (55 mm).
- De steeds **kleiner geworden heen- en weergaande klepmassa**, vanwege meer kleppen per cilinder; andere klepmaterialen (Del West kleppen van titanium) en dunnere klepstelen.
- **Metallurgische ontwikkelingen**: ander nokkenas- en nokvolgermateriaal.
- **Lichtere nokvolgers**: superlichte openingsnok-‘vingertjes’ en sluituimelaars.
- **Betere olie van zeer lage viscositeit** geeft een nog betere smering met minder wrijving. De olie wordt ook direct door kleine gaatjes in de nokken onder druk aangevoerd. Deze gaatjes zijn geboord op ‘strategische’ plekken. Bij de oudere typen zijn ze groter (2 mm), vanwege mogelijk gebruik van dikkere olie. De nieuwe typen hebben extreem dunne gaatjes (1 mm).
- De diverse onderdelen van de totale klepbediening kunnen voorzien zijn van **diverse soorten coatings**, zoals Molycoat en DLC (Diamond Like Coating), die ook weer bijdragen een minder wrijving en meer spanning (stress) aan kunnen.

Excentrische onbalans als mogelijke oorzaak van hoogfrequente trillingen?

Met een eenvoudig testje, vrij laten draaien tussen de uiteinden en de zwaartekracht zijn werk laten, is de excentrische onbalans van een nokkenas eenvoudig vast te stellen. Op de foto van de NCR-as is duidelijk te zien dat ondanks de geboorde gaten er toch een onbalans is en telkens het zwaarste punt wordt opgezocht. De linker sluitlob hangt helemaal onderaan, de rechtse openingsnok ook. Tussen centers op de draaibank werkte de test beter. Ook hier bij de Ducati Pantah Sport-assen (zonder doorboringen) zat duidelijk nog meer excentrische onbalans.

Een vriend gaf als mogelijke oorzaak van de bedenkelijke kwaliteit van de elektriek in de oude koningsas-motoren hoogfrequente trillingen de schuld. Als deze al zouden zijn voorkomen dan wilde ik ze juist toewijzen aan de boven beschreven excentrische onbalans. Maar hij meende ze te moeten toeschrijven aan de koningsas-aandrijving met al die keltandwielen. Deze zouden vanwege grote toleranties ‘swingingen’ kunnen veroorzaken.



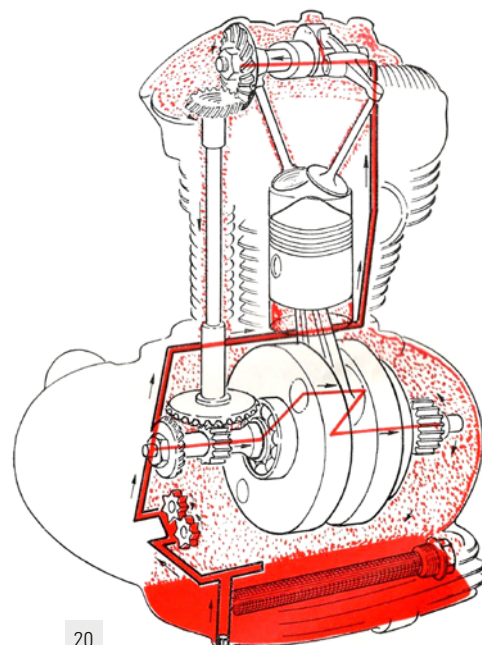
- 15 Balanstestje met een dwars doorboorde NCR-as. Ondanks de dwarsboring (op linker en derde sluitlob onderaan nog net te zien) is er nog steeds onbalans.
- 16 Bij deze Ducati Pantah Sport assen (zonder dwarboringen) tussen de centers zat duidelijk nog meer excentrische onbalans.
- 17 Genoeg boorgaten en gewichts-(& energie) besparing in deze 848 EVO-nokkenassen.



18



19



20

18-19 Met een ijzerdraadje gecheckt en ontdekt dat de nokkenassen van de Monster 797 (2017) evenals de losse nokkenassen van de DS 1000 (2003) niet volledig doorboord zijn.

20 Tekening van de olievoorziening naar de nokkenas met olieboringen in de Ducati eencilinder.

21 De Panigale heeft geen doorboorde nokken. De olie komt via een kanaal boven in de kop. Hier wordt de olie door een achttal kleine nozzles (sproeiers) gericht op de nokken gespoten. Duidelijk zijn de brede kanten (onder) en de afgefreesde kanten (boven) te zien.

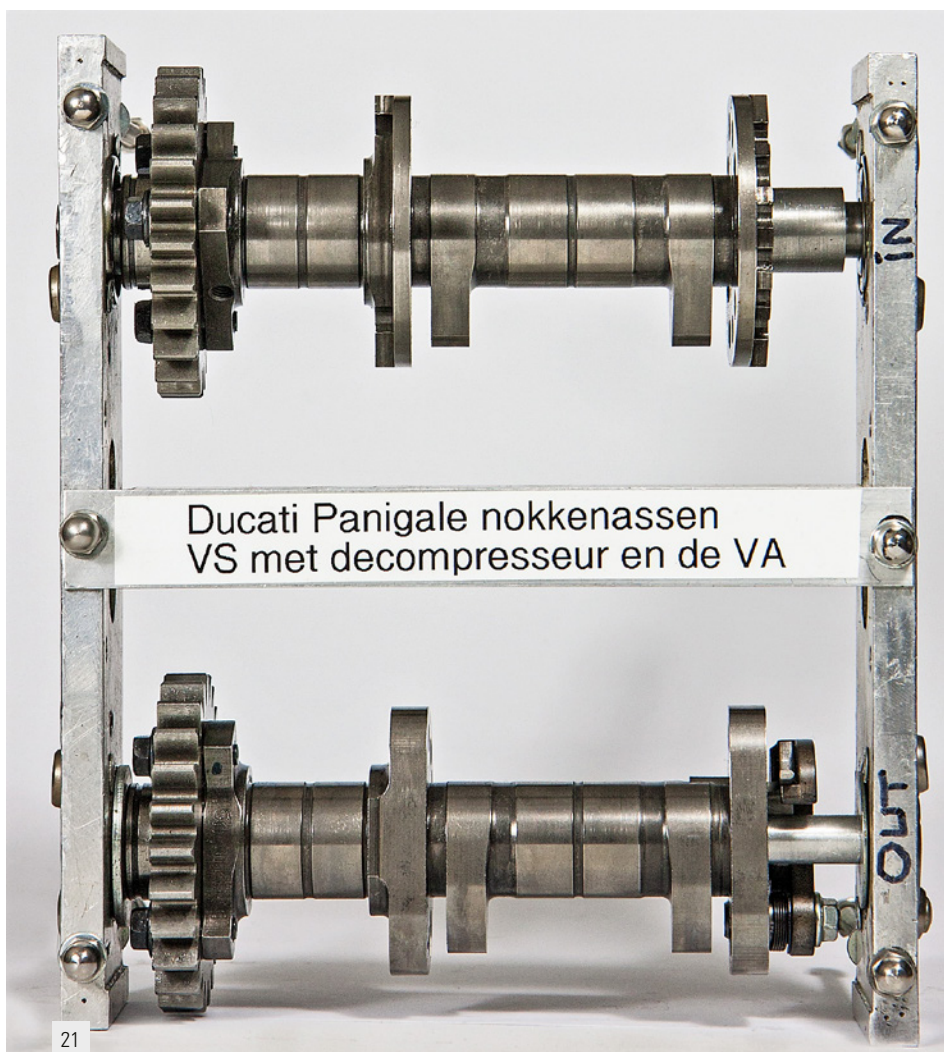
Olieboringen

Ducati heeft de nokkenassen altijd van olieboringen voorzien, waardoor de klepbediening altijd voldoende olie krijgt toegevoerd. De oudere types (eencilinders, koningsassers, Pantah en parallel-twins hadden boringen van 2 mm. De D-16 RR, Testastretta, EVO en Multistrada (DVT) hebben alle een boring van slechts 1 mm. Recent ontdekte ik dat de meeste olieboringen op de nokken van de nieuwere generatie tweekleppers (Multistrada DS 1000, Monster 797 etc.) te ondiep zijn en niet uitkomen in de holle as. Alleen de boring voor het glijlager is wel operationeel.

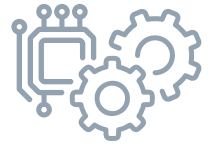
De Panigale blijkt zelfs geen olieboringen meer te hebben! Er zijn geen doorboorde nokken. De olie komt via een kanaal boven in de kop. Hier wordt de olie door een achttal kleine nozzles (sproeiers) gericht op de nokken gespoten. [zie artikel hiernaast] <<

Noot

* In het kader van dit verhaal voert het te ver om hier op in te gaan en dit gaat ook mijn kennisniveau te boven. We hebben hier te maken met de wetmatigheden van de contactmechanica. Het volstaat wellicht te vermelden dat het niveau van de 'Hertsche Pressung' (oppervlakte)druk af hangt van de kracht waarmee twee lichamen, zoals tussen de tandflanken van tandwielen en tussen rollers en binnen- en buitenring van rollagers, tegen elkaar worden gedrukt. Verder ook nog van hun radii en elasticiteitsmodules. Dit niveau is te berekenen en de uitkomst daarvan bepaalt dan (hier dus van de nokkenas en tuimelaar) hoe groot (breed) de contactvlakken (lijn-contact) minimaal moeten zijn.



21



Olievoorziening

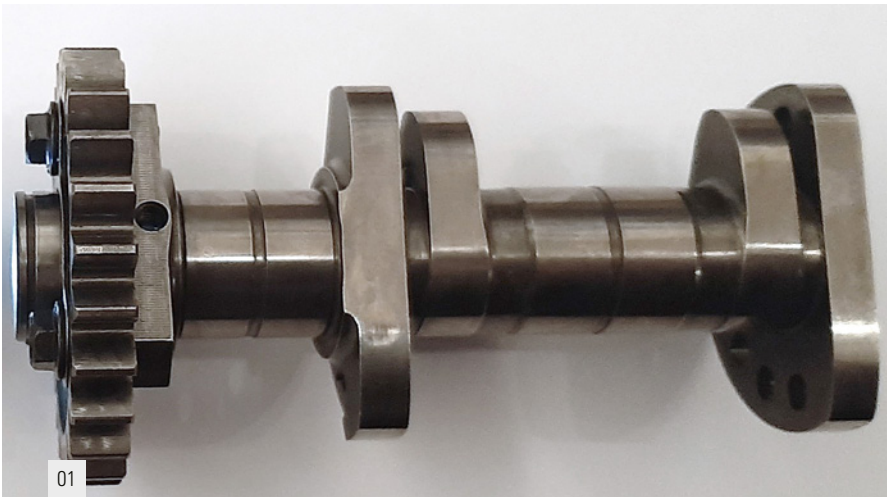
In de kop van de Ducati Panigale

Een kritisch point of view van één van de vele bijzondere technische detailoplossingen van Ducati.

DOOR HENK CLOOSTERMAN

- Feit*: De desmo-nokkenassen van de Panigale zijn helemaal hol (zonder eind-afdichting).
- Opm.: Hierdoor kan er dus geen olie onder druk naar toe gevoerd worden.

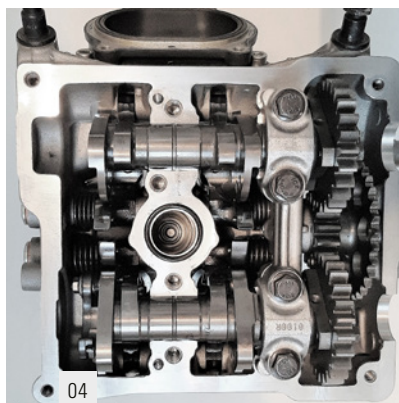
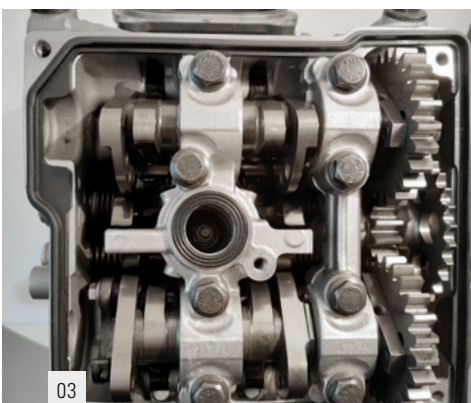
* Feit = lees: bevinding

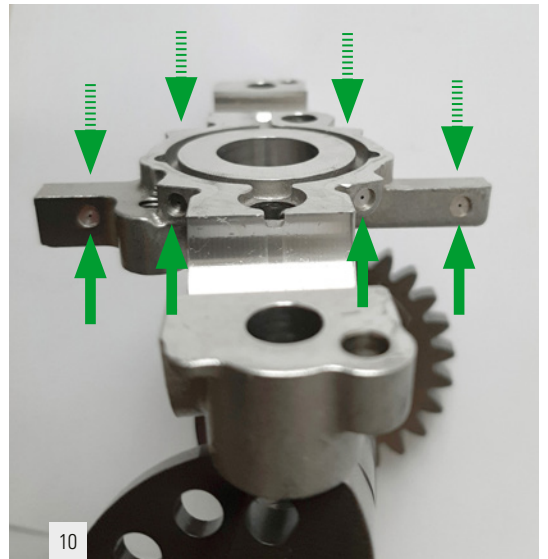
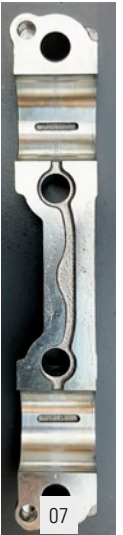
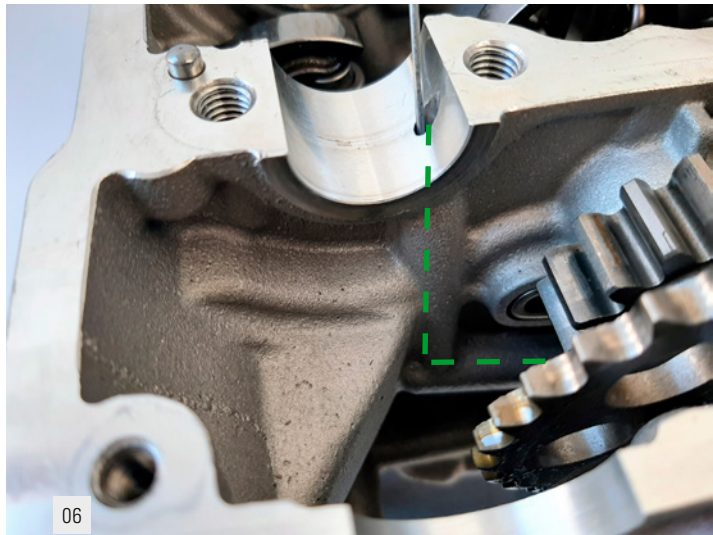
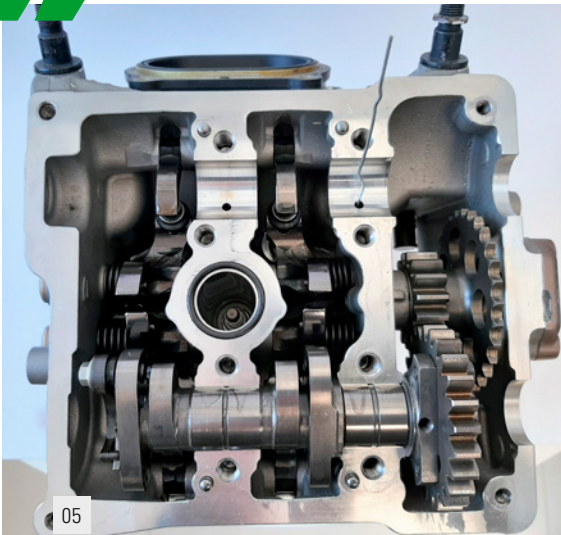


- Feit: Het is dan ook vanzelfsprekend dat, in tegenstelling tot de meeste andere Ducati-nokkenassen, de nokken niet voorzien zijn van oliekanaaltjes.
- Opm.: Toch moet er natuurlijk voldoende olie naar de kop gaan om de assen die in glijlagers lopen, te smeren. Ook de klepbedieningsonderdelen (nokken en nokvolgers) moeten olie toegevoerd krijgen.
- Mening: Beslist geen sinecure!

- Feit: Ducati heeft dit probleem op een vernuftige en delicate wijze opgelost.
- Opm.: Er zullen hiervoor wel weer afstudeerders van de Universiteit van Bologna aan het werk zijn geweest.
- Mening: Ducati is altijd goed geweest in het (gratis) laten uitzoeken en uitwerken van dit soort gecompliceerde zaken.

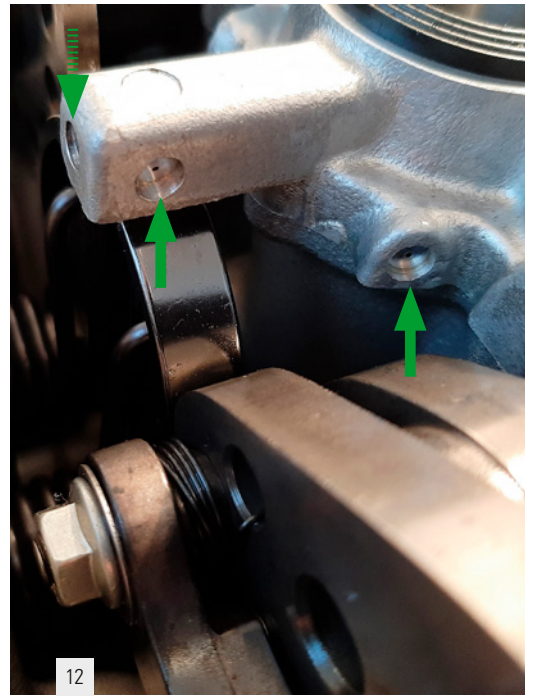
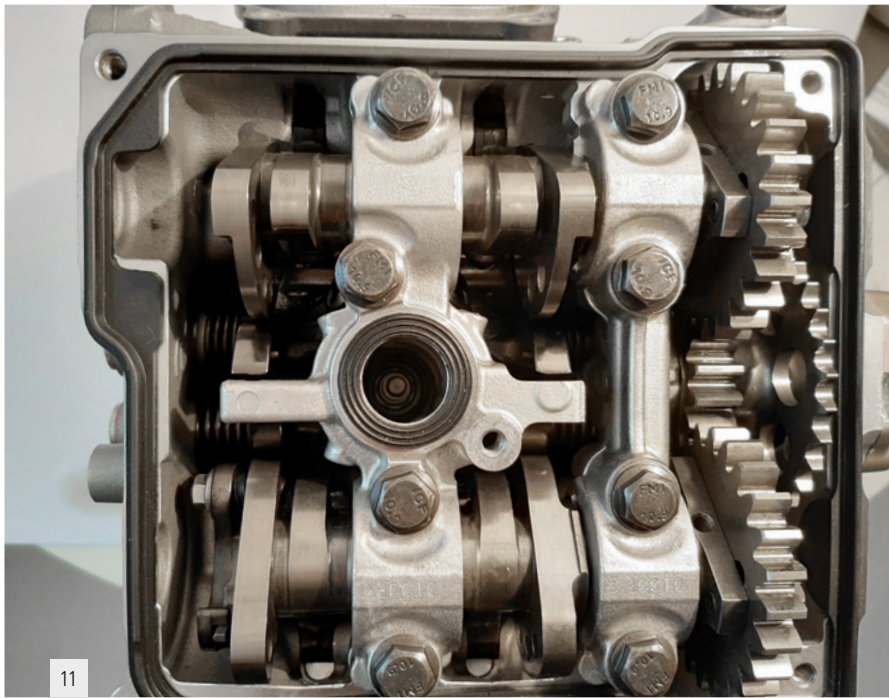
- 01 De nokken zijn niet voorzien van olieboringen.
- 02 De holle nokkenas van de Panigale (er is aan de achterkant even een lampje gepositioneerd).
- 03 Open Panigale-kop met de twee nokkenasbruggen (vastgezet met de acht donkere bouten).
- 04 Eén nokkenasbrug (met nozzles) over het bougiekanaal heen boven is hier verwijderd.





- 05 Beide nokkenassenbruggen verwijderd. Duidelijk is in het midden van de foto het verticale opvoerkanaal te zien (met de sondeerpen erin gestoken)
- 06 Onder een haakse hoek zien we het horizontale toevoerkanaal naar de uitlaatnokkenas aan de distributiekant (stippellijn).
- 07 Deze nokkenassen-brug transporteert de links aangevoerde olie via het gefreesde kanaal naar het rechter glijlager.
- 08 Deze nokkenassen-brug moet behalve het borgen van de nokkenassen ook de acht nokken van smering voorzien.
- 09 De olie die vanuit het onderste lagerkommetje wordt aangevoerd gaat via de ingefreesde gleuf naar de cirkelgroef. Duidelijk zijn de twee tegenover elkaar liggende boringen te zien. Deze staan in verbinding met de acht nozzles.
- 10 Met groene pijlen zijn de posities van de acht nozzles aangegeven (vier aan de zichtbare kant en vier aan de andere kant).

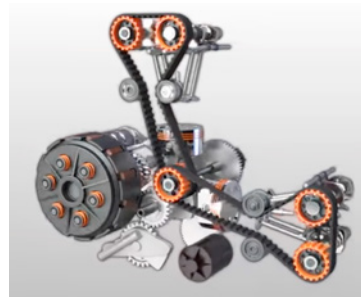
- Feit:** Vanuit het carter gaat de olie, aangezogen door de oliepomp, onder hoge druk, via een oliekanaal langs de cilinder omhoog naar een vervolgekanaal in de kop. Dat kanaal splitst zich intern om uit te komen in de onderste halve lagerkommen van de beide nokkenassen.
- Opm.:** 1) Het zal een heel reken- en testwerk zijn geweest om de doorstroom-capaciteit van de diverse kanalen te bepalen en te weten te komen of de diverse onderdelen op deze wijze voor een lange(re) levensduur worden gesmeerd.
 2) De toevoer naar de inlaatnokkenas is nog veel gecompliceerder. Het kanaal hier naar toe moet zowel de olie aanvoeren om de glijlagers te smeren, alsook voldoende oliedruk overhouden om door een achttal nozzles / oliesproeiers de openings- en sluitnokken van voldoende smering te voorzien.
- Feit:** Vanuit het onderliggende lager wordt olie onder hoge druk aangevoerd. Een deel van deze olie komt in een cirkel terecht die uitmondt in maar liefst acht nozzles.
- Opm.:** Ook de uitlaat-nokkenas moet dan nog van voldoende smering worden voorzien.
- Opm.:** Een rubber ringetje van een kleinere diameter dan de cirkelgroef moet onder druk van de nokkenasbrug voorkomen dat olie weglekt naar het bougiekanaal.
- Mening:** Zoals hierboven al opgemerkt: Het totale smeringssysteem is een tamelijk delicate oplossing! ◀



- 11 Bovenaanzicht van de gemonteerde brug met nozzles (in het midden de bougie onderin het bougiekanaal).
- 12 Zij aanzicht van twee nozzels, meest rechts voor de openingsnok, links daarvan voor de sluitnok. Bij de gestreepte pijl zit een afdichtingsstop voor het geboorde oliekanaaltje.

Ander oliepomp-systeem

Opvallend genoeg, of misschien juist niet als je de voorgaande info goed beschouwd, heeft Ducati voor het Panigale-blok ook een geheel ander oliepomp-systeem gekozen. Waar de afgelopen decennia de relatief kleine 'gewone' pomp aan de zijkant van het blok voldeed voor bijna alle typen, heeft de Panigale twee rotorpompen (een retour en een toevoer) onderin het blok ingebouwd gekregen. Zie ter illustratie hieronder de losse oliepomp van een 1098 en de positie in het desmoquattro-blok. Helemaal onderaan de onderdelen van de Panigale oliepomp en de positionering. De qr-codes zijn gelinkt naar exploded-view animatiefilmpjes van de betreffende blokken..



<https://youtu.be/OXOhotubL9A>



https://youtu.be/5UPaQaum_68