

KORSZERŰ VIZSGÁLÓMOTOR FEJLESZTÉSE ÉS KONCEPCIONÁLIS TERVE

DEVELOPMENT AND CONCEPT OF A MODERN TEST ENGINE

Dudás Alexander*, Dreyer Roman Mathias**

ABSTRACT

Thanks to latest emission restrictions and customer needs is the further development of combustion engines indispensable. The obviously controversial demands are forcing the industry in the direction of increasing efficiency. Decreasing mechanical losses is the main challenge of engine developers these days. This task needs the right tool. For this reason the AUDI Hungaria Department for Combustion Engines decided to develop a modern test engine. The article analyzes the commonly used constructions, their positive properties and drawbacks, identifies the sources of mechanical losses in the engine and the opportunities of measuring them. Aim of the article is to create a concept for a modern test engine.

ÖSSZEFOGLALÓ

A legújabb emissziós előírások és vásárlói igények okán a belső égésű motorok továbbfejlesztése elengedhetetlen. A nyilvánvalóan ellentétes követelmények a hatásfoknövelés irányába kényszerítik az ipari fejlesztést. Kézenfekvő követelmény a motorok mechanikai veszteségeinek csökkentése. Ezen feladat azonban egy megfelelő szerszámot igényel. Ez okból döntött az AUDI Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszék egy modern vizsgálómotor kifejlesztése mellett. A cikk megvizsgálja a manapság elterjedt konstrukciókat, elemzi előnyeiket és hátrányaikat, beazonosítja a motorok kritikus pontjait és felkutatja ezen helyek vizsgálatának lehetőségeit. Végezetül a cikk felállítja egy korszerű vizsgálómotor alapkoncepcióját.

Kulcsszavak: vizsgálómotor, mechanikai hatásfok, súrlódás, CO₂-kibocsátás, komponensfejlesztés, RNT

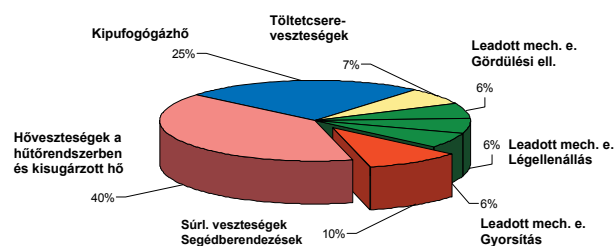
*doktorandusz, egyetemi tanársegéd. Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszék, 9026 Győr, Egyetem tér 1., tel.:+36 96 503491, fax: +36 96 613677, e-mail: extern.alexander.dudas@audi.hu

**témavezető, PhD, Egyetemi docens, tanszékvezető. Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszék, 9026 Győr, Egyetem tér 1., tel.:+36 96 503491, fax: +36 96 613677, e-mail: mathiasroman.dreyer@audi.hu

BEVEZETÉS

A közúti közlekedés szinte kizárólagos erőforrása ma is az a térfogat-kiszorítás elvén működő dugattyús hőerőgép, amelynek fejlesztésével már közel másfél évszázada foglalkoznak a szakemberek. Ez az évszázados fejlesztési munka és a közben szerzett kísérleti tapasztalatok tették lehetővé, hogy a járműmotorok egészen napjainkig meg tudtak felelni az egyre növekvő teljesítmény igényeknek és egyúttal be tudták tartani az egyre szigorodó környezetvédelmi követelményeket is. Teljesen új kihívást jelent azonban az Európai Unió Bizottsága által megfogalmazott állásfoglalás, amely az autógyártók számára a következő években kötelezően végrehajtandó, rendkívül radikális mértékű CO₂-kibocsátás csökkentést ír elő. A CO₂-kibocsátással ekvivalens motorikus fogyasztáscsökkentés csak és kizárólag a motorban lejátszódó energia-átalakulás során fellépő különféle veszteségek csökkentése révén, más szóval a hatásfok javításával érhető el. Míg az indikált hatásfok a belső motorikus folyamatok optimalizálásával, addig a mechanikai hatásfok elsősorban a mechanikai, a súrlódási veszteségek csökkentése révén javítható.

A győri Széchenyi István Egyetem, AUDI Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszéken kialakítandó kísérleti bázison olyan mérés-sorozatokat elvégzése szerepel a jövőbeni tervek között, melyek eredményei alapján lehetőség nyílik különböző konstrukciós és technológiai paraméterek mechanikai veszteségekre gyakorolt hatásának értékelésére.



1. ábra, A jármű veszteségei [1]

A vizsgálatok elvégzésére egy olyan egyedi kialakítású kísérleti egyhengeres motorra van szükség, amelyben meg kell teremteni az alapvető konstrukciós paraméterek, (furat, löket, kompresszió-viszony) és a legfontosabb üzemi paraméterek (feltöltési nyomás, olaj- és

hűtővíz-hőmérsékletek) széles határok közötti változtatásának lehetőségét. A motorüzemben vagy külső hajtás üzemmódban a potenciált alkatrészek (pl.: henger, szelepszár, csészés szelepemelő, stb.) felületén fellépő súrlódó erők mérésének lehetőségét éppúgy biztosítani kell, mint külső hajtás esetén a hajtási nyomaték értékének nagy pontosságú meghatározását.

2. ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

A tervezett vizsgálómotor a jövőben a komponensfejlesztés számos területén kerül alkalmazásra. Ezen motor segítségével a különböző módon kialakított és felületkezelt motorkomponenseken jelentkező mechanikai veszteségek és kopási jelenségek valós idejű vizsgálatára nyílik lehetőség. A motoron mind hagyományos mérési eljárások (pl.: külső hajtásos veszteségmérés), mind szenzoros, illetve korszerű radioaktív kopásmérési eljárások (RNT) alkalmazása is lehetséges.

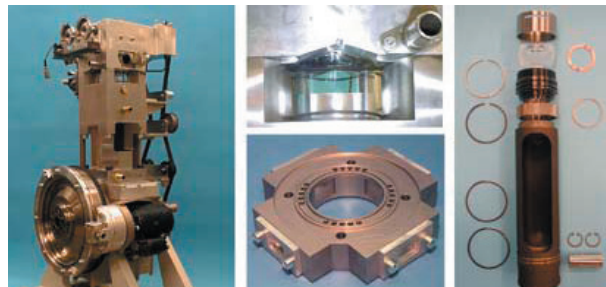
A radionuklid technológia (RNT) kiemelt szerepet játszik a jövőben a motorkomponensek kopásvizsgálatai során. Az RNT lényege, hogy a vizsgálni kívánt alkatrész súrlódó felületét különböző radioaktív sugárzással aktiválják pontosan meghatározott mélységben és minőségben. Üzem közben az alkatrészről kopás folytán leváló radioaktív részecskék aktivitását a kenőolajban mérhetjük, az aktivitásváltozás mértékéből pedig következtethetünk a levált anyagmennyiségre, ennek ismeretében pedig meghatározható a kopás. Az eljárás legnagyobb előnye, hogy a mérés online jellegű, tehát a különböző munkapontok között szükségtelen a vizsgált motor szétszerelése és szemrevételezése. Az RNT eljárás gyors, költséghatékony és többletinformációkat szolgáltat a hagyományos kopásvizsgálatokhoz képest.

A vizsgálómotor elsősorban a tanszék kutatómunkájában hivatott részt venni, ám külső megbízásokat és K+F jellegű munkákat is szolgálhat. További alkalmazási területet képvisel a Formula Student program. A vizsgálómotort a Széchenyi István Egyetem hallgatói motorfejlesztő csapatának modelljével párhuzamosan fejlesztik. Ezen folyamatban a hallgatók gyakorlati tapasztalatokra tehetnek szert, továbbá a két konstrukció számos közös tulajdonsággal rendelkezik, ezáltal kedvező szinten tarthatóak a felmerülő költségek.

3. MEGLÉVŐ KONSTRUKCIÓK

A motorfejlesztő vállalatok körében általános a Vizsgálómotorok alkalmazása. Ezek kifejezetten sokoldalú, moduláris szerkezetű konstrukciók, így számos variációt hozhatunk létre velük rövid idő alatt. A modern vizsgálómotorok esetében nem jelent gondot az Otto-üzemről Diesel-üzemre való átállás, a furat, löket, hajtórúd-hossz, segédberendezések és azok hajtásának, a szelepezérlés és kiegyenlítő-tengelyek átalakítása, cseréje. Léteznek

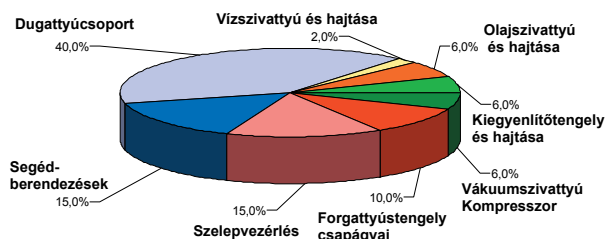
olyan konstrukciók, melyekben átlátszó alkotóelemek segítségével lehetővé válik az égési folyamat és belső áramlási folyamatok rögzítése. Ezen opció lehetővé teszi a motorok égési és áramlási (LDA, PIV eljárások) folyamatainak optimalizálását. Számos járműgyártó rendelkezik saját fejlesztésű vizsgálmotorral, melyeket a motor- és komponensfejlesztésben használnak, ám több szakosodott gyártó (AVL, FEV, stb.) kínál hasonló motorokat.



2. ábra, FEV egyhengeres vizsgálómotor átlátszó hengerfallal [2]

4. VESZTESÉGEK ÉS AZOK KELETKEZÉSI HELYE A BELSŐ ÉGÉSŰ MOTORBAN

Ahhoz, hogy meghatározhassuk a belső égésű motorban keletkező veszteségek mértékét, elengedhetetlen ezek keletkezési helyének beazonosítása.



3. ábra, Mechanikai veszteségek a belső égésű motorban [1]

A 3. ábrán a mechanikai veszteségeket láthatjuk. Mint ahogyan a diagramról is leolvasható, a veszteségek 40%-a dugattyú-elemcsoporton keletkezik. Ezen veszteség jelentős hányadát a dugattyúgyűrűk és a hengerfal közötti súrlódás okozza. Ezt követi a szelepezérlés, amelyben a veszteségek 15%-a keletkezik. Ez a részegységben található számos érintkezési helynek köszönhető. További veszteség helyeket a motor főtengegyén, kiegyenlítő tengelyén és a különböző segédberendezéseken, illetve a víz- és olajszivattyún találunk. A tengelyeken jelentkező veszteségek erősen függenek a csapágyazások kialakításától és a jelentkező csapágyerőktől. A segédberendezéseken és szivattyúkon keletkező veszteségek egyrészt a meghajtás módjától, másrészt az alkotóelemek specifikus kialakításától függenek. Ezen alkotóelemek kialakítása és optimalizálása általában a beszállítónál történik.

5. KÖVETELMÉNYJEGYZÉK

A követelményjegyzék felállításához három alapvető általános követelményt fogalmaztam meg:

- Nagy variálhatóság
- Alacsony költség

- Jó kezelhetőség

Ezen főbb szempontokat szem előtt tartva létrehoztunk egy vizsgálati mátrixot, melyben összegeztük a fontosabb követelményeket, majd értékeltük azokat szükségességük, hasznosságuk és megvalósíthatóságuk szerint.

Alaptípus: EA888 Részegység / Tulajdonság	Igen/Nem	Hasznosság vs. Költség (max5)	Sorozatgyártott	Változtatható (tól - ig)	Kivétel	Hol?
Főtengely	-	-	nem	csere	forgácsolt	-
Főtengelycsapágó	-	5	is	Ø és b	gördülő és síkló	-
Lökettérfogó	-	4	is	300-500 ccm	-	-
Lökettérfogó	-	5	is	S/D:= 0,8-1,1	-	-
Furat	-	5	is	S/D:= 0,8-1,2	-	-
Hengerfelület	-	5	nem	cserélhető persely	nedves persely	-
Főtengelyen leadott nyomaték	igen	3	-	-	nyomatékszenzor a tengelyen	kihajtás és forgattyú között
Vezérműtengely	-	-	módosított	csere	-	-
Vezérműtengely-csapágóazás	-	5	is	Ø és b	gördülő és síkló	-
Vezérműtengelyen felvett nyomaték	igen	3	-	-	nyomatékszenzor a tengelyen	behajtás és büttyök között
Kiegyenlítőtengely	-	-	módosított	csere	-	-
Kiegyenlítőtengely csapágóazása	-	5	is	Ø és b	gördülő	-
Kiegyenlítőtengelyen felvett nyomaték	igen	3	-	-	nyomatékszenzor a tengelyen	hajtás után
Hengertömb és forgattyúház	-	-	nem	csapágyhelyeket nagy mértékben	többrészes, forgácsolt	-
Égéstér	-	4	igen	Otto/Diesel	-	-
Dugattyú	-	4	is	hengerfurat szerint	-	-
Hajtórúd	-	3	igen	-	-	-
Kiegyenlítőtengely-csapágyerő	igen	5	-	-	nyúlásmérő bélyeg a forgattyúházon	-
Főcsapágyerő	igen	5	-	-	nyúlásmérő bélyeg a forgattyúházon és erőmérő alátétek	-
Vezérműtengely-csapágyerő	igen	5	-	-	nyúlásmérő bélyeg a forgattyúházon és erőmérő alátétek	-
Nyomásszenzorok	igen	5	is	-	hagyományos	Olaj (biztonság), szívórendszer, kipufogórendszer
Hőszenzorok	igen	4	is	-	hagyományos	Levegő, Víz
Hengerfej	-	0	módosított	hengerfurat szerint	sorozatból átalakított	-
Indikálás	igen	5	-	-	-	-
RNT	igen	5	-	-	gyorscsatlakozó	Olajkarter
Gyorscsatlakozók (víz, olaj...)	igen	5	-	-	-	-
Gyorscsatlakozók (rögzítés)	igen	5	igen	-	palettás rendszer	-
Külön csapágyazott lendítőkerék	igen	3	-	-	-	-
Csapágyhőmérsékletek mérése	igen	5	-	-	hőm. Szenzorral	-
Változtatható feltöltés	igen	5	nem	igen	Rotrex-Elektromos	-

A vizsgálati mátrix értékelése után a következő tételes követelményjegyzék alakult ki:

- Főtengelycsapágók, vezérműtengely-csapágók kiegyenlítőtengely-csapágók mérete (átmérő és szélesség) legyen változtatható
- Gördülő és síklócsapágók is legyenek alkalmazhatóak
- A hengerfurat legyen változtatható
- A dugattyúlöket legyen változtatható
- A hengerfelület minősége és felületi bevonata legyen változtatható
- Tengelyvégeken leadott és felvett nyomatékok mérése
- Különböző kiegyenlítettégi-fokok legyenek megvalósíthatóak
- Különböző égéstérgeometriák alkalmazása

- Csapágyerők mérése
- Csapágyhőmérsékletek mérése
- Motor hőmérsékleti viszonyainak figyelése biztonsági szempontokból
- Motor kenőrendszer nyomásviszonyainak figyelési biztonsági okokból
- Otto és Diesel üzem közötti váltás
- Hengernyomás mérése indikálással
- Radionuklid technológiával (RNT) való kompatibilitás
- Lendkerék működéséből származó erők izolálása
- Tetszőleges feltöltési karakterisztikák megvalósítása
- Szabadon programozható elektromos vezérlőegység
- Olajkarter viszonyainak működésközbeni szemrevételezhetősége

A KONCEPCIÓ

Egyhengeres kivitel

Alacsony előállítási és üzemeltetési költségek, gyors és egyszerű átalakítás

Sorozatgyártású motorból származtatott konstrukció

Költségsökkentés, kritikus komponensek a széria alkatrész módosításával előállíthatók: hengerfej és szelepvezérlés. Könnyű átállás Otto és Diesel üzem között.

Forgácsolt forgattyúház

Egyszerű, gyors előállítás, mivel egyszeri darabról van szó nem érdemes öntészeti eljárást alkalmazni.

Különböző csapágyméretek befogadása adapter-sorozattal

Egy megfelelő adapter-sorozatnak köszönhetően szükségtelemmé válik több forgattyúház alkalmazása, illetve meghibásodások esetén csak kisebb alkatrészek cseréje szükséges.

Adaptív henger-persely sorozat (3 x 4 variáció)

Gazdaságos kivitel, a hengerfurat nagy mértékben változtatható (cél: $\sim \varnothing 70-92$).

A cserélhető perselyekkel könnyedén megvalósítható a különböző felületi minőségek és bevonatok beszerezése

Forgácsolt forgattyústengely

Állítható kiegyenlítőtengety

A motor kiegyenlítetttségét a kiegyenlítőtengetyre felszerelt súlyok állításával, egy szerelőablakon keresztül módosíthatjuk, a motor megbontása nélkül.

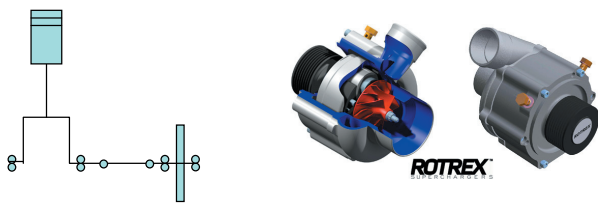
Lendkerék működéséből származó erők izolálása

A lendkereket külön csapágyazással függesztjük fel, majd a hajtást egy külön tengelyen visszük rá, így a lendkerék tömegerei nem másítják meg a mérési eredményeket a főtengetycsapágyaknál.

Tetszőleges feltöltési karakterisztikák megvalósítása

Egy szabályozott, külső hajtású, bolygóhajtóműves áttelelezéssel szerelt centrifugálkompresszor segítségével gyakorlatilag bármilyen feltöltő-szerkezet szimulálható a mérések során.

Szabádon programozható elektromos vezérlőegység



5. ábra: Komponensek, megoldási koncepciók

Tengelyvégi nyomaték-mérés elektromágneses érzékelővel.

Online mérhető az egyes részegységek teljesítmény-felvétele és számítható a hajtási körök hatásfoka.

Csapágyerők mérése nyúlásmérő bélyegekkkel és

erőmérő alátétekkel.

Hőszenzorok csapágyközei furatokban, csapágy-hőmérsékletek méréséhez.

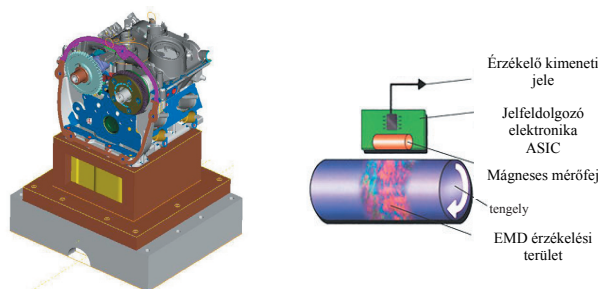
Hengernyomás mérése piezzo szenzorral.

Plexi olajkarter

Gyorscsatlakozási lehetőségek az olajkarteren RNT berendezéshez

Motor hőmérsékleti viszonyainak figyelése biztonsági szempontokból

Motor kenőrendszer nyomásviszonyainak figyelése biztonsági okokból



6. ábra: A vizsgálómotor előzetes tervezete (bal) és érintés nélküli nyomaték-mérési módszer (jobb).

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] H. DR. DREYER, H. HOFMANN, H. LÉVAY, H. MAYER: Workshop bei AHM: Reibungsanalyse Motor (2010)
- [2] FEV SYSTEMMOTOR: Prouct Leaflet, FEV Motorentechnik GmbH (2010)
- [3] DR. GÁL P.: Belsőégésű motorok töltetcsere vezérlő szerkezeteiben lejátszódó súrlódási folyamatok elemzése, Ph.D. értekezés (2005)