

A GÉPJÁRMŰMOTOROK KONSTRUKCIÓS KIALAKÍTÁSÁNAK ILLETVE ALKALMAZÁSÁNAK EGYES SZEMPONTJAI

DEZSÉNYI György

Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar
Járműgépészeti Intézet

Gépjárművek motorjaként főleg löketdugattyús motorokat alkalmaznak ma és még a jövőben is, várhatóan hosszú ideig. 1976-ban volt kerek 100 eszten-deje, hogy N. A. Otto a mai 4 ütemű üzemmódnak megfelelő motort készített. Azóta és a múlt század másik nagy jelentőségű találmánya, R. Diesel első motorjának elkészítése óta a motorgyártás köztudottan sokat fejlődött. Az alapvető gyártástechnológiai problémák megoldása után már a kilencszázas évek első évtizedeiben a járművek hajtására üzembiztosan működő belsőégésű motorok álltak rendelkezésre.

A különböző üzem- és működésmódú motorfejlesztési kísérletekből lényegében a négy- és kétütemben dolgozó Otto- és Diesel-motorok mutatkoztak igazán életképesnek, bár ezek közül soknál olyan szerkezeti ill. működtetési megoldásokat is alkalmaztak, melyek a későbbi gyakorlat során különböző okokból nem váltak be, vagy legalábbis nem biztosítottak olyan előnyöket, melyek a megnövekedett előállítási költségek alapján elvárhatók lettek volna. Gondoljunk pl. az álló tengelyű és forgó hengerű motorokra, az ikerdugattyús kétüteműekre, vagy akár a hengertolattyús megoldásokra. Mindezek széles körben és hosszú ideig nem kerültek alkalmazásra. Nagyon hosszú ideig a motorfejlesztések elsőrendű célja a teljesítménynövelés. Otto első motorjának 2,2 kW, míg Diesel 1897-ben bemutatott motorjának 13,1 kW teljesítménye volt. A járműközlekedés azonban egyre erősebb motorokat igényelt. Különösen érvényes volt ez a II. világháború során, melynek végére az igen szélsőséges körülmények között használt, nagy szériában gyártott motorokról bőséges tapasztalat állt rendelkezésre. A gépjárműközlekedésben — de a más területeken is — felhasznált belsőégésű motorok száma azóta erősen megnövekedett. Az utóbbi évtizedben jelentkező energiaválság csak tetőzte üzemeltetési problémáit. Egyre jobban előtérbe került a „gazdaságos üzem” kérdése, melyet nemcsak a gyártás és üzemeltetés ill. üzemben tartás energiaigényének korlátozása, hanem a környezetvédelmi előírások fokozottabb betartása is indokol (pl. a felesleges túlfogyasztás megszüntetése a kipufogó gázok egészségre káros összetevőit is csökkenteni). Az új körülményekhez való alkalmazkodás nagy feladatot hárít mind az üzemeltetőre, mind a tervezőre. Az üzemeltető fő gondja a mindenkori pillanat-

nyi igények biztosítása, ami azért sem egyszerű, mert egy régebbi igények szerint tervezett motornál kell a ma érvényes szempontoknak eleget tenni. Ez csak korszerű javítástechnológia és motordiagnosztika révén lehetséges, olykor kisebb konstrukciós módosításokat is kell alkalmazni. Nincs könnyű dolga azonban a tervező mérnöknek sem, hiszen elegendő teljesítményű, kis térfogatú és súlyú, olcsó és gazdaságos üzemű, hosszú élettartamú, üzembiztos motort kell terveznie, amely a rendelkezésre álló gyártási technológiával a leggazdaságosabban elkészíthető, szükség esetén továbbfejleszthető, a környezetvédelmi stb. előírásoknak megfelel. A felsoroltak mellett a felhasználás és alkalmazás esetleges speciális igényeit is szem előtt kell tartani. Ezután dönthető csak el a tervezendő motor fajtája, működésmódja. A döntés során fel kell használni azt a bőséges statisztikus adathalmazt ill. az abból készített összehasonlító jellemzőket, melyeknek gondos értékelése alapján bizonyos — a változások trendjét figyelembevevő — extrapolációval esetleg egy, a jövő várható igényeinek is jobban megfelelő motort lehet tervezni. Csak egyetlen példa erre: Az 1940-es évektől a motorok lökethosszát egyre jobban csökkentették, mely kisebb dugattyú középsebességet és ezzel nagyobb motorfordulat ill. teljesítmény elérését jelentette. A 70-es évek közepétől ez az irányzat megszűnt, mert a kedvező égésfolyamat, motorsúly és előállítási költség ellenében hatott. A tervezést meghatározó szempontok súlya tehát változik az idők folyamán. Az előrelátó tervezés annál inkább is fontos, mert nagy motorgyárak adatai szerint egy új motor teljes „érettségéhez” 4—7 év szükséges! Talán ez oka annak, hogy a motorgyárak elsősorban a régebbi típusokat fejlesztik tovább és csak akkor hozakodnak elő új koncepciójú motorral, ha ehhez minden szükséges adat és tapasztalat rendelkezésre áll.

A konstrukciós alapadatok — mint kiinduló adatok — meghatározásával, melyek közé a hengerfurat (D), dugattyú löket (s), fordulatszám (n), effektív középnyomás (p_e), a motor munkafolyamata (Otto, Diesel), és a motor hengerszáma tartozik, a főméreteket is behatárolhatjuk. Ezeknek azonban rengeteg más hasonlítás adatoknak is meg kell felelniük, de akár a D és s sem választható egymástól függetlenül. Amennyiben a tervezendő motor méretei egy mással csak lineáris viszony alapján térnek el, tehát csak méretváltozás történik (kisebb, nagyobb, de lényegében ugyanolyan gép) *geometriai hasonlóságról* beszélünk (pl. löket-furat, hajtórúd viszony, relatív hengertávolság, stb.).

Mechanikai hasonlóságról van szó, ha az azonos motoralkatrészek mechanikai igénybevétele is azonos. Mivel a belsőégésű motorokban az igénybevételt a gáz- és tömegerők okozzák, a maximális égési csúcsnyomás (p_{max}) és a dugattyú felületegységére eső fajlagos tömegerő (p_m) az összehasonlítás szempontjából mértékadó lehet. Ha ez utóbbi értékek változatlanok, akkor a geometriailag hasonló motorok mechanikailag is hasonlók egymáshoz, sőt egyéb jellemzőik (pl. fajlagos teljesítmény, fajlagos építési térfogat stb.), sőt élettartamuk is hasonló lehet.

A motor teljesítményét az alábbi összefüggés határozza meg:

$$P = 2 \cdot p \cdot V_h \cdot z \cdot n \frac{1}{i}$$

ahol p a középnyomás

V_h egy henger lökettérfogata

z a hengerszám

n fordulatszám

i működésmód (4 négyütem, 2 kétütem)

A motor teljesítményét a jármű 1 tonna tömegére minimálisan előírt ún. teljesítménydotáció szabja meg. Nálunk ez a 23/1975 KPM sz. rendelet alapján min. 5,9 kW/t.

Az előírt teljesítményt minél nagyobb középnyomású motorral kell elérni, mert így kisebb lehet a motor térfogata és tömege. A középnyomás kiindulópontja lehet a motor méretezésének, de ennek felvételével ill. meghatározásával kell a legkörülményesebben eljárni. Ennek nagysága egyrészt a hengerben megvalósítható nyomásviszonyok (indikátordiagram) alakulásától, másrészt a sűrűlési középnyomástól (mechanikai hatásfok) függ.

$$P_s = P_i - P_e = P_i (1 - \eta_m)$$

A motor indikátordiagramjának nagyságát a hengerben felszabaduló hőmennyiség, azaz a bejuttatható tüzelőanyag és levegő mennyisége szabja meg. Ez meg a motor geometriai viszonyaitól, szelepek méretétől függ.

Ebből is látható, hogy a megkívánt motorikus jellemzők biztosítása csak úgy lehetséges, ha az egymásba kapcsolódó, egymástól függő különféle viszonyszámok egy záródó kört alkotnak. Ez pedig csak *kompromisszumok* árán lehetséges. Hogy hol tehetünk engedményeket és hol nem, azt a tervezés során kitűzött cél szabhatja meg.

A motor hengerében lezajló nyomásfolyamatot a *nyomásemelkedési fokkal* $dp/d\varphi$ jellemzik. Ha ez az érték nagy, dinamikus igénybevételek (lengés) léphetnek fel a hajtóműben. Ha kicsi, elhúzódik az égés, romlik a hatásfok, nő a fogyasztás. Megint csak kompromisszum a megoldás. A motor teljesítményét meghatározó *összlökettérfogat* (V_H) és *fordulatszám* nem növelhető tetszés szerint, hiszen előzőnek beépítési méret és térfogat határai vannak, utóbbi pedig kopási és dinamikai hatások miatt nem növelhető. Sokat segíthet mindkettőn a *hengerszám* helyes megválasztása és *elrendezése*. A soros, V , boxer, és egyéb speciális motor tömb kialakítások lehetőséget adnak a legegyszerűbb és legkompaktabb motorépítésre.

A motor teljesítményének növelésére a középnyomások emelése a legjáratóbb út, márcsak azért is, mert ez a motor jósági (indikált) hatásfokának egyidejű növelése mellett is történhet. Ehhez azonban megfelelő keverékellátás-

ra (töltéscserére) és tökéletes tüzelőanyagégést biztosító égéstér alkalmazására van szükség. További megoldás lehet *feltöltő berendezés* alkalmazása is.

A motor élettartama, és ezzel a jármű futásteljesítménye csak akkor lehet nagy, ha a természetes elhasználódás a legnagyobb kopásoknak kitett részeknél mérsékelt. Ezért a *dugattyú középsebesség* (c_k) csak különleges felületi kezelés vagy bevonat révén növelhető. Ez az előállítási költséget természetesen növeli. Ezzel eljutottunk a *geometriai hasonlóság jellemzőihez*, hiszen a $\lambda = s/D$ *furatlöket viszony* segítségével adott hengerméret és fordulat esetén:

$$c_k = 2 \cdot s \cdot n = 2 \cdot D \cdot \lambda \cdot n$$

Előbbi és a *forgattyúsugár-hajtórúd* viszony között — amely egyébként a motor dinamikai tulajdonságait is erősen befolyásolja — szoros kapcsolat van és ez szabja meg a motor építési magasságát is.

$$\lambda'_{\min} = \frac{l_{\min}}{r} = 2 + \frac{1.8}{\lambda}$$

A geometriai hasonlóságok láncolatának fontos — és az egész motor működését meghatározó — szeme a *sűrítési viszony*. Ennek megítélésében is jelentős változás történt. A korábbi egyre magasabb értékeket indokolta a jobb termikus hatásfok. Ma azonban az alacsonyabb oktánszámú alacsonyabb ólom adalékolású és olcsóbb benzinek felhasználása miatt — elsősorban környezetvédelmi szempontból — a szerkezetileg is nehezen megvalósítható magas sűrítési viszonyszámokat mérséklük. Diesel-motoroknál is inkább a befecskendezési, levegőörvénylési, égési viszonyokat igyekeznek javítani pl. a közvetlen befecskendezésű jármű motoroknál.

A mechanikai hasonlósági jellemzők közül legfontosabb *modell fordulatszám* adja meg, hogy azonos mechanikai igénybevételű motorok teljesítménye és fordulatszáma hogyan viszonyul egymáshoz

$$n_m = n_0 \sqrt{P_0} = n \sqrt{P} = \text{állandó.}$$

További összehasonlító viszonyszámokat kell még a tervezésnél vizsgálni. Ilyenek:

Lítorteljesítmény P_e/V_H , *Térfogatteljesítmény* P_e/T

Lökettérfogatsúly G/V_H , *Térfogatsúly* G/T

Teljesítménysúly G/P_e , és egy olyan viszonyszám, amely mint *fajlagos teljesítménysúly* a beépített szerkezeti anyag kihasználtságának a mérőszáma és önmagában a geometriai-mechanikai hasonlósággal rendelkező 1 kW teljesítményű motorok építési súlyát jelenti

$$G_p = \frac{G_0}{P_0^{3/2}} = \frac{G}{P^{3/2}}$$

A gépjármű motorok teljesítményét meghatározni önmagában nem elégséges. Ugyanakkora teljesítményt elérhetünk kis fordulaton, nagy nyomatékkal és fordítva. A gépjármű menettulajdonságait azonban a motor nyomatékgörbéjének a fordulathoz viszonyított változása erősen befolyásolja pl. meghatározhatja az alkalmazott sebességfokozatok számát. Ezért a *nyomatékrugalmasság* (e_M) nagyon fontos adat lehet.

Nem hanyagolható el a termikus viszonyok hatása sem, mert a termikus igénybevételek az alkatrészeket deformálják és ezzel hőfeszültséget idézhetnek elő, mialatt az alkalmazott szerkezeti anyag igénybevehetősége csökken. Talán legjellemzőbb a *dugattyú felületegységére eső teljesítmény* P/A . Kiemelkedő jelentőségű a motorok felhasználásának vonatkozásában a *gazdaságosság és a környezetvédelem*. Elsősorban az előállítási ár és az üzemeltetés költségei. Itt nemcsak a tüzelőanyag-fogyasztásra kell gondolni, hanem akár a szűrőbetétek cseréjére is. Szerkezeti részegységek gyors cseréjével csökkenhet a javítás ideje és ezzel a költségek is. Ezekre már a tervezés stádiumában ügyelni kell. Ideális az lenne, ha minden motor alkatrész azonosan hosszú élettartamú lenne. Ha ez az egész motorra nem is, de kisebb egységekre (víz-, olaj-szivattyú, elektromos berendezés stb.) megvalósítható. Szorosan kapcsolódik előbbiekhez az *üzembiztonság kérdése* is, amely ugyancsak igen sokrétű. A környezetvédelem kérdésében nemcsak a kipufogó gáz tisztaságának kérdése, hanem pl. a *zajártalom* is beletartozik. Mindezeket már az üzemmód meghatározásánál (2, 4 ütem) figyelembe kell venni. Végeredményben látható, hogy nagy teljesítményt gazdaságos üzem mellett csak úgy lehet elérni, ha viszonylag nagy fordulaton a mechanikus, termikus veszteségek alacsonyak. Előbbi miatt a dinamikai hatások, utóbbi miatt pedig az égési folyamat, keverék ellátás, töltéscsere, súrlódási viszonyok elemzése nyert utóbbi időben kiemelt jelentőséget, bár nem hanyagolhatók el a méretezés során alkalmazott korszerű eljárások, mint akár a kifáradásra ill. deformációkra való ellenőrzés a véges elemek módszerének számítógépes alkalmazásával.

Dr. Dezsényi György egy. adjunktus