

CETVERO I DVOTAKTNI OTTO MOTORI MOTORNIH VOZILA

Ajduk, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Šibenik / Veleučilište u Šibeniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:143:970850>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

Repository / Repozitorij:

[VUS REPOSITORY - Repozitorij završnih radova Veleučilišta u Šibeniku](#)



VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU
ODJEL PROMET
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PROMETA

Josip Ajduk

ČETVERO I DVOTAKTNI OTTO MOTORI
MOTORNIH VOZILA

Završni rad

Šibenik, 2019.

VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU

ODJEL PROMET

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PROMETA

**ČETVERO I DVOTAKTNI OTTO MOTORI
MOTORNIH VOZILA**

Završni rad

Kolegij: Sredstva i eksploatacija sredstava cestovnih vozila

Mentor: prof.dr.sc. Ivan Mavrin

Student: Josip Ajduk

Matični broj studenta: 1219055758

Šibenik, lipanj 2018.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Princip rada i radni ciklus Otto motora	2
2.1. Podjela motora po taktnosti	2
2.2. Četverotaktni Otto motor	4
2.2.1. Glavni dijelovi motora	4
2.2.2. Radni ciklus četverotaktnog Otto motora	11
2.2.3. Označavanje i redoslijed paljenja cilindara	13
2.3. Dvotaktni Otto motor	14
2.3.1. Radni ciklus dvotaktnog Otto motora	15
2.4. Usporedba dvotaktnog i četverotaktnog Otto motora	16
2.5. Osnovni zahtjevi Otto motora	17
3. Priprema smjese goriva i zraka Ottovih motora	18
3.1. Fizikalne osobitosti Ottovih motora	18
3.2. Stehiometrijski omjer	19
3.3. Oktanski broj	20
3.4. Priprema i ubrizgavanje smjese	21
3.4.1. Rasplinjači	22
3.4.2. Električno ubrizgavanje	24
4. Pomoćni sustavi Ottovih motora	27
4.1. Spremnici goriva	27
4.2. Pročistači (goriva i zraka)	28
4.3. Sustav hlađenja motora	31
5. Zaključak	32
6. Literatura	33

Veleučilište u Šibeniku

Odjel Promet

Stručni preddiplomski studij Promet

ČETVERO I DVOTAKTNI OTTO MOTORI MOTORNIH VOZILA

JOSIP AJDUK

Vinjani Donji 573, 21260 Imotski, josip.ajduk987@live.com

U ovom radu upoznat ćemo se s načinom rada Otto motora, njihovim glavnim dijelovima te razlikama između četvero i dvotaktnih izvedbi. Motor je stroj koji pretvara neki oblik energije u mehanički rad. Motori s unutarnjim izgaranjem koriste kemijsku energiju goriva koje izgara unutar radnog prostora za dobivanje mehaničkog rada kojeg koristimo za pokretanje vozila. Kod dvotaktnih motora taj proces se odvija u jednom okretaju koljenastog vratila, a kod četverotaktnih u dva okretaja.

(stranice 39 / slike 22 / literaturnih navoda 3 / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u: Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

Ključne riječi: Otto motori, gorivo, radni ciklus, motori s unutarnjim izgaranjem

Mentor: prof.dr.sc. Ivan Mavrin

Rad je prihvaćen za obranu: Da

Polytechnic of Šibenik

Department of Traffic

Professional Undergraduate Studies of Traffic

.

FOUR AND TWO STROKE OTTO ENGINES OF MOTOR VEHICLES

JOSIP AJDUK

Vinjani Donji 573, 21260 Imotski, josip.ajduk987@live.com

In this paper we are going to explain the working principles of Otto motors, its main parts and the differences between four stroke and two stroke engines. Engine is a machine that turns any kind of energy into mechanical work. Internal combustion engines turn the chemical energy of the fuel that burns inside the cylinder to mechanical work that we use to power the vehicle. At two stroke engines this process occurs in one rotation of the crankshaft and in four stroke engines it occurs in two rotations.

(pages: 39 / photos: 22 / citations: 3 / language: croatian)

Paper deposited in: Library of Polytechnic of Šibenik

Key words: Otto motor, fuel, work cycle, internal combustion engine

Mentor: prof.dr.sc. Ivan Mavrin

Rad je prihvaćen za obranu: Yes

1. UVOD

Cilj ovog završnog rada je opisati način rada četvero i dvotaktnih Otto motora, njihove razlike te prednosti i mane. Motor je stroj koji neku vrstu energije pretvara u mehanički rad. Prvi Otto motor je konstruirao njemački izumitelj Nikolaus August Otto 1876. godine, motor je koristio četverotaktni radni ciklus.

U drugom poglavlju ovog rada ću objasniti princip rada Otto motora te njihove glavne dijelove i različite konfiguracije. Nakon toga ću objasniti pripremu smjese goriva i zraka te fizikalne osobitosti Otto motora. U četvrtom poglavlju ću opisati ostale uređaje u vozilu koji su neophodni za rad motora kao spremnik goriva te pročištače goriva i zraka koji osiguravaju rad motora. Te ću na kraju napraviti kratki pregled rada te donijeti zaključak.

2. PRINCIP RADA I RADNI CIKLUS OTTO MOTORA

Motori s unutarnjim izgaranjem mogu se opisati kao toplinski strojevi koji, nakon kompresije zraka ili smjese zraka i goriva te izgaranjem goriva u cilindru, ekspanzijom vrućih plinova visokog tlaka koji potiskuju klip, pretvaraju kemijsku energiju goriva u koristan mehanički rad. To su klipni motori u kojima se pravocrtno kretanje klipa pretvara u kružno kretanje vratila putem klipnog mehanizma. Iznimku predstavljaju Wankel motori s kružnim kretanjem klipa. Široki spektar primjene uvjetovao je razvoj velikog broja raznih tipova i varijanti motora.

Prema smještaju cilindara razlikujemo:

- redne (R),
- V-blok motore,
- bokser motore (posebna izvedba V-bloka s $\alpha = 180^\circ$).
- VR-motore.

Prema gibanju klipova:

- motori s potisnim klipovima (Ottlovi i Dieselov),
- motori s rotacijskim klipovima (Wankelovi).

Prema hlađenju:

- tekućinom hlađeni motori,
- zrakom hlađeni motori,

2.1 Podjela motora po taktosti

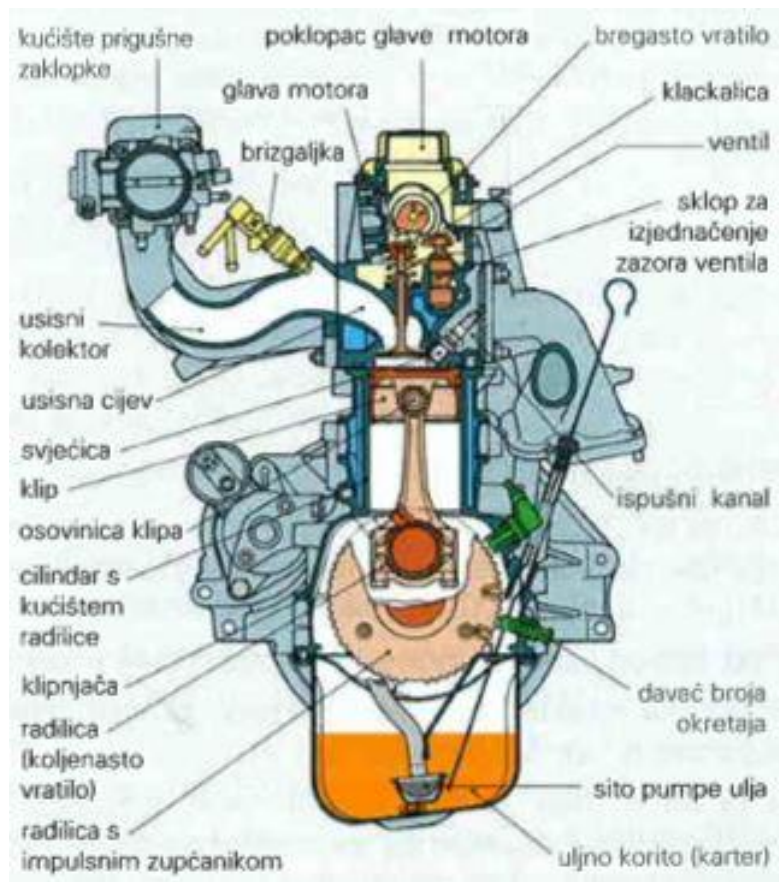
Taktost motora označava broj stapaja klipa potrebnih za ostvarivanje jednog radnog ciklusa u cilindru motora. Hodom klipa ili stapajem definira se pomicanje klipa od jednog do drugog krajnjeg položaja. Prema navedenoj definiciji, današnji se motori dijele na dvotaktne i četverotaktne.

Kod četverotaktnih preko usisnog i ispušnog kanala, u određenim intervalima, usisni i ispušni ventil svojim karakterističnim podizanjem osiguravaju protok radne tvari. Jedan radni ciklus obavi se za dva okretaja koljenastog vratila. Pri tome klip četiri puta pređe od jednog do drugog

krajnjeg položaja, odnosno izvrši četiri takta. Veliki je nedostatak što se kroz samo jedan takt, izgaranjem mješavine goriva i zraka, dobiva rad, dok preostala tri takta (usis, kompresija i ispuh) korisni rad troše.

Dvotaktnim motorima broj taktova koji troše rad, kao i taktova koji ga proizvode jednak je jedinici te su zbog toga gubici izmjene i pripreme radne tvari manji nego kod četverotaktnog. Kod manjih Otto motora najčešće sam klip otvara i zatvara razvodne kanale, te upravo zbog toga dolazi do nepreciznosti i ne efikasnosti dvotaktnih motora.

Slika 1: Presjek motora



Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 13.

Osim motora s linearnim, postoje izvedbe i s kružnim kretanjem klipa, nastale 1960. godine prema ideji F. Wankela. Proces u Wankelovu motoru odgovara procesu u četveroklipnom motoru, ali se goriva smjesa dovodi i ispušni plinovi odvede kroz kanale koji se otvaraju i zatvaraju okretnim mehanizmom. Dimenzije motora su malene zbog zbijene konstrukcije, jer ne postoji stepni mehanizam ni relativno veliki obujam kućišta. Unutarnji prostor statora ima konturu epitrohoide i spojen je s usisnim i ispušnim kanalom. Ležaj je rotora na vratilu ekscentričan s obzirom na središte rotora, a os vratila poklapa se s osi statora. Rotor se giba

kružno planetarno, i to tako da vrhovi njegova trokutastog tijela stalno dodiruju unutarnju stjenku statora. Brtvljenje između statora i rotora jedan je od najsloženijih konstrukcijskih problema Wankelova motora. Ono se ostvaruje pomoću brtvenih letvica na vrhovima rotora. Zbog navedenog konstrukcija je složenija, a zbog trenja povećavaju se mehanički gubici u motoru.

Rotor i stator tvore tri komore koje se tokom vrtnje stapa povećavaju i smanjuju. Zbog navedene ekscentričnosti, za puni okretaj rotora vratilo napravi tri okretaja. Za usisavanje potreban je zakret rotora za 120° , za kompresiju i ekspanziju 120° te za ispuh također 120° pri čemu se sva četiri takta odvijaju istodobno u tri komore motora, ali s faznim pomakom. Zbog jednolikog gibanja mehanizma s rotorom manji je utjecaj inercijskih sila i jednostavnije je uravnoteženje masa koje rotiraju, pa takav motor može u principu raditi s većim brzinama vrtnje i postizati veće snage. Međutim, povećanje brzine vrtnje, a time i snage, ograničeno je toplinskim opterećenjem motora.

2.2 Četverotaktni Otto motor

2.2.1. Glavni dijelovi motora

Klip je najugroženiji dio motora. Za njegovo dobro ponašanje u pogonu treba dobro odrediti oblik, dimenzije i materijal. Zbog toga se već desetljećima konstrukcijom i proizvodnjom klipova bave uglavnom specijalizirani proizvođači, koji nastupaju kao partneri proizvođača motora. U radu je klip izložen velikim mehaničkim i toplinskim opterećenjima i u tim uvjetima on mora izvršavati ove zadatke:

- a) prenositi sile plinova na klipnjaču,
- b) normalnu (bočnu) silu, koja nastaje pri prenošenju sile plinova na klipnjaču, mora prenijeti na cilindar,
- c) s pomoću brtvenih elemenata (karika) mora brtviti prostor izgaranja prema kućištu radilice,
- d) toplinu koju prima od vrućih plinova u cilindru mora prenijeti na cilindar, da bi on otišla dalje na rashladno sredstvo.

Kod Ottovih motora tlakovi na klipu iznose između 40 do 70 bara, a kod nabijenih motora i preko 110 bara s temperaturama na čelu klipa do 400°C . Zbog toga što je čelo klipa izloženo najvećim temperaturama zračnost između klipa i cilindra u hladnom stanju je različite veličine,

Klipnjača je dio klipnog mehanizma koji omogućuje prijenos sile s klipa na koljeno koljenastog vratila. Sastoji se od male i velike glave te struka koji ih povezuje, zbog velike sile koja prolazi kroz klipnjaču struk se izvodi u obliku I profila.

Mala glava je dio klipnjače koji služi za povezivanje s klipom pomoću osovinice klipa, glavni problem je što se klipnjača ne okreće oko osovinice nego oscilira što otežava stvaranje mazivoga filma. Zbog toga se na maloj glavi buše kanali za dovod ulja.

Velika glava kod klipnjače je izvedena iz dva dijela, a može biti podijeljena okomito ili koso. Kosa razdjela velike glave se primjenjuje zato da bi se klipnjača kod popravka mogla izvući zajedno s klipom iz cilindra prema gore.

Slika 4: Dvodijelna klipnjača



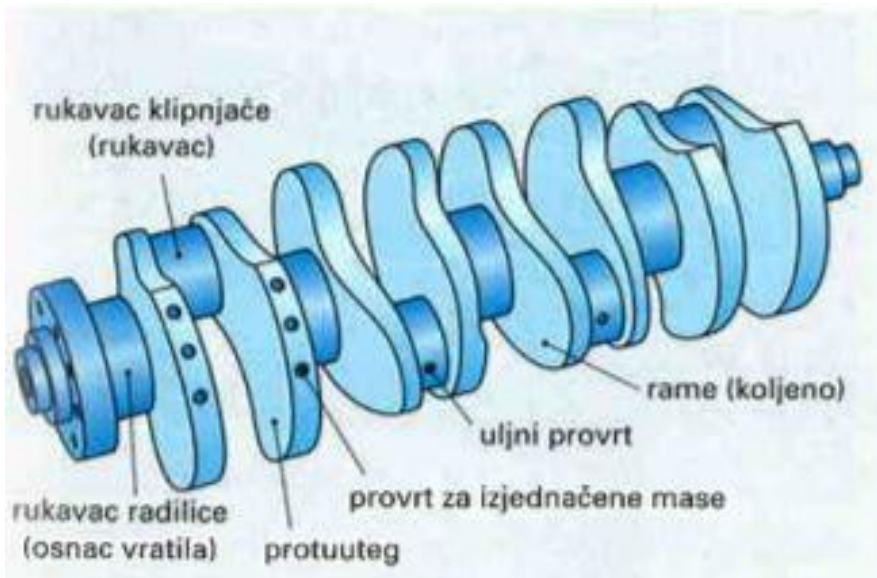
Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 30.

Koljenasto vratilo je dio mehanizma kojim se pravocrtno gibanje stapova ili klipova (translacija) pretvara u kružno gibanje (vrtnja ili rotacija). Podijeljeno je u više segmenata, od kojih jedni leže u osi vrtnje vratila (rukavci ležajeva), a drugi ekscentrično u odnosu na nju (rukavci koljena). Stapovi ili klipovi povezani su preko klipnjače za rukavce koljena, pa se

njihovim pomicanjem vratilo zakreće. Koljenasto vratilo izrađuje se od čelika kovanjem, vrlo rijetko lijevanjem. Izrađuje se iz jednoga dijela ili se sastavlja spajanjem pojedinih rukavaca. Zadaća mu je pretvaranje sile klipnjače u okretni moment te predaje većine tog momenta na spojku preko zamašnjaka, uz to mali dio okretnog momenta predaje i sklopovima: razvodnom mehanizmu, razvodniku paljenja, pumpi ulja, pumpi goriva i rashladne tekućine, ventilatoru, alternatoru.

Na koljenasto vratilo djeluju velike sile uvijanja i savijanja te centrifugalne sile. Određeni dio mase koljenastog vratila se ne nalazi u osi rotacije pa je zbog toga potrebno uravnotežiti je ugradnjom protutege čime se uravnotežuju centrifugalne sile i smanjuju vibracije. Koljenasto vratilo mora biti statički i dinamički balansirano pa se zato buše provrti za izjednačenje mase.

Slika 5: Koljenasto vratilo ili radilica

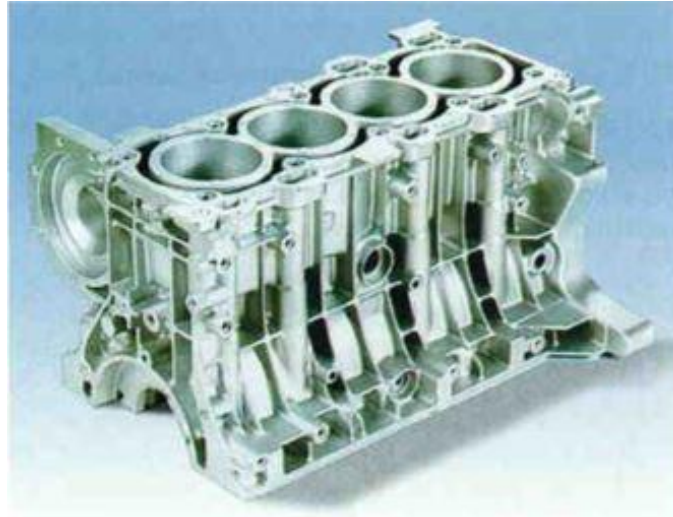


Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 33.

Blok motora je središnji, nosivi dio motora koji nosi i objedinjuje sve funkcijske sklopove motora, on sprečava izlaz radnoga medija, rashladnoga sredstva i maziva, a također sprečava ulaz prašine, vlage i prljavštine. U pojedinim slučajevima blok služi i kao nosivi dio konstrukcije vozila (npr. kod traktora, motocikla, formule-1 itd.). Blok je ujedno i najteži dio motora, te se smanjivanjem upravo njegove mase može najviše smanjiti masa cijeloga motora. Dva su načina izrade blokova motora: Closed deck izvedba- blok motora zatvoren je po brtvenoj površini na kojoj postoje samo kanali za prolaz ulja i rashladne tekućine te eventualno otvori za elemente razvode.

Open deck- blok motora napravljen je s otvorenom površinom prema cilindarskoj glavi to znači da su rashladni kanali bloka izravno povezani s kanalima u glavi. Manja krutost cilindarskog bloka podrazumijeva primjenu metalnih brtvila glave motora. Njihova dobra osobina je manja elastičnost te je zbog toga potrebna manja sila pritezanja što uzrokuje manje deformacije brtvenih ploha.

Slika 6: Blok motora



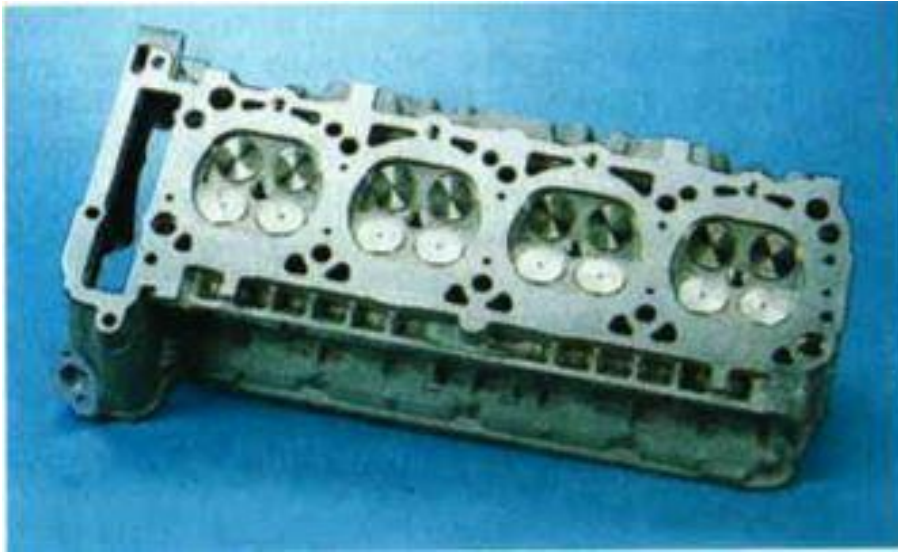
Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 38.

Glava motora je dio motora sa unutarnjim sagorijevanjem koji se nalazi na bloku, iznad cilindara. Njome se zatvaraju cilindri čime se oblikuju komore za sagorijevanje. Također, glava motora osigurava prostor za prolazak usisnih i ispušnih plinova, a njena je uloga i smještaj ventila, svjećica, brizgaljki goriva, ležajeva bregastih vratila, iako bregasta vratila mogu biti i u bloku motora, i drugih dijelova motora. Redni motori, oni kod kojih su cilindri postavljeni u liniji, u pravilu imaju samo jednu glavu. Motori sa rasporedom cilindara u V konfiguraciji u pravilu imaju dvije glave motora, po jednu za svaki red cilindara, kao i boxer motori. Glave motora se izrađuju od Al- legura, ali i sivog lijeva, kod glava od Al- legura sjedišta ventila se izrađuju od posebnog čelika. Glava je u radu izložena jako visokim temperaturama i po načinu hlađenja razlikujemo dvije vrste:

-Tekućinom hlađene glave motora imaju posebne kanale kroz koje struji rashladna tekućina iz bloka motora, preuzima toplinu i odlazi prema hladnjaku.

- Zrakom hlađena glava je opremljena rebrima s vanjske strane kako bi se povećala rashladna površina. Ova metoda se vrlo malo upotrebljava na automobilima jer je rashladna tekućina učinkovitija.

Slika 7: Glava motora



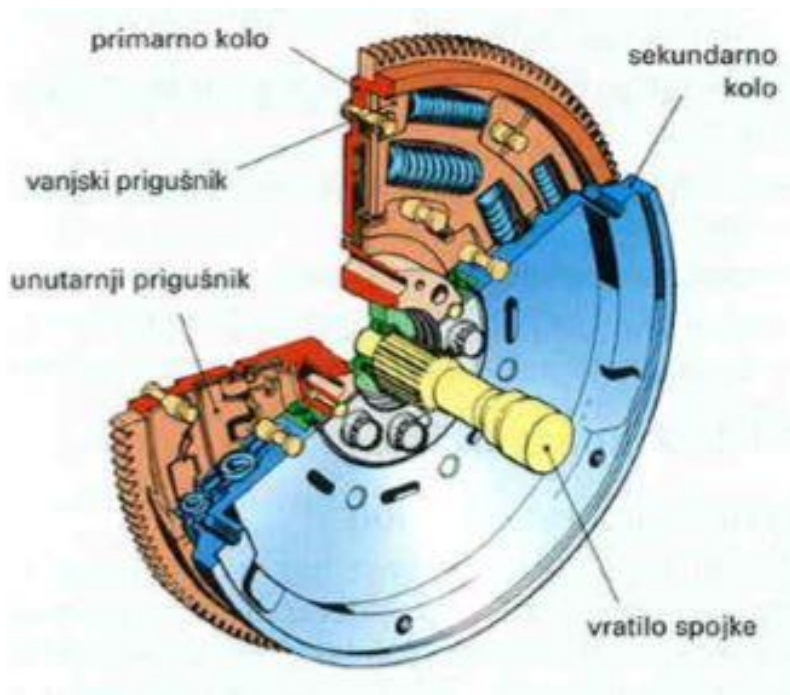
Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 40.

Korito motora je poklopac kojim se zatvara donji dio motora, a glavna mu je funkcija spremnika ulja za podmazivanje. U njega se pohranjuje ulje nakon protoka kroz sklopove i dijelove motora koje podmazuje. Razina ulja u karteru mjeri se štapnim mjerачem, s oznakama min i max. Na dnu najnižeg dijela kartera smješten je usisnik ulja sa sitom za uklanjanje krupnih nečistoća, a sitne čestice se uklanjaju uljnim filtrom. U pravilu se izrađuje od čeličnog lima, a ponekad i od lijevanog aluminijskog profila, koji bolje odvodi toplinu i dodatno ukrućuje motor.

Zamašnjak je dio motora koji svojim velikim momentom inercije prigušuje vibracije koje nastaju u motoru zbog periodičnog ponavljanja taktova. Kod većine automobila se koristi dvomaseni zamašnjak, on se sastoji od dva dijela, od primarne i sekundarne mase koje su povezane prigušnikom torzijskih vibracija koji odvaja oscilacijski sustav motora od ostatka transmisije. Zbog toga nema šumova mjenjača niti vibracija karoserije.¹

¹ Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb

Slika 8: Zamašnjak



Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 37.

Ventili reguliraju izmjenu radnoga medija u motoru. Razlikujemo usisne ventile i ispušne ventile, usisni ventil omogućuju svježem mediju da se može usisati u cilindar, a ispušni ventil omogućuje ispuh iz cilindra u ispušnu cijev. Usisni ventil je uvijek većega promjera, jer je teže pod tlakom uvući radnu tvar u cilindar, nego li ju izgurati klipom iz cilindra. Temperatura usisnoga ventila u radu dostiže 300°C do 500°C a ispušnoga do 800°C. Kod detonacije su temperature još veće.

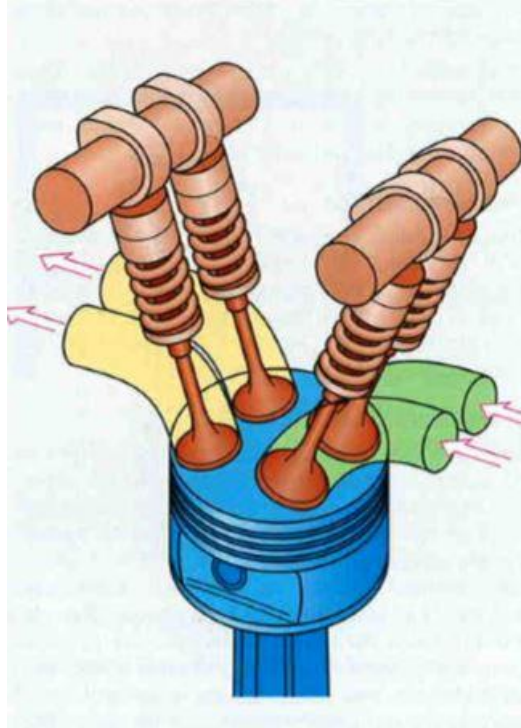
Bregasta osovina pomoću bregova smještenih na njoj vrši otvaranje ventila u točno određenom trenutku. Zbog velikih sila inercije razvodnog sistema kao i zbog visokih vrijednosti sila tlaka ventilskih opruga, bregasta osovina mora biti izvedena kruto i robusno, a razmak između ležajeva mora biti što je moguće manji kako bi deformacije bregaste osovine bile što manje. Pogon bregaste osovine vrši se pomoću zupčaničkog prijenosa, lančanog prijenosa ili remenskog prijenosa. Veličina ubrzanja kao i vrijeme otvorenog odnosno zatvorenog stanja ventila direktno ovisi o obliku brijega. Postoje tri izvedbe brijega na bregastoj osovini: tangencijalni brijeg, parabolični brijeg i harmonijski brijeg.

Smještaj bregaste osovine:

- u bloku motora: 1 bregasta osovina, 2 bregaste osovine

- u glavi motora: 1 bregasta osovina (OHC, SOHC), 2 bregaste osovine (DOHC)

Slika 9: Bregaste osovine i ventili



Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 46.

Svjećica je naprava koja električnom iskrom pali smjesu goriva u cilindru. Pri svakom taktu ekspanzije preskače iskra pobuđena visokonaponskom strujom od 12 000 do 30 000 V (volta). Visoki napon za stvaranje iskre nastaje na induktoru sinkroniziranim s radom motora. Svaka vrsta motora zahtijeva svjećicu određenih svojstava, to jest promjera i uspona navoja, te toplinske vrijednosti (kako se za vrijeme rada motora ne bi začadila ili zauljila, temperatura svjećice je od 400 do 850 °C).

2.2.2. Radni ciklus četverotaktnog Otto motora

Jedan radni ciklu se sastoji od četiri takta, u ta četiri takta radilica napravi dva, a bregasto vratilo jedan puni okretaj. Za svaki okretaj radilice klip napravi dva hoda od jedne do druge mrtve točke. Krajnje točke gibanja klipa nazivaju se mrtvim točkama. Razlikujemo donju (DMT) i gornju (GMT) mrtvu točku. Takt je hod klipa od jedne do druge mrtve točke.

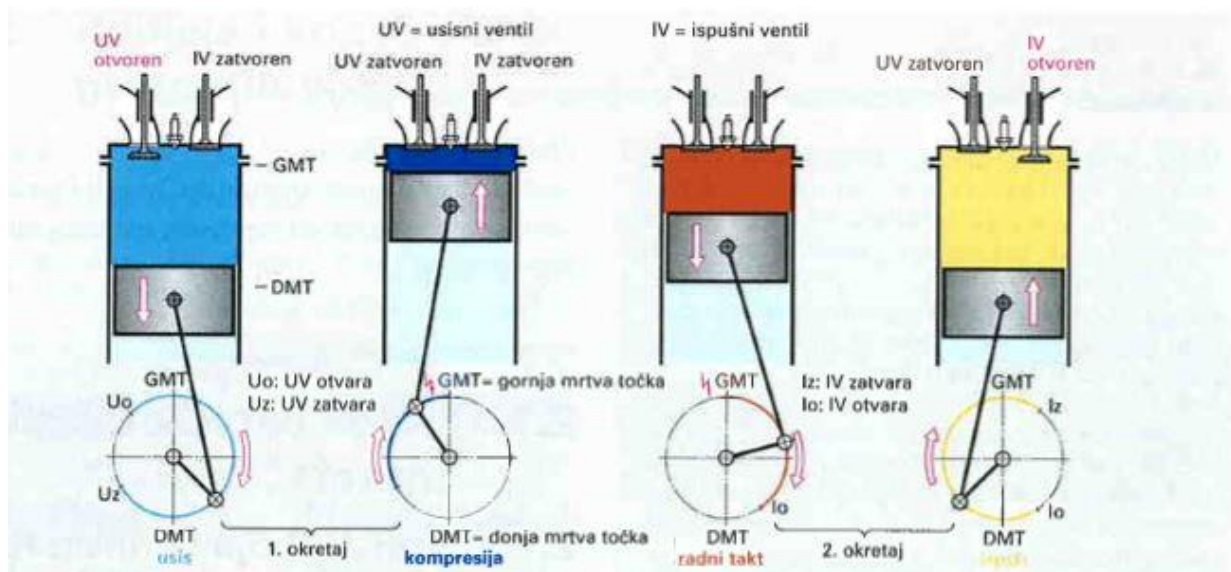
1. Takt – usisavanje: Klip se giba pravocrtno od GMT ka DMT, to gibanje se naziva hod klipa (s), gibanje klipa prema DMT dovodi do razlike u tlakovima. Tlak unutar cilindra je manji od vanjskog za 0,1 - 0,2 bara. Viši vanjski tlak potiskuje zrak u cilindar. Prije dolaska zraka u cilindar zrak se mora pomiješati s gorivom, to miješanje se odvija u rasplinjaču. Smjesa zraka i goriva ulazi u cilindar kroz usisni kanal s otvorenim usisnim ventilom. Ovaj takt završava kad klip dođe u DMT.

2. Takt - sabijanje ili kompresija: Klip se giba od DMT ka GMT. Usisni ventili se zatvaraju, a ispušni ostaju zatvoreni. Klip potiskuje i sabija smjesu zraka i goriva, usisana smjesa se sabija na 7-12 puta manji volumen. Pri tome raste tlak na 12-18 bara, a temperatura na 400-600 C. Ovaj takt završava paljenjem smjese zraka i goriva.

3. Takt - sagorijevanje i ekspanzija: Malo prije nego što klip dođe u GMT svjećica pali smjesu goriva i zraka te gorivo eksplozivno sagorijeva uz povećanje temperature od 2000 do 2500 C. Osim temperature povećava se i tlak na 40 - 60 bara što potiskuje klip prema dolje. Klip je spojen s koljenastim vratilom preko klipnjače što omogućuje pretvorbu pravocrtnog gibanja klipa u rotacijsko gibanje koljenastog vratila. Ovaj takt se ujedno naziva i radni takt.

4 Takt - ispuhivanje sagorjelih plinova: Klip se ponovo kreće od DMT prema GMT. Otvara se ispušni ventil te kroz ispušni ventil velikom brzinom izlaze sagorjeli plinovi prema ispušnom sustavu ili se kod motora s prednabijanjem koriste za pokretanje turbine.

Slika 10: Radni ciklus četverotaktnog Otto motora



Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 14.

2.2.3. Označavanje i redoslijed paljenja cilindara

Označavanje cilindara je standardizirano, počinje od strane koja je nasuprot izlazu snage (zamašnjaku). Kod V blokova počinje s lijevom stranom bloka.

Redoslijed i razmak paljenja ovise o broju i smještaju cilindara te uležištenju radilice. Motor s pravilno odabranim redoslijedom paljenja ima manje vibracije.

Razmak paljenja je jednak kutu između dva susjedna paljenja, što je više cilindara to je razmak paljenja manji te motor radi mirnije i daje ravnomjerniji okretni moment.

Slika 11: Redoslijed i razmak paljenja cilindara

Motor	Konstrukcija	Redoslijed i razmak paljenja
jednocilindrični stojeći dva ležaja		cilindar taktovi 1 redni ispuh uisr kompresija razmak paljenja 720°
dvocilindrični bokser motor 2 ležaja		razmak paljenja 360°
dvocilindrični redni motor 2 ležaja		razmak paljenja 360°
trocilindrični redni motor 4 ležaja		razmak paljenja 240° redoslijed paljenja 1-3-2
četverocilindrični redni motor 5 ležaja		razmak paljenja 180° redoslijed paljenja 1-3-4-2 1-2-4-3
četverocilindrični bokser motor 3 ležaja		razmak paljenja 180° redoslijed paljenja 1-4-3-2
peterocilindrični redni motor 6 ležaja		razmak paljenja 144° redoslijed paljenja 1-2-4-5-3
šesterocilindrični redni motor 7 ležaja		razmak paljenja 120° redoslijed paljenja I 1-5-3-6-2-4 II 1-2-4-6-5-3 III 1-5-4-6-2-3
osmerocilindrični V-motor 90° 5 ležaja		razmak paljenja 90° redoslijed paljenja I 1-5-6-8-3-7-2 II 1-3-6-4-8-2-7 III 1-2-4-8-6-5-7

Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 37.

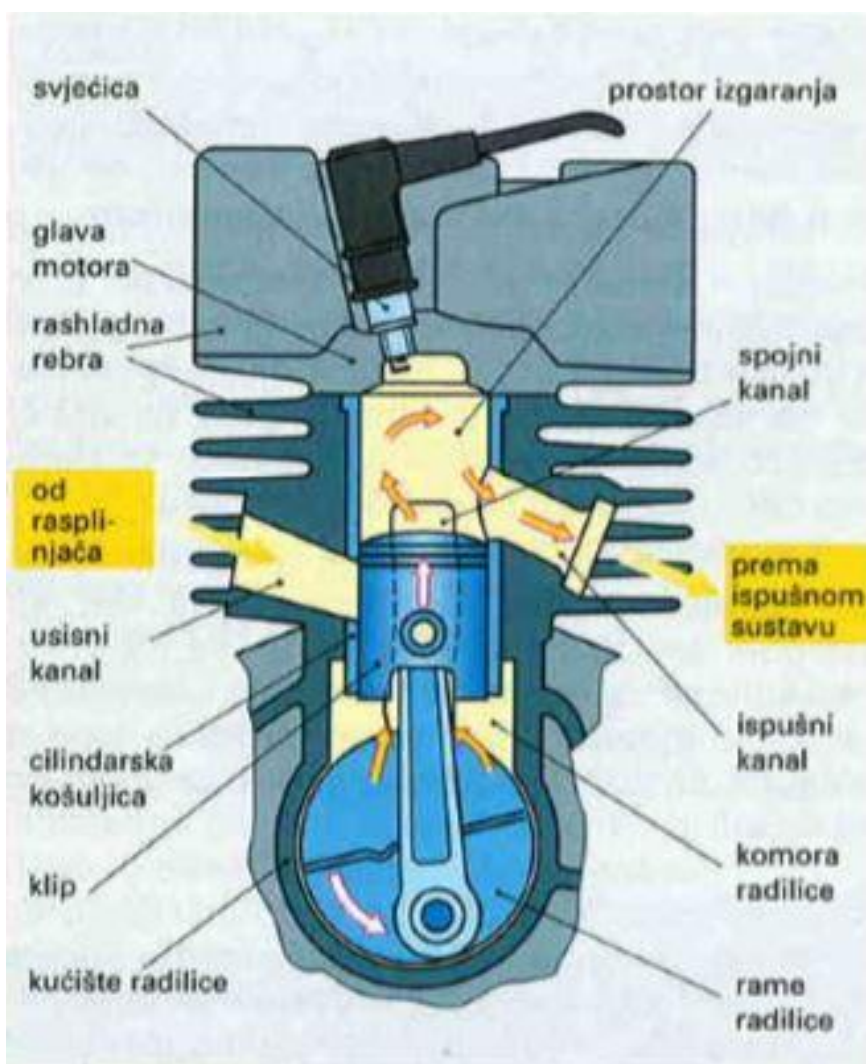
2.3. Dvotaktni Otto motor

Dvotaktni Otto motor je po glavnim dijelovima sličan četverotaktnom motoru iako je jednostavnije konstrukcije te ne sadrži sve što ima četverotaktni motor.

Dvotaktni Otto čine 3 osnovna konstrukcijska sklopa i dopunski pomoćni sustavi:

1. kućište motora - glava, cilindri, kućište radilice
2. klipni mehanizam - klip, klipnjača i radilica (koljenasto vratilo)
3. sustav za stvaranje smjese - karburator ili sustav ubrizgavanja, usisna grana
4. pomoćni sustavi - sustav paljenja, hlađenja, podmazivanja, ispušni sustav.

Slika 12: Dvotaktni Otto motor



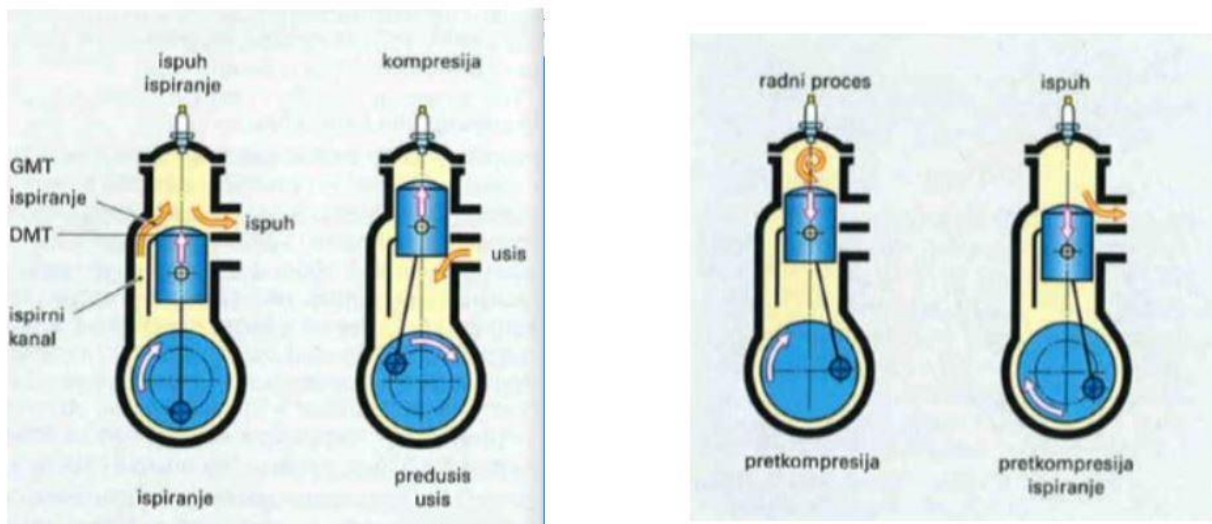
Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 126.

2.3.1. Radni ciklus dvotaktnog Otto motora

Dvotaktni motor cijeli svoj radni ciklus obavi u dva takta ili jedan krug koljenastog vratila. Time se razlikuje od četverotaktnog motora koji to obavi za dva kruga. Dva takta dvotaktnog motora su:

1. TAKT – izmjena medija i kompresija
2. TAKT – izgaranje i ekspanzija (radni takt)

Slika 13: Radni ciklus dvotaktnog motora



Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 127.

Prvi takt sastoji se od usisa i komprimiranja smjese, dok drugi radni takt sadrži ekspanziju i ispuh. Kretanjem klipa iz donje mrtve točke započinje radni takt. Na donjem dijelu košuljice cilindra nalaze se usisni kanali za usisavanje smjese zraka i goriva. Prolaskom klipa iznad usisnih kanala prestaje dotok smjese i počinje komprimiranje. Klip se kreće ka gornjoj mrtvoj točki. Kada klip stigne u tu točku započinje radni takt. No paljenje smjese započinje nekoliko stupnjeva prije gornje mrtve točke.

Nakon ekspanzije klip kreće prema donjoj mrtvoj točki i okreće koljenasto vratilo na koje je spojen preko klipnjače. Ispuh počinje kada klip svojim gibanjem prema donjoj mrtvoj točki otvori ispušne kanale na košuljici cilindra (smješteni iznad usisnih kanala tako da većina izgorjene smjese izađe izvan prostora cilindra). Dolaskom klipa u donju mrtvu točku završava radni takt i započinje prvi.

2.4. Usporedba dvotaktnog i četverotaktnog Otto motora

Karakteristike četverotaktnog motora u odnosu na dvotaktni:

- bolja izmjena i iskorištavanje smjese radnog fluida
- kompliciranija konstrukcija
- manja specifična snaga za motore istog obujma, zbog dužeg trajanja ciklusa
- manja masa konstrukcije zbog razvijanja manje specifične snage, za motore istog radnog volumena
- manja potrošnja goriva kod srednje brzohodnih i brzohodnih motora
- manje termičko opterećenje
- ekološki prihvatljiviji

Karakteristike dvotaktnog motora u odnosu na četverotaktni:

- lošija izmjena radnog fluida zbog gubitka dijela smjese koja ne izgorena izađe iz motora
- jednostavnija konstrukcija
- veća specifična snaga po istom broju okretaja za isti radni volumen motora, jer ciklus traje duplo kraće, duplo veći broj ekspanzija
- veće termičko opterećenje zbog većeg broja ekspanzija, ciklus traje kraće
- zbog mogućnosti dobivanja veće snage iz istog radnog volumena, dvotaktni motori koji razvijaju istu snagu kao četverotaktni motori imaju manji radni volumen, stoga su dvotaktni motori iste snage manji i lakši
- kod Otto dvotaktnih motora veća specifična potrošnja zbog gubitka dijela smjese koja izađe ne izgorena, izraženo kod srednje brzohodnih i brzohodnih motora

2.5. Osnovni zahtjevi Otto motora

Postizanje optimalnih radnih parametara motora zahtjeva detaljnu analizu i pravilno implementiranje znanja u konstruiranje istih. Osnovni zahtjevi koji se postavljaju pred inženjere:

- smanjenje specifične potrošnje goriva
- smanjenje zagađenja okoliša
 - snižavanje emisije CO₂ zbog efekta staklenika
 - smanjenje emisija NO_x, CO i CH zbog njihovog štetnog djelovanja
 - smanjenje buke
 - smanjenje vibracije.

U svrhu postizanja navedenih zahtjeva proizvođači se odlučuju na:

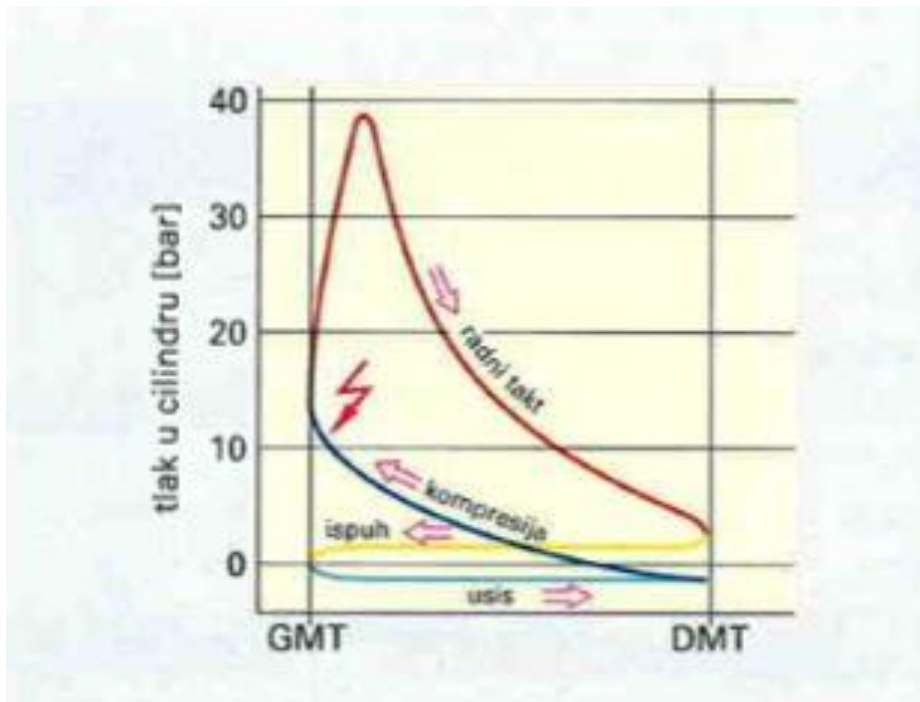
- veće kompresijske omjere
- poboljšanje kontrole izgaranja kod Otto motora
 - uvođenjem elektronike
 - ubrizgavanjem goriva
 - promjenjivim kutom otvaranja i zatvaranja ventila
- korištenje bezolovnih goriva i katalizatora
- više stupnjeva prijenosa
- uvođenje novih tehnologija
- razvijanje novih sustava pred nabijanja
 - turbopunjač s varijabilnom geometrijom
 - COMPREX nabijanje

3. PRIPREMA SMJESE GORIVA I ZRAKA OTTOVIH MOTORA

3.1. Fizikalne osobitosti Ottovih motora

Osobitosti motora se razlikuju u teoriji i stvarnom radu što se najbolje vidi kroz pV dijagram.

Slika 14: Stvarni pV dijagram



Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 18.

Na teoretskom P-V dijagramu Ottova motora mogu se definirati četiri takta:

1. TAKT – od 1' do 1 (usis zraka)
2. TAKT – od 1 do 2 (kompresija i u točki 2 paljenje)
3. TAKT – od 2 do 4 (od 2-3 izgaranje, 3-4 ekspanzija)
4. TAKT – od 4 do 1' (ispuh)

Površina omeđena točkama 1-2-3-4 predstavlja dobiveni rad u jednom radnom ciklusu, međutim u stvarnosti dijagram znatno odstupa od idealnog jer u motoru dolazi do promjena koje se ne uzimaju u obzir u idealnom dijagramu, kao što su: izgaranje nije i ne smije biti trenutačno jer bi trpjeli dijelovi motora, u cilindru dolazi do zaostalih plinova izgaranja i dolazi do gubitaka kroz klipne karike.

Zbog svega toga dolazimo do stvarnog pV dijagrama koji izgleda ovako: točki 1 koja se nalazi nešto prije DMT se otvara usisni ventil, te započinje takt usisa. Klip se tada još giba prema DMT. Tlak u cilindru je veći od atmosferskog tlaka (Pa), uslijed gibanja klipa oko GMT postepeno pada zbog smanjivanja klipne brzine. Nakon GMT klip u gibanju stvara pod tlak i siše smjesu u cilindar. Kako je tlak smjese veći od atmosferskog, to se koristi za dodatno punjenje cilindra, koje se dešava iza DMT, dakle, nešto prije zatvaranja usisnog ventila u točki 3. Od točke 3 do točke 4 traje kompresija. U točki 4, nešto prije GMT, dolazi do paljenja smjese. Kut pretpaljenja ovisi o izvedbi motora, broju okretaja,...Od točke 4 do točke 5 traje izgaranje u cilindru, prvo praćeno naglim porastom tlaka (klip još komprimira, a istovremeno se vrši izgaranje), a zatim manjim porastom, nakon čega nastupa ekspanzija u cilindru, prilikom koje se klip giba prema DMT. U točki 6 otvaranjem ispušnog ventila (ili više njih) prestaje ekspanzija, plinovi iz cilindra naglo izlaze i tlak pada. Nakon DMT, klip se počinje gibati ka GMT, istiskujući zaostale plinove iz cilindra. Ispuh završava nakon GMT kada se zatvara ispušni ventil (točka 2).

3.2. Stehiometrijski omjer

Bez kisika kojeg motor dobiva preko usisa zraka iz atmosfere nije moguće ostvariti izgaranje. Kisik je uz samo gorivo osnovni uvjet za ostvarivanje izgaranja. Stehiometrijski omjer definiramo kao optimalan omjer zraka i goriva koji daje optimalno i potpuno izgaranje.

Optimalan omjer zraka i goriva ovisi o vrsti goriva koja pogoni motor. Tako je npr. za 1 gram benzina potrebno 14.7 grama zraka.

Omjer stvarne količine zraka i potrebne količine zraka za izgaranje naziva se zračni omjer a označava se sa grčkim slovom λ (lambda).

$$\lambda = \frac{\text{stvarna količina zraka}}{\text{potrebna količina zraka}} \text{ (što je } \lambda \text{ manja smjesa je bogatija)}$$

$\lambda = 1$ – Uz dobro miješanje zraka i goriva svaka čestica goriva dobiva točno onoliko kisika koliko je potrebno za potpuno izgaranje.

$\lambda < 1$ – Smjesa je bogata gorivom, motor ima veću snagu i više goriva troši, međutim zagrijavanje motora je manje.

$\lambda > 1$ – Smjesa je siromašna gorivom, motor ima manju snagu i manje goriva troši, međutim zagrijavanje motora je veće.

Otto motori rade sa smjesom u kojoj je zračni omjer $\lambda = 0.8 - 1.2$

Brzina izgaranja smjese ovisi o omjeru zraka i goriva, a najveća brzina je pri malo bogatijoj smjesi. Stoga se prilikom ubrzavanja smjesa obogaćuje, izgaranje obogaćivanjem postaje brže pa motoru počnu rasti okretaji, tj. vozilo počinje ubrzavati.

3.3 Oktanski broj

Oktanski broj je broj koji pokazuje kvalitetu goriva, a on određuje otpornost određenog benzina na detonantno izgaranje, odnosno samozapaljenje. Što je veći, veća je i otpornost na detonantno izgaranje. To je pojava kad prije preskakanja iskre dolazi do samozapaljenja smjese, odnosno do nekontrolirane eksplozije. Tada se naglo oslobađa velika količina topline, a brzina izgaranja raste na preko 500 m/s (nekoliko desetaka puta brže od normalnog). Nastaje veliko lokalno zagrijavanje cilindara, klipova i ventila, koje može prouzročiti njihovo trajno oštećenje. Što je veći stupanj kompresije motora, potrebno je gorivo veće oktanske vrijednosti.

Važno je da gorivo samo ne detonira prije nego preskoči iskra na svjećici. Oktanska vrijednost goriva određuje se prema dva referentna goriva, odnosno njihovoj smjesi:

- izooktan C_8H_{18} je vrlo je otporan detonaciji te mu je oktanski broj 100. Razlog je u umreženoj strukturi ugljika s razmjerno malo slobodnih atoma vodika.

- heptan C_7H_{16} je naprotiv vrlo sklon detonaciji te mu je oktanski broj 0. To omogućuje njegova duga, lančasta struktura (koja lako puca), s mnogo slobodnih atoma vodika.

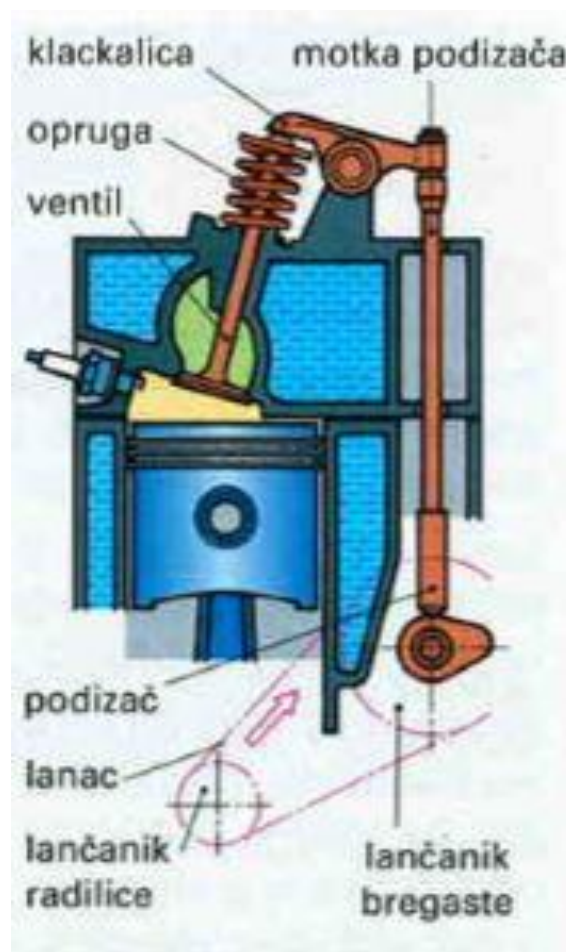
Oznaka 95 (oktanski broj) znači da takvo gorivo ima otpornost na detonantno izgaranje kao smjesa 95 posto izooktana i pet posto heptana.²

² https://autoportal.hr/clanak/shto_je_oktanski_broj

3.4. Priprema i ubrizgavanje smjese

Sustav napajanja gorivom kod motora s unutarnjim izgaranjem namijenjen je da se pomoću njega dobije smjesa potrebna za sagorijevanje, koja se sastoji od goriva pohranjenog u spremniku i atmosferskog zraka, s time da se oboje moraju dovesti u cilindar motora. Otto motori koriste laka benzinska goriva, dok dizel motori koriste teška dizelska goriva, stoga postoje velike razlike u sustavima za napajanje gorivom između Otto i dizel motora. Otto motori mogu koristiti direktno ubrizgavanje goriva, gdje se gorivo izravno isporučuje u komoru za izgaranje, ili indirektno ubrizgavanje, gdje se gorivo miješa sa zrakom prije usisnog takta. Danas su rasplinjače kod Otto motora zamijenili sustavi ubrizgavanja. Osnovna razlika između rasplinjača i sustava ubrizgavanja goriva je da se kod ubrizgavanja gorivo raspršuje kroz male mlaznice pod visokim tlakom, dok se rasplinjač bazira na usisavanju vanjskog zraka ubrzanog kroz Venturijevu cijev te tako pomoću struje zraka uvlači gorivo.

Slika 15: Razvodni mehanizam



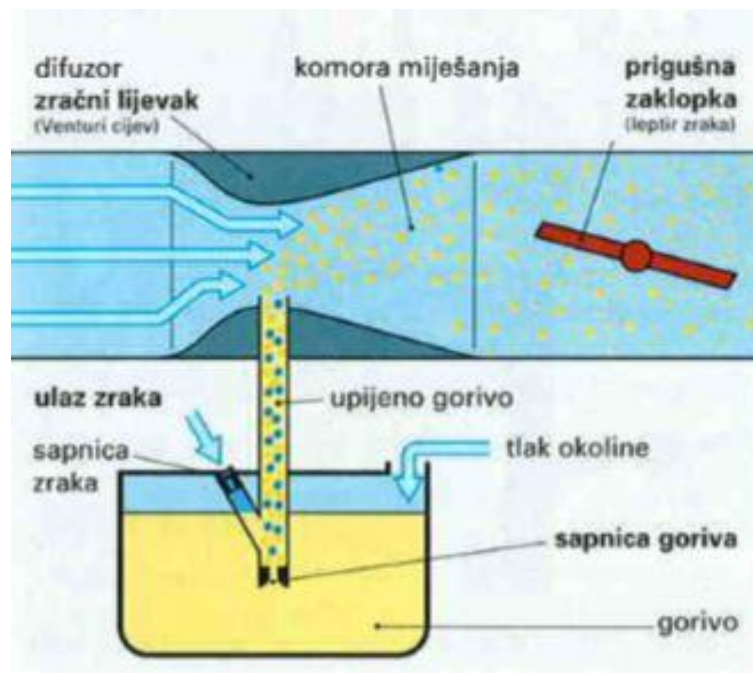
Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 46.

.Homogena smjesa zraka i goriva u taktu kompresije zagrijava se na 400 do 500°C, kako je ta temperatura manja od točke samozapaljenja smjesu mora zapaliti električna iskra.

3.4.1. Rasplinjači

Ubrizgavanje sa rasplinjačem događa se tako da struja zraka, koju pri usisu stvara podtlak u cilindru prolazi kroz suženje u rasplinjaču. To suženje ima oblik Venturijeve cijevi. Zrak se na tom mjestu zato naglo ubrzava stvarajući dodatni podtlak. Taj podtlak usisava gorivo iz sapnice koja se nalazi na najužem dijelu. Gorivo se raspršuje i isparava u usisnom kanalu. Količinu smjese regulira donji leptir povezan s pedalom gasa. Gornji leptir služi za obogaćenje smjese pri hladnom startu.

Slika 16: Rasplinjač



Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 63.

Isparavanje goriva u rasplinjaču omogućeno je:

-podtlakom: ubrzavanjem zračne struje u suženju stvara se podtlak koji pospješuje isparavanje goriva. Što je podtlak veći to je točka vrelišta goriva niža. Stvoreni podtlak usisava gorivo iz sapnice i raspršuje se u struji zraka.

-raspršivanjem: kako jednostavno raspršivanje stvara nehomogenu smjesu prije samog raspršivanja gorivo se u mješačkoj cijevi miješa sa zrakom i potom raspršuju u fine čestice jednakog promjera.

-toplinom: isparavanje se pospješuje toplinom usisanog zraka i motora.

Prednosti rasplinjača: -jednostavno održavanje
-pouzdan rad

Nedostaci rasplinjača: -ne može dati optimalnu smjesu u cijelom radnom području motora

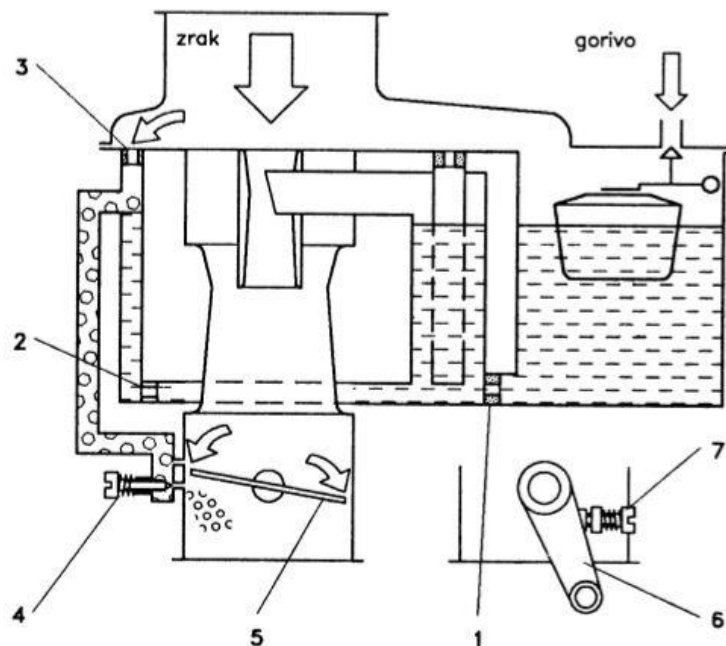
-ne može prilagoditi smjesu radnom stanju motora ni približno tako dobro kao uređaji za regulirano ubrizgavanje

-znatno su veće varijacije bogatstva smjese po cilindrima

-zaleđivanje po hladnu i vlažnu vremenu.

Pri radu neopterećenog motora punjenje cilindra je jako malo, utjecaj zaostalih produkata izgaranja je velik, pa je za optimalan tok procesa izgaranja u cilindru potrebno osigurati bogatiju smjesu. U tim uvjetima rada brzina zraka i podtlak u difuzoru su mali pa uređaj za dovod goriva na difuzoru neće djelovati. Zbog toga na rasplinjaču se nalazi poseban uređaj koji djeluje iza sklopke, u području gdje je tada velik podtlak.³

Slika 17: Uređaj za rad neopterećenog motora



Izvor: Jeras, D.: Klipni motori: uređaji, Školska knjiga, 1992, Zagreb, stranica 39.

³ : Jeras, D.: Klipni motori: uređaji, Školska knjiga, 1992, Zagreb

Uređaj za rad neopterećenog motora. (1) – glavna sapnica; (2) – sapnica za prazni hod; (3) – sapnica za dodatni zrak na praznom hodu; (4) – vijak za podešavanje bogatstva smjese na praznom hodu; (5) – zaklopka za snagu (prigušivanje usisa); (6) – poluga osovinice zaklopke (spojena na pedalu gasa); (7) – vijak za naslon zaklopke (za podešavanje brzine vrtnje u praznom hodu).

Pri pravilnoj konstrukciji komora plovka smještena je ispred difuzora gledano u smjeru vožnje automobila, kako bi se osigurala viša razina i bogatija smjesa pri vožnji na uzbrdici te pri ubrzavanju vozila, a obrnuto pri vožnji na nizbrdici i kočenju.

Protoci zraka i goriva bitni su za postizanje snage i održavanje faktora zraka λ u dopuštenim granicama. Brzina zraka u difuzoru, ako se uzima u oblik kompresibilnost zraka, iznosi:

$$v_d = \sqrt{2 \frac{K}{K-1} \frac{p_0}{\rho_0} \left[1 - \left(\frac{p_d}{p_0} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]}$$

Te se uz izraz za adiabatsku promjenu stanja

$$\frac{p_0}{\rho_0^K} = \frac{p_d}{\rho_d^K}$$

dobije protok zraka

$$q_{mz} = \alpha_d S_d v_d \rho_d$$

$$q_{mz} = \alpha_d S_d \sqrt{2 p_0 \rho_0 \frac{K}{K-1} \left[\left(\frac{p_d}{p_0} \right)^{\frac{2}{K}} - \left(\frac{p_d}{p_0} \right)^{\frac{K+1}{K}} \right]}$$

3.4.2. Elektroničko ubrizgavanje

Elektronički upravljani (regulirani) uređaji za ubrizgavanje benzina sastoje se od dijelova za dobavu goriva i ubrizgavanje, mjernih senzora, elektroničkog sklopa i računala. Računalo regulira omjer goriva i zraka, mijenjajući količinu ubrizgavanoga goriva, pomoću povratne veze koju čini senzor količine kisika u ispušnim plinovima lambda-sonda. Cilj regulacije je što točniji omjer goriva i zraka, radi manje sirove štetne emisije ispušnih plinova.

Vrste ubrizgavanja prema broju brizgaljki: -single point (jedna brizgaljka za sve cilindre)

-multi point (svaki cilindar ima svoju brizgaljku)

Prednosti: -velika preciznost doziranja goriva u svim mogućim uvjetima rada motora (moguće je uzeti u obzir čitav niz utjecajnih faktora)

-jedino uz pomoć ovih uređaja i katalizatora moguće je ispuniti današnje stroge propise o čistoći ispušnih plinova automobilskih Ottovih motora

-na vrlo profinjen način se može ostvariti sigurnost pogona (zaštita motora od havarije i osiguravanje mobilnosti vozila u slučaju otkazivanja pojedinih podsustava uređaja, prelaskom na “sigurnosni način rada”).

Nedostaci: -održavanje traži posebnu opremu i školovani personal

-usprkos velikog povećanja pouzdanosti i servisnih intervala, korisnik vozila u najvećoj mjeri ovisi o ovlaštenom servisu (priklučenje na upravljačko računalo moguće je jedino uz pomoć posebnog proizvođačevog računalskog uređaja putem za sada nestandardnog priključka i posebnog softwarea).

Common Rail uređaji za ubrizgavanje benzina primjenjuju se kod motora s izravnim ubrizgavanjem u cilindar. Svi novi automobilski Ottovi motori od početka 21. stoljeća imaju izravno ubrizgavanje benzina. U Europi se Common Rail kod benzinskih motora počeo primjenjivati od 2006. godine i danas je taj sustav postao standardnim uređajem za pripremu gorive smjese kod svih novih motora.

Slika 18: Common rail sustav



Izvor: <https://www.continental-automotive.com/en-gl/Passenger-Cars/Powertrain/Gasoline-Technologies/Injection-System/Fuel-Rail>

Najveći tlakovi ubrizgavanja dostižu približno 150 bar. Brizgaljke su u početku bile elektromehaničke, a kod motora najnovije generacije se primjenjuju piezo brizgaljke. Zbog naglog razvoja ovog područja proizvođači ovih uređaja vrlo brzim ritmom izbacuju na tržište nove izvedbe.

U fazi zagrijavanja katalizatora (do približno 250°C) brizgaljke ubrizgavaju gorivo dvaput u jednom radnom procesu. Prvo ubrizgavanje (oko 80 % ukupne količine) je u taktu usisa da bi se postigla što homogenija smjesa u cilindru. Drugo ubrizgavanje je neposredno prije GMT, tako da se izgaranje protegne na takt ekspanzije, čime se povećava temperatura ispušnih plinova pa se katalizator brže zagrije na radnu temperaturu.

4. POMOĆNI SUSTAVI OTTOVIH MOTORA

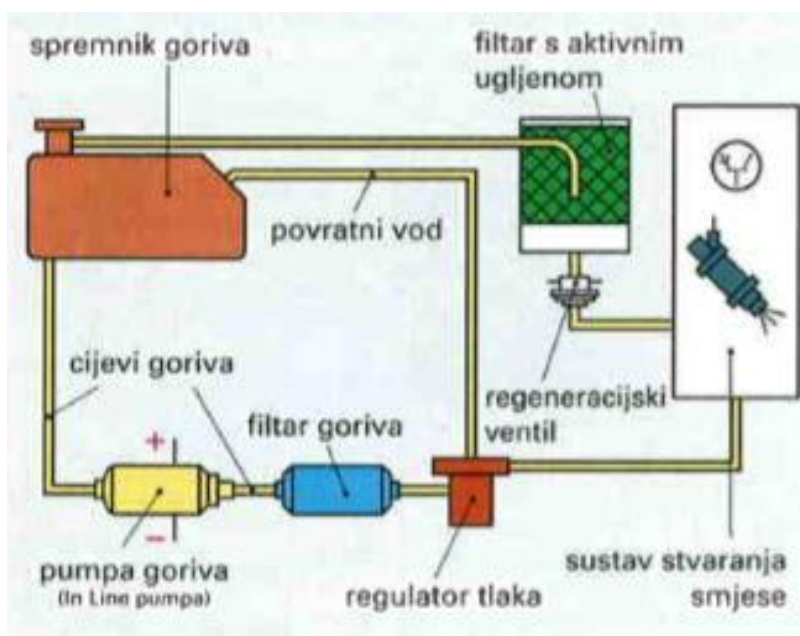
4.1. Spremnici goriva

Čelični spremnici (iz čeličnog lima) izvana i iznutra prevučeni su zaštitnim antikorozivnim slojem. Spremnici složenih oblika izrađuju se iz plastičnih masa (npr. polietilen). Kod velikih spremnika i ekstremnih uvjeta vožnje (npr. trkaća vozila u zavojima, vožnja po strmim padinama) gorivo se može tako rasporediti da ga pumpa više ne može usisavati.

Pad snage motora može se izbjeći:

1. ugradnjom pregradnih zidova u spremnik goriva (limovi s otvorima),
2. ugradnjom Catch-Tanka -u spremniku se nalazi mali spremnik goriva koji je uvijek ispunjen gorivom. Obično Catch-Tank tvori ugradbenu cjelinu s pumpom goriva (InTank pumpa), usisnim filtrom i pokazivačem količine goriva. Ovaj mali spremnik može služiti i u slučaju nestanka goriva (tzv. rezerva).

Slika 19: Sustav dovoda goriva

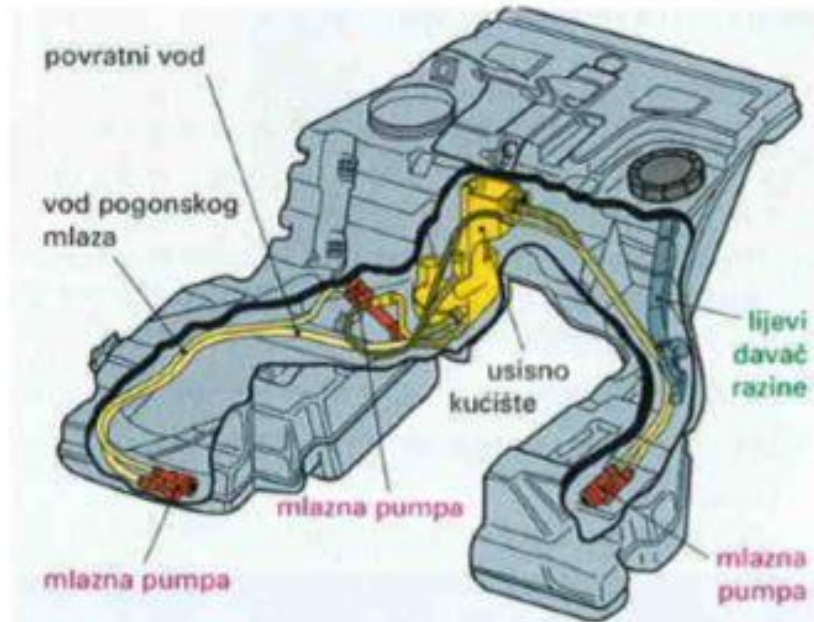


Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 56.

Spremnik goriva mora biti otvoren prema okolišu preko odzračnika, čime je spriječena pojava podtlaka pri crpljenju goriva koji bi deformirao stjenke spremnika. Također, spriječena je i pojava tlaka zbog zagrijavanja goriva tako što se višak goriva privremeno sprema u preljevnu posudu, a pare goriva odvođe preko filtera s aktivnim ugljenom (pare goriva se pri upućivanju motora usišu u cilindre).

Gorivo se ne smije ni kod prevrtanja vozila izliti iz sustava dovoda (preko otvora za ulijevanje goriva ili preko zračnika). Radi toga je ugrađen nepovratni ventil s kuglicom koji kad se vozilo prevrne, zatvori prolaz goriva (kuglica pod djelovanjem gravitacije zatvori prolaz gorivu).

Slika 20: Spremnik goriva



Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 56.

Gorivo od spremnika do motora dolazi kroz cjevovod koji mora izdržati udarce i vibracije vozila te požar. Cijevi se postavljaju tako da budu zaštićene od mehaničkih oštećenja, a moraju se izbjeći sve točke zagrijavanja (ispušni sustav) kako bi se spriječila tvorba parnih čepova u gorivu. Materijal za izradu cijevi je čelik, a na mjestima gdje vodovi moraju biti gibljivi, koristi se specijalna guma ili plastika otporna na mineralna ulja i goriva (takvi materijali ne smiju biti lako zapaljivi). Ovi se materijali pri dužoj uporabi kemijski mijenjaju (stare), postaju krhki i porozni, pa može doći do propuštanja goriva. Stoga se pri redovitim pregledima mora provjeriti i stanje cijevi za gorivo.

4.2. Pročistači (goriva i zraka)

Pročistač zadržava nečistoće koje bi smetale sustavu dovoda (pumpi), a naročito sustavu za pripremu smjese (brizgaljke su jako osjetljive i na najsitnije čestice nečistoće).

Razlikujemo različite konstrukcije filtera:

1. In-Line filtri - montiraju se na proizvoljnom mjestu u cjevovodu. Izrađuju se s mrežicom ili papirnatim uloškom. Filtri s finom mrežicom služe kao pred filtri u spremnicima ili u pumpama

goriva. Mrežica je metalna ili iz poliamidnog pletiva. Fino filtriranje goriva postiže se tek s papirnatim ulošcima koji imaju veličinu pore 2 - 10 μm . Kad se zaprljaju, zamjenjuju se u kompletu s vlastitim kućištem,

2. filtarski elementi - izmjenjivi su, imaju kućište ugrađeno na motoru. Za fino pročišćavanje koriste se papirnat ili filcani umetci zamjenjuje se samo umetak, dok je kućište i dalje u upotrebi,

3. zamjenjivi filtri - imaju kućište i umetak, a zamjenjuju se u kompletu.

Pročistač zraka prigušuje šumove usisavanja i odvaja nečistoće iz zraka ne dopuštajući im ulazak u motor (do 95 posto). Čestice prašine u zraku u organskog i neorganskog porijekla, različitih promjera (5-50 μm). Količina prašine ovisi o godišnjem dobu, meteorološkim uvjetima (kiša ili suša), vrsti ceste i okolišu (autoput, bijela cesta, planinski kraj, grad) i varira između 1 mg i 1 g/m³. Primjerice, potroši li motor 10 l goriva, usisa oko 100 m³ zraka i s njim oko 5 g prašine (ako se uzme da u zraku ima prosječno 50 mg/m³ prašine) koja ulazi u motor i s uljem stvara brusnu emulziju.

Brižljivo čišćenje zraka znatno produžuje vijek trajanja motora. Prašina pomiješana s motornim uljem stvara brusnu emulziju koja ubrzava trošenje motornih dijelova (osobito cilindara, klipova | vodilica ventila).

Zrak se može pročistiti:

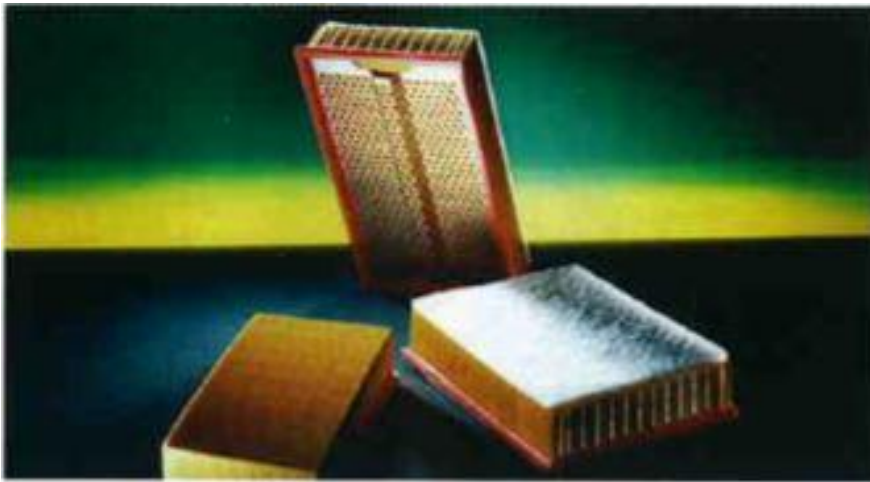
- fino pletenom mrežicom (sitasti filtri, mrežica može biti metalna ili plastična) -
- poroznim elementima (papirni ulošci) -
- nauljenim ploham (limovi, metalni ili plastični oplet, spužva) -
- centrifugalnim djelovanjem (vrtložni filtri).

Filtar zraka mora imati što manji otpor strujanju zraka, pa se radi sa što većom površinom. Isto tako, prigušivanje buke iziskuje razmjerno veliko kućište, što je veće kućište, to filtar može prihvatiti veću količinu prašine, a time se produžuje i vrijeme njegove zamjene.

Ako se pročistač zraka pravodobno ne zamijeni novim (ili ne očisti), povećava otpore strujanja zraka, te postaje uzrok povećanoj potrošnji goriva (stvara se bogatija smjesa) i padu snage motora (smanjuje se punjenje cilindara). Najfinije čestice prašine koje filtar ne može zaustaviti, stvaraju u motoru talog.

Konstrukcije filtara koje se koriste za motore su: suhi, mokri, s uljnom kupkom, vrtložni filtri.

Slika 21: Filtar zraka



Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 60.

Suhi filtri zraka odvajanje prašine odvija se na izmjenjivom filtarskom elementu, najčešće papiru s naborima. Suhi filtri jednostavne su izrade i održavanja, a i vrlo djelotvorni. Danas su standard za osobna i teretna vozila.

Mokri filtri zraka još se koriste u mopedima i nekim manjim uređajima (npr. kosilice trave). Filtarski element je nauljena mreža (metalna ili plastična) ili spužva. Usisavani zrak prolazi preko nauljene površine na koju se lijepo čestice prašine i zadržavaju na njoj.

Filtri s uljnom kupkom, u kućištu filtra nalazi se uljna kupka koja je do određene razine napunjena uljem. Usisavani zrak struji niz cijev preko uljne površine na koju se lijepi grublja i teža prašina. Zračna struja sa sobom odnosi fine kapljice ulja koje se u filtarskom elementu (sitasto pletivo, metalna ili plastična mreža) spajaju u veće kapi. Prašina nošena zračnom strujom lijepi se na mrežu i s većim kapima ulja pada u kupku (to je ujedno i taložnik, prašina se skuplja na dnu tvoreći mulj).

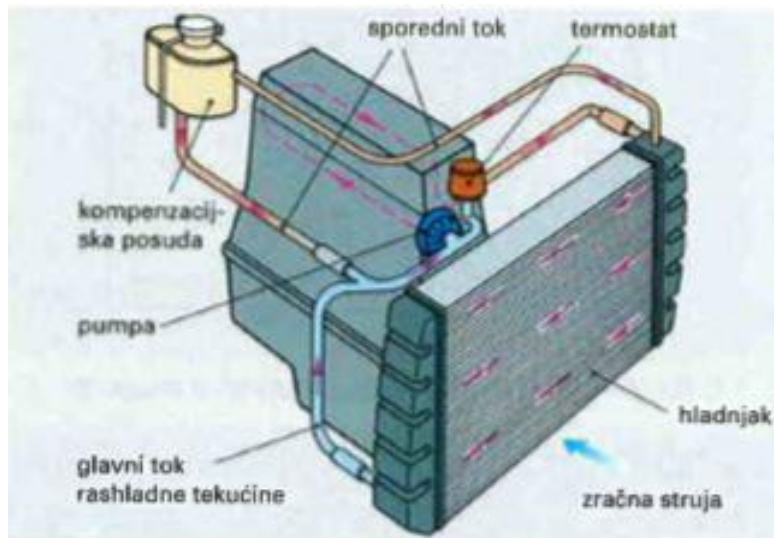
Vrtložni filtri se ugrađuju u motore koji rade u vrlo prašnjavom okolišu, a to su npr. poljoprivredni i građevinski strojevi. Usisavani zrak dovede se u jako vrtložno gibanje, kod kojeg centrifugalna sila odvaja grubu prašinu u poseban taložnik (grubo čišćenje). Nakon toga se zrak koji još uvijek sadrži finu prašinu vodi u sljedeći stupanj (fino filtriranje) kojeg čini suhi filtar ili filtar s uljnom kupkom.

4.3. Sustav hlađenja motora

Zbog visokih temperatura koje nastaju pri izgaranju u cilindrima, potrebno je hladiti dijelove koji se jače zagrijavaju. To su cilindri i poklopci cilindara, a kod jačih motora i klipovi, ispušni ventili, brizgaljke, ispušni vod i hladnjaci zraka i ulja.

Kod motornih sredstava imamo dva načina hlađenja motora. Hlađenje zrakom i hlađenje rashladnim tekućinama. Pri zračnom hlađenju, vjetar u toku vožnje ili zrak koji pokreće ventilator struji oko rashladnih rebara na vanjskoj strani glave ili cilindara. Pri hlađenju tekućinom stjenke motora su oplakivane rashladnim sredstvom, a to je obično voda s raznim dodacima. Motor najbolje radi, bez obzira na broj okretaja, kad je temperatura rashladne tekućine u blizini termostata 80 do 85°C.

Slika 22: Rashladni sustav



Izvor: Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb, stranica 115.

Previsoke temperature motora pogoršavaju podmazivanje dijelova motora, jer se smanjuje viskoznost ulja za podmazivanje i nosivost uljnog filma te se povećava rizik metalnog kontakta. Smanjuje se tvrdoća materijala, ubrzava habanje vitalnih dijelova te povećavaju rizik pucanja najopterećenijih: klipni prstenova, ležajeva, klipnjača, glave, bloka...

5. ZAKLJUČAK

Otto motori s unutarnjim izgaranjem mogu biti dvotaktni i četverotaktni, to jest radni ciklus im se može odvijati u jednom ili dva okretaja radilice. Podjela glavnih dijelova motora nije standardizirana ali svakako se mogu izdvojiti blok i glava motora, klipni mehanizam, razvodni mehanizam... Osim glavnih dijelova za neometan rad motora postoje i uređaji za pokretanje motora, napajanje gorivom, za njegovo hlađenje i podmazivanje te pročištači koji ga štite od eventualnih opasnosti iz okoline.

Dvotaktni motori su jednostavnije građe od četverotaktnih te se puno manje koriste u prometu zato što su četverotaktni ekonomičniji te ekološki prihvatljiviji.

Ottovi motori osobiti su zbog pogonskog goriva koje je lako hlapljivo (benzini, alkoholi, plinovi) stlačivanja smjese goriva izgaranju pri $v = \text{const.}$ glavno obilježje Otto motora je izgaranje pri konstantnom volumenu: izgaranje se odvija oko GMT-a kad klip ima malu brzinu gibanja, pa se može reći da je promjena volumena izgaranja zanemariva; te promjene snage promjenom količine smjese (leptirom gasa u usisnoj grani), odnosno promjenom koeficijenta punjenja cilindra. Količina smjese mijenja se promjenom položaja prigušne zaklopke.

6. LITERATURA

1. https://autoportal.hr/clanak/shto_je_oktanski_broj
2. Grupa autora, Tehnika motornih vozila, HOK, 2006, Zagreb
3. Jeras, D.: Klipni motori: uređaji, Školska knjiga, 1992, Zagreb

POPIS SLIKA

Slika 1: Presjek motora	3
Slika 2: Oblik klipa u hladnom stanju (lijevo) i oblik klipa na radnoj temperaturi (desno)	5
Slika 3: Pad tlaka pri prolasku kroz klipne karike	5
Slika 4: Dvodijelna klipnjača	6
Slika 5: Koljenasto vratilo ili radilica	7
Slika 6: Blok motora	8
Slika 7: Glava motora	9
Slika 8: Zamašnjak	10
Slika 9: Bregaste osovine i ventili	11
Slika 10: Radni ciklus četverotaktnog Otto motora	12
Slika 11: Redoslijed i razmak paljenje cilindara	13
Slika 12: Dvotaktni Otto motor	14
Slika 13: Radni ciklus dvotaktnog motora	15
Slika 14: Stvarni pV dijagram	18
Slika 15: Razvodni mehanizam	21
Slika 16: Rasplinjač	22
Slika 17: Uređaj za rad neopterećenog motora	23
Slika 18: Common rail sustav	25
Slika 19: Sustav dovoda goriva	26
Slika 20: Spremnik goriva	27
Slika 21: Filtar zraka	29
Slika 22: Rashladni sustav	30