

9. MOTORI S UNUTRAŠNJIM SAGORIJEVANJEM - - MOTORI SUS

Motori su, šire gledano, pogonske mašine koji neki vid energije pretvaraju u mehanički rad.

Motori sa unutrašnjim sagorijevanjem pripadaju grupi toplotnih (termičkih) motora, u kojima se hemijska energija goriva pretvara u toplotnu, a ova pomoću klipnog mehanizma i vratila (radilice) u mehanički rad.

9.1. PODJELA MOTORA S UNUTRAŠNJIM SAGORIJEVANJEM

Motore SUS možemo podijeliti:

prema načinu rada: na dvotaktne i četvorotaktne motore,

prema procesu u cilindru: na motore s oto-procesom i motore s dizel-procesom,

prema načinu izvedbi: na stojeće, ležeće, na motore s cilindrima u jednom redu ili u dva reda u obliku slova V, slova Y, slova X, u obliku zvijezde, trokuta itd.,

prema upotrebi goriva: na plinske motore (s pogonom na rasvjetni, generatorski, zemni i druge plinove), na motore s tekućim gorivom (benzin, petrolej, benzol, plinsko ulje i dr.),

prema načinu hlađenja: na motore hlađene vodom i hlađene vazduhom,

prema načinu potrebe: na stabilne (stacionirane - nepokretne) i pokretne motore,

prema broju obrtaja: na sporohodne i brzohodne motore.

9.2. OTO (OTTO) - MOTOR

Oto - motor dobio je svoje ime 1876. godine, po svom izumitelju njemačkom inženjeru N.A.Otto, pa motori koji rade po ovom ciklusu zovu se **oto-motori**. Ovi motori se nazivaju i **benzinski motori** jer kao gorivo najčešće upotrebljavaju benzin. Po kružnom procesu oto, rade i motori koji upotrebljavaju gas od drveta, uglja ili prirodni gas pa se takvi motori nazivaju i **gasni motori**.

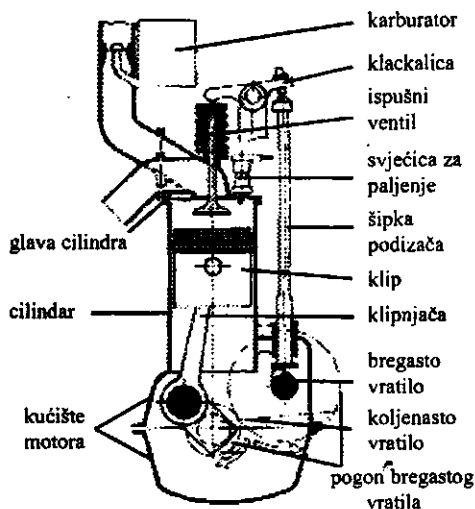
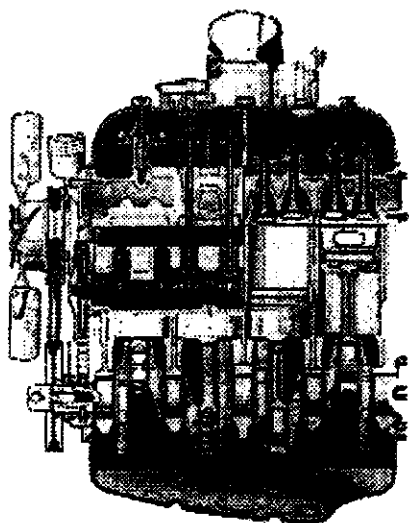
9.2.1. GLAVNI DIJELOVI ČETVEROTAKTNOG OTO-MOTORA

Na sl.9.1. shematski je prikazan četvorotaktni oto - motor sa svojim glavnim dijelovima koje ćemo kasnije detaljnije opisati i vidjeti njihove osobine i uloge u motoru.

Ti dijelovi su sljedeći.

Kućšte motora. Ovaj dio motora nosi cijelu konstrukciju motora i, prema tome, on je takoreći glavni nosač na kome je sve izgrađeno.

Cilindar motora. To je dio motora u kome se kreće klip motora.



Slika 9.1.

Glava cilindra. Cilindar motora završava se na svom gornjem dijelu glavom cilindra koja ustvari zatvara cilindar. Redovno se u glavi cilindra obavlja sagorijevanje gasne smješe i taj prostor nazivamo komora za sagorijevanje. U glavi cilindra nalazi se i svjećica koja pali smještu, a isto tako i usisni i ispušni ventil.

Klip motora. Pri sagorijevanju gasne smješe dolazi do velikog pritiska usljed čega se klip motora kreće u cilindru motora (dolje-gore) i na taj način gura, odnosno vuče klipnjaču koja okreće radilicu motora.

Klipnjača motora. Ona spaja klip i radilicu motora.

Radilica motora. To je glavno vratilo motora koje se preko svojih ležajeva oslanja na kućicu motora.

Svjećica motora. Pomoću nje vršimo paljenje gasne smješe varnicom u određenom trenutku.

Usisni ventil. Preko ovog ventila, kada je ovaj otvoren, ulazi gasna smješa koja dolazi iz karburatora motora.

Usisna cijev. Iz karburatora gasna smješa u komoru za sagorijevanje dolazi preko usisne cijevi i usisnog ventila.

Ispušni ventil. Kada u komori - cilindru gasna smješa sagori, ona izlazi u atmosferu preko ispušnog ventila koji se tačno u određenom momentu otvara.

Ispušna cijev. Sagorjela gasna smješa odlazi, poslije ispušnog ventila, u atmosferu preko ispušne cijevi.

Bregasto vratilo. Bregasto vratilo pomoću bregova otvara usisni i ispušni ventil. Svaki brijeg otvara po jedan ventil, a zatvaranje ventila vrši se pomoću ventilskih opruga.

9.2.2. PRINČIP RADA ČETVERTAKTNOG OTO-MOTORA

Za dobijanje mehaničkog rada u motoru potrebno je ulaganje određene količine toplotne energije kroz proces sagorijevanja, a kako se ovo odvija u samom motoru, odnosno cilindru, mora se smješa prethodno pripremiti za sagorijevanje.

Uvođenje smješe, sagorijevanje i pražnjenje cilindra od produkata sagorijevanja predstavljaju posebne procese, koji svi skupa obezbjeđuju postavljeni cilj, a to je dobijanje mehaničkog rada iz uložene energije goriva.

Princip rada oto-motora ostvaruje se pomoću sljedećih taktova: takt usisavanja, sabijanja, sagorijevanja, širenja i ispuhavanja. Znači da se kompletan teorijski ciklus četvorotaktnog oto-motora sastoji od četiri takta.

I takt - usisavanje. Prvi takt počinje kretanjem klipa od gornje mrtve tačke koja se označava sa GMT (pri otvorenom usisnom ventilu), prema donjoj mrtvoj tački DMT (sl.9.2a.). Dolaskom klipa u donju mrtvu tačku završava se prvi takt (usisavanje). Kod ovog takta gasna smješa struji kroz usisnu cijev i preko otvorenog usisnog ventila ulazi u cilindar.

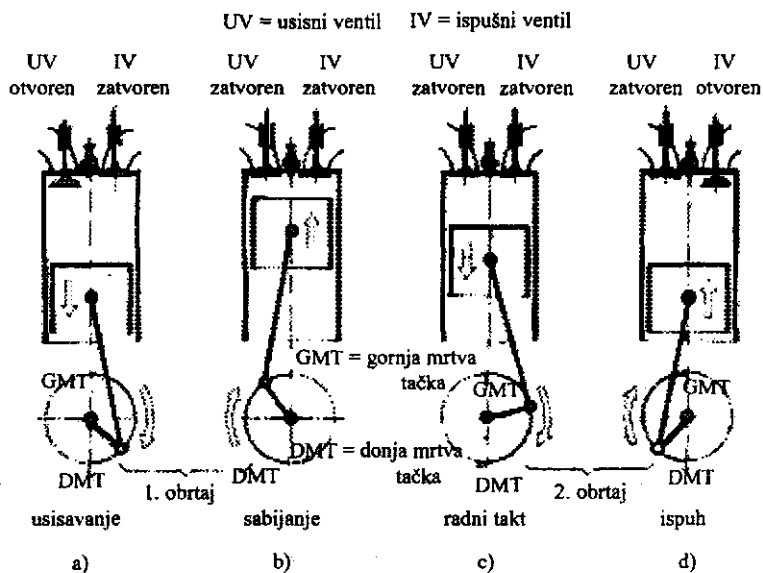
II takt - sabijanje. Kada je klip stigao u donju mrtvu tačku, usisni ventil se zatvara, a klip kreće prema gornjoj mrtvoj tački. Tada počinje drugi takt - sabijanje (sl.9.2b.) u kome rastu pritisak i temperatura gasne smješe. Dolaskom klipa u gornju mrtvu tačku završava se drugi takt, pali se smješa i sagorijeva (krajem drugog i početkom trećeg takta), pri čemu naglo rastu temperatura i pritisak. U ovom taktu i usisni i ispušni ventil je zatvoreni.

III takt - širenje. Po završetku sagorijevanja počinje treći takt - širenje, u kome se postojeća potencijalna energija gasova pretvara u mehanički rad (sl.9.2c.). Kad klip stigne u DMT, otvara se ispušni ventil, a usisni ostaje i dalje zatvoren.

IV takt - ispuhavanje. Kada klip polazi iz DMT prema GMT, počinje posljednji - četvrti takt - ispuhavanje (sl.9.2d.). U ovom taktu sagorjeli gasovi napuštaju cilindar kroz ispušni ventil, odnoseći sa sobom znatnu količinu neiskorištene energije. Ovaj takt traje do dolaska klipa u GMT, čime je cilus završen.

Dok se obavi jedan ciklus, tj. izvrše četiri takta, koljenasto vratilo (radilica) napravi dva okreta, tj. 720° .

Novi ciklus počinje ponovnim otvaranjem usisnog ventila i polaskom klipa iz GMT prema DMT.



Slika 9.2.

9.2.3. STEPEN KOMPRESIJE - STLAČIVANJE

Rastojanje između krajnjih tačaka u cilindru u kome se kreće klip nazivamo **hod klipa**. Ovaj hod je ograničen GMT i DMT.

Ako hod klipa pomnožimo sa površinom kružnog presjeka cilindra, dobijamo zapreminu koju nazivamo **radna zapremina** (V_h). Zapremina iznad čela klipa, kada je klip u GMT, nazivamo **kompresiona zapremina** (V_o).

Prema tome, **ukupna zapremina** cilindra se sastoji od radne i kompresione zapremine.

$$V_u = V_h + V_o$$

Odnos ukupne zapremine (V_u) i kompresione zapremine (V_o) naziva se **stepenom kompresije** i obilježava se sa ε (čitaj epsilon).

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_o}{V_o} = \frac{V_u}{V_o}$$

Uobičajeno je kod motora da se radna zapremina iskazuje u centimetrima kubnim (cm^3), pa tako kažemo da motor od 1,5 litara ima 1500 cm^3 . Stepen kompresije igra veoma važnu ulogu u konstrukciji motora. Kad govorimo o motoru sa unutrašnjim sagorijevanjem, obavezno se govori i o njegovom stepenu kompresije, koji je veoma važna karakteristika motora.

Što je veći stepen kompresije kod oto-motora, motor bolje iskorištava gorivo, tj. za istu potrošnju goriva dobijemo veći rad ili veću snagu motora. Sa povećanjem stepena kompresije povećava se temperatura gasne smješe u procesu sabijanja, što bi moglo dovesti do samozapaljenja gasne smješe (detonacije), a s tim i do nepravilnog rada motora.

Znači, da je stepen kompresije ograničen prirodom goriva, koje se upotrebljava za rad motora, kako ne bi došlo do pojave **detonacije**.

Prema upotrijebljenom gorivu približne vrijednosti stepena kompresije su:

| gorivo | stepen kompresije |
|------------------------------------|--------------------|
| pogon na petrolej | 3,5 : 1 do 4,5 : 1 |
| pogon na benzin od 70 do 90 oktana | 5 : 1 do 7 : 1 |
| pogon na benzin iznad 90 oktana | 8 : 1 do 12 : 1 |
| pogon na plinovita goriva | 6 : 1 do 9 : 1 |

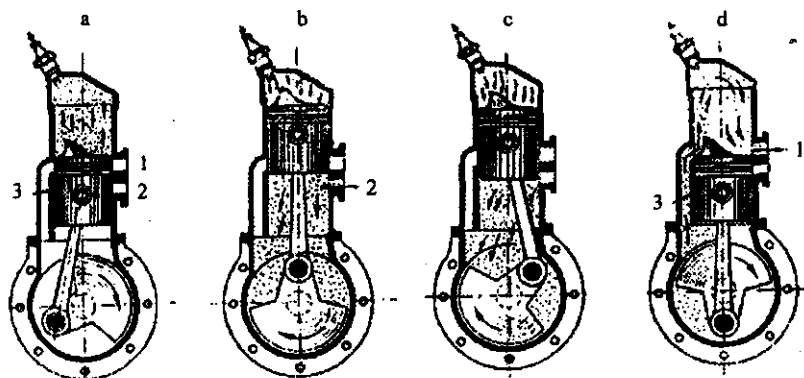
Dobro gorivo za oto-motore mora da ima visoku temperaturu samopaljenja, a samim tim i dobra antidetonaciona svojstva. Za ocjenjivanje upotrebljivosti goriva u oto-motoru uveden je pojam za vrijednost goriva **oktanski broj**. Oktanski broj je jedinica kojom se izražava **otpornost prema detonaciji**.

9.2.4. PRINCIP RADA DVOTAKTNOG OTO - MOTORA

Kod dvotaktnog oto-motora ciklus se obavi u dva takta umjesto četiri - kao što je to slučaj kod četvorotaktnog motora. Na sl.9.3. prikazan je tipičan dvotaktni motor sa tri kanala.

Rad dvotaktnog motora odvija se na sljedeći način. Kad klip pođe ka GMT (sl.9.3a.) on prvo zatvara prelivni kanal (3) a zatim i ispušni kanal (1). Gasna smješa koja se nalazi iznad klipa počinje se sabijati, a u prostoru ispod klipa dolazi do potpritiska. Nešto prije nego

što klip stigne u GMT (sl.9.3b.) klip svojim donjim dijelom otvara usisni kanal (2), koji je u vezi sa usisnom cijevi i karburatorom, a kako u tom prostoru vlada potpritisak, doći će do strujanja gasne smješe preko usisnog kanala (2) u donje kućište motora (prostor ispod klipa). Kad klip stigne blizu GMT (završen prvi takt), na svjećici se pojavi varnica, gasna smješa se pali (dolazi do sagorijevanja smješe i povećanja pritiska iznad klipa) i klip kreće ka DMT (drugi takt) sl.9.3c. U svom kretanju nadalje donji dio klipa zatvara usisni kanal (2), a usisana smješa ispod klipa počinje da se sabija. Iza toga gornji dio klipa otvara ispušni kanal (1) sl.9.3d., i produkti sagorijevanja počinju da izlaze iz cilindra. Kretanjem klipa dalje prema DMT dolazi do otvaranja prelivnog kanala (3), preko koga gasna smješa koja se nalazi pod pritiskom ispod klipa, počinje da struji u prostor iznad klipa, potiskujući ispred sebe sagorjele gasove iz cilindra, a potom popunjava prostor cilindra iznad klipa. Kada klip krene prema GMT, ciklus se ponavlja.



Slika 9.3.

Dakle, za svega jedan obrtaj radilice imali smo cio ciklus, dok je taj ciklus kod četvorotaktnog obavljen za dva obrtaja. Da bi gasna smješa što bolje iščistila komoru za sagorijevanje od sagorjelih gasova, na klip se nalazi naročiti ispust tako da je svježa gasna smješa, koja dolazi iz prostora ispod klipa u prostor iznad klipa, primorana da pravi zaokret i na taj način čisti i uglove u komori za sagorijevanje - dok se klip kreće prema DMT.

9.2.5. KARBURATOR - RASPLINJAC

Uloga karburatora

Uloga karburatora je da izvrši miješanje vazduha i benzina u određenom odnosu, čime se dobija radna smješa za sagorijevanje u cilindrima oto-motora. Da bi smješa mogla dobro da sagorijeva, treba da ispunjava sljedeće uslove:

- da bude određen iznos količine goriva i vazduha,
- da je gorivo što je moguće bolje raaspršeno i izmiješano sa vazduhom,
- da bude na određenoj temperaturi.

Da bi sagorio 1g benzina u jednoj zatvorenoj posudi potrebno je 15g vazduha. Ovakva smješa sa odnosom 1:15 naziva se **idealnom ili teorijskom smješom**. Ako u gasnoj smješi ima više benzina nego što je potrebno za idealnu smjesu, onda se takva smješa naziva **boga-**

ta smješa, a ako je količina benzina manja nego što je potrebna za idealnu smještu, onda se takva smješa naziva siromašna smješa.

Kako motori rade pod raznim režimima rada (od minimalnog do maksimalnog opterećenja), potrebno je za pravilan rad motora obezbijediti odgovarajuću smještu koja će se kretati između siromašne i bogate. Tako, za različite režime rada motora odnos benzina i vazduha u gasnoj smješti iznosi:

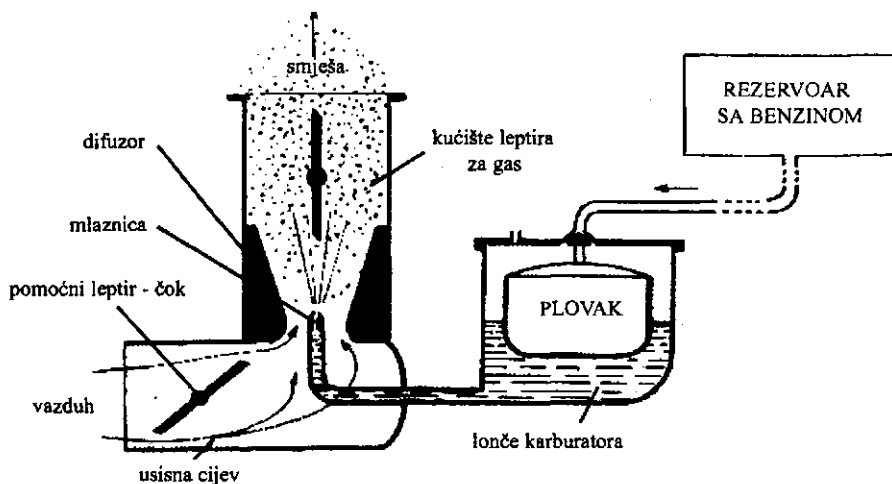
- za prazan hod 1:18,
- za puno opterećenje 1:12.

Prema tome, karburator mora da omogući prilagođavanje odnosa smješte broju obrtaja i opterećenju motora.

Opis i rad karburatora

Na sl.9.4. shematski je prikazan obični karburator koji se sastoji od: lončeta, plovka, siska-mlaznice, venturi cijevi - difuzor, leptira, usisne cijevi i pomoćnog leptira - čok.

Rad karburatora zasniva se na razlici pritiska u lončetu i venturi-cijevi. Otvaranjem usisnog ventila u taktu usisavanja (nastaje potpritisak u cilindru a samim tim i u usisnoj grani motora) dolazi do strujanja vazduha kroz usisnu granu i usisnu cijev karburatora, koja je sa njom spojena. Vazduh koji struji kroz cijev karburatora povlači za sobom iz siska u karburatoru gorivo koje se pri tome raspršava u stine čestice i miješa sa vazduhom. Da bi isisavanje goriva iz glavnog siska bilo zadovoljavajuće, odnosno da bi se isisala potrebna količina goriva i napravila smješa sa potpunim odnosom od 1:12 do 1:18 u karburatorskoj cijevi, postavljena je venturi cijev (difuzor). Difuzor osjetno povećava brzinu strujanja vazduha, dok pritisak opada, što omogućava bolje isisavanje goriva iz siska.



Slika 9.4.

Za ispravan i normalan rad karburatora od posebne važnosti je održavanje predviđenog normalnog nivoa goriva u lončetu karburatora, kako bi se održao stalan nivo goriva u glavnom sisku, te na taj način obezbjedila potrebna količina goriva za pravilan rad motora.

Nivo goriva u lončetu karburatora obezbjeđuje se pomoću plovka sa iglom koji se nalazi u samom lončetu. Kada nivo goriva poraste do normalnog, igla zatvara dovod goriva u lonče karburatora i obratno.

Pored ovih elemenata, karburator mora imati elemente za usporeni hod (prazni hod), kao i za povećanje broja obrtaja, naročito pri naglim promjenama režima rada motora (ubrzanje motora).

Puštanje motora u rad. Prilikom puštanja hladnog motora u rad potrebno je da isti dobije vrlo bogatu smjesu kako bi se lakše upalio. To se ostvaruje pomoću leptira prigušivača (pomoćni leptir za puštanje motora-čok). Povlačenjem ručice "čoka" zatvara se pomoćni leptir i istovremeno malo otvori leptir za davanje gasa, te na taj način sprečava strujanje vazduha kroz difuzor. Potpritisak koji vlada u karburatorskoj cijevi omogućuje da iz glavnog siska usisa mnogo goriva i stvara vrlo bogatu smjesu potrebnu za puštanje u rad hladnog motora.

Kad motor počne da radi i u izvjesnoj mjeri se zagrije, leptir prigušivač (čok) se mora vratiti u početni položaj da se ne bi desilo da u zagrijani motor dolazi prebogata smjesa.

Povlačenje leptira prigušivača (čok) može se vršiti ručnim ili automatskim načinom, zavisno od konstrukcionog rješenja datog na samom karburatoru.

9.2.6. UREĐAJ ZA PALJENJE MOTORA

Uloga uređaja za paljenje gasne smješe je da stvori potrebnu električnu energiju kako bi se smjesa upalila. Uređaj za paljenje gasne smješe sastoji se od: izvora električne struje, indukcionog kalema (bobine), razvodnog uređaja i svjećica.

Kao izvor električne energije našle su primjenu akumulatorske baterije i magneti. Uređaji koji se primjenjuju za paljenje gasne smješe dobili su svoje ime prema svojim izvorima električne struje, pa imamo:

- baterijsko paljenje,
- magnetno paljenje.

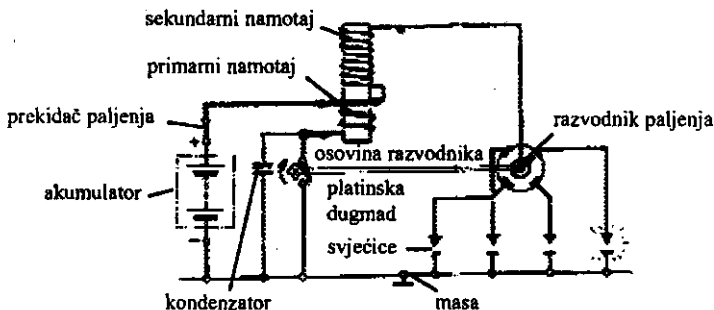
Baterijski uređaj za paljenje je našao široku upotrebu zbog svojih odlika, kao što su: velika pouzdanost u radu, mala cijena i stalna jačina varnice bez obzira na režim rada motora.

9.2.6.1. Baterijsko paljenje

Akumulatorska baterija ima zadatak da napaja primarno kolo indukcionog kalema, a pored toga u momentu paljenja zadatak je akumulatora da pokreće elektro-starter pri početnom puštanju motora u rad.

Rad baterijskog paljenja ostvaruje se na sljedeći način (sl.9.5.). Istosmjerna struja niskog napona dolazi iz akumulatora preko prekidača paljenja na primarni namotaj indukcionog kalema, a potom preko platinskih dugmadi na masu, u minus pol akumulatora. Tako ja zatvoren primarni krug električne struje. Platinska dugmad prekidaju primarno strujno kolo u trenutku kada treba da skoči varnica na svjećici. Prekidanjem strujnog kola u primarnom namotaju indukcionog kalema ima za posljedicu indukovanje (stvaranje) struje visokog napona (od 12000 do 18000 volti) u sekundarnom kolu. Sekundarna struja visokog napona, preko razvodnika se razvodi ka odgovarajućim svjećicama na cilindre motora, gdje preskakanjem varnice između centralne i bočne elektrode proizvodi paljenje gasne smješe.

Čest uzrok neispravnosti u sistemu paljenja su platinska dugmad, na kojima dolazi do neželjenog varničenja i do eventualnog oštećenja. Radi sprečavanja ove pojave ugrađuje se kondenzator koji je u paralelnom spoju sa platinskim dugmadima.



Slika 9.5.

Da bi smješa u cilindru motora što potpunije sagorjela, mora se paljenje gasne smješe započeti nešto ranije nego klip stigne u GMT u taktu sabijanja, pa se ovo ranije paljenje naziva **pretpaljenje gasne smješe**.

Savremeni uređaji za paljenje motora imaju mogućnost automatskog regulisanja pretpaljenja u toku rada motora.

Sa podešavanjem pretpaljenja postižu se bolja ekonomičnost u potrošnji goriva kao i najpovoljnije korištenje snage u motoru.

Red paljenja cilindara kod četvorotaktnog četvorocilindričnog motora je 1-3-4-2, a kod šestocilindričnog 1-5-3-6-2-4.

Nedostaci baterijskog paljenja. Prvo, pojava varničenja uzrokuje oštećenje na platinskim dugmadima i drugo, vrlo sporo otvaranje istih u momentu startovanja motora.

Navedeni nedostaci kod klasičnog baterijskog paljenja motora mogu se otkloniti primjenom novih uređaja za paljenje, kao što je **tranzistorsko paljenje**.

Kod tranzistorskog paljenja motora postoje dvije izvedbe:

- tranzistorsko paljenje sa platinskim dugmadima,
- tranzistorsko paljenje bez platinskih dugmadi.

Tranzistorsko paljenje sa platinskim dugmadima sastoji se od elemenata klasičnog paljenja uz dodatak tranzistora (T) i diode (D) prikazano na sl.9.6a.

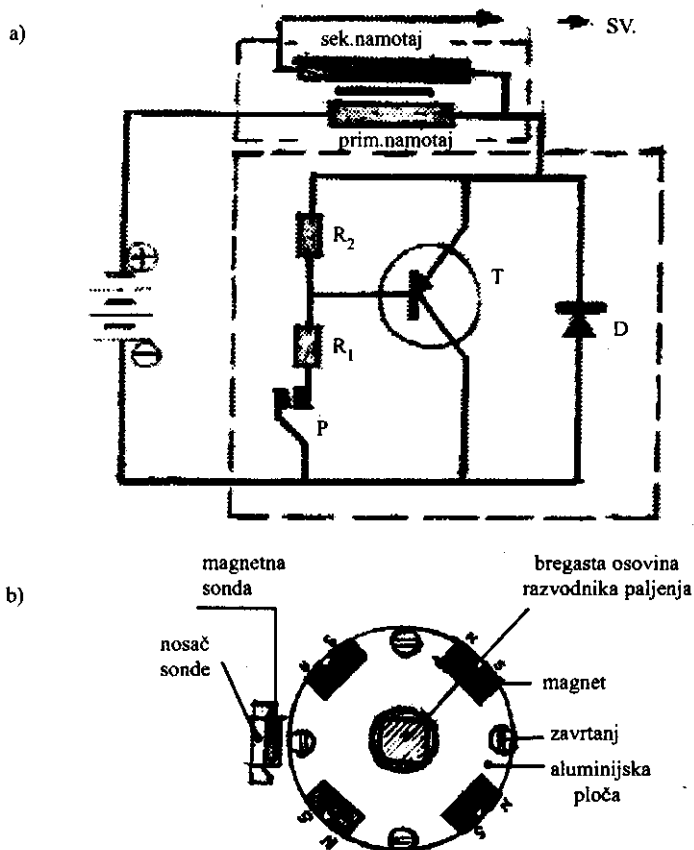
Princip rada tranzistorskog paljenja je sličan klasičnom baterijskom paljenju s tim što se tranzistor uključuje u kolo primarnog namotaja indukcionog kalema, a platinska dugmad imaju ulogu za pobuđivanje (uključivanje i isključivanje) tranzistora.

Ovakvim rješenjem zaštićeni su kontakti na platinskim dugmadima od jakih struja prekidanja, tako da platinska dugmad sada prekidaju samo struju baze tranzistora, koja iznosi nekoliko miliampera (mA). Zbog ovako male struje prekida, koja se javlja na platinskim dugmadima, nema varničenja niti oštećenja što omogućava konstantan zazor (razmak) između dodirnih površina na platinskim dugmadima.

Tranzistorsko paljenje bez platinskih dugmadi razlikuje se od prethodnog u tome što je umjesto platinskih dugmadi ugrađena ploča sa magnetima i magnetna sonda (sl.9.6b.).

Princip rada je sličan prethodnom sistemu paljenja, s tom razlikom što se ovdje okreće ploča sa ugrađenim magnetima, dok je magnetna sonda nepomična, ali u sprezi obavljaju isti zadatak kao platinska dugmad kod prethodnog paljenja. Prilikom obrtanja ploče magneti prolaze pored magnetne sonde, koja se sastoji od dva senzora, koji mijenjaju svoju električnu

otpornost u zavisnosti od jačine magnetnog polja. Zbog ove pojave na sensorima dolazi do električnog impulsa u samoj sondi, pomoću kojeg se pobuđuje tranzistor koji je priključen u kolo primarnog namotaja indukcionog kalema.



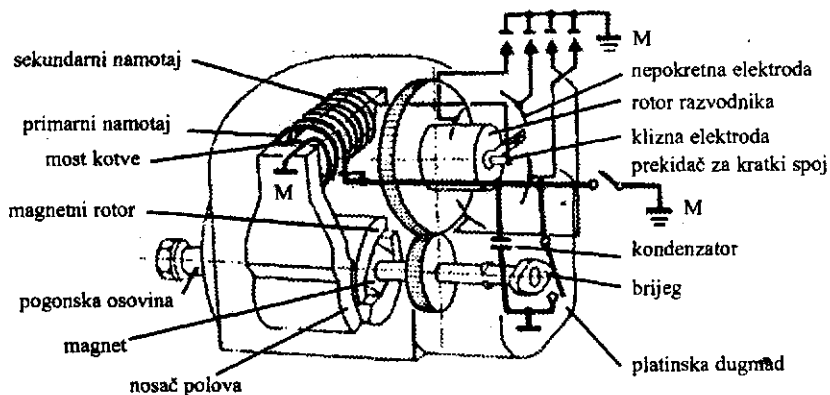
Slika 9.6.

Prednosti ovog sistema paljenja motora su sljedeće: otpadaju platinska dugmad, povećava se vrijeme trajanja varnice na svjećici (ovim se postiže povećanje snage motora) i smanjivanje štetnih ispušnih gasova (smješa potpunije sagorijeva zbog optimalno podešenog paljenja).

9.2.6.2. Magnetno paljenje

Magnetno paljenje (sl.9.7.) razlikuje se od baterijskog u proizvodnji primarne struje. Kod baterijskog primarni izvor struje je sama akumulatorska baterija, a kod magnetskog primarna struja se indukuje - stvara u samom magnetu. Ovako dobijena struja se, kao i kod baterijskog paljenja, prekida na prekidaču - platinskim dugmadima - da bi se potom u namotajima sekundarnog kola u indukcionom kalemu indukovala struja visokog napona. Pogon magneta obezbjeđuje motor preko zupčanika i osovine. U razvodniku, koji dobija pogon od motora, struja sekundarnog kalema (visoki napon) se raspodjeljuje na segment (u razvodniku) onog cilindra u kome treba tog trenutka obaviti paljenje smješe.

Ovaj segment, kao i segmenti ostalih cilindara preko svog provodnika povezan je sa svjećicom na odgovarajućem cilindru.



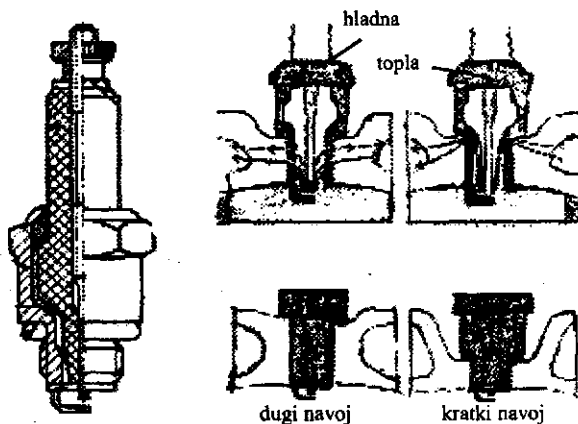
Slika 9.7.

9.2.6.3. Provodnici i svjećice

Provodnici služe da provode struju visokog napona od razvodnika ka svjećicama na svakom cilindru.

Svjećica ima zadatak da na kraju takta sabijanja upali gasnu smjesu. Izgled svjećice dat je na sl.9.8.

Svjećica mora biti izdržljiva da podnese visoki pritisak koji vlada u cilindru motora, da bude otporna prema mehaničkim električnim i toplotnim naprezanjima. Svjećica mora toplinski odgovarati motoru za koji je upotrijebljena. Svjećica koja ima visok toplotni stepen, tj. ona kojoj je potrebno dugo vremena da se ugrije do stepena samozapaljenja smješe zove se **hladna svjećica**. Ona svjećica koja ima mali toplotni stepen, tj. kojoj je potrebno kratko vrijeme da se zagrije do samozapaljenja gasne smješe, zove se **topla svjećica**.



Slika 9.8.

Tople svjećice se upotrebljavaju za motore s niskim stepenom kompresije i malim brojem obrtaja. Iz ovoga zaključujemo da svaki motor mora imati odgovarajuću svjećicu, pa je na svim svjećicama utisnuta oznaka toplinske vrijednosti na koje se mora paziti prilikom upotrebe. Osim toplotne vrijednosti mora se voditi računa i o dužini navoja svjećice. Svjećica sa dugim navojem ne smije se postaviti umjesto svjećice s kratkim navojem i obratno, svjećica s kratkim navojem ne može se upotrijebiti umjesto svjećice s dugim navojem.

9.3. DIZEL - MOTOR

Dizel-motor dobio je svoje ime po svom pronalazaču njemačkom inženjeru R.Dizelu, 1897.godine. Ovaj motor kao gorivo upotrebljava **plinsko ulje** (udomaćen izraz za ovo gorivo je - nafta).

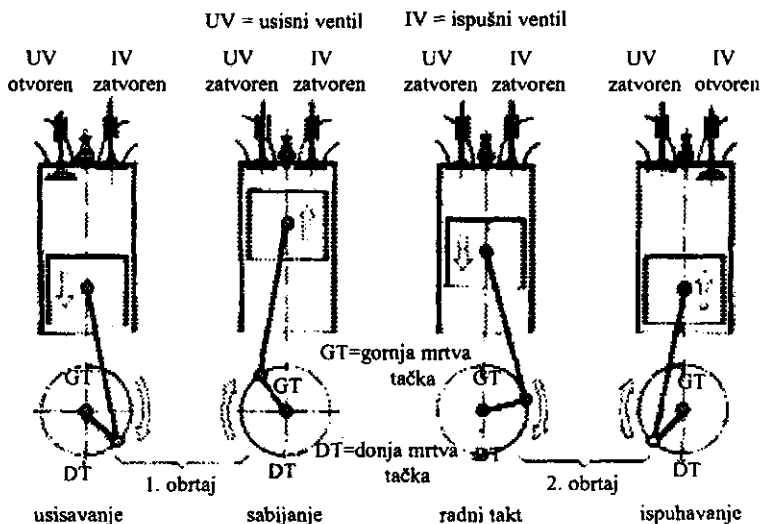
Osnovni dijelovi ovog motora su:

klip, klipnjača, radilica, cilindar, cilindarska glava i blok motora.

Razlika između oto i dizel-motora je u tome što oto-motor ima karburator koji priprema gasnu smjesu goriva i vazduha sa kojom se puni cilindar motora, dok dizel-motor ima pumpu za ubrizgavanje goriva. Kod dizel-motora u taktu usisavanja cilindar se puni samo vazduhom da bi pri kraju takta sabijanja pumpa za ubrizgavanje ubrizgala potrebnu količinu goriva u cilindar motora.

9.3.1. PRINCIP RADA ČETVEROTAKTNOG DIZEL-MOTORA

Princip rada četverotaktnog dizel-motora je prikazan na sl.9.9.



Slika 9.9.

I takt-usisavanje. Klip se kreće od GMT prema DMT. Usisni ventil je otvoren i usljed potpritiska koji se javlja u cilindru vazduh ulazi u cilindar popunjavajući prostor iznad klipa. Kada klip stigne u DMT, usisni ventil se zatvara (ispušni ventil je i dalje zatvoren) i time je završen prvi takt.

II takt - sabijenje. Kretanjem klipa od DMT prema GMT klip ispred sebe sabija usisani vazduh na 30 do 50 bara koji se zagrije na temperaturu 400 do 700°C. Znači da ovi motori imaju visok stepen kompresije koji se kreću od 12 : 1 do 22 : 1. Što je veći stepen kompresije to je viša temperatura sabijenog vazduha i obratno.

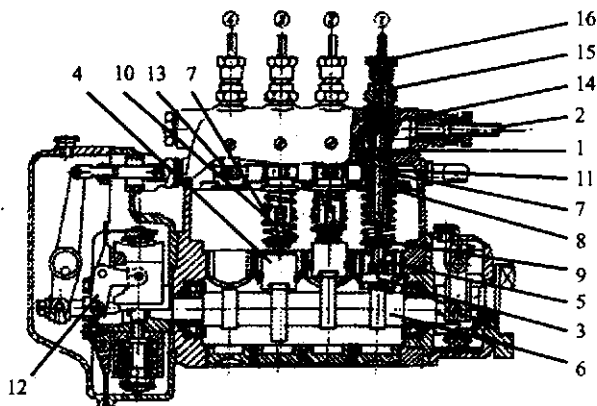
III takt - širenje. Ako uzmemo da je stepen kompresije 15 : 1, onda je temperatura sabijenog vazduha (na kraju drugog takta) oko 415°C, a pritisak oko 35 bara. Pošto se klip nalazi u GMT tada pumpa za ubrizgavanje goriva u cilindar, preko brizgaljke, ubaci određenu količinu goriva, koja se usljed visoke temperature sabijenog vazduha pali. Ubrižgavanje goriva u cilindar ostvaruje se pritiskom od 90 do 300 bara. U procesu sagorijevanja dolazi do povećanog pritiska i temperature iznad klipa i tako povećani pritisak snažno potiskuje klip prema dolje, tj. prema DMT. Dok traje proces širenja, oba ventila su zatvorena.

IV takt - ispuhavanje. Kada klip stigne u DMT ispušni ventil se otvara i klip idući ka GMT izbacuje iz cilindra sagorjelu smjesu. To je četvrti ili takt ispuhavanja sa kojim se završava ciklus rada četvorotaktnog dizel-motora.

Dok se obavi jedan ciklus, tj. izvrše četiri takta, koljenasto vratilo (radilica) napravi dva okretaja, tj. 720°. Novi ciklus počinje otvaranjem usisnog ventila (ispušni ventil zatvoren) i polaskom klipa iz GMT prema DMT.

9.3.2. UREDAJ ZA UBRIZGAVANJE GORIVA KOD DIZEL-MOTORA

Da bi dizel-motor dobro radio, potrebno je da se kod svakog ubrižgavanja u komoru ne samo ubrižga tačna količina goriva koja je potrebna prema veličini rada koji u momentu ubrižgavanja motor zahtijeva (prema opterećenju motora) nego se to ubrižgavanje mora obaviti veoma tačno u datom momentu, preko brizgaljke pod velikim pritiskom - tako da se gorivo u komori rasprši. Samo u tako raspršenom stanju gorivo se usljed velike temperature vazduha u komori pali i izgara, bez mirisa i dima. Zbog ovoga, uređaj koji vrši napajanje motora gorivom mora biti veoma precizno izrađen. Taj uređaj zove se **pumpa za ubrižgavanje ili pumpa visokog pritiska** (sl.9.10.).



1-klip, 2-čahura, 3-toččić podizača, 4-podizač, 5-navoj za regulisanje, 6-bregasta osovinna pumpe, 7-opruga klipa, 8-9-tanjirići opruge, 10-okretna čahura, 11-nazubljeni vijenac, 12-regulator, 13-zupčasta poluga, 14-potisni ventil, 15-tijelo ventila sa sjedištem, 16-priključak za cijev visokog pritiska

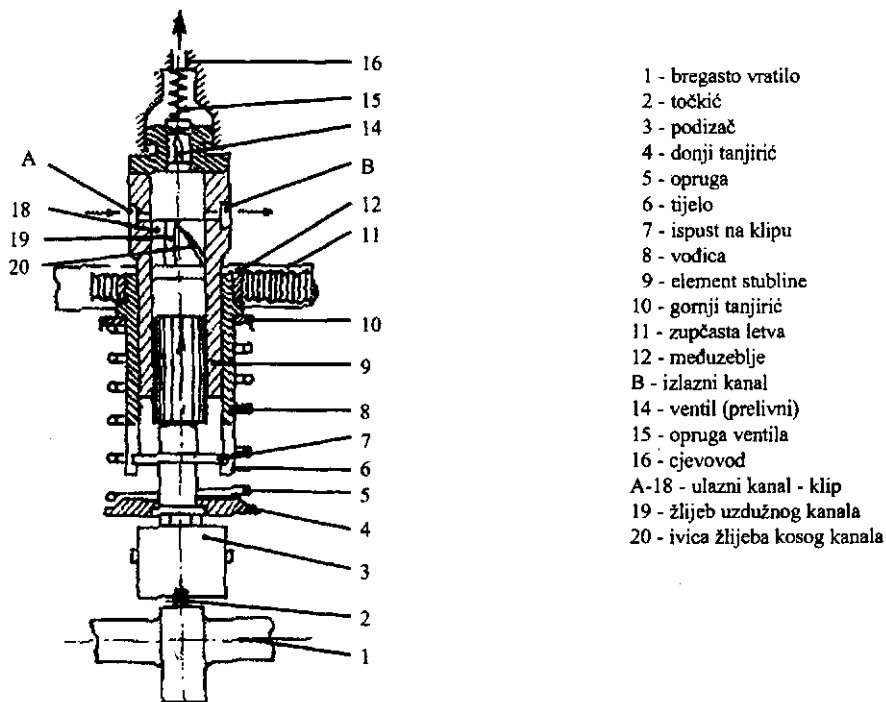
Slika 9.10.

Postoji više tipova i konstrukcija pumpi za ubrizgavanje. Mi ćemo se zadržati na pumpi koja je najmasovnije zastupljena i opisati njene dijelove i princip rada. Izgled jednog elementa pumpe dat je na sl.9.11. Čitav pogon pumpe za ubrizgavanje dolazi od motora, i to redovno sa njegovog bregastog vratila s kojim je pumpa za ubrizgavanje goriva spojena spojnicom.

Element pumpe radi tako što kroz otvor *A* na cilindru gorivo ulazi u prostor iznad klipa, a kroz drugi otvor *B* na suprotnoj strani cilindra otiče višak goriva u cijev prema rezervoaru. Prikazani položaj klipa na sl.9.12a. označava završetak usisavanja dizel-goriva u prostor iznad klipa elementa pumpe.

Sljedeći položaj prikazan na sl.9.12b. pokazuje kako je klip svojim tijelom zatvorio ulazni (*A*) i izlazni (*B*) otvor i da od tog trenutka počinje sabijanje goriva i ostvarivanje pritiska. Kako je gorivo kao tečnost nestišljivo, dolazi do povećanog pritiska i otvaranja prelivnog ventila (14) sl.9.11., tako da gorivo izlazi u cijev koja spaja prelivni ventil i brizgaljku na cilindru motora, što predstavlja i početak ubrizgavanja. Ubrižgavanje traje sve do nailaska kosog kanala na izlazni otvor (*B*) u cilindru elementa pumpe (položaj *c* na sl.9.12.). Prema ovome, jasno je da će količina goriva koja će biti ubrizgana u cilindar motora zavisiti od položaja kosog kanala. Ako kosi kanal prije naiđe na otvor *B*, manje će se goriva ubrizgati i obratno, ako naiđe kasnije, ubrizgaće se veća količina goriva.

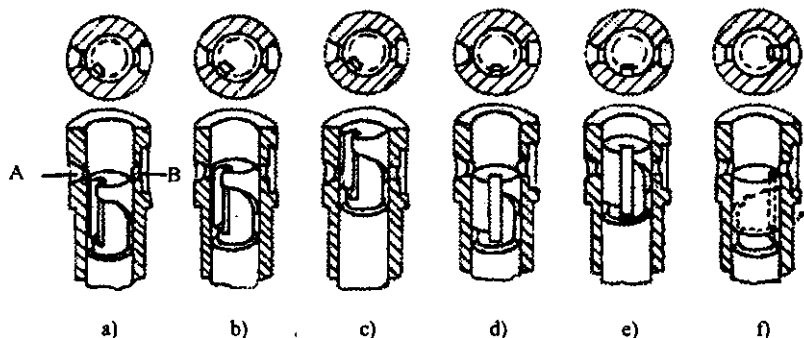
Kako je kosi kanal urezan u klip elementa pumpe u vidu zavojnice, to će zakretanjem klipa oko njegove ose moći da reguliše i vrijeme njegovog nailaska na izlazni otvor *B*. Zakretanje se ostvaruje zupčastom letvom, koja je povezana sa komandom za davanje gasa.



- 1 - bregasto vratilo
- 2 - točkić
- 3 - podizač
- 4 - donji tanjirić
- 5 - opruga
- 6 - tijelo
- 7 - ispust na klip
- 8 - vođica
- 9 - element stubline
- 10 - gornji tanjirić
- 11 - zupčasta letva
- 12 - međuzublje
- B - izlazni kanal
- 14 - ventil (prelivni)
- 15 - opruga ventila
- 16 - cjevovod
- A-18 - ulazni kanal - klip
- 19 - žlijeb uzdužnog kanala
- 20 - ivica žlijeba kosog kanala

Slika 9.11.

Ovo možemo da vidimo na položajima klipa elementa pumpe i to: c - ubrizgavanje pune količine goriva, d - ubrizgava se pola količine goriva i e - ubrizgava se mala količine goriva za prazan hod motora. Da bi se zaustavio rad motora, zupčasta poluga pokrene se tako da vertikalni žlijeb na klipu (položaj f) za čitavo vrijeme hoda klipa preko kosog kanala omogućuje prolaz usisnog goriva iznad klipa u desni otvor na cilindru elementa pumpe, što znači da nema ubrizgavanja, jer svo usisano gorivo kroz lijevi otvor elementa pumpe izlazi kroz desni otvor.



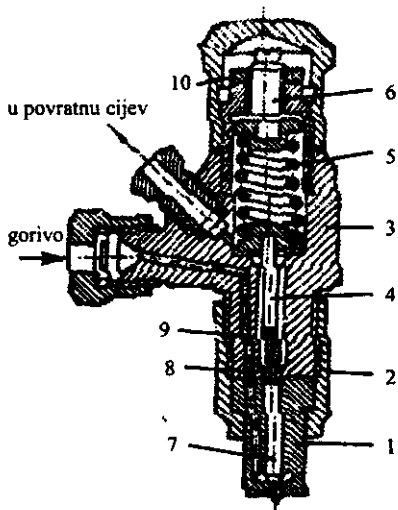
Slika 9.12.

Motora sa više cilindara imaju i više elemenata pumpe, tj. svaki cilindar ima svoj element. Svi se elementi nalaze u zajedničkom kućištu koje čini pumpu za ubrizgavanje goriva u motor.

Brizgaljka. Drugi i ništa manje važan element u uređaju za ubrizgavanje goriva kod dizel-motora jeste brizgaljka. Od elementa pumpe gorivo, preko cijevi (unutrašnjeg prečnika od 1,5 do 2 mm) dolazi u brizgaljku preko koje se ubrizgava u cilindar motora. Efikasnost motora mnogo zavisi od cjelokupnog uređaja za ubrizgavanje, pa prema tome i od brizgaljke koja igra naročitu ulogu u raspršivanju goriva u cilindru.

Prema tome, dva osnovna zadatka brizgaljke su:

- da dobro rasprši mlaz goriva,
- da mlaz goriva usmjeri u cijeli volumen komore za sagorijevanje, uz što bolje miješanje goriva sa vazduhom po cijeloj komori.



Slika 9.13.

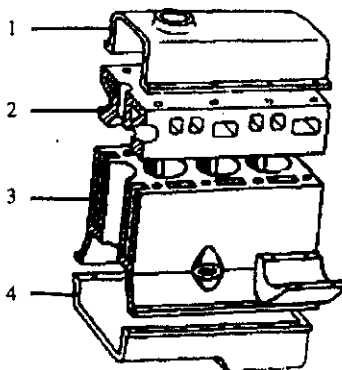
Na sl.9.13. prikazana je kompletna brizgaljka sa svojim dijelovima: 1. tijelo mlaznice, 2. navrtka, 3. tijelo brizgaljke, 4. potiskivač, 5. opruga, 6. regulacioni zavrtnanj, 7. igla, 8. vrh igle, 9. kanal za gorivo, 10. osiguravajuća navrtka.

Rad brizgaljke ostvaruje se na sljedeći način. Pumpa visokog pritiska potiskuje gorivo preko prelivnog ventila u cijev za gorivo, koja je spojena sa brizgaljkom.

Kada pumpa visokog pritiska potisne gorivo preko prelivnog ventila na elementu pumpe u cijev za gorivo (a ova je spojena sa brizgaljkom), isto će kroz kanal u brizgaljki djelovati na konusni dio igle, savladaće pritisak opruge i podići iglu sa svog sjedišta. Podizanjem igle otvara se mogućnost gorivu da se ubrizga u cilindar motora. Tanki, šiljasti dio igle i rupica na izlazu iz brizgaljke redovno su izvedeni tako da se gorivo rasprši u vrlo sitne čestice u obliku lijevka. Ovakve brizgaljke omogućuju bolje raspršivanje ubrizganog goriva, dobro miješanje sa sabijenim vazduhom i dobro sagorijevanje ubrizganog goriva.

9.4. NEPOKRETNI DIJELOVI MOTORA

U nepokretne dijelove motora spadaju: stublina, košuljica, blok, glava i karter (sl.9.14.).
1.poklopac, 2.glava motora, 3.blok motora sa cilindrima, 4.donje kućište (karter)



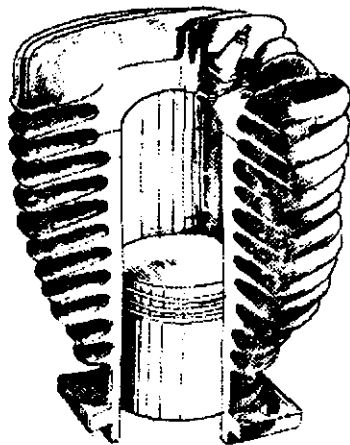
1. poklopac, 2. glava motora, 3. blok motora u cilindrima, 4. donje kućište (karter)

Slika 9.14.

9.4.1. STUBLINA - CILINDAR MOTORA

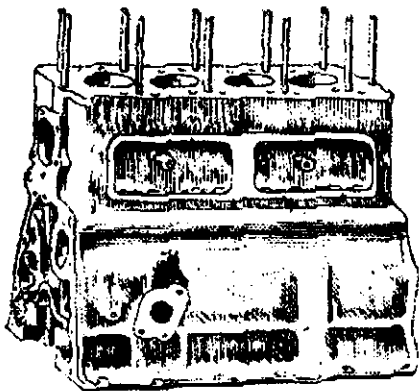
Osnovni zadatak cilindra je da omogući obavljanje svih energetskih procesa u njegovoj unutrašnjosti, počev od usisavanja, pa do ispuhavanja.

Cilindar je uvijek valjkastog oblika i služi prvenstveno za vođenje klipa i obrazovanje radne zapremine, a pored toga i kao oslonac za glavu motora. Pošto se u cilindru za vrijeme rada motora razvija visoka temperatura koja bi štetno djelovala na cilindar i klipove, on se mora hladiti. Hlađenje se izvodi pomoću vazduha ili vodom. Ako se hladi vazduhom, naziva se **vazdušno hlađenje**, a ako se hladi vodom, naziva se **vodeno hlađenje**. Kod **vazdušnog hlađenja** cilindar na vanjskoj strani ima izlivena rebra tako da je površina za predaju toplote veća, a time i hlađenje bolje (sl.9.15.). Ovakvi cilindri izrađuju se kao posebne jedinice namotoru. Ako se **cilindar hladi vodom**, tada su cilindri izliveni zajedno



Slika 9.15.

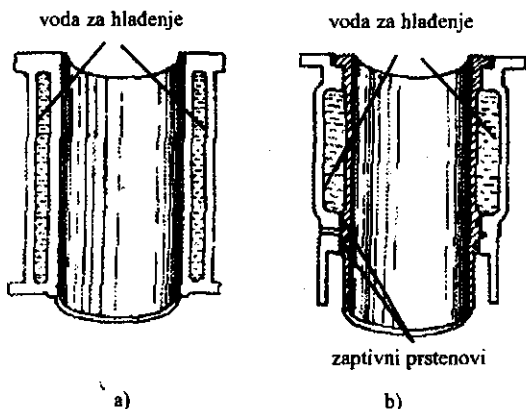
sa cilindarskim blokom. Kod ovakvog hlađenja obično se cilindri grupišu u jednu cjelinu koju nazivamo **blok cilindra ili cilindarski blok** (sl.9.16.). Cilindar motora obično je izrađen od lijevanog željeza, dok je kod velikih motora (kod kojih se ubacuju košuljice) izrađen od lahke legure.



Slika 9.16.

9.4.2. KOŠULJICE CILINDRA

U motorima sa košuljicama klipovi ne dolaze u neposrdan dodir sa materijalom cilindarskog bloka. Košuljice cilindra se izađuju od visokokvalitetnog, sitnozrnastog specijalnog sivog liva. Ako se cilindri rade od lakhog materijala, u njih se ubacuju košuljice radi toga što lahki metali nemaju dovoljnu čvrstoću i dobra klizna svojstva, pa su prema taome izloženi velikom habanju. Košuljice se mogu zamjenjivati kada se istroše, tj. ishabaju. Izgled košuljice dat je na sl.9.17.



Slika 9.17.

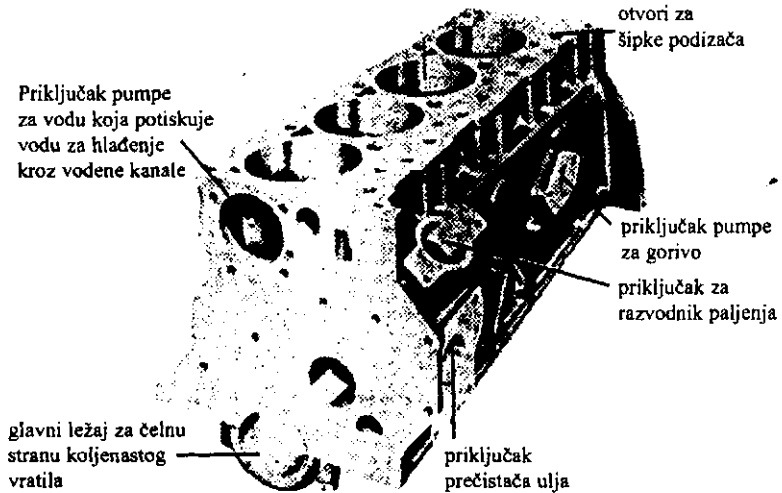
Ako je košuljica takva da se ona uvlači u tačno izrađene cilindre i pri tome ne dodiruje svojom spoljnom površinom vodu za hlađenje, onda se takva košuljica zove **suha košuljica** (sl.9.17a.), a ako je njena spoljna površina u dodiru sa vodom za hlađenje, takva košuljica se zove **mokra košuljica** (sl.9.17b.).

Mokre košuljice se lakše montiraju u svoja ležišta od suhi, pa je i njihova zamjena lakša usljed dotrajalosti, a s druge strane u direktnom su dodiru sa vodom pa je bolje hlade, tj. direktno prenose toplotu na sredstvo za hlađenje.

9.4.3. BLOK - KUĆIŠTE MOTORA

Ako je motor višecilindričan, onda se svi cilindri nalaze u jednom zajedničkom komadu koji se zove cilindarski blok ili, kratko, blok motora (sl.9.18.).

- Cijeli blok zajedno sa cilindrima izliven je iz jednog komada od livenog željeza. U bloku su izliveni istovremeno svi potrebni otvori za strujanje vode za hlađenje oko cilindra i iz cilindra ka glavi motora.



Slika 9.18.

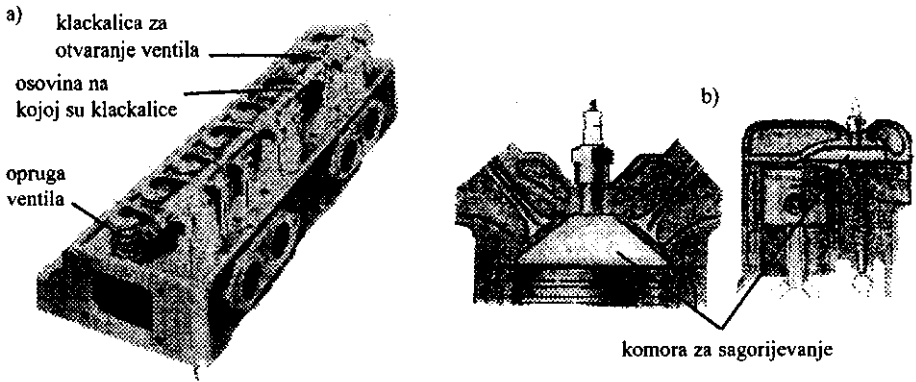
Cilindarski blok je veoma važan dio motora. On nosi čitavo opterećenje, tako da se u njemu nalaze ležajevi u kojima se okreće radilica motora, kao i cilindri motora u kojima se za vrijeme rada motora razvijaju veliki pritisci i temperature. Radi toga blok motora treba da je dovoljno otporan da bi mogao sve to da izdrži.

9.4.1. GLAVA MOTORA

Glava motora je dio motora izliven od livenog gvožđa ili aluminijskih legura i sama po sebi veoma komplikovan odljevak. U njoj se nalaze kanali kuda prolazi voda za hlađenje, mjesto za svjećice kod oto-motora, ili brizgaljke kod dizel-motora, otvori za ventile, otvori za zavrtnjeve pomoću kojih se glava spaja sa blokom motora, kao i kanali za dovod smješe i kanali za odvod sagorjelih gasova iz motora.

U njoj je izrađen prostor (komora sagorijevanja) u kome se smješa sabija, pali i sagorijeva. Zbog svoje važne uloge glava motora mora biti što bolje izvedena, ne samo da bi se obezbijedilo dobro punjenje cilindra smješom i njegovo pražnjenje od proizvoda sagorijevanja, već i da bi se s nje što lakše odvodila toplota na rashladno sredstvo.

Pošto je odvod toplote iz komore za sagorijevanje vrlo važan, u posljednje vrijeme, kod oto-motora, upotrebljavaju se glave motora od legure aluminijuma, koje su vrlo dobri provodnici toplote. Na sl.9.19a. dat je izgled glave motora, a na sl.9.19b. oblici komore za sagorijevanje.

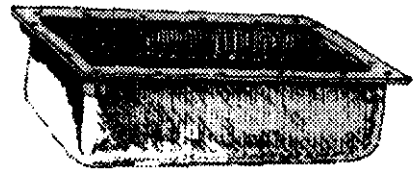


Slika 9.19.

Između glave i bloka motora stavlja se zaptivka pomoću koje se obezbjeđuje zaptivenost između ova dva dijela motora. Izrađuje se od tankog bakarnog lima, i to tako što se između dva sloja lima nalazi azbest iz razloga što zaptivka radi stalno pod visokom temperaturom, jer njene ivice dodiruju komoru za sagorijevanje.

9.4.5. KORITO MOTORA - KARTER

Na svojoj donjoj strani oto ili dizel-motor se završava koritom motora. Ovaj dio se lije od lakih legura ili se presuje od čeličnog lima. Ustvari, ovo je posuda u kojoj se nalazi ulje koje služi za podmazivanje motora za vrijeme njegovog rada. Izgled korita (kartera) dat je na sl.9.20. Ispuštanje ulja iz korita vrši se posebnim čepom koji se redovno nalazi na dnu korita. Između bloka i korita motora kod montaže postavlja se zaptivka od pluta ili sličnog materijala.



Slika 9.20.

9.5. KLIPNI MEHANIZAM

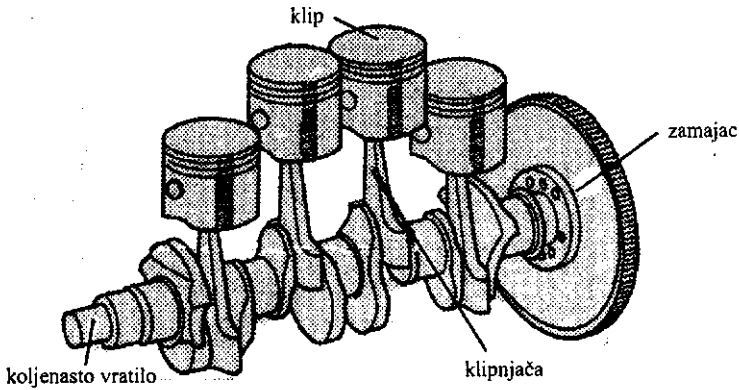
Klipni mehanizam sastoji se od: klipa, klipnih prstenova-karika, osovinice klipa, klipnjače i koljenastog vratila-radilica (sl.9.21.).

Zadatak klipnog mehanizma je da pravolinijsko kretanje klipa pretvori u kružno kretanje koljenastog vratila.

9.5.1. KLIP

Uloga klipa je da pod dejstvom pritiska gasova u taktu širenja omogući efikasno pretvaranje potencijalne energije gasova u mehanički rad.

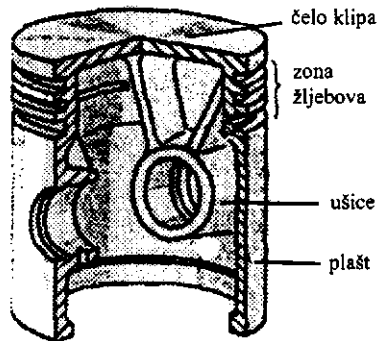
Klip je, uglavnom, cilindričnog oblika sa izvjesnim malim iskošenjem bokova, odnosno suženjem čeoñog dijela zbog potrebe širenja pri zagrijavanju klipa. Zazor između cilindra i čela klipa je najveći jer je tu i najveće širenje usljed zagrijavanja pri radu motora.



Slika 9.21.

Klip sačinjavaju: čelo klipa, zona žljebova za klipne prstenove, plašt i ušice za osovinicu (sl.9.22.). Čelo klipa može biti ravno, ispupčeno ili udubljeno.

Ušice klipa služe za spajanje klipa sa klipnjačom pomoću osovinice klipa, preko kojih se prenosi sila klipa na osovinicu, a preko ove na klipnjaču.



Slika 9.22.

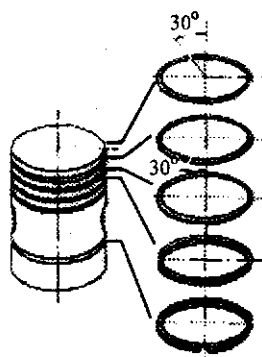
9.5.2. KLIPNI PRSTENOV I - KARIKE

Kako prečnici klipa i cilindra nisu isti, znači da između njih postoji izvjestan zazor. Da bi se spriječilo prodiranje gasova kroz ovaj zazor (iz komore za sagorijevanje u prostor ispod klipa) na klipu se nalaze žljebovi u koje se postavljaju klipni prstenovi (sl.9.23.). Klipni prstenovi su izvandreno važni za dobro djelovanje klipa.

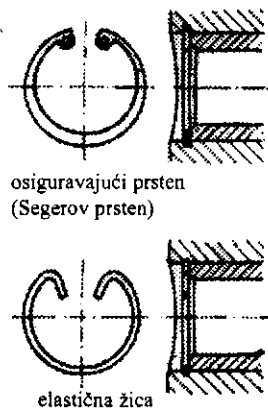
Osnovni zadaci prstenova su: da dobro zaptivaju zazor između bokova klipa i klizne površine cilindra, zatim da prenose toplotu sa klipa na zidove cilindra, da vrše struganje ulja sa zidova cilindra, kao i pravilno vođenje klipa.

Da bi obavili te zadatke, klipni prstenovi treba da su: vrlo elastični, dobri sprovodnici toplote, otporni na habanje, lagani i lahko obradivi. Sve ove zahtjeve je veoma teško uskladiti, ali najbitnije je da prstenovi dobro zaptivaju i da skidaju ulje sa zidova cilindra. Kako to ne mogu obaviti isti prstenovi, oni se dijele na kompresione i uljne. Kompresioni prstenovi imaju ulogu zaptivanja, a uljni prstenovi imaju ulogu da stružu ulje sa klizne površine cilindra i da sprečavaju njegovo prodiranje u prostor sagorijevanja.

Materijal iz koga se izrađuju klipni prstenovi treba da ispunjava dosta teške uslove. Liveno gvožđe naročitog sastava, od koga se izrađuju klipni prstenovi, omogućuju ispunjavanje svih naprijed navedenih uslova.



Slika 9.23.



Slika 9.24.

9.5.3. OSOVINICA KLIPA

Osovinica klipa ima zadatak da ostvari pokretnu vezu između klipa i klipnjače, prenoseći sile sa klipa na klipnjaču. Ona je cilindričnog oblika i obično šuplja radi smanjenja težine i inercijalnih sila. Mehanički je jako opterećena, te se izrađuje od visokokvalitetnih čelika. Njena spoljna, naliježuća površina je cementirana i vrlo fino polirana radi smanjenja habanja i trenja. Obično se između osovinice i ušica klipa umeće bronzana čahura za smanjenje habanja ušica klipa, a to se isto čini i između osovinice i male pesnice klipnjače.

Osiguranje osovinice od bočnog pomjeranja postiže se nizom konstrukcionih rješenja, dok je najčešći slučaj osiguranja pomoću prstenastog osigurača prikazanog na sl.9.24.

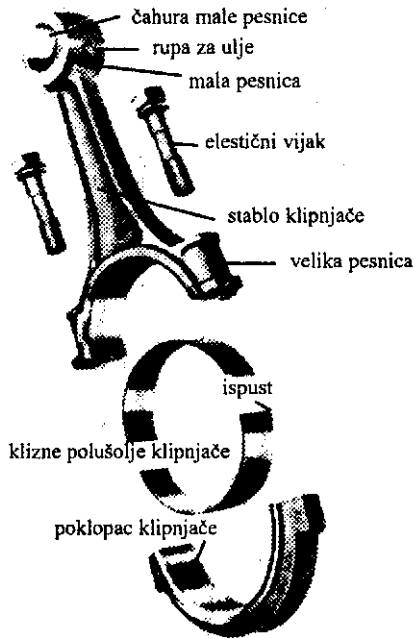
9.5.4. KLIPNJAČA

Zadatak klipnjače je da sile pritiska sa klipa prenosi na koljenasto vratilo (radilicu) pretvarajući pravolinijsko kretanje u obrtno. Na taj način klipnjača pretvara mehanički rad pravolinijskog kretanja klipa u rad kružnog kretanja koljenastog vratila.

Klipnjača se sastoji od: male i velike pesnice i tijela klipnjače (sl.9.25.). Kroz malu pesnicu prolazi osovinica klipa, dok kroz veliku prolazi rukavac koljenastog vratila, a tijelo predstavlja vezu dviju pesnica. U malu pesnicu je utisnuta bronzana čahura sa urezanim kanalom za dovod ulja za podmazivanje naliježućih površina.

Klipnjače se izrađuju od visokokvalitetnog čelika kovanjem sa naknadnom mašinskom obradom.

Velika pesnica klipnjače radi se ili iz jednog ili iz dva dijela, u zavisnosti od konstrukcije koljenastog vratila.

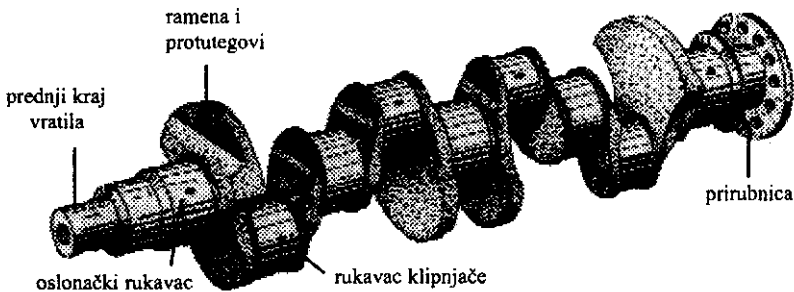


Slika 9.25.

9.5.5. KOLJENASTO VRATILO - RADILICA

Zadatak koljenastog vratila je prenošenje mehaničkog rada dobijenog od klipa preko klipnjače na dalje korištenje van motora. Oblik koljenastog vratila je takav da obezbijedi obrtno kretanje djejtvom klipnjače pri čemu služi koljeno radilice. Broj koljena koljenastog vratila zavisi od broja i rasporeda cilindara. Koljenasto vratilo se sastoji od najmanje dva rukavca glavnih ležišta, zatim dva remena i jednog koljena klipnjače. Dužina vratila zavisi od broja koljena, tj. od broja i rasporeda cilindara (sl.9.26.).

Koljenasto vratilo je najteže opterećen elemenat motora, te se zahtijeva njegova najbržiđljivi-ja konstrukcija i najkvalitetniji materijal. Kao materijal koriste se isključivo visokokvalitet- ni čelici. Koljenasto vratilo se izrađuje kovanjem sa naknadnom mašinskom obradom, a kod nekih najnovijih motora izrađuje se livenjem. Mašinska obrada koljenastog vratila mora biti precizna.



Slika 9.26.

Bregasto vratilo se izrađuje od legiranog čelika, a oblikuje se kovanjem u alatima. Radna površina bregova termički se obrađuje kako bi postigli potrebnu tvrdoću. Na bregastom vratilu se najčešće nalaze pogoni pumpe za gorivo, pumpe za ulje i razvodnika paljenja.



Slika 9.28.

9.6.2. PODIZAČI VENTILA

Podizače ventila pokreću bregovi bregastog vratila. Njihovo naizmjenično pravolinijsko kretanje se prenosi na šipku podizača ili neposredno na ventil. Postoje valjkasti podizači ventila i podizači sa pečurkastim ili tanjirastim čelom. U razvodu motora danas se obično koriste podizači sa tanjirastim čelom. Podizač ventila motora sa stojećim ventilima je spregnut sa jednim zavrtnjem za podešavanje ventilskog zazora (sl.9.27a.). Površina podizača po kojoj klizi brijeg je izložen veoma visokim opterećenjima. Šipke podizača ventila moraju biti što je moguće lakše, pa se zato često izrađuju šuplje. Jedan kraj šipke ima loptasti završetak, koji se smješta u podizač ventila, dok na njegovom drugom kraju se nalazi loptasto udubljenje u koje naliježe loptasta glava reglažnog zavrtnja klackalice (sl.9.27b.). Loptasti završetak i loptasto udubljenje su izrađeni od čelika, a površina im je termički obrađena radi povećane tvrdoće.

9.6.3. VOĐICA VENTILA

Da bi ventil imao pravilan hod pri radu motora, upotrebljavaju se vođice ventila koje su cilindričkog oblika i postavljaju se u glavi cilindra. Kroz ove vođice prolazi stablo ventila. Vođice se rade od bronzne ili drugog tvrdog materijala (livenog gvožđa), a postavljaju se u glavu cilindra koja je od lahke legure kako bi se spriječilo habanje iste.

Važnost vođice je u tome što ona obezbjeđuje ravnomjerno i pravilno nalijeganje ventilске pečurke po cijelom obimu ventilskog sjedišta (sl.9.27a.).

9.6.4. VENTIL I SJEDIŠTE VENTILA

Najvažniji i najodgovorniji dio u razvodnom mehanizmu je ventil sa oprugom, jer on obezbjeđuje otvaranje i zatvaranje usisnih i ispušnih otvora uz pomoć opruge. Najširu primjenu našao je **pečurkasti tip** ventila zbog svojih dobrih odlika i izdržljivosti.

Ventil se sastoji od: pečurke sa koničnom nalijegajućom površinom i stabla ventila (sl.8.27.). Nalijegajuća površina ventila se obrađuje brušenjem, kako bi što bolje nalegla na sjedište ventila. Na kraju stabla se najčešće nalazi kanal u koji se smještaju dvije polutke koničnih osigurača, kojima se tanjirić ventilске opruge učvršćuju za stablo ventila. Ventilni su izloženi izvanredno visokim opterećenjima. Ispušni ventilni se rade od hrom-nikl čelika, a usisni od čelika legiranog hromom i silicijumom.

Kako su ventilni u svom radu izloženi intenzivnom zagrijavanju, stablo ventila se pod djelovanjem toplote izdužuje. Da bi, uprkos toplotnog širenja, ventilni ipak obezbjeđivali besprijekorno zatvaranje, potrebno je da se osigura izvjestan zazor u ventilskom sklopu. Ako ne bi bilo zazora, ventilni bi bio otvoren već prije nego što brijeg na bregastom vratilu počne da

potiskuje ventil. U svakom uputstvu za motor nalaze se zazori na koje treba podesiti razmak između zavrtnja i gornjeg dijela stabla ventila (kada brijeg ne potiskuje ventil). Zazor na ispušnom ventilu je obično veći od zazora na usisnom ventilu (zbog većeg termičkog opterećenja ispušnog ventila).

Ventilska sjedišta se ili obrađuju u osnovnom materijalu od koga je glava motora ili se posebno rade od tvrdog materijala i upasuju u glavu motora, ako je ova od legure aluminijuma. Sjedište mora dobro prianjati uz glavu motora, dobro sprovoditi toplotu sa pečurke na glavu motora, biti otporno na koroziju i habanje. Posebno sjedište se ili upresuje ili uvrće u glavu i osigurava od ispadanja.

9.6.5. OPRUGA VENTILA

Zatvaranje ventila obavlja opruga ili opruge poslije prestanka dještva brijega na podizač ili ventil. Opruge su od kvalitetnog čelika, a njihov broj varira između jedne i tri po ventilu. Veći broj opruga znači manju visinu opruga i veću sigurnost u radu (jer lom opruge može biti opasan po motor). Opruga mora biti elastična i otporna na zamor. Njihova jačina mora biti baš tolika da zatvaraju ventile brzo i bez oscilacija (bez lupanja ventila). Ako su na ventilu postavljene dvije opruge, tada one imaju suprotne smjerove navoja, čime se istovremeno prigušuju i oscilacije.

9.7. HLAĐENJE MOTORA SA UNUTRAŠNIM SAGORIJEVANJEM

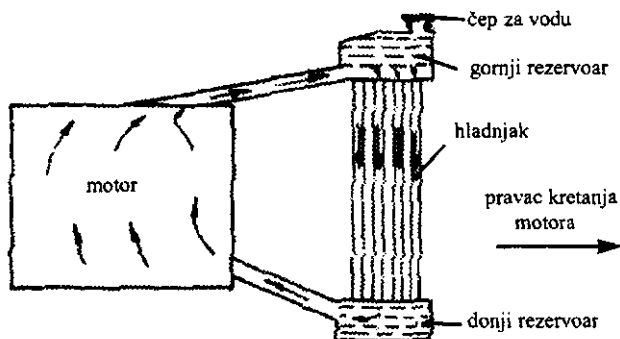
Mi smo već ranije vidjeli da moramo motor hladiti za vrijeme rada da bi on uopće mogao da radi. Po tome kako se motor hladi, mi ih dijelimo na motore sa hlađenjem tečnošću ili sa vazдушnim hlađenjem.

9.7.1. HLAĐENJE TEČNOŠĆU

Termosifonsko hlađenje. Jedno najprostije hlađenje vodom dato je na sl.9.29. i to je takozvano **termosifonsko hlađenje**.

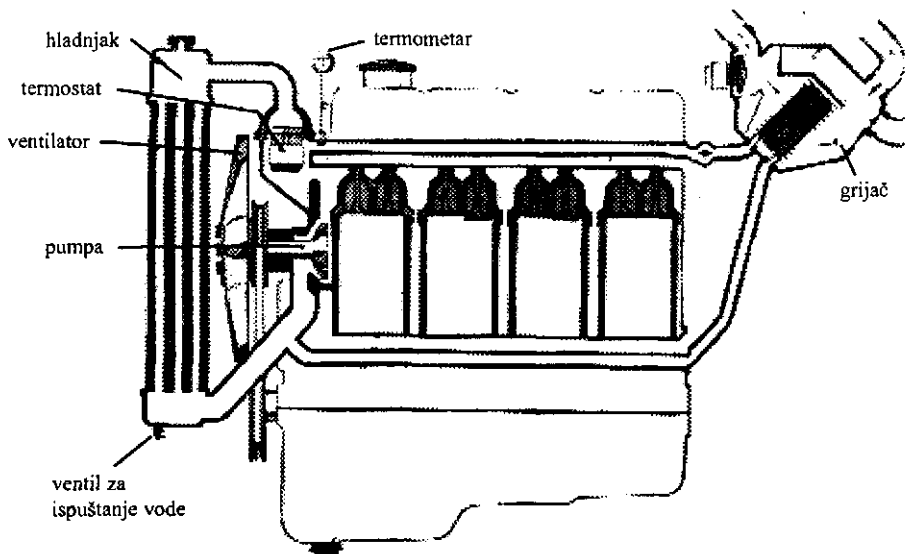
To je primjena poznatog zakona fizike o zagrijavanju vode. Najveća brzina strujanja vode koja se postiže ovim sistemom hlađenja je oko 15 cm/s.

Zbog male brzine strujanja vode potreban je glomazan hladnjak i debeli sloj vode oko cilindra. Zbog pomenutih nedostataka ovaj sistem se više ne koristi u praksi.



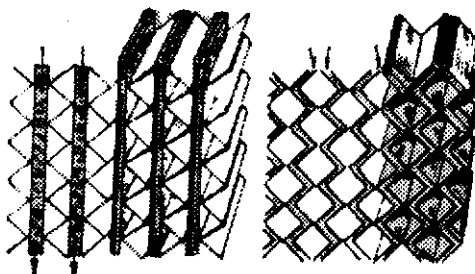
Slika 9.29.

Prinudno hlađenje. Na sl.9.30. dat je sistem hlađenja motora pomoću pumpe za vodu koja ubrzava strujanje vode, takozvano **prinudno hlađenje**. Iz donjeg rezervoara hladnjaka pumpa za vodu (koja se nalazi na istoj osovini sa ventilatorom) crpi vodu i potiskuje u blok i glavu motora, a zatim natrag u gornji rezervoar hladnjaka.



Slika 9.30.

Strujeći iz gornjeg rezervoara hladnjaka u donji rezervoar, i to kroz saće hladnjaka, voda se rashlađuje pomoću struje vazduha koju stvara ventilator. Na ovaj način postizemo dovoljnu brzinu strujanja vode za hlađenje i možemo vodu da hladimo onoliko koliko to želimo. Brzina tečnosti kod ovog sistema kreće se od 1 do 4 m/s. Hladnjaci su sastavljeni iz gornjeg i donjeg rezervoara između kojih se nalazi saće hladnjaka sastavljeno iz cijevi ili profila zalehmljenih jedne za druge, kao što nam to pokazuje sl.9.31.



Slika 9.31.

Zapremina cjelokupnog sistema za hlađenje za pojedine motore se kreće:

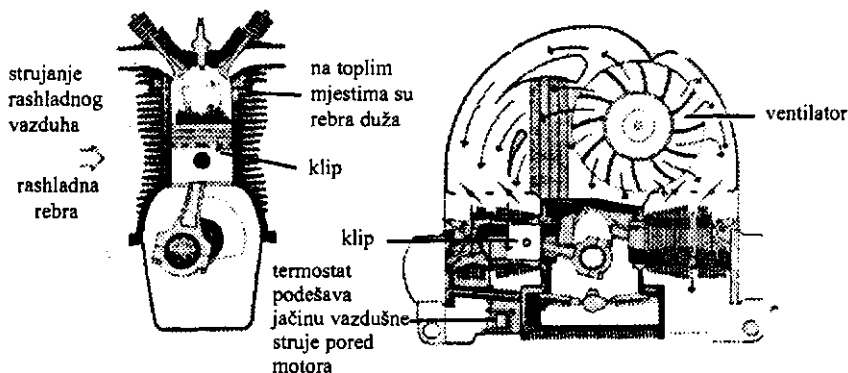
za oto-motore na putničkim vozilima 0,3 l/kW,

za oto-motore na teretnim vozilima 0,4 do 0,8 l/kW,

za dizel-motore na teretnim vozilima 0,55 do 1,4 l/kW.

Za rad motora treba i odgovarajuća temperatura vode oko cilindra. Ona se kreće od 80 do 90°C. Da bi izbjegli potrebu stalnog regulisanja ove temperature, otkrivanjem i pokrivanjem hladnjaka pomoću pokretne zavjese, u sistem za hlađenje često se ugrađuje termost (sl.9.32.), koji automatski reguliše temperaturu vode u sistemu za hlađenje.

Ventilator usisava vazduh aksijalno, a zatim ga svojim lopaticama usmjerava ka periferiji. Ventilator se nalazi u kućištu iz koga se vazduh limenim sprovodnicima usmjerava prema pojedinim cilindrima. Na taj način se postiže ravnomjerno hlađenje svih cilindara. Na sl.9.33. dat je sistem vazdušno hlađenog motora sa ventilatorom i limenim usmjerivačima.



Slika 9.33.

9.8. PODMAZIVANJE MOTORA S UNUTRAŠNJIM SAGORIJEVANJEM

9.8.1. SVRHA PODMAZIVANJA

Sistem podmazivanja ima zadatak da svim sklopovima, čiji se elementi u toku rada motora nalaze u relativnom pomjeranju, obezbijedi dovođenje dovoljne količine maziva.

Mazivo koje se dovodi u zazor između kliznih elemenata prekriva tankim mazivnim slojem njihove površine, te je na taj način spriječeno trenje suhih metalnih površina koje bi bilo praćeno znatnim utroškom rada na savlađivanju otpora trenja, brzim habanjem dijelova i jakim zagrijavanjem.

Osim ove osnovne uloge, mazivo u motoru ima još i ulogu hlađenja podmazivanih dijelova, kao i da potpomaže zaptivanje klipnih prstenova.

Mazivo za motore mora imati takva svojstva koja će i pored nepovoljnih uslova obezbijediti dobro podmazivanje.

Prema tome, zadatak ulja za podmazivanje motora je: da smanji trenje, da pomaže zaptivanje, da hladi motor i da vrši čišćenje motora od produkata sagorijevanja.

Jedna od najvažnijih osobina motornih ulja je njihov viskozitet.

Motorna ulja su, s obzirom na viskoznost, razvrstana u razrede po normativima SAE 10, 20, 30, 40, ili 50 koja pokazuju kakva su svojstva ulja u pogledu viskoznosti.

Multigradna ulja za motore na motornim vozilima su motorna ulja s visokim indeksom viskoznosti, koja pokrivaju više nego jedan razred viskoznosti. Tako, ulje oznake SAE 20/40 W zadovoljavaju po viskoznim gradacijama ulja SAE - 10, 20, 30 i 40. Prednost multigradnih ulja je u tome da su dovoljno tečna i da zimi omogućavaju lahko puštanje u rad hladnog motora, a i pri višim temperaturama zadržavaju dovoljnu viskoznost. Prema tome, ova se ulja primjenjuju kako za ljetne tako i za zimske uslove rada motora.

ulje dodaje gorivu. Ulje pomiješano s benzinom dolazi najprije u kućište, gdje se podmazuju ležaji koljenastog vratila i klipnjače, a zatim s gorivom odlazi u cilindar i na zidove cilindra koje također podmazuje.

9.9. VANKELOV MOTOR

Vankelov motor je rotacioni motor sa obrtnim klipom. Rotor ovog motora je truglastog oblika i on se okreće ekscentrično u statoru. Motor troši mješavinu benzina i ulja za podmazivanje isto kao i dvotaktni motor.

9.9.1. OPIS VANKEL-MOTORA

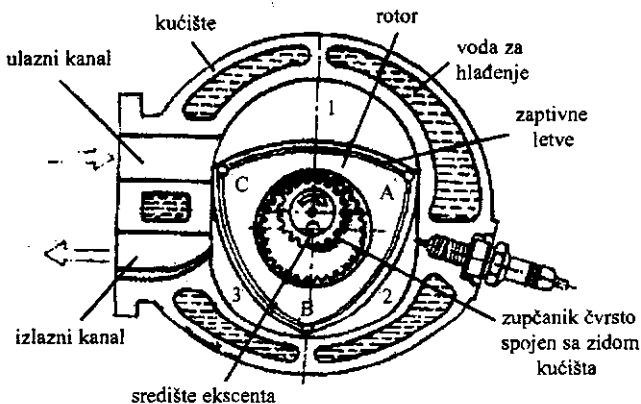
Ovaj se motor sastoji od sljedećih dijelova: stator-kućište (nepomični dio motora), rotor - obrtni klip (rotirajući dio motora), osovina sa ekscentrom i svjećica.

Kućište motora ima kanale za protok vode s kojom se motor hladi, zatim na jednoj strani kućišta nalaze se usisni i ispušni kanali, dok je na drugoj otvor za svjećicu.

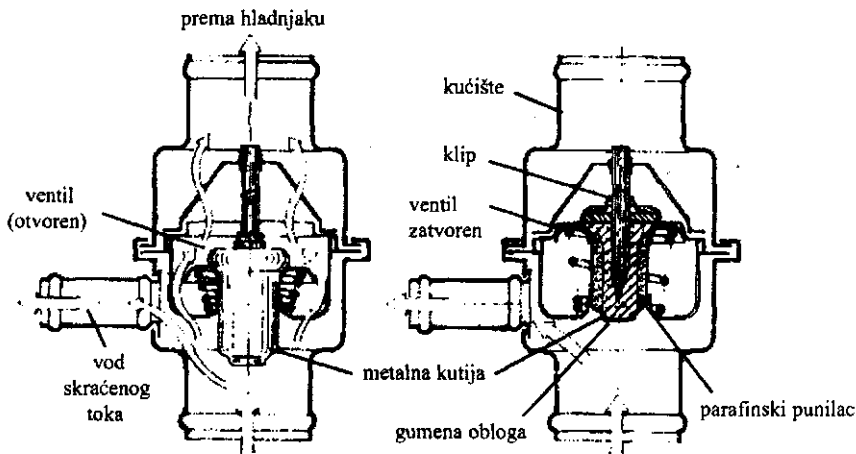
9.9.2. PRINCIP RADA VANKEL-MOTORA

Vankelov motor sa obrtnim klipom (sl.9.35.) je motor sa tri komore koje su na slici označene brojevima 1, 2 i 3. Za vrijeme kretanja rotora komore se ili povećavaju ili smanjuju. U sve tri komore se tokom tri obrtaja ekcentra osovine uzastopno obavlja jedan radni ciklus na četverotaktnom principu: usisavanje, sabijanje, širenje i ispuhavanje. Ako se rotor okreće udesno, tada se u komori 1 usisava smješa, a u komori 2 se istovremeno vrši sabijanje, i na kraju sabijanja slijedi paljenje, a zatim radni takt (širenje).

Vidimo da procesi: usisavanje, sabijanje, paljenje sa sagorijevanjem, širenje i ispuhavanje idu istim redom kao u klipnim oto i dizel-motorima.



Slika 9.35.



Slika 9.32.

Rad termostata. Termostat ima zadatak da omogući održavanje temperature motora u određenim granicama. Termostat omogućava brzo zagrijavanje vode do radne temperature motora, a potom istu održava u propisanim granicama u toku vožnje samog vozila, jer motor kao toplotna mašina može da razvija maksimalnu snagu i da najbolje radi kada mu se obezbijedi radna temperatura.

Termostat sa parafinskim punjenjem (sl.9.32.) se sastoji od jedne zaptivno zatvorene metalne kutije, u koju ulazi klip čvrsto obložen gumom. Klip je učvršćen za kućište termostata, a sa metalnom kutijom obrazuje pokretan spoj. Za metalnu kutiju je učvršćen tanji-rasti ventil, koji zatvara protok vode prema hladnjaku dok je motor hladan. Kada se voda zagrije do radne temperature motora, metalna kutija pod djelovanjem zagrijanog parafina klizi niz klip, a ventil se postepeno počinje otvarati. Na gornjoj granici radne temperature motora ventil je potpuno otvoren i voda cirkulira kroz hladnjak. Kada temperatura vode opadne, opruga potiskuje metalnu kutiju naviše uz klip i ventil se zatvara tako da sada voda vrši cirkulaciju skraćenim putem u motor.

Kod vodenog hlađenja u zimskom periodu postoji opasnost od zamrzavanja vode u sistemu, što bi izazvalo pucanje glave ili bloka motora kada motor nije u radu. Zbog toga se zimi umjesto vode upotrebljavaju druge tečnosti sa nižom temperaturom smrzavanja. Vodi se zimi dodaju tzv. antifrizi, naprimjer: glikol i glicerol koji snižuju tačku smrzavanja vode. Oni se redovno miješaju sa vodom u izvjesnom odnosu i tada se dobiju razne vrste antifrizna čija temperatura smrzavanja ide i do -40°C .

9.7.2 VAZDUŠNO HLAĐENJE

Motori sa vazдушnim hlađenjem najviše se upotrebljavaju na motociklima, automobilima i avionima. Najjednostavniji način hlađenja je hlađenje strujom vazduha koja se spontano razvija kada je vozilo u pokretu. Takav način hlađenja se, po pravilu, koristi kod motocikla. Cilindri su izloženi strujanju vazduha, a rebra postavljena tako da se postigne najveći mogući efekat hlađenja. Hlađenje je neravnomjerno, jer zavisi od brzine vožnje, a ljeti je slabije nego zimi.

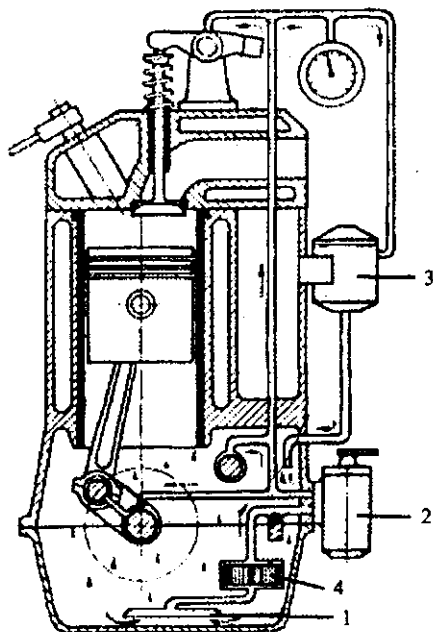
Prinudno hlađenje vazduhom ostvaruje se pomoću ventilatora, koji se ugrađuje na motoru i pokreće od samog motora.

9.8.2. NAČIN PODMAZIVANJA MOTORA

Motori se mogu podmazivati na više načina. Najčešće se motori podmazuju:

- zapljuskivanjem,
- prinudnim ili kružnim podmazivanjem pod pritiskom,
- miješanjem ulja i goriva.

Podmazivanje zapljuskivanjem. Ovakav način podmazivanja dolazi u obzir samo kod manjih motora koji rade sa umjerenim opterećenjima. Ovdje se klipnjačama dodaje na velikoj pesnici jedan nastavak (kašika) koji u radu zahvata ulje u karteru i razbacuje ga po cijelom karteru i cilindru motora.



1- karter motora, 2 i 3 - prečistači ulja, 4 - uljna pumpa

Slika 9.34.

časova rada motora, ili određenog broja pređenih kilometara, ako se radi o motoru koji je ugrađen u vozilo. Za kontrolu sigurnosti podmazivanja pod pritiskom koristi se manometar ili kontrolna sijalica.

Starenje ulja je prirodan proces, pri čemu ulje vremenom gubi mazivna svojstva, pa zbog toga se ulje u motoru mora mijenjati i dosipati prema uputama proizvođača. Kod ispravnih motora, potrošnja ulja je mala i svodi se na ulje koje sagori u prostoru za sagorijevanje. Normalna se potrošnja kreće od 3 do 11 ($\frac{g}{kWh}$). Do veće potrošnje dolazi kod istrošenih klipnih prstenova, usljed lošeg zaptivanja, kao i zbog ovalnosti cilindra motora.

Podmazivanje miješanjem ulja i goriva. Ovaj način primijenjen je kod dvotaktnih benzinskih motora. Ulje određenog kvaliteta dodaje se gorivu u određenom odnosu (3% do 5% motornog ulja). Podmazivanje mješavinom je najjednostavnija vrsta podmazivanja jer se

Prinudno podmazivanje. Kod ovakvog načina podmazivanja ulje se dovodi, pod pritiskom, na sva mjesta podmazivanja. Na sl.9.34. prikazano je kružno podmazivanje pod pritiskom pomoću zupčaste pumpe koja je redovno uronjena u ulje.

Kod ovog sistema zupčasta pumpa usisava ulje iz kartera kroz sito za prečišćavanje, a zatim ga sistemom vodova pod pritiskom sprovodi na mjesta za podmazivanje (sl.9.34.). Dio ulja se sprovodi do ležaja koljenastog vratila, a zatim kroz izbušene kanale u samom vratilu do ležaja klipnjače. Zidove cilindra zapljuskuje uljem koljenasto vratilo putem centrifugalne sile i tako im obezbjeđuje podmazivanje. Ostatak raspoloživog ulja se troši na podmazivanje razvodnog mehanizma.

U ovom sistemu postoji i prečistač ulja koji zadržava nepoželjne nečistoće koje mogu oštetiti klizne površine motora. Prečistači se zamjenjuju poslije određenog broja

ulje dodaje gorivu. Ulje pomiješano s benzinom dolazi najprije u kućište, gdje se podmazuju ležaji koljenastog vratila i klipnjače, a zatim s gorivom odlazi u cilindar i na zidove cilindra koje također podmazuje.

9.9. VANKELOV MOTOR

Vankelov motor je rotacioni motor sa obrtnim klipom. Rotor ovog motora je truglastog oblika i on se okreće ekscentrično u statoru. Motor troši mješavinu benzina i ulja za podmazivanje isto kao i dvotaktni motor.

9.9.1. OPIS VANKEL-MOTORA

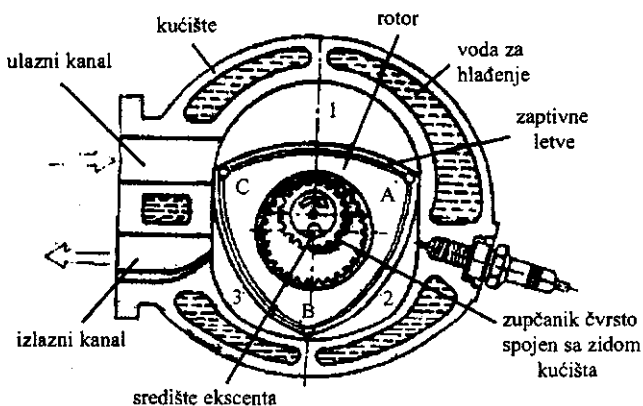
Ovaj se motor sastoji od sljedećih dijelova: stator-kućište (nepomični dio motora), rotor - obrtni klip (rotirajući dio motora), osovina sa ekscentrom i svjećica.

Kućište motora ima kanale za protok vode s kojom se motor hladi, zatim na jednoj strani kućišta nalaze se usisni i ispušni kanali, dok je na drugoj otvor za svjećicu.

9.9.2. PRINCIP RADA VANKEL-MOTORA

Vankelov motor sa obrtnim klipom (sl.9.35.) je motor sa tri komore koje su na slici označene brojevima 1, 2 i 3. Za vrijeme kretanja rotora komore se ili povećavaju ili smanjuju. U sve tri komore se tokom tri obrtaja ecentra osovine uzastopno obavlja jedan radni ciklus na četverotaktnom principu: usisavanje, sabijanje, širenje i ispuhavanje. Ako se rotor okreće udesno, tada se u komori 1 usisava smješa, a u komori 2 se istovremeno vrši sabijanje, i na kraju sabijanja slijedi paljenje, a zatim radni takt (širenje).

Vidimo da procesi: usisavanje, sabijanje, paljenje sa sagorijevanjem, širenje i ispuhavanje idu istim redom kao u klipnim oto i dizel-motorima.



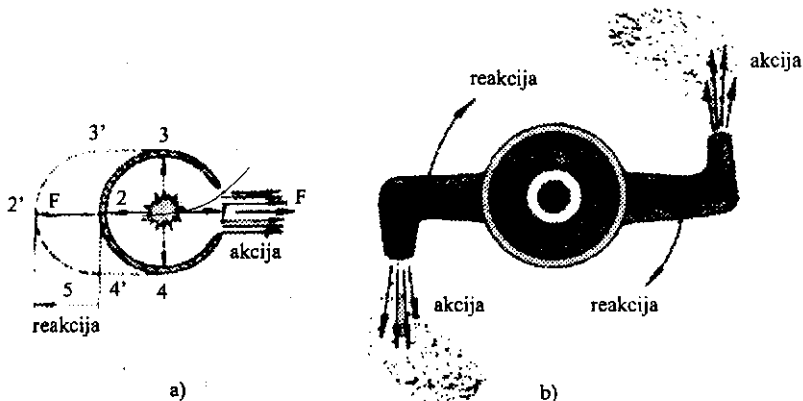
Slika 9.35.

9.10. REAKTIVNI ILI MLAZNI MOTORI

Jedno od najistaknutijih tehničkih dostignuća našeg vremena je ovladavanje tehnikom reaktivnog pogona.

Postoje četiri osnovna tipa reaktivnog pogona, i to: na sabijeni vazdušni mlaz, pulsirajući mlaz, turbo-mlaz i raketni mlaz.

Reaktivni motori su pogonske mašine koje rade na principu impulsa ili reaktivne sile. Reaktivna sila, odnosno impuls sastoji se u sljedećem. Ako šuplju čeličnu kuglu napunimo nekom smješom (goriva i vazduha), a zatim je zapalimo, gasovi nastali sagorijevanjem povećaće pritisak unutar kugle koji će se širiti na sve strane jednako. Kako je pritisak na svim stranama zatvorene kugle jednak, njegovo međusobno djelovanje se poništava, što znači da će kugla ostati u stanju mirovanja (sl.9.36a.). Ako kuglu otvorimo na jednoj strani, dio gasova će izaći kroz otvor dok će pritisak na suprotnoj strani kugle izazvati silu koja će uzrokovati kretanje kugle u tom smjeru (sl.9.36b.). Pritisak koji stvaraju gasovi na suprotnoj strani od otvora gdje izlazi mlaz sagorjelih gasova zove se **reaktivna - reakciona sila**.



Slika 9.36.

Prema tome, princip reaktivnog djelovanja ostvaren je na temelju Njutnovog zakona koji glasi: Svakoj sili akcije odgovara sila reakcije, jednaka po veličini, a suprotna po smjeru djelovanja.

Reaktivni motori danas se najviše upotrebljavaju na avionima i njihov potisak (reaktivna sila) se kreće od 20 do 100 KN. Takvom potisku odgovarala bi snaga klipnih motora od 7.500 do 90.000 kW pri brzinama aviona od 900 do 3.000 km/h.

Reaktivni motori dijele se na **atmosfersko-reaktivne sa gasnom turbinom i bez gasne turbine i na raketne motore ili rakete**. Znači da prva grupa usisava vazduh iz atmosfere, dok je druga neovisna od spoljne atmosfere. Motori prve grupe zavisi su od spoljne atmosfere, pa je i njihova primjena ograničena s obzirom na visinu. Ugrađuju se na avione za letove do 10.000 m visine. Motori druge grupe, nezavisni od spoljne atmosfere, ne usisavaju spoljni vazduh.

Da bi se proces sagorijevanja u njima mogao da obavi, potreban kiseonik za sagorijevanje nose motori sa sobom, zajedno sa gorivom.

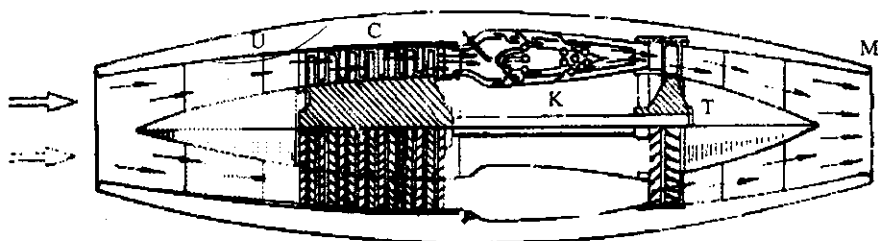
9.10.1. TURBOMLAZNI MOTOR

Opis motora. Ovaj motor se bitno razlikuje po konstrukciji od klipnog motora, s tim što i jedan i drugi imaju izvjesnih sličnosti u radu. Ova sličnost sastoji se u redoslijedu procesa, tj. i jedan i drugi imaju usisavanje, sabijanje, sagorijevanje sa širenjem i ispuhavanje. Dok se svaki takt klipnog motora izvodi jedan za drugim u tačno određeno vrijeme, dotle se rad mlaznog motora, tj. svi njegovi procesi zbivaju neprekidno uzduž motora u pojedinim njegovim dijelovima. U osnovi, mlazni motor mnogo je jednostavniji od klipnog i ima mnogo manje glavnih dijelova.

Turbomlazni motor (sl.9.37.) sastoji se od: usisnika (U), kompresora (C), komore za sagorijevanje (K), gasne turbine (T) i mlaznika (M). Glavni elementi turbomlaznog motora su ugrađeni određenim redom, u smjeru strujanja, da bi se procesi u njemu odvijali redom koji propisuje termodinamički ciklus po kome ovaj motor radi.

Usisnik ima zadatak da omogućí sprovođenje usisanog vazduha ka kompresoru uz što manje gubitke.

Kompresor. Uloga kompresora u turbomlaznom motoru je da usisava vazduh iz okolne atmosfere kroz usisnik, zatim ga komprimira na pritisak od približno 4 bara, a potom potiskuje u komore za sagorijevanje.



Slika 9.37.

Komora za sagorijevanje. Komora za sagorijevanje smješe može biti samo jedna u vidu prstena, međutim, obično ih ima od 5 do 16 koje su raspoređene po obimu motora. Svjećica je potrebna samo kod puštanja motora u rad i automatski se isključuje kad motor dobije normalan rad, tako da se daljnje paljenje smješe odvija usljed visoke temperature u komori. Temperatura gasova pri sagorijevanju iznosi preko 2 000°C, pa se kao takvi ne mogu upotrijebiti za pogon gasne turbine. Da bi se sagorjeli gasovi mogli upotrijebiti za pogon gasne turbine potrebno im je sniziti temperaturu koju lopatice turbine mogu podnijeti. To se postiže tako da se kroz rupe na unutrašnjem plaštu komore za sagorijevanje uvodi u komore određena količina tzv. sekundarnog vazduha. Dodavanjem sekundarnog vazduha koji se miješa s veoma vrućim gasovima snizuje im temperaturu koja omogućuje dobar rad turbine. Sekundarni vazduh prolazi između dvostrukih stjenki komore, te je na taj način i hladi.

Gasna turbina je jedini izvor mehaničke energije na motoru, te mora da razvije dovoljno snage za pogon kompresora i pomoćnih uređaja. Potrebnu energiju za pogon turbine daje struja vrućih gasova koji djeluju velikom brzinom i vrše rad na lopatice turbine. Ekspanzija gasova ne izvodi se kroz turbinu do pritiska spoljne atmosfere, već do pritiska nešto većeg od atmosferskog. Znači da gasovi sa viškom potencijalne energije mogu nastaviti širenje i iza turbine.

Mlaznik. To je završni element na izlaznom dijelu motora u kome se procesom širenja gasova ostvaruje porast kinetičke energije na račun dijela preostale potencijalne energije.

Mlazni motor, osim spomenutih ključnih dijelova, ima i pomoćne uređaje kao što su: pumpu za gorivo, pumpu za podmazivanje, električni pokretač za stavljanje motora u rad itd.

Rad turbomlaznog motora. Pri stavljanju motora u rad ukopča se električni pokretač za vratilo kompresora ili se u gasnu turbinu pušta komprimirani vazduh koji pokrene kompresor. Okretanjem kompresora počinje se sisati vazduh i potiskivati u komoru za sagorijevanje goriva, a istovremeno pumpa za gorivo povećava pritisak gorivu. Kada pritisak dostigne potreban nivo, gorivo se ubrizgava u komoru za sagorijevanje, gdje se miješa s komprimiranim vazduhom. Tako stvorena smješa goriva i vazduha se pali svjećicom ugrađenom na motoru. Plamen sagorijevanja se širi kroz spojene cijevi (lule) u ostale komore, pa ubrizgano gorivo sagorijeva u svim komorama. Pri tome se razvija velika količina toplote i povećava pritisak gasova koji počinju zagrijavati motor i gasnu turbinu. S porastom temperature, proizvedeni gasovi struje kroz gasnu turbinu i povećavaju joj broj obrtaja, a preko nje i broj obrtaja kompresora koji siše i potiskuje u komore sve više i više svježeg vazduha. Kada se motor dovoljno zagrije, odnosno kada se postigne odgovarajući broj obrtaja turbine, a time i kompresora, isključuje se uređaj za pokretanje, i motor počinje raditi sam. Odnos usisanog komprimiranog vazduha u komoru koji se miješa s ubrizganim gorivom u težinskom odnosu je 18 : 1.

Proizvedena kinetička energija gasova pretvara se u gasnoj turbini u mehaničku energiju koja se iskorištava za pogon kompresora i ostalih uređaja. Iskorišteni gasovi u turbini prolaze kroz usku cijev u mlaznik u kojem eksponiraju gotovo do atmosferskog pritiska. Iz mlaznika gasovi izlaze u atmosferu brzinom oko 400 do 500 m/s i tako proizvode reaktivnu silu potiska koja pokreće avion u smjeru suprotnom kretanju gasova iz mlaznika.

Glavna potisna snaga dobija se od sile reakcije izlaznih gasova. Kao gorivo ovi motori upotrebljavaju petrolej, dok u novije vrijeme sve se više upotrebljavaju kombinacije petroleja i etiliziranog benzina.

9.10.2. RAKETNI MOTOR

Opis raketnog motora. Vidjeli smo da mlazni motori usisavaju i komprimiraju vazduh iz spoljne atmosfere, pa su, prema tome, ovisni o okolnom vazduhu. Njihov potisak ovisi o gustoći vazduha i o brzini aviona. Što je veća brzina aviona kroz usisnik ulazi veća količina vazduha. **Raketni motor ne usisava okolni vazduh, nego kiseonik potreban za sagorijevanje nosi sa sobom, koji je komprimiran pod visokim pritiskom u čeličnim bocama.**

Mlaznim motorima na velikim visinama smeta razrijeđenost vazduha, pa su visine do kojih oni mogu letjeti vrlo ograničene, dok raketni motori u tim visinama najbolje funkcioniraju. Njima razrijeđenost vazduha ne smeta, već, naprotiv, omogućuje da postignu veću brzinu, jer je otpor vazduha tada vrlo malen. Raketni motori su prikladni za brzinu iznad 1.000 km/h i visine iznad 12.000 m. S obzirom na način ostvarenja smješe, ovi motori su jednostavnije konstrukcije i svedeni na samo dva glavna elementa, i to: grijnu komoru i mlaznik. Pokretnih dijelova nema, dok postojanje i konstrukcija pomoćnih uređaja (upaljač) zavise od primijenjenog goriva. Za pogon raketnih motora može se upotrijebiti čvrsto i tekuće gorivo. Kao čvrsto gorivo upotrebljavaju se tzv. oksidatori, tj. materije koje sadrže kiseonik, npr. barut, metalni nitrat i smješa baruta i diglikola, dok su tekuća goriva: benzin, petrolej, vodik i alkohol.

Rad raketnog motora. Bez obzira na vrstu primijenjenog goriva, u komori u mlazniku se odigravaju procesi sagorijevanja i širenja na isti način kod svih tipova raketnih motora. U komori obrazovanja smješa goriva i kiseonika spontano se pali i sagorijeva. Proizvodi sagorijevanja visokog potencijala napuštaju komoru za sagorijevanje, ulaze u mlaznik i širenjem kroz isti povećavaju svoju brzinu uz odgovarajući pad pritiska i temperature. U prvom dijelu mlaznika koji se sužava u smjeru strujanja raste brzina gasova do brzine zvuka, a iza ovoga brzina i dalje raste i postiže vrijednosti veće od brzine zvuka. Na taj način se stvara potisna sila velike vrijednosti koja zavisi samo od protoka radnog fluida i brzine mlaza na izlazu mlaznika.

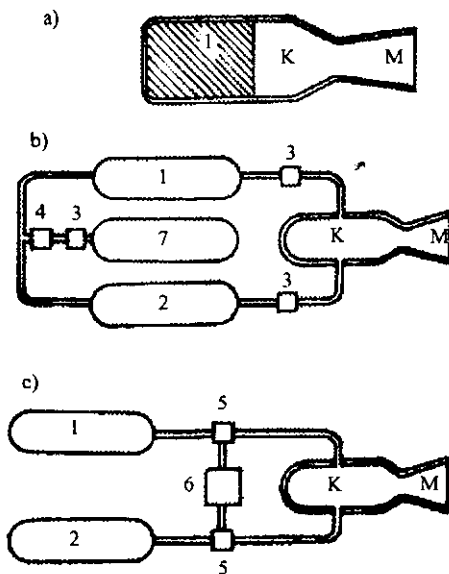
Sl.9.38a. prikazuje shematski prikaz raketnog motora sa čvrstim gorivom. Prostor u komori (K) označen sa 1 ispunjen je čvrstim gorivom, dok je sa M označen mlaznik koji je izveden po principu De Lavalovog siska, sa prednjim sužavanjem i zadnjim širenjem dijelom, da bi se postigle brzine mlaza veće od brzine zvuka.

Shematski prikaz raketnog motora dat na sl.9.38b. i c. koristi tečno gorivo. Oznake imaju značenje, 1-gorivo, 2-oksidator, 3-ventil, 4-regulator pritiska, 5-pumpe, 6-turbina za pogon pumpi i 7-interni gas. Rad kod ovakvih motora (sl.9.38b.) se odvija na sljedeći način: Interni gas iz boce 7 preko ventila broj 3 i regulatora pritiska 4 potiskuje gorivo iz boce 1 i oksidator iz boce 2 koji se u komori za sagorijevanje K miješaju i pale, a zatim sagorijevaju i izlaze kroz mlaznik u spoljnu atmosferu. Raketni motor prikazan na sl.9.38c. koristi tečno gorivo za pogon, smješteno u boci 1, dok je oksidator u boci 2. Pomoću pumpi 5 potiskuje se gorivo i oksidator u komoru (K) za sagorijevanje gdje se pali i sagorijeva, a zatim širi kroz mlaznik (M) i odlazi u spoljnu atmosferu, te na taj način ostvaruje potisnu silu.

Čvrsta goriva se odlikuju time što u sebi već sadrže potreban kiseonik za sagorijevanje te im je nepotrebno dovoditi kiseonik.

Primjena raketnih motora. Raketni motori sa čvrstim gorivima primjenjuju se za kratkotrajno dještvo, naprimjer, kao pomoćni motor za polijetanje teških aviona, za leteće projekte, leteća torpeda itd. Ovi motori našli su veoma široku primjenu zbog svoje jednostavnosti, lahke i jeftine konstrukcije, kao i velikog potiska.

Raketni motori sa tečnim gorivima i pumpama su komplikovaniji, ali imaju manju specifičnu potrošnju, elastičniji su u pogonu, sa mogućnošću regulisanja rada i potiska. Za pogon aviona jedino ovakvi raketni motori dolaze u obzir, jer se samo sa njima može prema želji pilota i zahtjevima režima letenja podešavati potisak. Prilikom izbacivanja rakete u svemirski prostor najveća je poteškoća savladavanja otpora Zemljinog vazdušnog omotača i djelovanje sile Zemljine teže. Za njihovo savladavanje potrebni su veliki potisci, pa je i potrošnja



Slika 9.38.

goriva veoma velika. Da bi se raketa oslobodila od dještva Zemljine teže, potrebno je da ima najmanju brzinu 11,2 km/s. (40.000 km/h), što znači da je sa ovom brzinom moguć let u svemirski prostor.

Rakete za svemirski prostor grade se s više stepena koji pri polijetanju čine jednu cjelinu, a zatim se jedan po jedan odbacuju čim potroši gorivo. Kad raketa izide iz Zemljinog vazdušnog omotača u vrlo razrijeđen, gotovo bezvazdušni prostor svemira, otpori praktično ne postoje, pa rad raketnog motora više nije potreban, tako raketa može da nastavi letenje u svemiru beskonačno dugo.