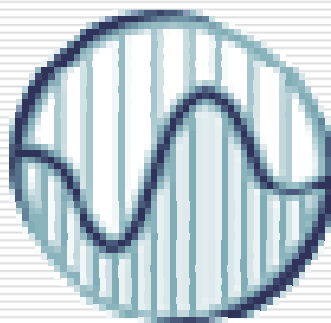
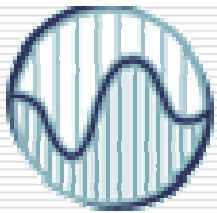




Висока школа електротехнике и
рачунарства струковних студија

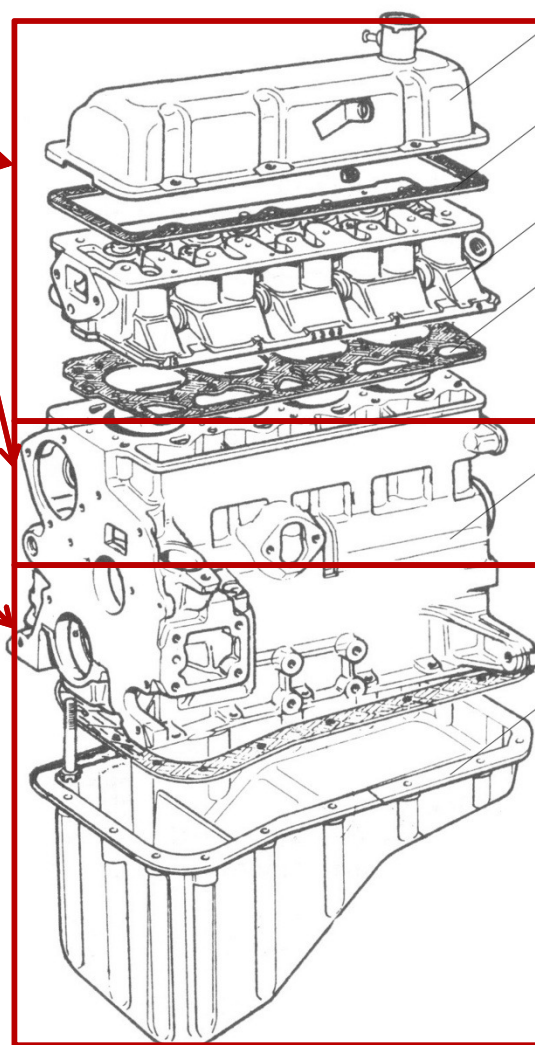
ГЛАВНИ ДЕЛОВИ МОТОРА СУС

1. Главни непокретни делови
2. Главни покретни делови



Непокретни делови мотора СУС

- глава цилиндара
- блок цилиндара
- кућиште мотора



поклопац цилиндарске главе

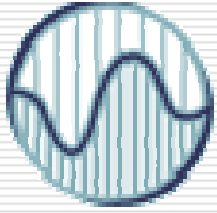
заптивка поклопца главе

цилиндарска глава

заптивка цилиндарске главе

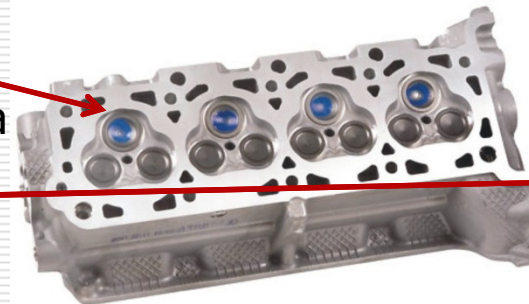
цилиндарски блок и горње кућиште

доње кућиште мотора



ГЛАВА ЦИЛИНДАРА

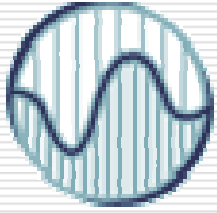
- ❑ затвара радни простор са стране супротне челу клипа и формира комору за сагоревање
- ❑ сложен геометријски облик
- ❑ смештај појединих делова:
 - система за развод радне материје,
 - система за хлађење
 - система за подмазивање
 - коморе за сагоревање код неких мотора
 - система за довод горива
 - система за паљење смеше ото мотора
- ❑ конструкцијске реализације
 - изједна за све цилиндри
 - удвојена за парове цилиндара
 - посебно за сваки цилиндар



а)

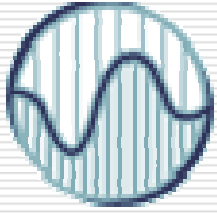


б)



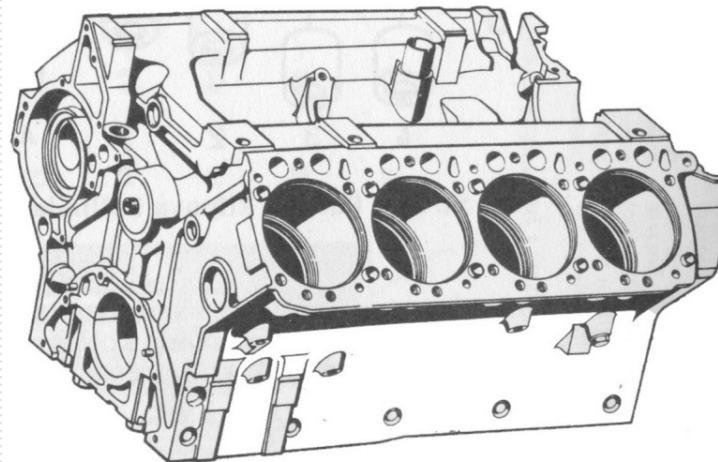
Глава цилиндара - конструкција

- поклопцем главе заштићени елементи система за развод радне материје
- повезивање са блоком вијцима у блок цилиндара или кућиште мотора (веома важан редослед притезања вијака код монтаже)
- заптивање коморе за сагоревање
 - хлађење течношћу: специјални заптивач
 - хлађење ваздухом бакарни заптивач
- глава цилиндара ваздушно хлађених мотора оребрена и обавезно посебно за сваки цилиндар
- седишта и вођице вентила посебно упресоване
- материјали: алуминијумске легуре или сиви лив

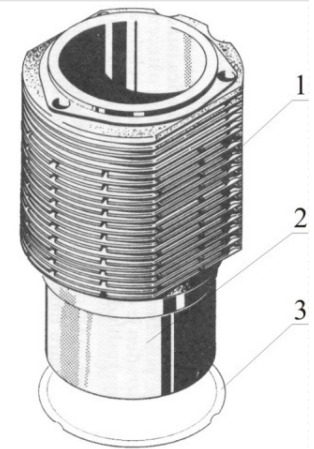


БЛОК ЦИЛИНДАРА

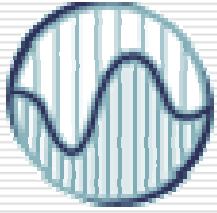
- простор у ком се крећу клипови
- ваздушно хлађени мотори: оребрене цилиндарске кошуљице засебно за сваки цилиндар
- мотори хлађени течномшћу: заједнички блок цилиндара са каналима за хлађење и цилиндарским кошуљицама за све цилиндри једне гране
- код мањих мотора хлађених течномшћу блок цилиндара ливен заједно са кућиштем
- Материјали:
сиви лив или
алуминијумска
легура



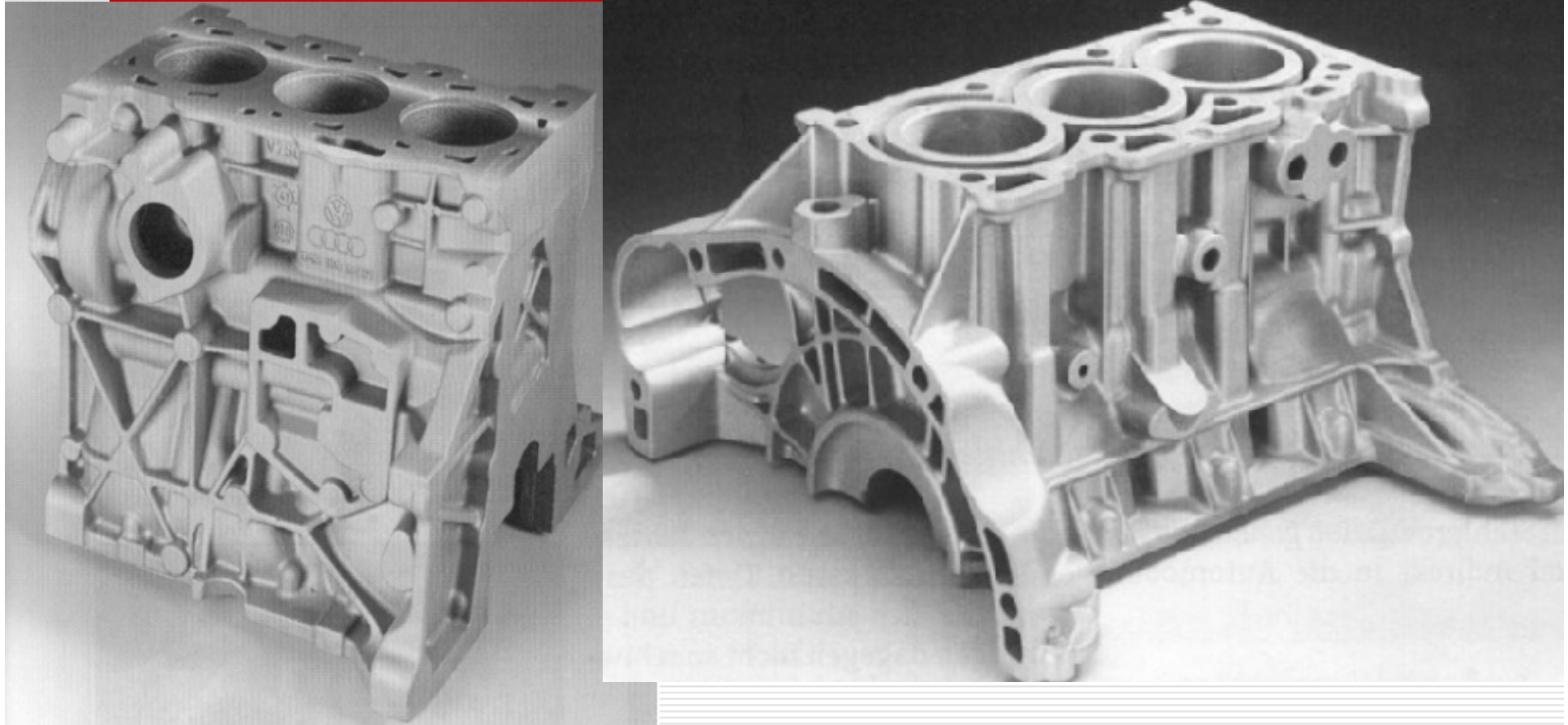
а)



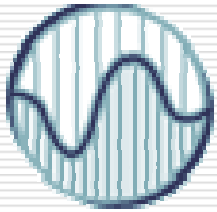
б)



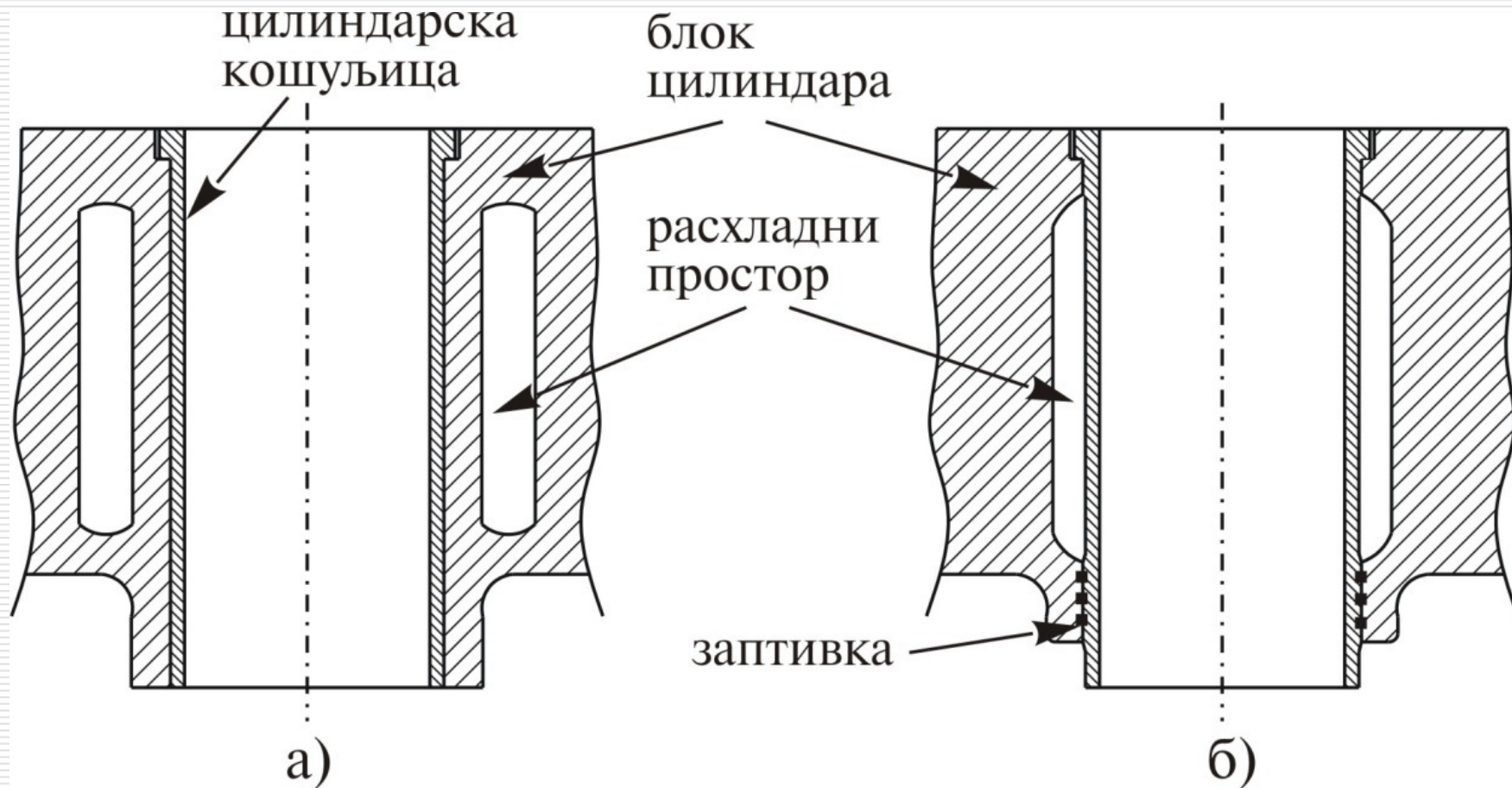
БЛОК ЦИЛИНДАРА



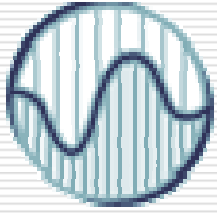
Блокови Дизел мотора од алумињске легуре: **VW TDI** ($1,2 \text{ dm}^3$, за аутомобил **Lupo**) у изведби *Closed-Deck* (лево) и блок мотора **MCC Smart** ($0,8 \text{ dm}^3$) у изведби *Open-Deck* (десно)



Цилиндарске кошуљице



- ❑ посебно уграђене у цилиндарски блок
- ❑ материјали са добрим фрикционим особинама
- ❑ варијанте: сува (а) и мокра кошуљица (б)



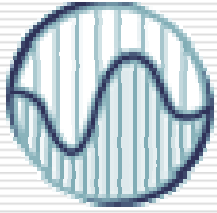
Цилиндарске кошуљице - мокре

Предности:

- једноставнија уградња и замена,
- добро хлађење цилиндра јер је у директном контакту са простором кроз који циркулише течност за хлађење,
- веома распрострањено на средњим и већим моторима.

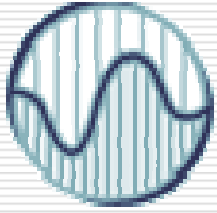
Недостаци:

- недовољна крутост,
- отежано ослањање у блоку,
- проблематично заптивање расхладног простора,
- кавитација



КУЋИШТЕ МОТОРА

- обједињује све елементе мотора у једну целину
- обезбеђује крутост мотора
- омогућава ослањање коленастог вратила
- елементи: горње кућиште и доње кућиште – картер
- у картер се слива уље за подмазивање, а код неких мотора он је и резервоар уља
- материјали – сиви лив (горње) и пресовани челични лим (картер)

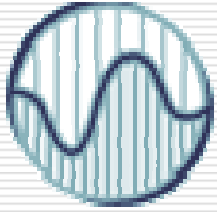


ПОКРЕТНИ ДЕЛОВИ МОТОРА

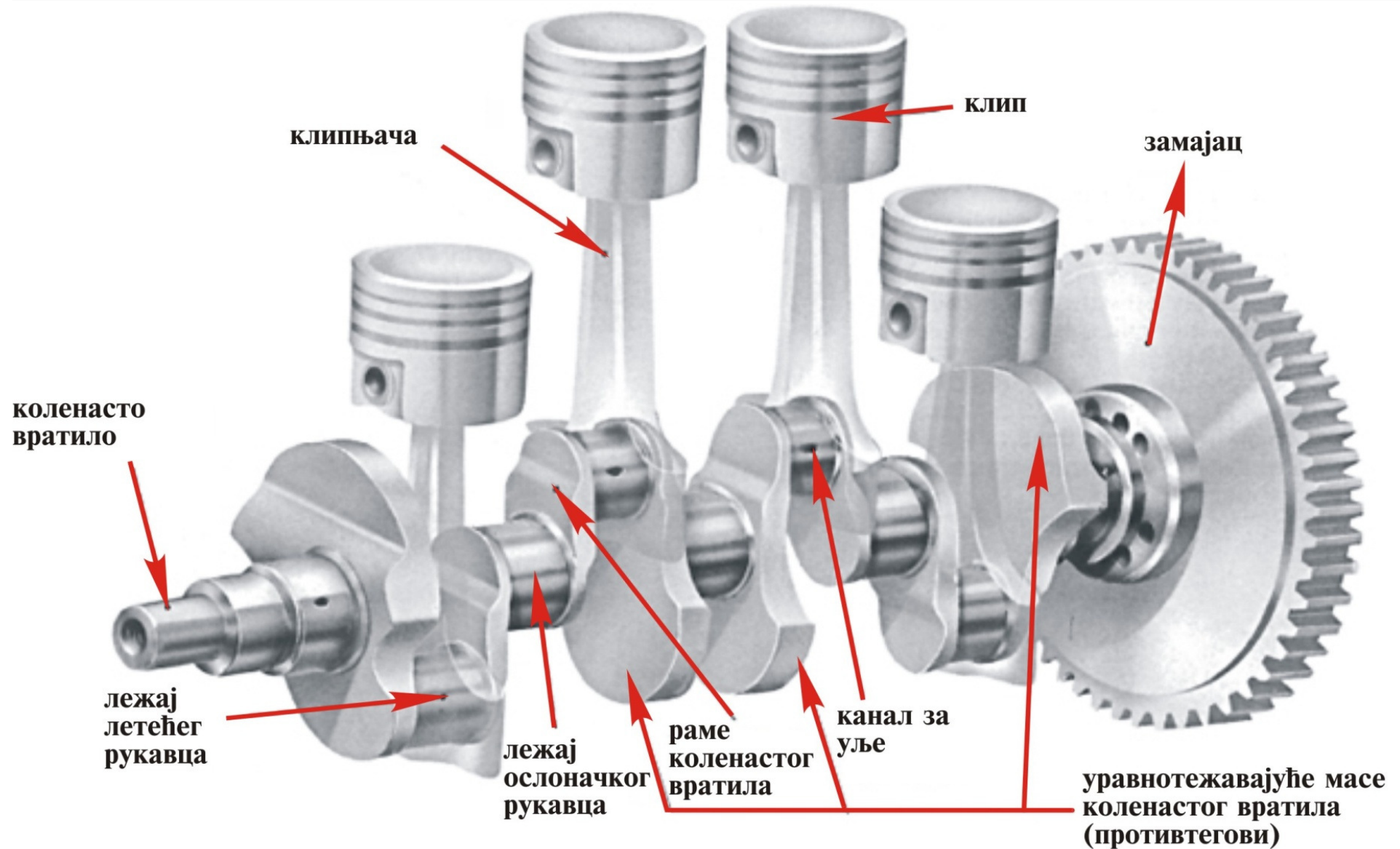
- ☐ *клипна група,*
- ☐ *склоп клипњаче и*
- ☐ *коленасто вратило са замајцем.*

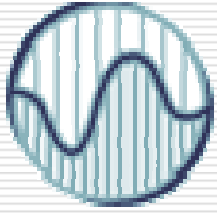
Клипна група

- клип,
- клипни прстенови и
- осовиница клипа са осигурачима (уколико постоје)



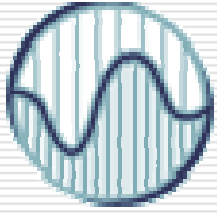
ПОКРЕТНИ ДЕЛОВИ МОТОРА СУС



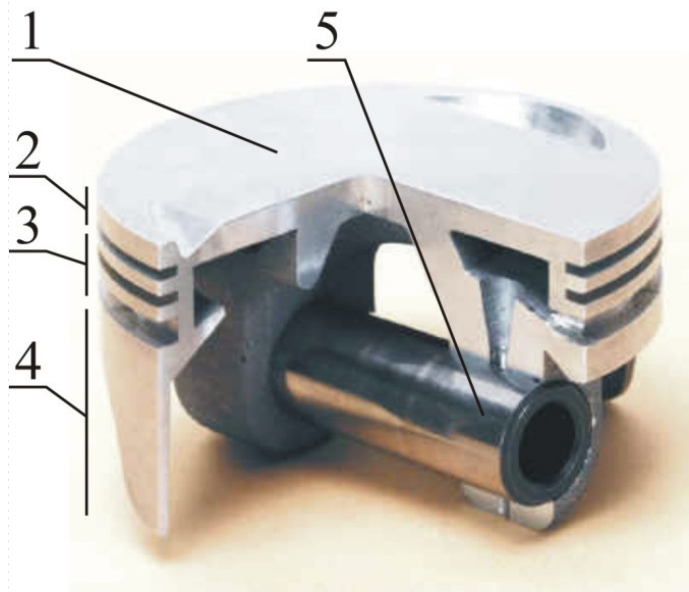


Клипна група (клипни склоп)

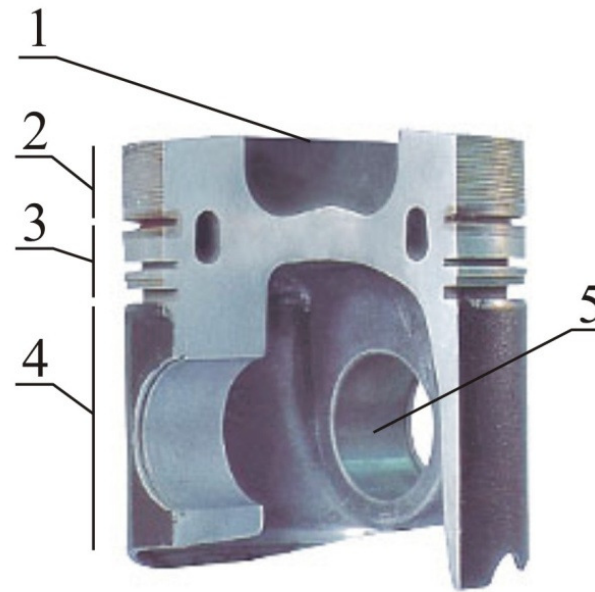
- ☐ пријем силе притиска гасова и пренос силе на клипњачу,
- ☐ заптивање радног простора мотора,
- ☐ обезбеђење подмазивања клизних површина сопственог склопа и цилиндра,
- ☐ одвођење топлоте са чела клипа на кошуљицу,
- ☐ пријем нормалне силе клипног механизма и њен пренос на цилиндарску кошуљицу,
- ☐ учешће у формирању коморе сагоревања обликом свог чела,
- ☐ код двотактних мотора, клип учествује у развођењу радне материје



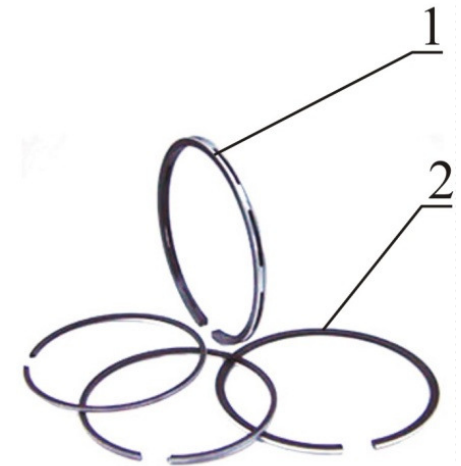
Клипна група - конструкција



а)

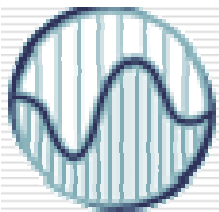


б)



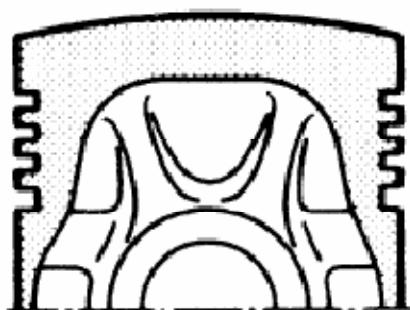
в)

1-чело клипа, 2-ватрена зона, 3-зона клипних прстенова, 4-плашт клипа, 5-осовиница, 1в-уљни клипни прстен, 2в-компресиони клипни прстен

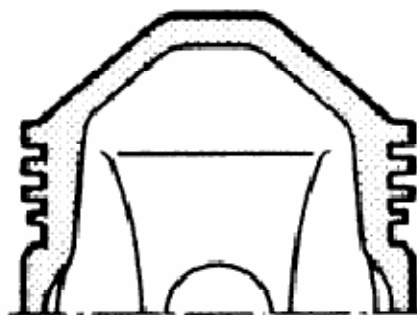


Клип - конструкција

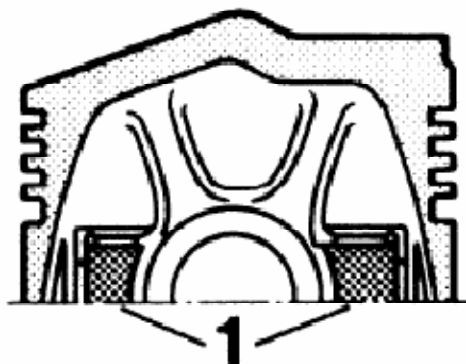
a)



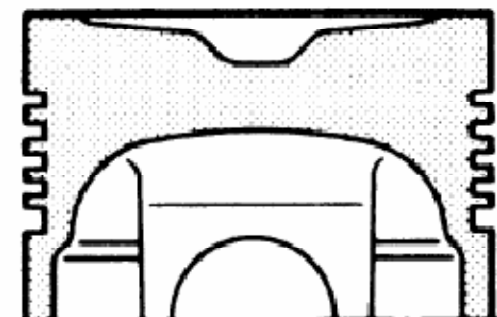
b)



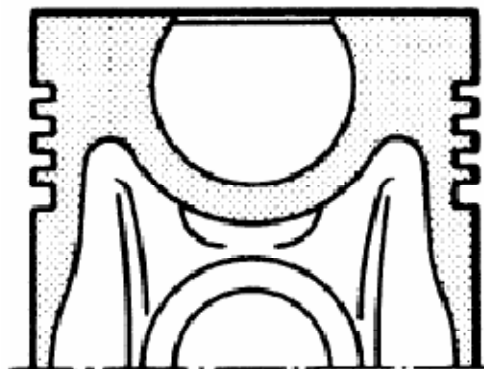
c)



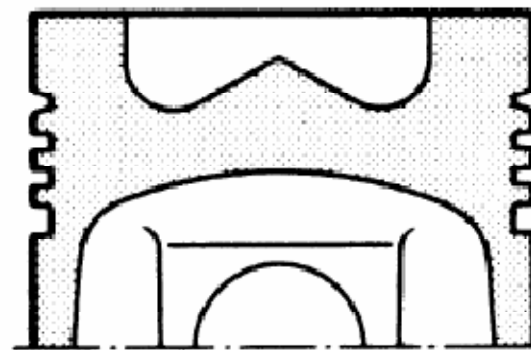
d)



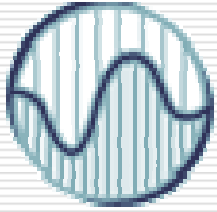
e)



f)



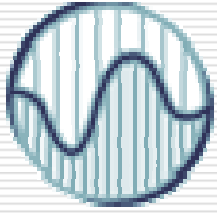
Клипови разних врста мотора: клипови Otto мотора (a, b и c) и Diesel мотора с подељеним простором сагоревања (d) и с директним убризгавањем горива (e и f).



Облици клипа

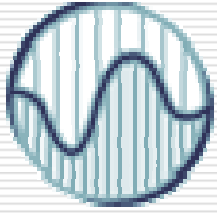


- ❑ Облици круне (главе) клипа: Испупчен, удубљен и раван
- ❑ Облици тела и плашта клипа: Пун (по обиму), смањен мање и смањен више
- ❑ Најсавременији облик клипа подразумева и малу висину клипа и смањен плашт у циљу смањења укупне масе клипа.



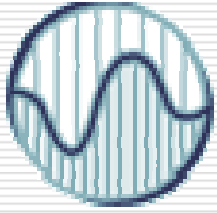
Клип - карактеристике

- a) Маса клипа мора бити што мања, да би му сила инерције (расте с квадратом брзине кретања) била што мања код већих брзина кретања.
- b) Крутост чела (дна) клипа мора бити велика, у подручју лежаја осовинице клипа што мања, а плашт клипа треба бити еластичан.
- c) Клипни утори морају имати велику чврстоћу да их карике не би оштетиле.
- d) Чврстоћа мора бити висока и код повишених температура, нарочито у подручју чела клипа.
- e) Материјал клипа мора имати добру топлотну проводљивост да би температурне разлике на клипу биле што мање и да би одвођење топлоте на цилиндар било што боље.
- f) Клип треба бити конструиран тако да му је растезање с повећањем температуре што мање, да би зазор између клипа и цилиндра и у хладном стању био што мањи, јер је тада заптивање боље а бука је мања (буку изазива превртање клипа у ГМТ с једне на другу страну цилиндра).



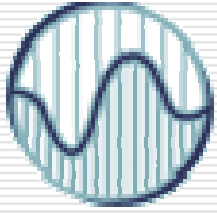
Клип – услови рада

- **Притисци** на чело клипа код пуног оптерећења мотора износе:
 - код **Otto** мотора са природним пуњењем: **40** до **70** bar
 - код **Otto** мотора са надпуњењем: преко **110** bar
 - код **Diesel** мотора са природним пуњењем: **60** до **100** bar
 - код **Diesel** мотора са надпуњењем: преко **220** bar.
- **Температуре** на клипу зависе од низа утицајних величина, као што су процес сагоревања у цилиндру, врсте хлађења, оптерећења итд.
- Највиша температура јавља се на челу клипа и она код Ал-легури не смије пријећи 400°C , јер иначе долази до пукотина па чак и лома.



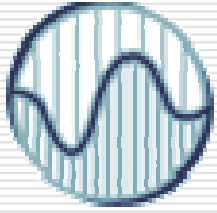
Клип – услови рада

- Највеће температурне разлике између клипа и цилиндра су на горњем делу клипа.
- Међутим добар додир с цилиндром остварују карике па се управо преко њих клип највише и хлади (плашт клипа је од цилиндра одијељен слојем мазивог уља).
- **Средња брзина клипа код највеће снаге мотора** је мера издржљивости склопа клип/цилиндар.
- Код мотора путничких аутомобила она износи до **18 m/s** а код тркачких до **25 m/s**.
- Код великих бродских мотора средња брзина клипа не прелази **10 m/s**.
- У доба свог највећег успона ваздухопловни клипни мотори нису прелазили брзину од **15 m/s**, док данас она у начелу не иде преко **10 m/s**.



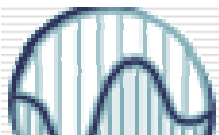
Облици клипа

- Код ***Otto*** мотора правилним обликовањем простора за сагоревање смањује се опасност од **детонације** а донекле и **штетна емисија издувних гасова**.
- Код ***Diesel*** мотора *с директним убризгавањем* горива у цилиндар, простор сагоревања се налази у удубљењу на челу клипа.
- При неким таквим изведбама (нпр. при МАН-овом М поступку) се доња страна чела хлади млазом уља да би била на одређеној температури, погодној за слојевито мешање ваздуха и убризгаваног горива, што погодује сагоревању.
- Облик чела клипа одређен је одабраним поступком сагоревања (Diesel с комором или DI-Diesel).

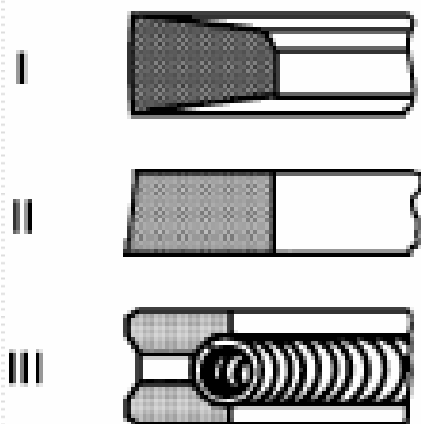


Облиц клипа

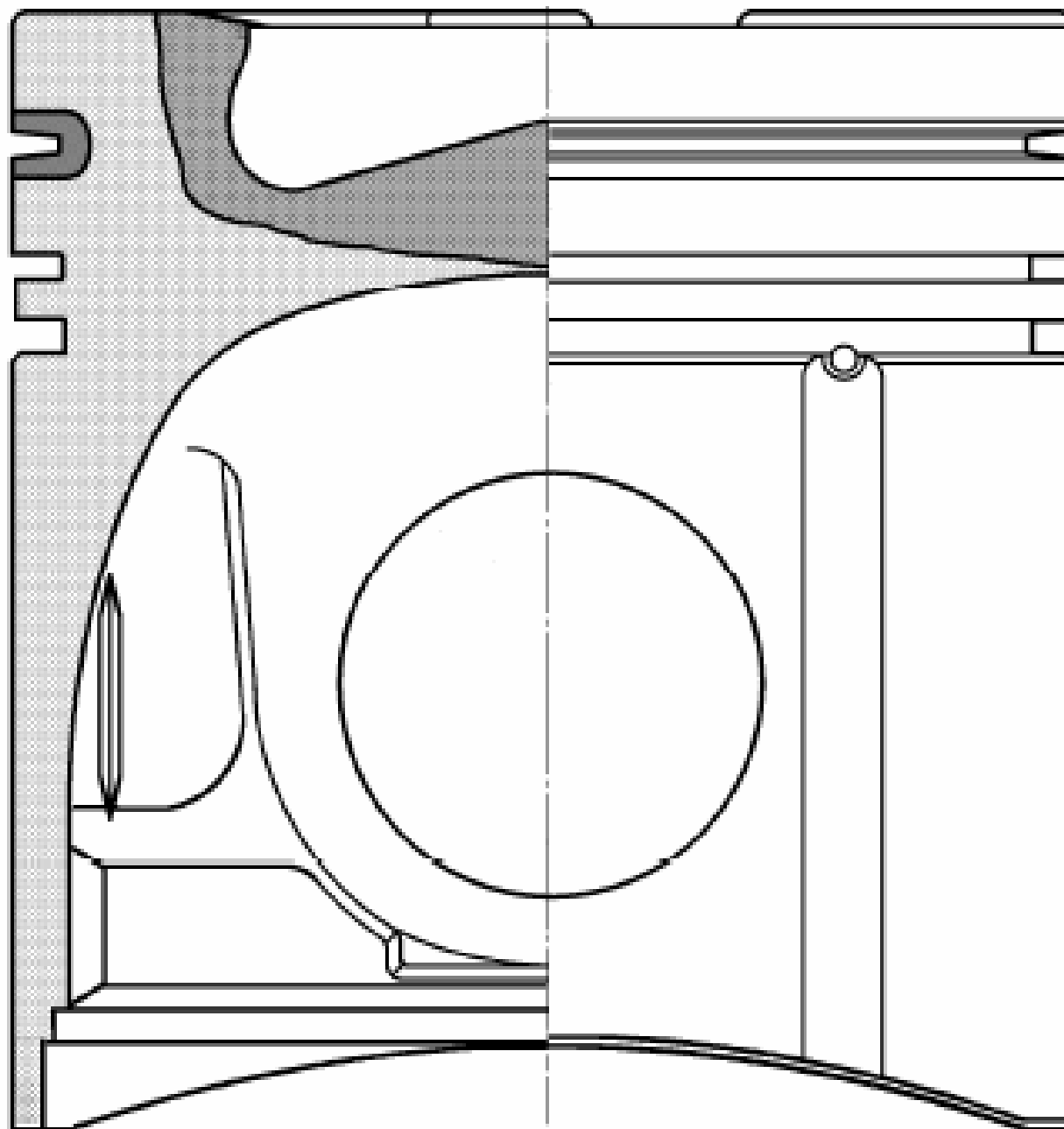
- **Diesel** мотори с подељеним простором сагоревања (преткоморни) имају на челу клипа плитко удубљење које поспешује вртложење запаљене гориве смесе која из преткоморе или вртложне коморе струји у цилиндар.
- Код **2T-мотора** чело клипа заједно с усисним и издувним каналима такође управља разменом радне материје у цилиндру.
- **Вишеделни клип.** Код оптерећенијих Diesel мотора чело клипа се израђује од кованог челика или СЛ те се спаја вијцима на доњи део од специјалног СЛ (нпр. с кугластим графитом) или Al-легуре.
- Вишеделни клипови већином имају и посебно хлађење уљем.
- Код клипа на слици испод уље за хлађење доводи се кроз шупљу клипњачу непосредно на доњу страну чела, а кроз осовиницу у шупљине иза утора клипних прстенова.

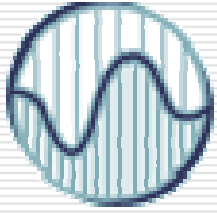


Облицы клипа

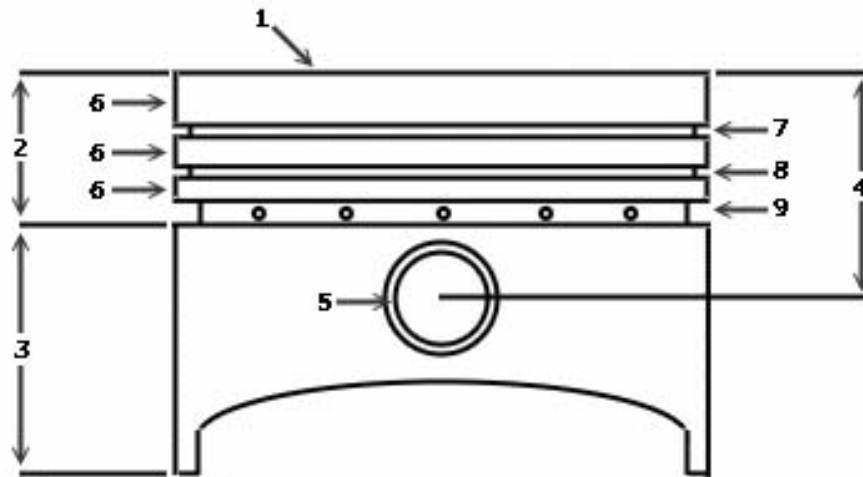


Вишеделни клип

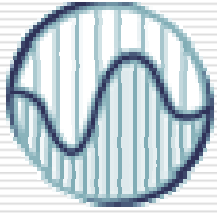




Карактеристични делови клипа - шема



1. Круна или глава клипа, пуна маса
2. Појас клипних прстенова, функција заптивање
3. Плашт, функција ослањање клипа (преко слоја уља) на зид цилиндра
4. Компресиона висина (?), испод је део који води клип у цилиндру
5. Осовиница
6. Гребени које формирају жљебови за клипне прстенове
7. Жљеб компресионог прстена
8. Жљеб прстена са функцијом компресије и стругања уља (комбиновани прстен)
9. Жљеб за уљни прстен* са отворима у клипу за пролаз уклоњеног вишка уља између клипа и цилиндра



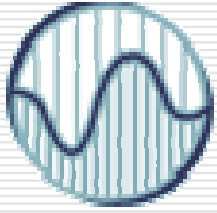
Конструкција клипа

- **Горња површина**
Равна, благо испупчена или удубљена. У удубљењу може бити и цео простор за сагоревање (дизел). Горња површина клипа прима највећи део топлоте.
- **Први бочни гребен (land)**
Иде бочно од горње површине клипа до првог клипног прстена (компресиони). Нема контакт са зидом цилиндра јер је зазор мањи него у зони плашта, којом се клип води у цилиндру. У процепу између цилиндра и првог гребена је потпуно сагоревање отежано због хладних зидова цилиндра. Ту се стварају несагорели угљоводоници ХЦ. Ако на гребену постоје жљебови по обиму, њима се повећава запремина у процепу, гас експандира и притисак и температура гаса падају. "Топлотни штит" за први прстен и повећање заптивања због пада притиска (али појава ХЦ).

Горња површина клипа често се назива "чело" клипа. Материјал који испуњава простор од чела до шупљине у клипу чини "главу" клипа ("head", "crown").

Смањење висине првог гребена смањује масу главе клипа и смањује запремину процепа у којој се стварају несагорели угљоводоници. Међутим, тада је први клипни прстен изложен већем топлотном напрезању, јер је ближи горњој површини клипа која се највише греје. Код течношћу хлађених мотора прстен још прилази ближе врху блока, зони изнад нивоа течности за хлађење у блоку, па се мање хлади. (Горња површина блока).

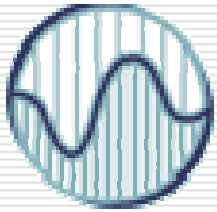
- **Жљебови за клипне прстенове**
Део клипа на ком су жљебови такође нема додир са зидом цилиндра. Код термички оптерећених клипова (дизел) у први жљеб се код ливења ставља прстен од сивог лива као механичко ојачање. Прстен се легира никлом и бакром због изједначења топлотног коефицијента ширења клипа са материјалом блока (зазор крајева прстена), и због бољег провођења топлоте. (Силумин* се приближно два пута више шири од сивог лива).
- **Глава клипа се савија око осовинице под притиском гасне силе, па се често ојачава ребрима која иду од круне до ушица ("окаца").**



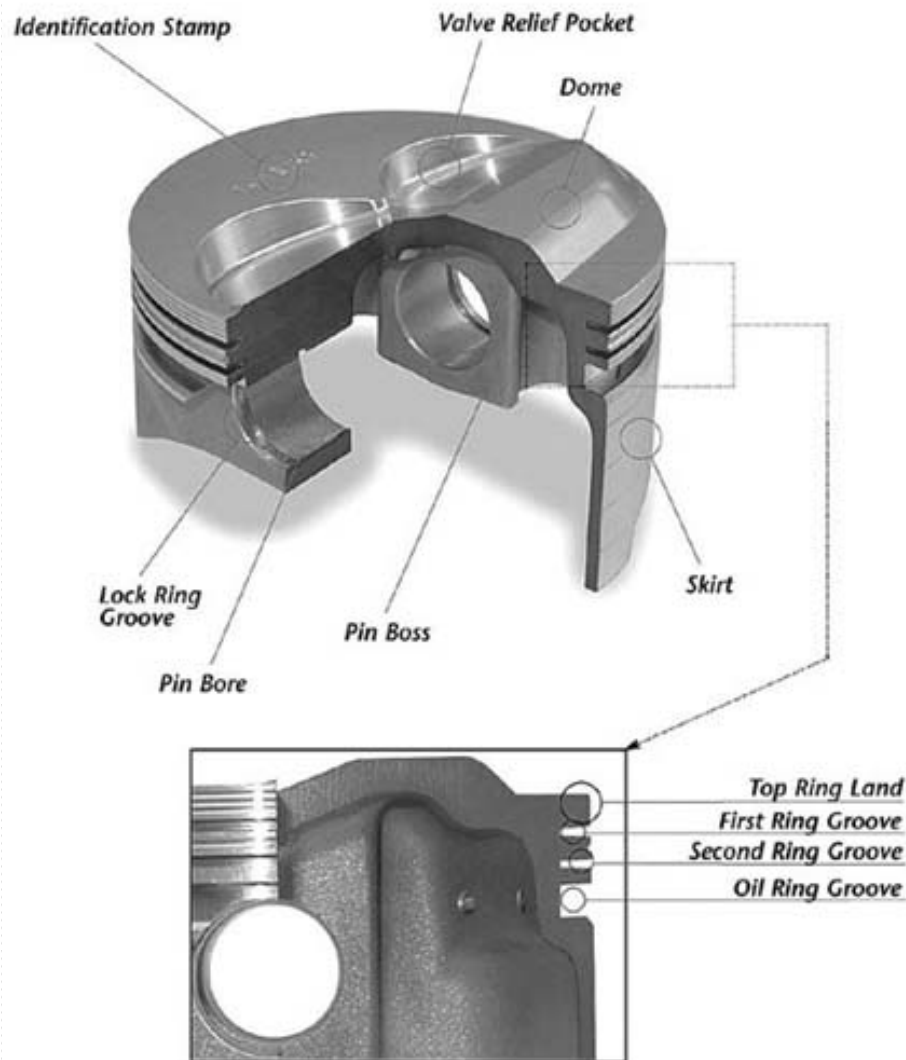
Конструкција клипа

- ❑ **Ушице за осовиницу (“окца”)**
Служе као лежај осовинице клипа. Ако је клип од силумина, клизна својства су добра па за осовиницу клипа нису потребни посебни клизни лежаји. Осовиница се окреће у ушици клипа.
- ❑ **Плашт клипа**
Клип се плаштом ослања на зид цилиндра (индиректно преко слоја уља за подмазивање) под дејством нормалне силе. Плашт води клип не допуштајући контакт главе клипа са зидом цилиндра.
Нормална сила лежи у равни осе осовинице клипа која је управна на осу цилиндра. Правац силе је управан на осовиницу клипа. Нормална сила је променљива по смеру и интензитету због промене положаја клипњаче тиме и положаја клипа у цилиндру.
Плашт није потребан у правцу осе осовинице клипа, јер нормална сила не делује у том правцу. Зато се плашт са крајева осовинице смањује, чиме се смањује и маса клипа и трење плашта о зидове цилиндра (економичност потрошње горива).
- ❑ **Радни зазор између плашта и цилиндра треба да буде минималан, због најбољег заптивања.** Минимална дебљина слоја уља за подмазивање, која се не “кида” између клипа (плашта) и зида цилиндра је $5-10\text{ }\mu\text{m}$ ($0.005-0.01\text{ mm}$). По пречнику је то најмање 0.02 mm , па је зазор клипа и цилиндра са савременом технологијом од $0.02-0.03\text{ mm}$. Смањење испод минималне дебљине слоја уља (0.005 mm) доводи клип у услове полусувог трења, што се не сме допустити. На клип се наноси пресвлака (coat), која ће смањити трење између зидова цилиндра и клипа, у случају недовољног подмазивања.

Недовољно смањено трење ће прво изазвати повећане отпоре кретању клипа, а потом недопуштено грејање клипа, односно његово термичко напрезање. Без подмазивања, клип ће увећати своје димензије и заглавити у цилиндру*.
- ❑ **Ушице клипа и плашт клипа чине тело клипа.**



Конструкција клипа

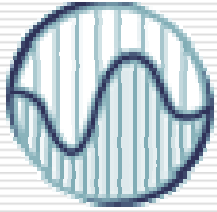


Горња слика

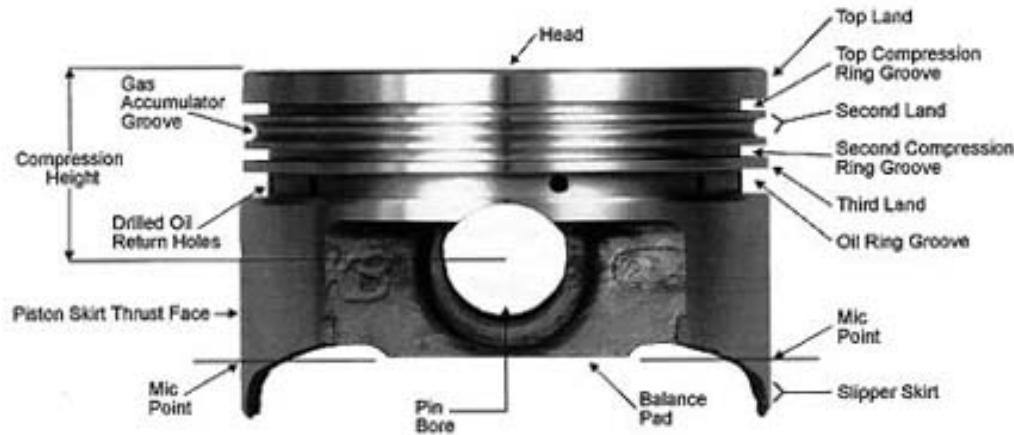
- ❑ Идентификациона ознака
- ❑ Удубљење за вентиле
- ❑ Испупчење (dome) за превртање (tumble) ваздуха/смеше
- ❑ Ушице (Pin Boss) са отвором (Pin Bore) за осовиницу
- ❑ Жљеб за аксијални осигурач (Lock Ring Groove) осовинице клипа (пливајућа веза)
- ❑ Плашт клипа (Skirt)

Доња слика

- ❑ Гребени између прстенова
- ❑ Жљебови за клипне прстенове
- ❑ Отвори на телу клипа за пролаз уља у висини уљног прстена

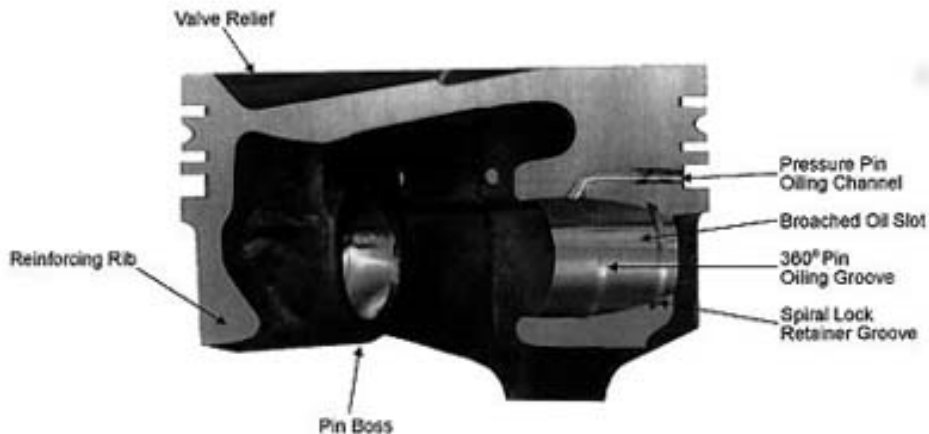


Конструкција клипа



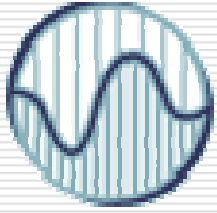
Горња слика

- Глава клипа (горе)
- Жљебови за клипне прстенове и гребени (десно)
- Компресиона висина са жљебом за ширење гаса у току такта експанзије и отворима за пролаз вишка уља (лево)
- Клизна – водећа површина плашта клипа (лево)
- Подвијена ивица плашта (десно)
- Ушице клипа
- Материјал основе за изједначавање међусобних маса клипова уклањањем вишка масе



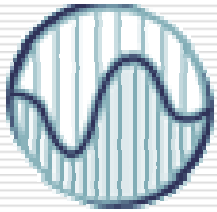
Доња слика

- Удубљење за вентиле (горе)
- Отвори у клипу за пролаз вишка уља који долази из уљног прстена (средица)
- Канал за подмазивање осовинице клипа уљем "под притиском" из жљеба уљног прстена (десно)
- Проврт ушице клипа – легај за осовиницу клипа, површина која се подмазује
- Канал за депоновање уља за подмазивање осовинице клипа у ушици клипа – жљеб 360° - пун круг (десно)
- Жљеб за осигурач осовинице клипа, аксијално померање осовинице (десно)
- Ојачање клипа око ушица (доле лево)
- Ушице клипа (доле)

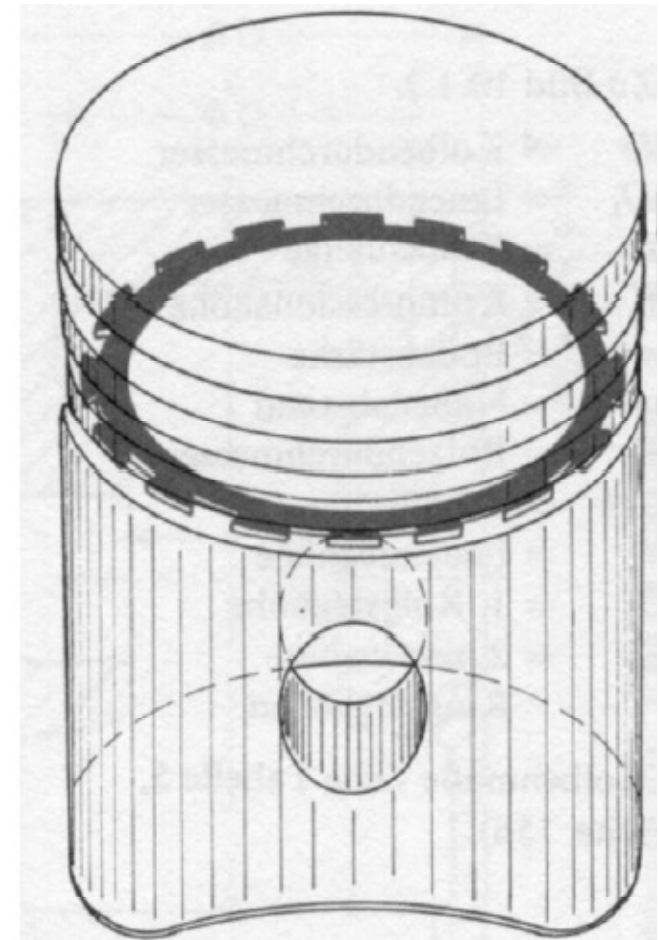
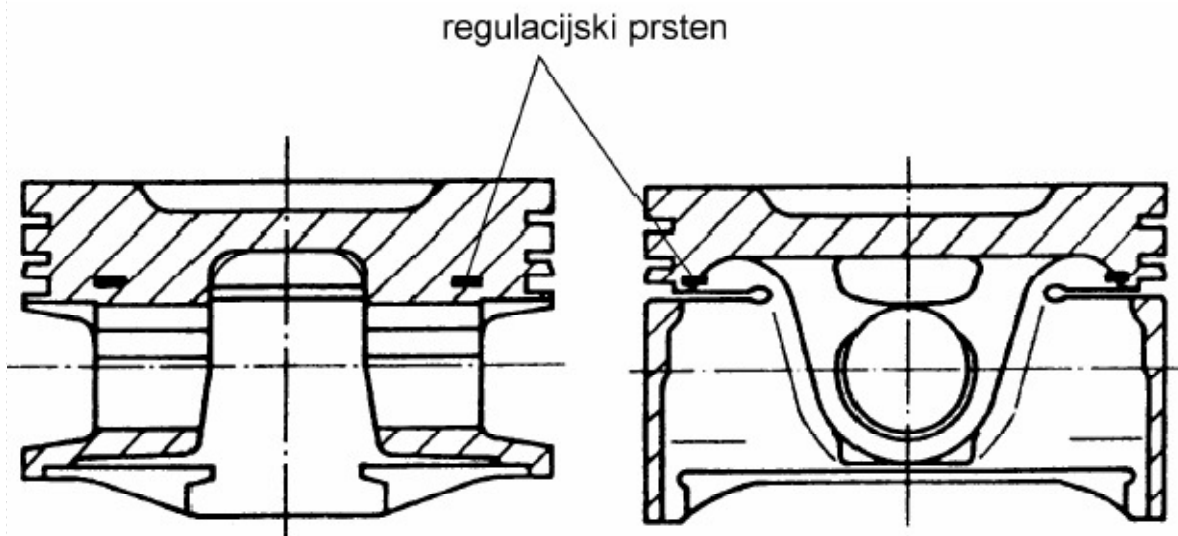


Конструкција клипа

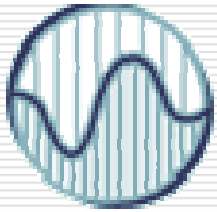
- Да би се смањило топлотно растезање, клипови од Ал-легура се изводе с уливеним челичним плочицама или челичним прстеном који се називају *регулацијоним члановима* (*Regelglieder*).
- Да би се успркос великог удубљења у клипу могао постићи високи степен компресије $\varepsilon = 19.5$ (најбољи компромис између криве момента, штетне емисије и погодности за хладни старт) клип у ГМТ долази толико близу глави мотора да у челу морају бити удубљења за тањириће вентила.
- Облик удубљења у клипу утврђен је бројним експериментима а одабран је онај који је дао најниже вредности штетне емисије код примијењеног начина убризгавања.



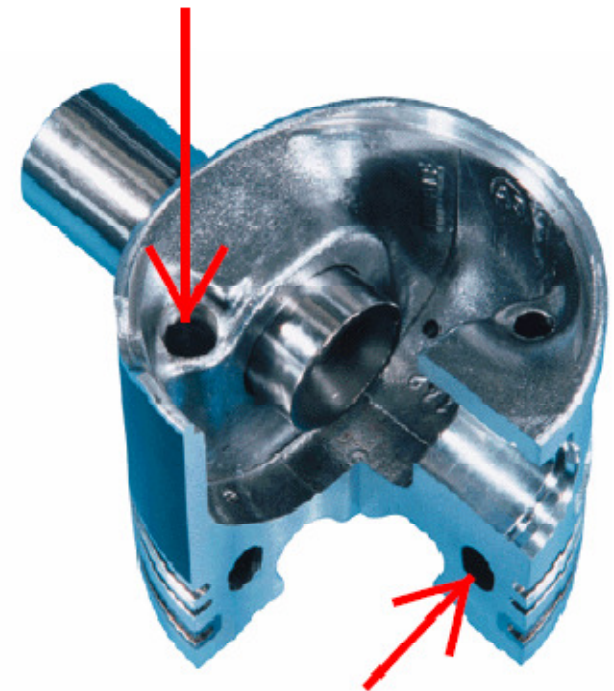
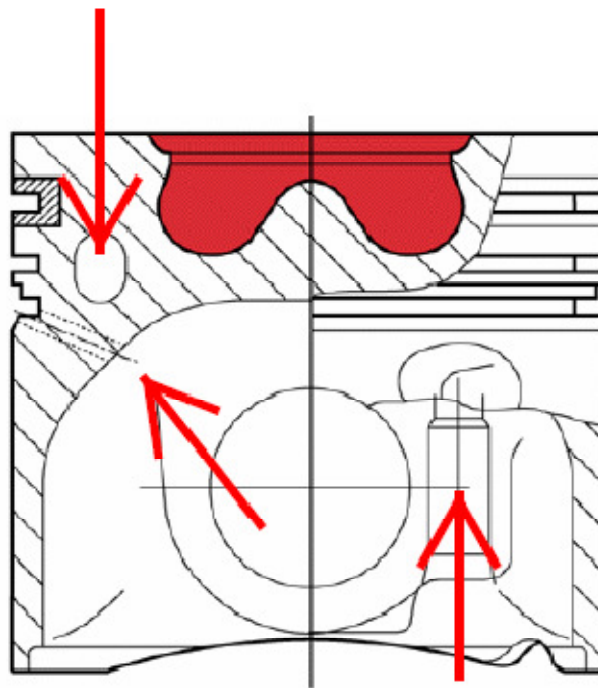
Конструкција клипа



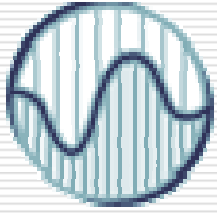
Регулациони челични прстен или регулационе челичне плочице, уливени у клип од Al легуре, смањују његово топлотно растезање: Због тога зазор између клипа и цилиндра може бити мањи, а то смањује буку клипа у фази загревања хладнога мотора.



Конструкција клипа



Клип Diesel мотора Ауди V-6 TDI из 1997. године (4 вентила по цилиндру, 2.5 dm^3 , 110 kW код 4000 min^{-1} , 310 Nm код 3200 min^{-1} , минимална потрошња горива 204 g/kWh)



Механичка и топлотна напрезања клипа

У раду клип трпи два основна механичка напрезања и термичко - топлотно напрезање:

□ **Савијање главе (механичко напрезање)**

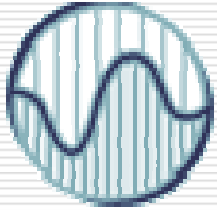
Под притиском гасне силе глава клипа се савија око осовинице клипа. (Најмањи отпорни момент пресека је око осовинице). Мера клипа се повећава у правцу осовинице услед савијања главе. (Савијање главе приближава материјал осовиници, па клип увећава димензије у правцу осовинице.)

□ **Угибање плашта (механичко напрезање)**

Под притиском нормалне силе на зид цилиндра плашт се угиба ка оси цилиндра. Највећи угиб је на средини распона плашта према осовиници клипа. На страни нормалне силе у такту експанзије угиб је већи него на страни нормалне силе у такту компресије, јер је притисак гаса већи за време експанзије (гасна сила) него за време компресије. Мера клипа се повећава у правцу осовинице услед угибања плашта. (Плашт се исправља и материјал приближава осовиници, а димензија клипа расте у правцу осовинице).

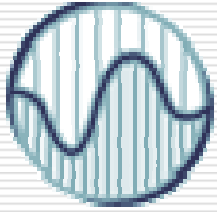
□ **Топлотна дилатација (топлотно напрезање)**

Услед грејања клип се шири. Највише топлоте одлази у ушице и у ушицама се скупља, јер су попречни пресеци ка ушицама највећи, као и око ушица због чврстоће клипа. Мера клипа се повећава у правцу осовинице услед топлотне дилатације ушица које леже на правцу осовинице.



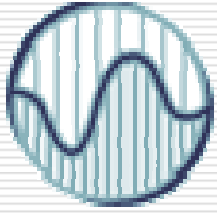
Облик клипа

- ❑ **Облик клипа у хладном стању направљен је са тежњом да у раду под деловањем механичких и термичких напрезања клип добије облик најприближнији цилиндричном.**
- ❑ **Глава клипа је првенствено конична, потом и овална.**
Горња површина клипа (чело главе клипа) је масивно и зато круто, па горња површина нема овалност, него је кружна. Највише се греје горња површина клипа јер је изнад простор за сагоревање. Спуштајући се низ главу клипа температуре падају. Стога је глава клипа конична (зарубљена купа), а коничност се шири од главе према плашту и иде до плашта. Такође расте и овалност, тако да су мере клипа мање у правцу осовинице него у правцу нормалном на осовиницу. Клип је "спљоштен" у правцу осовинице, а у раду се овалност смањује под дејством гасне силе, која савија круну клипа тако да се попречни пресек приближава кружном облику.
- ❑ **Плашт клипа је овалан и буричаст.**
- ❑ Овалност клипа нагло расте на почетку плашта, испод прстена уљног прстена. Највећа овалност је у висини осовинице клипа и мало испод ње, на месту где делује нормална сила, која притиска плашт на зид цилиндра преко осовинице. Идући даље низ плашт овалност се смањује. Такође, температура плашта опада, са падом температуре и топлотна дилатација, па се овалност клипа смањује.
- ❑ Буричаст облик плашта је диктиран са горње стране плашта прелазом са конусне главе на плашт (глава не сме да додирује зид цилиндра). Са доње стране ивица клипа не сме стругати зидове цилиндра, па мора бити подвијена према средини клипа (клипњачи).
- ❑ Највеће приближење цилиндричном облику целог клипа постиже се при највећим напрезањима за које је мотор у раду предвиђен. Што су напрезања мотора мања, одступање од цилиндричног облика клипа у раду мотора је веће.



Аутотермички клипови

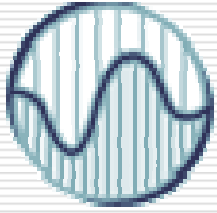
- ❑ Идеја аутотермичких клипова је управљање овализацијом клипа при променљивој радној температури. Замисао се заснива на томе да се спречи топлотно ширење (плашта) клипа у правцу управном на осовиницу клипа, тако што ће се усмерити у правац осовинице клипа.
- ❑ **Радни зазор управно на осовиницу клипа – на страни наслањања клипа на зид цилиндра се тиме одржава у најужим границама.**
- ❑ **Топлотна дилатација** се упућује у правцу осовинице клипа, јер се тамо клип не наслања на зид цилиндра. Будући да на крајевима осовинице клипа нема притиска нормалне силе, подмазивање није директно угрожено.
- ❑ У примени су:
- ❑ **Прорези у клипу**
Прорези у облику слова "П" се постављају тако да граде пролаз топлоте са главе клипа према плашту и усмеравају топлоту према ушицама клипа. Нису довољни за контролу дилатације и слабе механичку чврстоћу клипа између главе и плашта клипа. (Старија решења).
- ❑ **Уливени прстен**
Челични прстен умеће се у клип са унутрашње стране клипа код ливења у висини почетка плашта – испод уљног прстена и изнад осовинице. Прстен смањује укупно ширење плашта јер челик има мањи коефицијент ширења од силумина ($\sim 2x$). При том се прстен не издужује по обиму, али се деформише по кругу. Прстен се шири у правцу осовинице клипа, јер се ушице више греју, што смањује ширину прстена у правцу управном на осовиницу клипа.



Аутотермички клипови

Уливени уметци (биметал)

- ❑ У области ушица клипа постављају се металне плочице код ливења.
- ❑ Заједно са ушицама и масом клипа око ушица граде биметал.
- ❑ Код грејања клип се око плочица шири више (силумин), а плочице мање (челик).
- ❑ Долази до савијања биметала.
- ❑ Средина биметала - клипа се шири у правцу осовинице, а крајеви криве ка осовиници тако да смањују меру у правцу нормалном на осовиницу.
- ❑ Смањење мере клипа биметалом и термичка дилатација се компензују и клип задржава меру у правцу нормалне силе.
- ❑ Зато су ефекти одржавања константног зазора плашта и цилиндра биметалом врло добри у целој области температура, од хладног клипа до клипа на радној температури.



Силе које делују на клип

☐ Гасна сила

Настаје услед притиска гасова у експанзији и делује на горњу површину клипа, у правцу осе цилиндра. Разлаже се на компоненту силе у правцу клипњаче – сила на клипњачу, и компоненту управну на зид цилиндра – нормална сила.

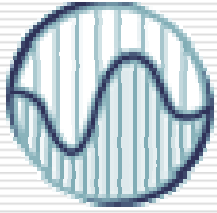
☐ Инерцијална сила – отпор инерције клипа

Делује насупрот кретању (убрзању) клипа. Центар маса клипа налази се у глави клипа јер глава има највећу масу. (Значајно за "звоњаву клипа").

☐ Сила трења

☐ Отпор трења у уљу

Између клипа и цилиндра (плашта) налази се уље за подмазивање. Гранични слојеви уља налазе се на зиду цилиндра и на плашту клипу, за које су залепљени адхезијом. Клип се креће у цилиндру и у кретању повлачи свој гранични слој уља. Истовремено, гранични слој уља залепљен за цилиндар стоји. Долази до смицања слојева уља између граничних слојева на клипу и цилиндру. При смицању у уљу делују вискозне силе између танких слојева уља у релативном кретању једног слоја у односу на други слој уља и стварају отпор трења насупрот кретању клипа.*



Силе које делују на клип

□ Отпор трења клипних прстенова

Уљни прстен ради у условима мокрог трења (подмазивања), комбиновани у условима полусувог трења, а компресиони у условима сувог трења. Компресиони прстен даје највећи отпор трења и ствара и највеће хабање зидова цилиндра.

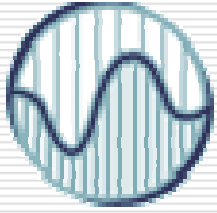
□ Разлагање гасне силе врши се по правилу паралелограма за векторе у правцу клипњаче – сила на клипњачи и у правцу зида цилиндра – нормална сила:

□ Сила на клипњачи

Клип преноси дејство гасне силе на осовиницу, одатле на клипњачу, одакле иде на колено коленастог вратила, дајући обртни момент.

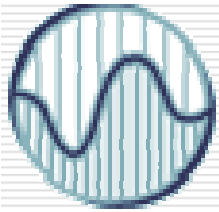
□ Нормална сила

Притиска клип управно на зид цилиндра. Мења смер и интензитет (не мења правац) и премешта клип у цилиндру са једне на другу страну у равни клипњаче.



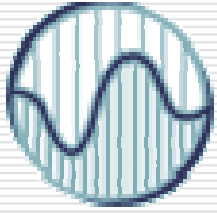
Клипна група - материјали

- Материјали на бази гвожђа (специјално легирани сиви лив, нодуларни лив):
 - велика чврстоћу и отпорност на хабање,
 - релативно мали коефицијент топлотне дилатације,
 - велика специфична масу што их чини непогодним за примену код брзоходних мотора.
- Al – легуре:
 - мала специфична маса (око 3 пута мања од гвожђа),
 - бољи коефицијент топлотне проводљивости (око 3 пута већи у односу на гвожђе),
 - висок коефицијент топлотне дилатације (1,5÷2 пута већи у односу на гвожђе)
 - Проблем топлотне дилатације се решава тзв. аутотермичком конструкцијом клипа.



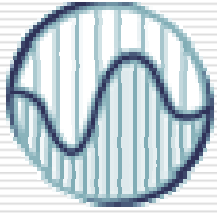
Нове технологије у изради клипова

- Нагли развој Diesel мотора током последњих двадесет година резултирао је иза 2000. године изузетно великим специфичним снагама.
- Тако нпр. Diesel мотор OM651 за путничке аутомобиле Mercedes-Benz достиже средњи ефективни притисак од чак 29,3 bar, специфичну снагу од 70 kW/dm³ и специфични момент од 233 Nm/dm³.
- Највећи притисци у цилиндру код Diesel мотора за путничка возила **прешли су границу од 200 bar.**
- Клип је у поређењу са цилиндром и главом мотора слабо хлађен, а његово чело је изложено високим притисцима.
- Стога су произвођачи клипова за моторе теретних возила, а потом и путничких, за израду почели примјењивати **челик** који има знатно већу чврстоћу код повишених температура од Al-легура.



Новe технологије у изради клипова

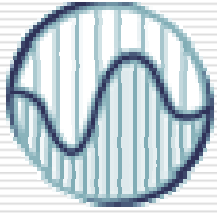
- Примјењују се јефтини ниско легирани челици попут **38MnSiVS5**, а за висока напрезања и температуре челици за побољшавање, високо легирани челици као **SAE4140H** и челици отпорни на високе температуре као **42CrMo4V**.
- Челични клипови се изнутра хладе уљем које у уљни канал прска из брызгалке постављене на блок мотора.
- Да би се смањило трење и повећала сигурност од заривавања, плашт клипа се превлачи посебним слојем графита, слично као и код Ал-клипова.
- Челични клипови подnose за око 180°C веће температуре од алуминијских, а због знатно веће чврстоће може осовиница клипа бити мањег пречника и дужине па је укупна маса челичног клипа и осовинице приближно једнака као она алуминијског.
- Због веће чврстоће челични клип има мању компресиону висину, па је тада и цилиндарски блок нижи и лаганији, што даје лаганији и нижи мотор



Нове технологије у изради клипова

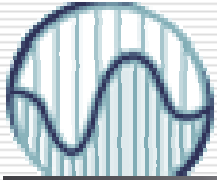


Челични клип **Mahle** за Diesel мотор теретног возила је на тржишту од 2000. г. С доње стране појаса клипних прстенова су причвршћени лимени полумесеци који затварају канал за хлађење у клипу

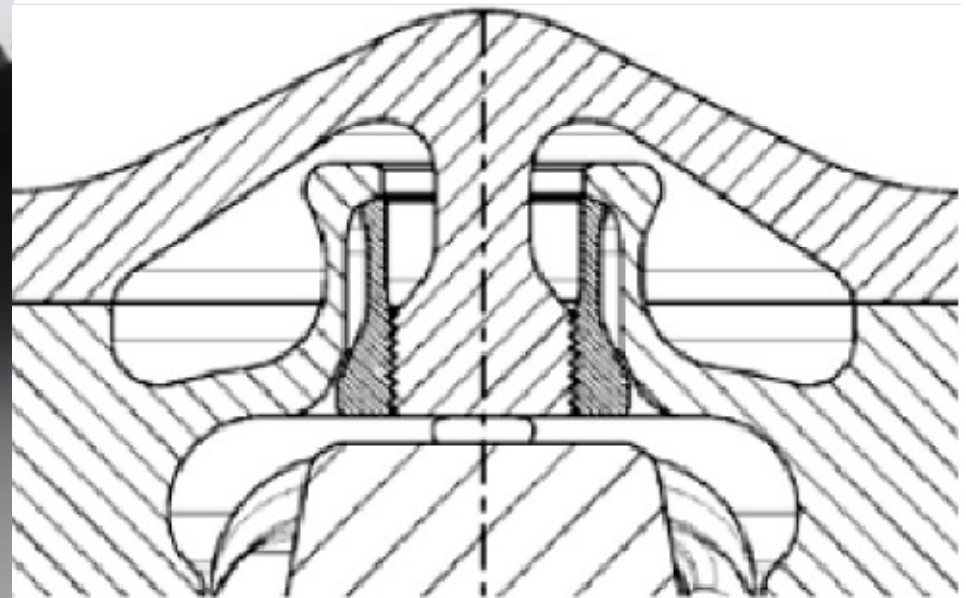


Нове технологије у изради клипова

- ❑ Челични клипови (произвођач Mahle) имају осцилирајуће масе знатно мање него код клипова од Al-легура.
- ❑ Mahle наводи да је због мањег трења челичних клипова измерена 2% мања потрошња горива мотора.
- ❑ За сада је цена челичних клипова већа због малог обима производње.
- ❑ Међутим, произвођачи рачунају да ће се то променити код Дизел мотора идуће генерације јер челични клипови омогућују највеће притиске у цилиндру од **230 bara** и специфичну снагу мотора од **100 kW по литри** радног опсега.
- ❑ Трајност челичних клипова је значајно већа.
- ❑ Нпр. при уобичајеној температури горњег ивице удубљења у клипу од 400°C трајност челичног клипа била је 86% већа од трајности Al.

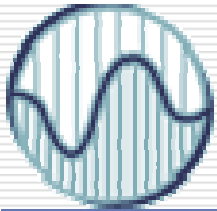


Новe технологије у изради клипова

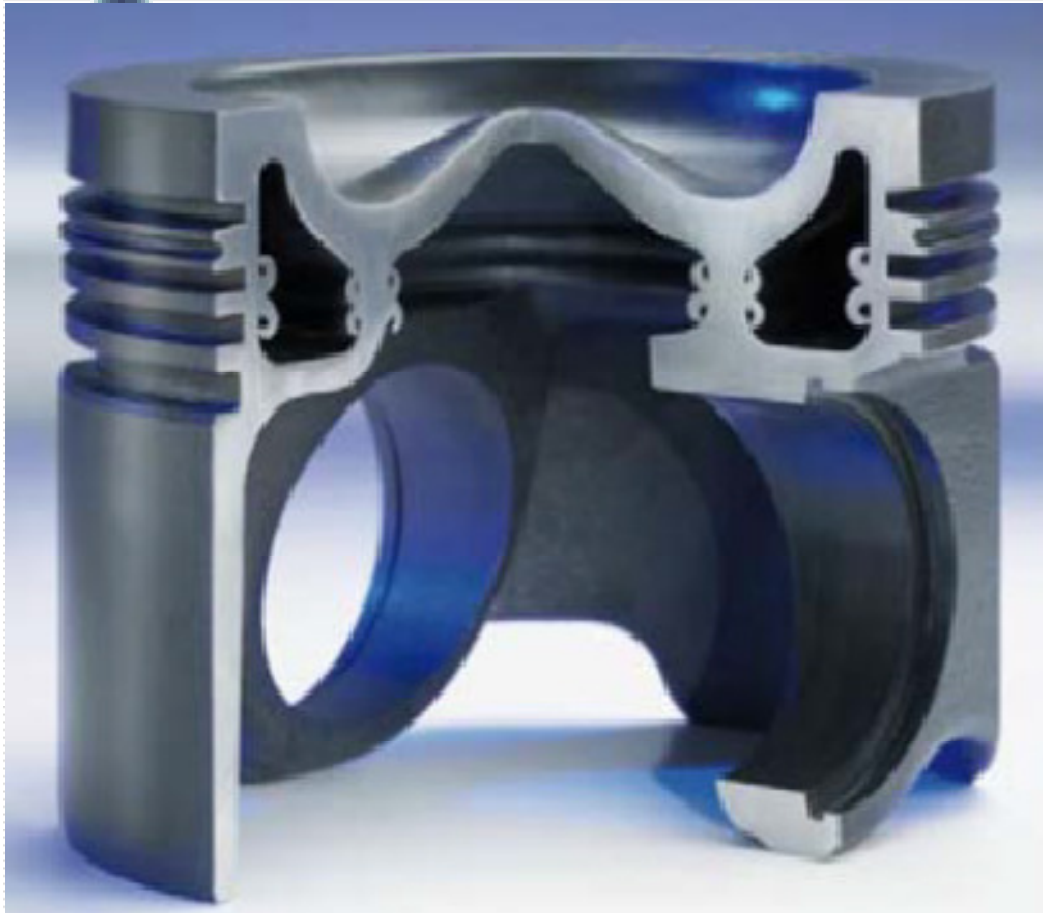


Челични клип **Mahle** за Дизел моторе теретних возила Еуро VI пројектовани су за највеће притиске у цилиндру од **260 bara**.

Чело клипа од челика отпорног на високе температуре спојено је еластичном вијчаном везом с челичним плаштем клипа.

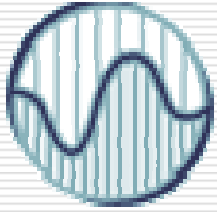


Нове технологије у изради клипова



Челични клип **Federal Mogul** за Дизел мотор теретног возила израђен је тако да су горњи и доњи део спојени заваривањем трењем како би се добио канал за уље за хлађење клипа.

Десно: хлађење клипа млазом уља из брызгалке на унутрашњој страни блока мотора, прикључене на систем подмазивања.

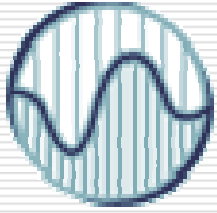


Нове технологије у изради клипова



Клип **Mahle** за Формулу 1.

Средња вредност највећег притиска у цилиндру је око 105 бара, а маса клипа креће се између 215 и 240 g (40 % мање од серијских клипова истог пречника)

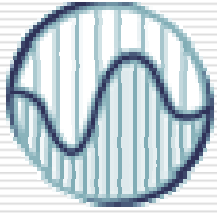


Осовиница клипа

- **Осовиница клипа везује клип са клипњачом**
- Веза осовинице са клипом и клипњачом може бити покретна и у клипу и у клипњачи ("пливајућа"), или само у клипу, а у клипњачи је пресован склоп (чврста веза).
- **Зазор осовинице у ушицама** клипа је мањи код пливајуће везе (око 5 μm , "пола стоте"), јер постоји зазор осовинице и у лежају мале песнице клипњаче, па је склоп флексибилнији: Прилагодљивији на нетачност положаја оса у ушицама клипа и малој песници клипњаче, с обзиром на положај клипа у цилиндру и клипњаче према коленастом вратилу, јер има два места за компензацију дезаксијалности оса.

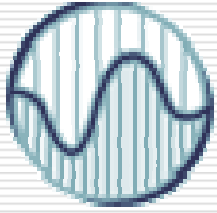
Зазор осовинице у ушицама клипа је већи код чврсте везе (15 μm , "једна-и-по стота"), јер не постоји зазор осовинице у малој песници клипњаче.

Величина зазора код чврсте везе је таква да се осовиница без алата убацује у ушице клипа, а окренута осом према земљи не испада из склопа са клипом под утицајем силе сопствене тежине.



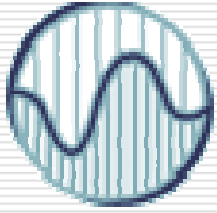
Осовиница клипа

- **Подмазивање осовинице** за мања оптерећења у ушицама је кроз мале отворе на ушицама, окренутим према кућишту мотора. Довољно је уље које прска споља јер материјал клипа има добре клизне особине.
- **Подмазивање лежаја мале песнице** за већа конструктивна оптерећења је уљем под притиском, које се од велике песнице води кроз тело клипњаче у малу песницу.
- **Хлађење веома оптерећених клипова** је кроз канале у глави клипа, уљем под притиском. Уље се у клип доводи из мале песнице у осовиницу, а из осовинице у клип. Уље се враћа у кућиште мотора кроз унутрашњу шупљину клипа



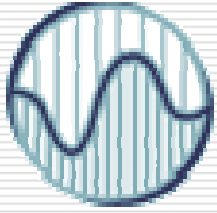
Осовиница клипа

- **Пливајућа веза осовинице** има клизни лежај у малој песници, а осовиница се обезбеђује од аксијалног померања/испадања ускочним прстеновима („sieger”) или једноставним жичаним осигурачима, који се убацују у, за то предвиђене, жљебове у ушицама клипа на оба краја осовинице. Осовиница не може испасти из ушица клипа, који је у цилиндру, али се не сме допустити контакт осовинице са зидом цилиндра због хабања цилиндра и повећања отпора кретања клипа.
- **Пресован склоп осовинице са клипњачом (преклоп)** остварује се загревањем клипњаче, па је склапање теже, али је склоп једноставнији и јефтинији од пливајуће везе. Нема лежаја мале песнице ни подмазивања лежаја и нису потребни осигурачи у ушицама клипа за спречавање аксијалног кретања осовинице. Клипњача се греје ($t \sim 250$ °C, 1/2 часа), осовиница се склапа са клипом и клипњачом специјалним алатом за увођење у склоп и одређивање средишног положаја осовинице у малој песници.



Осовиница клипа

- Предност пливајућег склопа у односу на пресован склоп је у већој носивости и већој безбедности на заривавање. Ако осовиница зарива у малој песници клипњаче, и даље се окреће у ушицама клипа и обрнуто. Ипак, носивост склопа опада.
- **Смањење масе осовинице** остварује се цилиндричном шупљином. Са коничном шупљином носивост осовинице је већа, али је израда компликованија.
- Клизна површина осовинице је врло глатка (H5 квалитет обраде површине), да би се окретала са минималним хабањем.
- Материјал осовинице је челик* велике чврстоће и површинске тврдоће и добре жилавости, способан да подноси наизменично променљива и ударна оптерећења.



Ексцентрицитет осовинице клипа

- **Нормална сила и инерцијална сила стварају момент око осовинице клипа при проласки кроз СМТ, кад клип мења смер кретања. Момент заокреће клип у цилиндру око осовинице клипа.**

- **Центрично постављена осовиница клипа**

Додир са цилиндром после СМТ остварује прво доња ивица клипа на страни нормалне силе кад експанзија почне. Заокренут клип у кретању ка УМТ доњом ивицом струже уље са зида цилиндра. У даљем кретању ка УМТ расте гасна сила (сагоревање), са њом и нормална сила. Када се нормална сила повећа у довољној мери, момент настао између осовинице и доње ивице клипа, наслоњене на цилиндар, премешта цео клип на страну нормалне силе. Најбрже се према зиду цилиндра креће горња ивица клипа, јер је доња ивица наслоњена на зид цилиндра низ који клизи ка УМТ. **Клип удара о зид цилиндра на коме нема уља и изазива звук: "Звоњава клипа"**. Расте сила трења, јер нема уља између зида и цилиндра. Повећава се хабање клипа на страни нормалне силе.

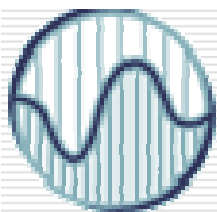
Бука мотора је највећа код хладног мотора, јер су онда зазори између клипа и цилиндра највећи, па је и заокетање и премештање клипа највеће.

- **Ексцентрицитет осовинице клипа**

Помера се осовиница клипа из равни симетрије клипа у смеру нормалне силе у такту експанзије. Површину на коју делује гасна сила са једне и друге стране осовинице постаје неједнака, тиме постаје неједнак и момент гасне силе на овим површинама.

Под утицајем разлике момената гасне силе око осовинице настаје резултујући момент који заокреће клип пре доласка у СМТ. Сада доња ивица клипа повлачи уље у кретању клипа ка СМТ. Када клип прође СМТ и нормална сила у такту експанзије нарасте клип се премешта на страну нормалне силе и удара о зид цилиндра на коме је слој уља. Уље прима удар клипа и амортизије га својим вискозним силама. Нема звоњаве клипа.

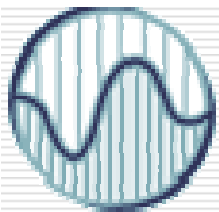
Величина ексцентрицитета је (2-3)% од пречника цилиндра.



Осовиница клипа - материјал

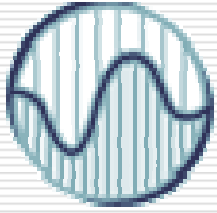
Табела 1. Материјали за израду осовинице клипа (KS Technisches Handbuch)

	Čelik za cementiranje				Čelik za nitiranje	
Oznaka (DIN)	Ck 15	15 Cr 3	16 MnCr 5	15 CrNi 6	31CrMoV 9	34 CrAl 6
Stara oznaka (DIN)	StC 16.61	EC 60	EC 80	ECN 15	-	-
Granica razvlačenja ¹⁾²⁾ $\sim R_{p0,2}$ [N/mm ²]	300	400	600	650	800	600
Vlačna čvrstoća ¹⁾ R_m [N/mm ²]	500 ÷ 650	600 ÷ 850	800 ÷ 1100	900 ÷ 1200	1000 ÷ 1150	800 ÷ 1000
Relativno prekidno produljenje ¹⁾²⁾ δ_5 [%]	16	13	10	9	11	12
Izmjenična (dinamička) čvrstoća na savijanje ³⁾ $\sigma_{Df=0,5} \cdot R_m$ [N/mm ²]	250	300	400	450	500	400
Površinska tvrdoća Rockwell-C ⁴⁾ (HRC 150) Vickers ⁵⁾ (HV 10)	59 ÷ 65 690 ÷ 830	59 ÷ 65 690 ÷ 830	59 ÷ 65 690 ÷ 830	59 ÷ 65 690 ÷ 830	> 59 750	> 65 900



Нове технологије у изради осовинице клипа

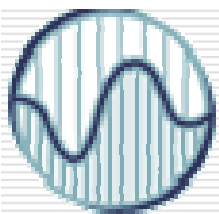
- Истраживања су усмерена у два правца. Један је **смањивање трења**, с коначним циљем смањивања потрошње горива, а други, **смањивање трошења** осовинице и лежаја ради повећања трајности мотора.
- У том се смислу испитују разне превлаке, нпр. превлака угљеником сличним дијаманту (**DLC** - Diamond Like Carbon).
- Осима јако смањеног трења и трошења, та превлака даје и добру постојаност према корозији.
- **Керамика као материјал осовинице клипа:**
 - За сада само у фази истраживања – главни проблем: кртост.
 - С обзиром на механичка својства, највише обећавају силицијумови нитрити.
 - Завршна обрада: дијамантски резни алати и ласер.
 - Цена: јако велика.
 - Предности: мања маса (око 25 %), знатно смањено трење, готово никакво трошење.



Нове технологије у изради осовинице клица



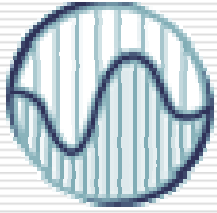
Лева слика: осовиница клипа од керамике (десно) и од челика (лево).
Десна слика: клип произвођача Federal Mogul и осовиница превучена
слојем DLC



Нове технологије у изради осовинице клица

Табела 2. Поређење челичних и керамичких материјала за осовиницу клица

	Čelik za cementiranje	Čelik za nitiranje	Silicijev nitrit sinteriran u plinu pod tlakom	Sinterirani silicijev nitrit
Oznaka (DIN)	Ck 15	31CrMoV 9	GPSN	SSiC
Gustoća [g/cm ³]	7,85	7,83	3,21	3,15
Modul elastičnosti [MPa]	210	210	320.000	400.000
Izmjenična čvrstoća na savijanje [MPa]	250	500	750 kod 20°C 400 kod 1200°C	400 kod 20°C 400 kod 1200°C
Površinska tvrdoća Vickers (HV 10)	690 ÷ 830	750	16.000	26.000
Linearni koef. topl. širenja α do 1000°C [10 ⁻⁶ K ⁻¹]	13	9 ... 14	30	100
Koef. topl. vodljivosti λ [W/(mK)]	47		30	100



Примери оштећења осовинице клипа

- ❑ Ломови осовинице клипа готово увек настају као резултат веома високих оптерећења, али и као последица лоше монтаже.
- ❑ Услед високих оптерећења осовиница се најпре овално деформише што узрокује уздужно напрснуће на њеним крајевма.
- ❑ Ова напрслина може настати на унутрашњој и спољашњој површини, а затим се шири према унутрашњости осовинице као последица замора.
- ❑ У подручју између окца у клипу и лежајног места на малој песници клипњаче, које је изложено највећим смицајним напрезањима, напрслина мења смер према ван што убрзано доводи до потпуног прелома осовинице.



Примери оштећења осовинице клипа

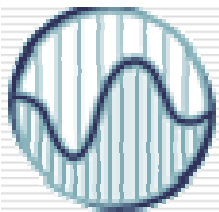


Лом услед преоптерећења изазваног детонантним сагоревањем



Лев: Оштећење услед непажљивог руковања приликом монтаже.

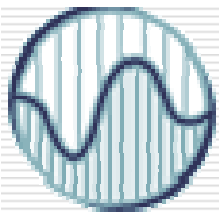
Десно: Оштећење као последица укљештења у главчини клипа (хладно заваривање)



Примери оштећења осовинице клипа



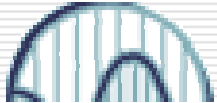
Оштећење клипа као последица лома осигурача осовинице



Примери оштећења осовинице клипа

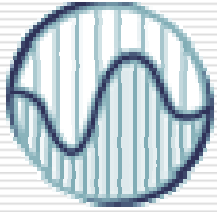


Лом осовинице као последица непаралелности оса осовинице и коленастог вратила



Клипни прстенови

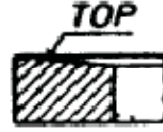
- Две функције прстенова, заптивање цилиндра и подмазивање између клипа и цилиндра дају и две врсте прстенова (само):
 - Компресиони
 - Уљни
- **Компресиони прстен** учествује у формирању простора за сагоревање па се греје интензивно. Зато контакт уља са компресионим прстеном није пожељан.
- ***Ипак, прстенови нису довољно ефикасни у директном преласку са функције заптивања на функцију подмазивања.***
- **Уљни прстен** може ефикасно размазивати уље у кретању клипа ка СМТ, али није довољно ефикасан у уклањању уља испод компресионог прстена у кретању клипа ка УМТ.
- **Компресиони прстен** није довољно ефикасан у заптивању током експанзије
- Стога, између компресионог и уљног прстена најчешће се налази и један прстен који има две функције – **комбиновани прстен**. (Број клипних прстенова зависи и од врсте циклуса, конструкције и намене мотора).
- **Комбиновани прстен са горње стране заптива компресиони простор** заједно са компресионим прстеном, а **са доње стране скида уље са зида цилиндра**, ради као „стругач“ уља. Двофункцијски прстен нема прореze на свом телу као уљни. Уместо тога, његова горња површина је равна и у функцији заптивања гасова, а његова доња површина је кљунаста у попречном пресеку и у функцији стругања уља са зида цилиндра, оног дела уља који није скинуо уљни прстен у кретању ка УМТ. „Кљун“ је окренут према кућишту мотора, односно према уљном прстену, који је испод комбинованог прстена.
- Ипак, заптивање никад није потпуно (100%), нити је спречавање доласка уља у простор за сагоревање потпуно (100%).



Клипни прстенови

- ❑ **Клипни прстенови морају имати слободу кретања у својим жљебовима.**
- ❑ Када компресиони и комбиновани прстен изгубе функцију заптивања и/или стругања уља (напр. хабање), заптивеност опада, пумпно дејство слаби па се више уља задржава у жљебовима компресионог и комбинованог прстена. Уље у такту експанзије долази у контакт са компресионим прстеном и врелим гасовима, због чега је изложено деградацији.
- ❑ Ако се прстенови заглаве (запекну) у жљебовима, они постају целина са клипом. Притисак клипа на зидове цилиндра не преноси се тада само преко плашта клипа, него и преко клипних прстенова. Подмазивање клипа је номинално само између зида цилиндра и плашта клипа, не између зида цилиндра са компресионим и комбинованим прстеном. Долази до интензивног трења између компресионог и комбинованог прстена у контакту са зидом цилиндра. Расте механичко и термичко напрезање, услед чега се клипни прстенови и зид цилиндра интензивно хабају.
- ❑ Компресиони прстен ради практично у условима сувог трења, па је хабање цилиндра у домену његовог кретања највеће у односу на друге клипне прстенове. Највеће хабање је при врху цилиндра, на месту где компресиони прстен мења смер кретања при проласку клипа кроз СМТ. Гасна сила је тада највећа, а коефицијент трења прелази из коеф. трења при кретању μ у статички μ_0 , при чему је $\mu_0 > \mu$.

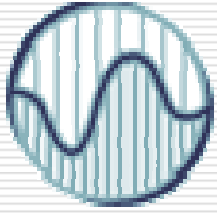


- a)  Rechteckring
- b)  Minutenring bzw.
Schwachminutenring
- c)  Doppeltrapezring
- d)  Einseitiger Trapezring
- e)  Ring mit Innenfase
- f)  Ring mit Innenwinkel
- g)  Ring mit Innenwinkel oder
Innenfase an unterer Flanke
- h)  L-förmiger Verdichtungsring

Компресиони клипни престенови

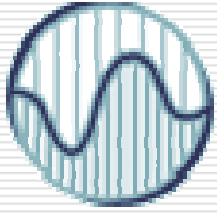
- a)  Nasenring
- b)  Nasenminutenring
- c)  Ölschlitzring
- d)  Dachfasenring
- e)  Gleichfasenring

Подмазујући клипни престенови



Пумпно дејство клипних прстенова

- У такту усисавања у кретању клипа клипни прстенови под утицајем разлике притисака (у кућишту је већи него у радном простору), трења и инерцијалних сила леже на горњој бочној површини жљеба. Уље испод прстена улази у жљеб. При преласку на такт сабијања прстенови силазе на доњу бочну површину деловањем притиска, трења и инерције. (Притисак је сад већи у радном простору него у кућишту).
- Преласком на доњу бочну површину жљеба прстенови потискију уље испод себе ка дну жљеба и одатле ка горњој површини жљеба – изнад себе. Поступак се понавља и уље се креће кроз жљеб, потом између гребена клипа и цилиндра, ка прстеновима ближим компресионом простору. Сваки прстен “пумпа” уље према компресионом простору. На крају уље завршава у компресионом простору и сагорева у процесу сагоревања.
- Ако су зазори између жљебова у клипу и прстена добри, и прстенови у њима слободни, потрошња уља је минимална. **Код исхабаних прстенова и цилиндара количина уља које доспева у компресиони/радни простор толико порасте да из издувног ситема излази плави дим, настао сагоревањем уља.**
- Мотор увек мора да троши неку количину уља услед пумпног дејства клипних прстенова, чак и онда када је у најбољем стању.



Склоп клипњаче

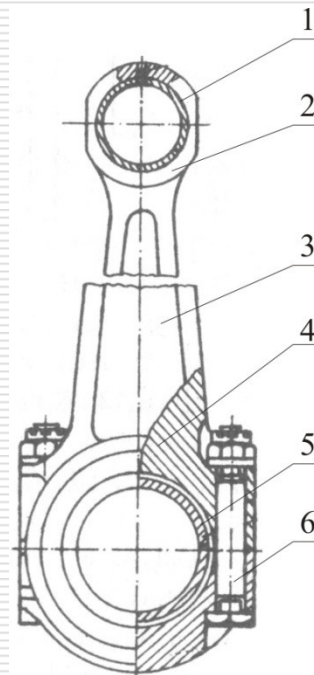
□ повезује клип и коленасто вратило и омогућује претварање праволинијског-осцилаторног кретања клипа у обртно кретање коленастог вратила

□ елементи:

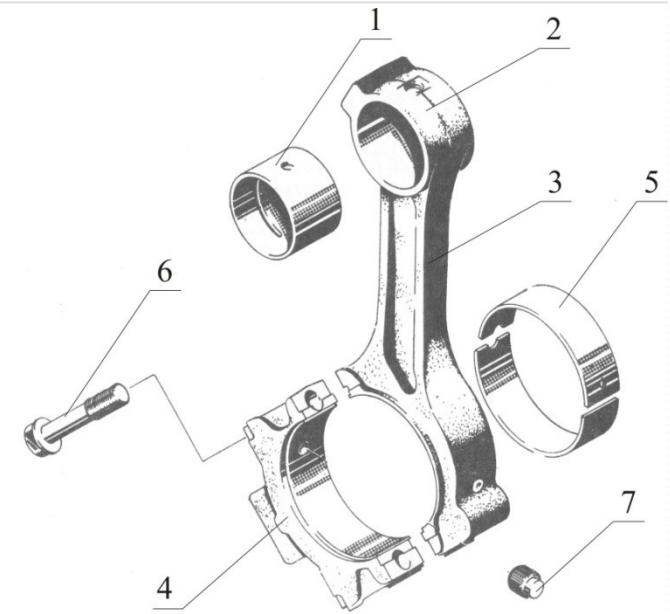
- мала песница
- тело
- велика песница
- лежаји

□ израда:

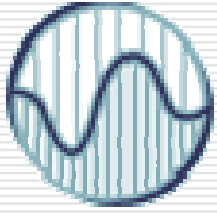
- ковањем од челика



а)

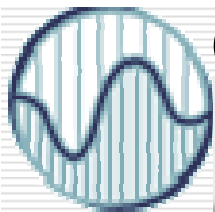


б)



Облици клипњаче

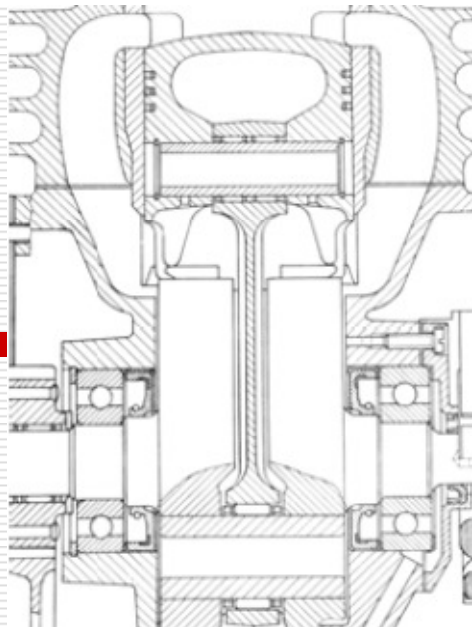
- ❑ **Једноделна клипњача** се данас у начелу примењује само код двотактних Отто мотора.
- ❑ Међутим, до краја 1950-их година примењивале су се и код четворотактних мотора.
- ❑ Да би се могле уградити, радилица не може бити једноделна већ мора бити састављена од делова спојених стезним спојем.
- ❑ **Клипњача с поклопцем (дводелна)** је уобичајена код четверотактног мотора.
- ❑ Разделна раван поклопца и тела може бити нормална на уздужну осу клипњаче, или коса.
- ❑ Код **V-мотора** два насупротна цилиндра спојена су на исто колено коленастог вратила. При том клипњаче могу на разне начине бити спојене с рукавцем радилице.
- ❑ Код **звездастих мотора** само главна клипњача захвата рукавац коленастог вратила, а остале клипњаче су прикључене на ту главну клипњачу.



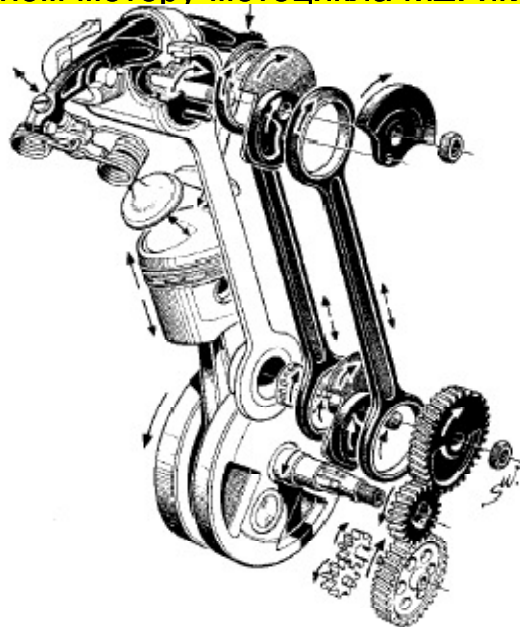
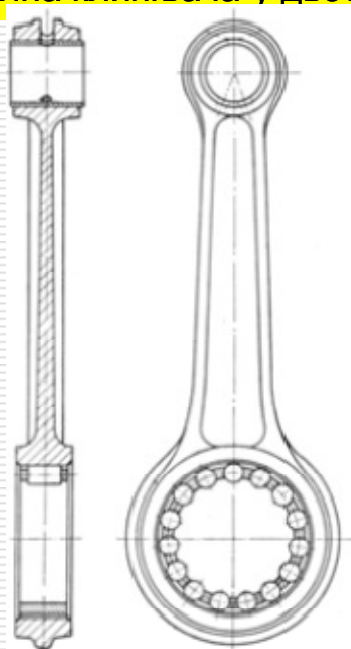
Облици клипњаче



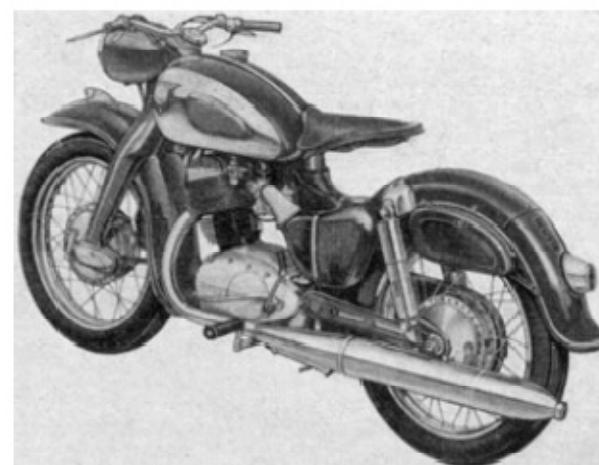
250 cm³ 14 kW 130 km/h 1970. г.



Једноделна клипњача у двотактном мотору мотоцикла MZ: игличасти лежајеви у великој и малој песници

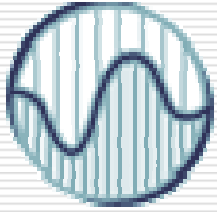


Pogon bregastog vratila oinicom

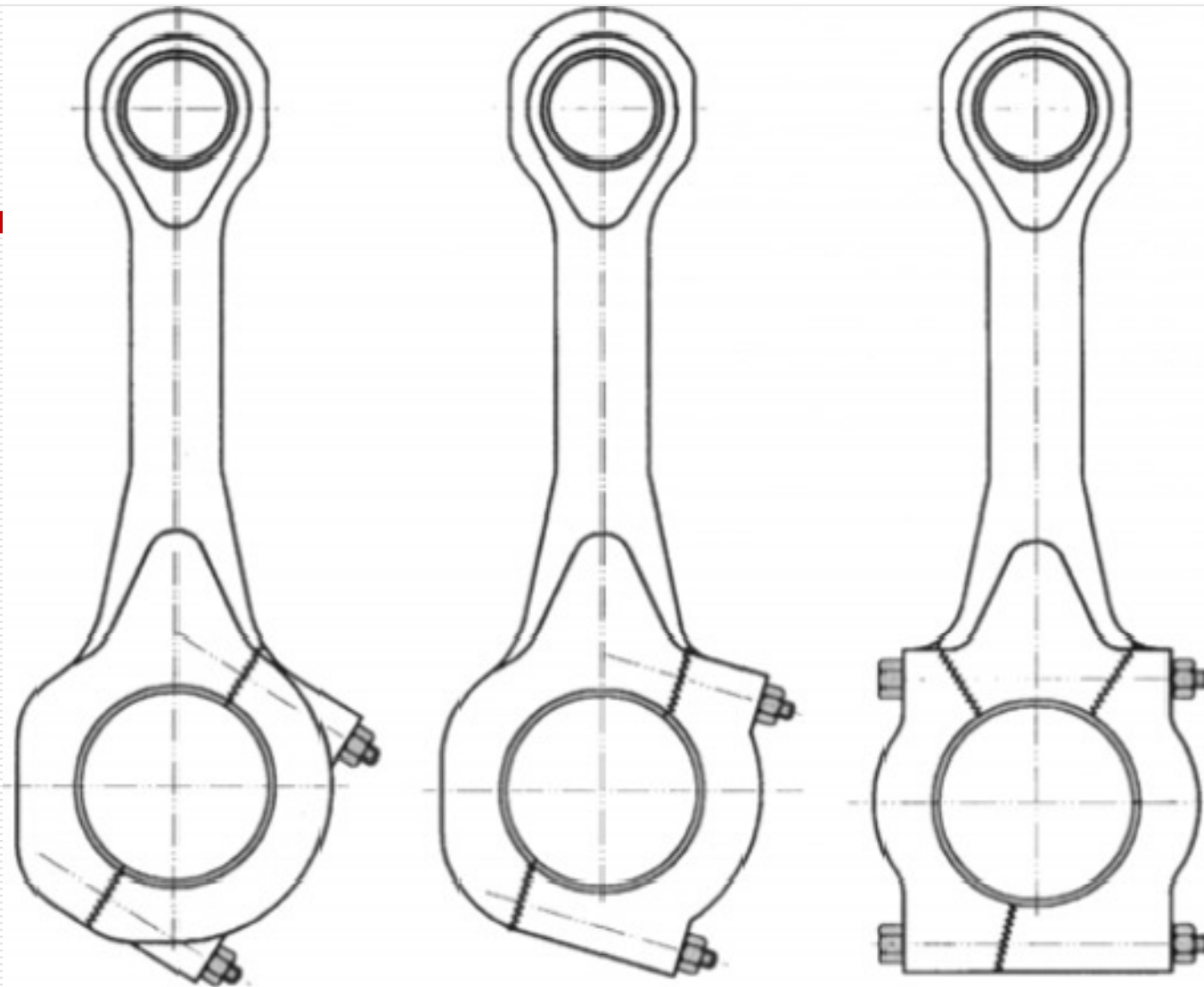


250 cm³ 14 kW 126 km/h 1956. г.

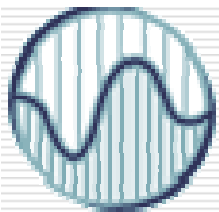
Једноделна клипњача четворотактног Отто мотора мотоцикла NSU-Max: клизни лежај у малој песници, ваљкасти у великој



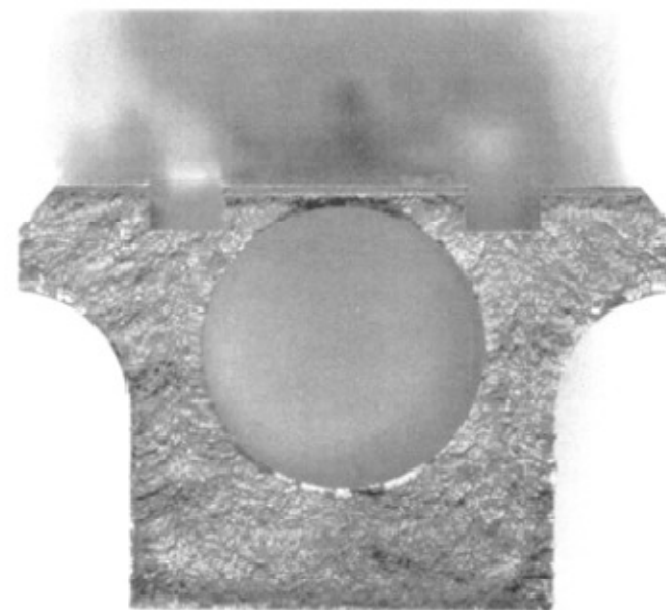
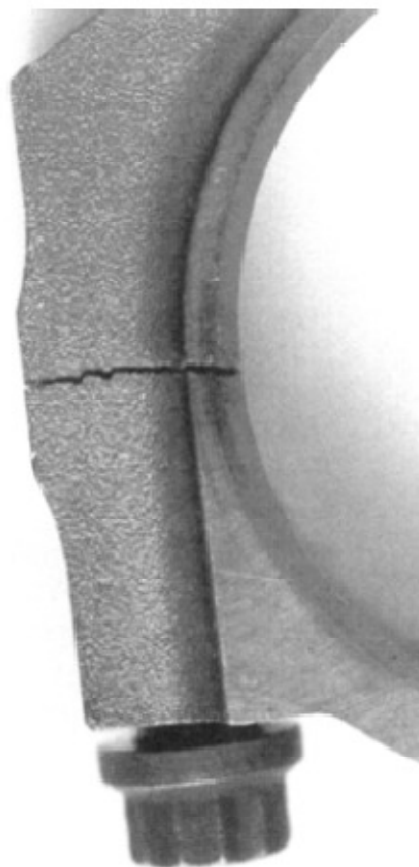
Облици клипњаче



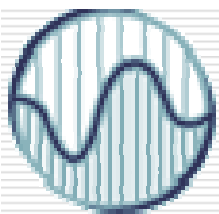
Варијанте косо подељене клипњаче: а) разделне површи велике песнице леже у једној равнини, б) разделне површи леже помакнуте у две паралелне равнине (бродски мотори *Wärtsilä*), ц) велика глава подељена је на три дела (бродски мотори *Stork-Werkspor*)



Облици клипњаче

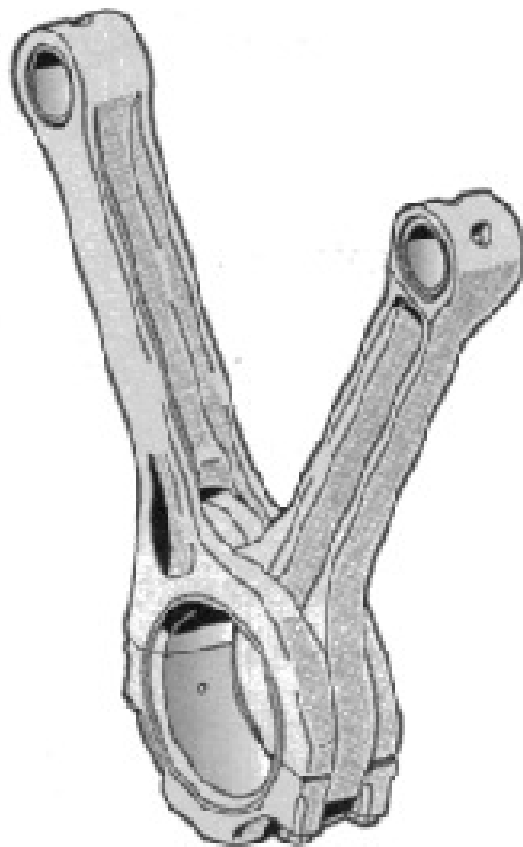


**Кована челична клипњача с одломљеним поклопцем лежаја за камионски
Дизел мотор OM 904 LA произвођача Daimler-Benz**

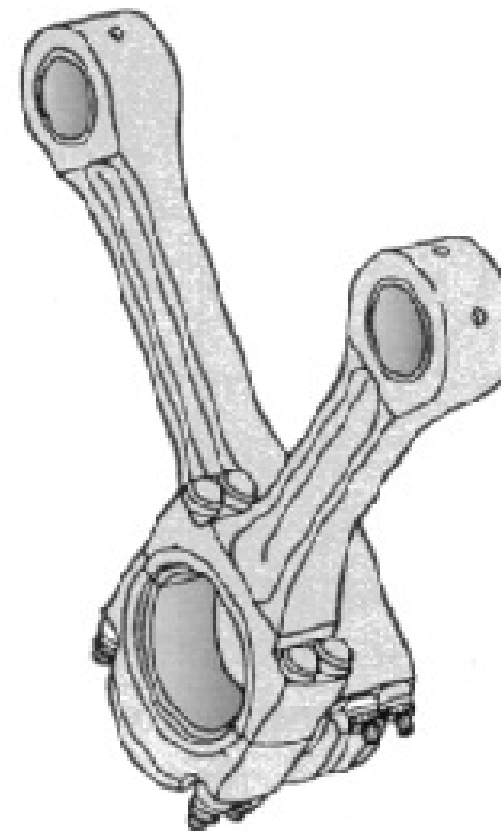
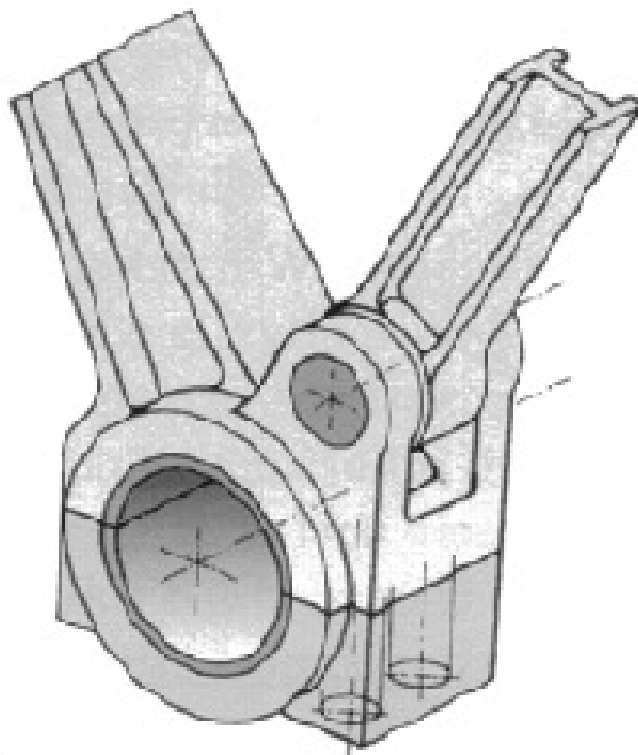


Облици клипњаче

Glavna i priključena klipnjača

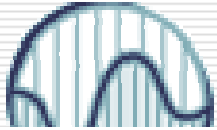


Rašljasta i unutarnja klipnjača



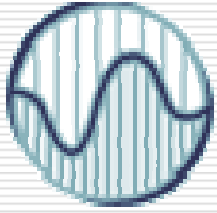
Klipnjača pored klipnjače

Клипњаче V-мотора



Материјал клипњаче

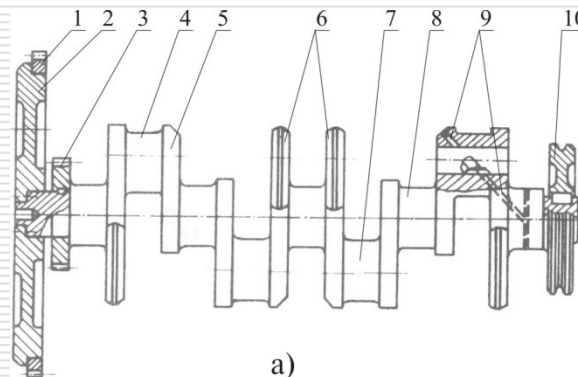
- ❑ **Начин израде** клипњаче: глодањем из трупца, ковањем, ливењем, синтеровањем.
- ❑ **Материјали** могу бити различити, зависно од намене мотора.
- ❑ За **малу масу** и мало оптерећење у обзир долазе и Al-легури.
- ❑ Код тркачих мотора клипњаче се израђују од титана, чиме се постиже значајно смањење масе.
- ❑ Од **ливених материјала** најчешће се користи SI (сиви лив) с кугластим графитом (DIN: *GGG-70*), црни темпер лив (*GTS-70*).
- ❑ SI је бољи од темпер лива јер је јефтинији а и чврстоћа му је већа.
- ❑ Код **синтер**-поступка се примењују материјали *Sint F30* и *Sint F31*. Они достижу чврстоћу од 900 МПа.
- ❑ **Ковањем** се клипњача израђује у уковњу. Већином се примјењују микролегирани челици, нпр. *27Mn VS6 BY* или угљенично мангански челици попут *C40mod BY*.
- ❑ За клипњаче код који се поклопац одваја ломљењем (*Cracken*), примјењује се челик с високим садржајем угљеника: *C70 S6 BY*. Он достиже чврстоћу од 1.000 МПа.
- ❑ За високооптерећене клипњаче користи се челик *34CrNiMo6 V*, који уз одговарајућу топлотну обраду (побољшавање) достиже чврстоћу од 1.200 МПа.

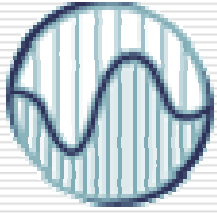


Коленасто вратило са замејцем

Намена:

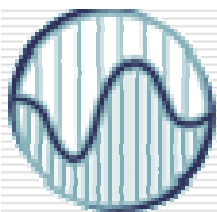
- ❑ учествује у претварању једног облика кретања у други
- ❑ прима силе од клипњача и преноси их на замајац
- ❑ омогућава довод уља за подмазивање велике песнице клипњаче
- ❑ погони елементе система за развод радне материје и других система





Коленасто вратило

- ослањање: потпуно или непотпуно
- елементи КВ: основни рукавци, летећи рукавци, рамена, противтегови
- израда: ковање или ливење
 - за кована вратила користе се **челици за побољшање** и то угљенични за мање форсиране моторе, а за велика оптерећења легирани (Cr,Mo; Cr,Ni).
 - ливена коленаста вратила израђују се од **нодуларног лива**. Осим за мања оптерећења, данас се користе и код оптерећенијих возилских мотора.
 - недостатак ливених вратила је мања чврстоћа што их чини нарочито осетљивим на савијање.



Коленасто вратило - материјал

Табела 3. Материјали коленастог вратила

Materijal	Granica razvlačenja R_e [N/mm ²]	Vlačna čvrstoća R_m [N/mm ²]	Prekidno istezanje A_{min} [%]	Prekidna kontrakcija Z_{min} [%]	Udarni rad loma $a_{k, min}$ (J, 20°C)	Toplinska obrada
Ck 45	370	630 – 780	17	45	25 DVM ^(*)	IK, KN
38 MnS 6	550	850 – 1000	12	25	-	IK
42 CrMo 4	650	900 – 1100	12	50	35 DVM	IK, KN
31 CrMoV 9	> 800	1000 – 1200	11	-	50 DVM	N
GGG 70	> 450	> 700	> 2	-	-	IK

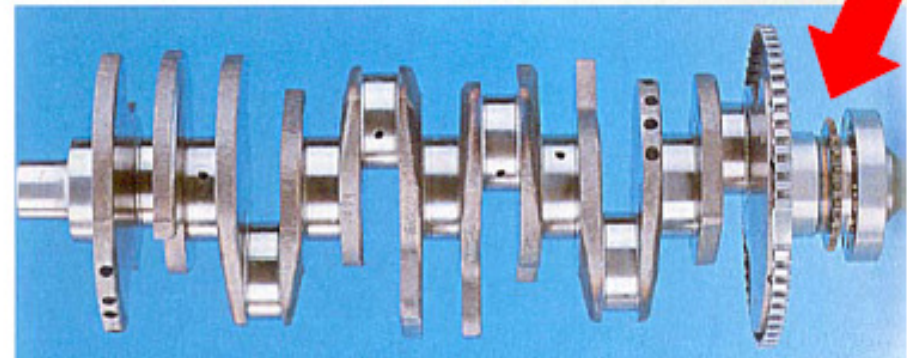
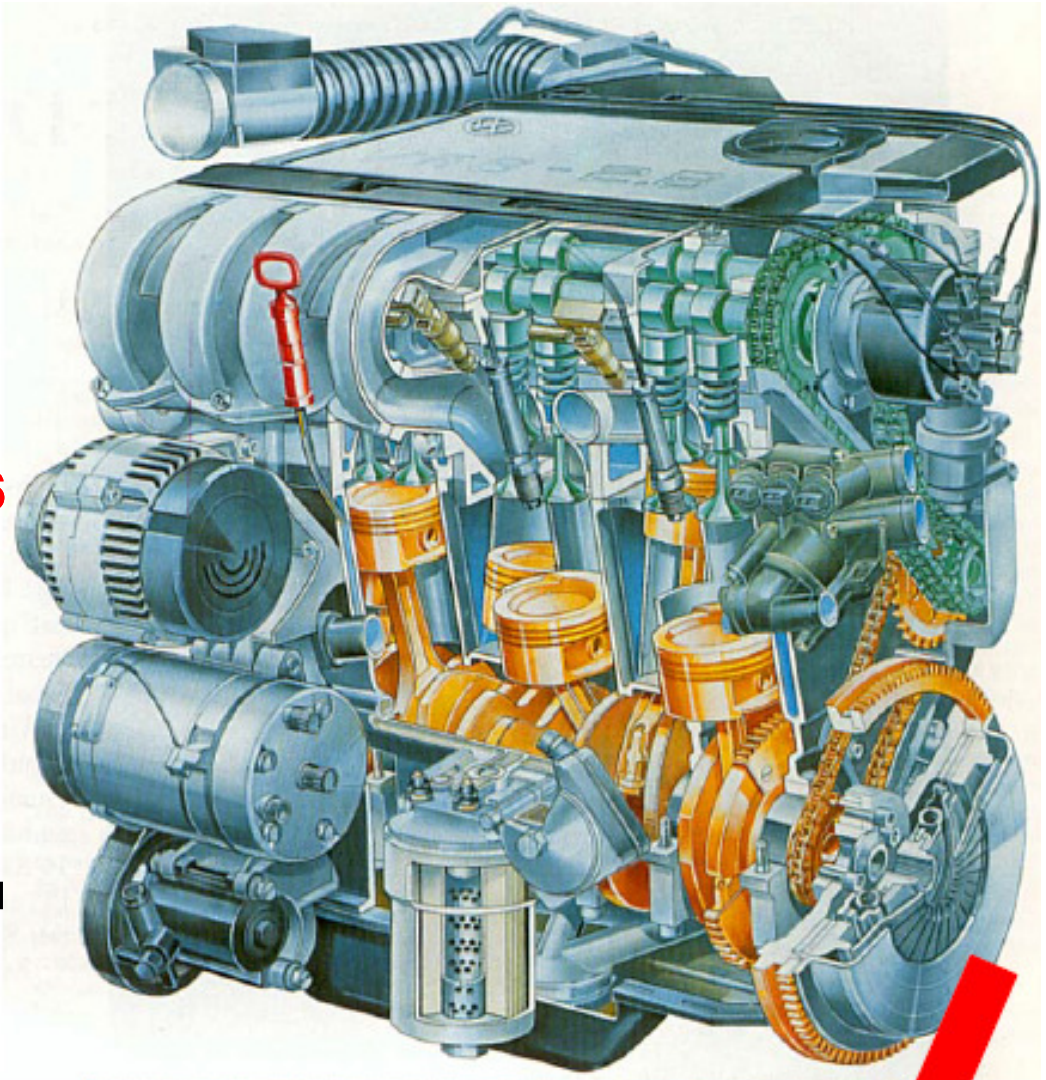


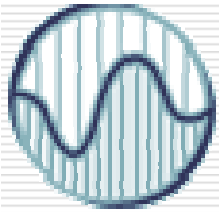
Коленасто вратило

Код Volkswagenovog мотора **VR6** је погон разводног механизма на истој страни на којој је и замајац.

То је зато јер је ту чвор код торзионих вибрација при вибрацији радилице 1. сопственим обликом.

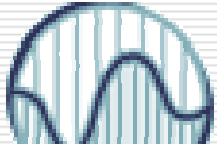
У чвору су амплитуде титрања једнаке нули па је утицај торзионих вибрација радилице на кретање разводног механизма минималан.



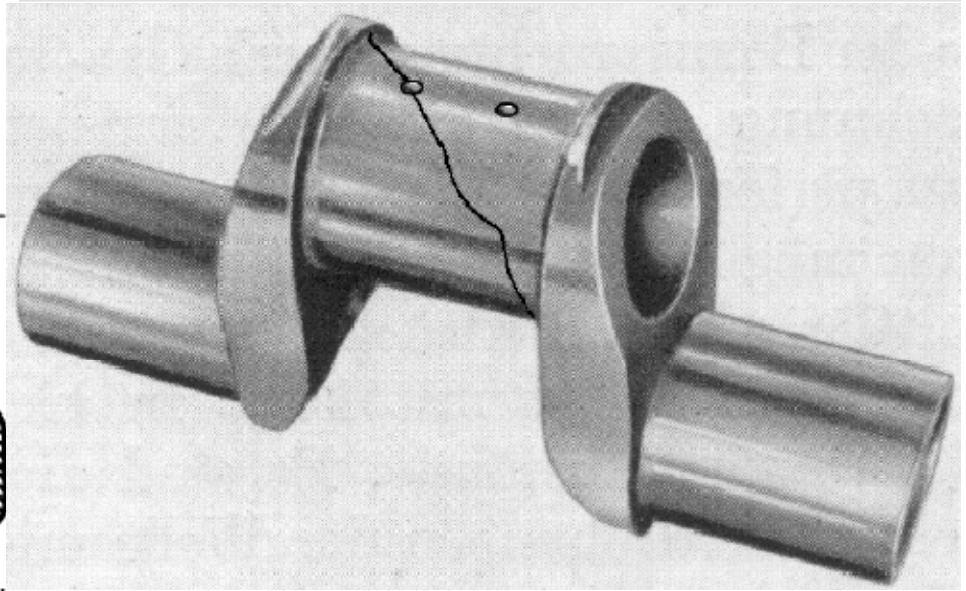
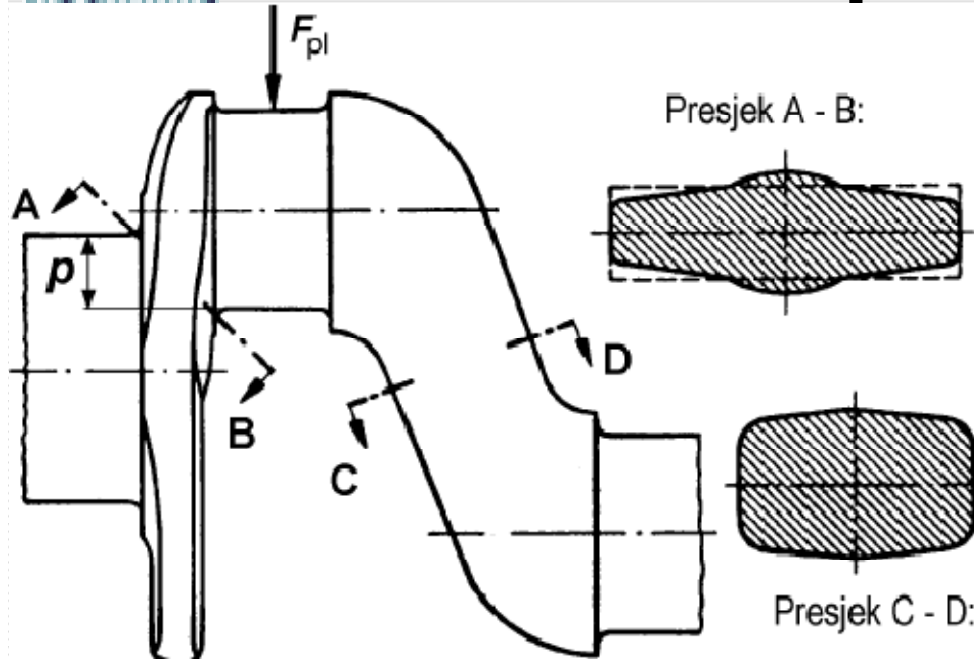


Коленасто вратило – лом услед замора материјала

- Лом радилице услед **замора** започиње од *иницијалне пукотине* која може бити *површинска* (настала меахничком или термичком обрадом) или *унутрашња* (настала при ковању, од шљаке која је ушла у материјал или од неке друге порозности која може бити и на површини радилице).
- **Заморни лом** се препознаје по финој ситнозрнатој структури видљивој на преломној површини, као и по полуелипсастим кривама које се њоме распростиру од места на коме је лом започео.

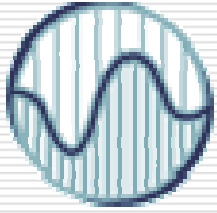


Коленасто вратило – лом услед замора материјала



Опасна места на којима радилица пуца услед замора материјала:

- ❑ Прелазни радијус летећег рукавца и рамена (пресек A-B), те излаз уљног канала на летећем рукавцу.
- ❑ На *прелазном заобљењу летећег рукавца* и рамена (пресек A-B) заморни лом настаје услед савијања силама гасова и инерције и увек иде смером од B према A, јер су напрезања у заобљењу летећег рукавца већа од оних у заобљењу главног рукавца.
- ❑ Ако су два летећа рукавца између суседних главних лежачева, угрожено је и раме (пресјек C-D).
- ❑ На *излазу уљног канала* на летећем рукавцу заморни лом настаје услед напрезања изазваног торзијом услед наизменичног закретног момента појединих цилиндара и торзионих вибрација.

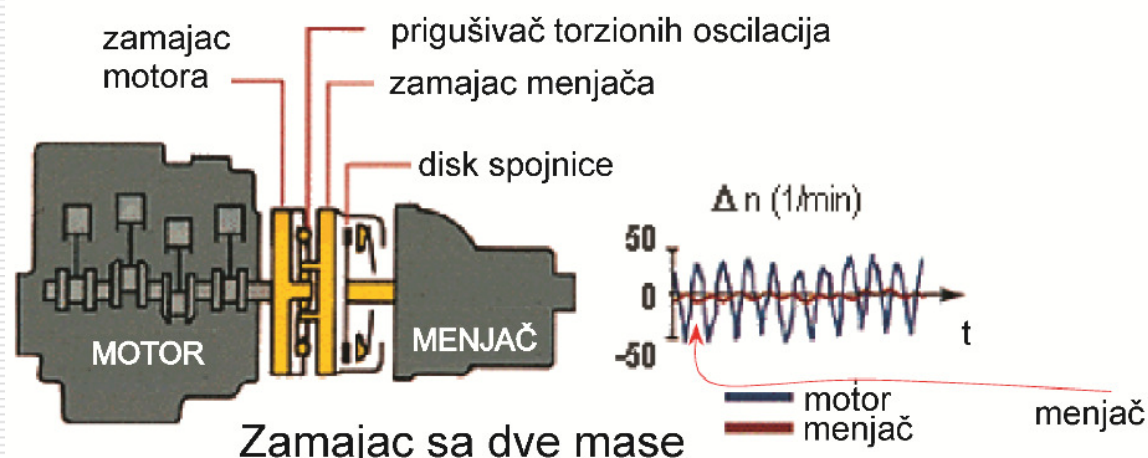
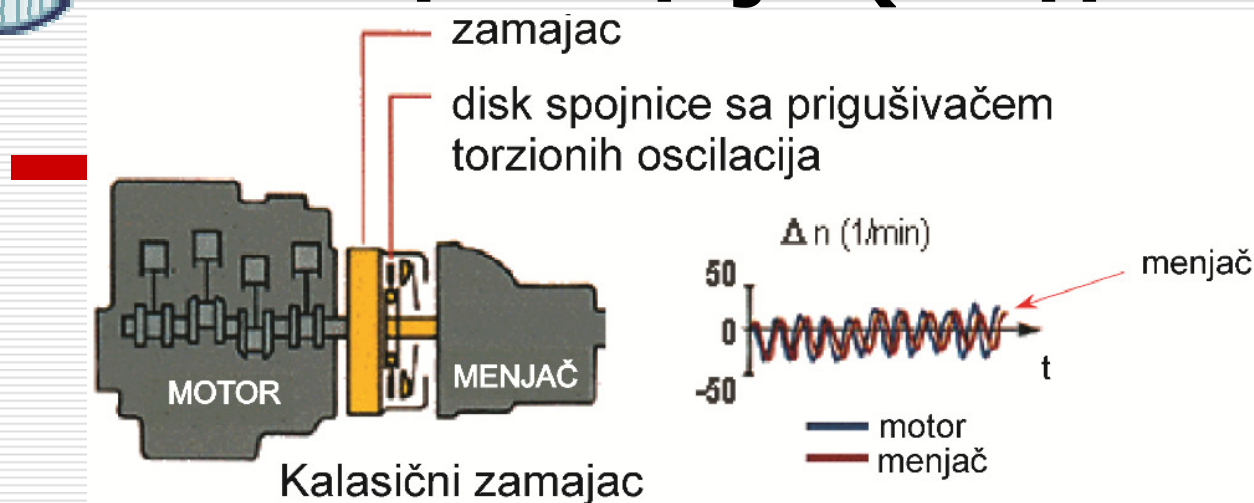


Замајац

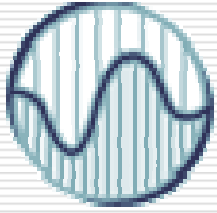
-
- прима обртни момент од коленастог вратила и преноси га систему за пренос снаге
 - уравнотежује неравномерност обртања коленастог вратила
 - може да има пригушивач торзионих осцилација
 - Акумлира део енергије која се користи за реализацију пасивних тактова
 - омогућује покретање мотора путем електропокретача (назубљен венац замајца)



Замајац са пригушивачем торзионих осцилација (са две масе)

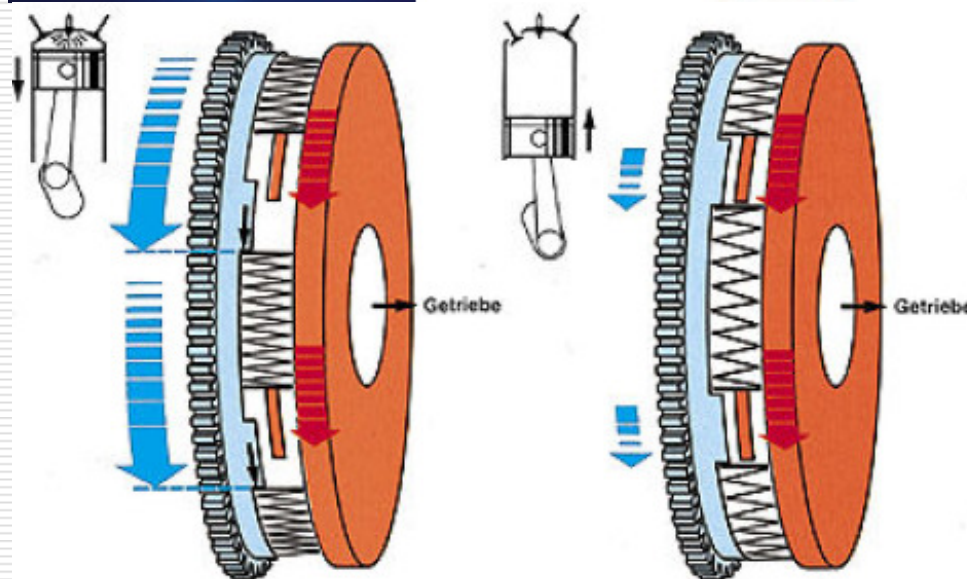
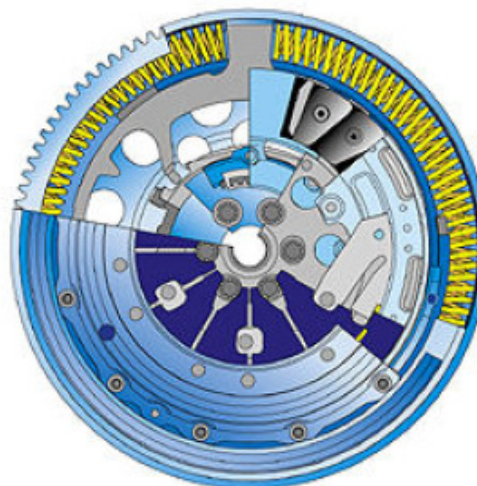
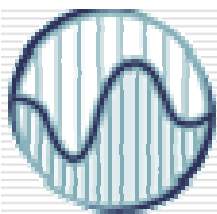


- Колебања угаоне брзине мотора и мењача код уобичајеног замајца с једном масом (горе) и замајца с две масе (доле), при раду мотора у празном ходу. (Ford DOHC 2.3 I, MTZ 1/1997)



Замајац са пригушивачем торзионих осцилација

- Код замајца с две масе су колебања угаоне брзине **код мотора већа** али су **код мењача знатно мања**.
- Разлог: најнижа властита фреквенција f_1 система "мотор – спојница – мењач" код замајца с две масе је око 300 min^{-1} , што је испод најнижег празног хода мотора.
- Критеријум за димензионисање замајца мотора је задовољавајућа мирноћа хода ременог погона помоћних уређаја на мотору, узимајући у обзир и неједнакости које код ниских брзина обртања узрокује сагоревање.



- ❑ **Замајац с две масе:** **замајац мотора** и **замајац мењача** угаоно су размакнути меким опругама.
- ❑ У такту експанзије замајац мотора притишће посредством опруге на замајац мењача и убрзава га.
- ❑ У такту компресије ситуација је обрнута. Већа стрелица значи већу угаону брзину