

**Auto & Motor
TECHNIEK**

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional



Ultralicht ontwerp met magische prestaties

Racemonster op dieet

Yamaha heeft met de YZF-R1 de meest compacte viercilinder in lijn motorfiets uitgebracht. De motor is zo licht en handzaam als een 600 cm³ machine, maar levert superieure prestaties dankzij de geheel nieuwe 1.000 cm³ vijfkleppenmotor. Japan laat opnieuw zien hoe verfijnd men motoren én motorfietsen bouwt.

Elk onderdeel van de YZF-R1 is tot in detail ontworpen, nadat de hoofdlijnen waren vastgesteld.

Ondanks de 1.000 cm³ motor ziet de Yamaha YZF-R1 er compact uit. Omdat de versnellingsbakassen boven elkaar liggen, kon de achtersvork maar liefst 582 mm lang zijn. De wielbasis bedraagt slechts 1395 mm.

Door zorgvuldig vast te houden aan die hoofdlijnen is er een evenwichtig geheel ontstaan dat alom lof verdient. Het gebeurt immers vaak genoeg dat alle details de nodige aandacht krijgen, maar het grote geheel uit het oog wordt verloren.

De hoofdlijnen waren: een korte wielbasis en steile voorvork, lange

achtersvork en een juiste plaatsing van het zwaartepunt. De motor en de transmissie moeten zorgen voor een hoge trekkracht en een hoge topsnelheid. Alsof deze eisen nog niet tegenstrijdig genoeg zijn, moest het gewicht zo laag zijn en de motorfiets net zo plat gelegd

kunnen worden als een 600 cm³ motorfiets.

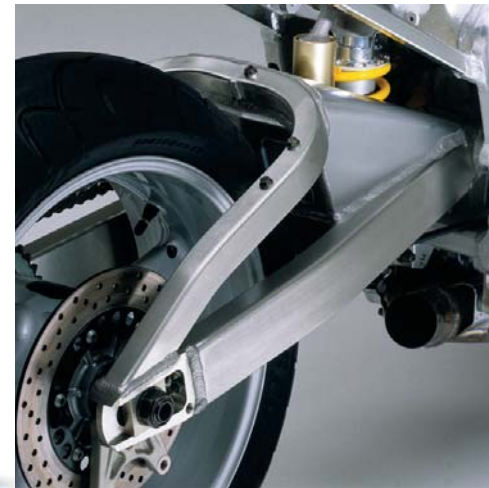
Het bleek dat, als de versnellingsbakassen boven elkaar en niet zoals gebruikelijk achter elkaar werden geplaatst, het motorblok maar liefst 81 mm korter werd. Door de cilinderkop aan de uitlaatkant enkele centimeters smaller te bouwen, ontstond er genoeg ruimte om de voorvork dicht bij de motor te plaatsen. Dat leverde een korte wielbasis en steile voorvork op die de motor wendbaar maken. De ruim 8 cm kortere motor maakte een ongewoon lange achtersvork mogelijk, die voor een optimaal stuurge drag nodig is bij accelereren en hoge snelheden.

Ultralicht blok

Het gewicht van de nieuwe viercilinder vijfkleppenmotor bedraagt 10,6 kg minder dan dat van zijn voorganger, de YZF1000R. Door aluminium cilinderwanden te gebruiken met een elektromagnetisch

Yamaha is erin geslaagd een uiterst compacte vier in lijn motor te bouwen. De krukas staat dwars op de rijrichting.





Het aluminium Yamaha Deltabox II frame zorgt voor maximale torsie- en buigstijfheid en verbindt het balhoofd met de achterevoorklaring. Omdat de motor star is bevestigd in het frame is deze meedragend in het krachten- en momentenspel.

opgebrachte looplaag werd al het nodige gewicht bespaard ten opzichte van de ingegoten stalen voeringen. Het speciale loopvlak-procédé kennen we ook van de Ford Puma motoren, Yamaha kan dit in serieproductie toepassen. De cilinders vormen één geheel met het boventerter; dat bespaart ge-

wicht en zorgt voor de nodige stijfheid.

Door de olienkoeler naast het oliefilter te plaatsen (parallel in plaats van in serie) werd het mogelijk de uitlaatbochten krap langs het motorblok te leggen. Onderin het blok kregen de oliepomp en de waterpomp een plaats, geen plekje werd onbenut gelaten. Een speciale lichtgewicht krukas en dynamo droegen ook het nodige bij aan de gewichtsbesparing.

De motor heeft een boring van 74 mm en een slag van 58 mm. Bij 10.000 t/min wordt er 110,3 kW geleverd, een vermogen waar menige 2 liter automotor niet aan toe komt. Het maximum koppel van

108,3 Nm ontstaat bij 8500 t/min. De gemiddelde effectieve druk bedraagt dan maar liefst bijna 13,7 bar op Eurosuper 95 octaan benzine. De compressieverhouding van 11,8:1 draagt daaraan het nodige bij, maar het is duidelijk dat de ademhaling zeer goed is. Een geringe aanzuigweerstand door een groot luchtfilterhuis en een geringe uitlaatgastegendruk vormen de basis voor zo'n hoog volumetrisch rendement.

Knappe cilinderkop
Door de nokkenasaandrijving naar het ene eind van de krukas te verplaatsen (zat voorheen in het midden) werd de hele motor smaller.

Achter wordt een zeer stijve en lange aluminium achterevoork gebruikt met één centraal geplaatst veerelement. De veervoorspanning en de in- en uitgaande demping zijn instelbaar.

Yamaha verkleinde de klephoeken. Ten opzichte van de cilinderhartlijn bedragen de hoeken: 11,5° voor de twee uitlaatkleppen, 16,75° voor de twee buitenste inlaatkleppen en 9,5° voor de middelste inlaatklep. De kleppen zijn zo licht dat een enkele klepveer voldoende is om 'zweven' te voorkomen. De mini-stoterbussen hebben bij de inlaatkleppen een diameter van 20 mm, bij de uitlaatkleppen meten ze 22,5 mm in diameter. De 90 mm lange inlaatkleppen hebben een steeldiameter van slechts 4 mm, die van de uitlaatkleppen bedraagt 4,5 mm. De drie inlaatkleppen openen 7,3 mm, de twee uitlaten 7,7 mm en dat zijn fikse waarden als je bedenkt dat de klepschotdiameters resp. 23 en 24 mm bedragen. De klepveren zorgen voor een sluitkracht van slechts 90 N bij de inlaatkleppen en 120 N bij de uitlaatkleppen.

Kleine klepstelplaatjes op de klepsteel, dus onder de stoter, zorgen voor een klepspel van 0,11 tot 0,20 bij de inlaatkleppen en 0,20 tot 0,30 bij de uitlaatkleppen. Slechts na 42 maanden of 42.000

Zoals gebruikelijk bij motorfietsen maken de koppeling en de versnellingsbak deel uit van het motorblok. Let op de steil geplaatste inlaatkanalen.



MOTORFIETSEN

Techniek van de Yamaha YZF-R1

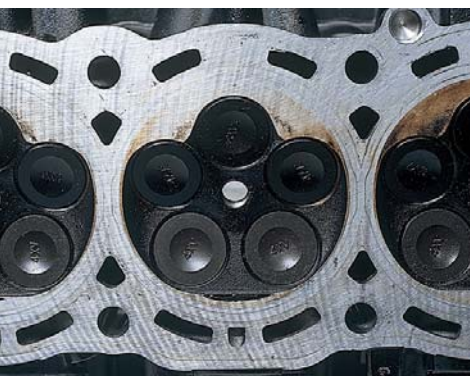
km is het nodig de klepspeling te controleren en indien nodig af te stellen. Yamaha geeft een klep-overlap op van 65°.

Lichtgewicht drijfwerk

De zuigers zijn gesmeed om ze zo sterk mogelijk te maken. De topveer is slechts 0,90 mm dik, maar 2,75 mm breed. Het loopvlak heeft een ronde doorsnede om zo snel mogelijk een gasdichte werking te verkrijgen. De afgeschuinde tweede veer is 0,8 mm dik, de opgebouwde olieschraapveer meet



De opendek-constructie zorgt voor een goede koeling van de cilinderwanden, afgezien van het gemeenschappelijke deel. De lange tapeinden zijn diep in het motorblok gemonteerd.



Yamaha was de eerste die vijf kleppen per cilinder toepaste. Let op de vorm en plaats van de squishvlakken tussen de inlaatkleppen. Er gaat meer koelwater naar de uitlaatkant van de cilinderkop dan naar de inlaatkant.

slechts 1,5 mm. In de 74 mm zuiger zit een holle zuigerpen van 17 mm, met een boring van 10 mm. Deze pen is maar 51,5 mm lang en bespaart relatief veel massa op een belangrijke plaats. Hoe minder massa er behoeft te worden versneld en vertraagd des te beter. Het H-vormige profiel van de drijf-stang heeft een lijfdikte van maar 2,5 mm om de massa tot een minimum te beperken.

Accelereren is bij een motorfiets heel belangrijk. Hoe minder vlieg-wielwerking de draaiende onderdelen hebben, hoe meer vermogen er is om de motorfiets met berijder(s) te versnellen. Daarom zijn de krukwingen zo licht mogelijk uitgevoerd. Bovendien neemt daarvoor ook nog eens de massa van het motorblok, en dus van de hele fiets, af. Het is met zo'n geringe vlieg-wielwerking wel oppassen geblazen anders slaat de motor beneden een bepaald toerental zomaar af. Bij het stationaire toerental van 1100 t/min moet elke cilinder een gelijk vermogen leveren om de motor rustig te laten draaien.

Ingewikkelde gietstukken

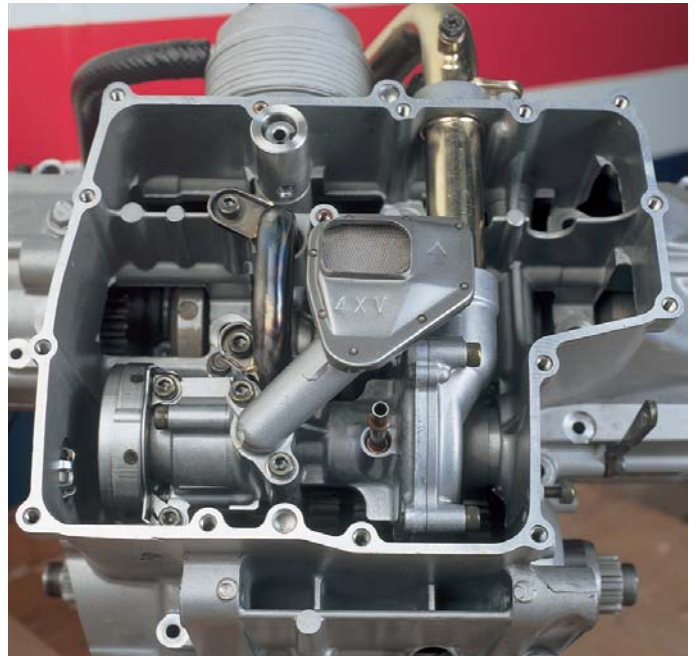
De cilinders vormen één geheel met het bovencarter, dat bespaart gewicht en vergroot de stijfheid van de constructie. Dankzij een elektrolytisch opgebrachte nikkel-fosfaat looplaag met harde siliciumcarbide deeltjes is er het nodige gewicht aan stalen voeringen bespaard. Bovendien voert deze slijtvaste laag de warmte vrijwel net zo goed af als het aluminium zelf. Omdat er minder vervorming van de cilindervoering optreedt, is het oliegebruik laag.

De cilinders staan 20° voorovergekanteld op de deellijn van het carter, dat op zijn beurt nog eens 10° is verdraaid, ten opzichte van de horizontale lijn. Het deelvlak van het bovencarter bevat de hoofdagers en de lagerboringen van de onderste versnellingsbakas. In het gietstuk zijn ook de lagerboring van de bovenste versnellingsbak, die ook de koppeling bevat, opgenomen.

Een kleiner gietstuk bevat de hoofdagerkappen en de ondersteuning van de onderste versnellings-



De vijfmaal gelagerde krukas heeft 'dunne' lagertappen om de wrijvingsverliezen laag te houden. Links is het tandwiel te zien dat het vermogen overbrengt naar de koppeling.



Onderin het motorblok zijn de olie- en waterpomp geplaatst, een ongewone constructie die ruimtebesparend werkt. Als de waterpomp lekt, komt de koelvloeistof via het pijpje onder de motorfiets terecht en niet in de smeeroilie.

bakas. Zijdeksels en een oliepan maken het motorblok af.

Meervoudige natte platenkoppeling

Yamaha heeft veel werk gemaakt van de koppeling. Zoals bekend heeft dit type koppeling twee nadelen: de platen kleven of plakken op elkaar, vooral als de motor koud is en ze kunnen gaan slippen. Een plakkende koppeling is lastig en zorgt voor een ruk in de transmissie bij het inschakelen van de eerste versnelling. Een slippende koppeling is niet alleen lastig, maar de ontstane warmte kan de platen snel doen vervormen of de olie doen 'verbranden'. De verkoolde olie

verstopt de olie-afvoergroeven die in de beklede platen zitten en dat verergert het slippen. Uiteindelijk 'verbrandt' de koppeling.

Vanwege het feit dat er steeds meer automobielloliën worden ontwikkeld om een zo gering mogelijke wrijving te geven, wil Yamaha niet dat zulke 'low-friction oils' worden toegepast in hun motorfietsmotoren. Bovendien zorgen de 'dunne' minerale oliën (zoals SAE 5W-20 en 5W-30) voor een verhoogd oliegebruik en voor extra slijtage.

Een SAE 10W-30 of 10W-40 olie met API SH als maximum kwaliteitseis voldoet. In Europa zijn er speciale motorfietsoliën



Er worden vier constant-vacuüm carburateurs gebruikt met een doortocht van 40 mm. Er zit een gasklepstandsensoren op het uiteinde van de gemeenschappelijke gasklepas.



Veel lichter kunnen de zuigers en de drijfstanen niet worden. De 'slipper' zuiger heeft nog maar korte stukjes hemd. De zuigerpen is zo kort mogelijk gehouden om gewicht te besparen.



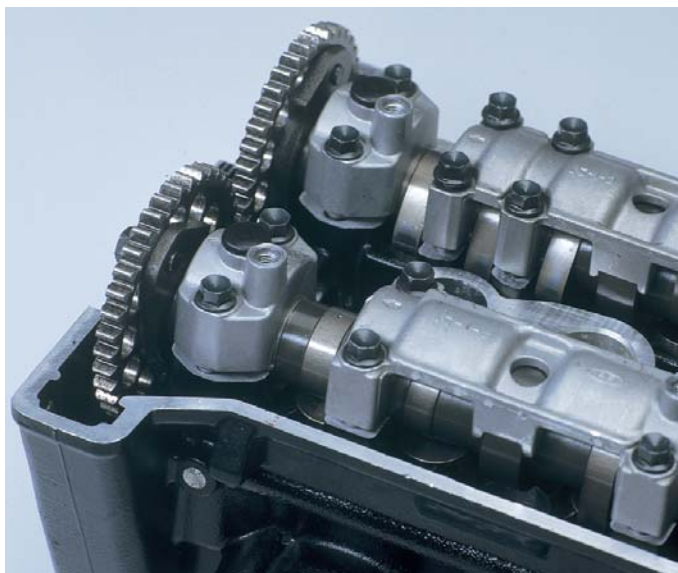
Het is goed te zien dat de drijfstanen zo slank mogelijk zijn gesmeed. De zwevende zuigerpen raakt bijna de olieschraapveegroef.



Yamaha gebruikt een olieniveausensor die is voorzien van een elektronisch tijdvertragingssysteem. Daardoor wordt voorkomen dat er bij accelereren een te laag niveau wordt gemeld.



De kunststof schuiven worden via een membraan en een drukverschil op en neer bewogen. De druk boven het membraan wordt door de luchthoeveelheid in het inlaatsysteem bepaald, onder het membraan staat de buitenluchtdruk.



De nokkenassen worden door aparte lagerbokken opgesloten, er zijn telkens twee lagers tussen elk van de drie nokken op de inlaatsnokkenas en één lager tussen elk van de twee nokken op de uitlaatsnokkenas aan de voorzijde. Bij iedere nokkenas kettingwielen zit nog een extra lager.



Links de oliepompe met, op dezelfde aandrijfas, rechts de waterpompe. De lekpijp van de waterpompe steekt door het blok heen naar buiten.

leverbaar die het hoog belaste mechaniek in uitstekende conditie houden. Yamaha raadt aan de eerste olie na 1.000 km te ververset, samen met het oliefilter. Na 6.000 km of 6 maanden hoeft alleen de olie te worden ververst, het filter mag de dubbele afstand mee.

Het tweede onderdeel dat last kan krijgen van te slipperige oliën is de startmotorvrijloop. Deze is naast het koppelingstandwiel geplaatst en zorgt voor een soepele en stille aangrijping. Als er slip tussen de rollen en de naaf optreedt, komt er van een goede startprocedure niet veel terecht.

Intensieve koeling

De 3,6 liter smeerolie, 2,7 liter bij ververset + 0,2 liter voor het filter, zorgt er voor dat zowel de motor als de transmissie worden ge-

smeerd en gekoeld. Alle olie wordt geperst door een oliekoeler die door de koelvloeistof wordt gekoeld. Daartoe wordt een deel van het water, dat vanaf de koelwaterpompe naar de cilinders stroomt, afgetakt. De thermostaat zit in de slangen die vanaf de uiteinden van de cilinderkoppen komen. Het hele circuit is ontworpen voor hoge vermogens, dus hebben de slangen een grote diameter. Ongeveer 3 liter koelvloeistof voldoet om de ruim 100 kW warmte af te voeren die er maximaal wordt ontwikkeld.

Klauwengeschakelde zesbak De krukas drijft de primaire of ingaande versnellingsbakas aan met



Links de watergekoelde oliekoeler, in het midden de koelwaterpijp naar de waterpompe en rechts de aansluiting van het opschroefoliefilter.

een reductie van 1,581. Dat betekent dat de as met tandwielen maximaal nog altijd meer dan

7.000 t/min draait. Alle overbrengingen zijn indirect, dus altijd via de secundaire of uitgaande as. Omdat het totale gewicht zo laag is, 198 kg rijklaar met volle tank dus zo'n 275 kg met berijder(ster), is de totale sprong in de bak geringer dan bij een auto, namelijk 2,33:1. Dat betekent dat de eerste versnelling ongewoon lang is en tot ver over de 100 km/uur komt!

Om het vermogen zo hoog mogelijk te houden, liggen de versnellingsbaktandwielen dicht bij elkaar. De tandbreedte van de 5e en 6e versnellingsbaktandwielen is groter gekozen dan die van de overige, omdat daar vaak in wordt gereden. De snelheidssensoren zit op het tandwiel

MOTORFIETSEN

Techniek van de Yamaha YZF-R1

van de zesde versnelling en dat geeft het toerental aan van de uitgaande as. Dat houdt in dat er niets mag veranderen aan de secundaire kettingoverbrenging en de bandenmaat.

Efficiënt in- en uitlaatsysteem Yamaha haalt de inlaatlucht weg uit een holle ruimte aan de voorkant van de benzinetank. Of er bij hoge rijnsnelheden een stuwdrukeffect optreedt, wordt niet vermeld. De lucht komt binnenin het grote papierfilterelement terecht en gaat na filtreren naar een ruime kunststof kamer. In deze kamer monden de vier rubber inlaatkelen uit die de lucht naar de carburateurs leiden. Alle luchtdrukpulsaties zijn volop mogelijk, zodat de lucht met een zeer geringe weerstand ter beschikking staat.

Het vier in één uitlaatspruitstuk heeft de bijzondere EXUP klep die op basis van een kenveld wordt veresteld. EXUP staat voor Exhaust Ultimate Powervalve, dat is dus een klep in de uitlaat die onder alle omstandigheden voor het meeste vermogen zorgt.

Bij het verstellen van de klep spelen de gasklepstand en de snelheid van openen en sluiten, het motortoerental en de ingeschakelde versnelling een rol. Een kleine stelmotor zorgt via twee kabels voor het verdraaien van de schuif. Uiteraard zorgt het EXUP-systeem ook voor een stukje geluidemping, maar Yamaha heeft toch een dikke demper moeten toepassen. Het aluminium huis heeft een buitenbekleding van koolstofvezels zodat de demper licht en sterk is. Bovendien is de mogelijke hellingshoek in een bocht groot genoeg voor circuit-gebruik. Zowel voor de voorbochten als voor de demper is de wanddikte minimaal, slechts 1,0 mm voor de RVS bochten en 1,2 mm voor het alu en 0,4 mm voor de koolstofvezels.

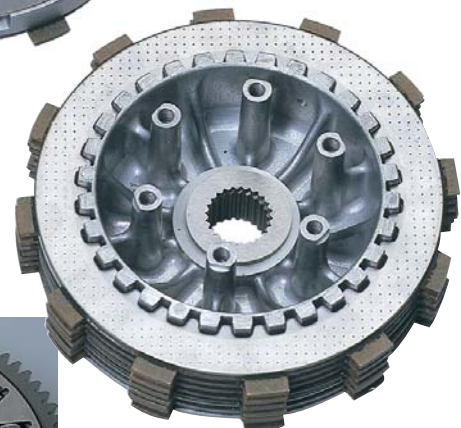
Zorgvuldige inspecties Kennelijk gaat Yamaha er van uit dat 1.000 km per maand een goed gemiddelde is voor de motorrijder(ster), het onderhoudsschema is daarop gebaseerd. De eerste servicebeurt vindt plaats na 1.000 km



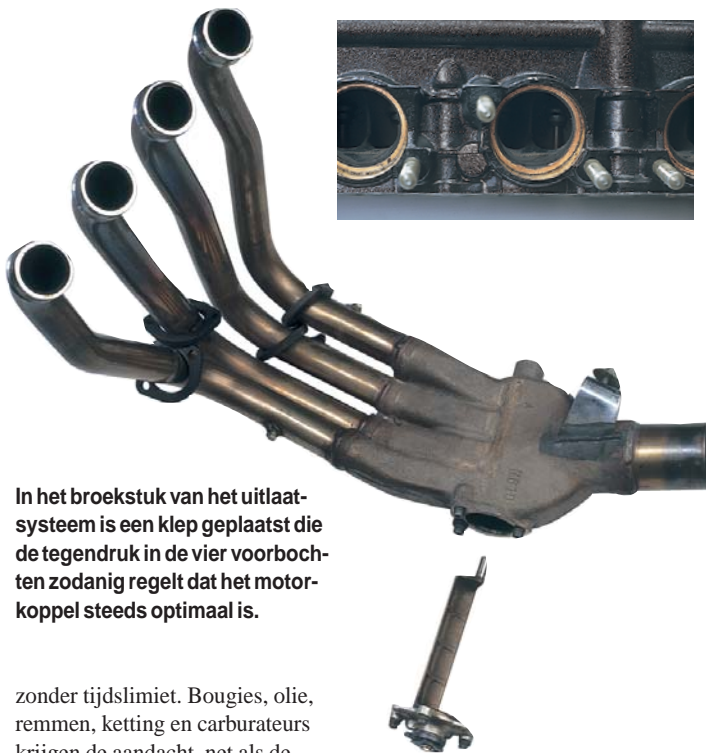
Om stickslip tijdens het schakelen zoveel mogelijk te vermijden, draait de schakelas in een naaldlager. Zelfs het rolletje dat over het schakelkwadrant beweegt, draait op een naaldlager.



Yamaha gebruikt een schotelveer om het platenpakket in de natte platenkoppeling aan te drukken.



Het koppelingshuis kan verdraaien ten opzichte van de naaf die op de ingaande versnellingsbak zit. De demperveren hebben verschillende veerstijfheden om de transmissieschokken zo soepel mogelijk op te vangen.



In het broekstuk van het uitlaatsysteem is een klep geplaatst die de tegendruk in de vier voorbochten zodanig regelt dat het motor-koppel steeds optimaal is.

zonder tijdslijm. Bougies, olie, remmen, ketting en carburateurs krijgen de aandacht, net als de schakelaar van de zijstandaard. Na 6.000 km of een half jaar komen al deze punten weer aan de orde plus de banden, de achterevoorklaging, het balhoofd, alle bouten en moeren. Eigenlijk is het een grondige inspectiebeurt waarbij de olie wordt ververs.

Nog eens 6.000 km of een half jaar verder is er weer zo'n beurt, nu is ook het oliefilter toe aan vervanging. Zowel de achterevoork-

lagering als het balhoofd zijn na 24.000 km of twee jaar aan een smerbeurt toe, dan worden ook de remvloeistof en de koelvloeistof vervangen. Nog langer duurt het controleren en/of stellen van de klepspel, pas na 42.000 km of 42 maanden is het zover. Opvallend is dat het vervangen van de bougies, de ketting, de banden, het luchtfilter en de remblokken aan

Bij motoren met een grote klepoverlap komt het tegenwoordig voor dat er een 'dam' in de uitlaatpoort wordt geplaatst. Daarmee wordt het terugstromen van uitlaatgas in de klepoverlap vermeden.



De vliegwielen generator is ontworpen om zeer hoge toerentallen te kunnen weerstaan, het rode gebied op de toerenteller begint bij 11.750 t/min. Het Mitsubishi-systeem levert 14V/26A bij 5.000 t/min.

de monteur wordt overgelaten. Al met al is het verbazingwekkend dat zo'n motor met relatief weinig onderhoud kan doen, reden te meer om de inspecties met grote zorgvuldigheid uit te voeren.

Paul Klaver