

SZAKDOLGOZAT

Szabó Zétény

Mezőgazdasági és
Élelmiszeripari
Gépészmérnök
alapszak

Gödöllő

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Mezőgazdasági és Élelmiszeripari

Gépészmérnök alapszak

Deutz F3L 1011 motor felújítása

Belső konzulens: Dr. Kiss Péter
egyetemi tanár,
tanszékvezető

Külső konzulens: Madai Péter
gépészeti főmérnök,
HEDO Kft.

Készítette: Szabó Zétény
X3FOQ5
Nappali tagozat

Intézet/Tanszék: MATE, Műszaki
Intézet, Járműtechnika
Tanszék

Gödöllő

2024

**MŰSZAKI INTÉZET MEZŐGAZDASÁGI ÉS ÉLELMISZERIPARI
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Erőgéptechika specializáció**

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Szabó Zétény (X3FOQ5)

részére

A szakdolgozat címe: Motorfelújítás technológiája

A dolgozat címe: Deutz F3L 1011 motor felújítása

Feladatkiírás:

Foglalja össze és értékelje a dízel motorokkal kapcsolatos szakirodalmat. Tervezze meg a Deutz F3L 1011 motor felújításának technológiáját. Végezze el a felújítandó motor állapotfelmérését és határozza meg a felújítás lépéseit. Mutassa be a felújítási folyamatot.

Közreműködő tanszék: Járműtechnika Tanszék

Külső konzulens: Madai Péter, gépészeti főmérnök, HEDO Kft.

Belső konzulens: Dr. Kiss Péter, tanszékvezető, egyetemi tanár, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék

Beadási határidő: 2024. november 5.

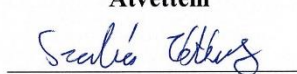
Gödöllő, 2024. június 15.

Jóváhagyom


Prof. Dr. Kiss Péter
tanszékvezető


Dr. Bárfai Zoltán
szakfelelős

Átvettem


Szabó Zétény
hallgató

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024. *október* hó 22. nap


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, célkitűzés.....	5
2. Dízel motorokkal kapcsolatos irodalom feldolgozás	7
2.1. Dízel motor fejlődéstörténete	7
2.2. Dízel motorok alkalmazása és hajtóanyagai	7
2.3. Diesel körfolyamat.....	9
2.4. Diesel motor adagoló rendszerei	11
2.5. Common-rail rendszerű hajtóanyag ellátás	14
2.6. Belsőégésű motorok égéstér kialakításai	17
2.7. Befecskendezők működése.....	20
2.8. Kenőanyagok	22
2.9. Dízelmotor fordulatszám -és regulátoros jellegörbéje.....	24
3. Deutz F3L 1011 motorfelújítás technológiája.....	26
3.1. F3L 1011 motor bemutatása, gyári specifikációi	26
3.2. A motor névleges adatai	28
3.3. A motor ismertetése	30
3.4. A motor alkatrészeire szerelése, állapotfelmérése	31
3.5. Felújítási árajánlat elkészítése	37
3.6. A motor összeszerelése	38
4. Összefoglalás.....	51
5. Summary	52
6. Irodalomjegyzék.....	53
7. Nyilatkozatok	54
7.1. Hallgatói nyilatkozat.....	54
7.2. Konzulensi nyilatkozat	55

1. Bevezetés, célkitűzés

A szakdolgozatom témája egy Deutz F3L 1011 ipari dízelmotor felújításának részletes bemutatása, amelyet a Diesel Technik Zentrum Kft. segítségével tudtam megvalósítani. Szervizükben kisebb szünetekkel 2023. júliusától kezdve dolgoztam egészen 2024. augusztusáig, ahol rengeteg tapasztalatot szereztem általánosságban a szerelési folyamatokról, a dízel motorok működéséről, a jellemző problémáiról, ezen problémák megoldásának lehetőségeiről, valamint megismerkedtem számomra új szerszámokkal, cél eszközökkel, alkatrészekkel. A munkám során több motor részleges felújításában is részt vettem, a motorok gépekből való ki-és beszerelésében segítettem, valamint munkám körülbelül fele külső helyszínen történő szerelésből állt, ahol ismereteket szereztem a különféle ipari felhasználású gépek szerelésében, hiszen sokszor nagy bontást szükséges elvégezni egy kisebb alkatrész kicseréléséhez. Ezen felül a mai szerelői tevékenységben gyakorlatilag elengedhetetlen szerepet játszik a motordiagnosztika, ugyanis a manapság használatban lévő gépek jelentős hányadában motorvezérlővel szerelt motorokat alkalmaznak, és ezeknek az erőforrásoknak a szerelését nagyban megkönnyíti egy diagnosztikai program, amely kezelését én is figyelemmel kísértem.

Személyes tapasztalatom a mezőgazdasággal sajnos nincsen sok, hiszen az én családomban hosszú idők óta nem foglalkozik ezzel senki, viszont mindig is nagy érdeklődést mutattam iránta, hiszen úgy gondolom, hogy ez a világ egyik alappillére, hogy az emberek elé ételt kell tenni, így választottam ezt az irányultságot. Szerencsére ismerősök és barátok által már többször volt lehetőségem megtapasztalni a földművelést és annak nehézségeit, vezettem öregebb és újabb gépeket is. Sajnos a gépek hibáinak jelentős része emberi figyelmetlenségekből következnek be, ugyanis a gépkezelők sokszor hanyagul bánnak járművükkel, van, hogy szándékosan tönkreteszik.

A motorok felújítása során első lépésként mindig ki kell szerelni a felújítandó motort a gépből, így teljeskörű felmérést lehet végezni az állapotáról. A felmérést követően egy gazdasági számítást ajánlott elvégezni, ami alapján kiderül, hogy a motort érdemes e felújítani vagy inkább egy gyári cseremotor vásárlása lenne az ideális. Jellemzően akkor érdemes a felújítás helyett a cseremotort választani, amikor a felújítás eléri az új motor árának a 85%-át, hiszen ilyenkor már egy kicsivel több tőke ráfordítással egy új motort tudunk beépíteni, amire a gyár vállal garanciát.

Amennyiben az ügyfél nem szeretne több pénzforrást áldozni, ebben az esetben a felújítás is gyári alkatrészekkel történik meg, és ezen alkatrészekkel is egy gyári előírásoknak megfelelő motort lehet összeszerelni, viszont erre a motorra gyári garancia már nem érvényesíthető, csak a szervíz garanciája.

A motor összeszerelése, esetleges indítás próbája után ajánlott egy fékpadi mérést is elvégezni, ahol a gyári alapadatokkal összehasonlítva meg tudjuk határozni a motorfelújítás sikerességét, viszont ez a mérés kisebb motoroknál gazdasági okokból nem szokott megvalósulni, hiszen a motor értékéhez képest a mérés túl nagy anyagi vonzattal jár ahhoz, hogy ezt megérje elvégezni.

Célkitűzésem, hogy a beérkező motor adatait felveszem, majd minden irányból körbe fényképezem, a hiányzó egységeket összeírom. A motor állapotfelmérését elvégzem a szervízben dolgozó kollégákkal. A motort alkatrészeire szétszerelem és a fő egységeket pontos mérőműszerek segítségével megmérem. Szemrevételezéssel minden alkatrészt pontosan felmérek, hogy repedések, törések, mély karcok ne legyenek bennük. Amikor a motor állapotfelmérését elvégeztem, akkor a felújítás anyagi vonzatát kiszámítom. A gyári specifikációknak és minőségnek megfelelő új alkatrészeket megrendelem. A motorblokk felfúrását és a gyári javítóhüvely beillesztését, valamint a hengerfej síkolását és a forgattyús tengely köszörülését gépműhely végzi el kellő pontossággal, így ezt a munkát velük leegyeztetem. Az újra felhasználásra kerülő összes alkatrészt átvizsgálom, majd alaposan eltakarítom alkatrészmosóval. Az összeszerelés során minden alkatrészt precízen a helyére felszerелеk. Miután a motor elkészült, raklapra szerelve megkísérlem elindítását, miután ez sikerült, az alapjárat fordulatszámot beállítom és az olajnyomás értékét folyamatosan mérem. Amennyiben az indítás és a motor járata hiba nélkül végbement akkor a motort szállításra előkészítem. A motort az ügyfél részére eljuttatjuk, és későbbiekben szervizeljük.

2. Dízel motorokkal kapcsolatos irodalom feldolgozás

2.1. Dízel motor fejlődéstörténete

Az 1870-es években a gőz volt a fő energiaforrás a gyárak és a vonatok számára. Gőzhajtású autókat is gyártottak az akkoriban használt belső égésű motorokkal párhuzamosan. Ekkor lépett színre Rudolf Diesel, aki megalkotta a dízelmotorokat.

Diesel akkoriban a termodinamikát tanulmányozta, és ekkor jött az ötlete, hogy egy olyan motort hozzon létre, amely rendkívül hatékony, és az általa termelt hő energiává alakítja. Elkezdett dolgozni azon, ami végül az első dízelmotor lett.

Első műhelyét 1885-ben nyitotta meg, hogy elkezdje ennek az új motornak a fejlesztését, és hogy elméleteit a gyakorlatban is kipróbálja. Egyik hipotézise az volt, hogy a nagyobb mértékű kompresszió nagyobb hatékonysághoz és teljesítményhez vezet.

Diesel az 1890-es évek során kapott szabadalmakat a terveire. Az első dízelmotor prototípusa 1893-ban készült el, viszont az első motorpróba sikertelen volt, így újra kellett gondolnia a terveket.

1897-ben Diesel számos fejlesztés és teszt után sikeres eredményeket ért el. Az év februárjában 26,2%-os hatásfokot tudott elérni a motorjával. Összehasonlítva az akkoriban népszerű gőzgéppel, Diesel motorja 16,2%-kal volt hatékonyabb.

1925-ben Alfred Büchi svájci mérnök és feltaláló képes volt kombinálni a turbófeltöltés technológiáját egy dízelmotorral, ami több, mint 35%-os hatásfokot ért el. A modern dízelmotorok többsége Büchi elveit követi, és turbófeltöltést alkalmaz.

A hajtóanyag-befecskendező szivattyúkat Robert Bosch német feltaláló és iparos fejlesztette tovább és vezette be 1927-ben, amivel hozzájárult a motorok hajtóanyag-takarékosságának és hatékonyságának növeléséhez. Az első dízelmotoros személygépkocsit a Mercedes-Benz 1936-ban mutatta be.

2.2. Dízel motorok alkalmazása és hajtóanyagai

A dízelmotor a feltalálása óta alapvető szerepet játszik a világunk működtetésében. A dízelmotorok számos előnyt kínálnak, és számos járművet hajtanak, mint például teherautók, vonatok, buszok, hajók, építőipari gépek, katonai járművek, és még sok más. A motoros járművek meghajtása mellett a dízelmotorokat generátorok működtetésére is használják, amelyek áramot biztosíthatnak távoli helyszíneken, valamint vészhelyzet esetén áramellátást nagy létesítmények, például kórházak, rendőrségek számára.

Az első dízelmotor hajtóanyaga, valamint a mai hajtóanyagok:

Rudolf Diesel egyik első ötlete az volt, hogy növényi magolajat (mogyoró olajat) használjon hajtóanyagként. Ez az ötlet végül a biodízel létrehozásához vezetett, amely még ma is népszerű hajtóanyag a modern dízelmotorok számára. Jelenleg a dízel hajtóanyagot kőolaj és más biomassza anyagok finomításával állítják elő. Bár a dízel hajtóanyag a fent említett forrásokból származik, a hajtóanyag összetételének részletei eltérnek attól függően, hogy melyik dízelmotor hajtóanyag típusáról van szó. A modern korban három gyakori dízel hajtóanyag létezik:

B0 dízel hajtóanyag

Ennek a hajtóanyagnak az alapanyaga csak kőolaj, biológiai összetevőből nem áll. Emellett ezen dízel hajtóanyag adalékanyagokat és kenőanyagokat tartalmaz, amelyek a motor tisztán tartását segítik. A motor hajtóanyagfogyasztása alacsonyabb, mint más típusú hajtóanyagok használata esetén, illetve a motor élettartama, és a hajtóanyag-ellátó rendszerek, valamint a kipufogógáz utánkezelő rendszerek karbantartásigénye is csökken. További előnye, hogy alacsonyabb viszkozitással rendelkezik a többi dízel hajtóanyaghoz képest, ami lehetővé teszi, hogy a motor jobban működjön hidegebb hőmérsékleten, adalékanyagok nélkül -28 °C-ig alkalmazható, adalékanyagokkal pedig ez az érték tovább javítható. Hátránya, hogy drágább más dízel hajtóanyagokhoz képest.

B7 dízel hajtóanyag

Kőolaj alapú hajtóanyag és biológiai alapú hajtóanyag 7% -os keveréke. Előnye a B0 típusú hajtóanyaghoz képest, hogy olcsóbb, viszont a motor hajtóanyagfogyasztása emelkedni fog ezen hajtóanyag használatával. Adalékanyagokat szintén tartalmaz, viszont a motor élettartama csökken, karbantartás igénye emelkedik, ez főleg a befecskendező rendszereket és a kipufogógáz utánkezelő rendszereket érinti.

Biodízel

Ezt a hajtóanyagot növényi olajokból és/vagy állati zsírokból készítik, ennek környezetvédelmi előnye, hogy míg a hagyományos hajtóanyagok alapját a kőolaj és a földgáz teszi ki, melyeknek képződése akár évmilliók is lehet, ezzel szemben a biodízel alapanyagai jelentősen gyorsabb biológiai folyamatokból képződik. A biodízel hajtóanyagba jellemzően zsírsav-metil-észtereket kevernek akár 7% arányban, de ez országonként változhat. Megalakulását az egyre szigorúbb

környezetvédelmi előírások követelték meg, fejlesztésével a cél, hogy 2050-re az ezt használó dízel járművek és gépek karbonsemlegessé váljanak.

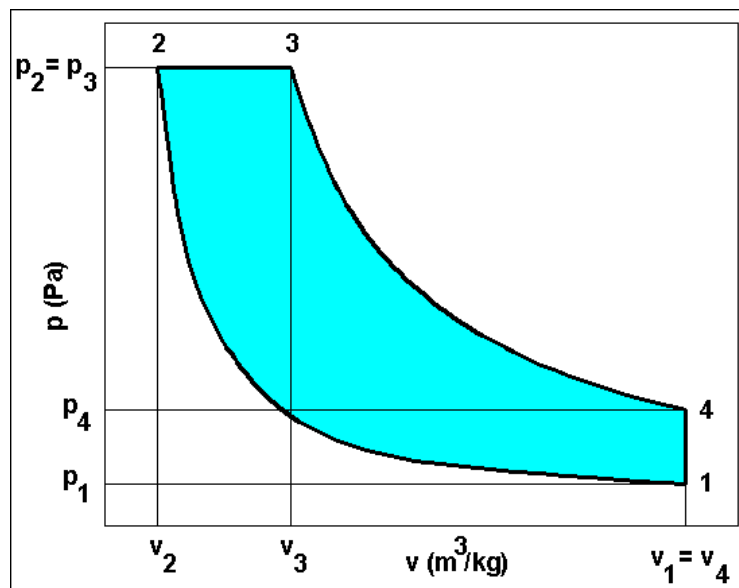
2.3. Diesel körfolyamat

A ma használt dízel motorok nagyon hasonlítanak a benzinmotorokra, legfőbb különbség, hogy míg egy benzinmotorban a levegő-tüzelőanyag keveréket egy gyertya segítségével gyújtjuk meg, addig a dízel motorban a kompresszió miatt öngyulladás során megy végbe a folyamat. A benzinmotorokkal összehasonlítva a dízelmotor további előnyei közé tartozik a kedvező hajtóanyagfogyasztás, a magasabb kompresszió viszony és a fokozott tartósság. A magasabb kompresszió viszony jobb termikus hatásfokot eredményez, ami következésképpen rendkívül hatékony mechanikai munkát eredményez. Ezen felül a dízel hajtóanyag térfogatszázalékosan magasabb energiasűrűséggel rendelkezik, mint a benzin, így azonos mennyiségű dízel hajtóanyagból több hasznos munkát tudunk létrehozni, mint benzinből. Ellenben a dízelmotor magas kompressziós aránya nagyon magas nyomást eredményez a hengerekben, ami következésképpen nagy terhelésnek teszi ki a motorban található egységeket. Továbbá, a dízelmotor alkatrészei, mint például a hengerek, dugattyúk, hajtórudak és szelepek sokkal nehezebbek és vastagabbak, ami miatt a dízelmotorok nehezebben tudnak elérni magas fordulatszámot. Egy másik probléma a dízelmotor bonyolult hajtóanyag-befecskendező rendszere. Mivel a dízel hajtóanyag nem párolog könnyen, így nagy nyomású befecskendező fúvókák szükségesek a megfelelő levegő-hajtóanyag keverék előállításához. A dízelciklus négy üteme a következő: szívóütem, kompressziós ütem, terjeszkedési ütem és kipufogó ütem, amelyek az alábbiak szerint leírtak:

1. **Szívóütem:** A szívószelep kinyílik és levegő jut a hengerbe, miközben a dugattyú lefelé mozog. A szívószelep bezáródik, amikor a dugattyú eléri az alsó holtpontot.
2. **Kompressziós ütem:** A dugattyú felfelé kezd el mozogni és a levegőt körülbelül 1/16-ára sűríti az eredeti térfogatának. A levegő hőmérséklete ebben a szakaszban elérheti az 1000 °C-ot.
3. **Terjeszkedési ütem:** A dízel hajtóanyag a befecskendezőn keresztül jut az égéstérbe közvetlenül a kompresszió csúcsa előtt. A levegő-hajtóanyag keverék égni kezd a magas nyomás és hőmérséklet miatt az égéstérben, és a keletkező termodinamikai energia lefelé tolja a dugattyút. Ebben a szakaszban mind a szívószelep, mind a kipufogószelep zárva marad.

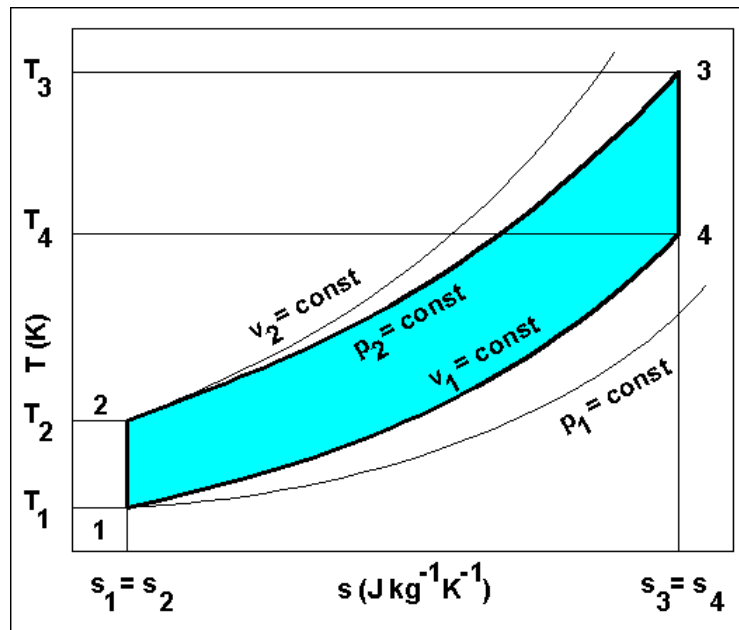
4. **Kipufogó ütem:** A kipufogószelep kinyílik, és a dugattyú újra felfelé mozog, miközben a kipufogógázok a kipufogószelepen keresztül távoznak. Amikor a dugattyú eléri a felső holtpontot, a kipufogószelep bezáródik és a szívószelep kinyílik, újraindítva a ciklust.

Mind a benzin, mind a dízel hajtóanyag szénhidrogénekből (hidrogénből, oxigénből és szénből) áll. Egy belső égésű motorban a hengerben rendelkezésre álló levegő (oxigén) egy bizonyos mennyiségű hajtóanyagot képes elégetni. Ha a hajtóanyag mennyisége nagyobb, mint a rendelkezésre álló levegő (dús hajtóanyag-keverék), némi elégetlen hajtóanyag marad az égés után. A jármű az elégetlen hajtóanyagot a környezetbe bocsátja ki a kipufogószelepen és kipufogócsövön keresztül, szennyezve ezzel a levegőt és a környezetet, valamint kedvezőtlenebb hajtóanyagfogyasztást eredményezve a motornak. Másrészt, ha a levegő mennyisége több, mint a hajtóanyagé (szegény hajtóanyag-keverék), a keletkező kipufogógázokban több oxigén lesz. Egy szegény levegő-hajtóanyag keverék több nitrogén-oxid szennyezőanyagot is termelhet, valamint teljesítménycsökkenés is jelentkezik.



1. ábra Diesel körfolyamat p-V diagramja

forrás: Dr. Fazekas Lajos – Általános Géptan



2. ábra Diesel körfolyamat T-s diagramja

forrás: Dr. Fazekas Lajos – Általános Géptan

2.4. Diesel motor adagoló rendszerei

A dízelmotorok égési folyamata alapvetően két fő szakaszra bontható. Az égés kezdeti fázisában, a gyulladási késedelem során felhalmozódott és elpárolgott tüzelőanyag a nagy mennyiségű felesleges levegő jelenlétében gyors, jól előkevert égésen megy keresztül. Ezt a fázist kinetikus égésnek vagy előégésnek nevezzük. A második szakasz a diffúz égés, más néven főégés. Ebben a szakaszban a porlasztóból kilépő tüzelőanyag áthalad a már elégett keveréken, miközben párolgási folyamaton megy keresztül, majd ezt követően keveredik a levegővel. Ebben a fázisban az égés sebessége lényegesen lassabb.

A gyulladási késedelem hossza jelentős hatással van az égési folyamatra: minél hosszabb a késedelem, annál több tüzelőanyag kerül az égéstérbe még az égés megindulása előtt. Ennek következtében, amikor az égés megkezdődik, nagy mennyiségű hő szabadul fel, ami intenzív égési zajt okozhat, és potenciálisan mechanikai túlterhelést eredményezhet. Ebből egyértelműen látszik, hogy a befecskendezés időzítése kritikus szerepet játszik az égési folyamat és a motor működésének optimalizálásában.

A klasszikus dízel üzemű motorokban nem szivattyú állította elő a megfelelő porlasztási nyomást, hanem adagolóval működött a motor, ennek többféle kivitele létezett.

Soros, állandó löketű adagoló

A soros, állandó löketű adagolószivattyú esetében minden egyes hengerhez egy-egy különálló elemi dugattyús rendszer tartozik. A dugattyúk mozgását egy bütykös tengely szabályozza, amelynek bütykei a befecskendezés sorrendjének megfelelően mozgatják a dugattyúkat. A dugattyúk tengelyük körül elforgathatók, és ezen elforgatás révén szabályozható a befecskendezett hajtóanyag mennyisége. Ezt a szabályozást a dugattyúk palástján kialakított hornyok és a hengerperselyben található furatok együttműködése teszi lehetővé. A dugattyúk elforgatását egy fogasléc vezérli, amely biztosítja, hogy minden hengerbe egyenlő mennyiségű hajtóanyag kerüljön. A befecskendezést követően a visszaáramlást egy úgynevezett nyomószelep akadályozza meg, így fenntartva a megfelelő nyomást a rendszerben. A dugattyú alsó helyzetében a tápszivattyú által szállított tüzelőanyag feltölti a hengert. Ahogy a dugattyú felfelé mozog, a hengerpersely furatai elzáródnak, és megkezdődik a tüzelőanyag szállítása. A szállítás mindaddig folytatódik, amíg a dugattyú palástján kialakított spirális horony révén a tüzelőanyag el tud folyni az elfolyó csatornán keresztül; ekkor a szállítás megszűnik. Olyan horony is kialakítható, amely a dugattyú megfelelő elfordulása esetén folyamatosan nyitva tartja az elfolyó furatot (például a motor leállításakor), így ebben az esetben nem történik tüzelőanyag-szállítás. A rendszer maximális nyomástartománya elérheti a 650 bar-t, legfeljebb 25 kW/henger teljesítmény mellett. Ugyanakkor speciális kialakítások is léteznek, amelyek akár 800 bar nyomást is képesek kezelni, és több mint 60 kW/henger teljesítményt igényelnek.

Elosztó rendszerű adagoló

A hagyományos soros adagolószivattyúk már nem képesek kielégíteni a nagy fordulatszámú, kis teljesítményű motorok (például kis haszongépjárművek és személygépkocsik) igényeit. Ennek főbb okai közé tartozik az előbefecskendezés nehézkes állíthatósága, az elektromos szabályozás megvalósításának bonyolultsága, valamint a rendszer magas költségei. Ebben a motorkategóriában az elosztórendszerű adagolószivattyúk elterjedése figyelhető meg, amelyek nyomástartománya általában legfeljebb 700 bar, és legfeljebb 25 kW/henger teljesítmény biztosítására képesek.

Az elosztórendszerű szivattyúk lényeges eltérése a soros rendszerektől abban rejlik, hogy ezeknél csak egyetlen szivattyúelem hozza létre a befecskendezési nyomást, miközben forgó mozgást is végez. Ez a forgó mozgás határozza meg, melyik hengerbe történik a befecskendezés, a szivattyúelem által vezérelt furatok segítségével. A rendszer kompakt

kialakítású, egyszerűbb elektromos szabályozást tesz lehetővé, és mivel csupán egy szivattyúelemet tartalmaz, az előállítási költségei is alacsonyabbak.

Az adagolószivattyú tengelyéhez egy axiális elmozdulást lehetővé tévő tengelykapcsolóval csatlakozik a dugattyú. A dugattyú egyik vége a kisnyomású térben elhelyezkedő bütüköstárcsához csatlakozik, amelyet rugók nyomnak a görgőkoszorúra. A bütüköstárcsa forgó mozgása kényszeríti a dugattyút tengelyirányú, azaz pumpáló mozgásra. A görgőkoszorú a dugattyú tengelye körül elfordítható, amivel az előbefecskendezés időzítése állítható, ami különösen nagy motoroknál jelentős.

A befecskendezési ütem során a bütüköstárcsa hatására a dugattyú kifelé mozog, először elzárva a hozzáfolyó csatornát, majd az axiális és az arra merőleges furatokon keresztül megkezdődik a tüzelőanyag szállítása. A szállítás addig tart, amíg a szabályzó gyűrű szabaddá nem teszi az axiális furat végén található elengedő furatokat. A szabályzó gyűrű előre- vagy hátrafelé történő mozgatásával szabályozható a hajtóanyag dózisa.

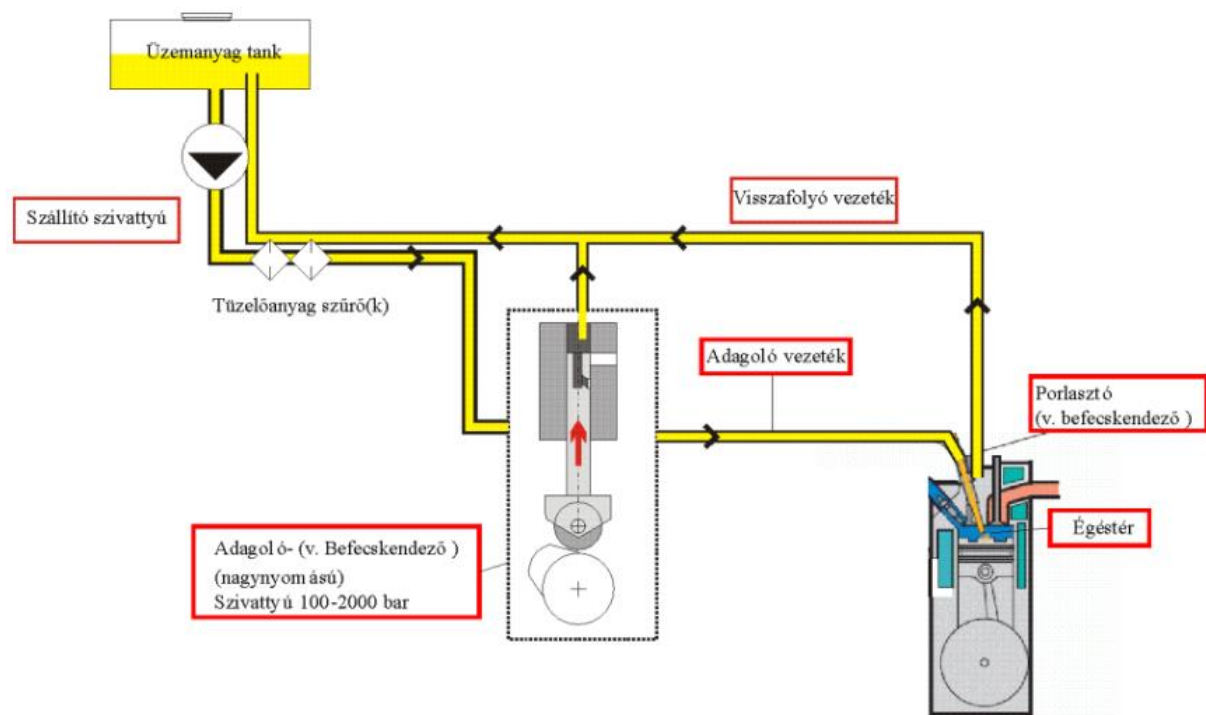
Radiál dugattyús elosztó rendszerű adagoló

A radiáldugattyús elosztórendszerű adagolószivattyú felépítése számos tekintetben hasonlít a hagyományos elosztórendszerű adagolószivattyúhoz, azonban ebben az esetben a nyomás létrehozása nem a dugattyú elem tengelyirányú elmozdulásával történik, hanem egy radiális működésű dugattyú elem segítségével. Ez a kialakítás lehetővé teszi, hogy a maximális befecskendezési nyomás elérje az 1100 bar-t, miközben akár 50 kW/henger teljesítmény is megvalósítható. A dózis vezérlését egy szolenoidos szelep biztosítja, amely precíz szabályozást tesz lehetővé mind a szállítás kezdetének, mind a befecskendezett hajtóanyag mennyiségének tekintetében. Az adagolószivattyú csak akkor növeli a nyomást, ha a szolenoidos szelep zárva van, ami lehetővé teszi a kettős befecskendezés megvalósítását is egyes rendszerekben.

Adagoló-porlasztó (PD)

Az adagoló-porlasztó rendszerek elterjedése elsősorban a minél nagyobb befecskendezési nyomás elérésének igénye miatt vált szükségessé, különösen a közös nyomócsöves (CR) rendszerek megjelenése előtt. Ezek a rendszerek az adagolóelem és a porlasztó egybeépítésével jöttek létre, így minden hengerhez egy-egy ilyen integrált elem tartozik, amelynek dugattyúját általában a vezérműtengely működteti. A befecskendezés időpontját és a hajtóanyag dózisének nagyságát egy elektronikusan vezérelt mágnesszelep szabályozza. A rendszer érdekessége,

hogy a vezérlő szolenoidszelep lehetővé teszi a többszöri befecskendezést, ami a korszerű motorvezérlés szempontjából különösen előnyös.



3. ábra Adagolós dízel motor általános vázlata

forrás: Bosch – Soros dízel befecskendező szivattyúk

2.5. Common-rail rendszerű hajtóanyag ellátás

A közös nyomócsöves (common-rail) technológia célja a porlasztási folyamat javítása, létrejövetelét a folyamatosan szigorodó környezetvédelmi normák hatályba lépése követelte meg. A hagyományos közvetlen befecskendezésű dízelmotoroknak minden egyes befecskendezéshez újra és újra hajtóanyag-nyomást kell generálniuk. A CRDI (közös nyomócsöves közvetlen befecskendezés) motorokban azonban a nyomás a befecskendezéstől függetlenül épül fel, és állandóan rendelkezésre áll a hajtóanyagvezetékben. A CRDI rendszer egy ionérzékelőt használ, hogy valós idejű égési adatokat szolgáltatson minden egyes hengerhez. A hengerek előtti közös nyomócső egy felhalmozóként működik, amely a hajtóanyagot állandó, akár 2500 bar nyomáson osztja el az injektorokhoz. Itt a nagy sebességű szolenoid befecskendező szelepek, amelyeket az elektronikus motorvezérlés szabályoz, külön-külön irányítják a befecskendezési időzítést és a hajtóanyag mennyiségét minden egyes henger esetében a henger aktuális szükséglete alapján.

Más szóval, a nyomás létrehozása és a hajtóanyag befecskendezése független egymástól. Ez egy fontos előnye a közös nyomócsöves befecskendezésnek a hagyományos hajtóanyag-befecskendező rendszerekkel szemben, mivel a CRDI növeli az egyes befecskendezési folyamatok szabályozhatóságát és tovább finomítja a hajtóanyag porlasztását, ezzel hajtóanyagot takarítva meg és csökkentve a kibocsátásokat. A standard dízelmotorokhoz képest 25-35%-os hajtóanyag-megtakarítás érhető el, és jelentős zajcsökkenés érhető el az összehangoltabb működésnek köszönhetően.

A common-rail rendszer főbb elemei és működési elve a következő:

Nagynyomású szivattyú: A motor egy nagynyomású szivattyút hajt meg, amely a tüzelőanyagot magas nyomáson egy közös gyűjtőcsőbe, azaz a Common Rail-be juttatja.

Common Rail: Ez a gyűjtőcső egy állandó magas nyomást biztosító alkatrész, amelyből a hajtóanyag eljut az egyes hengerekhez.

Elektromos szabályzású porlasztók: A hajtóanyag a Common Rail-ből elektromos szabályzású porlasztókon keresztül kerül az égéstérbe. Ezek a porlasztók pontosan szabályozzák a befecskendezés időzítését és mennyiségét, amely kulcsfontosságú a motor hatékony működéséhez.

Befecskendezési törvény: A vezérlőjel időbeli változtatásával a befecskendezés módja (pl. mennyiség, időpont) finoman hangolható, ami optimalizálja a motor teljesítményét és csökkenti a károsanyag-kibocsátást.

Szabályzó elektronika: A rendszer megfelelő működéséhez a szabályzó elektronika rengeteg motorparamétert vesz figyelembe, például a motor fordulatszámát, hőmérsékletét, terhelését. Ezek az adatok szükségesek a befecskendezési folyamat pontos irányításához.

A Common Rail rendszerek evolúciója során a különböző generációk jelentős fejlesztéseken mentek keresztül a hatékonyság és a szabályozás javítása érdekében. Itt van egy összefoglalás az egyes generációk főbb jellemzőiről:

Első generációs Common Rail rendszer

- Rail-nyomás szabályozása: A rail-nyomást egy nyomásszabályzó szelep segítségével állítják be.
- Szivattyú működése: A nagynyomású szivattyú folyamatosan a maximális mennyiségű gázolajat szállítja, függetlenül a motor pillanatnyi igényétől.
- Felesleges tüzelőanyag visszavezetése: A fölösleges tüzelőanyagot a nyomásszabályzó szelep visszavezeti a tüzelőanyag-tartályba, így biztosítva az optimális rail-nyomást.

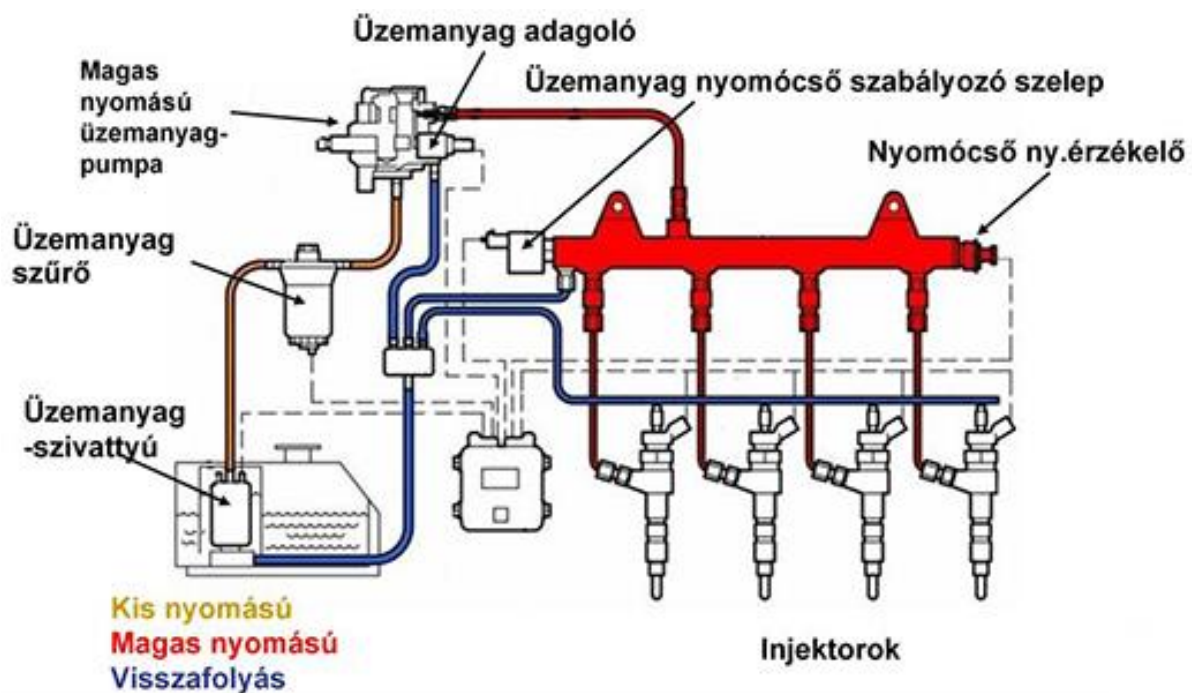
Második generációs Common Rail rendszer

- Rail-nyomás szabályozása: A nyomásszabályozás már az alacsony nyomású oldalon történik egy adagoló szelep segítségével.
- Szivattyú hatékonysága: A nagynyomású szivattyúnak csak annyi gázolajat kell szállítania, amennyire a motornak ténylegesen szüksége van, így csökkentve a szivattyú terhelését és növelve a rendszer hatékonyságát.
- Nyomás korlátozó szelep: A rendszer tartalmaz egy nyomáskorlátozó szelepet is, amely gondoskodik arról, hogy a rail-nyomás ne haladja meg a biztonságos értéket.
- Tehetetlenségi probléma: A nyomást csak az alacsony nyomású oldalon lehet szabályozni, ami terheléscsökkenés esetén késlekedést eredményezhet a nyomás csökkentésében, mivel a nagynyomású rendszer tehetetlensége miatt lassan reagál.

Harmadik generációs Common Rail rendszer

- Kiegészítő nyomásszabályzó szelep: Az adagoló szelep mellett a rendszer egy nyomásszabályzó szeleppel is ki van egészítve, amely lehetővé teszi a rail-nyomás hatékonyabb és gyorsabb szabályozását.
- Rugalmasabb működés: Hideg üzemmódban a rendszer át tud állni teljesen a nagynyomású szabályzásra, ami segíti a motor gyorsabb bemelegedését és hatékonyabb működését.

Ez a folyamatos fejlesztés a Common Rail rendszerek hatékonyságát, megbízhatóságát és szabályozhatóságát javítja, ami közvetlenül hozzájárul a motor teljesítményének optimalizálásához és a károsanyag-kibocsátás csökkentéséhez.



4. ábra Common Rail rendszer vázlata

forrás: Orbán Oszkár – Common Rail rendszerek

2.6. Belsőégésű motorok égéstér kialakításai

Az égéstér kialakítása eltér attól függően, hogy benzin- vagy dízelmotorról van szó. Míg a benzinmotorok esetében az égéstér kialakításának célja a hatékony keverékképzés és gyors égés, addig a dízelmotoroknál a nagy nyomáson történő befecskendezés és a megfelelő örvénylés kialakítása a fő szempont.

Benzinmotorok Égéstere

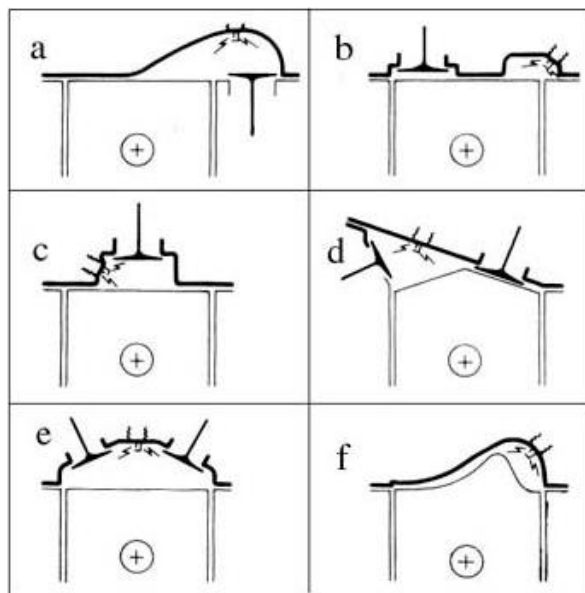
A benzinmotoroknál a következő szempontok a legfontosabbak az égéstér kialakítása során:

Rövid és egyenletes lángutak: Az égés gyorsítása érdekében a lángfront terjedését minimalizálni kell.

Örvénylés: Az égés hatékonyságának növelése és a forró pontok elkerülése érdekében örvénylésre van szükség.

Kis felület-térfogat arány: A hővesztesség csökkentése érdekében az égéstér felületének a térfogatához képest kicsinek kell lennie.

Bő keresztmetszetű nyílások: A friss keverék beáramlásának és az égéstermékek távozásának elősegítése érdekében minél nagyobb keresztmetszetű szelepek szükségesek



5. ábra Benzinmotor égéstér kialakítások

forrás: Dr. Lévai Zoltán - Gépjárművek szerkezetana

Dízelmotorok Égéstere

A dízelmotoroknál az égéstér lehet **osztatlan** vagy **osztott kivitelű**. Az osztatlan égéstérnél a befecskendezés közvetlenül a fő égéstérbe történik, míg az osztott égéstér esetében a befecskendezés általában közvetett módon, egy külön előkamrába vagy örvénykamrába történik, ahol a keverék részben elég, majd a fő égéstérben fejeződik be az égés.

Az égéstér kialakítása mindkét motortípus esetében kritikus szerepet játszik a motor hatékonyságában, teljesítményében és károsanyag-kibocsátásában.

A dízelmotorok esetében a sűrítési viszony általában 14:1 és 24:1 között van, ami jelentősen nagyobb, mint a benzinmotorokban. Ez a magas sűrítési viszony szükséges ahhoz, hogy a befecskendezett tüzelőanyag azonnal meggyulladjon a hengerben lévő sűrített levegő magas hőmérséklete miatt.

Keverékképzés

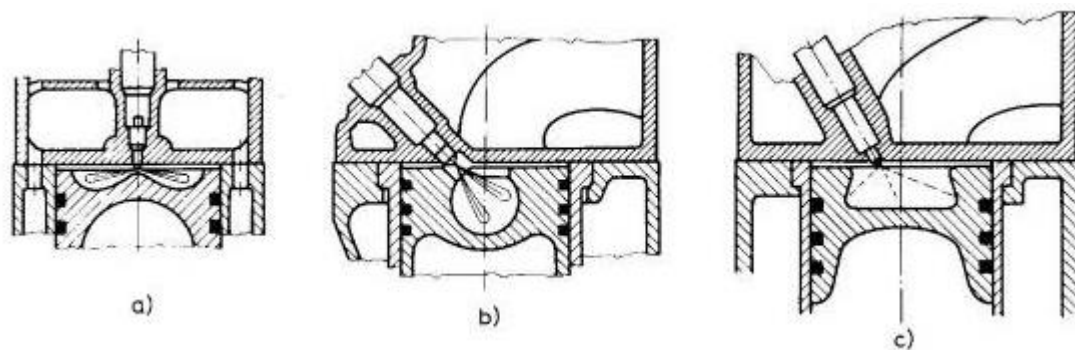
A dízelmotor hatékony működésének egyik kulcsa a megfelelő keverékképzés. Ez több tényezőtől függ:

Tüzelőanyag-befecskendezés: A tüzelőanyagot finoman, több sugárban kell porlasztani a hengerbe. A finom porlasztás elősegíti, hogy a tüzelőanyag részecskéi jól keveredjenek a sűrített levegővel, ami gyors és egyenletes égést eredményez.

Örvénylés: A levegő örvénylése is fontos szerepet játszik a keverékképzésben, mivel segít a tüzelőanyag részecskéit szétszórni és eloszlatni a hengerben. Két fő örvénylési típus létezik:

- **Hosszirányú örvénylés (spirális örvénylés):** Ezt úgy hozzák létre, hogy a szívócsatornát érintőleges belépésűre alakítják ki. Az így beáramló levegő spirális mozgást végez a henger hossz tengelye körül.
- **Keresztirányú örvénylés (sugárirányú örvénylés):** Ezt a dugattyútető megfelelő kialakításával lehet előidézni. A dugattyútető formája úgy van kialakítva, hogy a levegő sugárirányban örvénylő mozgást végezzen a hengerben.

A megfelelő örvénylés növeli a levegő és tüzelőanyag keveredésének hatékonyságát, ami gyorsabb és teljesebb égést biztosít. Az örvénylés javítja az égés egyenletességét, és csökkenti a károsanyag-kibocsátást is, mivel kevesebb hajtóanyag ég el tökéletlenül. Az optimális örvénylés biztosítása érdekében a motorok tervezésekor különös figyelmet kell fordítani a szívócsatornák és a dugattyútető kialakítására.



6. ábra Osztatlan égéstér kialakítások

forrás: Dr. Lévai Zoltán - Gépjárművek szerkezetana

Előkamrás égéstér kialakítás

Az előkamrás dízelmotoroknál az égési folyamat az előkamrában kezdődik, amely a főégéstér térfogatának 25-40%-át teszi ki. A befecskendezett tüzelőanyag az előkamrában gyullad meg, és az így keletkező magas nyomású gázok nagy sebességgel áramlanak át a főégéstérbe, ahol a friss levegővel keveredve folytatódik az égés. A nagy áramlási sebesség elősegíti a tüzelőanyag további porlasztását, így egyszerűbb, egylyukú porlasztó is alkalmazható. Az égés elnyújtásának elkerülése érdekében kétlépcsős befecskendezést alkalmaznak, ahol az első adag gyújtásra, a második a folyamatos égésre szolgál.

Az örvénykamra egy speciális előkamra típus, ahol a levegő örvénylő mozgása javítja a keverékképzést. A befecskendezés iránya fontos szerepet játszik az égési folyamatban, különösen a motor indulása és járása szempontjából. Az örvénylés irányával szemben történő befecskendezés könnyebb indítást és lágyabb járást eredményez, míg az örvényléssel megegyező irányú befecskendezés jobb hatásfokot nyújt. Speciális fúvókák, mint például a Pinteaux fúvóka, lehetővé teszik a különböző irányú befecskendezést, amely a motor teljesítményének optimalizálására szolgál.

2.7. Befecskendezők működése

A fúvókának három alapvető funkciója van:

A befecskendezési lefutás alakítása: A fúvóka biztosítja, hogy a befecskendezés folyamata minden forgattyús tengely szögére vetítve megfelelő nyomás- és mennyiségeloszlást kövessen.

A tüzelőanyag optimális porlasztása és elosztása: A fúvóka feladata a tüzelőanyag hatékony porlasztása és egyenletes elosztása az égéstérben.

A tömítés biztosítása: A fúvóka a tüzelőanyag-rendszer és az égéster közötti tömítést is biztosítja.

A porlasztók két fő részből állnak: a porlasztótestből, amely magában foglalja a befecskendező fúvókát, és a porlasztó tűből. A porlasztó tű a porlasztótest furatában könnyen mozgatható, ugyanakkor az illesztésének köszönhetően hatékonyan tömít. A tű vége kúpos alakú, és a porlasztótest kúpszögével vonalérintkezésben záródik, biztosítva ezzel az égéstér a tüzelőanyagtól való szoros tömítést. A befecskendező tűt a rugó a porlasztótesthez préseli; amennyiben a türe gyakorolt tüzelőanyag nyomása meghaladja a rugó által kifejtett erőt, a tű felnyílik, és megkezdődik a tüzelőanyag szállítása.

A porlasztó fúvókákból kiáramló nagysebességű tüzelőanyag-sugár ütközik a magas nyomású levegő molekuláival, ami következtében cseppek választódnak le róla, és a sugár szétterül, sebessége csökken. A leszakadt cseppek hőt vesznek fel, elgőzölögnek és keverednek a környező levegő oxigénmolekuláival, így kialakul az éghető keverék.

Szabályzócsapos befecskendezők esetén a fúvóka nyitása nem eredményezi a befecskendező furat teljesen nyitott állapotát, így a befecskendezett tüzelőanyag mennyisége nem csupán az égéster és a befecskendezési nyomás különbségétől függ, hanem a szabályzócsap profiljától is. Ez lehetővé teszi, hogy a befecskendezés kezdeti szakaszában kevesebb tüzelőanyag kerüljön az égéstérbe, ezáltal finomhangolva a kinetikus és diffúziós égési arányt.

A lyukporlasztókban a porlasztó tű a motor égésterét elválasztja a tüzelőanyag-rendszerrel. A porlasztást a porlasztótest furatai végzik, melyek száma a konstrukciótól függ. Mindkét konstrukciós megoldás esetén kulcsfontosságú a rugó előfeszítésének pontos beállítása, hogy biztosítható legyen a megfelelő befecskendezési kezdési időpont és a potenciális lengések elkerülése.

A Common-Rail rendszerekben is zárt porlasztókat alkalmaznak, melyek két fő típusa a mágneses szelep és a piezo aktuátoros porlasztó. Mindkét rendszerben a szervó-szelep vezérli

a befecskendezés kezdetét és végét, de a mágneses szelep vagy a piezo aktuátor mozgása határozza meg a működést.

Elektromágneses befecskendezők esetén zárt állapotban a vezérlőkamra a rail-nyomáson van, mivel az elektromágneses aktuátor által mozgatott szervo-szelep lezárja az eleresztő csatornát. A befecskendezés kezdetén az aktuátor kinyitja a vezérlőkamra eleresztő csatornáját, csökkentve ezzel a kamra nyomását. A nyomáscsökkenés következtében a fúvókatú kinyílik, és megkezdődik a befecskendezés. A folyamat addig tart, amíg az aktuátor ismét lezárja az eleresztő csatornát, ekkor nő a nyomás a vezérlőkamrában és záródik a befecskendező szelep.

Piezo aktuátoros porlasztóknál a 2/3-as szervo-szelep zárja a fúvókát a vezérlőkamrában uralkodó rail-nyomás alatt. A szervo-szelep vezérlésével kinyílik, és lezárja a megkerülő furatot. A kilépő és belépő fojtófuratok közötti áramlási különbség következtében a vezérlőkamrában csökken a nyomás, így a fúvóka kinyílik. A keletkező vezérlőmenyiség a szervo-szelepen keresztül visszafolyik a rendszerbe.

A zárási folyamat során a szervo-szelep újra kinyitja a megkerülő csatornát, így a bemenő és kilépő fojtások fordított áramlásával a vezérlőkamra újra feltöltődik, és a nyomás emelkedik. Amint elérjük a szükséges nyomásszintet, a fúvókatú mozgásba lép, és a befecskendezési folyamat befejeződik.

A piezo aktuátoros porlasztók gyakran kiegészülnek hidraulikus csatolóval, amely erősíti a működtető elem löketét, kiegyenlíti a holtjátékot, és biztosítja a vészleállítást.

2.8. Kenőanyagok

A kenőanyag több funkciót is ellát a motorban, amely összetett összetételt igényel a megfelelő működés érdekében. A súrlódás és a kopás csökkentése mellett az olaj védi a motor alkatrészeit a korrózió és az oxidáció ellen, eltávolítja a harmadik testeket a csúszó párokból, hőt vezet el a motor alapvető komponenseitől, segít a megfelelő tömítés elérésében és a rezgés csökkentésében.

A motorolaj alapolajból és adaléksomagból áll. A modern motorolajok többnyire polialfaolefin alapúak, amelyek kenőanyagként gyengébb tulajdonságokkal rendelkeznek, ezért

különböző adalékanyagok kiválasztása szükséges a kívánt kenési szint eléréséhez. A leggyakoribb adalékanyagok közé tartoznak a kopásgátlók, antioxidánsok, diszpergáló szerek, detergensok, súrlódásmódosítók, viszkozitásmódosítók, nagy nyomásálló szerek, habzásgátlók és emulgeálószeresek. Egy adott tulajdonságot különböző vegyületekkel lehet elérni, de ezeknek a vegyületeknek az egymással való kölcsönhatását és kompatibilitását figyelembe kell venni a kenőanyag összeállításakor.

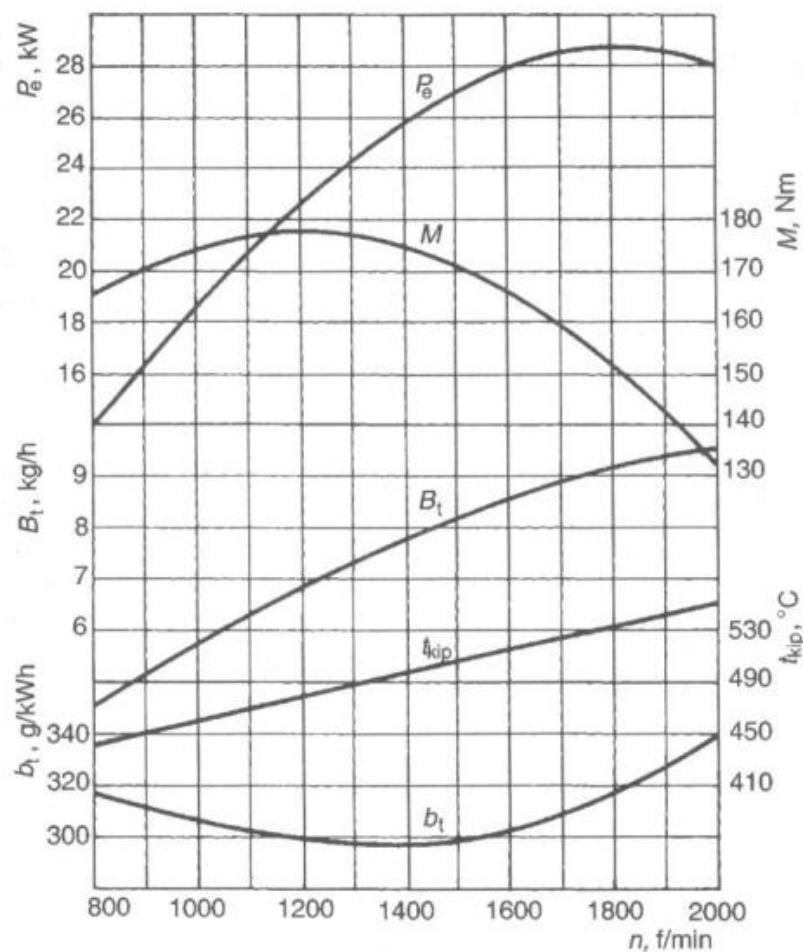
A motorolaj a használata során magas hőmérsékletekkel, nagy mechanikai terheléssel, különböző kémiai aktív szilárd és gáznemű anyagokkal, valamint idegen szennyeződésekkel lép kapcsolatba, amelyek hozzájárulhatnak a lebomlásához, ezért a kenőanyagot a motor élettartama alatt többször is cserélni kell. Az olaj lebomlásának fő oka az oxidáció, amely a friss beszívott levegő és a kipufogógázok oxigén tartalma révén történik. Az oxidáció sebessége növekszik a hőmérséklet emelkedésével, ami peroxidok és szabad gyökök képződéséhez vezethet a motorolajban, amelyek sav és iszap képződéséhez járulhatnak hozzá. Az oxidáció viszkozitásnövekedést is okozhat a bázisolaj molekulák közötti polimerizáció révén.

A legkorszerűbb személygépkocsi- és haszongépjármű-motorok közvetlen befecskendezésű hajtóanyag-rendszereket alkalmaznak magas befecskendezési nyomással és változó befecskendezési időzítési módszerekkel. A hajtóanyag közvetlenül az égéstérbe történő befecskendezése pontosabb irányítást tesz lehetővé a keverékképzés és az égési folyamat felett, ami a feltöltéssel együtt magasabb fajlagos teljesítményt és nyomatékot biztosít, de növeli a dugattyúgyűrűkön keresztül történő hajtóanyag-transzport jelenségét. A hajtóanyag és annak származékjai szennyezhetik a motorolajat és további lebomlási folyamatokat okozhatnak. A nem elégett szénhidrogének az égéstérből a kartergázokon keresztül kerülhetnek a motorolajba. A hibás befecskendezők, rossz porlasztási kép és porlasztási hely, valamint a dugattyú, a dugattyúgyűrűk és a hengerfal között megnövekedett hézagok a kopás miatt növelhetik a hajtóanyag bejutását a forgattyús házba. A motorolaj hajtóanyaggal hígulása kenési problémákat okozhat, bár normál működési körülmények között, hajtóanyag-rendszeri meghibásodás nélkül az olaj hajtóanyag-tartalma kezelhető szinten marad a hajtóanyag magasabb üzemi hőmérsékleten történő elpárolgása miatt.

2.9. Dízelmotor fordulatszám -és regulátoros jellegörbéje

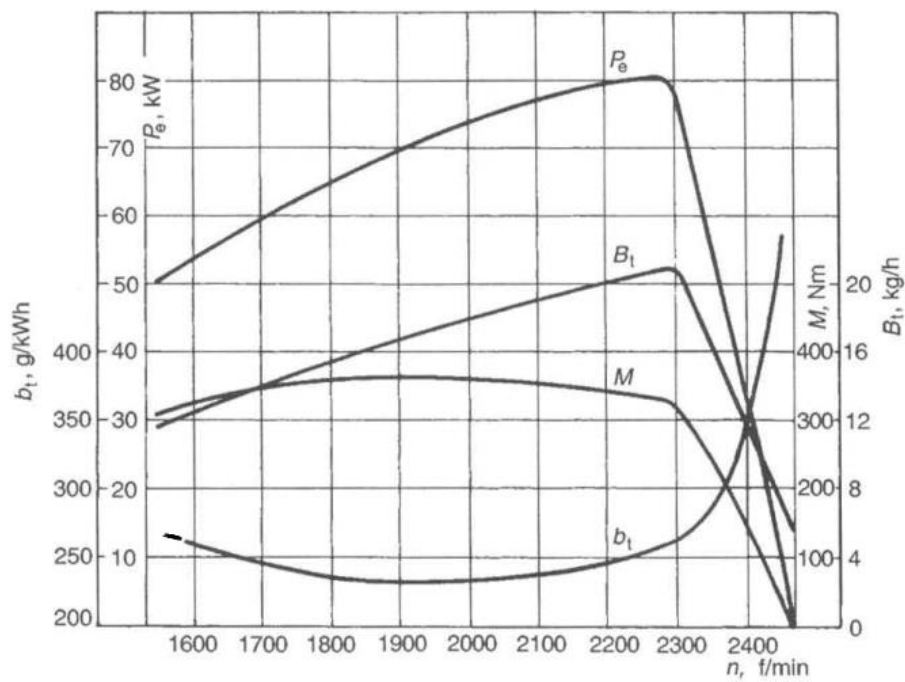
A belső égésű motorok jellemzésében az egyik legfontosabb karakterisztika a fordulatszám jellegörbéje. Ez a görbe bemutatja az effektív motorteljesítmény, az óránkénti tüzelőanyag-fogyasztás, a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás, a forgatónyomaték és a kipufogógáz-hőmérséklet változását a motorfordulatszám függvényében. A mérés során a rögzített paraméter a hajtóanyag-adagolás (dózis), míg a terhelés változtatásával állítjuk be a fordulatszámot. Dízelmotorok esetében állandó fogasléc állásnál végezzük el a méréseket, és rajzoljuk meg a jelleggörbét. A jelleggörbe kiértékelése után meghatározható a vizsgált motor teljesítőképessége, gazdaságossága és dinamikai tulajdonságai.

- A motor karakterisztikája
- A nyomatéktartalék értéke
- A regulátor érzékenysége
- A regulátor egyenlőtlenségi foka



7. ábra Dízel motor fordulatszám jelleggörbéje

forrás: Dr. Kiss Péter



8. ábra Dízel motor regulátoros jelleggörbéje

forrás: Dr. Kiss Péter

Ha a regulátor egyenlőtlensége túl nagy, a szabályozott ág elnyújtott lesz, míg, ha túl kicsi, akkor meredek lesz. A regulátor érzéketlenségi foka a forgattyús mechanizmus veszteségeire(súrlódás) utal.

3. Deutz F3L 1011 motorfelújítás technológiája

3.1. F3L 1011 motor bemutatása, gyári specifikációi

A Deutz 1011-es motorcsalád az ipari felhasználású dízelmotorok egyik meghatározó típusaként az 1990-es évek elején jelent meg. A motor különböző konfigurációkban volt elérhető, beleértve a 2, 3 és 4 hengeres változatokat. Ezek alapvetően 4 ütemű szívó-dízel motorok voltak, de a 4 hengeres kivitelhez turbófeltöltő is választható volt a nagyobb teljesítmény elérésének érdekében.

A motor tervezése során különös figyelmet fordítottak az olajhűtésre, amely a motorra épített olajhűtő, valamint a dugattyú hűtő olajfűvókák segítségével volt megoldva. A motorblokk és a hengerfej egyaránt öntött acélból készült, ami nagyfokú tartósságot és megbízhatóságot biztosított az ipari alkalmazások során.

Ez a robusztus kialakítás ideálissá tette a Deutz 1011-es motorokat az olyan területeken, ahol folyamatos nagy igénybevételre van szükség. Ezeket a motorokat leggyakrabban ipari kompresszorok erőforrásaként alkalmazták, de ezen kívül szerelték rakodógépekbe, kötőrő gépekbe, valamint egyéb kisebb erőforrást igénylő gépekbe.

A motor egy alul vezérelt és felül szelepelte kialakítással rendelkezik, a vezérműtengely egy acél tengely, amely bi-metal csapágyazással van ellátva, a szelepek a hengerfejben kaptak helyet, hengerenként 2 szelep található meg, 1 szívó szelep, valamint 1 kipufogó szelep. A szelepek mozgatását a vezérműtengely végzi szelepemelő töké, szelepemelő rudak és szelephimbák segítségével, a bütykös tengely szíjjal van összekapcsolva a főtengellyel. A dugattyúk szintén öntött acélból készülnek, viszont a hajtórudak anyaga kovácsolt acél. Egy dugattyún 3 darab gyűrű található, amelyek föntről lefele haladva a következők: két darab kompresszió gyűrű, egy darab olajáteresztő gyűrű. A motor kenése úgynevezett kényszer-előtolású keringető kenésű rendszer, amely alapja egy forgótengelyes olajszivattyú, ami ellátja a motor kenési rendszerét és a hűtési rendszerét is olajjal. Az olajhűtő a motorra van szerelve, ennek anyaga könnyűfém. Az olajszűrő a motorblokk oldalán található meg, amely fémházaz patronszűrőbe épített papír anyagú mikroszűrő.

A motor befecskendezését a vezérműtengelyről meghajtott hengerenkénti adagolók látják el, ezek egy központi röpsúlyos (centrifugális) szabályzóval vannak összekapcsolva az adagoló mozgó lécen keresztül. A hajtóanyag tápszivattyúja szintén a motorra van szerelve, amely

beépített szűrővel rendelkeznek. A befecskendezők közvetlenül az égéstérbe juttatják be a hajtóanyagot, melyet egy ötlyukú fúvókán keresztül osztanak el. A hajtóanyag szűrése szintén fémházas patronszűrőbe épített papírszűrő, így cseréje igazán könnyű.

A motor elektromos rendszerét képezi a háromfázisú generátor, amely alapesetben 12V feszültséggel és 55A áramerősséggel üzemel, az indítómotor, mely teljesítménye 2,2 kW, és szintén 12V feszültséggel üzemel, valamint a leállító mágnes, ami közvetlenül az adagoló léceket mozgatja, és ha nincs áram alatt, akkor a motorba nem jut hajtóanyag, így nem lehet indítani, és a járó motor pedig leáll. A motorcsalád különböző kialakításokban volt elérhető, ezeket a beépítési környezete válogatja, ilyen kialakítások béli különbségek lehetnek például a szívó-és kipufogócsonkok, az olajteknő kialakítások, a nívó pálca és az olajbeöntő elhelyezései, a lendkerék és a lendkerékházak, valamint az erre szerelhető hidraulika szivattyúk.



9. kép Gyári új Deutz F3L 1011 motor

forrás: KHD Deutz AG

3.2. A motor névleges adatai

Maximális teljesítménye: 33kW ($3000 \frac{ford.}{perc}$)

Maximális nyomatéka: 121Nm ($1800 \frac{ford.}{perc}$)

Lökettérfogat: 2049 cm³

Löket: 105 mm

Furat: 91 ^{+0,02} mm, maximális megengedett kopás: 0,1 mm

Névleges maximális fordulatszám: $3000 \frac{ford.}{perc}$

Alapjáratí fordulatszám: $900 \frac{ford.}{perc}$

Kompressziós arány: 18,5:1

Kompressziós nyomás: 25-30 bar

Porlasztó nyitási nyomás: 210 ⁺⁸ bar

Dugattyú gyűrű hézagok:

Első gyűrű: 0,3-0,5 mm

Második gyűrű: 0,8-1,05 mm

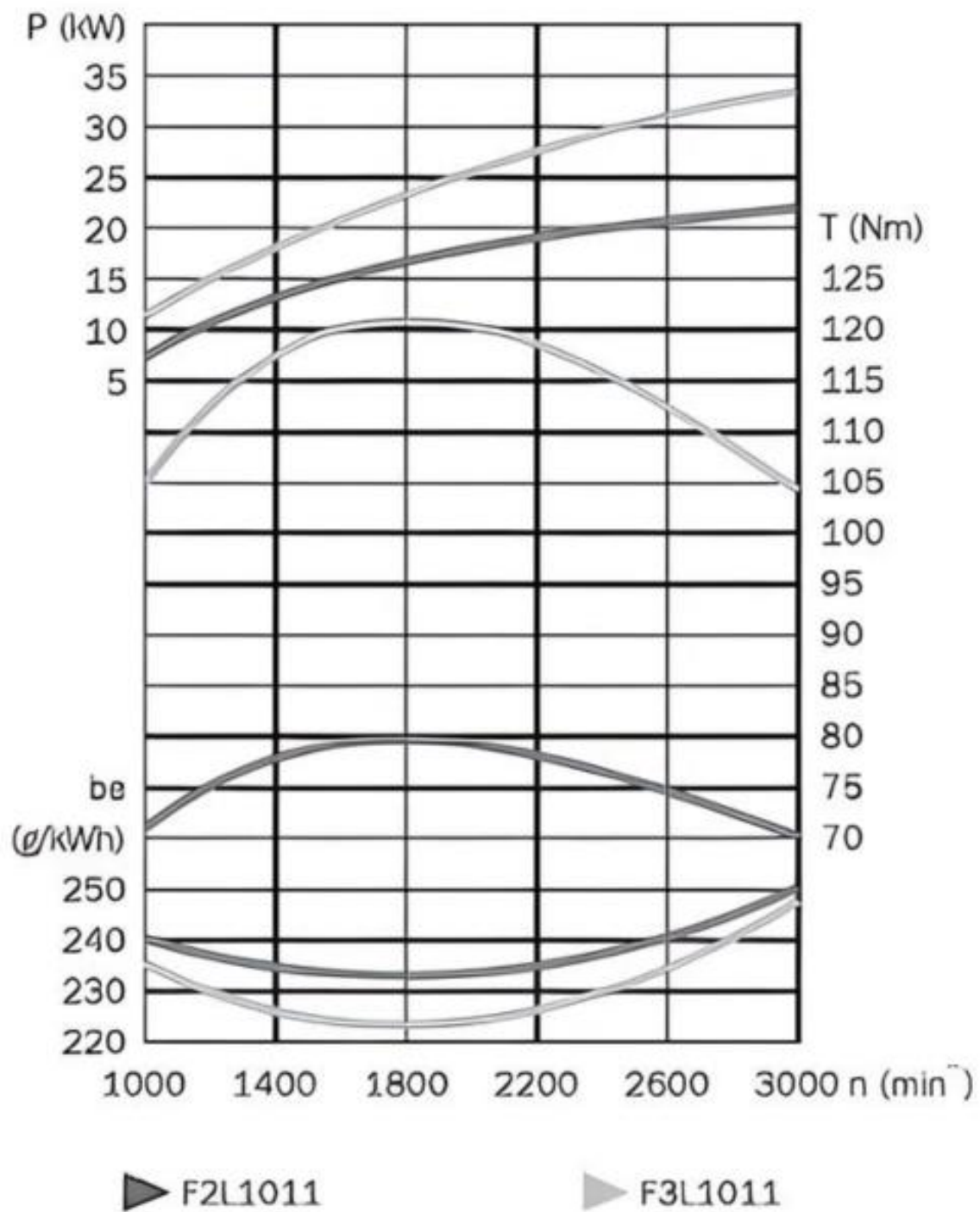
Harmadik gyűrű: 0,45-0,7 mm

Forgattyús tengely hajtórúd csap névleges átmérő: 55 ^{-0,03} mm, maximum kopás: 0,1 mm

Forgattyús tengely hajtórúd csap túlméret lépcső: 0,25 mm, maximum 2. túlméret (54,5 mm)

Forgattyús tengely nyugvó csap névleges átmérő: 70 ^{-0,03} mm, maximum kopás: 0,1 mm

Forgattyús tengely nyugvó csap túlméret lépcső: 0,25 mm, maximum 2. túlméret (69,5 mm)



10. ábra Deutz F3L 1011 motor fordulatszám jelleggörbéje

Forrás: KHD Deutz – B/FL 1011/T Workshop Manual

3.3. A motor ismertetése

Egy ügyfél azzal a kéréssel keresett meg minket, hogy régóta nem használt motorjának állapotfelmérését végezzük el, és amennyiben gazdaságosan fel lehet újítani a motort, akkor erre árajánlatot készítsünk, és a felújítási folyamatot végezzük el. A motor szemmel láthatólag rossz állapotban volt, gazdagon olajsáros volt, a hengerfej és a szelepfedél sárral, falevéllal, és egyéb szennyeződésekkel volt tele, a motor egyértelműen sok éve használatlanul állt, feltehetően szabad ég alatt.

A felújítandó motor típusa: Deutz F3L 1011

Hengerek száma: 3

Motorszám: 07753666



11. kép A beérkezett motor kezdeti állapota

Forrás: Saját kép

3.4. A motor alkatrészeire szerelése, állapotfelmérése

A motor állapotfelmérése a hiányzó alkatrészek listájának összeírásával kezdődött. A motoron nem volt megtalálható önindító, lendkerék, kipufogó torok, generátor ventilátor burkolat, leállító mágnes, ékszíj, valamint ékszíj feszítő.

Elsősorban kompressziót szerettem volna mérni, ez egy speciális célszerszám segítségével lehetséges ezen a motor típuson. Ennek menete, hogy az adott hengerhez tartozó porlasztót el kell távolítani a motorból, majd ennek helyére be kell szerelni a célszerszámot, és a motor forgatásával lehetséges a kompresszió mérése. Sajnos ezt a tesztet viszont nem tudtam maradéktalanul végrehajtani, hiszen a hengerfejbe az évek során annyira beleszorult a porlasztó hátrából kettő hengernél, hogy azokat csak további bontással tudtam eltávolítani. Az egyetlen hengerben viszont, ahol a mérést el tudtam végezni, ott 26 bar-os nyomást mértem, mely teljesen gyári tűrési tartományba esik, valamint a motor átforgott, ami mindenképpen arra adott okot, hogy a szétbontást érdemes megkezdeni.

A motor szétbontását a szelepfedél leszerelésével indítottam, ennek eltávolítása után elérhetővé váltak a szelephimbák, amelyeknek a lógása minimális volt, illetve a felfekvő felületein lévő edzés jó állapotú volt, elverődésnek nem volt nyoma. További bontás során a szelepemelő rudakat eltávolítottam, ezeken kopás nem volt jelentős, és teljesen egyenesek, görbeségük nincsen.

A hengerfej leszerelése volt a következő lépés, viszont ahhoz, hogy ezt el tudjam végezni, az erre szerelt egyéb alkatrészeket is el kellett távolítanom, melyek az olajhűtő, ennek összekötő csövei, a generátor, a porlasztók és az adagolók között lévő nyomócsövek, valamint az olajhűtő termosztátház, illetve a motor oldalsó burkolata és a szívótorok voltak. Utóbbi alkatrészben minimális koromlerakódás volt. Hengerfej leszerelés előtt mindenképpen ajánlott a porlasztók kicserélése, ez főleg üzemképes, használatban lévő motoroknál jelentős, hiszen ez egy érzékeny alkatrész, és ha megsérül a fűvóka, akkor azt minden esetben cserélni kell, viszont jelen esetben ettől eltekintettem, hiszen a porlasztókat mindenképpen fel kell a későbbiekben újítani, továbbá semmilyen szerszámmal nem tudtam őket kicserélni. A hengerfej eltávolítása után azt a műhelyasztalra téve megpróbáltam a beszorult porlasztókat kiütni a helyéről, ami sikerült is roncsolás mentesen, mind a hengerfej, mind a porlasztóházak sérülésmentesek maradtak. A hengerfej átvizsgálása során az egységen további hibákat nem találtam, így későbbi felhasználásra alkalmas maradt.

A további bontások során eltávolítottam az adagolókat, melyek ellenőrzése során egyértelműen megállapítható volt, hogy az egységek teljesen le vannak ragadva, működésképtelenek, így további felhasználásra, valamint felújításra is alkalmatlanok, ezért ezekből a későbbiekben biztosan kell újat venni.

A hengerfalakon, valamint a dugattyúkon extrém sérülések nem voltak találhatóak, csakis apróbb karcok, húzások, melyek a rendeltetésszerű használat során is keletkezhetnek.

A motor elejének lebontása során eltávolításra került a forgattyús tengely szíjtárcsa, valamint a vezérlés műanyag burkolatai is, melyekből az egyik el volt törve. Majd a vezérlés bordáskerekeit, az olajpumpa fogaskerekét, illetve a vezérműszíjat és a vezérműszíj feszítő görgőt is leszereltem. Ezután következett a forgattyús tengely bordáskereke, melynek csavarját egy gyári célszerszám segítségével tudtam meglazítani, ennek a csavarnak a meghúzási nyomatéka körülbelül 1300 Nm, ennek azért van jelentősége, hiszen a bordáskerek nem kúposan van felfogatva, így csak a súrlódási erő az, ami meggátolja a bordáskerek elfordulását a forgattyús tengelyhez képest, ami, ha bekövetkezne, akkor a motor vezérlése összeakadna, és az jelentős motorkárosodást eredményezne.

A motor könnyebb mozgatása érdekében a lendkerék házát, valamint az egyéb kisebb alkatrészeket, mint például az olajszűrőházat, hajtóanyagszűrőházat, lendkerékházat, tápszivattyút, valamint az első és hátsó fedeleket leszereltem. Az elsőfedélben kapott helyet a motor röpsúlyos szabályzója, így azt átvizsgáltam, és hibát nem találtam rajta, ennek az alkatrésznek jellemző hibája, hogy az állítócsavarok erősen korrodálnak, és állítási próba esetén a tartófül eltörik, de jelen esetben ez a probléma nem állt fent.

A motort a további szétszereléshez oldalra állítottam, hiszen a következő lépés a dugattyúk és a hajtórudak kiszerelése volt, melyhez egyszerre elérhetőnek kell lennie a motor aljának és tetejének. A hajtórúd anyáknak a meglazítása után a lefogató csészék, illetve a hajtórúd csapágys is eltávolításra kerültek. A csészéknél nagyon fontos, hogy ezek speciálisan legyártott alkatrészek, és minden csésze csak a saját hajtórúd-jával alkot párt, felcserélése esetén nem lenne tökéletes az illeszkedés. A csapágys ellenőrzése során meg kell vizsgálni az azokon látható kopás mértékét, ami jelen esetben minimális volt, illetve a csapágys méretét, mely ebben a motorban alapl méretesek voltak, ami arra utal, hogy ez a motor ezelőtt még nem volt megbontva, és a forgattyús tengely alapl méretes, tehát az nem volt köszörülve.

A forgattyús tengely kiszereléséhez a motort fejre állítom, így a forgattyús tengely könnyebben elérhetővé válik, és a kiszerelése során minimalizálom ezáltal annak megsérülésének az esélyét.

Ennek az alkatrésznek az eltávolításához a lefogató csavarokat meg kell lazítani és ki kell csavarni, majd az összes csészét el kell távolítani. Ezek az alkatrészek is párban vannak a motorblokkban kialakított ellendarabbal, viszont ezek gyárilag meg vannak számozva, így nem lehet összetéveszteni. A nyugvó csapágákat is át kell vizsgálni, jelen esetben a csapágák állapotán egyértelműen látszott, hogy a motorban sok az üzemóra, így a csapágákon apróbb karcok, húzás nyomok látszódtak, de még jó állapotban voltak, valamint ezek is gyári alapméretes csapágák voltak. Ezután a támasztó csapágákkal együtt a forgattyús tengelyt ki lehet emelni a helyéről, gondosan ügyelve arra, hogy az ne sérüljön meg.

A forgattyús tengelycsapokat ezután meg kell mérni, hogy milyen mértékű kopás van rajta, ehhez a csapokat alaposan meg kell tisztítani, hogy a mérési eredmény hiteles legyen, és ne mérjük bele az esetleges szennyeződéseket. A méréshez egy mikrométert kell használni, és minden csapot egyesével meg kell mérni. A forgattyús tengely mérése során a következő eredményeket kaptam:

	Nyugvó csapok (névleges: 70 mm)	Hajtórúd csapok (névleges: 55 mm)
1.	69,91 mm	54,92 mm
2.	69,93 mm	54,90 mm
3.	69,88 mm	54,88 mm
4.	69,84 mm	X

12. táblázat Forgattyús tengelycsapok mérésének eredménye

Forrás: Saját táblázat

A mérések alapján egyértelmű, hogy a forgattyús tengelyt gépműhelybe fog kellene küldeni, ahol mind a nyugvó, mind a hajtórúd csapokat első túlméretre kell köszörülni, hiszen a gyár által megengedett maximális kopás értéket, ami 0,1 mm meghaladták egyes csapok. A hármas és a négyes számú nyugvó csap esetében a megemelkedett kopás magyarázható azzal, hogy a

szíjtárcsa, valamint a vezérlés ezekre a csapágyakra és csapokra egy további terhelést ad (Deutz motorok esetében a gyár a hengerek, illetve a csapok számozását a lendkerék felől indítja).

Az első túlméret a nyugvó csap esetében 69,75 mm, míg a hajtórúd csap esetében 54,75 mm. Ezt a gépműhely század milliméter pontossággal meg tudja munkálni, de minden esetben mérni kell a későbbiekben, hiszen a motor élettartama szempontjából kritikus a csapágyak illesztése.



13. kép Hármashajtórúd csapágy

Forrás: Saját kép

A motoron további méréseket kell elvégezni, mellyel a hengerekben lévő kopást szeretnénk meg tudni. Ehhez egy furatmérőt, másnéven intót kell használni. A hengerek mérésének az eredményei a következők:

Hengerek névleges átmérője: $91^{+0,02}$ mm

Egyes henger átmérője: 90,94 mm

Kettes henger átmérője: 90,88 mm

Hármas henger átmérője: 90,91 mm

A mérések alapján a motorblokkot is gépműhelybe kell küldeni, hiszen a hengerek kopása is meghaladta a megengedett maximális értéket, ami 0,1 mm. A hengerekre két féle gyári megoldás létezik, az egyik, hogy a hengereket első túlméretre kell felfűrni, ekkor viszont túlméretes dugattyúkat is kell a motorba szerelni, ezzel a lökettér fogat, és a teljesítményt is minimálisan növelve. A másik lehetőség, hogy ezekhez a motorokhoz létezik gyári javítóhüvely, amihez a motort szintén fel kell fűrni, viszont a javítóhüvelyt behelyezve a henger átmérője gyári értékű lesz újra, így gyári méretű dugattyúkkal lehet szerelni a motort a felújítás során.

A motor további szétszerelése folyamán a továbbiakban kiserelésre került a vezérműtengely, melyet szintén átvizsgáltam, ennél az alkatrésznél fontos, hogy a bütykök sértetlenek legyenek, illetve a motorblokkban a vezérműtengelycsapágys ne legyenek elkopva. A bütyköstengelycsapágys mérésének eredményei a következők:

	Vezérműtengelycsapok átmérője	Csapágyszekrények belső átmérője	Hézag (névleges: 0,05-0,124 mm)
1.	50,98 mm	51,04 mm	0,06 mm
2.	50,99 mm	51,05 mm	0,06 mm
3.	50,99 mm	51, 04 mm	0,05 mm
4.	50,98 mm	51,03 mm	0,05 mm

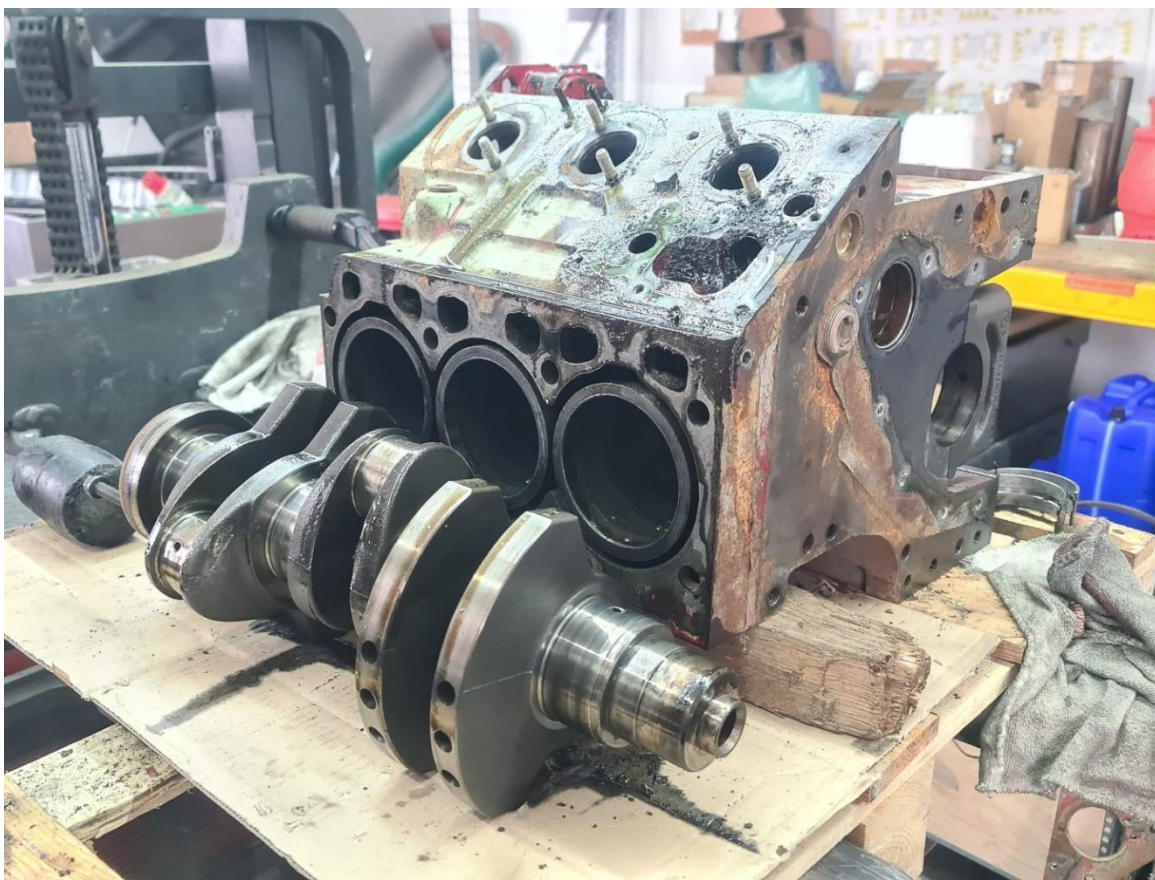
14. táblázat Forgattyús tengelycsapok mérésének eredménye

Forrás: Saját táblázat

Ezen érések alapján a vezérműtengely, valamint annak csapágycsúcsain minimális a kopás, így ennek cseréje nem indokolt. A csapágycsúcsokon szemmel látható karcolás, húzás, vagy bármilyen egyéb sérülés nem látható.

A motorból ezeken felül kiserelésre kerültek a szelepemelő tőkék, valamint az adagoló mozgató lécz. A forgattyús tengely lefogató csapok vissza lettek szerelve, hiszen így nem tud megsérülni a felfekvő felület rajta.

Ezen felül a hengerfejet is alkatrészeire szereltem, hiszen csak így lehet teljesen eltakarítani, valamint a gépműhely is csak így tudja a síkolást rajta elvégezni. A szeleprugó összenyomásával a szelep ékeket ki lehet szedni a helyükről, ebből szelepenként 2 db található meg. A szelepek után a szelepszár szimmeringeket is leszedtem, valamint a hengerfej pozicionáló stifteteket is.



15. kép A motor teljesen szétszerelt állapota

Forrás: Saját kép

3.5. Felújítási árajánlat elkészítése

A motor állapotfelmérése során tapasztaltak alapján a motor felújítása előreláthatóan gazdaságos lesz, hiszen a fő egységek nem voltak olyan mértékben sérültek, hogy azokból újat kelljen rendelni, így az ügyfél kérésére elkészítettem az árajánlatot, mely tartalmazza a teljes felújításhoz szükséges összes alkatrészt és tételt, valamint minden tétel árát és a szükséges darabszámot. Az árajánlatban szereplő rendelt alkatrészekre az ügyfél számára 15% - os kedvezményt tudott biztosítani a cégünk. Az alkatrészek mind a gyári cikkszámok alapján kerültek kikeresésre, és a minőségi munka elvégzése érdekében minden alkatrész gyári, vagy a gyárral megegyező minőségű.

Tétel megnevezése	Nettó ár [€]	Darabszám	Teljes összeg [€]
Nyugvó csapágó	8,14	4	32,56
Hajtórúd csapágó	37,2	3	111,6
Hajtórúd anya + csavar	10,1	6	60,6
Hüvely + dugattyú készlet	129,18	3	387,55
Szívó szelep	25,86	3	77,58
Kipufogó szelep	12,66	3	137,1
3 ékes hengerfej tömítés	43,19	1	43,19
Teljes tömítés készlet	115,25	1	177,45
Porlasztó felújító készlet	36,8	3	110,4
Adagoló szivattyú	244	3	732
Résolaj gyűjtőcső (1 m)	6,5	0,5	3,25
Résolaj összekötő	1,29	1	6,12
Hajtóanyag tápszivattyú	72,5	1	72,5
Motorolaj szűrő	7,75	1	7,75
Hajtóanyag szűrő	9,9	1	9,9
Olaj szivattyú	327,27	1	327,27
Olajhűtő bekötő cső	11,3	2	22,6
Generátor ventilátor fedél (használt)	123,8	1	123,8
Generátor ékszíj	16,9	1	16,9
Vezérműsízj készlet	87,58	1	87,58

Ékszíjlesztő görgő	169	1	169
Kipufogó csavar + töcsavar	5,7	6	34,2
Kartergáz szűrő	77	1	77
Olajnyomás jeladó	17,4	1	17,4
Leállító mágnes	205,38	1	205,38
Fordulatszám szabályzó rugó + csapágy	42,76	1	42,76
Fogas koszorú	168,96	1	168,96
Tisztítóanyag, festék, motortömítő paszta	100	1	100
Motorolaj 15W40 (10 L)	63,66	1	63,66
Munkaóra	40,83	36	1470,39
Gépműhely munkálatok	177,94	1	762,6
Generátor	162,86	1	162,86
Önindító	178	1	178
Összesen			5999,91

16. táblázat Árajánlat

Forrás: Saját táblázat

A motor felújításához ezeken az alkatrészekeken felül szükség van használt alkatrészekre is, melyeket saját raktárunkból szereztem be. Ezek az alkatrészek az olajteknő, a kipufogó csomagtartó, valamint a lendkerék. Lehetne ezekből az alkatrészekből is újat rendelni, de a felújítás összegének minimalizálása érdekében ez most nem történt meg, de ez a minőség rovására nem ment, hiszen ezek a használt alkatrészek is tökéletes állapotban vannak. Ezeknek további összege összesen ~700€.

A motor felújítása gazdaságilag megéri, hiszen a felújítás végösszege 6725,8 €, ami ~25%-kal olcsóbb egy cseremotornál, mivel az körülbelül 9000 €-ba kerül. Az ajánlatot az ügyfél elfogadta, így a motor gépműhelybe való elküldése, illetve összeszerelése megkezdődhet.

3.6. A motor összeszerelése

A motorblokk, a hengerfej, valamint a forgattyús tengely egy alapos takarításon esett át egy speciális motormosó folyadékkal. Cél, hogy a gépműhelybe tiszta motort tudjak küldeni, hiszen

az ott elvégzendő feladatokhoz ez szükséges. Miután a motor főegységeit a gépműhelyből visszaszállították, újból eltakarítottam, hogy bármilyen nem odavaló idegen anyagot eltávolítsak, ez lehet például régi tömítés darab, por, fémforgács.

Az összeszerelés első lépése, hogy az adagoló mozgató lécet a helyére teszem, rögzítése egy stift-tel van megoldva. Nagyon fontos, hogy beszerelés után ennek nem szabad szorulnia, könnyedén kell tudni mozgatni. Ezután következett a dugattyú hűtő fűvókák visszaszerelése, valamint ellenőrzése, jelen esetben az egyik fűvóka el volt tömődve, így annak a furatát ki kellett tisztítani, hogy az olaj később át tudjon rajta folyni. Ezen kívül a szelepemelő tőkék behelyezése is ilyenkor történik, hiszen, ha a vezérműtengely a helyén van, akkor sokkal bonyolultabb az alkatrészek behelyezése, mely során a tőkét motorolajjal egy vastag filmet viszek fel rá, és a helyére könnyedén, szorulás nélkül beteszem. Ezután következett a vezérműtengely helyére tétele, melynek a csapjait, valamint csapágyait olajjal bekenem, és a vezérműtengelyt a helyére teszem, ennek rögzítése nincsen.



17. kép A gépműhelyben elkészült főegységek

Forrás: Saját kép

Következő lépésként a forgattyús tengely beszerelését kezdtem meg, ehhez viszont minden csapot újra kellett mérnem, ezzel leellenőrizve a gépműhely által elvégzett munkát. A csapok mérete és a csapágyházak pontos beállítása nagyon fontos, hiszen nem megfelelő illesztés

esetén a motor nagy terhelés során megszorulhat, vagy alacsony olajnyomás miatt kenési probléma léphet fel.

A csapok mérésének eredménye:

	Nyugvó csapok első túlméret	Hajtórúd csapok első túlméret
1.	69,75 mm	54,75 mm
2.	69,75 mm	54,74 mm
3.	69,76 mm	54,75 mm
4.	69,75 mm	X

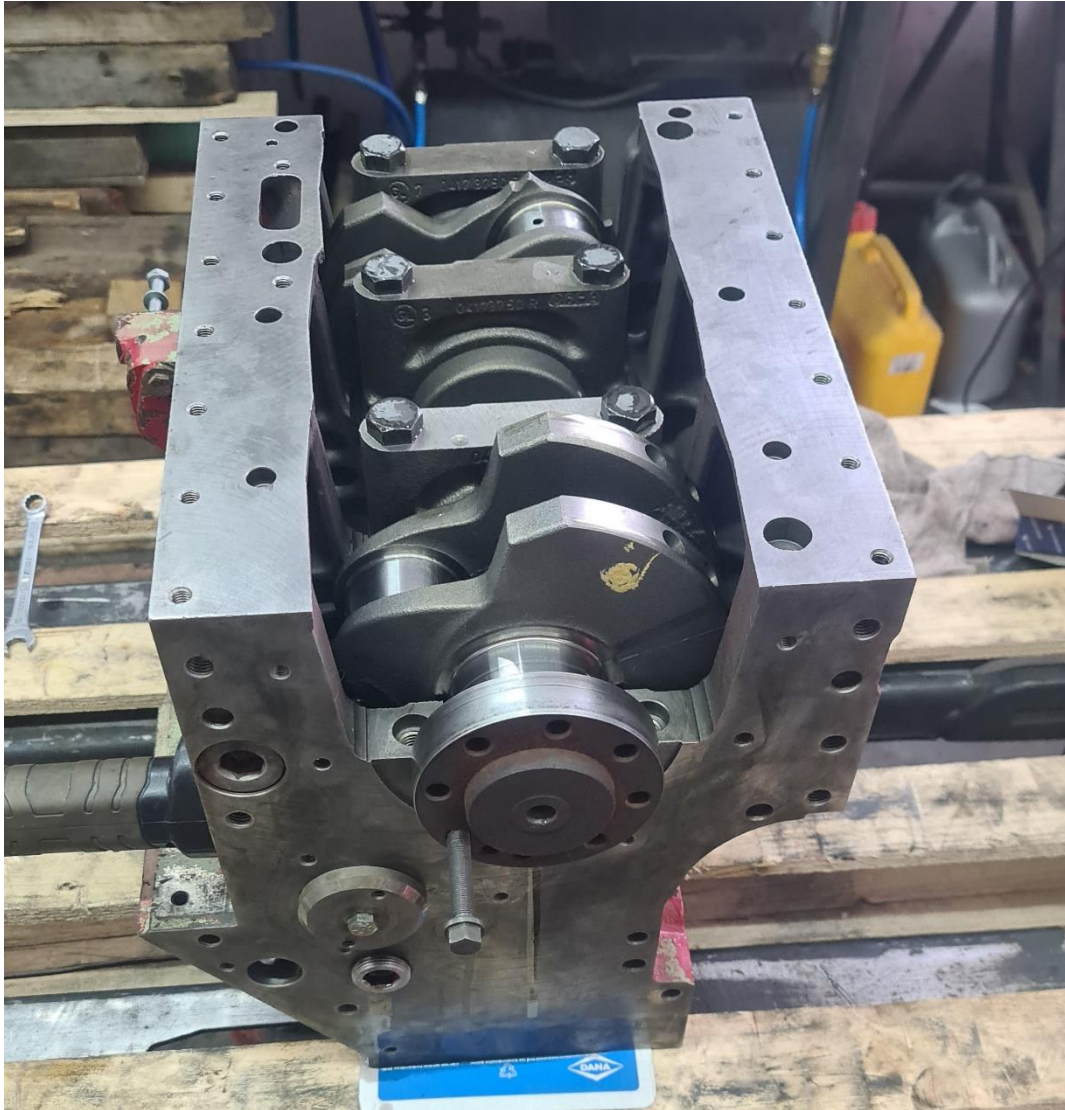
18. táblázat Köszörült forgattyús tengelycsapok mérése

Forrás: Saját táblázat

A mért eredmények tökéletesek, hiszen a gyári tűrésen belül vannak az értékek. A csapághézagok méréséhez azonban minden csapágyat be kell helyezni a csapágylefogató csészébe és nyomatékra le kell húzni anélkül, hogy a forgattyús tengely a helyén lenne, így furatmérővel a legkisebb pontot megkeresve bennük meg lehet mérni a csapágyak belső átmérőjét, majd a kapott eredményből, ha kivonom a forgattyús tengelycsapok átmérőjét, akkor a kapott eredmény a csapághézag. Minden nyugvó perselyt megmérve ugyanazt az eredményt kaptam, miszerint a belső átmérők egységesen 69,81 mm, míg a hajtórúd csapágyaknál ugyanezt a mérést elvégezve az eredmény 54,80 mm. Ezek alapján mind a nyugvó perselyek, mind a hajtórúd perselyek illesztése megfelelő, hiszen a gyári 0,05-0,06 mm tartományban vannak.

A forgattyús tengely beszereléséhez a lefogató csészéket újból le kell szerelni, és a nyugvó csapokat, illetve csapágyakat olajjal gazdagon be kell kenni, majd a támasztó csapágyakkal együtt a forgattyús tengelyt a helyére kell helyezni, és a csészékkal lefogatni. A forgattyús tengely meghúzási három lépésben történik, az alapnyomaték 50 Nm, majd második lépcsőben 60°-ot kell húzni, harmadik lépcsőben pedig 45°-ot kell húzni. Az alapnyomaték beállítására

egy nyomaték kulcsot használtam, majd a második és harmadik lépcső megfelelő lehúzásához egy szögmérős nyomatékkulcsot, ezzel fokra pontosan meg lehet húzni a csavarokat, ami a forgattyús tengely esetében nagyon fontos, hiszen a kívánt csapágyhézagot csak a megfelelő nyomatékra lehúzott csavar esetében lehet beállítani. Miután a forgattyús tengelyt a helyére beszereltem le ellenőriztem, hogy forgatása közben semmilyen akadályba ne ütközzön, valamint ne szoruljon.



19. kép Motorblokkba beszerelt forgattyús tengely

Forrás: Saját kép

A következő lépés a hátsó fedél felhelyezése volt, ehhez a fedélből a régi szimmeringet ki kellett ütnöm, viszont nagyon fontos, hogy a szimmering felfekvő felülete ne sérüljön, hiszen ott tökéletes tömítettség szükséges ahhoz, hogy olajszivárgás ne legyen a későbbiekben. A fedél összes felfekvő felületét kellő alaposággal eltisztítottam, majd zsírtalanítottam. Felületét vékonyan motortömítő pasztával (gyárilag pasztával van összeszerelve) bekentem, majd a helyére felszereltem ügyelve arra, hogy a motorblokk alsó síkja, és a fedél síkja tökéletesen illeszkedjen, hiszen az olajteknőnek majd ezeknek a felületeknek a találkozásánál is tömítenie kell. Miután felszereltem, a csavarjait az előírt 30 Nm-es nyomatékra meghúztam. Miután a tömítőanyag egy kicsit száradt, az új szimmeringet a helyére tettem, ehhez első lépésben a tömítőélt vékonyan bekentem olajjal, majd egy szimmering behúzó célszerszám segítségével behúztam a helyére.

Az összeszerelés következő lépésében a motorblokkba befűzöm a dugattyúkat, valamint a hajtórudakat. Ehhez először a hajtórúd régi csavarjait ki kell ütni a hajtórudakból. Ehhez az egyes hajtórudakat egy satuban rögzítem, majd egy kiütő szerszámmal a csavarokat eltávolítom. A hajtórúd satuban történő rögzítésénél ügyelni kell arra, hogy a annak anyaga közvetlenül ne a satu anyagával érintkezzen, hanem egy attól lényegesebb puhább fémmel, jelen esetben erre a célra alumíniumot használtam, így a rögzítéskor a hajtórúd nem tud megsérülni.

Az új csavar behelyezése hasonló módon történik, mint a régi kiütése. A csavart viszont nem kell teljesen beleütni, hanem miután pár milliméteren sikerült beleütni, akkor a hajtórúd csésze és egy régi hajtórúd anya segítségével behúzatom a csavart addig, míg teljesen a helyére nem kerül. Ezt a folyamatot minden hajtórúddal és csavarral el kell végezni, és csak ez után lehet tovább haladni.

A dugattyúk a gyárból úgy érkeznek, hogy az összes gyűrű fel van rá szerelve, valamint gyári méretre ezek a gyűrűk be is vannak állítva, így ennél a motornál nem kellett gyűrű hézagot állítani, de más motorok esetében ebben a munkafázisban történne meg a gyűrűhézagok beállítása. Ehhez a gyűrűket a dugattyúról le kellene szerelni, amennyiben rajta van, és minden egyes gyűrűt a saját hengerébe bele kell helyezni úgy, hogy az teljesen vízszintesen álljon benne, majd egy hézagmérő és egy gyűrű reszelő segítségével a gyár által előírt hézagot pontosan be kell állítani. Amennyiben a gyűrűket egy kézi reszelővel munkálom meg, akkor nagyon fontos, hogy a gyűrű két vége merőlegesen legyen egymásra, valamint a gyűrűnek a hengerfal oldali részén letörést kell képezni, így a gyűrű nem fog belemarni a hengerfalba.

A dugattyúból eltávolítom a csapszeget, és minden dugattyúra felhelyezem az egyik zégergyűrűt. Ezután a dugattyúban lévő furatot a hajtórúdban lévő furattal összeillesztem, és a csapszeget gazdagon olajjal bekenve behelyezem addig, amíg csak lehet, majd a másik zégergyűrűt is a helyére illesztetem, ezzel a dugattyú és a hajtókar összeszerelése elkészült. Fontos leellenőrizni, hogy a dugattyú könnyedén, teljesen ellenállásmentesen el tudjon fordulni a hajtórúdon, ha ez nem valósul meg, akkor a motor egy nagyobb hőterhelés esetén meg fog szorulni, ami a forgattyús mechanizmus kritikus meghibásodását eredményezheti.

Amikor minden dugattyú és hajtórúd össze van szerelve, akkor azokat a motorblokkba bele kell fűzni. Ehhez is egy célszerszámot javasolt használni, mellyel a dugattyú gyűrűket teljesen össze lehet húzni, így beszereléskor azok nem ütköznek fel a blokknak a síkjára. A gyűrűket egymáshoz képest 120 fokkal el kell forgatni, így a motorban biztosan lesz megfelelő kompresszió. Miután a gyűrűket elforgattam, a célszerszámba behelyezem az egyik dugattyút, majd a hajtórúd is, valamint a lefogató csészébe is a csapágycsapokat behelyezem, ezek a csapágycsapok teljesen szimmetrikusak, így nem kell odafigyelni arra, hogy melyik csapágycsap kerül a csészébe és melyik a hajtórúd is. Ezután a motorba megfelelő irányból behelyezem az előkészített egységeket. A dugattyúkat két irányból is be lehet szerelni, viszont, ha nem a jó irányból fűzöm be, akkor a motor erőtlen lesz, és nagy füsttel fog üzemelni, ennek oka, hogy a porlasztó abban az esetben rossz helyre fogja a hajtóanyagot fecskendezni. Minden dugattyún van egy jelölés, mely azt jelenti, hogy a jelölésnek a lendkerék felé kell néznie, így a motorba biztosan jó irányból kerülnek be a dugattyúk. Befűzéskor a hengerfalat is, a dugattyúkat és a gyűrűket, valamint a forgattyús tengelycsapokat és a csapágycsapok belső felét is gazdagon olajjal bekenek, így az alkatrészek kopása első indításkor nem lesz drasztikus. A hajtórúdra felhelyezem a lefogató csészéket, valamint azokra az anyákat, és kézzel érintőre meghúzom azokat. A hajtórúd anyák meghúzási nyomatékát a nyugvó csavarokhoz hasonlóan három lépésben kell lehúzni. Első lépésben minden anyát alapnyomatékra húzok, ami 30 Nm, második lépésben mindegyiket további 60 fokkal meghúzok, majd harmadik lépésben még 60 fokkal meghúzom az anyákat, ezzel a gyár által előírt meghúzási nyomatékra meghúztam minden anyát. Fontos ekkor leellenőrizni, hogy a hajtókaroknak legyen egy kicsi oldalirányú mozgása a forgattyús tengelycsapokon, ezt határozott mozdulattal kell véghez vinni, körülbelül

1-2 mm mozgásnak kell lennie, ha ez nincsen, akkor a motorban valamelyik alkatrész nagyon feszes, és a motor nem fog megfelelően üzemelni.



20. kép Motorblokkba befűzött dugattyúk

Forrás: Saját kép

A felújítás következő lépése, hogy a motorra felszerelem az olajfelszívó csapot, de ehhez a benne található olajnyomás tartó szelepet ellenőriznem kell. A szelep tökéletesen működött, így a felszerelést el tudtam kezdeni, mely első lépése, hogy minden tömítő felületet alaposan fémtisztára kell tisztítani, ez nagyon fontos, hiszen, ha ennek az egységnek a tömítettsége nem megfelelő, akkor az olajfelszívó csápon keresztül az olajszivattyú nem motorolajat fog eljuttatni a motorba, hanem levegőt, mely a kenést nem tudja elvégezni, így a motor károsodni fog. Miután a felfekvő felületeket eltisztítottam és zsírtalanítottam, motor összeszerelő pasztával egyenletesen bekenem, és a felfogató csavarokat gyári meghúzási nyomatékra meghúdom.

Az ez utáni egység, melynek felújítását elvégzem, az az első fedél. Először az ebben található szimmeringet hasonló módon eltávolítom, mint azt a hátsó fedélnél tettem. Ezután a röpsúlyos szabályzót szétszerelem, és a benne található 2 darab csapágyat, valamint a rugót kicserélem, minden alkatrészt tiszta olajjal bekenve teszek a helyére. Az első fedél külsején található gázkart le kell ellenőrizni, hogy megfelelően működik-e, jellemző probléma szokott lenni, hogy a motorok magas életkora miatt, és az extrém felhasználási környezet miatt ennek a csavarja berozsdásodik, és az állítási lehetősége ezáltal megszűnik. Jelen esetben az állítócsavar

könnyedén mozgott, így ezzel különösebb teendőm nem volt. A fedél összes tömítési felületét fémtisztára eltakarítottam, majd azt a felét, mely a motorblokkon tömít, vékonyan tömítő pasztával bekentem, és precízen a helyére szereltem. Ennél az alkatrészénél is fontos, hogy a lehető legpontosabban szereljem fel, mint a hátsó fedélnél, hiszen az olajteknő ezen az alkatrészen is tömíteni fog. Miután a paszta megkötött, a fedélbe célszerszám segítségével az új szimmeringet behelyezem.

A motorra ezután felszerelem az új olajszivattyút, mely ennél a motornál csak a tömítés felhelyezéséből, valamint a felfogató csavarok nyomatékra húzásából áll, hiszen a szivattyút a vezérműszíj hajtja, nem pedig a forgattyús tengely.

Következő lépésként a motor vezérlését raktam össze. Ehhez elsősorban a forgattyús tengely végére felhelyezem a vezérműkereket, melynek csavarját alapnyomatékra meghúzok, ami 130 Nm, majd az alapnyomatékon túl további 210 fokkal meghúzom, így a végső nyomaték értéken lesz a csavarja. Ezután gyári célszárszám segítségével lefixálom a vezérműtengelyt, a motorblokk oldalába csavarható tüskék, melyek jelre helyezik mind a vezérműtengelyt, mind a forgattyús tengely. Majd a vezérműtengely végére felhelyezem a vezérműkereket, melyet óvatosan érintőre húzok, ügyelve arra, hogy a motor oldalába tekert célszerszám ne tudjon eltörni. Ezután a vezérműszíjat, valamint a szíjfeszítő görgőt a helyére teszem, és a szíj egy síkban futását beállítom, gyári előírás szerint a szíjnak 8 mm-re kell futnia a motorblokktól. Ezután a szíj feszességét beállítom, és a feszítőnek a csavarját 50 Nm nyomatékra meghúzom. Végző lépésként a vezérműtengelyen lévő vezérműkereket meghúzom 50 Nm alapnyomatékra, és további 150 fokra. Ezután a motorból a célszerszámokat eltávolítom.

A vezérlési idő ellenőrzése a következőképpen történik. Első sorban a motort kétszer át kell forgatni, majd a vezérműtengely pozicionáló tüskét a helyére vissza kell tekerni, és 40 Nm meghúzási nyomatékkal előfeszítem a forgattyús mechanizmust, majd a forgattyús tengely pozicionáló tüskét kézzel addig tekerem, amíg minimális ellenállása nem lesz. Ekkor a tüskét a motorblokkal összejelölöm, és megszámolom, hogy teljes betekerésig mennyit tudok még a célszerszámon tekerni. A gyár által előírt megfelelő értéktartomány $\frac{1}{4} - 2\frac{3}{4}$ fordulat. Jelen esetben a tüskén további 2 fordulatot tudtam tekerni, így a vezérlési idő megfelelő. Ezután a célszerszámokat véglegesen eltávolítom a motorból, és a szíjfeszességet újból le ellenőrzöm, végül a vezérlés műanyag burkolatait felhelyezem, amivel a vezérlés összeszerelését elvégeztem.

A motor felújítását az adagoló szivattyúk beszerelésével folytattam. Ennek első lépése, hogy az adagoló mozgató görgős tőkét be kell helyezni, ehhez a motort úgy kell forgatni, hogy az adott hengernél lévő görgős tőkét teljesen legalulra tudjam helyezni. A tőkét olajba mártva a helyére teszem, majd az adagoló mozgató lécet elmozdítva az új adagolót a tömítésekkel a helyére illesztetem, ezután meg kell győződni, hogy a léce az adagolót könnyedén tudja mozgatni. Amennyiben az adagoló megfelelően mozog, akkor azt beállítom központosra a töcsavarnál, és a lefogató anyákat 30 Nm nyomatékra meghúzom. Ezt minden adagolónál elvégzem, majd, amikor az összes a helyén van, akkor az adagoló rögzítő stifteteket eltávolítom, és a léceket ellenőrzöm, hogy könnyedén mozog-e. Majd az adagolóba behelyezem a tömítő stifteteket, valamint a hajtóanyag csöveket és az áteresztő csavarokat alaposan eltakarítom, és ezeket a helyére szerellem.

Következett a hengerfejnek a felújítása, aminek első lépéseként minden tömítő felületet alaposan eltisztítok. Ezután a szelepeket a helyére tettem úgy, hogy azoknak a szárát gazdagon bekentem olajjal. Mivel a gépműhely kicserélte a szelepfészkeket, és a felújítás során új szelepek kerülnek a motorba, így nem kell figyelni arra, hogy melyik szelepet hova teszem (a szívó és kipufogó szelepeket nem lehet felcserélni). Fontos, hogy a szelepek tökéletes zárása érdekében 3-4-szer minden szelepet határozottan a helyére kell ejteni, ezáltal biztos lehetek abban, hogy nem lesz probléma a szelepeknek a zárásával. A szelepszár szimmeringeket felteszem a helyükre, majd a szeleprugót és a szeleptányért is. Egy szeleprugó összenyomó eszköz segítségével a szelep ékeket is beszerellem. Ezt a folyamatot minden szeleppel megcsinálom, majd minden szelepnél ellenőrzöm, hogy az ékek biztosan a helyükre kerültek.

A forgattyús tengely szíjtárcsa eltakarítása után azt felszerellem, ennek az alkatrésznek a csavarjainak a meghúzásához a forgattyús tengely forgását meg kell akadályozni. Majd a használt olajteknőt az alkatrészmosóban eltakarítom, valamint a felfekvő felületeket alaposan megtisztítom és zsírtalanítom, és motortömítő pasztával egyenletesen bekenve azt felszerellem.

A porlasztók felújítását a porlasztóház külső megtisztításával kezdtem, hiszen mindegyik befecskendezőház felülete rozsdás volt. Ezután a megfelelő szerszámok segítségével a befecskendezőt alkatrészeire szereltem. Minden belső alkatrészét alaposan megtisztítottam, és új tömítéssel megkezdtem az összeszerelését. A porlasztók gyári nyitási nyomása 210^{+8} bar, jelen esetben a porlasztók körülbelül 170 bar nyomáson nyitottak, mely a motor megfelelő működése és hajtóanyagfogyasztása szempontjából nem megfelelő, így a nyitási nyomás értékét a megfelelő hézagoló alátét beszerelésével beállítottam, így mindegyik porlasztó nyitási nyomása a gyári értéktartományon belül van. A nyitási nyomás értékét egy speciális tesztelő

eszközön mértem. Felújítás során különös figyelmet kell arra fordítani, hogy az új porlasztó csúcs ne sérüljön meg, hiszen akkor a porlasztási kép nem lesz megfelelő.

Ahhoz, hogy a megfelelő hengerfejtömítést ki tudjam választani a motorhoz, meg kell mérni a dugattyú kijárását a motorblokk síkjához képest. Attól függően, hogy a dugattyúk mennyit járnak ki, a hengerfej vastagságát növelni kell, hiszen, ha ezt nem teszem meg, akkor a szelepek nyitása közben a dugattyú tetőbe bele tudnak érni, és a motor ezáltal károsodni fog.

A gyár által előírt hengerfejtömítésvastagság a dugattyú kijárás függvényében:

Dugattyú kijárás [mm]	Hengerfej tömítés vastagsága
0,53-0,69	1 ék
0,691-0,76	2 ék
0,761-0,83	3 ék

21. táblázat Dugattyú kijáráshoz tartozó hengerfejtömítés adatok

Forrás: Saját táblázat

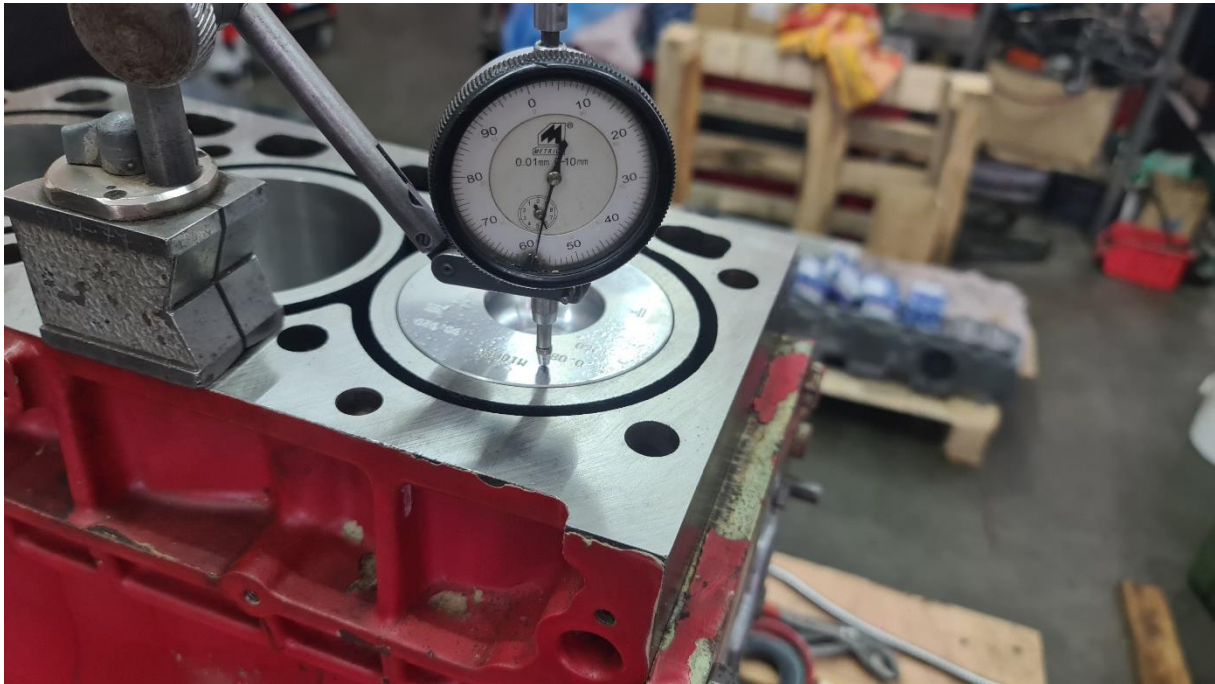
A mérés során kiderült, hogy a dugattyú kijárás értékek a következők:

Egyes henger: 0,57 mm

Kettes henger: 0,56 mm

Hármas henger: 0,59 mm

A gyár előírása szerint ezen értékek alapján a motorhoz jó volna az 1 ékes tömítés, viszont megengedett a vastagabb tömítés használata, így én 3 ékes tömítést fogok alkalmazni.



22. kép Dugattyú kijárás mérése

Forrás: Saját kép

A hengerfej felszereléséhez először a hengerfej tömítést a helyére teszem, majd erre ráillesztem a felújított hengerfejet. A hengerfejsavarok szárát, valamint a csavar felfekvő felületét beolajozva becsavarom, majd több lépcsőben a megfelelő nyomatékra meghúzom. A csavarok lehúzása a következőképpen történik: 30 Nm + 80 Nm + 160 Nm + 90°.

A lehúzás során nagyon fontos, hogy a csavarokat megfelelő sorrendben húzzam meg, hiszen a tökéletes tömítettség csak így érhető el, minden esetben a belső csavarokkal kell kezdeni, és fokozatosan kifelé kell haladni.

A szelepemelő rudakat és a szelephimbákat a motorba behelyezem, majd a szelephézagokat a gyár által előírt értékre beállítom, mely szívó szelep esetében 0,3 mm, míg kipufogó szelep esetében 0,5 mm. Miután ezt beállítottam és ellenőriztem, a szelepfedelelet felhelyezem, és a csavarokat a megadott nyomaték értékre meghúzom.

Az olajhűtő termosztátot felszerelem, valamint az olajhűtőt és az olajhűtő bekötő csöveket is.

A lendkereken kicserélem a fogaskoszorút, melyhez először a régit el kellett távolítani, ezt egy csavarhúzó és egy kalapács segítségével óvatosan leütöm, figyelve arra, hogy a lendkerék ne sérüljön meg, majd ezután a felfekvő felületet eltakarítom. Az új fogaskoszorú felhelyezéséhez

azt meg kell melegíteni, hiszen hőtágulás során annyit nő a belső átmérője, hogy azt könnyedén fel lehet helyezni a lendkerékre, majd hűlés közben arra felszorul. A melegítést egy PB gázpalackos pörzsölővel tettem meg. Miután a fogaskoszorú és a lendkerék kihűlt, azt a motorra felszereltem.

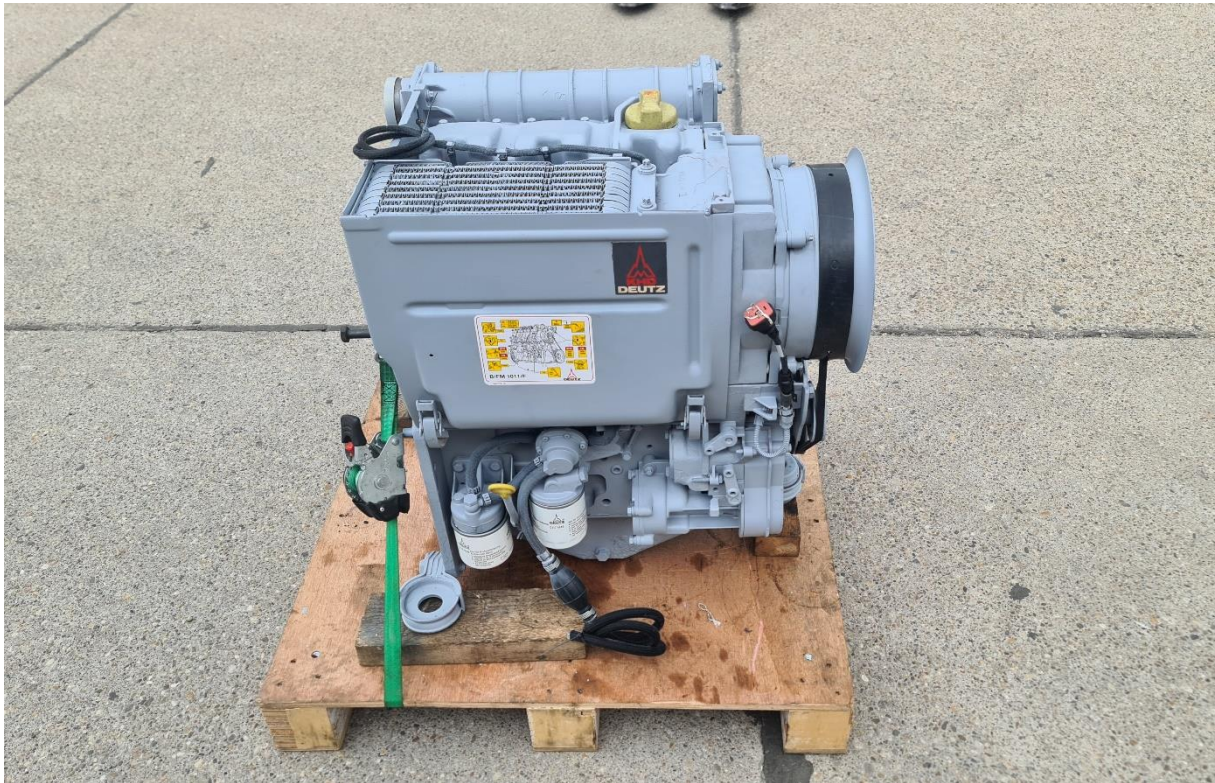
A motorra továbbá felszerelem az olajszűrőházat, valamint egy gyári motorolaj szűrőt, a szívó, valamint kipufogó csontot új tömítésekkel, gázolajszűrőt, tápszivattyút, és az önindítót, valamint a motor gázolajtömlőit a megfelelő helyekre bekötöm, illetve a résolaj elvezetéséhez a tömlőket legyártom és a motort 8 liter 15W40 viszkozitású olajjal feltöltöm.

Ahhoz, hogy a motor raklapon indítható legyen, a tápszivattyúra egy üzemanyagtömlőt szerlek, melynek végét egy gázolajos kannába helyezek, és a gázolajtömlők visszatérő ágát szintén a kannába vezetem. Az motor indításához az önindító ideiglenes elektromos bekötését elvégzem egy külső akkumulátorhoz. Indítás előtt meggyőződtem arról, hogy a motorban megfelelő a motorolaj nyomás, ehhez a motort az önindítóval forgatom, viszont a leállító mágnesre feszültséget nem adok, így a motor nem tud beindulni. Közben egy mérőórával mérem az olajnyomás értéket, és a motort addig nem hagyom beindulni, míg az olajnyomás nem épül fel. Körülbelül 15 másodperc után az olajnyomás felépül 2 bar-ra. A leállító mágnesre feszültséget adva motor gázolajhoz jut, és be is indul, járatás közben az olajnyomás értéket folyamatosan figyelem, valamint a motor fordulatszám tartományait beállítom.

A sikeres indítás után a motort a gyári színére lefestem, ehhez a szívó és kipufogócsontot ledugózom, hogy azok belsejébe festékanyag ne kerüljön, valamint a lendkereket és az önindítót leszerelem.

A motor festése után minden alkatrészt visszaszerlek, valamint az új generátort is felszerelem, illetve a generátor hűtő ventilátort, az ékszíjat, és az ékszíjfeszítőt is.

A motor a felújítás után az ügyfél részére át lett adva. A géppel azóta több órát dolgoztak, és a tulajdonos elmondása alapján elégedett az elvégzett munkával, a motor teljesítménye ideális, valamint a hajtóanyag fogyasztás egy másik géphez képest, melynek a motorja nincsen felújítva, körülbelül 10-15%-kal kedvezőbb. Ezen információk és tapasztalatok alapján a motorfelújítás sikeres volt.



23. kép Az elkészült motor (1)

Forrás: Saját kép



24. kép Az elkészült motor (2)

Forrás: Saját kép

4. Összefoglalás

Szakdolgozatom elkészítése során bemutattam a dízelmotorok javításával, felújításával foglalkozó Diesel Technik Kft.-t, amely cégnél az általam felújított Deutz F3L 1011 típusú szerelésében segítettek. A célkitűzéseimet megfogalmaztam, és ezeket meg is valósítottam. Ezen célok között szerepelt, hogy a motor állapotfelmérését, valamint szétszerelését elvégezzem, majd a felújításhoz szükséges alkatrészeket, illetve gépműhely által elvégzendő feladatokból árajánlatot készítsek, valamint a motor összeszerelését, a szerelés közbeni méréseket, és a motor beindítását elvégezzem.

Ezen felül feldolgoztam a dízel motorokkal kapcsolatos általános szakirodalmakat, mint a dízel motorok fejlődéstörténete, a dízel motorok alkalmazásai és hajtóanyag lehetőségei, a körfolyamatok bemutatása, melyekkel leírható a működése. Továbbá a hajtóanyag ellátó rendszereiről szóló szakirodalmakat is feldolgoztam, melyek közül érintettem a Common-Rail rendszert, a különböző típusú adagoló szivattyús rendszereket, valamint a befecskendezők kialakításait. Ezeken felül az égésterek kialakításáról, a kenőanyagokról, valamint a dízel motorok jelleggörbéről is összegeztem a szakirodalmakat.

A motor felújítási lépéseit elvégeztem, a folyamatot kellő részletességgel dokumentáltam. A felújítás során az alkatrészeket megmértem és átvizsgáltam, a szükséges pontokon a hézagokat kiszámítottam és beállítottam, a mért adatokat táblázatokban rendszereztem. Felújítás után a motort beindítottam, a további szükséges beállításokat és méréseket elvégeztem. Az átadás után a motorfelújítás sikerességéről az ügyfél visszajelzése alapján győződtem meg.

5. Summary

During the preparation of my thesis, I presented Diesel Technik Kft., a company specializing in diesel engine repair and refurbishment, where I received assistance with the assembly of the Deutz F3L 1011 engine that I was refurbishing. I formulated and successfully achieved my objectives. These goals included performing a condition assessment and disassembly of the engine, preparing a price offer for the necessary parts and machine shop tasks required for the refurbishment, assembling the engine, conducting measurements during the assembly, and starting the engine.

In addition, I reviewed general technical literature related to diesel engines, such as the history of diesel engine development, their applications, and fuel options, along with a presentation of the cycles that describe the operation of a diesel engine. Furthermore, I explored literature on fuel supply systems, covering the Common-Rail system, various types of pump-injection systems, and injector designs. Additionally, I summarized literature on combustion chamber designs, lubricants, and the characteristic curves of diesel engines.

I completed the steps involved in refurbishing the engine and documented the process in sufficient detail. During the refurbishment, I measured and inspected the components, calculated and adjusted the clearances where necessary, and organized the measured data into tables. After the refurbishment, I started the engine, performed the necessary additional adjustments and measurements, and confirmed the success of the refurbishment based on feedback from the client following the handover.

6. Irodalomjegyzék

1. *History of diesel engines*, Cummins, 2023. április 4.
<https://www.cummins.com/news/2023/04/04/history-diesel-engines> (megtekintve: 2024. június 12.)
2. Saber Fallah (2014): *Electric and Hybrid Vehicles - Technologies, Modeling and Control: A Mechatronic Approach*, Wiley-Blackwell
https://www.researchgate.net/publication/260878177_Electric_and_Hybrid_Vehicles_-_Technologies_Modeling_and_Control_A_Mechatronic_Approach (megtekintve: 2024. június 20.)
3. *Diesel engine history & invention*, Universal Technical Institute, 2020. december 30.
<https://www.uti.edu/blog/diesel/diesel-engine-history> (megtekintve: 2024. június 12.)
4. Dr. Lévai Zoltán: *A belsőégésű dugattyús motorok elvi felépítése*
<http://www.lezo.hu/szerkezettan/hajtas/motor/elvifelepites/elvifelepites.html> (megtekintve: 2024. június 14.)
5. Nagy L. András (2019): *Investigation of Used Engine Oil Lubricating Performance Through Oil Analysis and Friction and Wear Measurements*
https://www.researchgate.net/publication/334468426_Investigation_of_Used_Engine_Oil_Lubricating_Performance_Through_Oil_Analysis_and_Friction_and_Wear_Measurements (megtekintve: 2024. június 29.)
6. Dr. Kiss Péter: *Belsőégésű motorok besabályozása, teljesítményének meghatározása, motor jelleggörbék*
7. Bosch műszaki útmutató füzetek (1992): *Soros dízel befecskendező szivattyúk*
8. Robert Bosch GmbH. (2004): *Common Rail befecskendező rendszerek*
9. John B. Heywood (1989): *Internal combustion engine fundamentals*
10. KHD Deutz Service (1993): *Workshop Manual B/FL 1011/T*

7. Nyilatkozatok

7.1. Hallgatói nyilatkozat

NYILATKOZAT

Alulírott Szabó Zétény, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépészmérnök szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Szakdolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2024. október 22.



Hallgató

7.2. Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Szabó Zétény (Neptun azonosítója: X3FOQ5) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2024. október 22.



belső konzulens