

MÉRNÖKI ALAPISMERETEK

Hőerőgépek: Motorszerkezettani alapismeretek



Dr. Bak Árpád
Egyetemi docens
Eötvös Loránd Tudományegyetem
Informatikai Kar Savaria Műszaki Intézet
Web: smi.inf.elte.hu | szombathelyigepesz.hu
Email: ab@inf.elte.hu



Előadás témakörei

- Hőerőgépek fogalma
- Hőerőgépek története
- Külső/belső égésű erőgépek hatásfoka
- Belsőégésű motorok csoportosítása
- Belsőégésű motor működési elve
- A belsőégésű motor elvi felépítése
- Termikus hatásfok
- Belső égésű ideális Otto/Diesel motor körfolyamata
- A négyütemű motor indikátordiagramja
- Benzinmotor hatásfokláncolata
- Motor jelleggörbék
- Motorszerkezettan

HŐERŐGÉPEK

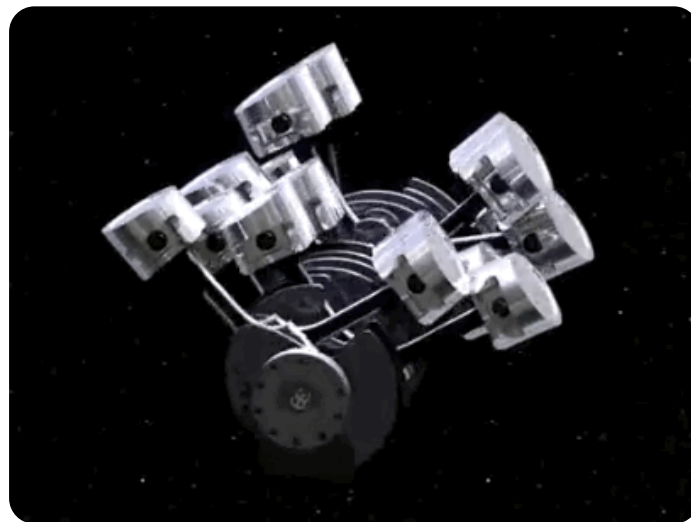
- A hőerőgépek olyan szerkezetek, melyek a tüzelőanyag kémiai energiáját alakítják hővé, majd mechanikai munkává.
- Hőerőgépekről a gőzgép megjelenésétől (James Watt, 1769) beszélünk.
- A nagyipar a kereskedelem és a szállítás kialakulása létrejötté, széleskörű polarizációt eredményezett és az országok közötti fejlődési különbségekre is meghatározóan hatott.

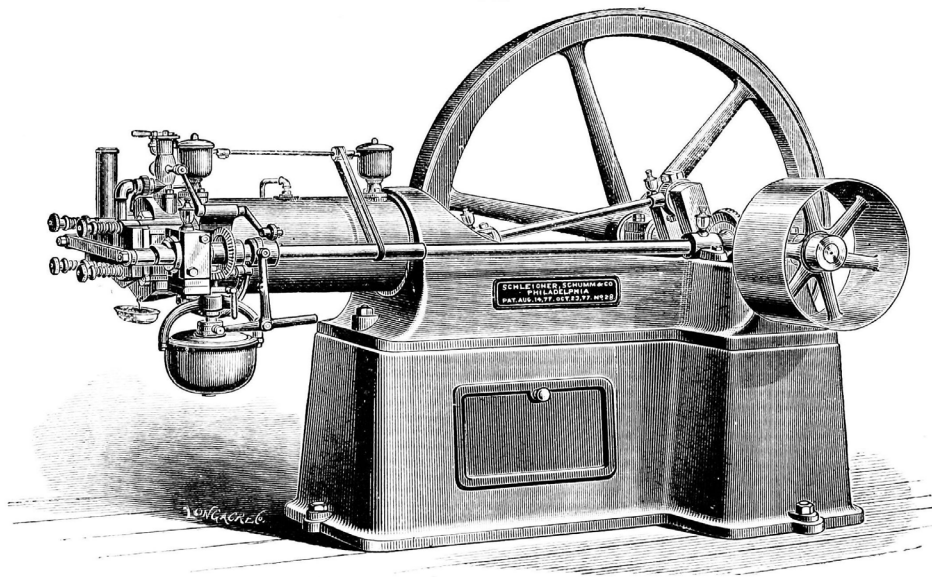
HŐERŐGÉPEK

- **Hőerőgépek:** szilárd, folyékony, légnemű tüzelőanyagok felszabadítása révén termikus energiát mechanikai munkává alakít.

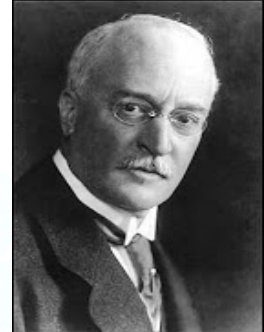
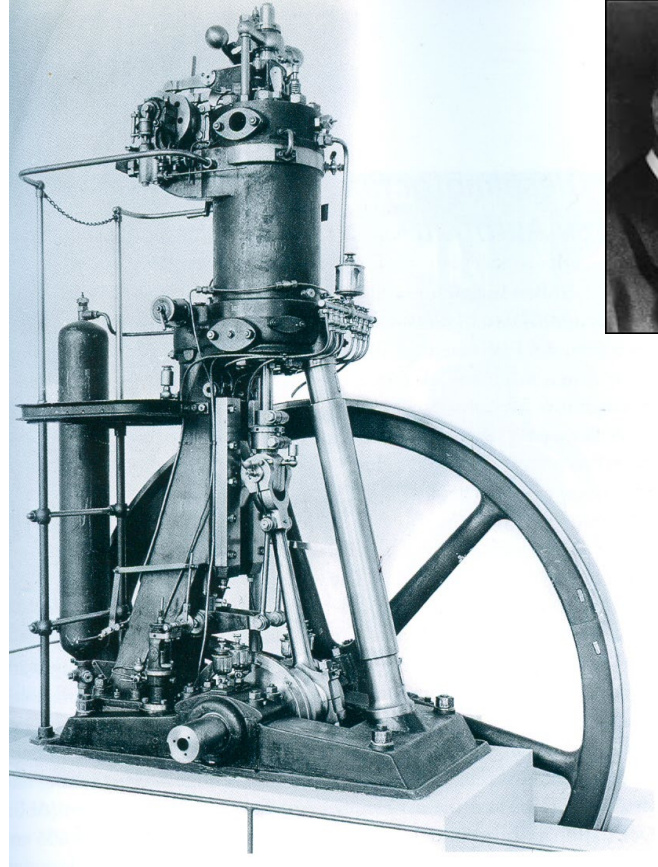
Az elégetési mód szerint:

- Külső égésűerőgépek:
 - Dugattyús gőzgép
 - Gőzturbina
- Belsőégésű erőgépek:
 - *Belsőégésű motor*
 - Gázturbina





Első négyütemű , gázüzemű motor (A.N. Otto) 1876-ban.
Manuálisan szabályozható , 6100cm³ , 3 HP azaz 2,2 kW



Első dízelmotor 1897-ben. Melynek hatékonysága
26,2% volt. 20.000cm³ , 18 LE azaz 13 kW , 154
rpm

KÜLSŐ ÉGÉSŰ ERŐGÉPEK HATÁSFOKA

- 1 kg szén elégetése elméletileg **5-8 kWh** munkát ad.
- A dugattyús gőzgépek energiaátalakulás hatásfoka **5-15 %**.
- A gőzturbinák kiegészítő berendezéssel (kondenzátor, tápvíz előmelegítő, levegő-előmelegítő, túlhevítő) alkalmazásával **25-45 %**



$$1 \text{ [kWh]} = 1 \text{ [kW]} \cdot \text{[h]} = 3600 \text{ [kW]} \cdot \text{[s]} = 3600 \text{ [kJ]}$$

BELSŐÉGÉSŰ ERŐGÉPEK HATÁSFOKA

- 1 kg folyékony szénhidrogén (benzin, gázolaj) elégetése 12 kWh munkát ad.
- Belsőégésű motorokban **25-45 %-os hatásfokkal** alakítható mechanikai munkává



A Tesla Model S akkumulátorcsomag a fedél eltávolítása után, 18650 cella, 85 kWh energiataralommal – Forrás: <https://qnov.com/peek-inside-the-battery-of-a-tesla-model-s>

BELSŐÉGÉSŰ ERŐGÉPEK HATÁSFOKA

- 1 kg folyékony szénhidrogén (benzin, gázolaj) elégetése 12 kWh munkát ad.
- 1 kg hajtóanyaghoz 15 kg levegő kell (keverési arány 1:14,7)

Az üzemanyagkeverék 1/15 részét kell csak magukkal vinniük, a többit a környezetből veszik.

- A gázmotorok fajlagos hajtóanya-fogyasztása (200-600 g/kWh)
- Kis üzemanyag tartállyal hosszú ideig nagy teljesítményt kifejtteni.
- A gép kis fajlagos tömege (0,5-10 kg/kW)

Nagy energia sűrűség

1 kg hajtóanyaghoz 15 kg levegő kell (keverési arány 1:14,7)

- A levegő sűrűsége $1,2045 \text{ kg/m}^3$
- Benzín sűrűsége 717 kg/m^3
- Liter benzin elégetéséhez kb 10.000 liter kell.

GÁZMOTOR, BELSŐÉGÉSŰ MOTOR, ~~ROBBANÓMOTOR~~

- A hajtóanyag lehet bármilyen gáznemű vagy elgázosítható és **salak nélkül elégethető** anyag.
- A motor belsejében a lángfront sebessége **15-25 m/s**.



Robbanás: 150-300 m/s

BELSŐÉGÉSŰ MOTOROK CSOPORTOSÍTÁSA

- Felhasznált hatóanyag (tüzelőanyag) szerint
 - Benzinmotor (Otto-motor)
 - Dízelmotor (gázolajmotor)
 - Gázmotor (a hatóanyag normál állapotában gáznemű)
 - Egyéb hajtóanyagú motor (növényi olajok, alkohol, petróleum)
 - Mindenevő motor (gázolajon kívül más folyékony hajtóanyaggal is üzemeltethető)
 - Átváltható motor (2 féle üzemanyaggal is működik, működés megszakítása nélkül átváltható egyikről a másikra)
 - Kettős (vegyes) hajtóanyagú motor (egyidejűleg gáz és folyékony hajtóanyag)
- Forgásirány szerint
 - Jobb forgású motor
 - Bal forgású motor
 - Változtatható forgásirányú (reverzálható) motor

A BELSŐÉGÉSŰ MOTOR MŰKÖDÉSI ELVE: ALAPFOGALMAK

Az égéshez három feltétel együttes megléte szükséges:

- Éghető anyag: *hajtóanyag -> töltet*
- Oxigén: *égéslevegő tartalmazza*
- Gyulladás hőmérséklet (*motor szerkezeti eleme*)

Munkafolyamat/(munkaciklus) : periodikusan ismétlődő energiaátalakulási folyamat, részei:

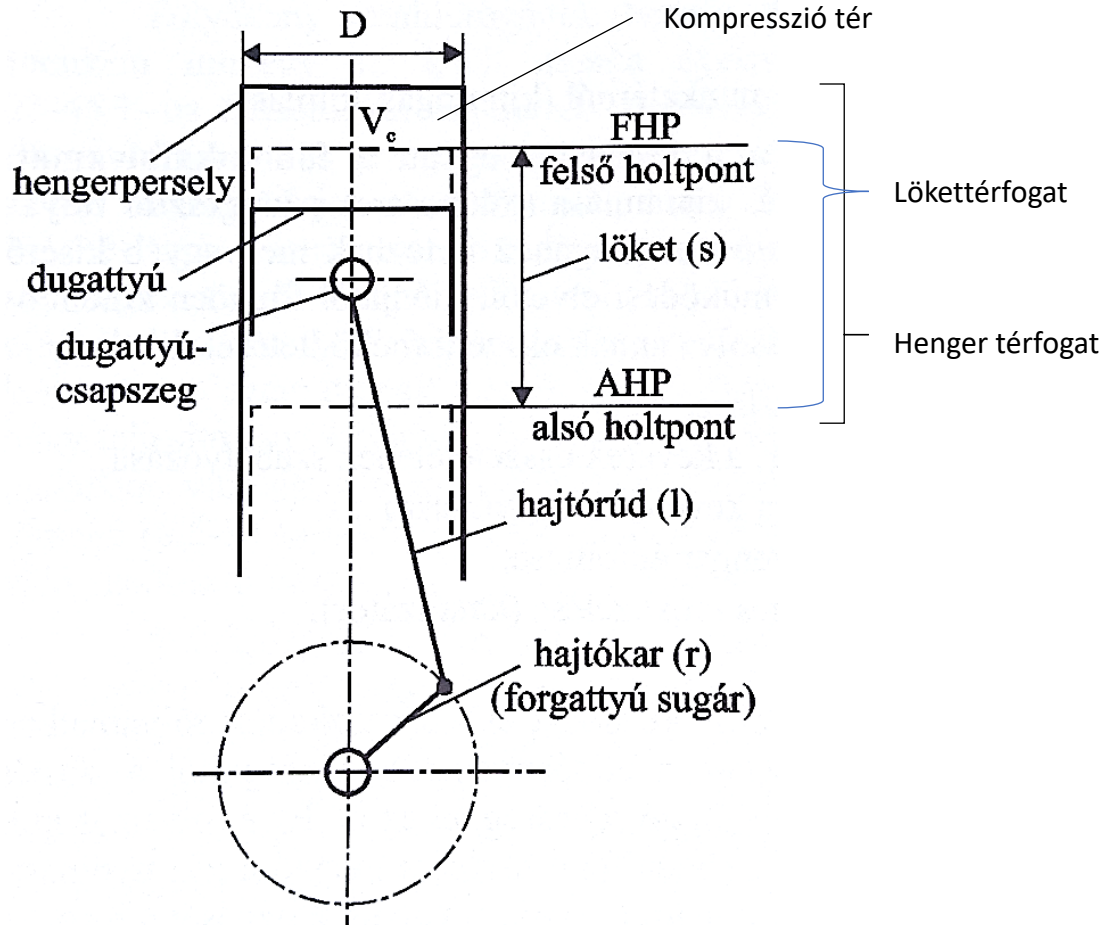
1. A friss közeg (töltet) beáramlása a munkatérbe (szívás vagy töltés) **Kiegészítő folyamat**
2. Sűrítés (kompresszió) } **Fő munkafolyamat**
3. Égés, terjeszkedés } **Fő munkafolyamat**
4. A közeg kiáramlása a munkatérből (kipufogás, kitolás) **Kiegészítő folyamat**

Ütem: a munkafolyamatnak egy löketre eső része

A BELSŐÉGÉSŰ MOTOR MŰKÖDÉSI ELVE: EGYÉB KÍSÉRŐ JELENSÉGEK

- A hajtóanyag elporlasztása
- A hajtóanyag keverése, a keverék összetételének szabályozása
- Az égés megindítása (a keverék meggyújtása)
- A töltetcsere során a henger átöblítése
- Az égéstermék esetleges utókezelése (katalizátor)
- Kenés, hűtés.

A BELSŐÉGÉSŰ MOTOR ELVI FELÉPÍTÉSE



$$s = 2 \cdot r$$
$$V_h = \frac{D^2 \cdot \pi \cdot s}{4}$$
$$V_H = z \cdot V_h$$

$$V_1 = V_h + V_c$$

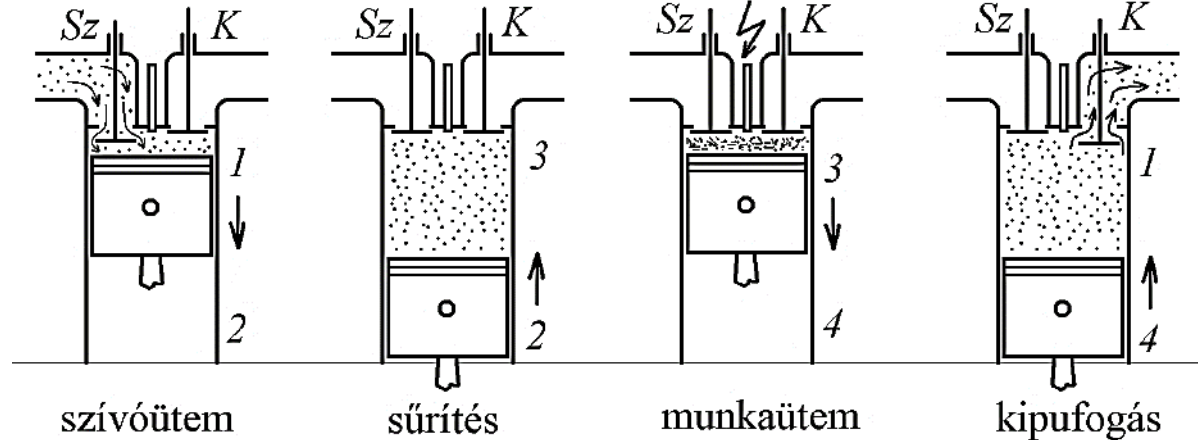
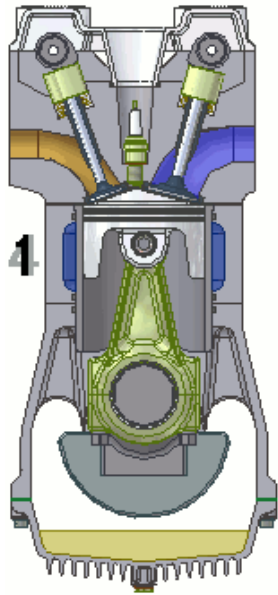
A hengertérfogat és a kompresszió térfogat hányadosa a kompresszió viszony

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

Értéke: Otto motornál 6-10

Dízel motornál 14-22

A NÉGYÜTEMŰ MOTOR MŰKÖDÉSE



benzinmotor

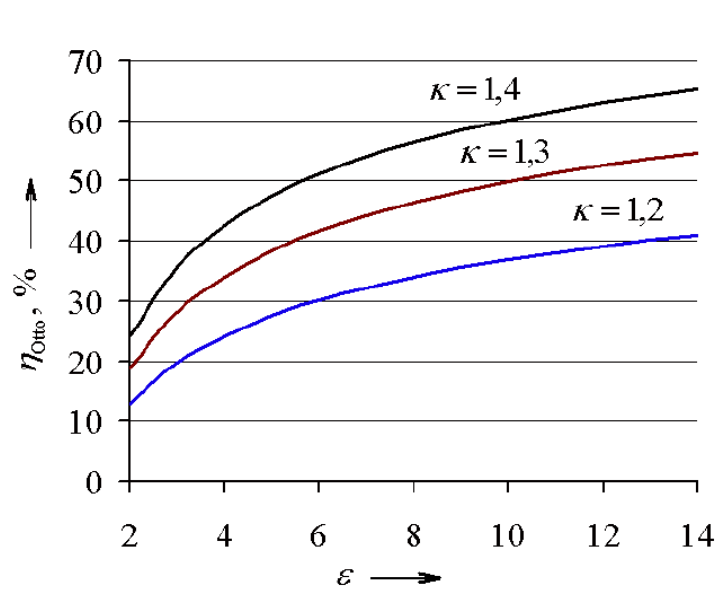
- Levegő és tüzelőanyag keverékét szívja be
- 10-40 kPa-lal kisebb a környezeti nyomásnál
- Nyomás: 1-1,6 MPa,
- Hőmérséklet 350-500 °C
- A sűritési arányt a benzin kompresszió-tűrése korlátozza
- A tüzelőanyag 2-3 ms alatt elég
- Égésterméket 2500 °C-
- A füstgáz 4-7 Mpa nyomású

dízelmotor

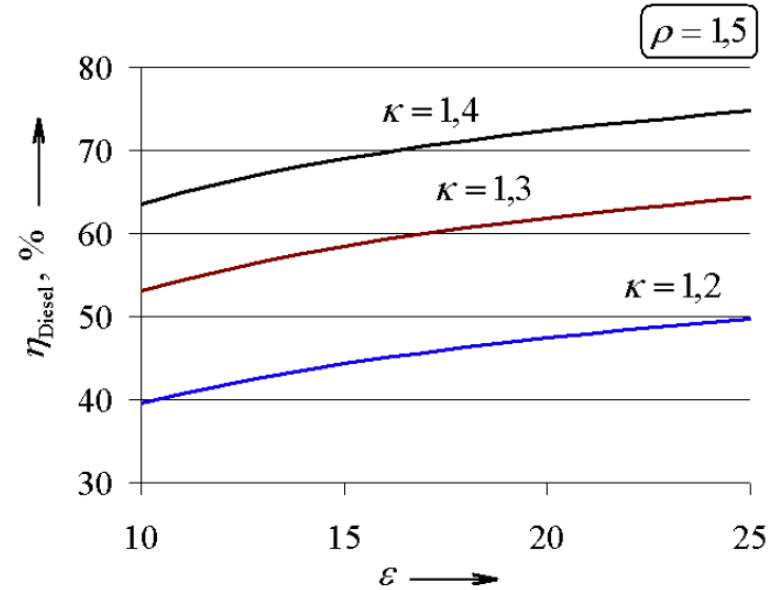
- 1,5-2 kPa-lal kisebb a légnyomásnál
- Nyomás 3-5 MPa,
- Hőmérséklet 550-700 °C.
- A sűritési arányt csak a motor mechanikai szilárdsága és termikus igénybevétele korlátozza
- A csúcshőmérséklet 1900-2100 °C,
- A csúcsnyomás 6-16 mpa lesz

A többhengeres motorok hengereiben egymáshoz képest eltolva játszódik le a négy ütem.

TERMÍKUS HATÁSFOK



Az Otto-körfolyamat termikus hatásfoka



A Diesel-körfolyamat termikus hatásfoka

Kompresszióviszony ε
Fajhóviszony κ

Megnevezés	Jelölés	Mértékegység
Hengerátmérő (a henger névleges belső átmérője)	d	m, cm, mm
A löket hossza (löket)	s	m, cm, mm
Forgattyúsugár	r	m, cm, mm
Egy henger lökettérfogata	V_h	m^3, cm^3, mm^3
Hengerszám	z	db
Összlöket-térfogat	V_H	m^3, cm^3, mm^3
Sűrítési arány	ε	–
A sűrítési tér, égéstér (kompresszió-térfogat)	V_c	cm^3
Löket–furat arány	κ	–
Hengerkeresztmetszet, vagy dugattyúfelület	A_d	m^2, cm^2, mm^2
Ütemszám	i	–

$$V_h = A_d \cdot s = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot s}{4} = \frac{d^3 \cdot \pi}{4} \cdot \kappa,$$

$$\kappa = \frac{s}{d},$$

$$V_H = V_h \cdot z,$$

$$\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c},$$

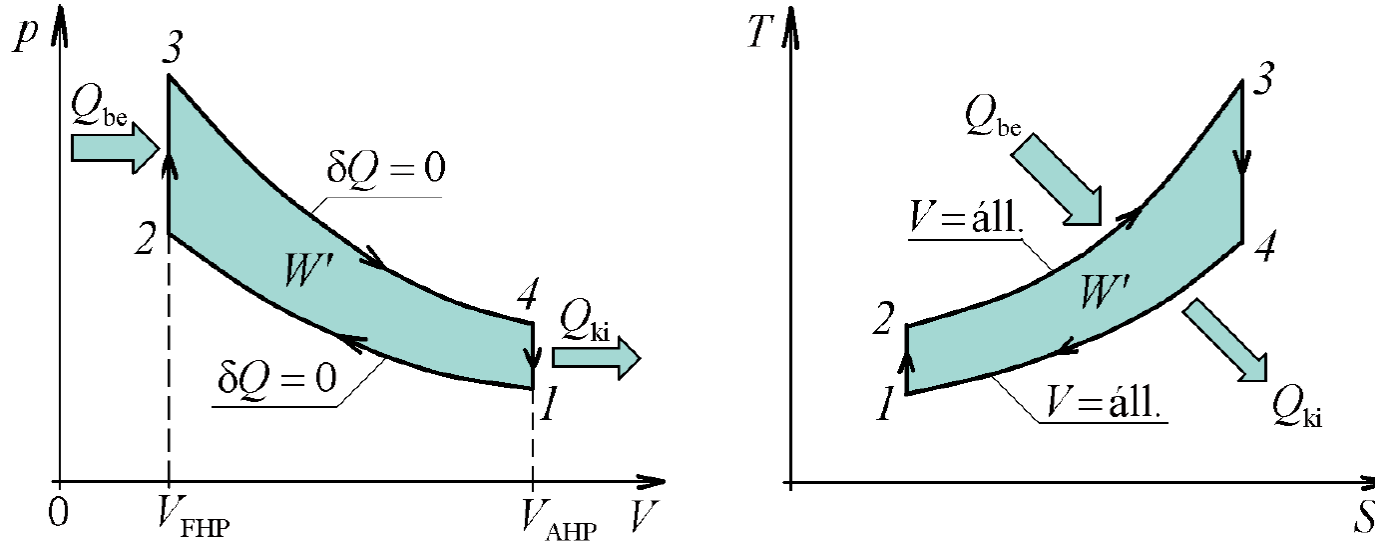
$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_h}{\pi \cdot \kappa}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_h}{\pi \cdot s}},$$

$$A_d = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{V_h}{s},$$

$$r = \frac{s}{2},$$

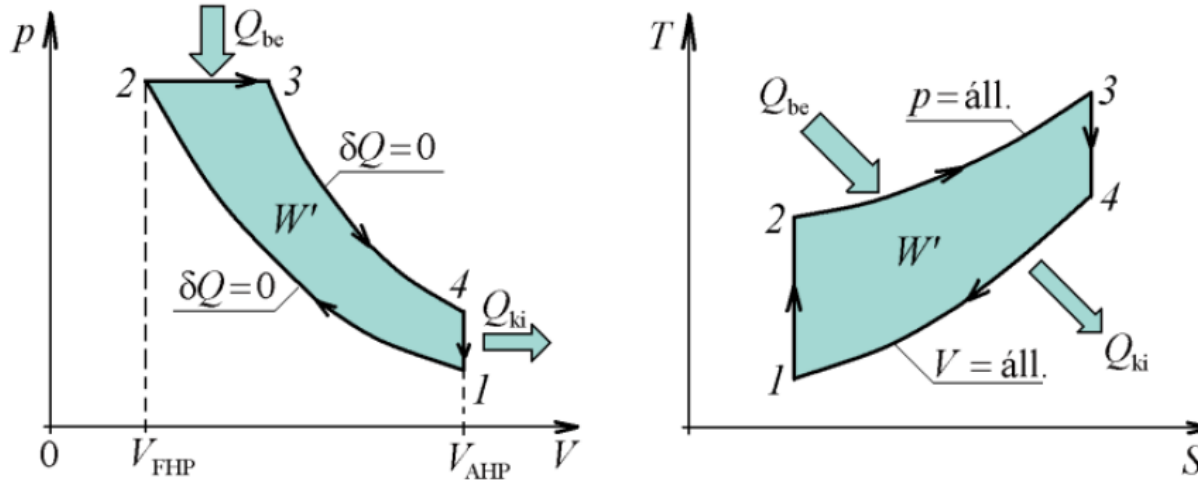
$$s = 2 \cdot r.$$

BELSŐ ÉGÉSŰ IDEÁLIS OTTO MOTOR KÖRFOLYAMATA



1. Adiabatus sűrités (1–2): a motor sűritési űtemét közelítű folyamat.
2. Hűbevitel állandű tűrfogaton (2–3): a munkaűtem elejű lejűtszűdű gyűjtűst, a tűzelűanyag elűgűsűtűt és az  gűsterm k gyors fűlmelegedűsűtűt közelítű folyamat.
3. Adiabatus expanziű (tűgulűs) (3–4): a tűnyelges munkaűtemet közelíti.
4. Hűelvonűs állandű tűrfogaton (4–1): a kipufogűst és a szűvűűtemet helyettesíti.

A DIESEL-KÖRFOLYAMAT MUNKA- ÉS HŐDIAGRAMJA

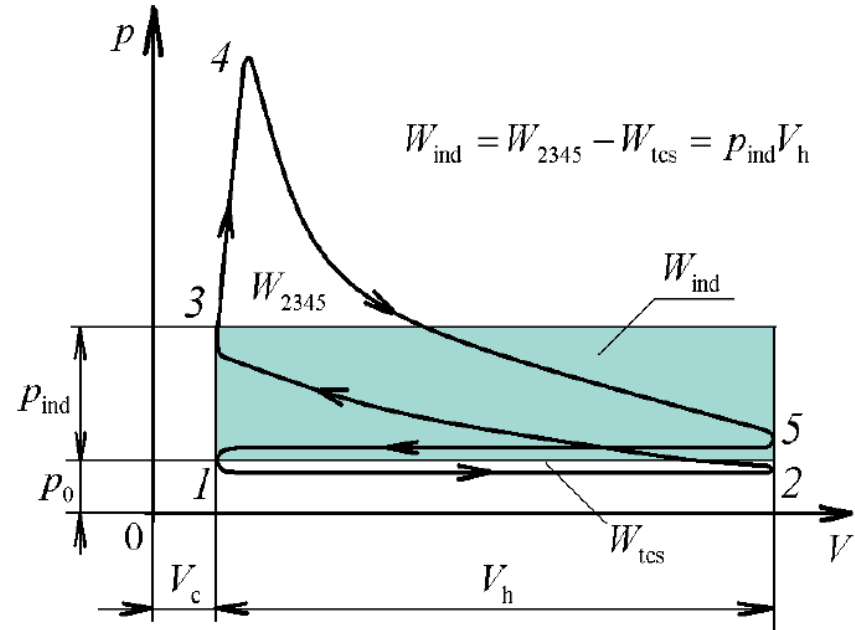


1. Adiabatus sűrités (1–2): a motor sűritési űtemét kűzeli.
2. Hűbevitel állandű nyomáson (2–3): a tűzelűanyag égését és az égéstermék fűlmelegedését kűzeli.
3. Adiabatus tűgulás (3–4): a munkaűtemet kűzeli.
4. Hűelvonás állandű tűrfogaton (4–1): a kipufogást és a szívűtemet helyettesíti.

A NÉGYÜTEMŰ MOTOR INDIKÁTORDIAGRAMJA

1. Szívás (1-2):
2. Sűrítés (2-3):
3. Hőbevitel, égés (3-4):
4. Munkavégzés (4-5):
5. Kipufogás (5-1):

Indikátornak nevezzük azt a berendezést, amivel rögzíteni tudjuk egy motor hengerében uralkodó pillanatnyi p nyomást a ϕ fő tengelyszög vagy a V hengertérfogat függvényében

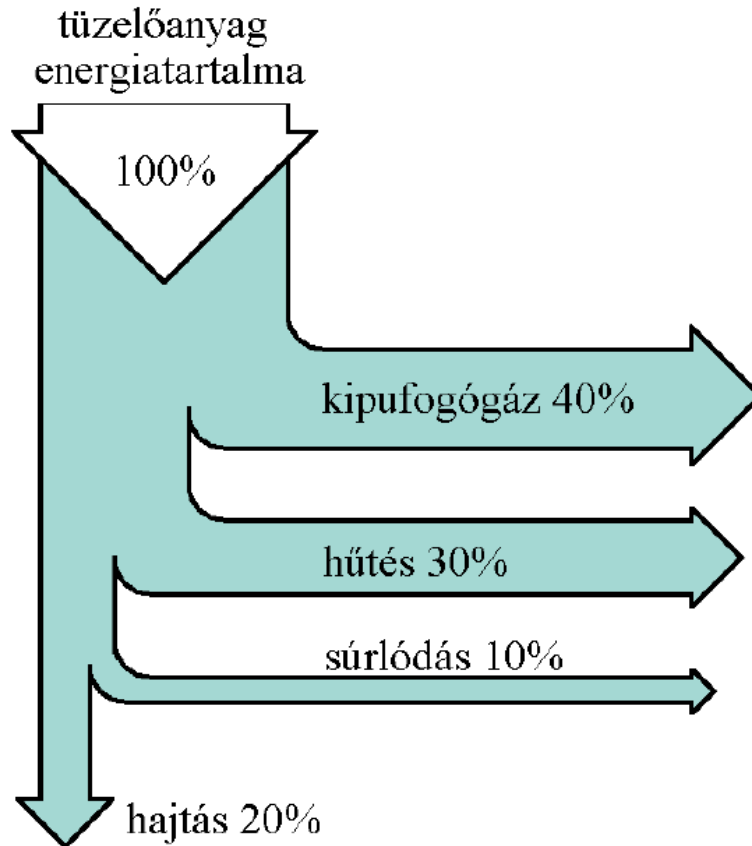


Indikált munka egy munkaciklus alatt végzett munka

Az indikált középnyomás annak a téglalapnak a magassága, amelynek az alapja a lökettérfogat és területe egyenlő az indikált munkával

$$W_{ind} = p_{ind} V_h \rightarrow p_{ind} = \frac{W_{ind}}{V_h}$$

BENZINMOTOR HATÁSFOKLÁNCOLATA



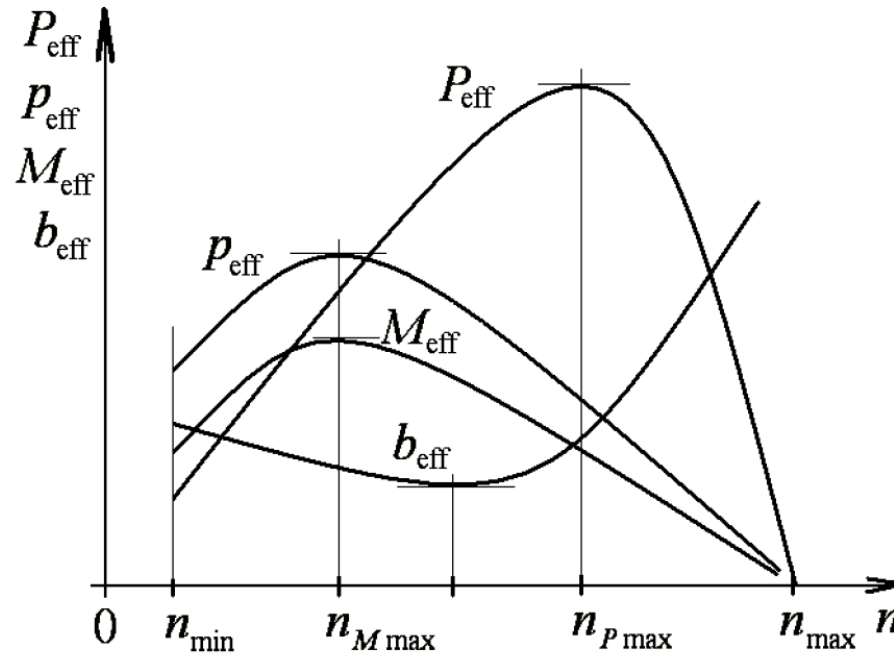
A MOTOROK JELLEMZŐ HATÁSFOKAI

- **Termikus hatásfok:** a körfolyamatból nyerhető munka és a bevezetett hőmennyiség hányadosa
- **Jósági fok:** az indikátordiagramból meghatározott belső indikált munkának és az elméleti munkának a hányadosa. Értéke: 0.8-0.92
- **Indikált hatásfok:** az indikált munka és a bevezetett hő hányadosa
- **Mechanikai hatásfok:** a motor fő tengelyén fékezéssel megállapított munka, ill. teljesítmény, és az indikálással megállapított munka ill. teljesítmény hányadosa

A MOTOROK JELLEMZŐ HATÁSFOKAI

- **Gazdasági hatásfok:** amennyiben a fő tengelyen levehető munkát ill. teljesítményt a bevezetett hőenergiával vetjük össze, mérő számként a gazdasági hatásfokot kapjuk.
- **Órás fogyasztás:** időegység alatti (óránként) hajtóanyag-fogyasztást jelenti: B_t [kg/h]
- **Fajlagos fogyasztás:** egységnyi munkavégzés eléréséhez szükséges hajtóanyag fogyasztás.

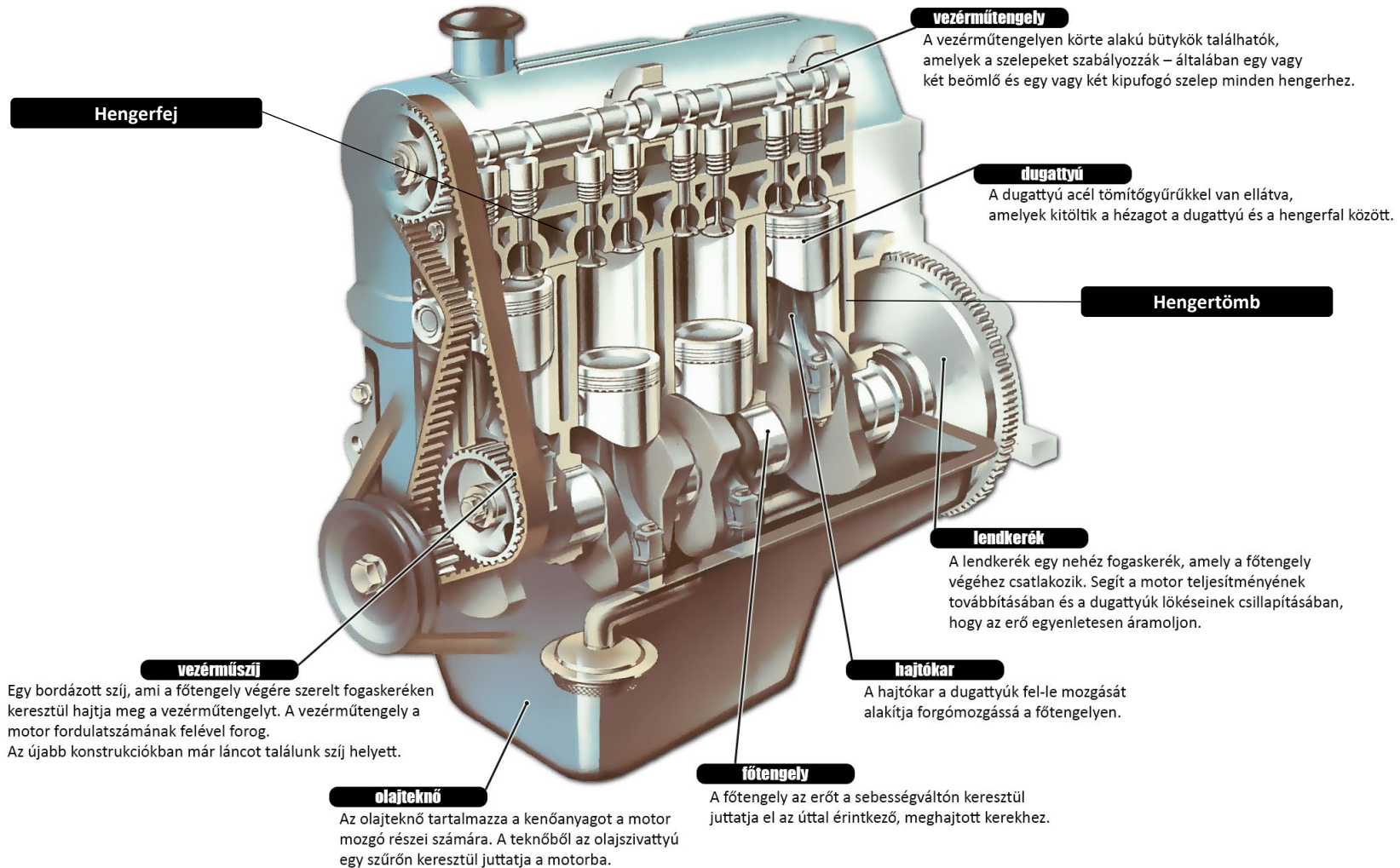
MOTOR JELLEGGÖRBÉK



Valóságos motor
Jelleggörbéi teljes terheléskor



MOTORSZERKEZETTAN



Hengerfej

vezérműtengely

A vezérműtengelyen körte alakú bütykök találhatók, amelyek a szelepeket szabályozzák – általában egy vagy két beömlő és egy vagy két kipufogó szelep minden hengerhez.

dugattyú

A dugattyú acél tömítőgyűrűkkel van ellátva, amelyek kitöltik a hézagot a dugattyú és a hengerfal között.

Hengertömb

lendkerék

A lendkerék egy nehéz fogaskerék, amely a főtengely végéhez csatlakozik. Segít a motor teljesítményének továbbításában és a dugattyúk lökéseinek csillapításában, hogy az erő egyenletesen áramoljon.

hajtókar

A hajtókar a dugattyúk fel-le mozgását alakítja forgómozgássá a főtengelyen.

vezérműszíj

Egy bordázott szíj, ami a főtengely végére szerelt fogaskeréken keresztül hajtja meg a vezérműtengelyt. A vezérműtengely a motor fordulatszámának felével forog. Az újabb konstrukciókban már láncot találunk szíj helyett.

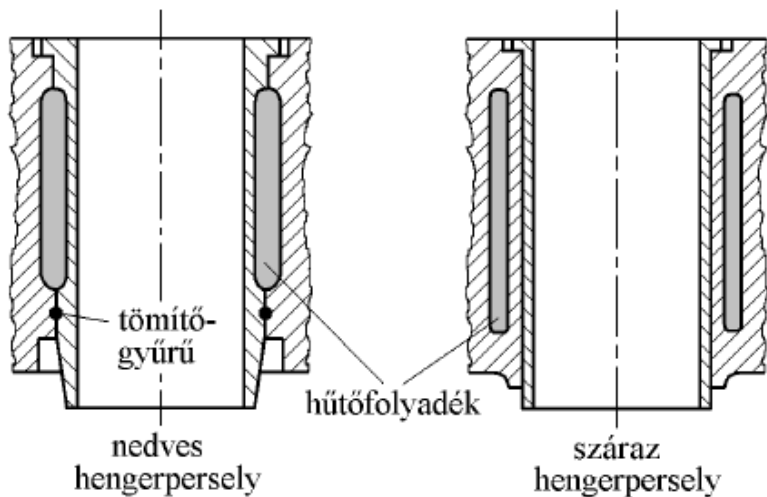
olajteknő

Az olajteknő tartalmazza a kenőanyagot a motor mozgó részei számára. A teknőből az olajszivattyú egy szűrőn keresztül juttatja a motorba.

főtengely

A főtengely az erőt a sebességváltón keresztül juttatja el az úttal érintkező, meghajtott kerekhez.

A HENGERTÖMB ÉS A HENGER



- A henger határolja a motor munkaközegét.
- A gáz átlaghőmérséklete 500 -700 °C, ezért a hengerfalat kívülről levegővel vagy vízzel hűteni kell.
- A belső felületét gyakran krómozzák vagy nikkel-szilíciumkarbid réteggel von-ják be (NICASIL-bevonat).

A HŰTÉS



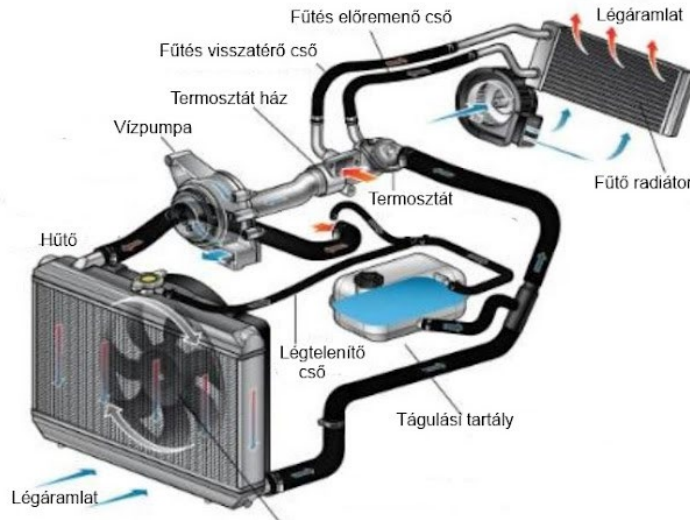
A “felesleges” hő elvezetése történhet:

1. Közvetlenül (léghűtés):

- Menetszél hűtéssel
- Ventilátoros hűtéssel

2. Közvetve (folyadékűtéssel):

- Termoszifonos hűtéssel
- Szivattyós hűtéssel

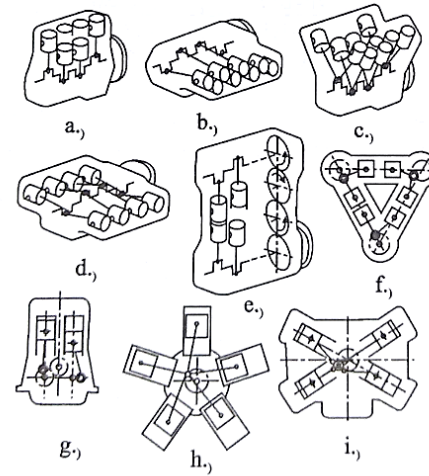
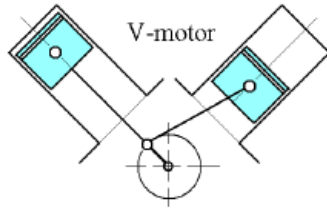
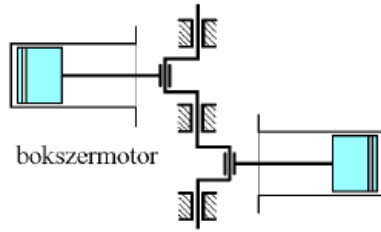
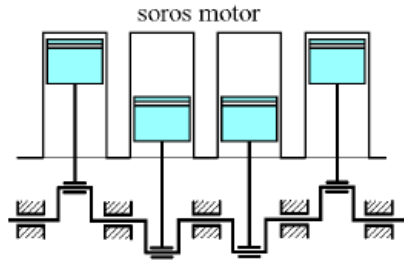


Szivattyús hűtés esetén a motor hőmérsékletet termosztát szabályozza.

AKTÍV REDÖNYZET



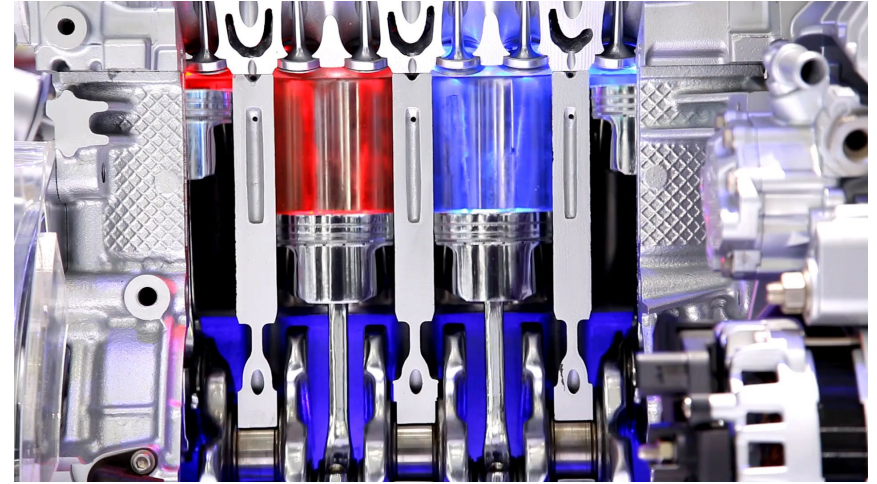
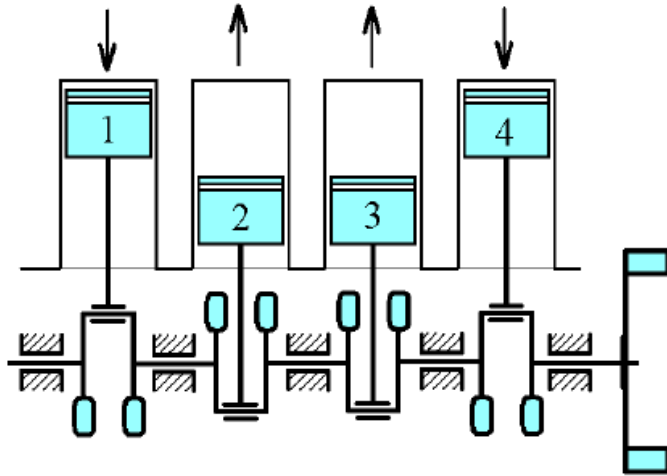
A HENGERSZÁM ÉS A HENGERELRENDEZÉS



7.10. ábra. Henger elrendezések

- a.) álló soros motor
- b.) fekvő soros motor
- c.) V-motor
- d.) Boxer-motor
- e.) ellendugattyús motor
- f.) delta motor
- g.) párhuzamos motor
- h.) X-motor
- i.) csillag motor

A NÉGYHENGGERES SOROS MOTOR GYÚJTÁSI SORRENDJE

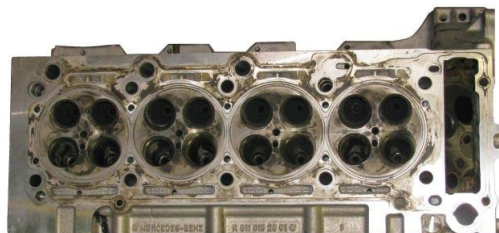


Főtengelyszög	1	2	3	4
0°-180°	↓ szívás	↑ sűrítés	↑ kipufogás	↓ munkaüt.
180°-360°	↑ sűrítés	↓ munkaüt.	↓ szívás	↑ kipufogás
360°-540°	↓ munkaüt.	↑ kipufogás	↑ sűrítés	↓ szívás
540°-720°	↑ kipufogás	↓ szívás	↓ munkaüt.	↑ sűrítés

- A tömegegyenlítés
- Fél főtengely-fordulatonként (180°) van egy-egy munkaütem.

A HENGERFEJ

- A nyitott hengert felülről a rácsavarozott hengerfej zárja le.
- Ebben alakítják ki a szívó- és kipufogócsatornát és az égésteret.
- Anyaga leggyakrabban öntött alumínium-ötvözet.
- A hengerfejet hűteni kell.



Négyhengeres soros motor hengerfeje és az égésterek



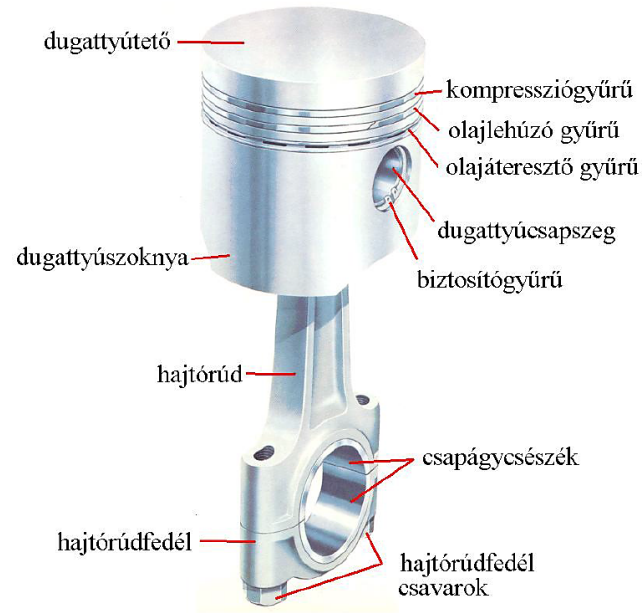
Hengerfej a szelepfedél felől nézve

Soros motor hengerfejtömítése



A FORGATTYÚS HAJTÓMŰ

- A forgattyús hajtómű részei a dugattyú, a dugattyúcsapszeg, a hajtórúd és a főtengely.
- A forgattyús hajtómű a dugattyú egyenes vonalú mozgását átalakítja forgó mozgássá.



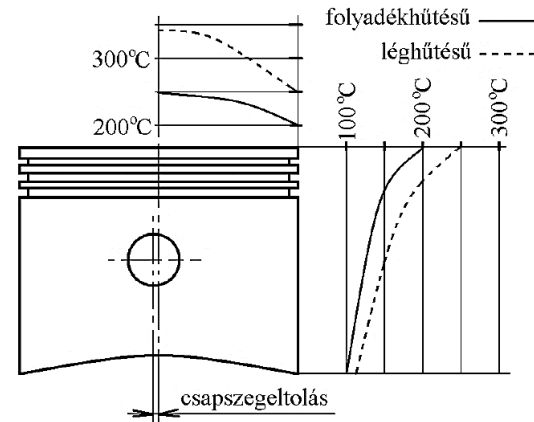
DUGATTYÚ

A hengerben mozog a dugattyú feladata:

- Az égéskor keletkező térfogatváltozási munkájának átvitele a csapszegen és haj-tórúdon át a főtengelyre.
- Az égéstérben keletkező belső energia (hő) egy részének elvezetése a hengerfalra.
- A dugattyúgyűrűk megtartása és vezetése.
- A hajtórúd felső fejének egyenesbe vezetése.
- A kétütemű motorokban a be-, ki- és az átömlés vezérlése (a megfelelő rések nyitása,



Dízelmotor dugattyúja



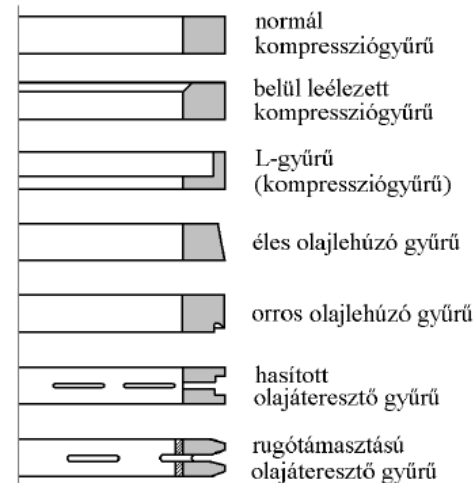
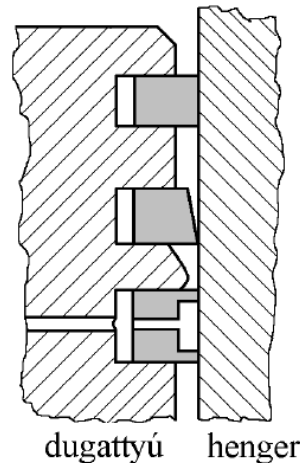
Dugattyú hőmérséklet-eloszlása
(Négyütemű benzinmotor)

A DUGATTYÚGYŰRŰK

- A dugattyúhornyokban elhelyezett gyűrűk rugalmasan nekifeszülnek a hengerfalnak.

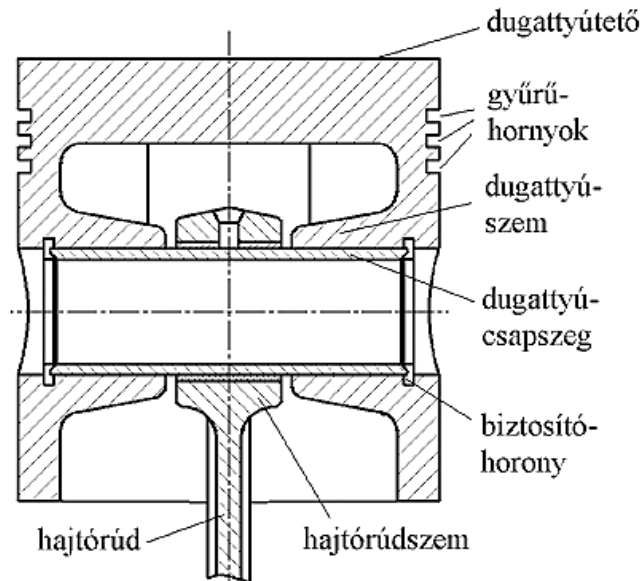
Feladatuk:

- A hengertér tömítése
- A hő (belső energia) egy részének elvezetése a forró dugattyúból a hidegebb hengerfalra,
- A hengerfalra tapadt olaj visszajuttatása az olajteknőbe
- A gyűrűk anyaga szürkeöntvény, gömbgrafitos öntöttvas acél



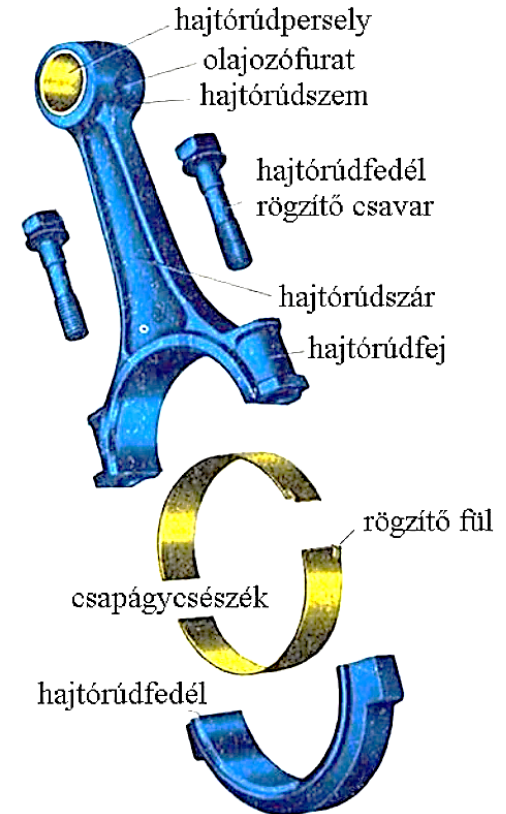
A DUGATTYÚCSAPSZEG

- **Csuklóként köti össze** az egyenes vonalú mozgást végző dugattyút és a lengő mozgást végző hajtórudat
- A dugattyúra ható erőt viszi át a hajtórúdra.
- Anyaga szívós, betétben edzhető ötvöztött acél.
- Felülete üvegkemény, ezt cementálással vagy nitridálással érik el.



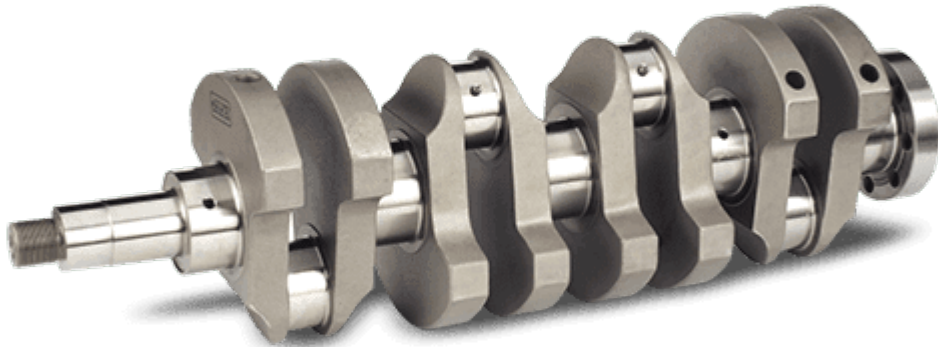
A HAJTÓRÚD

- Összeköti az egyenes vonalú mozgást végző dugattyút a forgó mozgást végző főtengellyel.
- A hajtórúd anyaga nemesíthető ötvözött acél.
- Bronzpersely
- Hajtórúdszár nyomó, húzó és hajlító igénybevétel.
- keresztmetszete leggyakrabban I alakú,
- Kis tömeget és a nagy merevséget.



A FŐTENGELY

- **Egyenlőtlen tömegeloszlású** rendszert alkot (a rendszer súlypontja nem esik a forgástengelyre).
- A főtengely forgásakor váltakozó irányú és nagyságú tömegek ébrednek.
- Ezek kiegyensúlyozására a főtengelyen **ellensúlyok** (sonkák) vannak.
- A motor segédberendezéseinek (olajszivattyú, hűtőventillátor, vízszivattyú stb.) meghajtása
- A vezérműtengely is a főtengelyről kapja a hajtást.
- A főtengely kihajtóvégén van a lendítőkerék, innen jut a nyomaték a meghajtott gépre.



A MOTOR KENÉSE



A motorban az egymáshoz kapcsolódó szerkezeti elemek súrlódnak egymással.

- A súrlódási ellenállás veszteség
- Melegedés.
- Kopás

DÍZELMOTOROK

A dízelmotorok előnyei:

- Jobb hatásfok
- Alacsonyabb fajlagos hajtóanyag-fogyasztás,
- A terhelés változásakor a fogyasztás kevésbé változik
- A felhasznált hajtóanyag valamivel olcsóbb
- A motor feltöltésére kedvezőbbek a feltételek
- Kevésbé tűzveszélyes.

A dízelmotor hátrányai:

- Nagyobb fajlagos motortömeg
- Bonyolultabb,
- Előállításuk és javításuk drágább,
- Kezelésük, karbantartásuk nagyobb gondosságot igényel,
- A teljesítmény a fordulatszám emelésével való növelésének korlátozottabbak a lehetőségei
- Környezet védelem

FELTÖLTÖTT MOTOROK

- A belsőégésű motorok teljesítménynövelési módjai lényegében három paraméter megváltoztatása köré csoportosíthatók:
 - A lökettérfogat növelése
 - A fordulatszám növelése
 - A középnyomás növelése:

A gáztöltet ne csak **a dugattyú szívóhatása** révén jusson be a motor hengerébe, hanem valamilyen töltőberendezés (sűrítő) segítségével.

- Munkaciklus magasabb nyomásszintre kerül
- Nagyobb tömegű levegő jut a hengerbe, több hajtó anyag elégetése.
- Körfolyamat területe nő, nő a középnyomás is.
- 25-50 %-kal is növelhető a motor teljesítmény

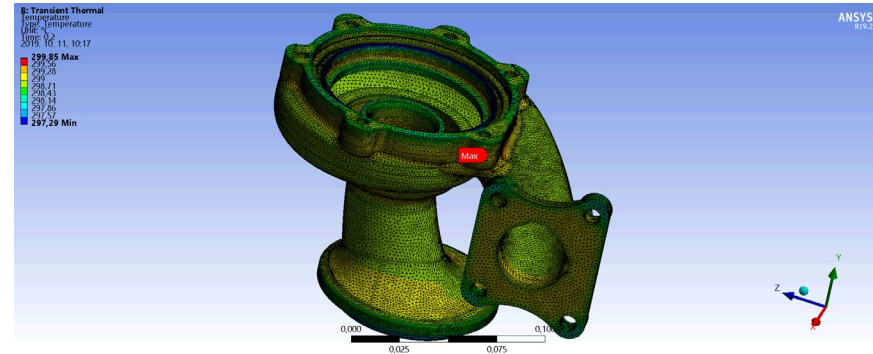
FELTÖLTÖTT MOTOROK

A feltöltött motorok előnyei:

- A motor teljesítménye növelhető
- Csökken a fajlagos fogyasztás, javul a gazdasági hatásfok,
- Kisebb a fajlagos motortömeg
- Légköri nyomásváltozásra (magasság változás) kevésbé érzékeny
- Javulhat a kipufogógáz összetétele

A feltöltött motorok hátrányai:

- Növekszik a motor hőterhelése
- Több az alkatrészek száma, ezért nagyobb a meghibásodás lehetősége
- Egyes esetekben a nyomaték rugalmasság romolhat



FELTÖLTÖTT MOTOROK

A leggyakrabban alkalmazott feltöltési módok:

- **Mechanikus feltöltésű a motor:** amelynek a sűrítője (feltöltő berendezése) a hajtást a motor forgattyústengelyéről mechanikai kapcsolat révén kapja.



FELTÖLTÖTT MOTOROK

- **Turbófeltöltésű a motor:** a sűrítő a működéséhez szükséges energiát a motor kipufogógázával hajtott gázturbinától kapja.

FELTÖLTÖTT MOTOROK

- **Idegen feltöltésű a motor**, ha sűrítést önálló feltöltőberendezés végzi, amelyet az adott belsőégésű motortól független erőgép működtet.

FELTÖLTÖTT MOTOROK

- **Dinamikus vagy akusztikus feltöltésű** a bejutó töltet sűrűségét a szívóvezetékben fellépő nyomáshullámok növelik meg.
- **Vegyes feltöltésű a motor**, amikor az előző feltöltési módok kombinációjával működik.

FORGÓDUGATTYÚS MOTOR (WANKEL-MOTOR)

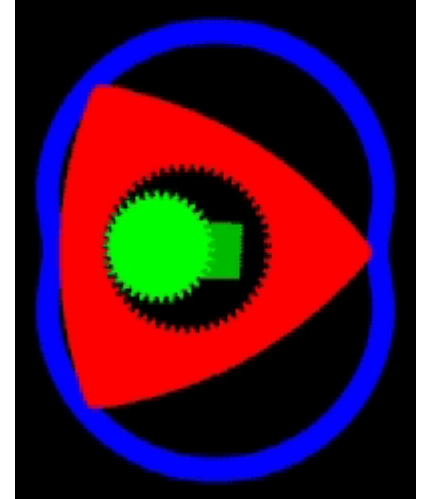
- Első modellt 1924-ben készítették el.
- Közel 30 évig tömítési és gyártási technológiai nehézségek elhárításán dolgozott.

A wankel-motor előnyei:

- Nem kell mozgásátalakítást megvalósítani (forgó-alternáló),
- Nincsenek kiegyenlítetlen tömegek,
- Nem kell külön vezérmű,
- Fajlagos tömege kisebb a dugattyús motorokénál.

A wankel-motor hátrányai:

- Tömítési, hűtési, kenési problémák,
- Nagyobb fajlagos fogyasztás,
- Rövidebb élettartam,
- Környezetszennyezőbb.



A közúti közlekedés történelmi fejlődése I.

Year	Inventor	Invention	Country
1765	James Watt	Gőz meghajtású motor	Egyesült Királyság
1769	Nicolas Joseph Cugnot	Gőz meghajtású autó a katonai közlekedésben, (sebesség: $4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, minden 15 percben megáll vizet és szenet tankolni)	Franciaország
1786	William Symington	Gőz meghajtású autó megjelenése a személyi közlekedésben	Egyesült Királyság
1813	Isaac de Rivas	Stabil gáz meghajtású motor	Svájc
1828	Onesiphore Pecquer	Gőz meghajtású autó differenciálművel	Franciaország
1860	Richard Dungelan	Gőz meghajtású autó New York-ban	USA
1865	Siegfried Markus	Nagy méretű stabil motor	Ausztria
1867	Nikolaus August Otto	Atatmoszférikus 2 ütemű motor (teljesítmény: 3 HP i.e. 2.2. kW, magasság: 4 m, súly: 4 t)	Németország
1878	Nikolaus August Otto	4 ütemű kompressziós motor	Németország
1883	Gottlieb Daimler	Könnyű és gyors gáz meghajtású motor	Németország

A közúti közlekedés történelmi fejlődése II.

1885	Carl Benz	Gépjármű gáz vezérelt, differenciálműs, tengelykapcsolós motorral	Németország
1887	Émile Roger	Első 3 kerekű gépjármű, amit Carl Benz tervezte motorhajt	France
1895	Brother Peugeot	Első öt teherautó, amit Daimler-féle benzin motor hajt (sebesség: $12.8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)	France
1897	Rudolf Diesel	Az első belsőégésű motor	Németország
1899	Rudolf Diesel	Az Estonia teherautó, az első nehéz teherautó. Súly: 300 kg, teljesítmény: 2.75 HP, i.e. 2.45 kW	Németország
1900	-	A kormánykerék bemutatása	
1900	William Still	Első nyitott fülkés hátsókerék (mint szíjhajtású) meghajtású teherautó	Kanada
1900	Rudolf Diesel	Második szállítási teherautó 5 HP-s, i.e. 3.73 kW-os teljesítménnyel	Németország
1903	Henry Ford	A gépjárművek tömegtermelése elindul	USA
1905	Abner Doble	Utolsó gőz meghajtású autó (ekkor már túl drága)	Franciaország
1914-1918	First World War	Hadászati gépek belső égésű motorokkal	

A közúti közlekedés történelmi fejlődése II.

1929		A Wall Street összeomlása, deplécio az autóiparban	USA
1934	André Lefébvre	Első gyártósorral készített autó a Citroen Traction Avant-ja, elsőkerék hajtással	Franciaország
1939-1945	Second World War	Háborús termelés. Tehergépjárművek nagy mértékű gyártása önálló gyújtású motorral, de a benzin hiánya miatt acél és más nyersanyagok kerülnek előtérbe.	
1942	-	Mechanikus mutatók helyett a kar kikapcsolása.	
1947	Henry Ford	A V8-as személygépjármű tesztje, 3*10 ⁶ Volt-os mesterséges világítással	USA
1954	Thunderbird and T-Bird of Ford	A tervezés során nagyméretű króm és farok uszony használat jellemző	USA
1955	-	Első parkolóórak	Egyesült Királyság
1955	-	Első nehézpróbák a hűtőkamrákban	USA
1956	Firs oil crysis	A Suez-i válság okozta üzemanyag hiányban előtérbe kerül a kis méretű autógyártás	
1959	Austin Mini	Takarékos, kis "játékos" autók	Egyesült Királyság