

A JENDRASSIK-FÉLE DIESEL-MOTOROK KÜLÖNLEGES MŰSZAKI MEGOLDÁSAI (120 éve született Jendrassik György)

SPECIAL TECHNICAL SOLUTIONS OF JENDRASSIK DIESEL ENGINES (György Jendrassik was born 120 years ago)

Dr. habil. Szunyogh Gábor ny. főiskolai tanár, szunyogh.gabor@bgk.uni-obuda.hu

Dr. Gáti József c. egyetemi docens, gati@uni-obuda.hu

Dr. habil. Horváth Sándor c. egyetemi tanár, horvath.sandor@bgk.uni-obuda.hu

SUMMARY This article describes in detail the two famous inventions of György Jendrassik, who was born 120 years ago. The operation of cold start Diesel engines and the Jendrassik dosing pump are described.

1. BEVEZETÉS

120 éve, 1898. május 13-án született Jendrassik György a magyar gépészet egyik kiemelkedő személye. Életpályájáról, munkásságáról az Óbudai Egyetem technikatörténeti kollektívája már részletesen beszámolt [1]. Jelen cikkben úgy kívánunk megemlékezni Jendrassik Györgyről, hogy részletesen bemutatjuk azokat a maguk idejében teljesen újszerű gépészeti megoldásokat, amelyek világhírűvé tették a Ganz—Jendrassik Diesel-motorokat.

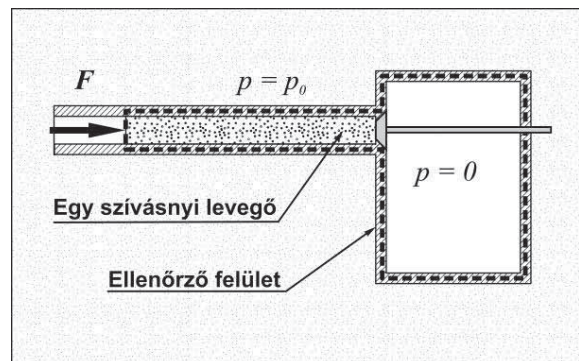
2. JENDRASSIK-FÉLE HIDEGINDÍTÁS

A XX. század első évtizedeiben nagy népszerűsége miatt a Diesel-motorok, de ezek rendszerint nagy teljesítményű (és értelemszerűen nagy méretű) stabilgépek voltak. A '20-as években viszont igény mutatkozott kisméretű változataik gyártására is, melyeket kisebb üzemekben, műhelyekben, esetleg járművekben alkalmazhattak volna. Megalkotásukat azonban számos probléma késleltette, egyebek mellett az, hogy kézi indításuk lehetetlennek látszott: indítókarral (különösen hideg motorok esetében) nem lehetett oly mértékben komprimálni a beszívott levegőt, hogy hőmérséklete elég legyen a befecskendezett üzemanyag begyújtásához.

A probléma abból adódik, hogy a kompresszió során befektetett munka nem fordítódik teljes egészében a beszívott levegő belső energiájának (és ezzel arányosan hőmérsékletének) növelésére, mert a hideg hengerfal elvonja a hő bizonyos részét. Ennek következtében a kom-

rimált levegő véghőmérséklete kevés ahhoz, hogy a befecskendezett üzemanyag meggyulladjon.

Jendrassik azonban egy igen szellemes megoldást adott a levegő felmelegítésére [2]. Termodinamikai számításokkal kimutatta, hogy ha megnyitjuk egy evakuált tartály záró szelepét, akkor a tartály környezetéből beáramló levegő felmelegszik. Ez látszólag ellentmond annak a „közismert” tapasztalatnak, hogy a gázok (adiabatikus) expanziója lehűléssel jár. Azonban az alábbi gondolatmenettel mégis belátható Jendras-

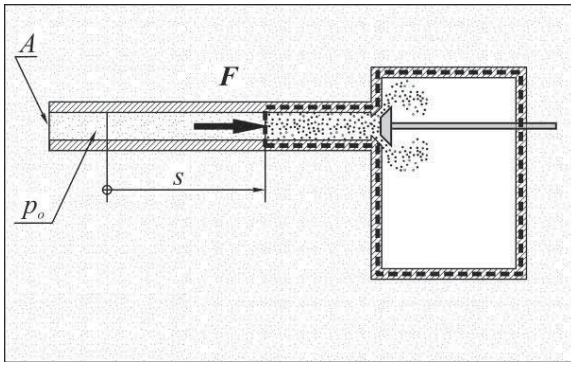


1. ábra. A Jendrassik-féle Diesel-motor feltöltésének termodinamikai modellje

sik felismerése.

Mutassa az 1. ábra a Diesel-motor szívócsonkjának és munkahengerének sematikus képét. Jelöljük be rajta azt a levegőrészt, amely a szívás során bekerül a munkahengerbe, és vegyük körbe a munkahengert (a szóban forgó levegőrésszel együtt) egy ellenőrző felülettel.

Jelölje F azt a (nyomó-) erőt, amit az ellenőrző felületen kívül található légrézecskek az ellenőrző felületen belül található légtömegre kifejtenek. A munkahengeren kívül a nyomás megegyezik a normál (p_0) légköri nyomással, a munkahengeren belül viszont vákuum van ($p=0$).



2. ábra. A feltöltés folyamatának közbülső állapota

Amint a szívószelep kinyílik, az ellenőrző felületen kívüli légrézcskék (akár egy dugattyú), elkezdik betolni a kijelölt légtömeget a munkahengerbe (2. ábra). Jelölje A a szívócsonk keresztmetszetének területét, s pedig a munkahengerbe jutó légtömeg szélső részecskéinek (azaz az F erő támadáspontjának) elmozdulását. Amikor a henger feltöltése befejeződik, akkor a szívócsonkban lévő teljes levegőmennyiség bejut a munkahengerbe (3. ábra). Eddig a pillanatig az F erő támadáspontjának elmozdulása $s=s_{max}$.

Az ellenőrző felületre a szomszédos légrézcskék által kifejtett nyomóerő $s=s_{max}$ elmozdulás során

$$W_k = F \cdot s_{max} \quad (1)$$

külső munkát végzett, ami, figyelembe véve, hogy

$$F = p_0 \cdot A, \quad (2)$$

$$W_k = p_0 \cdot A \cdot s_{max}. \quad (3)$$

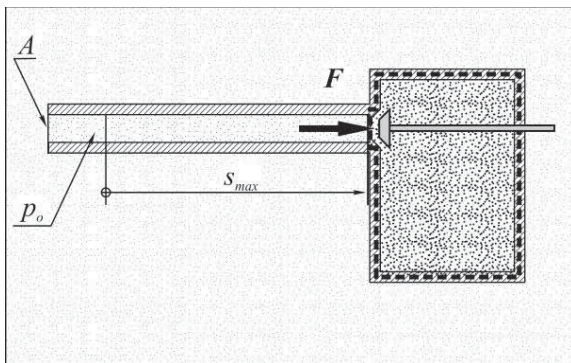
Mint ahogy a munkahengerbe jutó levegő kezdeti térfogata

$$V_0 = A \cdot s_{max}, \quad (4)$$

ezért írható, hogy a feltöltés során a bejutó levegőn végzett külső munka

$$W_k = p_0 \cdot V_0. \quad (5)$$

Jelölje a levegő hőmérsékletét a feltöltés előtt T_0 , a feltöltés utáni állapotban pedig T_1 . A levegő belső energiájának megváltozása



3. ábra. A feltöltés végállapota

$$\Delta U = c_v \cdot m \cdot (T_1 - T_0), \quad (6)$$

ahol c_v a levegő állandó nyomáson vett fajhője, m pedig a levegő tömege (feltöltésenként).

Tekintettel arra, hogy az evakuált munkahengerbe igen rövid idő alatt áramlik be a levegő, nem jut idő arra, hogy hőcsere történjen az ellenőrző felületen keresztül, ezért a folyamat adiabatikus:

$$Q = 0. \quad (7)$$

Mármint a hőtan I. főtétele szerint a belső energia megváltozása megegyezik a rendszerrel közölt hőnek és a rendszeren végzett külső munkának az összegével, azaz

$$\Delta U = Q + W_k, \quad (8)$$

ami Az (5), (6) és (7) egyenletek figyelembe vételével

$$c_v \cdot m \cdot (T_1 - T_0) = p_0 \cdot V_0. \quad (9)$$

A jobb oldalon álló szorzat az általános gáztörvény szerint kifejezhető a levegő kezdeti nyomásával és tömegével:

$$p_0 \cdot V_0 = \frac{m}{M} R \cdot T_0, \quad (10)$$

ahol M a levegő móltömege, R az univerzális gázállandó, így a (9) átírható

$$c_v \cdot m \cdot (T_1 - T_0) = \frac{m}{M} R \cdot T_0 \quad (11)$$

alakba. Fejezzük ki ebből T_1 -et!

$$T_1 = \left(\frac{R}{M \cdot c_v} + 1 \right) \cdot T_0. \quad (12)$$

Mint ahogy a zárójelben álló kifejezés nagyobb, mint egy, így nyilvánvaló, hogy a feltöltés során a levegő felmelegedik.

A (12) még tömörebb formára hozható, ha figyelembe vesszük a Robert-Mayer egyenletet, mely szerint

$$c_p - c_v = \frac{R}{M}. \quad (13)$$

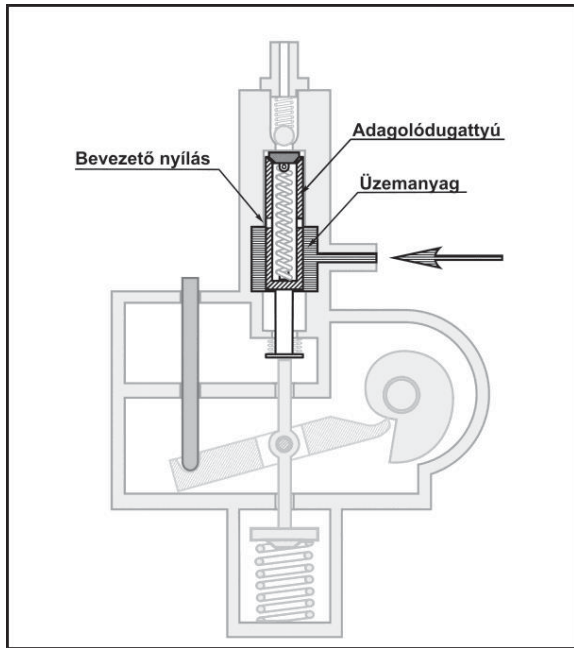
ahol c_p a levegő állandó nyomáson vett fajhője. Így a (12) új alakja:

$$T_1 = \frac{c_p}{c_v} \cdot T_0. \quad (14)$$

Mivel a c_p/c_v hányados a levegő κ adiabatikus kitevője, ezért a hőmérsékletnövekmény

$$T_1 = \kappa \cdot T_0. \quad (15)$$

Ezt az elvet Jendrassik oly módon ültette át a gyakorlatba, hogy a szelepek vezértengelyén két bütököst helyezett el. Az egyik csak indításkor volt használatban, melyek bütökei késleltetett nyitását eredményeztek: a szívószelepek csak akkor nyíltak ki, amikor a dugattyú már az alsó holtpont közelében volt, azaz a munkahengerben gyakorlatilag vákuum uralkodott. Követ-



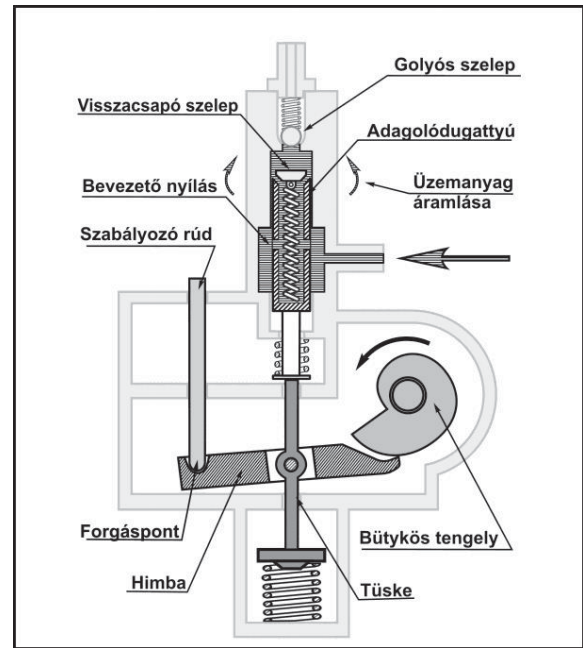
5. ábra. A Jendrassik-féle adagolószivattyú alaphelyzetben

kezésképpen a beáramló levegő hőmérséklete már a kompresszió kezdeti pillanatáig (!) több, mint 100 fokkal megemelkedett, biztosítva, hogy motorház alacsony hőmérséklete ellenére is a kompresszió elegendően magas hőmérsékletet eredményezzen. Miután azonban a motor beindult, egy kar elfordításával a vezértengelyt hosszirányba eltolták, lehetővé téve, hogy a továbbiakban a szívószelepek már a „szokásos” pillanatban nyissanak.

3. A JENDRASSIK-FÉLE DIESEL-ADAGOLÓ
Jendrassik a kisteljesítményű Diesel-motorokhoz kifejlesztett egy rugós adagolószivattyút, melynek nagy előnye (az egy évvel később feltalált Bosch-féle adagolóval szemben), hogy az adagolás fizikai körülményei függetlenek a gép üzemi állapotától, mindenek előtt a motor fordulatszámától. A szerkezet eredeti összeállítási rajza meglehetősen bonyolult, ezért működésének megértéséhez célszerű az alábbi egyszerűsített sémát követni.

Maga az adagolás egy csőszerű *adagoló dugattyúval* történik (4. ábra). A dugattyú belemerül az üzemanyaggal teli térségbe, de belsejébe alaphelyzetben (amint a 4. ábra mutatja) nem juthat gázolaj, mert a *bevezető nyílások* az üzemanyag szintje felett, lezárva találhatók.

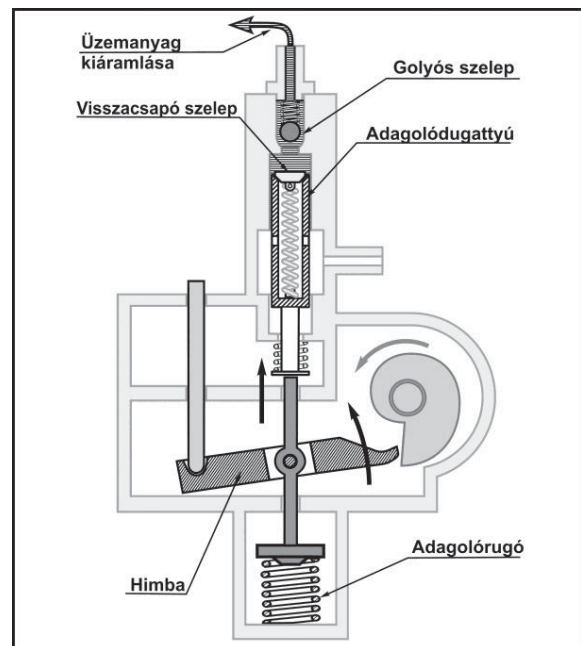
Ha azonban a *vezértengely* a bejelölt irányba elfordul (5. ábra), akkor a rajta lévő *spiráltárcsa* a *himba* jobb oldali végét lenyomja, és a hozzá csuklósan kapcsolt *tüske* (a rugótányér segítségével) összenyomja (megfeszíti) az *adagoló rugót*. A *himba* forgáspontját a *szabályozó rúd* vége képezi. Miközben a *tüske* lesüllyed,



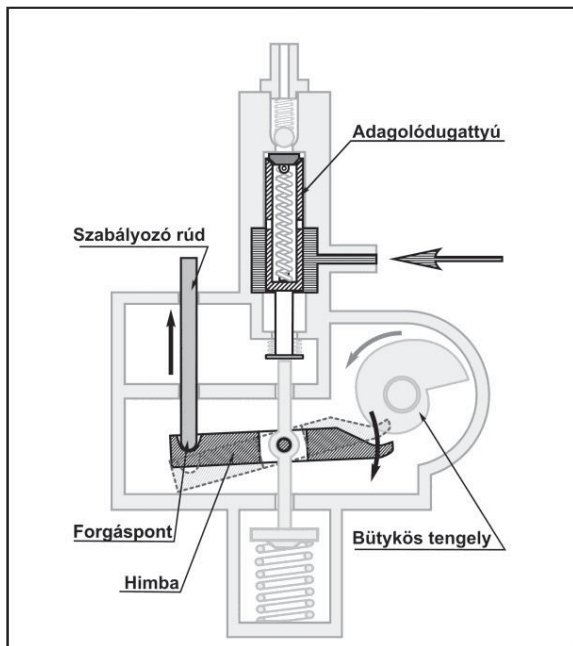
5. ábra. A Jendrassik-féle adagolószivattyú állapota az üzemanyag beszívása során

vele együtt lesüllyed az adagoló dugattyú is, és ezáltal megnyílnak az üzemanyag-bevezető nyílások. A gázolaj így feltölti az adagoló dugattyút, sőt megnyitja az adagoló dugattyú tetején lévő *visszacsapó szelepet*, lehetővé téve, hogy az üzemanyag kitöltse a dugattyú feletti teret is (egészen a golyós szelepig).

Amint a vezértengely tovább fordul, eljön az a pillanat, amikor a *himba* jobb oldali vége lepattan a *spiráltárcsáról*, lehetővé téve, hogy az adagoló rugó megemelje a *tüskét*, ami pedig felemeli az adagoló dugattyút (6. ábra). Az emelkedés során az adagoló dugattyú tetején lévő *visz-*



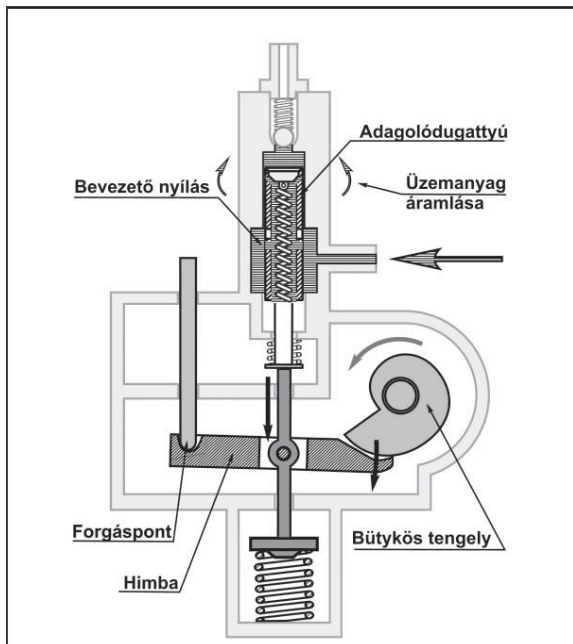
4. ábra. A Jendrassik-féle adagolószivattyú állapota az üzemanyag befecskendezése során



7. ábra. Az adagolószivattyú átállítása kisebb töltésre

szacsapó szelep lezár, megakadályozva a gázolaj visszaáramlását. Az adagoló dugattyú további emelkedésével az üzemanyag (megnyitva a *golyósszelepet*) eltávozik a szerkezetből és befecskendeződik a motor munkahengerébe.

Előnye ennek az adagolási módszernek abban rejlik, hogy a gép fordulatszámától függetlenül a gázolaj befecskendezése mindig ugyanakkora, azaz az adagoló rugó által kifejtett erővel történik.



8. ábra. Az adagolószivattyú állapota csökkentett mennyiségű üzemanyag beszívása esetén

Amennyiben csökkenteni kívánják a motor teljesítményét, azaz kevesebb üzemanyaggal akarják feltölteni a munkahengert, akkor elegendő kissé felhúzni a *szabályozó rudat* (7. ábra). Emiatt a *himba* forgáspontja feljebb kerül, illetve ezzel egyidejűleg a himba jobboldali vége lecsúszol, azaz eltávolodik a bütykös tengelytől. Következésképpen a spiráltárcsa nem tudja lenyomni a himba jobboldali végét, így az adagoló dugattyú sem mozdul el alaphelyzetéből. Bevezető nyílásai csak akkor nyílnak meg, amikor a bütykös tengely olyan mértékben elfordult, hogy már eléri a himba jobboldali végét, és azt le tudja nyomni (8. ábra). Természetesen ez a „késleltetett megnyitás” azzal jár, hogy kisebb mértékben süllyed le az adagoló dugattyú, azaz kisebb lesz a dugattyú feletti tér, tehát kevesebb üzemanyagot fog a szerkezet a motorba befecskendezni.

4. JENDRASSIK MUNKÁSSÁGA

Jendrassik György a két világháború közötti időszak egyik legsikeresebb magyar gépészmérnöke. Nevéhez fűződik a Jendrassik-féle Diesel-adagoló feltalálása, a Jendrassik-effektus elvével megvalósuló Diesel-motor indítás, a világ első kisteljesítményű gázturbináinak megalkotása és az első légsaváros repülőgép-gázturbina kísérleti példányának létrehozása [3]. Személye ötvözte az igen alapos felkészültségű elméleti szakembert, a produktív konstruktort és a kiváló vezetőt [4]. Fejlesztő mérnökként kezdte pályáját a Ganz és Társa – Danubius Gép-, Vaggon és Hajógyár Rt.-nél, majd fokozatosan előrehaladva a ranglétrán a gyár vezérigazgatója lett [5]. A Ganz-Jendrassik Diesel-motorok világhírűek voltak, még napjainkban is sokfelé előfordulnak működő példányaik. Jendrassik a II. világháború után külföldre távozott. Viszonylag fiatalon halt meg, Londonban van eltemetve.

IRODALOM

- [1] SZUNYOGH, G., HORVÁTH, S., GÁTI, J.: A magyar gépészet kiemelkedő alkotói — Jendrassik György — *OGÉT 21th International Conference on Mechanical Engineering*. Kolozsvár, 2013. április 25-28. p. 399-402
- [2] NAGY Ferenc (szerk.): *Magyarok a természetudomány és a technika történetében OMIKK*, Budapest, 1992. p. 244-246
- [3] KORÉNYI Zoltán, TOLNAI Béla: *Az áramlás- és hőtechnika nagyjai. Műegyetemi kiadó*, Budapest, 2007. p. 266-469
- [4] TERPLÁN, Zénó: *Az én gépészeim*. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1998. p. 115-121
- [5] GOMBÁS, Tibor: *Belsőégésű motorok gyártása a Ganz gyárban 1945-ig*. Technikatörténeti szemle. Budapest, 1964. p. 145-167