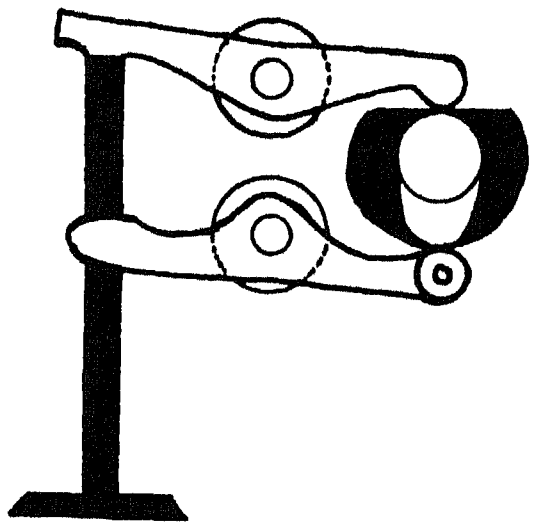
Hoofdstuk VIII

Tweevoudige tuimelaardesmodromie met afzonderlijke tuimelaarasjes (groep 6A)



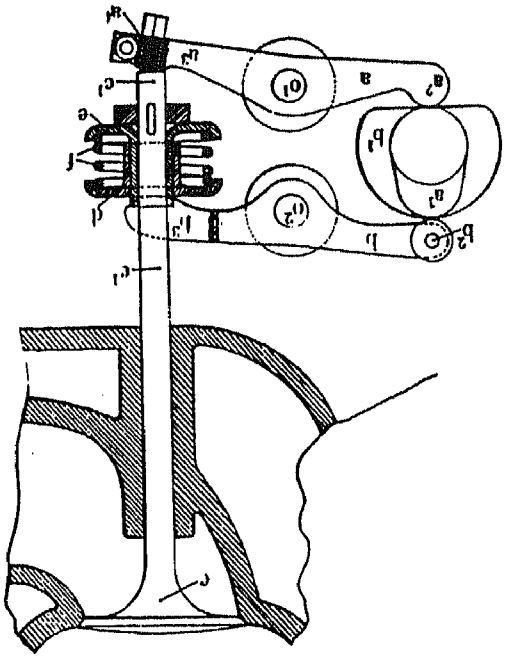
Figuur 1: Principe-uitvoering groep 6A-systeem

Dit hoofdstuk is gewijd aan de zeer interessante groep van systemen waartoe ook het meest gebruikte Desmo-systeem behoort, namelijk "de" Ducati-desmodromie, die in groep 6A van het indelingsschema thuishoort. Het betreft dus die uitvoeringen die gebruik maken van afzonderlijke nokken voor openen en sluiten, welke op één nokkenas zitten, en waarbij twee tuimelaars voorkomen die elk hun eigen tuimelaardraaipunt hebben (zie figuur 1).

Naast de vier Ducati-uitvoeringen (ééncilinders; 750/900 koningsassen-twins; de parallel-twins en de "Pantah" desmodromie), komen in dit hoofdstuk nog zes andere systemen ter sprake. De in 1913, 1916, 1927 en 1936 aangevraagde uitvoeringen van respectievelijk Janvier, MacVicar, Mangoletsi en Woerther zijn alle ouder dan de Ducati-desmo's. De vindingen van Cenna en Meacham (Chrysler) zijn uit de tijd dat de ééncilinder Ducati-desmo's met haarspeldveren in serieproductie gingen.

Janvier

De Fransman Paul August Janvier mag eigenlijk gerust gezien worden als de voorloper van de Ducati-desmodromie. Al in augustus van het jaar 1913 vroeg hij een patent aan op zijn vinding die grosso modo veel gelijkenis vertoont met de Ducati-systemen (zie figuur 2). Het is goed om even bij dit gegeven stil

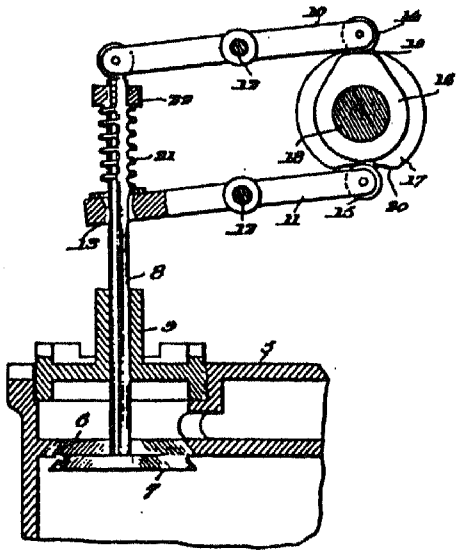


Figuur 2: Janvier desmo

te staan, omdat een perfectionering van dit type desmodromie uiteindelijk het enige systeem zal worden dat in serieproductie is genomen! Daarbij is het überhaupt één van de eerste desmo-uitvoeringen. Als we figuur 2 bekijken, dan worden snel de verschillen en gelijkenissen met Ducati duidelijk:

Het klepstelsysteem en boutje a4 en de cilindrische drukveer f vertonen grote gelijkenis met het systeem, dat in het Taglioni-patent wordt beschreven (zie groep 9).

De nokvolgers zijn bij Janvier uitgevoerd als rollers, iets dat vooral in die tijd veel werd toegepast. De getekende klephoek is 0 graden (parallel kleppen), waardoor anders dan bij Ducati de tuimelaarasjes precies onder elkaar kunnen liggen.



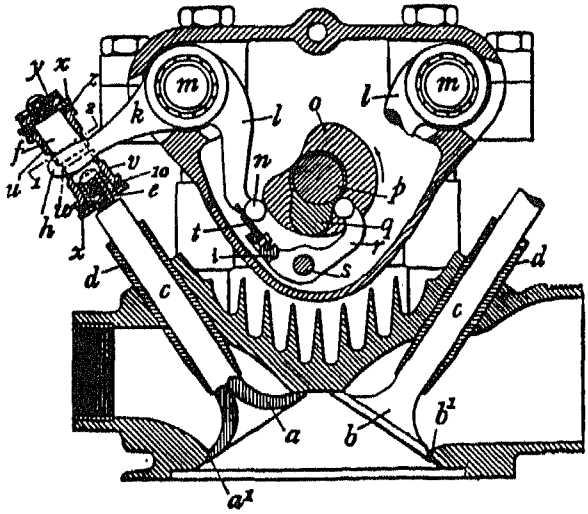
Figuur 3: Desmosysteem ontwikkeld door Macvicar

Macvicar

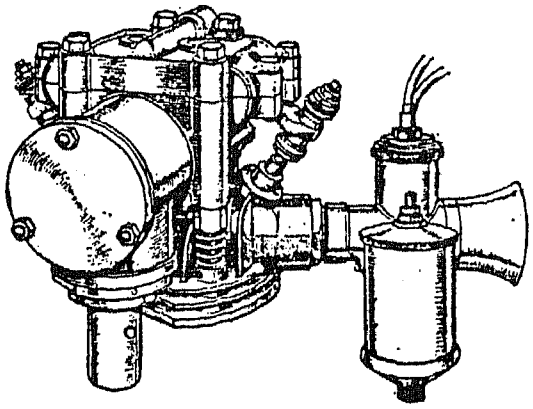
Uit 1916 is ons een Amerikaanse vinding bekend die bijzonder veel gelijkenis vertoont met de Janvier uitvoering. (zie figuur 3). Het systeem van Janvier lijkt bedoeld voor een zijklepper, terwijl het MacVicar systeem voor een kopklepper bestemd is. Ook hier zien we de typische nokkenopstelling (figuur 3), de als roller uitgevoerde nokvolgers en een cilindrische drukveer, die tot taak heeft om de klep tijdens de sluitfase tegen de zitting aangedrukt te houden en voor een constante druk op de nokvolgers te zorgen.

Mangoletsi

Figuur 4 laat ons de binnenkant en figuur 5 laat de buitenkant zien van het Mangoletsi-systeem. George Mangoletsi, een beroemde Engelse zandbaanracer, beproefde dit systeem in 1930. Deze uitvoering wijkt nogal af van de andere desmo-uitvoeringen in deze groep. Het openen geschiedt namelijk met behulp van twee tuimelaars. Openingsnok q bedient tuimelaar r, welke laatste weer tuimelaar l bedient. De verbinding tussen tuimelaar r en tuimelaar l wordt gevormd door een pakket bladveertjes t. Deze waarborgen een constant contact tussen nok en tuimelaars en zorgen tevens voor de noodzakelijke elasticiteit. Het sluiten gebeurt op de gebruikelijke manier voor groep 6-A : Sluitnok o bedient direct de rol n aan het uiteinde van tuimelaar l. Het andere uiteinde h is gevorkt uitgevoerd en trekt de klep dicht. In de octrooitekst



Figuur 4: Desmosysteem ontworpen door Mangoletsi



Figuur 5: Cilinderkop voorzien van Mangoletsi desmo

wordt geen melding gemaakt van enige stelmogelijkheden.

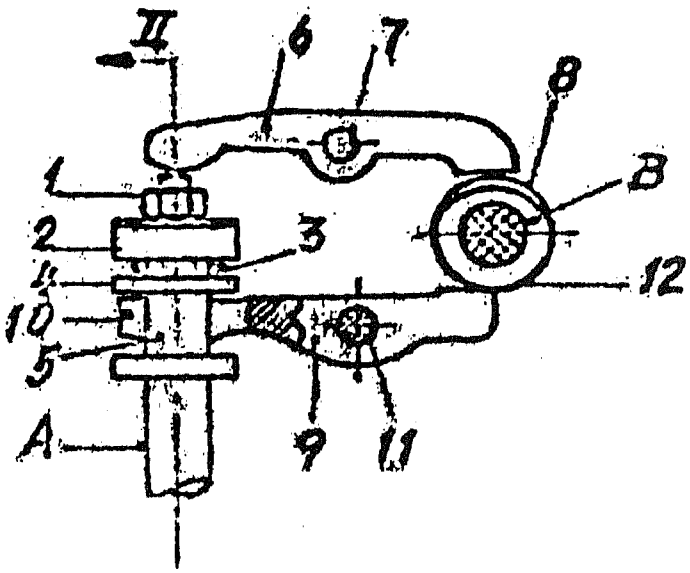
Waarschijnlijk zorgen de bladveren t en de twee verende onderlegschijven "spring washers" z en 10 voor de noodzakelijke elasticiteit, waardoor spelingen worden opgevangen en geen schokken optreden. Mangoletsi benadrukt in zijn patent vooral een klepbeweging die geheel vrij is van stoten en plotselinge bewegingen, waardoor het geluid van de klepbediening gereduceerd zou worden. Een belangrijk verschil met de voorgaande systemen is de gebogen vorm van de tuimelaars en de schuingeplaatste kleppen, waardoor een betere verbrandingsruimte kon worden gerealiseerd.

Cenna

Met A wordt de klepsteel aangegeven waarop het plaatje 2 door middel van moer 1 is vastgezet (zie figuur 6). De binnenkant van plaatje 2 bevat schroefveer 3 die op ringetje 4 werkt. Deze laatste wordt axiaal geleid door bus 5, die op de steel van klep A is vastgeschroefd. Het commando om de klep te openen wordt doorgegeven door middel van tuimelaar 6, die om as 7 schommelt. Tuimelaar 6 wordt bediend door nok 8, die vastzit op nokkenas B. De tuimelaar werkt op het uiteinde van de klepsteel.

Het commando om de klep te sluiten wordt gegeven door tuimelaar 9. Het uiteinde 10 hiervan is gevorkt en werkt op ringetje 4 en vervolgens op klepsteel A tegen veer 3 in. Tijdens het sluiten werkt ringetje 4 tegen veer 3 in, direct op het vaste plaatje 2, terwijl veer 3 de klep gesloten houdt op het eind van de sluitbeweging. De veer zet zich dan af tegen tuimelaar 9. De veer werkt namelijk alleen nadat de sluitbeweging van de klep heeft plaatsgevonden.

De sluittuimelaar schommelt om spil 11 en wordt door nok 12 die op nokkenas B vastzit bediend. Veer 3 ontspant tijdelijk en werkt



Figuur 6: Groep 6A systeem van Cenna

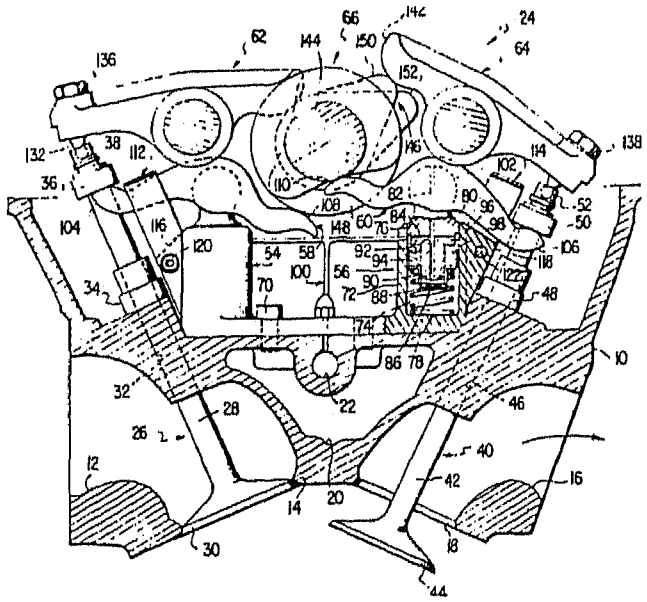
op ringetje 4 dat axiaal tegen bus 5 wordt geduwd. Tot zover de beschrijving van de werking.

Meacham

George Meacham stelde zich ten doel een systeem te construeren waarbij een critische en accurate afstelling overbodig is en waarbij veranderingen van afmetingen als gevolg van thermische expansie en slijtage door het systeem zelf worden opgevangen. Hij kiest dan voor de groep 6A configuratie (zie figuur 7). Een belangrijk afwijkend detail is de wijze waarop de sluittuimelaar werkt. Deze draait namelijk niet om een tuimelaarasje, maar ligt op een kogelas (kugeldruckbolzen).

De werking is als volgt: Plunjer 76 drukt het linkerdeel 110 tegen de sluitnok en het rechterdeel 106 tegen de om de klep heen bevestigde kraag 50. Dit als gevolg van veer 78. Deze veer heeft een relatief lage voorspanning. Hierdoor zijn de nok, tuimelaar en klep spelingvrij met elkaar verbonden.

De ruimte onder plunjer 76 is gevuld met olie en staat in verbinding met een olieleidingssysteem via terugslagklep 86 en doorlaat 94.



Figuur 7: Meacham systeem ontwikkeld voor Chrysler

Deze doorlaat wordt gevormd door de ruimte tussen plunjer 76 en huis 74. Wanneer de sluittuimelaar over de sluitnok begint op te lopen om de klep te doen sluiten, zal de oliedruk onder de plunjer oplopen. Hierdoor zal de terugslagklep 86 zich sluiten en kan de olie alleen nog maar heel langzaam via doorlaat 94 naar leiding 100 verdwijnen. Het kenmerkende van dit systeem is gelegen in het feit, dat de weerstand die plunjer 76 ondervindt lineair is met het toerental. Hoe hoger het toerental des te groter de kracht die de sluittuimelaar op de plunjer uitoefent. De druk onder de plunjer zal dan ook evenredig oplopen. Hoe hoger die druk des te moeilijker er olie via doorlaat 94 kan ontsnappen. De afvering wordt hierdoor als het ware steeds harder.

Hiermee heeft Meacham dus een verband weten te leggen tussen het toerental en de krachten die op de nok, tuimelaar, klep en klepzitting werken. Bij lagere en middelmatig hoge toerentallen wordt het systeem veel minder belast dan bij een conventioneel klepveersysteem, terwijl het maximum toerental gelijk is.

Dat dit systeem, in theorie althans, werkelijk "sophisticated" is, moge ook wel blijken uit de toevoeging van de temperatuurgevoelige afsluitring 98. Deze ring zet uit naarmate de temperatuur stijgt, waardoor de plunjer zich moeilijker in het huis kan bewegen. Aldus wordt de verlaagde viscositeit (betere vloeibaarheid) van de olie door de temperatuurstijging ondervangen, waardoor de plunjer zich makkelijker zou kunnen bewegen, opgevangen.

Al met al een technisch-theoretisch zeer interessante vinding. Door de complexiteit en het grote aantal onderdelen, waarschijnlijk ook kostbaar en mogelijk storingsgevoelig. Blijkbaar redenen genoeg voor Chrysler om het niet in productie te nemen.

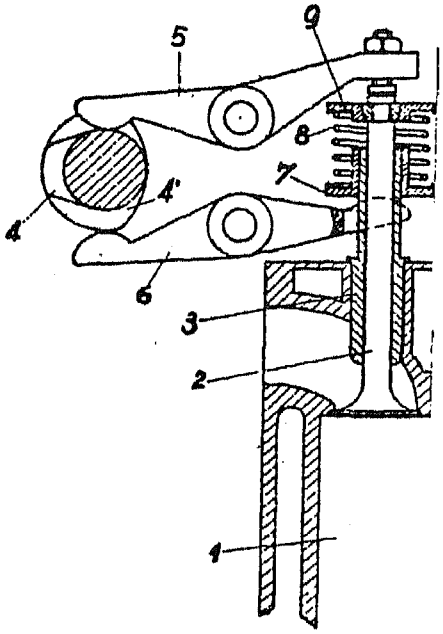
Woerther

Lijkt de vinding van Janvier ontwikkeld voor een zijklepper, de in 1937 gepatenteerde vinding van Edouard Woerther is duidelijk bedoeld voor een kopklepper (zie figuur 8).

In één tekening zijn twee systemen opgenomen. Het linker gedeelte hoort tot de 6A groep en het rechter gedeelte tot de 7B uitvoeringen (zie aldaar). In vergelijking tot het systeem van Janvier valt het volgende op: Een grote verbetering is de wijze waarop bij Woerther de veerschotel 9 om de klep gemonteerd zit, namelijk met klepspietjes die in de klepsteel liggen en waartegen de veerschotel aanligt. Dit is nog steeds een gangbare methode.

Daarentegen zien we hier een vlak aanrakingspunt van tuimelaar en klepsteel. Hierdoor mist de tuimelaar de mogelijkheid om bij het bedienen van de klep een glijdende beweging over het klepsteeluiteinde te maken. Of zou het vanwege de schematisering zo zijn weergegeven?

Heel eigenaardig is verder de doorlopende klepgeleider 3 waaroverheen de onderste klepveerschotel 7 glijdt. Het gevorkte uiteinde van tuimelaar 6 moet hier dus nog overheen grijpen, wat het vorkgedeelte onnodig breed en zwaar maakt.



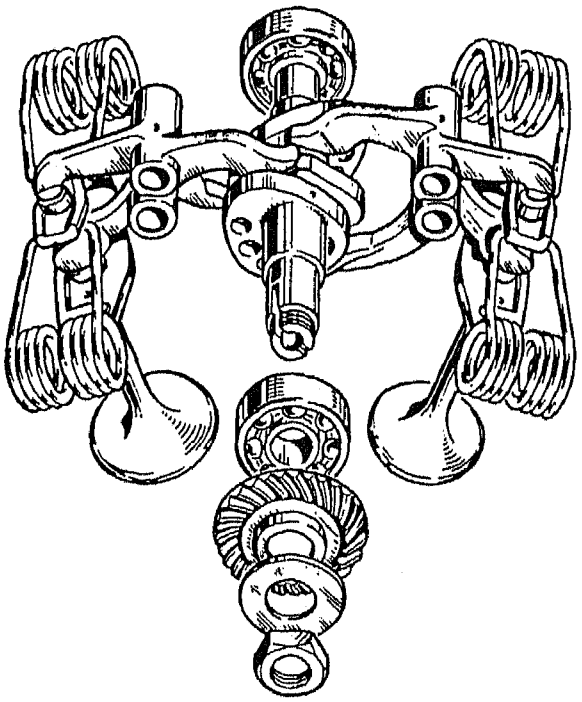
Figuur 8: Groep 6A-systeem van Woerther

Ducati

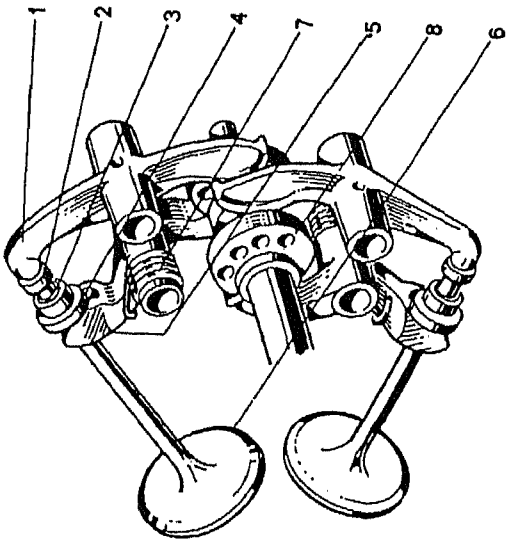
In 1956 werden door Ducati voor het eerst enkele 125 cc racers ingezet, die waren voorzien van desmodromische klepbediening. Het betrof hier de zogenaamde drie-nokkenas-racers, waarvan het desmosysteem thuishoort in groep 9.

Ruim tien jaar later achtte Ducati de tijd rijp om ook haar straatmodellen te voorzien van gedwongen klepbediening. Het lag echter niet voor de hand het desmosysteem dat was toegepast in de 125 cc racers ook te gebruiken voor deze straatmodellen. Het was namelijk de bedoeling om de 250 en 350 cc koningsassen singles als "desmo's" aan te bieden. Omdat deze modellen slechts één enkele nokkenas bezitten, zou een ombouw naar een drie-nokker te ingrijpend zijn. In plaats daarvan hield men vast aan de enkele nokkenas, waarop nu vier nokken werden gefabriceerd, twee openingsnokken en twee sluitnokken (zie figuur 9).

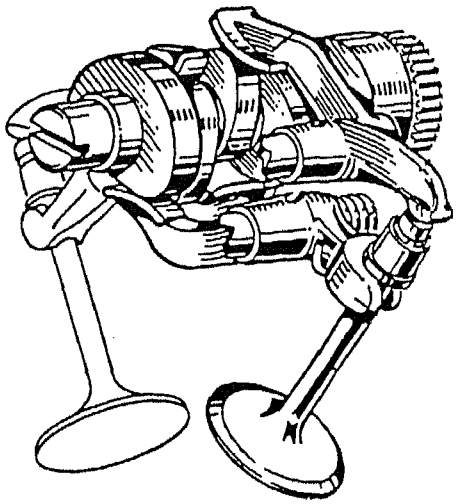
In de jaren 1966, '67 en '68 werd dit desmosysteem in races uitgebreid getest en verder ontwikkeld. Begin '69 waren de eerste motoren van het type Mark-3 met desmokoppen leverbaar. Tot op de dag van vandaag wordt deze desmo-uitvoering gebouwd en verkocht, althans volgens dit principe. Er hebben zich sinds eind jaren zestig natuurlijk



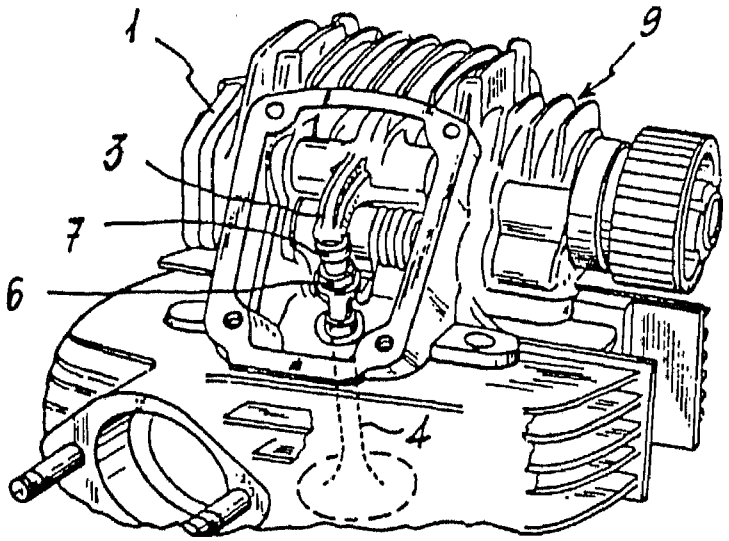
Figuur 9: Desmosysteem toegepast in Ducati ééncilinders



Figuur 10: Systeem toegepast in Ducati koningsassen-twins



Figuur 12: Systeem toegepast in Ducati parallel-twins



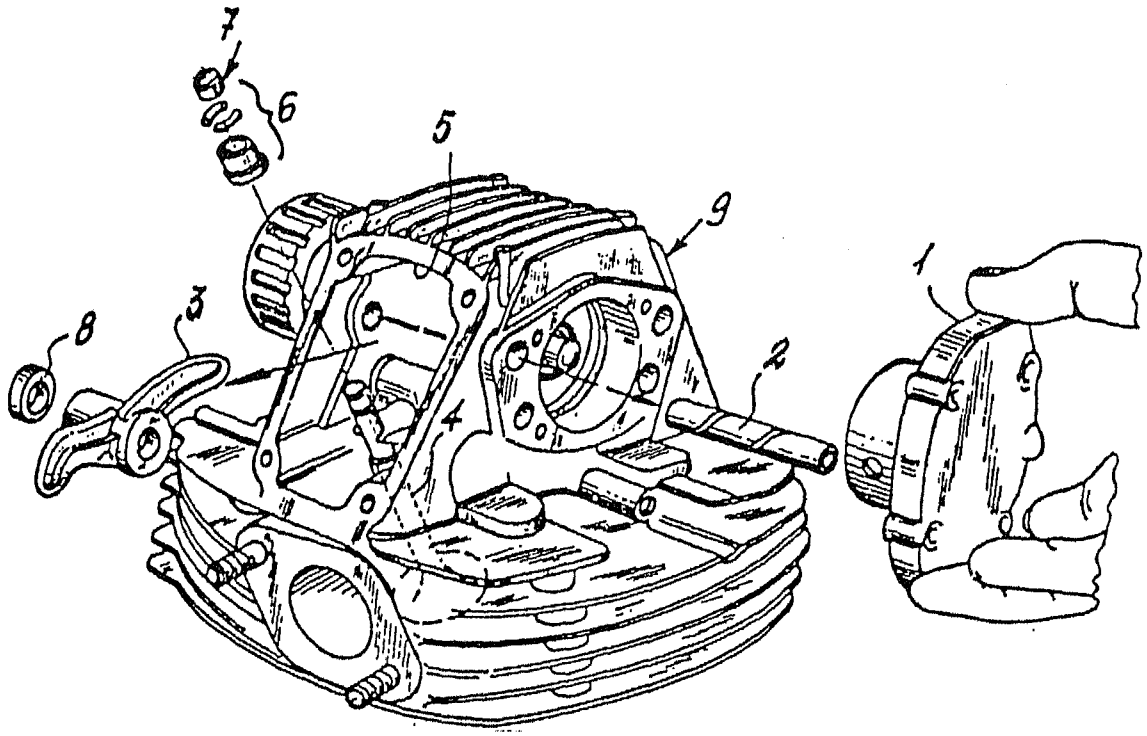
Figuur 11: Systeem toegepast in Ducati Pantah's

veranderingen en verbeteringen voorgedaan, ook wat betreft het desmo-systeem.

Vier verschillende uitvoeringen

Principieel kunnen vier licht verschillende groep 6A Ducati desmosystemen worden onderscheiden. Al deze systemen functioneren met een enkele nokkenas ter bediening van zowel de inlaat- als de uitlaatklep.

- 1. In de 250, 350 en later ook 450 cc ééncilinders werd een systeem toegepast met relatief zware veren. Iedere klep was voorzien van twee haarspeldveren (zie figuur 9).
- 2. Op 6 maart 1973 wordt op de motortentoonstelling in Turijn de Ducati 750 super sport geintroduceerd. In tegenstelling tot de ééncilinders wordt in het desmosysteem van deze V-twin een enkele en zeer lichte torsieveer per klep toegepast (zie figuur 10). Bij zowel de ééncilinders als de 750/900/1000 SS/SD desmo's worden de nokkenassen aangedreven door koningsassen. Daarom wordt voor de bedoelde tweecilinders ook wel de verzamelterm koningsassen-twins gebruikt. Dit ter onderscheiding van de andere Ducati tweecilinders. In alle koningsassen-twins wordt een vrijwel ongewijzigd desmosysteem toegepast.
- 3. Bij de Pantah wordt de nokkenas door een getande riem aangedreven (zie figuur 11). In het modernere Pantah-blok worden bovendien andere cilinderkoppen gebruikt dan in de inmiddels verouderde singles en V-twins. Zo bedraagt de klephoek nu 60 in plaats van 80 graden. Dit heeft ook consequenties voor het desmosysteem. De tuimelaararmen kunnen nu immers korter worden gehouden. Een ander belangrijk verschil



Figuur 13: Conventioneel kleppen stellen bij een Ducati

van deze derde groep 6A Ducati desmo-uitvoering ten opzichte van de koningsassen-desmo is de draairichting van de nokkenas. De draairichtingen zijn namelijk tegengesteld.

- 4. Het meest zeldzame groep 6A Ducati systeem is toegepast in de 350 en 500 cc paralleltwin (figuur 12). De nokkenassen van beide cilinders liggen natuurlijk in elkaars verlengde en zijn aan elkaar gekoppeld. In tegenstelling tot de koningsassen- en riemaandrijving van de vorige uitvoeringen worden de nokkenassen bij de paralleltwin aangedreven door een ketting. Het kettingwiel is daarbij voorzien van een binnenvertanding waarin de beide uiteinden van de in tweeen gedeelde nokkenas vallen.

Instelling klepspeling

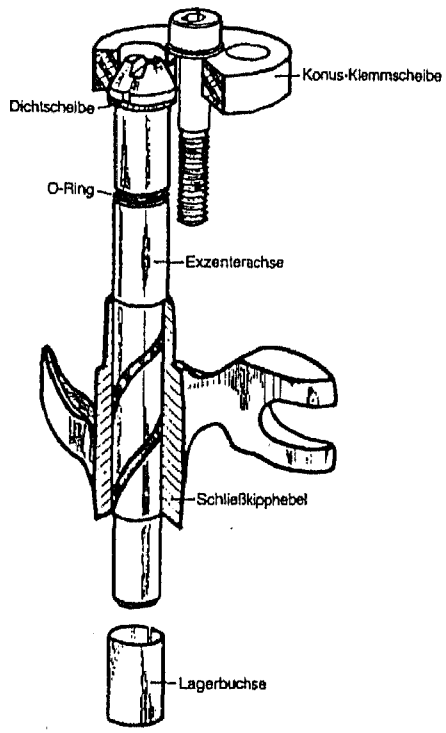
De instelling van de klepspeling gebeurt bij alle Ducati-desmo's door middel van afstelhoedjes. Met een sluitkaliber kan de sluitspeling worden ingesteld, met een ander kalibertje de openingsspeling (zie figuur 13).

Dit is een nogal omslachtig en dus duur karwei wanneer men het moet laten doen. Na de klepspeling te hebben gemeten om te weten welke nieuwe hoedjes er moeten worden gemonteerd, is het immers nodig het nokkenasdeksel te verwijderen en vervolgens het bovenste tuimelaarasje uit de cilinderkop te trekken. Dit om de bovenste tuimelaar vrij te maken, zodat de hoedjes kunnen worden vervangen .

Vele Ducati-specialisten hebben al jaren geleden naar oplossingen gezocht om dit tijdrovende werk te voorkomen. Vooral in Duitsland heeft men zich beziggehouden met wat we maar alternatieve klepstelsystemen zullen noemen.

Alternatieve klepstelmethoden

In de eerste plaats betreft dit een systeem dat door Jako Motorradtechnik is ontwikkeld. Hierbij zijn de tuimelaarasjes excentrisch uitgevoerd (zie figuur 14). Door verdraaiing van deze excentrische tuimelaarasjes kan de juiste afstand tussen tuimelaar en klephoedje worden ingesteld (zie ook foto 1). Ook de Duitser Otto Pscholka is met een dergelijk systeem op de markt.



Figuur 14: Klepstelsysteem ontwikkeld door Jako

We zullen het Jako-systeem eens kritisch doorlichten vanuit het technisch, financieel- en betrouwbaarheidsaspect:

- technische onvolkomenheden: de ook door Jakobeit zelf onderkende bezwaren, zoals de afwijking van de noktiming en de verschuiving van de tuimelaar ten opzichte van de klepsteel, waardoor het contactvlak tussen tuimelaar en klephoedje verschuift en waardoor de radiale belasting op de klepgeleider toeneemt.
- financiële overwegingen: indien we een financiële vergelijking maken tussen het Jako-systeem en 'gewoon' kleppen laten stellen bij een Ducatidealer, dan blijkt dat je toch heel wat kilometers (zo'n 40.000) moet maken om de aanschafprijs eruit te halen.
- betrouwbaarheidsaspecten: doordat het kleppen stellen van buiten af plaats vindt is er geen controle van de kleppen en klepzittingen. Bij de 900 slaan de kleppen nog wel eens in en moeten de zittingen af en toe worden bijgefreesd of zelfs vernieuwd.
- service-vriendelijkheid: vanwege de eenvoudige en tijdbesparende manier waarop de klepspeling kan worden ingesteld, is het niet alleen mogelijk de speling vaak (bij voorbeeld om de door de fabriek aangegeven termijn van 3000 kilometer) te checken, maar deze ook daadwerkelijk opnieuw in te stellen. Zodoende kan de speling steeds optimaal worden gehouden, zonder dat dit veel moeite en tijd kost.

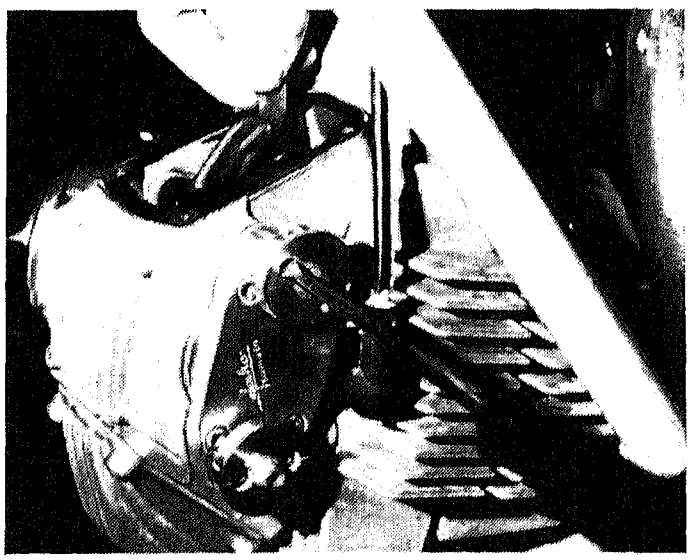
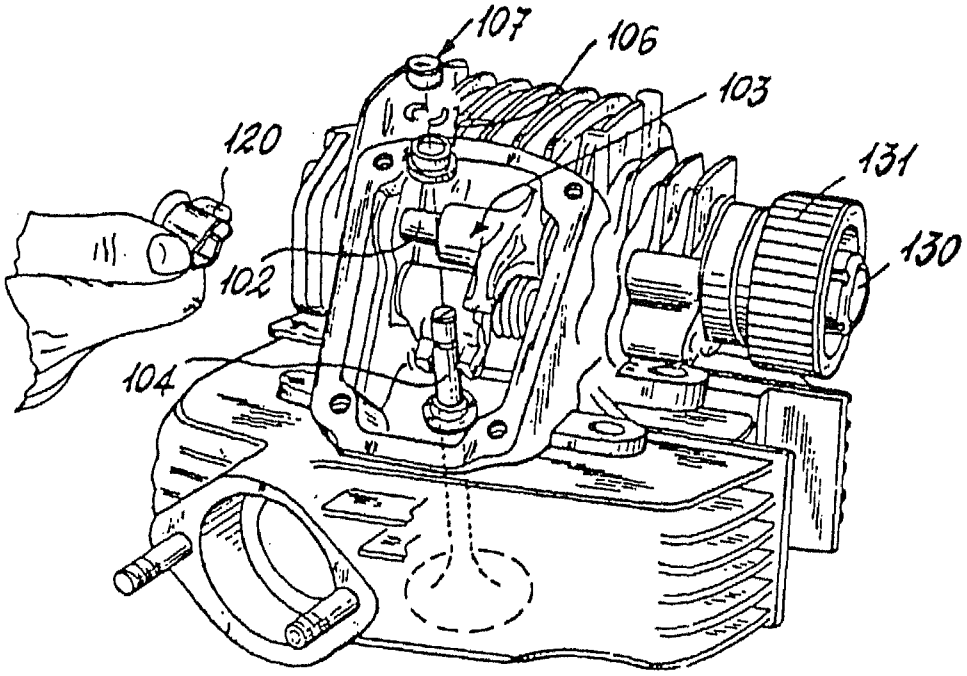


Foto 1: Cilinderkop voorzien van Jako klepstelsysteem

Concluderend stellen wij dat dit systeem alleen nuttig is wanneer er veel kilometers met dezelfde desmo-Ducati worden afgelegd. Pas dan wordt het financieel aantrekkelijk. Af en toe de kop lostrekken blijft, vooral bij de koningsassen-twin, altijd verstandig.

Een voordeel van het systeem is dat je lange tijd kunt rijden zonder afhankelijk te zijn van een Ducati-specialist.

Door verschillende motorzaken worden setjes aangeboden, waarmee een minder vergaande vereenvoudiging van het kleppen stellen mogelijk wordt. Zo'n setje bestaat uit een vakkundig doorgezaagd sluithoedje plus een aantal ringetjes. Deze setjes zijn uitsluitend bestemd voor het afstellen van de sluitspeling. Door de ruimte tussen de twee halve



Figuur 15: Klepstelsysteem met verschuifbare tuimelaaras

hoeddelen op te vullen met ringetjes van de juiste dikte kan de gewenste speling worden ingesteld. Een nadeel van het systeem is dat de dikte van de ringetjes met 0,05 mm oploopt, zodat er meestal toch nog moet worden geslepen om tot een sluitkaliber te komen van de gewenste dikte. Voordeel is dat je minder sluithoedjes nodig hebt, wat vooral van belang is voor de zelfsleutelaar.

De meest simpele oplossing om de klepspeling af te stellen komt uit een onverwachte hoek, namelijk van de technische leiding van Ducati zelf. Massimo Bordi en Gianluigi Mengoli vonden het ei van Colombus door de openingstuimelaar over haar asje verschuifbaar te maken (zie figuur 15). Hierdoor kan de openingstuimelaar van de klep worden afgeschoven, zodat de stelhoedjes kunnen worden vervangen, zonder hierbij het nokkenaslagerblok en het tuimelaarasje te hoeven demonteren. Dit levert zowel een aanzienlijke verkorting op van de assemblagetijd van de cilinderkop als van de tijd die nodig is om de klepspeling na te stellen bij een servicebeurt.

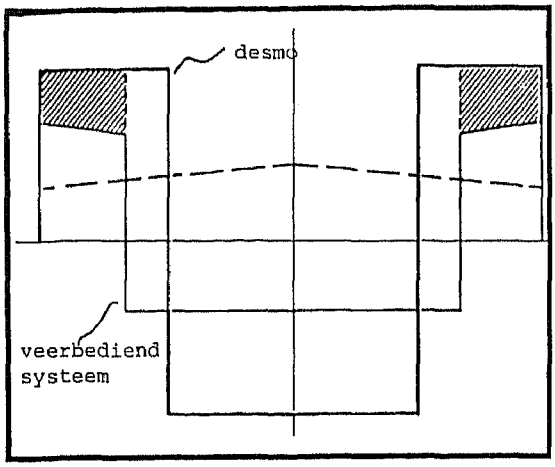
Overigens behoort deze technische oplossing in feite tot de basiskennis van de viertaktmotorkonstrukteur en wordt ook door Ludwig Apfelbeck genoemd in zijn boek 'viertakt tuning'.

Waarom desmodromie?

Alvorens ons op de specifieke kinematische bijzonderheden van het Ducati 6A desmosysteem te werpen, besteden we aandacht aan de vraag: waarom desmodromie?

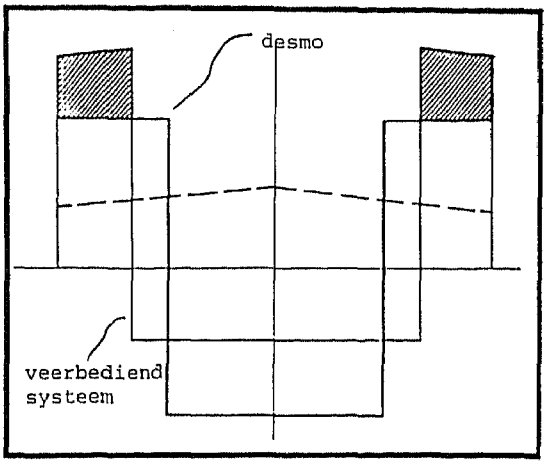
Op deze vraag geeft ingenieur Fabio Taglioni, de ontwerper van het Ducati 6A systeem, op verschillende wijze een antwoord. Enerzijds antwoorden die verwijzen naar het imago van het merk en de historie van de fabriek, anderzijds antwoorden vanuit puur technische motieven. We beperken ons hier tot de laatste soort.

Met desmodromische distributie zijn hogere versnellingen en vertragingen mogelijk. Uitgangspunt is steeds dat men de klep zo snel mogelijk wil laten openen en sluiten om een zo groot mogelijk oppervlak onder de kleplichtkromme te creëren. De toepasbare versnelling is echter aan een maximum gebonden, doordat het klepbedieningssysteem maar een bepaalde maximum kracht kan verwerken (F=m.a). Dit heeft weer te maken met de sterkte, hardheid en kromming van



Vergelijking van de versnellingsdiagrammen bij gelijke oppervlaktedrukken tussen nok en nokvolger. De bereikbare positieve versnelling bij een veerbediend systeem is minder dan die bij een desmosysteem. Het verschil wordt weergegeven door het gearceerde gebied.

Figuur 16: Vergelijking tussen veerbediend en desmosysteem



Vergelijking van de versnellingsdiagrmmen bij een gelijke bereikbare positieve versnelling. De vlaktedruk tussen nok en nokvolger bij een veerbediend systeem is groter dan die bij een desmosysteem. Het verschil wordt weergegeven door het gearceerde gebied.

Figuur 17: Vergelijking tussen veerbediend en desmosysteem

de contactvlakken om schadelijke effecten zoals slijtage en pitting te voorkomen.

Uit de natuurwet kracht = massa x versnelling volgt de meest gebruikte methode om een zo hoog mogelijke versnelling toe te kunnen passen. Dit is het reduceren van de heen-en-weer gaande massa. Dit blijkt altijd een goed middel om de traagheidskrachten te verminderen bij een gelijke versnelling, dan wel bij een gegeven maximum belasting de versnelling evenredig te verhogen.

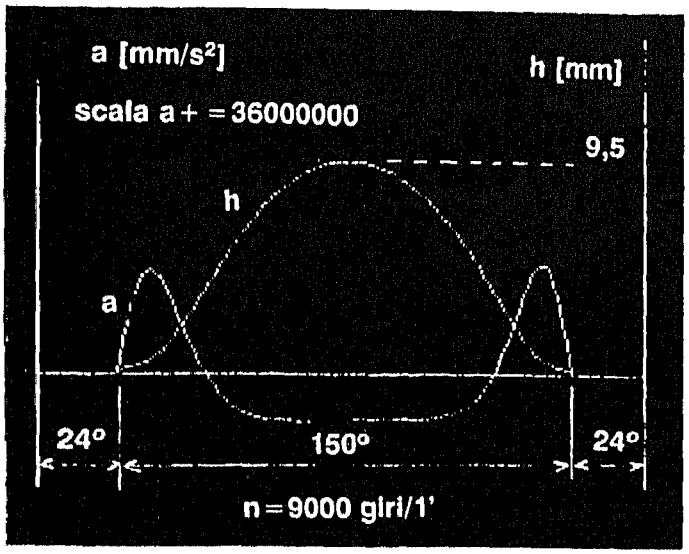
Natuurlijk richt de aandacht van ing. Taglioni zich ook op het reduceren van de heen-en-weer gaande massa. Maar daarnaast kijkt hij ook kritisch naar die maximum toelaatbare kracht F die op een conventioneel klepbedieningssysteem is toe te passen. Hij ontleedt die kracht in twee fundamentele componenten, namelijk:

- 1. de traagheidskracht van het systeem
- 2. de last van de veer om de klep weer te sluiten: de voorspanning van de veer.

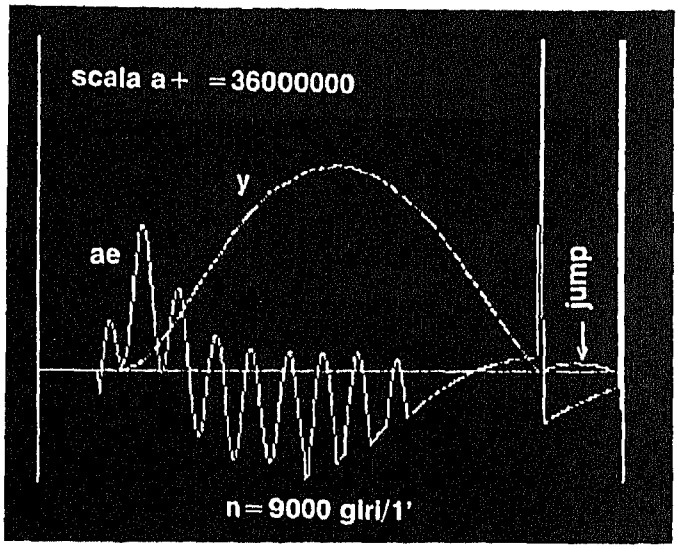
Naast het zoveel mogelijk reduceren van de massa van de bewegende delen, om de eerste component tot een minimum te beperken, past hij een mechanisch commando toe om de klep weer te sluiten. Door dus in principe geen veer te gebruiken, wordt de tweede component, de voorspanning van de veer, geheel geëlimineerd. Met andere woorden: de gehele kracht die toepasbaar is op het hele systeem, kan worden benut om de klep te versnellen. Er hoeft ook niet nog eens een veer te worden ingedrukt. Zo kan de openings- en sluittijd van de klep korter zijn (zie ook figuur 16 en 17). Een andere manier om het voordeel van de hogere toelaatbare versnelling te benutten, is het kiezen van een grote lichthoogte. Met andere woorden er zijn veel 'betere' nokprofielen mogelijk.

Desmodromie: geschapen voor Ducati

Een belangrijk gegeven hierbij is dat de tegenwoordig gebouwde Ducati's allemaal tweecilinders zijn, die het moeten opnemen tegen de viercilinder-concurrentie uit Japan. Bovendien zijn de groep 6A Ducati's allemaal tweekleppers. De gemiddelde grootte van een inlaatklep van een Japanse viercilinder-vierkleps 750 cc motor is 28 mm, terwijl de inlaatklep van een Ducati 750 Laguna Seca 41,5 mm in doorsnee meet. Door toepassing



Figuur 18: Theoretisch lichthoogte- en versnellingsdiagram



Figuur 19: Effectief lichthoogte- en versnellingsdiagram

van het desmodromische systeem kan deze klep toch snel en ver (11,3 mm ten opzichte van 8,8 mm van een Suzuki GSX 750 R) worden geopend, hoewel de Ducati-klep natuurlijk veel zwaarder is.

Het stuiteren van de klep

Naast de mogelijkheid gewaagde nokprofielen toe te passen, is er nog een ander voordeel van desmodromische klepbediening. Dit heeft te maken met het stuiteren van de klep op haar zitting wanneer de klep zich sluit. Het verschijnsel is uitgebreid bestudeerd door Giuseppe Bocchi met behulp van computer-simulaties. (Moto Tecnica no....)

Het interessante van zijn onderzoeken is dat hij niet uitgaat van theoretische kleplicht-snelheids- en versnellingsdiagrammen, maar dat hij een mathematisch model opzet van een conventioneel en een desmodromische klepbedieningssysteem en vervolgens met de computer de werking ervan nabootst. In het model heeft hij rekening gehouden met de onvermijdelijke elasticiteit van alle onderdelen die deel uitmaken van het systeem.

Hij kiest een bepaald nokprofiel en stelt de waarden vast van:

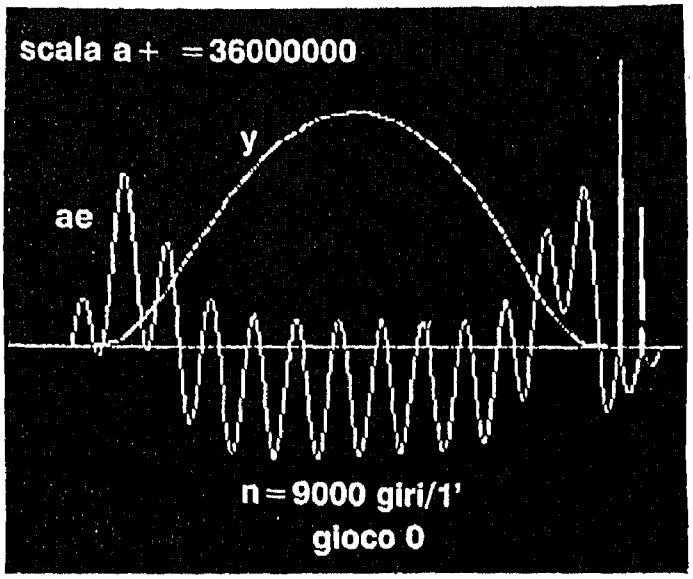
- de stijfheid van het bedieningssysteem
- de massa van de bewegende delen
- de stijfheid van de klepveer (in het conventionele systeem)
- de dempingscoëfficient van het systeem
- het toerental

De afhankelijke variabelen zijn dan h, de actuele waarde van de lichthoogte bepaald door het profiel van het excenter en y, de werkelijke lichthoogte van de klep. De clou is namelijk dat als gevolg van de elasticiteit van het systeem de theoretische waarde h nooit in de praktijk zal worden gehaald. In plaats daarvan hebben we altijd te maken met y, de werkelijke kleplichthoogte. Hetzelfde geldt voor de klepversnelling. In plaats van de theoretische versnelling a treedt in de praktijk ae op (de effectieve versnelling).

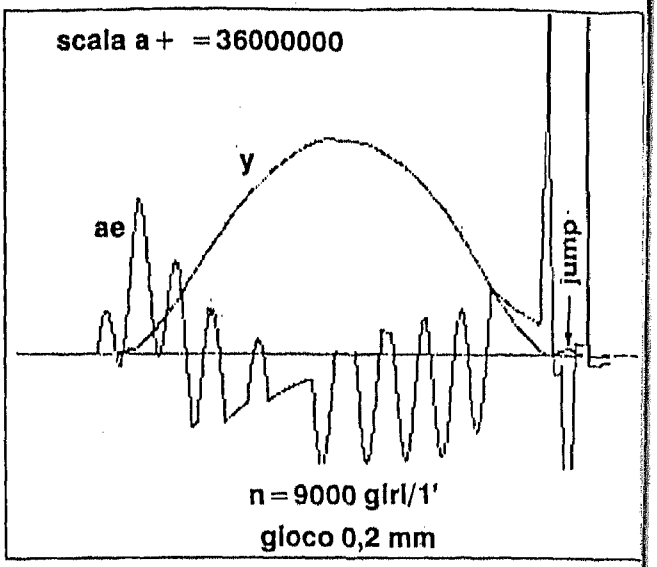
In figuur 18 is het theoretisch diagram van h en a weergegeven. In de figuren 19 en 20 staan de krommen van y en ae, in de eerste figuur die van een conventionele klepveermotor in de tweede figuur die van een desmo-distributie met een speling van 0 mm tussen sluittuimelaar en sluithoedje.

Wat opvalt bij het veerbediende systeem is dat de klep na het sluiten weer van haar zitting terugspringt (aangeduid door het woordje 'jump'). Zoals te zien gaat dit gepaard met heftige schommelingen in het versnellingsdiagram.

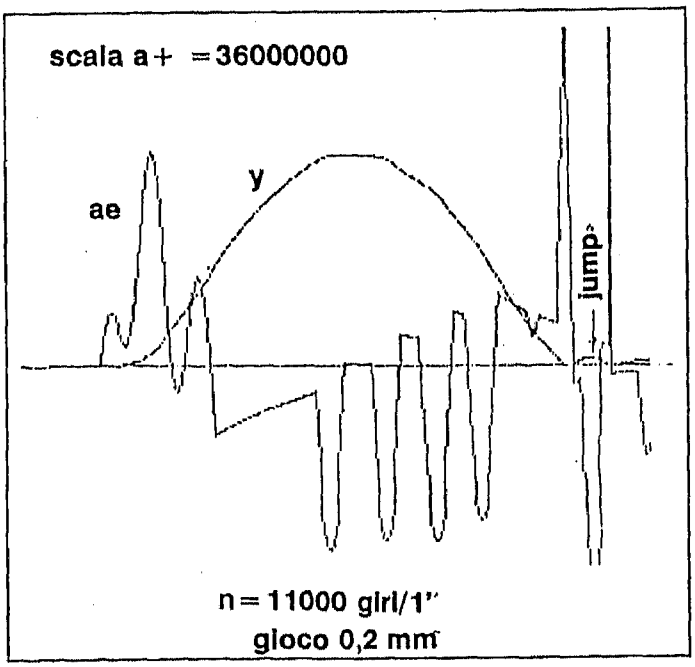
Dit stuiteren van de klep is zeer nadelig. Niet alleen veroorzaakt het slijtage van de klepschotel en -zitting, ook is het een bron van lawaai.



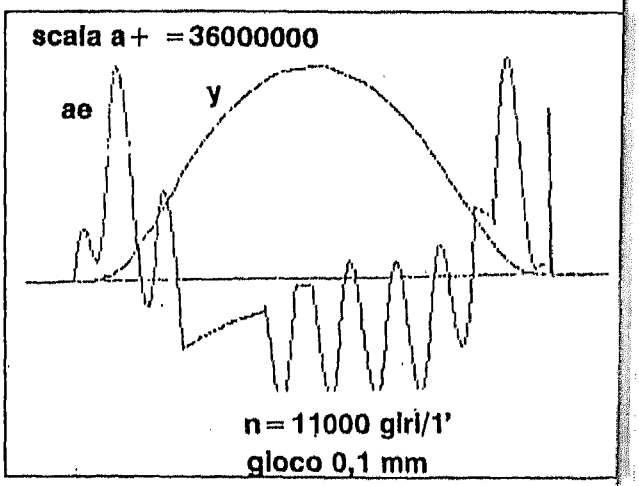
Figuur 20: Lichthoogte en versnelling bij speling van 0 mm



Figuur 21: Lichthoogte en versnelling bij speling van 0,2 mm



Figuur 22: Lichthoogte en versnelling bij 11.000 tpm/0,2 mm



Figuur 23: Lichthoogte en versnelling bij 11.000 tpm/0,1 mm

Het diagram van de desmodromische klepbediening geeft een heel wat beter resultaat. De jump is praktisch verdwenen, dit vanwege het gedwongen karakter van de klepbeweging. Ten opzichte van de traditionele oplossing met de klepveer staat de desmodromische distributie veel rigoreuzere kleptimingswaarden toe, zonder dat het schadelijke stuiteren van de kleppen plaatsvindt.

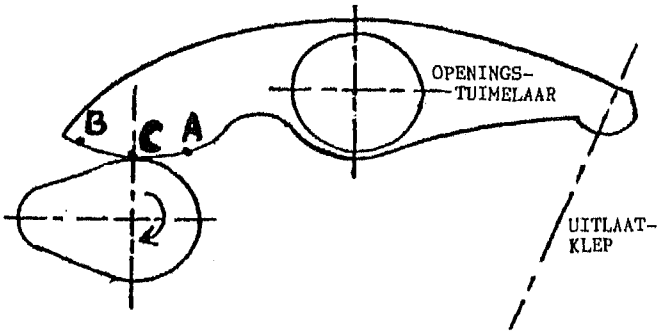
Het is echter noodzakelijk een precisering aan te brengen. De voorgaande resultaten van de desmodromische distributie zijn immers verkregen bij een speling van 0 mm tussen sluittuimelaar en sluithoedje. In werkelijkheid

is dat onmogelijk, omdat een minimale speling altijd noodzakelijk is om bewerkingstoleranties en thermische uitzettingen te compenseren. Bovendien doet zich altijd enige slijtage voor. Een speling van 0 is dus een theoretische waarde die in de praktijk niet haalbaar is.

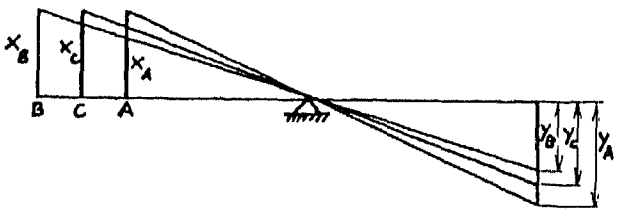
Wanneer we kiezen voor een speling van 0,2 mm van het desmo-model dan krijgen we de resultaten zoals weergegeven in figuur 21. Opnieuw blijkt het klepstuiteren dan weer op te treden, en dit neemt toe naarmate het toerental stijgt (zie figuur 22).

Een doeltreffende manier om het gedrag van het systeem te verbeteren is de speling te reduceren. Kan men de bestaande speling bij voorbeeld tot 0,1 mm te beperken, dan herstellen de positieve eigenschappen van de desmodromie zich weer voor een belangrijk deel (zie figuur 23).

Met Giuseppe Bocchi kunnen we concluderen dat de toepassing van een desmodromisch klepbedieningssysteem een goede manier is om het stuiteren van de kleppen op hun zittingen tegen te gaan. Alleen bij hele hoge toerentallen (boven 10.000 tpm) gaat dit niet op. Een belangrijke factor in dit verband is de speling tussen sluittuimelaar en sluithoedje. Hoe kleiner die speling kan worden gehouden, hoe voordeliger dat is.



Figuur 24: Nok/tuimelaar verbinding



Figuur 25: Gevolgen van de verschuiving van het contactvlak

Kinematica van de Ducati 6A-desmodromie

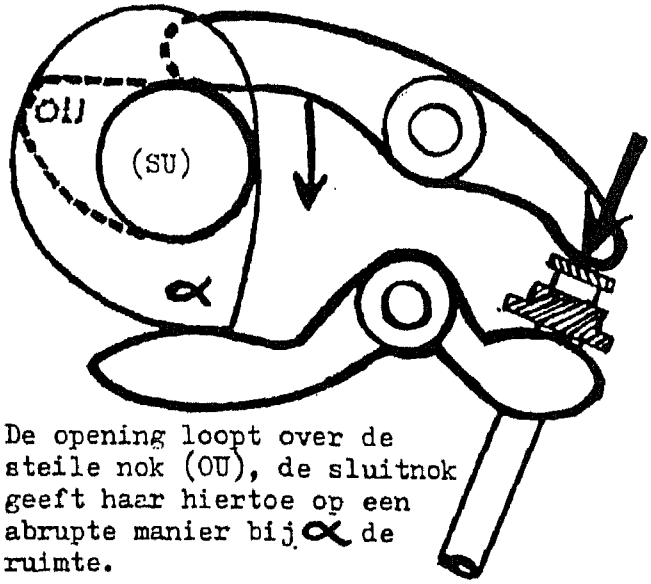
De nokkenas heeft de taak om de beweging van de kleppen op het gewenste moment en in de juiste tijdsvolgorde mogelijk te maken. Het openingstijdstip wordt bepaald door de positie van de nok op de nokkenas. De vorm van de nok bepaalt de openingsduur, de kleplichthoogte en de bewegingsafloop bij het openen en sluiten. Ook de vorm van de tuimelaars beinvloedt de bewegingsafloop van de klep.

Omdat in alle Ducati 6A-systemen gebruik wordt gemaakt van een enkele nokkenas per cilinder die zowel de inlaat- als de uitlaatklep bedient, is deze nokkenas midden tussen de beide kleppen gemonteerd. Gevolg is dat zowel voor het openen als het sluiten tuimelaars moeten worden ingezet om de lichthoogte die door de nok wordt gedicteerd, over te brengen op de klep.

Glijvlakken als nokvolgers en a-symmetrische nokken

De tuimelaars zijn uitgevoerd met convexe (bolvormige) glijvlakken. Dit betekent dat het contactvlak tussen nok en nokvolger en tussen klephoedje en nokvolger zich verplaatst wanneer het systeem in werking is (zie figuur 24). Het glijden van de nokvolger over het klephoedje gebeurt over een relatief kleine afstand. De verschuiving van het contactvlak tussen nokvolger en nok is echter dermate groot dat de overbrengingsverhouding van de tuimelaar zich ingrijpend wijzigt (zie figuur 25).

We nemen als voorbeeld het openen van de uitlaatklep. We monteren een rechtsom draaiende symmetrische nok en bekijken de openingsprocedure (zie figuur 24). We zien dan dat het contactvlak van de tuimelaar met de nok verschuift: in het begin van C in de richting van B. Na in B te zijn aangekomen zal het raakvlak weer in C terugkeren, dit is het geval wanneer de nok



Figuur 26: A-symmetrische openings- en sluitnok

recht omhoog staat en dus de klep volledig is geopend. Door de verschuiving van C naar B en vervolgens weer terug naar C gaat de klep in het begin minder snel open dan wanneer we bij voorbeeld roltuimelaars hadden gebruikt. Bij roltuimelaars verschuift het contactvlak immers niet.

Voor het sluiten van de uitlaatklep geldt een soortgelijk verhaal. Het contactvlak verschuift dan van C in de richting van A, met andere woorden de klep gaat sneller dicht dan de bedoeling was.

Wanneer we dus van een symmetrische openingsnok zouden uitgaan, zou de kleplichtkromme er uiteindelijk a-symmetrisch uitzien. Een dergelijke kleplichtkromme is echter ongewenst, omdat dit een volle curve in de weg staat. Er wordt namelijk een zo groot mogelijk opppervlak onder de curve nagestreefd, want des te groter deze vlakken zijn, des te beter kan de motor ademhalen. Zo'n volle kromme kan pas dan worden bereikt, wanneer de kleplichtcurve en daarmee tevens de curven van klepsnelheid en -versnelling symmetrisch zijn.

De enige manier om de kleplichtkromme in het geval van een Ducati 6A-systeem symmetrisch te krijgen, is het toepassen van a-symmetrische nokken. En inderdaad, bekijk je een Ducati nokkenas nauwkeurig dan valt de a-symmetrie van de openingsnokprofielen onmiddellijk op. Ook de sluitnokken zijn a-symmetrisch, duidelijk te zien aan de twee verschillende manieren waarop de overgang tussen basiscircel en sluitnokprofiel verloopt. In het ene geval gebeurt dat abrupt, in het

Jaar / Model	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Totaal
250 cc (Mark 3D en Desmo)	1900	2200	2500	3000	1500	700	450	150	12 400
239 cc (Desmo)							300	100	400
350 cc (Mark 3D en Desmo)	2500	3000	2500	2200	1500	870	930		13 500
450 cc (Mark 3D, Desmo, R/T en T/S)			1000	1500	900	700	750		4 850
								Totaal:	31 150

Tabel 1: Productie aantallen Ducati ééncilinders

Model \ Jaar	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	Totaal
750 SS	400	250	250	150										1 050
900 cc (SS, Darmah SD, Darmah Sport, Darmah SS, 900 S2 en MHR)		250	1050	2300	2900	2500	2300	3500	2900	1200	250			19 150
1000 cc (Mille S2 en MHR)											750	300	250	1 300
													Totaal:	21500

Tabel 2: Productie aantallen Ducati koningsassentwins

andere geval is de overgang geleidelijk (zie figuur 26). Vanwege de complementariteit van de bij elkaar horende openings- en sluitnok, correspondeert een steile openingsnok met een abrupte overgang bij de sluitnok en een vlakke nok met een geleidelijke overgang (zie figuur 26).

Productiemodellen

Hieronder in het kort iets over de productiemodellen van Ducati die voorzien werden en worden van een groep 6A-desmosysteem.

Eéncilinders

In 1968 introduceerde de Ducati-fabriek de 250 en 350 Mark 3 desmo-modellen, de eerste Ducati productie-motoren met desmodromische distributie. Deze modellen bleven zo'n 8 jaar in productie. Twee jaar later kwam er een 450 desmo model bij, dat ook leverbaar werd als scrambler (R/T) en enduro (T/S). Een bijzondere motor was de 239 cc versie van de Mark-3 desmo. Deze uitvoering werd speciaal voor de Franse markt ontwikkeld. In schema 1 zijn de productie- aantallen weergegeven, zoals die ons door de Ducati-fabriek ter beschikking zijn gesteld. Hieruit blijkt onder andere, dat er in totaal ruim 30.000 ééncilinder Ducati motorfietsen zijn geproduceerd, voorzien van desmodromische klepbediening.

Sinds het einde van de jaren 50 werden er in Barcelona door de Mototrans-fabriek Ducati's in licentie gebouwd. Later gingen de Mototranseencilinders steeds meer een eigen leven leiden en kwamen ze steeds verder van hun Italiaanse voorbeelden af te staan. Voorzover wij hebben kunnen nagaan, zijn er door Mototrans echter nooit desmo-éénci-linders geproduceerd.

Koningsassentwins

Het tweede Ducati 6A-desmosysteem dat we hebben onderscheiden, werd toegepast in de koningsassentwins. De eerste straatmotor in deze groep, de Ducati 750 Super Sport, werd in 1973 geintroduceerd. Zoals we hebben gezien, was deze motor een replica van de racer, waarmee Paul Smart in 1972 de Imola 200 won; een bijzondere motor dus. Dit verklaart ook het relatief lage aantal geproduceerde modellen. Mede hierdoor is het één van de meest gezochte straatmodellen van Ducati. Vooral de eerste uitvoeringen met het ronde carter, zijn echte collectors items. Voor de latere modellen met het hoekige carter geldt dat in iets mindere mate.

Model \ Jaar	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	Totaal
500 cc	160	1500	1800	500					3 960
600 en 650 cc			1050	1650	1400	50	760	430	5 340
350 en 400 cc				750	680		270	900	2 600
350 cc blokken voor Cagiva						1950	1800	500	4 250
750 cc							630	2500	3 130
750 cc blokken voor Cagiva en Bimota								400	400
600 en 650 cc blokken voor Cagiva						2200	1630	950	4 780
								Totaal:	24 460

Tabel 3: Productie aantallen Ducati Pantah's

Het 900 cc koningsassenblok (eigenlijk 864 cc) vormde de basis voor diverse Ducati's, variërend van sportieve toermotoren tot racers voor 'normaal' straatgebruik. In deze laatste categorie valt bij voorbeeld de 900 Mike Hailwood replica. Al met al bleef het 900-desmoblok ongeveer 10 jaar in productie.

In 1984 werd het 900 blok nog eens kritisch onder handen genomen door de Ducati-fabriek. Vooral de klachten over het kwetsbare big-end lager trok de fabriek zich aan. Men besloot om boring en slag van het oude blok te vergroten en het big end als glijlager uit te voeren (voorheen had het een naaldlager). Hiermee was het zogenaamde Mille-blok geboren, verwijzend naar de cilinderinhoud van bijna 1000 cc. Aan het desmosysteem werden geen veranderingen aangebracht. Dit blok, het beste koningsassenblok ooit gemaakt, geniet een geweldige reputatie in Ducati-kringen. Des te merkwaardiger is daarom het lage aantal geproduceerde 'Milles'. Dit heeft echter te maken met de hoge productiekosten van het koningsassenblok, iets waarmee de nieuwe leiding van de Ducati-fabriek, de gebroeders Castiglioni van Cagiva, niet langer akkoord kon gaan.

De geproduceerde aantallen koningassentwins voorzien van desmodromische distributie staan in schema 2.

Opmerking: Bovenstaande gegevens zijn afkomstig van de Ducati-fabriek. Toch lijkt er een foutje in te zitten. Volgens vele andere bronnen kwam Ducati al in 1973 met de 750 SS op de markt, dus moet de productie van dit model toen ook al zijn begonnen.

Pantah

Nadat een aantal prototypes van de Ducati Pantah al enkele achtereenvolgende jaren op de verschillende Europese motortentoonstellingen te zien waren geweest, begon de serieproductie in 1979 te lopen. Eerst werd alleen een 500 cc versie gemaakt, later werd de cilinderinhoud steeds verder opgevoerd. De 600 cc versie was in feite een opgeboorde 500, maar de 650 Pantah kreeg een nieuwe krukas met een grotere slag en een grotere boring. De 750 cc versie was vervolgens weer een opgeboorde 650.

Sinds enkele jaren is het Paso-model op de markt. Deze motor is voorzien van een verder ontwikkeld Pantah-blok en leverbaar in 750 en 900 cc uitvoering.

Overigens zijn er speciaal voor de Italiaanse en Japanse markt ook 350 cc en 400 cc versies van de Pantah gebouwd. Het Pantah-blok heeft een erg goede naam; het geeft veel vermogen over een breed toerengebied en het staat als erg betrouwbaar bekend. Het is dan ook niet verwonderlijk dat behalve Ducati zelf, ook andere Italiaanse motorfabrikanten dit blok als aandrijfbron kozen voor hun motorfietsen. Zowel Cagiva als Bimota zijn ook nu nog tevreden afnemers van het Pantah-blok. Cagiva gebruikt het voor montage in hun Alazzurra wegmotor en de Elefant off the road, terwijl Bimota het Pantah-blok in hun revolutionair vormgegeven DB1 opneemt. Hieronder staan de productie-cijfers van Ducati Pantah's en de aantallen door Ducati aan Cagiva en Bimota geleverde Pantah-blokken.

Paralleltwin

De vierde en laatste Ducati 6A desmo-uitvoering werd toegepast in de paralleltwin, die in 350 en 500 cc versie werd gemaakt. De productie-aantallen van deze modellen liggen een stuk lager dan van de modellen uit de voorgaande drie groepen.

Van de 500 sport desmo werden er van 1976 tot en met 1979 respectievelijk 450, 1200, 150 en nogmaals 150 geproduceerd. Van de 350 sport desmo, die vrijwel uitsluitend voor de Italiaanse thuismarkt was bedoeld, luiden de cijfers van 1977 tot en met 1980 resp. 460, 280, 200 en 250. In totaal werden er door de Ducati-fabriek dus 3140 paralleltwins gebouwd.

Net als bij de ééncilinders en de koningsassentwins is het aantal door Ducati geproduceerde paralleltwins nu bekend. Tellen we het aantal gebouwde Ducati's uit deze drie groepen bij elkaar dan komen we op 55.790 motoren. Bij het aantal gemaakte Pantah-blokken (24.460) moeten we de aantekening maken dat we slechts beschikken over de productiecijfers tot en met 1986. In tegenstelling tot de andere groepen is het Pantah-blok echter nog steeds in volle productie, zowel voor de Cagiva Elefant als het Paso model van Ducati zelf. Het aantal geproduceerde Pantah-blokken ligt dus zeker hoger dan 24.460. Gezien het feit dat Ducati alleen nog maar Pantah-blokken maakt en de stijgende verkoopcijfers van het merk, denken we dat er inmiddels zeker zo'n 30.000 door een Pantah-blok aangedreven motoren zijn gebouwd.

85.000 Desmo Ducati's

Het totaal aantal Ducati 6A desmo's dat ooit door de fabriek is gemaakt komt dus op ruim 85.000! Hoeveel er daar over de hele wereld nog van rijden, is moeilijk te zeggen. Zeker van de oudere modellen, de singles en koningsassentwins, zal een deel inmiddels op de sloop zijn terecht gekomen. Dankzij de groeiende aandacht voor klassieke Ducati's die zich de laatste jaren heeft voorgedaan, zijn er echter ook vele oudjes gered en soms zelfs weer tot nieuwstaat opgebouwd. Gezien het feit, dat er nauwelijks meer aan onderdelen van de desmodromische distributie valt te komen en er diep voor in de buidel moet worden getast (dit geldt vooral voor de ééncilinders), blijkt dat deze vorm van klepbediening erg belangrijk is voor de waarde van de klassieke Ducati's.

Het zou ons dan ook niet verbazen dat het aantal desmo Ducati's de laatste jaren vrijwel constant is gebleven. En deze ontwikkeling lijkt zich de eerstkomende jaren niet te wijzigen.

Race-successen

Met het Ducati groep 6A-desmosysteem zijn op het circuit een aantal aansprekende successen geboekt. Een korte opsomming van de belangrijkste prestaties mag niet ontbreken in de behandeling van het Ducati groep 6A-systeem.

Eéncilinders

In maart 1967 debuteert Roberto Gallina met een 350 desmo single in een race in Modena, nadat er al het nodige testwerk is verricht door Franco Farne (toen de chef-monteur van Ducati, tegenwoordig hoofd van de race-afdeling) en Gilberto Parlotti. Het is het begin van een tijdvak van zo'n vijf jaar,

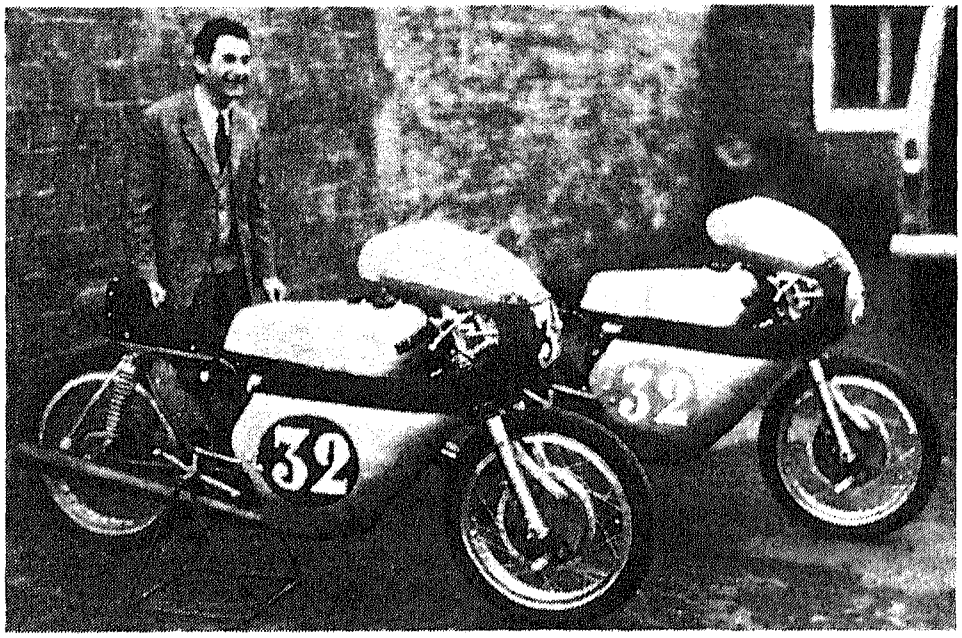


Foto 2:Bruno Spaggiari bij een 250 en 350 Ducati ééncilinder

waarin met de 250, 350 en 450 desmo ééncilinders heel wat successen worden geboekt.

De singles komen vooral in Italiaanse nationale- en internationale races aan de start.

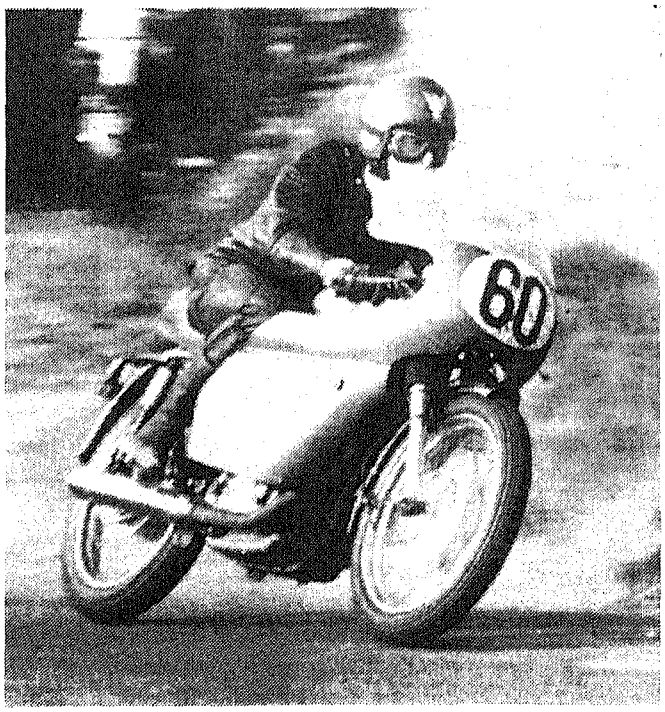


Foto 3: Chas Mortimer in de production TT van 1970

Tenslotte is het voornaamste doel om het desmo-blok verder te ontwikkelen met het oog op de geplande productiemodellen. In die tijd wordt de 350 en de 500 cc klasse beheerst door de viercilinder Honda's, MV Agusta's en de eenzame Benelli van Renzo Pasolini. Daarachter zijn het vaak de snelle Aermacchi's en de Ducati desmo's die de toppositities innemen. Buiten Italië zijn het vooral races voor productie-motoren en niet te vergeten de 24 uurs race van Montjuich, die voor opvallende successen zorgen. Zo behalen Reg Everett en Paul Smart in 1968 een derde plaats op het stratencircuit van Barcelona en zijn daarmee met hun Ducati het snelst in de 250 cc klasse.

In betzelfde jaar legt Bruno Spaggiari (zie ook foto 2) beslag op de derde plaats in het Italiaanse 350 cc kampioenschap, daarmee de betrouwbaarheid en het concurrentievermogen van de Ducati single bewijzend. Naast de positieve publiciteit die de Italiaanse successen opleveren is het voor de Ducati-technici ook de ideale manier om het desmosysteem verder te ontwikkelen. Ingenieur Taglioni is een trouwe bezoeker van de meeste Italiaanse races en volgt de gebeurtenissen op de voet. Het is belangrijk om te weten dat het merendeel van de nationale races toentertijd

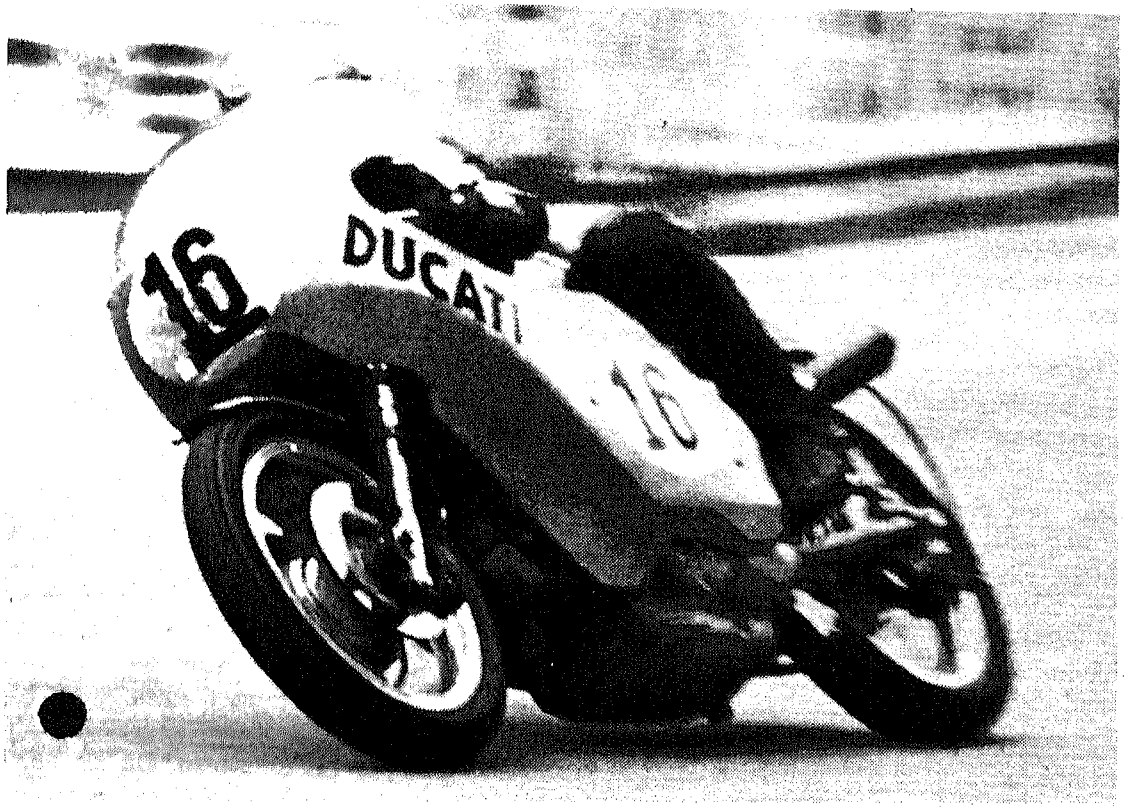


Foto 4: Paul Smart; winnaar van de Imola 200 in 1972

op stratencircuits werd uitgevochten. Zodoende vormde deze competitie een prima testbank-functie voor de latere straat-desmo's.

De races op het eiland Man vormen van oudsher de enige ware beproeving voor de betrouwbaarheid en wegligging van een motorfiets. Wat dat betreft bevestigt de overwinning van Alistair Rogers in de 250 cc Production TT van 1969 de kwaliteiten van de Ducati single. Deze goede afloop wordt een jaar later herhaald door Chas Mortimer op een 250 Mark 3 (foto 3). Met een voorsprong van 6 seconden verslaat hij John Williams op Honda.

Inmiddels heeft Bruno Spaggiari in het begin van 1970 de 450 desmo single in Italië geïntroduceerd en er enkele top-vijf resultaten mee behaald.

500 cc Grand Prix twin

Hoewel er over de hele wereld nog een aantal jaren succesvol met de Ducati desmo éécilinders wordt geracet, verplaatst de aandacht van de fabriek zich naar de tweecilinders. Gedenkwaardig is de directie-vergadering van oktober 1970 waarin de Ducati-leiding besluit om officieel deel te nemen aan de 500 cc Grand-Prix. Enige maanden daarvoor was men bij Ducati al van start gegaan met de eerste rij-tests van een nieuw straatmodel, een 750 cc V-twin. In navolging van de cilinderopstelling van dit nieuwe topmodel, krijgt ook de nieuwe racer een V-opstelling. Deze heeft in eerste instantie nog geen desmodromische klepbediening. De racer maakt echter niet waar wat men er bij Ducati van heeft gehoopt, namelijk het behalen van GP-overwinningen. In feite wordt er slechts één overwinning mee behaald en wel door Gilberto Parlotti, tijdens een internationale race op het circuit van Skopia Locka in Joegoslavië. Daarnaast worden er wel incidentele topposities ingenomen door rijders als Bruno Spaggiari, Ermanno Giuliano, Phil Read en de eerder genoemde Parlotti.

Mede door het uitblijven van echte successen besluit de Ducati-directie in de winter van '72/'73 dat de 500 cc twins niet langer als fabrieksracers mogen worden ingezet. Wel

wordt het Taglioni nog toegestaan een aantal zaken te testen op de 500 cc racer. Begin 1973 ontstaat zo de definitieve versie van de 500 cc racer, nu voorzien van een vierkleps dohc desmo-motor [Ducati Motorcycles: Alan Cathcart p.176] waarbij de beide nokkenassen worden aangedreven door getande riemen. Een constructief aspect dat later bij de Pantah-straatmodellen zal worden overgenomen.

Formule 750

In tegenstelling tot de 500 cc klasse, leidt de deelname van Ducati in de Formule 750 klasse wel tot klinkende resultaten.

Zoals altijd probeert men bij Ducati een directe relatie te leggen tussen straat- en race-modellen. Wat zou dan beter zijn om de nieuwe 750 cc serie-modellen te promoten dan een goed optreden in de nieuw gevormde Formule 750 klasse? In de eerder genoemde directie-vergadering van oktober 1970 werd dan ook besloten een 750 cc racer te bouwen. Nadat de racer in 1971 verder werd ontwikkeld, onder andere door Mike Hailwood, die de motor in augustus van dat jaar bij trainingen op Silverstone inzette, concentreerde men zich op de F 750 race van Imola. Het gold de zogenaamde 200 mijls race, in april 1972. Deze wedstrijd was in die tijd de belangrijkste Europese race in de 750 cc klasse en werd daarom dan ook wel het "Daytona van Europa" genoemd.

Om aan de reglementen van de F 750 klasse te voldoen, werd gebruik gemaakt van het carter van de standaard 750. Anders dan bij de 750 cc straatmodellen werd in de racer wel desmodromische klepbediening toegepast. Hierdoor kon de motor in de lagere versnellingen tot 10.000 tpm worden gedraaid, terwijl het topvermogen van 85 PK bij 8800 tpm vrijkwam.

Het was Ducati er alles aan gelegen met deze racer goed voor de dag te komen en er werden maar liefst vier coureurs voorzien van een F 750 Ducati desmo-racer. Naast de Italianen Spaggiari en Giuliano die ook voor Ducati op de 500 GP-racer reden, werd de Engelsman Alan Dunscombe de gelegenheid gegeven op een 750 te starten. Dit als blijk van waardering voor zijn op Ducati behaalde successen in Engeland. Ducati race-chef Fredmano Spairani vond het echter noodza-

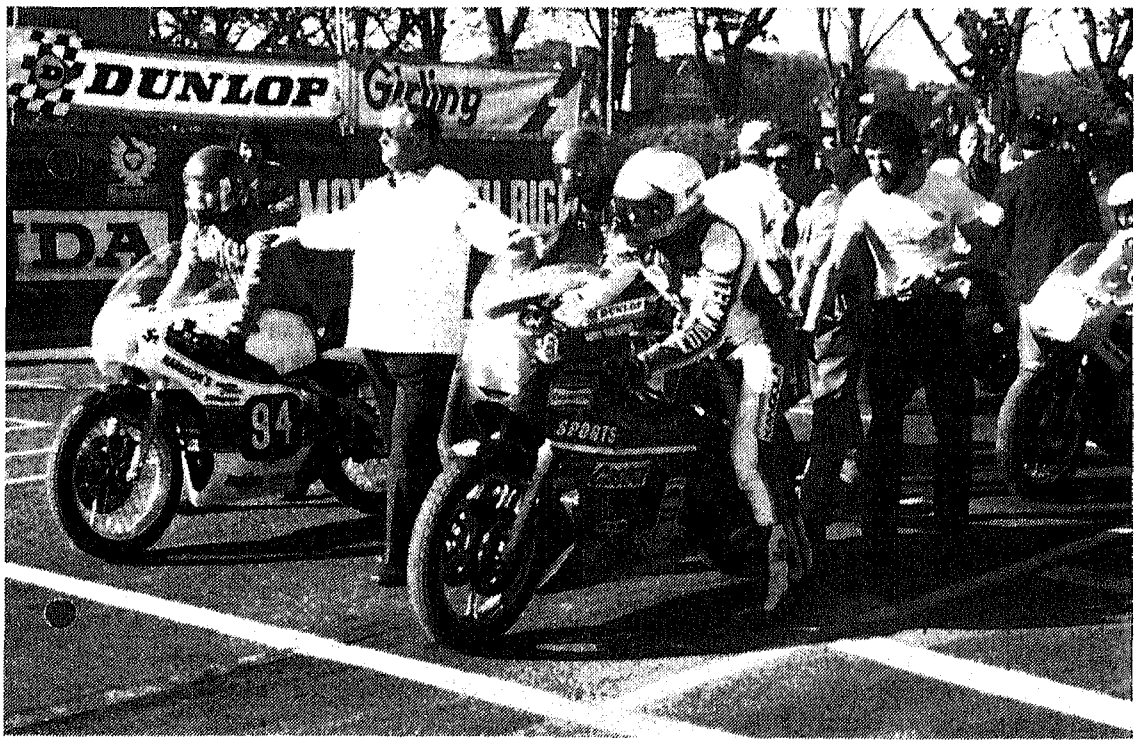


Foto 5: Mike Hailwood met daarachter Steve Wynne; TT 1978

kelijk een echte topcoureur aan te trekken om de zeer belangrijke wedstrijd succesvol af te kunnen sluiten. Uiteindelijk vond hij die man in Paul Smart, één van de toenmalige sterren van de 750 klasse.

Het bleek een gouden greep.

Nadat Smart en Spaggiari de twee snelste trainingstijden hadden neergezet, beëindigden zij de race ook als eerste en tweede (zie ook foto 4). Met deze overwinning hadden ze niet alleen Walter Villa (Thriumph Triple) en Phil Read (John Player Norton) het nazien gegeven, maar ook de almachtige combinatie Agostini/MV Agusta verslagen. En daarmee werd de Ducati-overwinning van Imola 1972 een van de mijlpalen in de geschiedenis van de Bolognese fabriek.

Daarnaast vormde de dubbele overwinning het belangrijkste succes, dat met een type 6A desmo-uitvoering (tot dan toe) werd behaald. Om het belang van de desmodromische klepbediening nog eens te benadrukken, bracht Ducati in 1973 de 750 Super Sport uit. Een Ducati 750 v-twin voorzien van desmo-koppen die in het begin als Imola replica werd aangeboden; een straatversie van de motor waarmee Paul Smart de race-wereld versteld had doen staan.

In 1973 reed Bruno Spaggiari opnieuw naar de tweede plaats in de Imola 200, nu achter Jarno Saarinen op een 350 Yamaha. Het was de laatste officiële fabrieks-inzet in een F 750 race.

Endurance

Tussen 1973 en 1977 waren het vooral de endurance races waarin de zware Ducati v-twins excelleerden. Om dit mogelijk te maken en te kunnen concurreren met de opgeboorde Honda en Kawasaki viercilinders was de cilinderinhoud van de machine vergroot tot 864 cc.

Met name de prestaties in de 24-uurs races op Montjuich waren uitzonderlijk. Het bochtige circuit door Barcelona was bij uitstek geschikt voor goed sturende motorfietsen, waarbij een hoog koppel en een brede powerband belangrijker waren dan een groot maximaal vermogen. In 1973, 1975 en 1980 wisten Spaanse coureurs als Benjamin Grau, Salvador Canellas, Alejandro Tejedo en Mallol de zware 24-uurs race met een Ducati twin te winnen.

Toch waren de prestaties in de andere-24 uurs races als de Bol d'Or, Spa-Francorchamps en Thruxton nooit van hetzelfde kaliber en naarmate de Japanse viercilinders steeds verder werden opgevoerd, daalden de winstkansen voor de Italiaanse tweecilinders.

TT Formule 1

In 1977 werden nieuwe race-klassen ingevoerd onder de naam TT Formule, waarvan de winnaar zich wereldkampioen mocht noemen. De twee belangrijkste klassen voor Ducati waren de TT Formule 1 en later vooral de TT Formule 2. In de eerste klasse werden viertakten toegelaten tussen 601 en 1000 cc en tweetakten tussen 351 en 500 cc. De TT Formule 2 was voor 351-600 cc viertakten en 251-350 cc tweetakten.

In de eerste jaren telde er slechts één wedstrijd voor het TT wereldkampioenschap, namelijk de TT op het eiland Man. De Bolognese fabriek was niet bepaald enthousiast over het gevaarlijke circuit en dat kwam vooral door het ongeval dat Gilberto Parlotti in 1972 op dit lange circuit noodlottig was geworden. Hoewel het fatale ongeluk gebeurde met een 125 cc fabrieks-Morbidelli, reed Parlotti toen ook nog voor Ducati en had hij zelfs van de fabriek een machine te leen gekregen om daarmee het circuit te leren kennen. De Ducati-fabriek weigerde dan ook een officiele fabrieksracer in te zetten. Toch leek de nieuwe klasse als het ware gemaakt voor Ducati. Op basis van de inmiddels uitgebrachte 900 SS (overigens nog steeds 864 cc) was het niet moeilijk een racer met winstkansen te bouwen. Omdat de fabriek zich niet voor 100 % inzette en ook de toenmalige Engelse importeur van Ducati weinig belangstelling toonde, hing het van particulier initiatief af om iets in deze klasse te gaan doen. Gelukkig was het Ducati-dealer Steve Wynne uit Manchester, die de mogelijkheden voor Ducati in de TT Formule klassen inzag. Met name doordat zijn rijders Steve Tonkin en Roger Nicholls in het midden van de jaren 70 reeds enkele successen hadden geboekt tijdens productie races op Man.

De laatste coureur behaalde in de eerste TT Formule 1 race in 1977 een tweede

plaats, achter multi-wereldkampioen Phil Read op Honda. De 864 cc desmo racer waarmee Nicholls dit succes behaalde was een door Steve Wynne geprepareerde semi-fabrieks NCR-racer, die Wynne in Bologna had gekocht.

Met de Ducati-racer reed Roger Nicholls dat jaar nog enkele races in Engeland, waaronder een TT F 1 race (niet meetellend voor het WK) in het bijprogramma van de Engelse GP op Silverstone. De Grand Prix kende een bijzondere bezoeker in de persoon van een wereldberoemd ex-auto- en motorcoureur. Deze passeerde op een gegeven moment de pitsbox van Steve Wynne en maakte een praatje met de teamleider. Hij probeerde en passant nog even de 'zit' van de desmo racer en liep toen weer verder. De naam van deze 7-voudig wereldkampioen ? ..... Mike Hailwood.

Het eerste wereldkampioenschap voor Ducati

Enkele weken na de eerste ontmoeting tussen Steve Wynne en Mike Hailwood werd wereldkundig gemaakt, dat Hailwood na elf jaar weer zou terugkeren in de TT-races op het eiland Man.

Nadat duidelijk was gebleken dat Mike geinteresseerd was om met een Ducati de Formule 1 race te rijden en Steve Wynne op de successen van zijn team in 1977 kon wijzen, toonde ook de Ducati-fabriek meer belangstelling voor de TT F 1 klasse. Voor de TT van '78 kon Wynne een door NCR gebouwde racer kopen, onder meer voorzien van speciale cilinderkoppen met een klephoek van 60 graden (standaard is 80 graden).

Met deze motor domineert Mike Hailwood tijdens de trainingen op het eiland en zet een snelste gemiddelde van 111.04 mph neer. Tom Herron (Mocheck Honda) komt niet verder dan 109 mph, terwijl Phil Read op een derde plaats blijft steken.

Gouden come back

Tijdens de TT F 1 race op die gedenkwaardige derde juni van '78 zijn de toeschouwers getuige van één van de meest opzienbarende come back's in de motorsportgeschiedenis (foto 5). Een come back van een oud-wereldkampioen, die voor een record aantal toeschouwers zorgt.

Phil Read, op een fabrieks-Honda, start voor hem, maar al snel haalt Hailwood hem in. Vervolgens moet ook John Williams op de tweede fabrieks-Honda eraan geloven en met een nieuw ronderecord (110.62 mph) rijdt "Mike The Bike" naar de overwinning.

Dit betekent niet alleen het eerste wereldkampioenschap voor de motorfabriek uit Bologna, maar ook het grootste succes dat Ducati tot dan toe met haar desmo-systeem behaalt. Mike Hailwood, de legendarische motorheld uit de jaren zestig, is weer terug. En dat nog wel op een racer die zo afwijkt van al haar concurrenten, zowel wat betreft afkomst als wat betreft technische specificaties.

Dat zijn overwinning geen uitschieter is, bewijst hij een week later, als op Mallory Park de post-TT races worden verreden. Op dit circuit, dat totaal andere eisen aan rijder en machine stelt dan de TT-baan, verslaat hij niet alleen Phil Read, maar bovendien de latere Engelse TT F 1 kampioen John Cowie (Kawasaki).

Mike Hailwood replica

Opnieuw probeert de Ducati-fabriek de positieve uitstraling van Hailwood's successen zo optimaal mogelijk te benutten. Men brengt een zogenaamde Mike Hailwood replica uit op basis van de 900 SS. De machine is in dezelfde kleuren gespoten als Steve Wynne's Sports Motor Cycles-racers, namelijk roodgroen (groen is de traditionele Engelse race-kleur, het rood verwijst naar de Italiaanse afkomst).

De 'verloren TT' van 1979

Wynne heeft inmiddels ook bereikt dat de leidinggevende mensen bij Ducati weer vol vertrouwen zijn wat betreft hun betrokkenheid bij het racen, zelfs wanneer dat op een circuit als dat van Man plaatsvindt. Na de toezegging dat Mike Hailwood ook voor de TT van '79 op Ducati wil uitkomen, besluit Ducati nu een officieel fabrieksteam te sturen met Steve Wynne als teammanager.

Men besluit zich nu goed voor te bereiden en Hailwood wordt uitgenodigd om de nieuwe

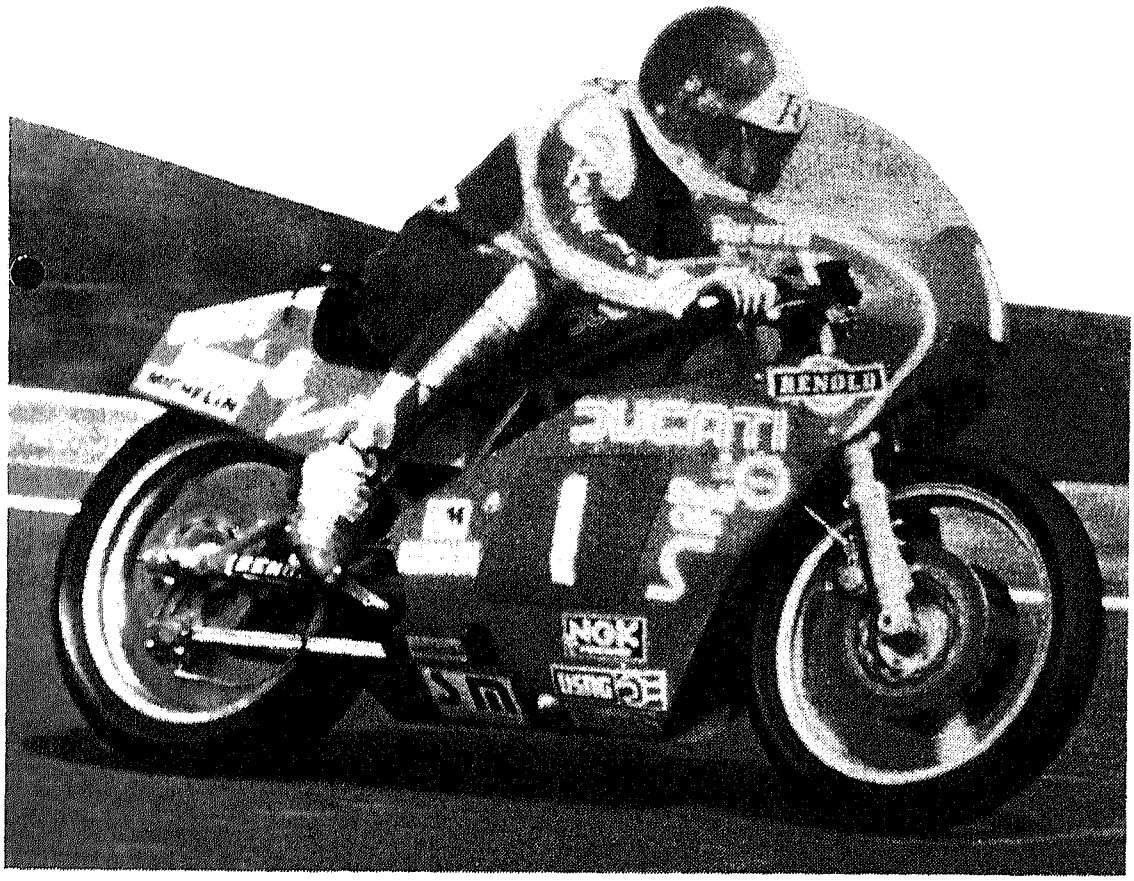


Foto 6:Viervoudig wereldkampioen Tony Rutter op Pantah-racer

machines op het circuit van Misano (Italië) te testen. Dan slaat het noodlot toe.

Mike The Bike komt ten val. Volgens sommigen als gevolg van de niet ingewilligde wens van Mike om de machine aan te passen aan zijn schakelgewoonte (één omhoog, de rest naar beneden). Ducati besluit het aangekondigde fabrieks-optreden op Man af te blazen. Dit was niet zozeer vanwege de verwondingen van Hailwood (enkele gebroken ribben), als wel door de opschudding in de Italiaanse pers over de bescherming van de fabriek tegen mogelijke schade-claims van gewonde fabrieksrijders. Wynne behoudt zijn tegenwoordigheid van geest en koopt de racers van de fabriek, zodat hij ze nu onder eigen naam (Sports Motor Cycles) kan laten inschrijven.

Toch wil het allemaal niet meer zo. In de trainingen voor de Formule 1 race op Man komt Mike slechts tot een hoogste gemiddelde snelheid van bijna 106 mph (in '78: 111 mph). In de race gaat het niet veel beter. In de laatste ronde begeeft de vijfde versnelling het, met als gevolg dat de motor op de vele lange rechte stukken vol in vier moet worden gereden. Dit gebeurt met toerentallen die ver in het rode gebied liggen. Dankzij de desmodromische klepbediening blijkt het distributiesysteem dit echter zonder problemen aan te kunnen. Door de extra vibraties trilt de accu-houder kapot, waardoor de accu-aansluitingen gedeeltelijk worden verbroken en de machine tot stilstand komt. Na een provisorische reparatie komt Mike Hailwood toch nog als vijfde over de streep. Zonder de genoemde problemen zou een derde plaats tot de reële mogelijkheden behoord hebben; Hailwood nam deze positie namelijk op de helft van de race in.

In het algemeen wordt de prestatie van Mike Hailwood in de TT van 1979 als een

nederlaag beschouwd en deze gebeurtenis kan ook worden gezien als het einde van de grote successen met de koningsassen-twin. Hier mag de overwinning van Cook Neilson tijdens de Daytona Superbike race van 1977 zeker niet onvermeld blijven. Door een heel veld van Japanse viercilinders voor te blijven, zorgde Neilson er samen met tuner Phil Shilling voor, dat er ook aan de andere kant van de Atlantische oceaan aansprekende en publicitair belangrijke overwinningen met de koningsassen-desmo werden geboekt.

TT Formule 2

Na het onverwachte en alom bejubelde succes van Mike Hailwood op Man dachten velen dat het nu wel afgelopen zou zijn met het behalen van race-overwinningen door Ducati's. De Japanse concurrentie werd immers steeds heviger. Grosso modo was dat wat betreft de koningsassentwin ook zeker het geval. Maar de introductie van de Pantah in 1979 voorkwam dat het merk Ducati uit de annalen der race-overwinningen verdween.

In eerste instantie werden speciaal geprepareerde Pantah's vooral ingezet in de TT Formule 2 klasse, zowel op nationaal niveau (Italië, Engeland) als op internationaal niveau. De races om het wereldkampioenschap werden eerst alleen uitgevochten op het eiland Man, later ook op andere stratencircuits in Europa (Dundrod, Vila Real, Brno etc.). In 1981 behaalde TT-veteraan Tony Rutter zijn eerste wereldtitel in de F 2 klasse door de TT-races op Man te winnen en als tweede te eindigen in de Ulster Grand Prix. Opnieuw was de winnende Pantah geprepareerd door het team van Sports Motor Cycles onder leiding van Steve Wynne. De combinatie Ducati/Rutter bleek goed te zijn voor in totaal 4 achtereenvolgende wereldtitels in de TT F 2 klasse (zie ook foto 6).

In 1981 werd Massimo Broccoli, die nu nog steeds als fabrieksrijder bij Ducati/Cagiva werkt, Italiaans kampioen op een Pantah 600. Walter Cussigh herhaalde deze prestatie in 1982.

Nogmaals succes in de Formule 1 klasse

Ondertussen was het technische reglement van de Formule 1 klasse gewijzigd. De maximale cilinderinhoud voor viertakten was teruggebracht tot 750 cc (voorheen 1000 cc). Door zowel de boring als de slag van de Pantah 600 te vergroten (nu 88 x 61,5 mm) wisten de Ducati-technici een snelle F 1 motor op te bouwen. Met de Formule 1 Ducati werden zowel successen geboekt in het TT F 1 wereldkampioenschap als in endurance-races.

Het meest bekend is waarschijnlijk wel de overwinning van Marco Lucchinelli, de ex 500 cc GP-wereldkampioen, op Misano tijdens het paasweekend van 1986. Met een 750 F 1 Pantah versloeg hij Joey Dunlop, de grote favoriet op Honda. Naast de vele kleine en grote overwinningen in de F 2, de F 1, de endurance en Battle Of The Twins (BOTT) wedstrijden (races gereserveerd voor zware viertakt tweecilinders) markeert de winst van Lucchinelli in 1986 het laatste hoogtepunt dat werd bereikt met een luchtgekoelde Ducati tweeklepper. Tevens vormde het de laatste belangrijke uitslag, die met een Ducati van het type 6A desmosysteem werd behaald.