

Belső égésű motor modell felállításához szükséges adatok meghatározása

Dr. Lakatos István Ph.D., Titrik Ádám, Orbán Tamás

Széchenyi István Egyetem,
H9026 Győr, Egyetem tér 1. (Tel: +36 30 261-68-30, e-mail: lakatos@sze.hu)

„TAMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0003:

Mobilitás és környezet: Járműipari, energetikai és környezeti kutatások a Közép- és Nyugat-Dunántúli Régióban.
A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

Abstract: Kutatóegyetemi projekt keretében kiválasztott vizsgálati jármű hajtáslánc modellezésének első lépéseként belsőégésű (feltöltetlen, 4-hengeres, 8 szelepes Otto-motor) modelljének felépítését végezzük, GT Suite szoftver segítségével. A modell felépítése és identifikálása szempontjából számos geometriai és mechanikai adat meghatározása szükséges. Ezek nagy része olyan érték, amely nem áll rendelkezésre az autó hozzáférhető javítási adatai között. Néhány meghatározandó adat, pl. a szívó és kipufogórendszer adatai meglehetősen komplexek ahhoz, hogy egyszerű mérés technikával megfelelő pontossággal meghatározhatók legyenek. Ezen geometriák pontos leírásához komputer tomográfiát és véges-elemes módszereket is felhasználtunk. Az előadásban ezekre mutatunk be néhány érdekes példát.

1. BEVEZETÉS

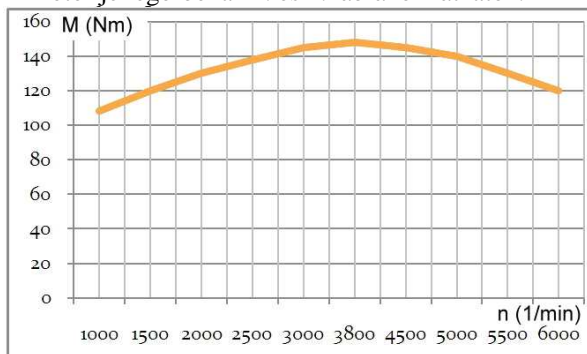
A K+F projekt jármű hajtáslánc modell felépítését tűzte ki célul. Ennek első fontos lépése a belsőégésű motor modell felépítése. Ehhez szükséges a modellezéshez kiválasztott minta motor adatainak pontos ismerete. Ezek közül csak nagyon kevés áll rendelkezésre, mint alapadat. Ezért a geometriai méretek nagy részét méréssel kellett meghatározni.

2. A modellkészítés alapjául választott motor

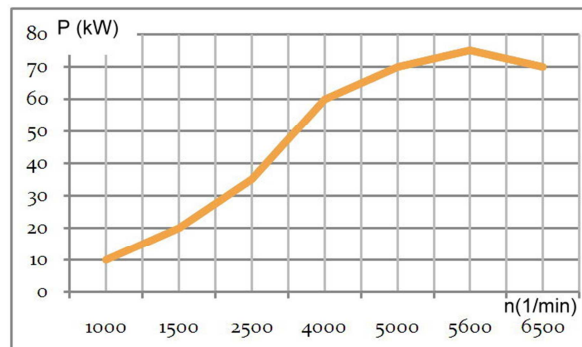
A modellezéshez 1.6 literes, 8 szelepes Otto-motort választottunk. Ennek főbb adatai az alábbiak:

Építési mód	4-hengeres soros motor
Lökettérfogat	1595 cm ³
Furat	81,0 mm
Lökét	77,4 mm
Sűrítési viszony	10,3:1
Max. teljesítmény	75 kW, 5600 min ⁻¹
Max. nyomaték	148 Nm, 3800 min ⁻¹

A motor jelleggörbéi az 1. és 2. ábrákon láthatók.



1. ábra: Külső nyomatéki jelleggörbe



2. ábra: Külső teljesítmény jelleggörbe

3. A modell validálásához szükséges adatok

A modellezéshez a szívó és kipufogó rendszer elemeinek részletes és pontos ismerete elengedhetetlen. A továbbiakban ezen adatok meghatározását ismertetjük.

Szeleplökét diagramok meghatározása

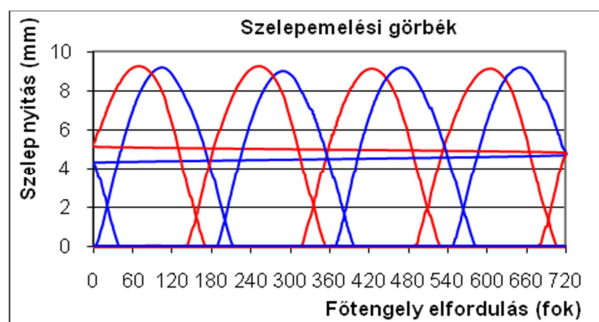
A szelepek nyitási diagramjait leszerelt hengerfej mellett, méréssel határoztuk meg. Ehhez induktív út és szögjeladókat használtunk fel. Így a diagram a vezérműtengely-elfordulási szög függvényében állt elő.



3. ábra: Szelepmelési görbe mérése löketadó



4. ábra: Szelepmelési görbe mérése (szögjeladó)



5. ábra: Méréssel felvett szelepmelési görbék.

Forgattyús hajtómű tömegadatainak meghatározása

Példaként a dugattyú tömegének mérését mutatjuk be.

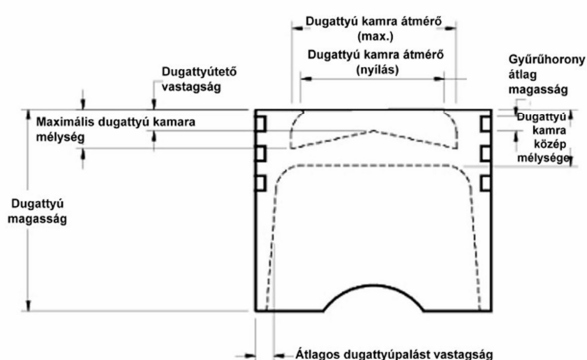
Hajtórúd tömeg	539,63 g
Tömeg csapszeg nélkül	286,6 g
Tömeg csapszeggel	348,7 g
Dugattyú+csapszeg+hajtókar tömege	886,86 g



6. ábra: Dugattyú tömeg mérése

Forgattyús hajtómű geometriai adatainak meghatározása

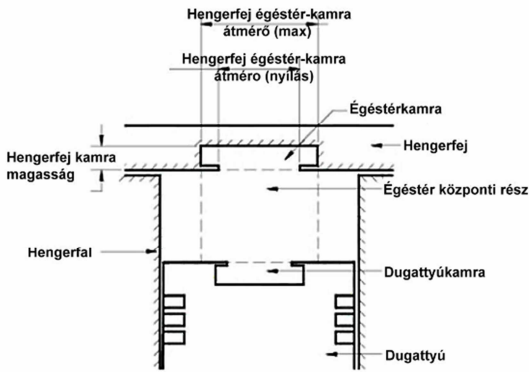
Mintaként a dugattyú, égéster és hajtórúd adatok meghatározását mutatjuk be, amelyeket a rendelkezésünkre álló motor alkatrészein mértünk meg.



7. ábra: Dugattyú geometriai méretei.

Az ábra feliratainak magyarázata és méretei:

- Dugattyú kamra átmérő (max.) 62,4 mm
- Maximális dugattyú kamra mélység 2,5 mm
- Dugattyú kamra átmérő (nyílás) 62,4 mm
- Dugattyú kamra közép mélysége 2,5 mm
- Dugattyú magasság 51 mm
- Dugattyútető vastagság 9,7 mm
- Gyűrűhorony átlag magasság 3 mm

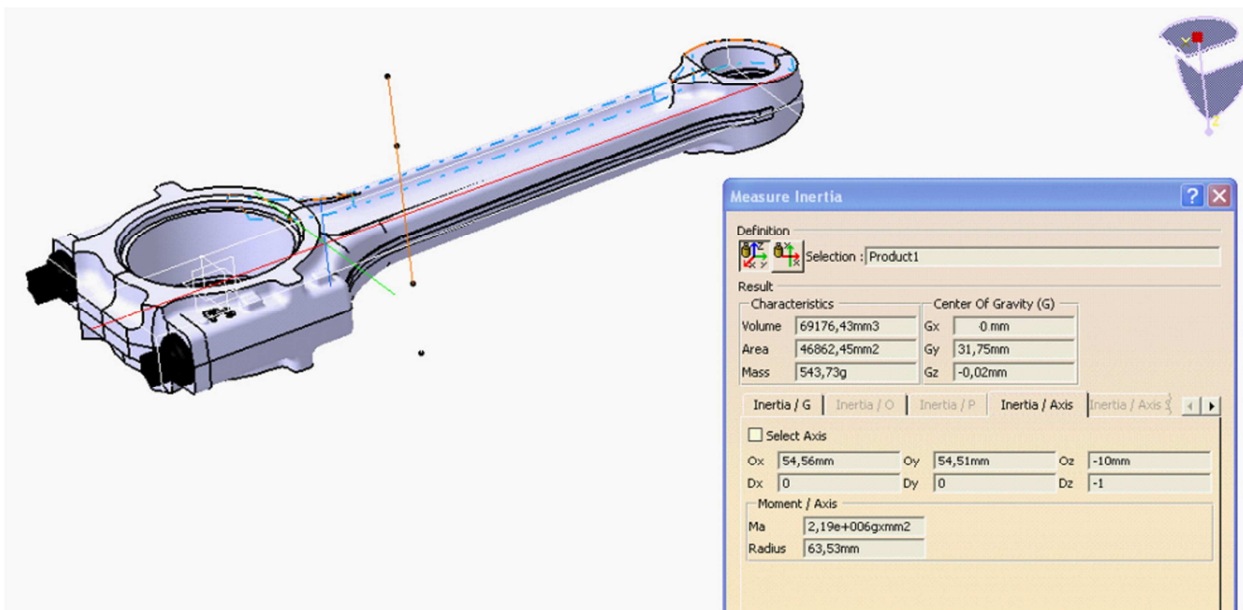


8. ábra: Dugattyú és égéstér geometriai méretei

Az ábra feliratainak magyarázata és méretei:

- Hengerfej égéstér-kamraátmérő (max) 80,6 mm
- Hengerfej égéstér-kamraátmérő (nyílás) 80,6 mm
- Hengerfej kamra magasság 8 mm
- Dugattyú előállás 0,42 mm

A vizsgált motor kamra kialakítása egyszerű hengeres.



9. ábra: Hajtórúd adatok

A hajtórúd modellhez szükséges adatait az alábbi módszerrel határoztuk meg:

- hajtórúd geometriai adatainak lemérése
- 3D-s CAD modell készítése
- 3D-s CAD modell ellenőrzése (tömeg)
- 3D-s CAD modell adatainak lekérése

A hajtórúd meghatározott adatai:

Tömegközéppont:

31,75mm-re a hajtókar főtengely csapágyozásához viszonyítva

Inercianyomaték:

$2,19 \times 10^6 \text{ g} \cdot \text{mm}^2$ a hajtókar tömegközéppontjának tengelyéhez viszonyítva

A CATIA modell által adott tömeg (543,73 g közel megegyezik a ténylegesen mért tömeggel). Súlypontjának koordinátái a 9. ábrán láthatóak.

A szívó és kipufogó rendszer adatai

Szívó rendszer

A komputertomográf segítségével összetett külső és belső geometriák ellenőrizhetők nagy pontossággal. Az ATOS ipari csúcskategóriás 3D digitalizáló beméri a tárgy teljes felületét nagy felbontású poligonhálót képezve. Ezen adatokat CAD adattá konvertálja „reverse engineering” újratervezési technikát alkalmazva. A folyamat lépései:

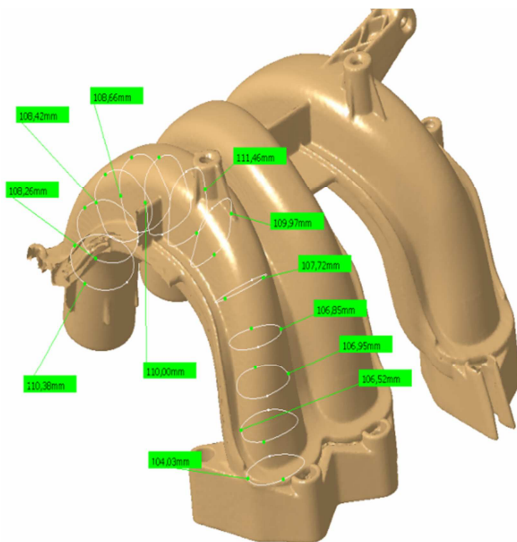
1. pontfelhő modell készítése,
2. stereo lithography CAD-formátum (*.stl), csak a felületet írja le 923.196 háromszög elem segítségével,
3. a komputer tomográfal kapott geometriák alapján modell készítése a 10. ábrán látható szívócső alsó részről,
4. vezérgörbe illesztése a szívócső ágakra, ebből a tengelyek hosszának és a két csatlakozó felület közötti szögnek a meghatározása,
5. a vezérgörbe mentén meghatározhatók a metszeti síkok keresztmetszetei, lásd 11. ábra.

Kipufogó rendszer

A kipufogó rendszer geometria méreteit is pontosan fel kellett venni (lásd 12. és 13. ábra). Ennek alapján a kipufogó cső-vezeték az alábbi modell elemekből rakható össze:

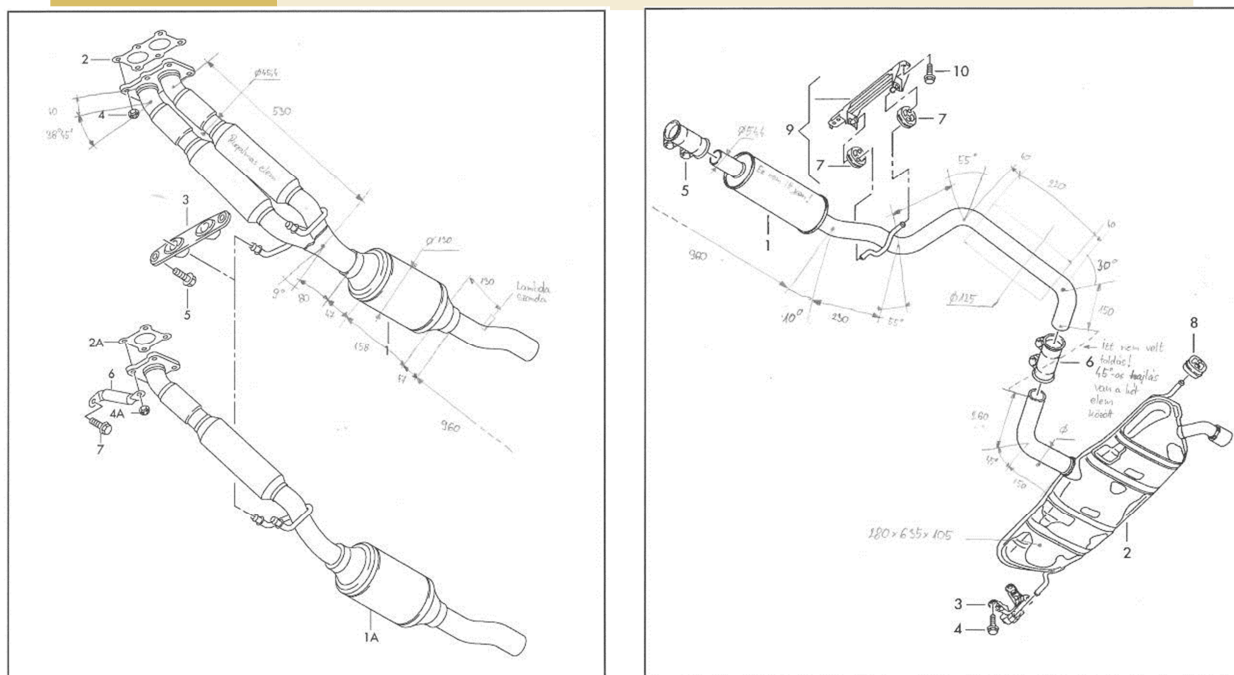


10. ábra: Alsó szívócső



11. ábra: Alsó szívócső keresztmetszetek

1. egyenes D=45,4 mm l=40mm
2. hajlított D=45,4 mm 38°45' r=45,4mm
3. egyenes D=45,4 mm l=530mm
4. Y csatlakozó, 90°os szöggel
5. egyenes D=45,4 mm l=80mm
6. D=45,4 mm ->130 mm-re nő, l=47 mm
7. egyenes D=130 mm l=158 mm
8. D=130 mm ->54,4 mm-re csökken, l=47 mm
9. egyenes D=54,4 mm l=960 mm
10. hajlított D=54,4 mm 10° r=54,4 mm
11. egyenes D=54,4 mm l=230 mm
12. hajlított D=54,4 mm 55° r=54,4 mm
13. egyenes D=54,4 mm, l=???? mm
14. hajlított D=54,4 mm 55°, r=54,4 mm
15. egyenes D=54,4 mm, l=40 mm
16. katalizátor
17. egyenes D=54,4 mm, l=40 mm
18. hajlított D=54,4 mm 30°, r=54,4 mm
19. egyenes D=54,4 mm, l=150 mm
20. hajlított D=54,4 mm 45° r=54,4 mm
21. egyenes D=54,4 mm l=260 mm
22. hajlított D=54,4 mm 45° r=54,4 mm
23. kipufogódob
24. kipufogóvég



12. ábra: Kipufogórendszer geometriai méretek



13. ábra: Kipufogórendszer geometriai méretek

Egyenes szakaszok modellezése viszonylag egyszerű, a geometriai adatok ismeretében.

Hajlított csőszakaszok esetén a mért szög értékek segítségével kiszámolható a csőszakasz hossza (ívhossz):

$$i = 2 \cdot R \cdot \pi \cdot \frac{\alpha [^\circ]}{360^\circ}$$

Ahol

i – csőszakasz hossz [mm]

R – sugár [mm]

α – hajlásszög [°]

Az **Y csatlakozás** modellezése (14. ábra) már több odafigyelést kívánt a megfelelő szögértékek megadásához. Emellett egy térfogatot is meg kell adni, aminek függvényében a modellen (14. ábra) látható kék gömb mérete változik.

Attribute	Unit	1	2	3
Volume	mm ³	50000		
Part Name		kip_5-1	kip_3-1	kip_3-2
Adjacent Part Diameter		45.4	45.4	45.4
Link ID Number		1	2	3
Angle wrt X-axis		0	135	135
Angle wrt Y-axis		90	45	135
Angle wrt Z-axis		90	90	90
Characteristic Length	mm	10	10	10
Expansion Diameter	mm	45.4	45.4	45.4

14. ábra: Y-elágazás modellezése

A katalizátor definiálásához az alábbi adatokra van szükség:

- a katalizátor keresztmetszete (ez esetünkben 11959 mm²)
- áramlási keresztmetszet (áramlási tényező) a GT Suite ajánlása alapján: 70%
- cellasűrűség: a közúti gépjárműveknél általánosan alkalmazott 400 cpsi (cella per négyzetinch) érték alapján esetünkben: cella/mm² = 62 cella/cm² értékre felvéve

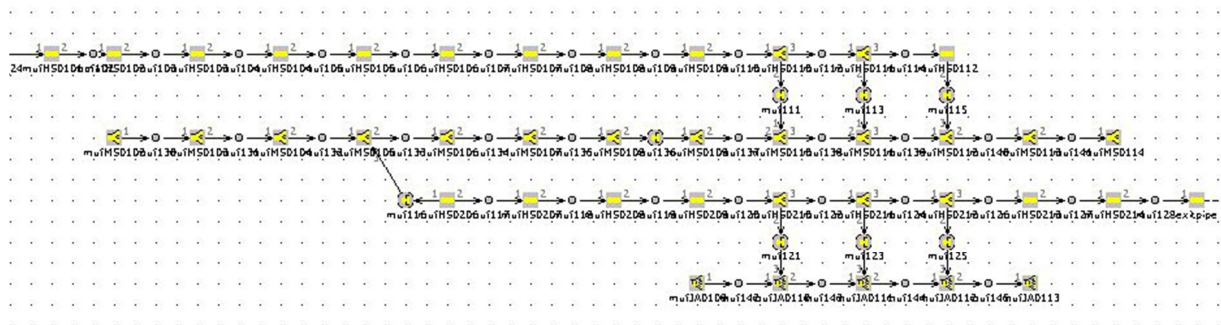
Template: CatalystBrick Part: kip_15_kat-1
 Object: kip_15_kat Edit Object
 Object Comment:
 Comment:

Attribute	Unit	Object Value	Part Override
Frontal Area of the Catalyst	mm ²	12271.8463	
Percentage of the Area Open to Flow			
Cell Density	1/cm ²		
Surface Reaction Area Ratio		ign	
Length of the Catalyst Chamber	mm	220	
Discretization Length	mm		
Material for Default Surface Roughness		user_value	
Surface Roughness	mm	def	
Wall Temperature	K		
Heat Conduction Object (1D only)			
Initial State Name			

15. ábra: Katalizátor modell

A kipufogódobot (mivel ezt nem tudtuk metszeni és annak alapján pontosan felvételezni), a GT Suite-ban található mintamoddellel modelleztük. Szerkezetileg a dob rengetek

elágazó csódarabból és T-csatlakozóból áll, mint a 16. ábrán látható:



16. ábra: Kipufogódob modellezése

ÖSSZEFOGLALÁS

A kiválasztott négyhengeres, 8-szelepes, négyütemű Ottomotor modelljének felállításához természetesen még nagyon sok adat meghatározására, kiválasztására van szükség. Az előadásban csupán néhány lényegesebb és nagyobb munkaráfordítással parametrizálható elemet emeltünk ki.

IRODALOM

1. A.K.M. MOHIUDDIN, ATAU RAHAMN AND MOHD. DZAININ: Optimal design of automobile exhaust system using GT-Power, International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME), Vol. 2 (2007), No. 1, 40-47.
2. ULRICH KRAMER: Potentialanalyse des Direktstarts für den Einsatz in einem Stopp-Start-System an einem Ottomotor mit strahlgeführter Benzin-Direkteinspritzung unter besonderer Berücksichtigung des Motorauslaufvorgangs, Dissertation, Universität Duisburg – Essen, 2005
3. MARK BOS: Validation Gt-Power Model Cyclops Heavy Duty Diesel Engine, MSC. THESIS, 2007
4. DR. LAKATOS ISTVÁN PH.D.: Gépjármű hajtáslánc modellezése és szimulációja, hajtáslánc optimális irányítása, Mobilitás és környezet: Járműipari, energetikai és környezeti kutatások a Közép- és Nyugat-Dunántúli Régióban TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0003 Workshop, Győr, 2011. 06. 27.
5. DR. LAKATOS ISTVÁN: Töltetcsere-időzítés hatása a négyütemű feltöltetlen Otto-motorok üzemére, Ph.D. disszertáció, BME, 2002, 112 p.
6. TAMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0003: Mobilitás és környezet: Járműipari, energetikai és környezeti kutatások a Közép- és Nyugat-Dunántúli Régióban projekt **Gépjármű hajtáslánc modellezése és szimulációja, hajtáslánc optimális irányítása K+F projektjének** Projektvezető: Dr. Lakatos István, project tagok: Titrik Ádám, Orbán Tamás, Klaffl Balázs, Hertner Dávid, Sarkadi-Nagy Balázs, Árkus Ádám) elkészített munkaanyagai